

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

SCUOLA DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA
DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA (DA)

CORSO DI LAUREA INGEGNERIA EDILE ARCHITETTURA

TESI DI LAUREA IN DISEGNO DELL'ARCHITETTURA

DALL'ANALISI STORICA ALLA RICOSTRUZIONE DIGITALE E MUSEALIZZAZIONE
DEL PROGETTO DI GIULIANO DA SANGALLO PER IL MAUSOLEO DI GIULIO II

RELATORE

CHIAR.MO PROF. MARCO GAIANI

CANDIDATO

ALICE CANCELLA

CORRELATORI

PROF. SABINE FROMMEL

ING. SIMONE GARAGNANI

III SESSIONE

ANNO 2016 - 2017

A MIA NONNA CHE ANCHE SE NON LEGGERÀ MAI
QUESTA TESI SO CHE MI HA SOSTENUTA COME UN
ANGELO IN QUESTO PERCORSO.

Indice

1. INTRODUZIONE	2
2. GIULIANO DA SANGALLO E LA STORIA DI UN MONUMENTO MAI REALIZZATO	6
2.1 Biografia dell'architetto	6
2.2 Il committente del progetto	8
2.2.1 Lo schizzo dell'architetto per il committente	9
2.3 Analisi delle fonti pittoriche e riferimenti architettonici	13
2.4 Collocazione del monumento	16
3. RICOSTRUZIONE DA UNO SCHIZZO	20
3.1 Il metodo	21
3.2 La ricerca della scala metrica	22
3.3 La scelta del braccio fiorentino	33
3.3.1 Restituzione della pianta	34
3.3.2 Restituzione della sezione	36
3.3.3 Studio sui diametri delle colonne	40
3.3.4 Cronologia di raffigurazione del Sangallo	40
3.4 Prima ricostruzione tridimensionale	41
4. RICOSTRUZIONE DELL'ARCHITETTURA	46



4.1	Processo di sviluppo progettuale	47
4.1.1	Attendibilità delle fonti	47
4.1.2	Scala colorimetrica di attendibilità delle fonti.....	48
4.2	Ordini architettonici e trabeazioni.....	55
4.2.1	Ordine corinzio	55
4.2.2	Trabeazioni	59
4.2.3	La lanterna e l'ordine ionico	61
4.3	Organizzazione interna	63
4.3.1	L'altare e il sarcofago	64
4.3.2	Collegamenti verticali	65
4.4	Organizzazione esterna	67
4.4.1	Edicole e avancorpo	68
4.4.2	Aperture	71
5.	PRODUZIONE DEL MODELLO DIGITALE	76
5.1	Ipotesi di utilizzo dei materiali.....	76
5.1.1	La scelta del marmo	76
5.1.2	Creazione delle mappature "textures"	78
5.1.3	Applicazione dei materiali e prove di rendering	81

5.2 Ipotesi su due elementi architettonici: pavimentazione e cupola.....	83
5.2.1 La superficie pavimentale	83
5.2.2 La cupola: elemento strutturale e applicazione dei materiali	88
6. ANALISI DELL'ILLUMINAMENTO CON LUCE NATURALE.....	96
6.1 Illuminazione con luce solare	97
6.1.1 Strumento del software utilizzato per l'analisi illuminotecnica	97
6.1.2 Illuminamento e Luminanza all'interno del mausoleo.....	98
6.2 Modifiche al modello e valutazione dei cambiamenti di ingresso della luce naturale ...	99
6.2.1 Analisi dei dati di luminanza ed illuminamento calcolati dal software.....	101
7. PROGETTO DI MUSEALIZZAZIONE	108
7.1 Proposte di utilizzo del modello del Mausoleo all'interno di musei e spazi urbani.....	108
7.1.1 Funzioni dell'impiego delle nuove tecnologie in campo museale.....	110
7.2 Realizzazione di un modello digitale impiegabile nella musealizzazione	112
7.2.1 Stampa tridimensionale	112
7.2.2 Videomapping	115
7.2.3 Foto sferica e utilizzo di visore	118
7.2.4 Produzione del video	119
7.3 Considerazioni sul futuro utilizzo del modello in ambito museale	119



8. CONCLUSIONI	121
9. BIBLIOGRAFIA	124
10. SITOGRAFIA	126
11. FONTI ICONOGRAFICHE	127
12. INDICE DELLE NOTE	128





CAPITOLO 1

INTRODUZIONE

1. Introduzione

La tesi nasce come evoluzione di un lavoro già presentato alla Commissione di tesi nel marzo 2017 da Elena Masina con la quale abbiamo trattato lo studio di disegni di Giuliano da Sangallo presenti all'interno del Codice Barberiniano con l'obiettivo di fornire la ricostruzione di un modello digitale ed una stampa tridimensionale.

Con un buon modello digitale è possibile realizzare oltre alla ricostruzione di un piccolo modello fisico anche teatri virtuali immersivi in cui il fruitore può calarsi e vedere come sarebbe stato ciò che non esiste più o ciò che, come in questo caso, era rimasto solo un progetto.

Non solo, grazie alle nuove tecnologie quali il Building Information Modeling si ha la possibilità di gestire un'importante quantità di dati eterogenei che, andando oltre il semplice aspetto geometrico, possono costituire un archivio digitale di dati ed informazioni, utile alla documentazione e alla conservazione dell'architettura.

Una grande studiosa del Sangallo ha scelto di farci sviluppare questo tema che si pone all'interno di un

progetto di ricerca sulle opere dell'architetto su cui la stessa Prof.ssa Sabine Frommel ha pubblicato un volume monografico nel 2014.

All'interno del Codice Barberiniano, conservato negli archivi vaticani, si trovano una planimetria ed una sezione prospettica (riferimenti : f. 59v, f. 74r) che studi della Prof.ssa Frommel hanno dimostrato potessero essere la bozza per il progetto del monumento funebre destinato alle spoglie del papa Giulio II; egli stesso infatti chiese di proporre un consono progetto a vari architetti tra cui Michelangelo e Giuliano da Sangallo. Rimaneva aperto l'enigma di come potesse essere costruito quell'edificio che nel 1505 Papa Giulio II commissionò in forma progettuale all'architetto Giuliano da Sangallo per divenire il suo monumento funebre, il passato ci ha lasciato solo uno schizzo tra tanti all'interno di una raccolta di progetti.

La storia volle che a questo "bando" indetto dal Pontefice ebbe la meglio l'allora illustre architetto Michelangelo Buonarroti, artefice dell'attuale tomba di Giulio II collocata all'interno di San Pietro.

Una delle prime cose su cui riflettei fu perché una figura potente come quella di Giulio II avrebbe preferito

un monumento funebre celato dalle imponenti mura della Basilica di San Pietro, piuttosto che un mausoleo esterno alla Basilica, che tutti avrebbero ricordato ed identificato come “edificio monumentale” alla sua memoria.

Ciò si spiegherà analizzando la carriera del Sangallo ed i suoi trascorsi nell’ambito fiorentino, che hanno fortemente influenzato il suo gusto architettonico; ma non solo, come sempre, anche nel ‘500 potrebbe aver conquistato il gusto del Pontefice colui che risultava di maggior “tendenza” all’interno dell’ambiente romano. Dunque la base di partenza sono stati due disegni, una planimetria ed una sezione prospettica, da questi tramite l’analisi di fonti pittoriche, esempi architettonici dell’epoca ed opere dello stesso Sangallo si è proceduto ad una analisi metrica, seguita da uno studio dei singoli elementi architettonici per poi affrontare una riproduzione tridimensionale che fosse coerente sia con i criteri costruttivi sia con lo stile architettonico.

È da premettere che si è condotta una ricostruzione digitale di un edificio mai esistito, a seguito di lunghi studi analitici, per restituire un oggetto che fosse

coerente con la sintassi del secolo e dell’architetto in questione.

Ogni elemento è stato modellato seguendo un metodo, si sono analizzate diverse fonti pittoriche ed architettoniche di edifici rinascimentali e di epoca romana, si sono vagliate una media di tre ipotesi per ogni elemento modellato e materiale applicato. A seguito del confronto tra le ipotesi, in accordo con la maggiore studiosa del Sangallo, Prof.ssa Sabine Frommel, si è scelta la soluzione che meglio conciliasse l’architettura del tempo ed i canoni costruttivi con quello che, probabilmente, l’architetto fiorentino

STUDIO DEL DISEGNO PRESENTE NEL CODICE BARBERINIANO



ANALISI DELLE FONTI PITTORICHE E ARCHITETTONICHE



CONFRONTO DI PIU' IPOTESI



SCELTA STILISTICA E MODELLAZIONE

avrebbe potuto costruire, seguendo la sua esperienza e la tradizione costruttiva della quale è stato artefice. In questa trattazione, ogni ricostruzione sarà seguita dalle motivazioni che hanno spinto alla rappresentazione scelta. Ogni elemento architettonico utilizzato nella ricostruzione sarà accompagnato dall'analisi della sua attendibilità con riferimento ad una scala a falsi colori.

Il processo ha restituito un modello attendibile che è stato utilizzato per condurre analisi illuminotecniche per esaminare l'ingresso di luce naturale che andranno ad avvalorare la tesi che il progetto abbia proprio le caratteristiche di un mausoleo; sono stati poi indagati i materiali con i quali sarebbe stato realizzato il corpo di fabbrica ed è stato pensato un progetto per il suo possibile impiego in ambito museale ed espositivo.

Questo processo potrebbe essere di grande interesse se applicato a qualunque edificio o monumento storico di cui se ne voglia conservare memoria ma soprattutto di cui si desidera indagare la storia, i processi costruttivi, le modifiche che si sono susseguite nel tempo, per andare a ricostruire quello che era l'intento originario dell'architetto al momento della

creazione del progetto e della prima costruzione.

Il processo utilizzato può quindi essere utilizzato anche nel caso di studio di edifici esistenti che nel tempo siano stati modificati, alterando quelle che erano le intenzioni originarie di progetto.

Si rivela altresì utile nel caso di edifici distrutti o danneggiati dai sismi e dal tempo, in cui grande attenzione sarà posta nel risalire al progetto originario.



CAPITOLO 2

GIULIANO DA SANGALLO
E LA STORIA DI UN
MONUMENTO MAI
REALIZZATO

A destra,
Ritratto di
Giuliano
da Sangallo,
Piero di
Cosimo,
Rijksmuseum,
Amsterdam

2. Giuliano da Sangallo e la storia di un monumento mai realizzato

2.1 Biografia dell'architetto

Giuliano da Sangallo (Giuliano Giamberti vissuto circa tra il 1443 – 1516).

Primo figlio di Francesco Giamberti di Bartolo, fu architetto, ingegnere militare, scultore ed intagliatore di mobili presso i Medici e certamente capomastro quanto capostipite di un'importante famiglia di architetti ed artisti attivissimi soprattutto in Toscana, Umbria, Lazio e Campania.

Giuliano, come suo fratello Antonio, ebbe una formazione in ambienti principalmente artigianali e di artisti nella Firenze della seconda metà del Quattrocento.

Durante un primo soggiorno romano tra il 1465 e il 1473, Giuliano iniziò ad avvicinarsi allo studio e al disegno delle antichità facendo tesoro di elementi e conoscenze che serviranno allo stesso architetto come solida base per la propria ricerca architettonica. Tornato a Firenze, nei primi anni si dedica insieme al fratello Antonio alla realizzazione di sculture lignee.



Negli stessi anni si impegnò, insieme a Francione, in vari progetti di stampo ingegneristico-militare, grazie ai quali si farà notare dalla famiglia Medici, che era impegnata in quei tempi in grandi opere di rinnovamento dei sistemi difensivi e militari nel suo territorio.

A partire dal 1470, iniziò insieme al fratello a lavorare come architetto a Firenze, costruendo soprattutto palazzi per le importanti famiglie dell'epoca. In poco tempo divenne l'architetto prediletto da Lorenzo il Magnifico, che nel 1480 gli commissionò la Villa a Poggio Caiano, prototipo della villa rinascimentale italiana.

Custode ed interprete della tradizione brunelleschiana, partecipò attivamente all'evoluzione culturale tra fine Quattrocento e inizio Cinquecento elaborando, attraverso studi accurati delle forme antiche, soluzioni innovatrici, dando un contributo fondamentale alle nuove progettazioni di forme architettoniche a pianta centrale quali, per esempio, Santa

Maria delle Carceri a Prato, commissionata dallo stesso Lorenzo de Medici.

Dopo aver inviato Giuliano da Sangallo a Napoli per estendere le proprie alleanze sul territorio italiano, Lorenzo chiese al suo architetto di fiducia di realizzare altri progetti come la Basilica della Madonna dell'Umiltà a Pistoia e un altro palazzo in via Laura, che però non venne mai costruito.

Sono di questi anni, infatti, anche molti interventi ad opera di Sangallo, ma per volere di Lorenzo, che miravano ad un rafforzamento nonché miglioramento delle difese nelle aree limitrofe a Firenze.

Morto Lorenzo nel 1492 e con la cacciata dei Medici nel 1494, visto il nuovo clima politico e l'immobilità dei cantieri medicei ormai in abbandono, Giuliano decise di lasciare Firenze alla ricerca di nuove committenze.

In un primo momento, si spostò a Milano dove entrò in contatto con Leonardo e Bramante e in seguito, negli ultimi anni del Quattrocento, fece numerosi viaggi tra Francia e Italia alla ricerca di nuove commesse e progetti ambiziosi.

All'inizio del Cinquecento, dopo che venne eletto Papa Giulio II, si stabilì a Roma lavorando presso la

corte del pontefice. Elaborò, infatti, alcune proposte per la Basilica di San Pietro in Vaticano, che influenzarono il progetto bramantesco, ma la concorrenza con Bramante era difficile da sostenere e infatti venne escluso da molti incarichi dove fu surclassato appunto da quest'ultimo.

Ritornato per un breve periodo a Firenze, tornò ben presto a Roma, dopo l'elezione di Leone X de Medici al soglio pontificio nel 1513, e qui si fermò per un paio d'anni incaricato dal nuovo Papa di un piano a scala urbanistica per la progettazione della cosiddetta "cittadella medicea" che avrebbe sancito un nuovo dominio della famiglia Medici a Roma. In particolare, come già accennato il Sangallo, si occupò, in un primo momento, di un palazzo nei pressi di piazza Navona per conto di Leone X, che alla fine non verrà mai realizzato, e negli stessi anni curerà anche per volere di Alfonsina Orsini lo studio preliminare di un palazzo nei pressi del quartiere della Dogana.

Dopo aver eseguito alcuni progetti per la facciata di San Lorenzo, considerata la sua ultima opera, muore il 20 ottobre del 1516 a Firenze e sarà seppellito in S. Maria Novella.

2.2 Il committente del progetto

Siamo nel 1505 quando Papa Giulio II decide di radunare i nomi degli architetti più illustri del suo tempo e chiedere di realizzare dei progetti per la costruzione del monumento funebre che avrebbe ospitato le sue spoglie.

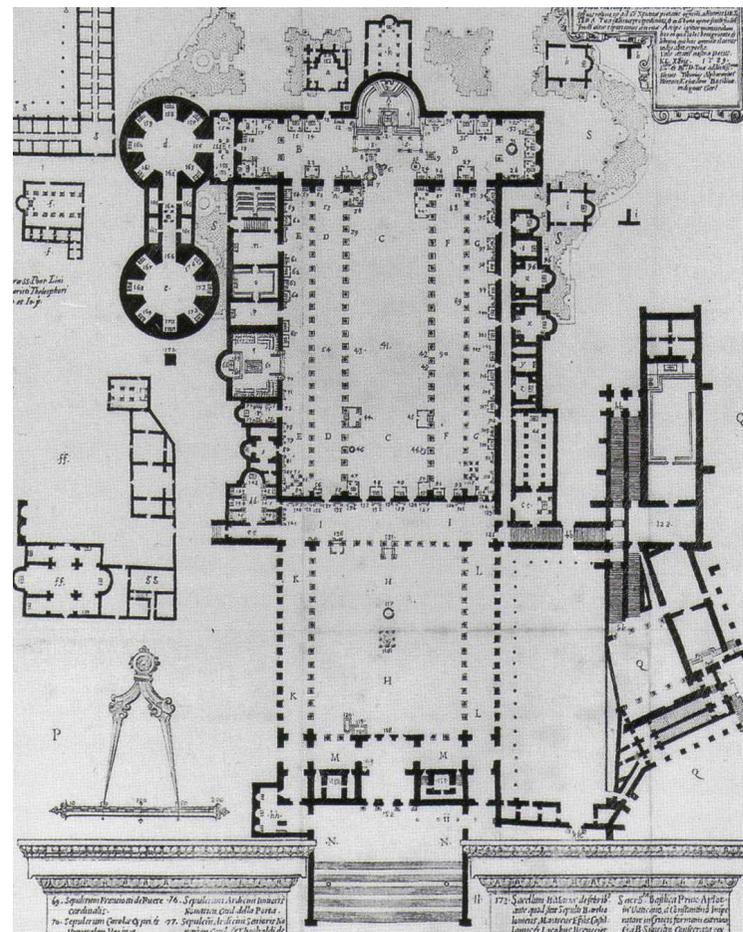
Secondo quanto riporta il Vasari, il pontefice chiese a Giuliano da Sangallo, Michelangelo ed altri artisti di trovare un luogo consono all'interno della Basilica di San Pietro.

Il Sangallo però, avrebbe preferito un monumento autonomo per esaltare e contemplare il Papa dopo la sua morte, posizionato nei pressi della Basilica.

All'interno del Codice Barberiniano¹ si ritrovano due disegni che mostrano una planimetria ed una sezione prospettica di un monumento a pianta centrale, sviluppato su tre livelli in cui si scorge un oggetto che sembra proprio essere un sarcofago incorniciato da colonne corinzie, all'interno di una nicchia.

¹ *Codice Barberiniano Ms Barberini Lat. 4424 della Biblioteca Vaticana (collocamento : f. 59 v, f.74 r). Ricco di disegni di capitelli, basi e dettagli di monumenti antichi; sul frontespizio riporta la data MCCCCLXV, inizio delle sue esperienze a Roma.*

È del tutto plausibile che se il Papa avesse ben accolto la proposta progettuale del Sangallo, a fianco alle due rotonde tardo-antiche a sud della vecchia basilica, dove era stato sepolto anche Alessandro VI,



A destra,
pianta della
basilica di San
Pietro Costan-
tiniana

avremmo trovato anche il Mausoleo di Giulio II. Dunque, facendoci trasportare da questa immaginazione, se la storia avesse lasciato spazio alla costruzione di questo monumento, oggi potrebbe essere inglobato come cappella all'interno della Basilica. Successivamente verrà affrontato anche il tema della collocazione del monumeto.

Ovviamente queste sono supposizioni non comprovate, in questa tesi più volte verranno avanzate delle ipotesi e di queste verrà espresso il grado di attendibilità della ricostruzione e di fedeltà storica.

Quando le analisi dei disegni e gli studi condotti dalla prof.ssa Frommel non saranno sufficienti, verranno proposte ricostruzioni basate sull'osservazione e lo studio di monumenti contemporanei al Sangallo.

2.2.1 Lo schizzo dell'architetto per il committente

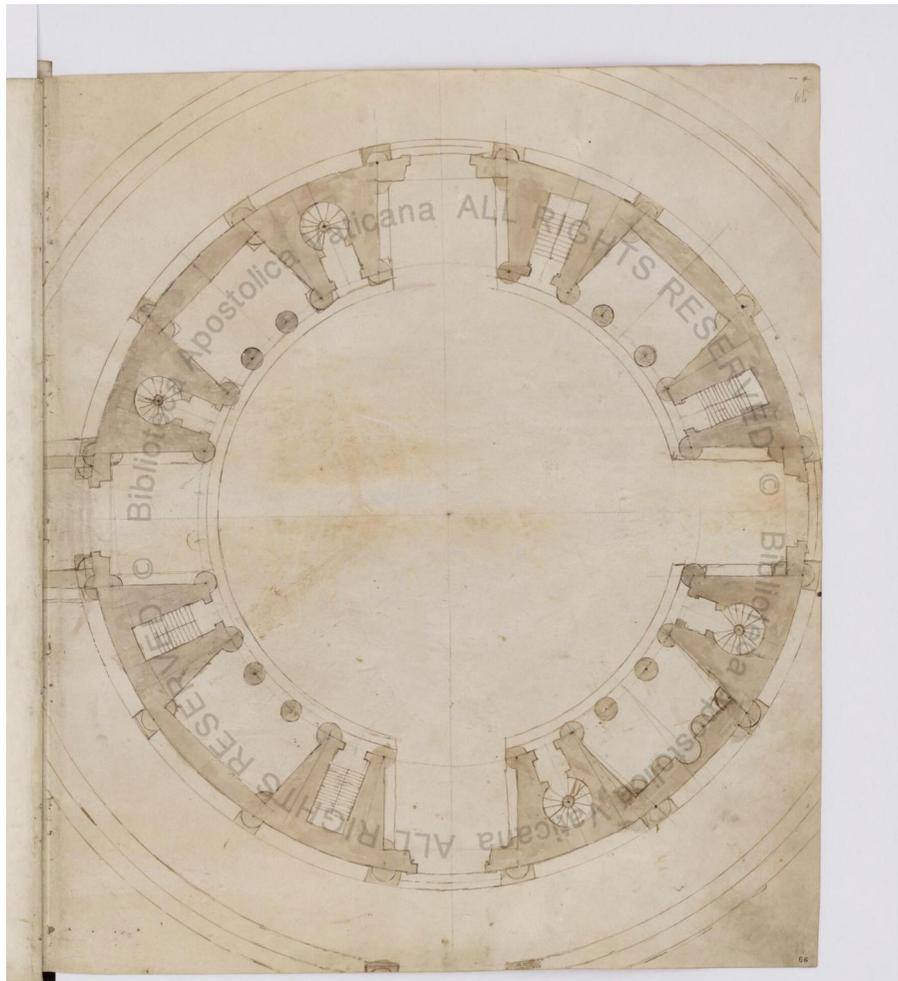
Analizzando gli schizzi, notiamo come l'architetto si sia fatto fortemente ispirare dal Pantheon, infatti, il sistema costruttivo è caratterizzato da nicchie rettangolari che si alternano a pilastri massicci costituendo un corpo di forma rotonda.

All'interno, partendo dal primo livello, abbiamo un susseguirsi denso di colonne rotonde e a tre quarti di ordine corinzio; al secondo livello, lungo le pareti, corre un ordine corinzio di paraste alternate a nicchie che dal disegno sembrano essere cieche e rotonde, con una decorazione poco leggibile.

Infine la sommità è chiusa da una cupola emisferica culminante in una lanterna, scarsamente leggibile dal disegno.

Bisogna tenere sempre presente che le considerazioni che vengono fatte si basano su fonti grafiche che l'architetto ha definito senza ancora pensare alla cantierizzazione ed effettiva realizzazione del monumento. Poiché ci si è occupati anche della ricostruzione tridimensionale del corpo di fabbrica, spesso si è ricorsi a cambiamenti di alcuni elementi e livelli di quota che

A sinistra,
pianta realizza-
ta da Sangallo
per il progetto
del mausoleo,
Codice Barbe-
riniano, f.59v
[10_4]



Copyright © Biblioteca Apostolica Vaticana
http://digi.vatlib.it/view/MSS_Barb.lat.4424/0152
powered by AMLAD-NTT DATA



A destra,
sezione
realizzata da
Sangallo per
il progetto del
mausoleo,
Codice Barbe-
riniano, f.74r
[10_4]



Copyright © Biblioteca Apostolica Vaticana
http://digi.vatlib.it/view/MSS_Barb.lat.4424/0122
powered by AMLAD-NTT DATA



per come disegnati non sarebbero mai potuti essere costruiti.

Presumibilmente il Sangallo avrebbe effettuato delle modifiche in fase di progettazione ed esecuzione di disegni più completi.

I pilastri sono scavati da quattro scale a chiocciola che probabilmente salivano fino al livello di imposta della cupola attraversando il secondo livello, piano che presentava un basso corridoio voltato a botte, illuminato dalle finestrelle del secondo ordine.

Dalla planimetria si legge anche la presenza di quattro rampe di scale più comode che permettono di raggiungere i balconcini posizionati sopra le porte al primo livello, destinati verosimilmente ai cantori.

Si sottolinea ancora una volta che, le considerazioni che vengono fatte si basano su fonti grafiche delineate dall'architetto in una fase in cui non si era ancora occupato della cantierizzazione ed effettiva realizzazione del monumento, quindi si spiegano eventuali incongruenze tra disegno e fattibilità.

Sulle diagonali principali si costruiscono le cappelle incorniciate da colonnati, mentre i vani disegnati sulle diagonali principali ospitano i vestiboli.

Il Sangallo decide poi di ampliare il vestibolo principale, raddoppiandone l'area e facendolo sporgere rispetto alla rotonda, è collocato di fronte all'entrata principale ed incorniciato da colonne rotonde.

Questo schema è presente anche nel coro di San Bernardino ad Urbino, nella cappella Nerli di San Salvatore al Monte, nella cappella di Baldassarre Castiglione e nella cappella Ghisilardi presso San Domenico di Bologna. Sono tutti mausolei ispirati al modello antico sulla via Appia: questa osservazione rafforza la tesi che il progetto del Sangallo riguardasse proprio un mausoleo, nel qual lo spazio creato tra un gioco di colonne d'angolo è proprio destinato al posizionamento del sarcofago direttamente di fronte all'ingresso principale.

Guardando più attentamente il disegno della pianta, nel punto in cui il Sangallo ha inserito il prolungamento del vestibolo principale, si possono scorgere linee sovrapposte e segni evidentemente cancellati, si può quindi ipotizzare che la pianta fosse ancora in fase di studio e che questi tratti siano stati modificati successivamente al primo schizzo.

Possiamo supporre che l'architetto stesse ancora

A sinistra, Città Ideale, autore sconosciuto, 1480 -1490, conservato nella Galleria Nazionale delle Marche a Urbino [10_9]

A destra, Consegna delle Chiavi, affresco di Pietro Perugino, 1481-1482, decorazione del registro mediano della Cappella Sistina in Vaticano. [10_10]

lavorando sul delineare gli elementi in pianta poiché solo uno degli ambienti sulle diagonali presenta una più articolata scansione della parete in fondo costituita da una nicchia posizionata centralmente rispetto a due semicolonne.

Il disegno della pianta² non ci svela dove sarebbe stato collocato l'altare ma probabilmente si sarebbe trovato al centro della rotonda, osservando la sezione si può notare come il centro del mausoleo sia l'unico spazio di dimensioni adeguate ad ospitare questo

2 *Pianta realizzata da Sangallo per il progetto del mausoleo, Codice Barberiniano, f. 59 v*



elemento. Per questo posizionamento ci si è ispirati al mausoleo di Santa Costanza, dal quale, lo stesso Sangallo coglie spunti per collocare il sarcofago.

Dalla sezione³ si evince inoltre come poteva essere stata pensata la configurazione esterna del mausoleo, vi è grande somiglianza con il dipinto della Città Ideale di Urbino.

La rotonda presente nel quadro di artista ignoto, ma che potrebbe essere attribuibile allo stesso Sangallo, secondo studi condotti dalla prof.ssa Frommel, si

3 *Sezione realizzata da Sangallo per il progetto del mausoleo, Codice Barberiniano, f. 74 r*



erge su una gradinata formata da tre livelli, in alzato si articola in due ordini di semicolonne corinzie; il piano superiore riceve luce da finestre rettangolari e il tetto triangolare culmina lasciando spazio ad una lanterna. Nel caso del mausoleo dedicato a Giulio II, dalla sezione si può notare un basso attico rientrante che rinforza la cupola, come accade anche nel Pantheon. Dal disegno si evince come i due ordini corinzi e le loro pesanti trabeazioni siano stati solamente accennati, così come avviene per la lanterna, che ricorda quella progettata dal Brunelleschi per la Sagrestia Vecchia, ulteriore prova che porta a datare il progetto proprio intorno all'anno 1505.

Da notare come il Sangallo utilizzi l'acquerello per creare le ombreggiature sullo schizzo, questa tecnica viene maturata dall'architetto in una sua tarda fase, forse periodo nel quale ricopiò frettolosamente il progetto, ormai svanito, nel Codice Barberiniano, se così fosse, soltanto in quel momento avrebbe poi aggiunto il vano predestinato alla cappella sepolcrale.

2.3 Analisi delle fonti pittoriche e riferimenti architettonici

Nel paragrafo precedente si è fatto riferimento a diverse opere architettoniche e pittoriche di grande rilievo nel panorama rinascimentale e non solo; questi esempi sono stati di grande aiuto, dovendo ricostruire, da una raccolta di schizzi, come poteva essere il corpo di fabbrica e come sarebbero stati modellati i singoli elementi architettonici e decorativi.

Il Codice Barberiniano, a cui questa tesi fa spesso riferimento, costituisce l'insieme di schizzi, rilievi, disegni anche minuziosi, di alcuni elementi quali capitelli e trabeazioni, che il Sangallo realizza durante la sua brillante carriera.

Proprio su questa raccolta, si trovano la planimetria e la sezione prospettica alle quali si è fatto riferimento per modellare il primo modello tridimensionale che poi, nel corso del tempo, è stato sempre più perfezionato, per cercare di raggiungere un risultato il più possibile attendibile e coerente.

Ovviamente trattandosi di schizzi non è stata facile la lettura della volontà dell'artista; le informazioni che possono trapelare da questi antichi disegni sono

A sinistra,
Mausoleo di
Santa Co-
stanza, 340
- 345 circa,
complesso
monumentale
di Sant'Agnese
fuori le mura,
Roma
[10_12]

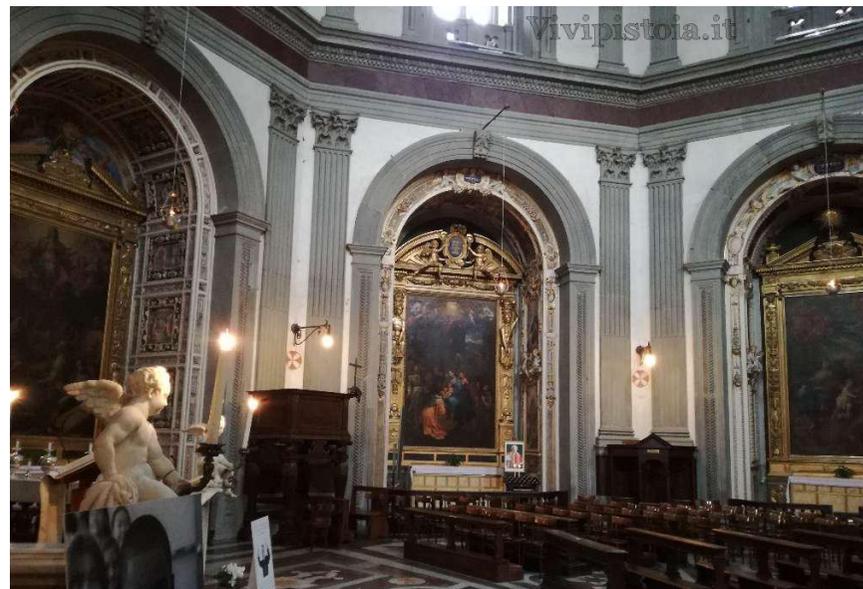
A destra,
in alto: chiesa
della Madonna
dell'Umiltà,
1495 - 1579,
progetto di
Giuliano da
Sangallo,
Pistoia;
in basso
a sinistra :
sagrestia di
Santo Spirito,
1489 - 1492,
Firenze;
in basso a
destra: cupola
di Santa Maria
delle Carceri
(Prato)
[10_1] [10_2]
[10_6]

spesso lacunose ed incomplete, lasciando molti punti interrogativi sulle volontà stilistiche e sugli aspetti costruttivi.

Dunque, è stata necessaria la guida di altri esempi, quali le fonti utilizzate, che potessero quanto meno fornire delle linee guida da cui partire e dare indicazioni plausibili per poter restituire una ricostruzione digitale degli elementi architettonici.

Si riportano di seguito le fonti che sono state prese in considerazione nella trattazione delle varie parti architettoniche:

1. Schizzi del Sangallo raccolti all'interno del



Taccuino Senese.

2. Progetti contemporanei al secolo dell'architetto e situati tra Toscana e Lazio:

- chiesa di Santa Maria delle Carceri a Prato(1486-94);
- basilica della Madonna dell'Umiltà a Pistoia;
- la sagrestia di Santo Spirito a Firenze (1489-92);
- cappella Gondi all'interno della Chiesa di Santa Maria Novella a Firenze.

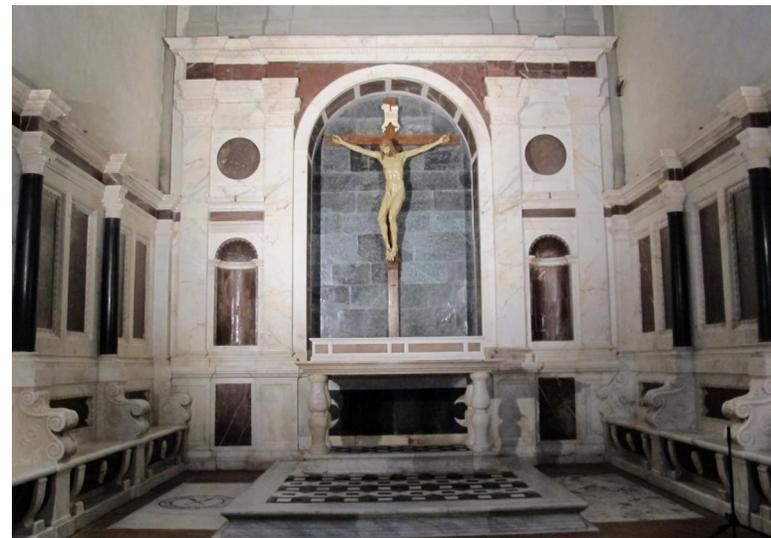
3. Dipinti di architettura coevi che ritraggono mausolei come la Città Ideale di Urbino, che conta tra i possibili autori anche lo stesso Sangallo, e la Consegna delle Chiavi, affresco che fa parte



della decorazione del registro mediano della Cappella Sistina, ad opera del Perugino .

- 4. Trattati architettonici come quelli del Vignola o dell'Alberti.
- 5. Edifici tipologicamente affini come il Pantheon e il Mausoleo di Santa Costanza a Roma.

Quando anche le fonti si sono ritenute insoddisfacenti a risolvere alcune questioni, soprattutto tecniche, si sono fatte congetture basate su considerazioni progettuali.



A sinistra,
Santa Maria
delle Carce-
ri, Giuliano
da Sangallo,
1486 - 1495,
Prato
[10_1]

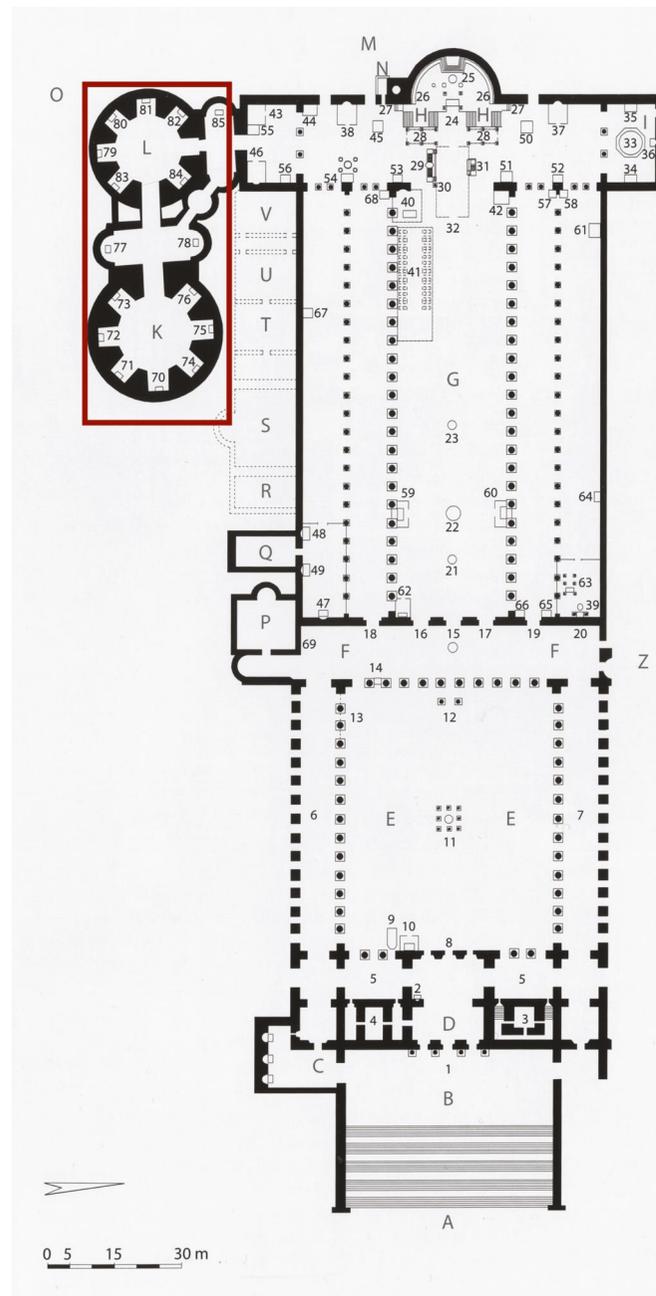
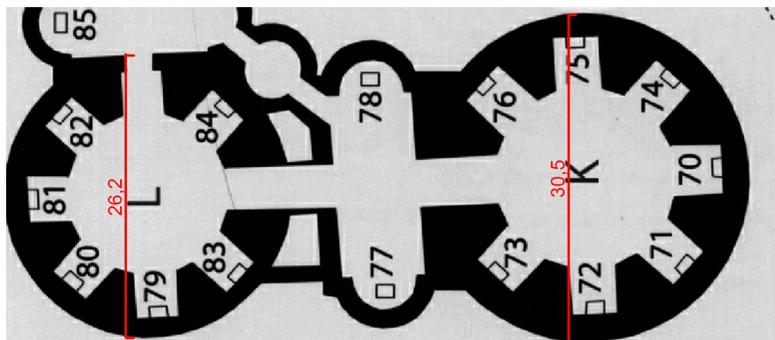
A destra,
cappella
Gondi,
Giuliano da
Sangallo,
Santa Maria
Novella
(Firenze)
[10_7]

2.4 Collocazione del monumento

Nella monografia su Giuliano da Sangallo, a cura della Prof.ssa Frommel, è data un'ipotesi di dove sarebbe stata collocata la rotonda, ovvero, nella zona a sud della Basilica di San Pietro Costantiniana, nelle vicinanze dei due edifici rotondi tardoantichi di Sant'Andrea e Santa Petronilla.

Durante lo studio del modello del Mausoleo si è avanzata l'ipotesi che il Sangallo potesse prevedere il collocamento del monumento al posto di una delle due rotonde esistenti, sfruttando la struttura circolare già esistente.

A rafforzare questa tesi, l'anno di progettazione, infatti, l'architetto realizza lo schizzo nel periodo in cui vengono iniziati i lavori per la nuova Basilica di San Pietro.

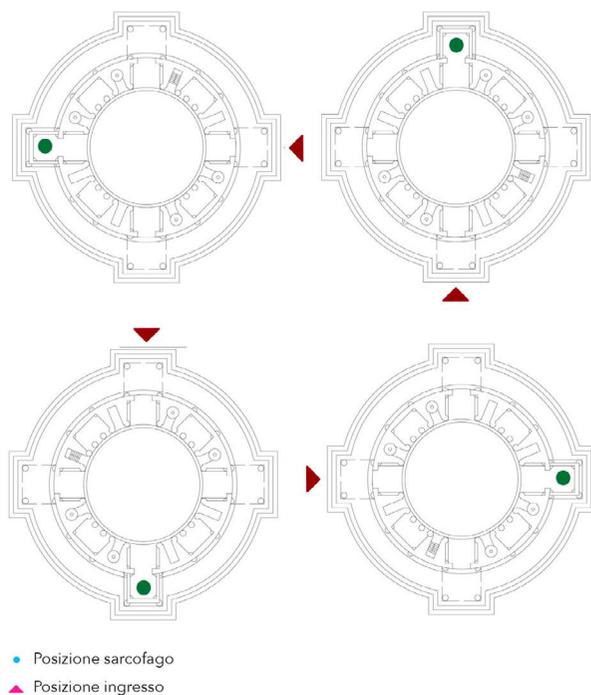


A sinistra, disegno delle rotonde di Santa Petronilla e Sant'Andrea collocate a fianco della Basilica di San Pietro in Vaticano

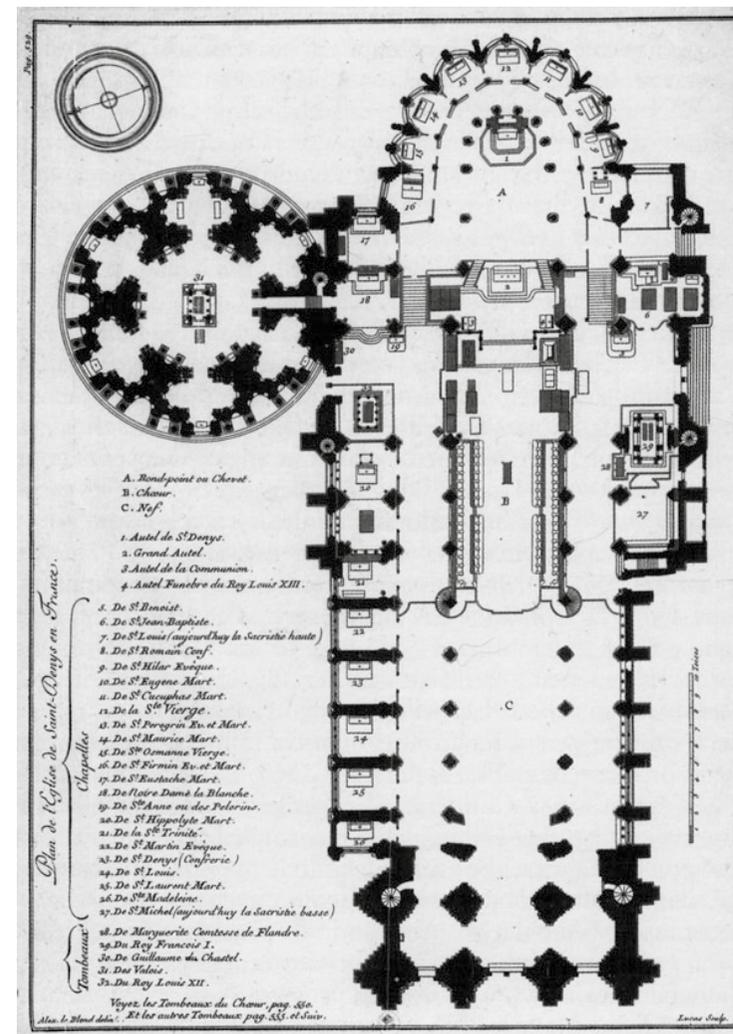
A destra, Pianta di San Pietro (sec VI-XV) elaborazione di Alfarano, 1590

Confrontando il diametro del Mausoleo con quello delle rotonde, ricavabile dalla ricostruzione della pianta dell'antica Basilica di San Pietro di Tiberio Alfrano del 1590, si nota come ci siano nove metri di discrepanza rispetto alla rotonda più ad est e tredici rispetto a quella più a ovest.

Nonostante questa differenza metrica vi sono varie analogie, le nicchie presentano la stessa forma e



sono posizionate sugli assi della rotonda, ortogonali tra loro e a 45° rispetto a tali assi principali.



A sinistra, schema degli accessi e posizionamento del sarcofago sulla pianta del piano terra del mausoleo progettato da Giuliano da Sangallo

A destra, Alexandre Leblond, pianta dell'Abbazia di Saint-Denis con la rotonda dei Valois, Parigi, 1706

Aggiungendo l'avancorpo, che verrà studiato nei prossimi capitoli, le edicole poste nei tre ingressi e i gradini basamentali, il mausoleo occuperebbe lo stesso spazio della rotonda.

Sono state fatte supposizioni sull'orientamento dall'osservazione dei due edifici di epoca romana presi più volte come riferimento; il Pantheon, ad esempio, presenta un ingresso a nord mentre il Mausoleo di Santa Costanza a nord-est.

Se il Sangallo avesse pensato di posizionare il Mausoleo nello spazio occupato dalla Rotonda di Santa Petronilla, orientare l'ingresso verso nord avrebbe significato porre l'accesso principale al monumento in opposizione al sarcofago, direttamente interno alla Basilica di San Pietro.

La rotonda del Valois ad opera del Primaticcio presenta alcune analogie con quella di Santa Petronilla anche se il disegno della pianta è profondamente differente.

L'edificio era stato commissionato da Caterina de Medici nel 1567 come sepolcro per il marito Enrico II, per sé e per i figli; era stata aggiunta al transetto sinistro dell'abazia di Saint – Denis, ma non era né

aperta verso la chiesa, come la maggior parte delle cappelle sepolcrali dell'epoca, né direttamente accessibile da essa. Si trattava di un edificio circolare autonomo collegato, attraverso un corridoio stretto e poco cerimoniale, alla cappella nel transetto sinistro della chiesa.

Probabilmente, all'origine, doveva essere accessibile attraverso un proprio portale a est-ovest, parallelo alla chiesa.

La Prof.ssa Frommel ipotizza che il Primaticcio potesse aver avuto dei contatti con Francesco da Sangallo, figlio di Giuliano, probabilmente durante il suo viaggio in Italia e proprio in questa occasione avrebbe potuto vedere lo schizzo del Mausoleo all'interno del Codice Barberiniano.

Il Sangallo avrebbe potuto prevedere un ingresso autonomo sull'asse est-ovest per il Mausoleo comunque collegato alla Basilica di San Pietro. In questo caso il sarcofago sarebbe stato disposto a sud, opposto all'ingresso della basilica, oppure sull'asse est-ovest, opposto all'ingresso esterno.

Tuttavia, non ci sono sufficienti elementi per propendere per un'opzione piuttosto che un'altra.



CAPITOLO 3

RICOSTRUZIONE DA UNO SCHIZZO

3. Ricostruzione da uno schizzo

Dopo un'attenta analisi dei disegni ed una costante verifica con le fonti, l'obiettivo è divenuto quello di costruire un modello tridimensionale di un'architettura mai esistita nella storia, rimasta per secoli nascosta tra le pagine di una raccolta di schizzi.

Questo metodo può essere valutato di interesse sia per studiare qualcosa di mai esistito, ma potrebbe essere utilizzato anche per indagare le modifiche che hanno interessato la maggior parte del nostro patrimonio architettonico per restituire una rappresentazione virtuale di quello che poteva essere il progetto originario.

Il processo ha avuto inizio dal reperimento dei disegni contenuti all'interno del Codice Barberiniano; questi sono stati, in una prima fase, esaminati con la Prof.ssa Frommel, massima esperta su Giuliano da Sangallo, la quale ha tenuto diverse lezioni volte alla spiegazione del lavoro dell'architetto e dei risultati di studio da lei raggiunti.

In una seconda fase si sono osservate le fonti pittoriche che ritraevano dei mausolei e delle architettoniche, sia contemporanee al Sangallo e da lui

stesso realizzate che esempi di epoca romana di alto rilievo nella storia dell'architettura.

Sulla base di queste osservazioni si sono avanzate delle ipotesi di ricostruzione tridimensionale, sottoposte periodicamente alla Prof.ssa Frommel.

Gli elementi sono stati poi modellati cercando di ricercare il più possibile la coerenza stilistica.

Quando non è stato possibile stabilire con precisione quale potesse essere la scelta del Sangallo, si è optato per lasciare gli elementi come campi volumetrici,

STUDIO DEL DISEGNO PRESENTE NEL CODICE BARBERINIANO



ANALISI DELLE FONTI PITTORICHE E ARCHITETTONICHE



CONFRONTO DI PIU' IPOTESI



SCELTA STILISTICA E MODELLAZIONE

senza azzardare possibili ricostruzioni che non sarebbero state attendibili.

3.1 Il metodo

Ogni elemento è stato modellato, in principio, analizzando i disegni e le fonti, a seguire sono state formulate delle ipotesi, tra queste si è scelta la più coerente dal punto di vista costruttivo e stilistico.

Nel scegliere l'alternativa più plausibile si è tenuto anche conto dell'opinione di studiosi della storia dell'architettura, in particolare del Sangallo, quali la prof.ssa Sabine Frommel; il riscontro con le fonti è stato rafforzativo per le tesi sostenute.

La stessa Prof.ssa ha messo a disposizione i disegni del Sangallo tratti dal Codice Barberiniano (acquisiti tramite scansione), custodito all'interno degli Archivi Vaticani; nella fase iniziale dello studio è stata anche fornita una copia digitale del Taccuino Senese ed in forma cartacea una copia del libro su Giuliano da Sangallo¹ di cui Sabine Frommel è autrice.

I disegni originali, una volta digitalizzati, sono stati importati come immagini raster all'interno del software

di disegno bidimensionale al fine di vettorializzarli.

Dopo aver ricalcato fedelmente il disegno, al fine di condurre indagini metriche e scoprire la scala in cui erano stati effettuati gli schizzi, si è proceduto a cercare simmetrie e ripetizioni nelle dimensioni degli elementi.

La prima restituzione grafica è stata quella di una pianta e una sezione in formato dwg, base fondamentale dalla quale partire per la realizzazione del modello tridimensionale.

Questi file sono stati importati all'interno del software Autodesk 3D Studio Max Design 2014; questo software permette grande libertà di modellazione dell'oggetto a partire da forme fornite dal programma oppure a partire da forme ricalcate dal disegno. Il comando di "box modeling" ha reso possibile la modellazione di qualsiasi elemento architettonico e decorativo attraverso l'ampia possibilità di utilizzare modificatori.

Al modello geometrico considerato di risultato soddisfacente sono poi stati applicati i materiali per poter realizzare immagini foto-realistiche, video, condurre analisi illuminotecniche.

¹ *Giuliano da Sangallo, Sabine Frommel, EDIFIR, Firenze, 2014*

Questo modello digitale è esportabile in diversi formati, quindi, può essere gestito da diversi programmi per ottenere differenti risultati, tra cui la stampa di un modellino fisico tridimensionale che è stata realizzata a cura di Giovanni Bacci all'interno del dipartimento dove si è condotto il lavoro di tesi.

3.2 La ricerca della scala metrica

L'architetto, non fornisce, probabilmente perché si tratta di schizzi, una scala di disegno; si è confrontata la misura del diametro di un colonna in pianta con quello della sezione ed è stato possibile appurare che erano state disegnate nella stessa scala.

Sono state avanzate differenti ipotesi, tutte motivate e poste a confronto, vediamo di seguito per quale motivo alcune sono state escluse e come è stato possibile condurre questa analisi.

Ipotesi 1

Dalle indicazioni fornite dalla prof.ssa Frommel, derivanti dai suoi studi su Giuliano da Sangallo, l'altezza del primo registro di colonne doveva essere presumibilmente di 11,25 metri, la cupola si sarebbe impostata

a circa 20 metri di altezza e avrebbe avuto un raggio di 9 metri.

Tuttavia, avvalorando tale ipotesi e scalando di conseguenza tutto il disegno, risulta un'altezza di entrambi i deambulatori del secondo e del terzo ordine di circa 2,9 metri, tale dimensione è decisamente sproporzionata rispetto alla funzione di servizio che tali spazi dovevano avere.

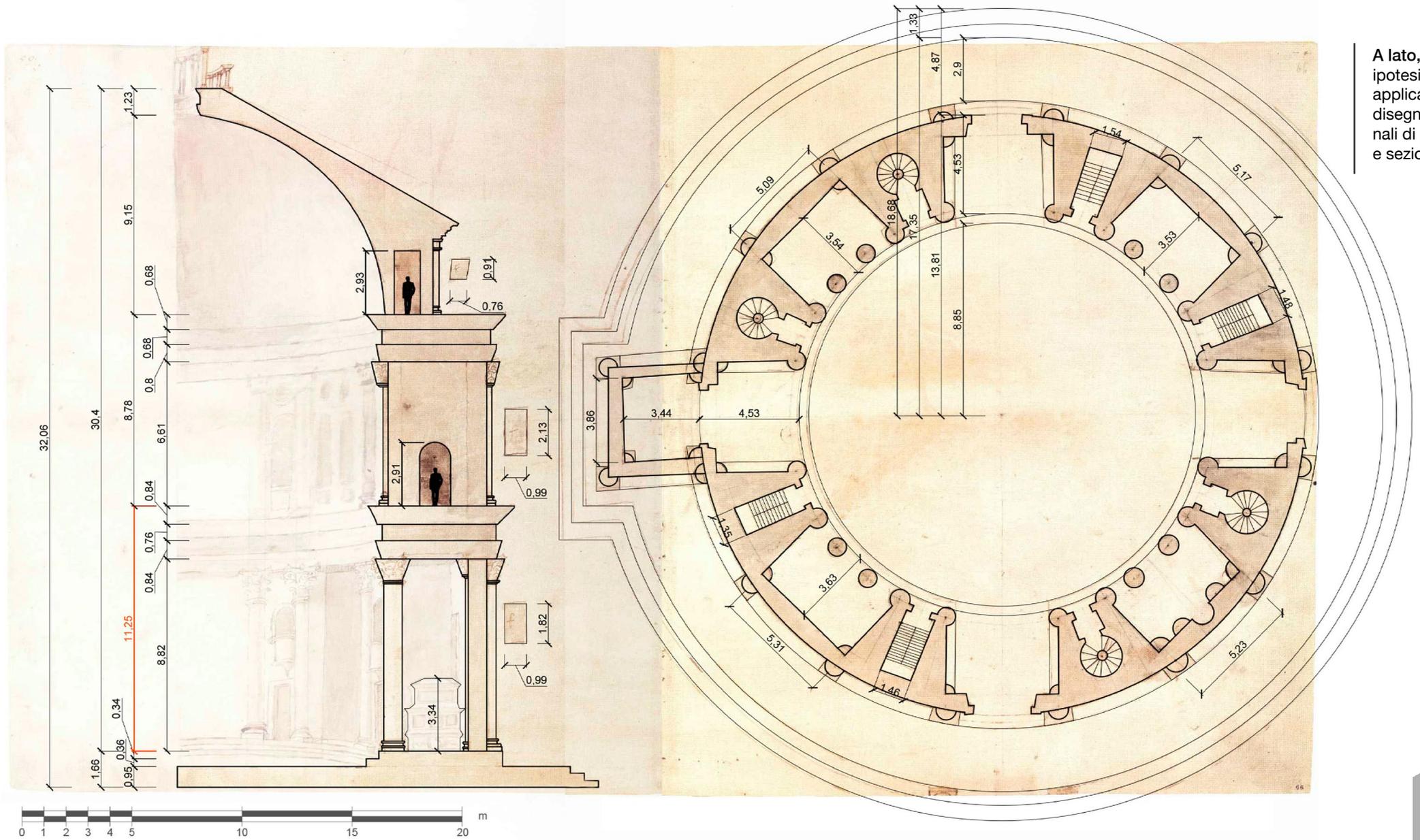
Ipotesi 2

Nella pianta disegnata dal Sangallo sono presenti 8 vani scala, 4 a chiocciola e 4 a due rampe.

Si è ipotizzata una dimensione di circa 1 m per rampa, scalando proporzionalmente sia pianta che sezione. Anche in questo caso, andando ad analizzare nuovamente i deambulatori del secondo e del terzo ordine si nota come siano, ancora una volta, sovradimensionati in altezza.

Ipotesi 3

Le proporzioni dell'ordine corinzio, che il Sangallo ha utilizzato per il Mausoleo, vanno dall' 1:10 all'1:11, cioè l'altezza della colonna dovrebbe essere tra le 10



A lato,
ipotesi 1
applicata ai
disegni origi-
nali di pianta
e sezione

A lato, schizzo realizzato da Giuliano da Sangallo presente nel Taccuino Senese [10_5]

e le 11 volte il diametro della colonna stessa. Si è quindi proceduto a valutare sul disegno realizzato in Autocad questa proporzione al fine di comprendere se l'altezza delle colonne disegnate dal Sangallo la rispettava.

Tuttavia, solamente il primo ordine rispecchia perfettamente il rapporto (1:10,5) mentre nei due ordini sovrastanti non si ritrova in nessun modo la stessa proporzione e anzi, cercando di riproporla, si altera completamente il disegno del Sangallo, modificando sostanzialmente l'aspetto dell'alzato.

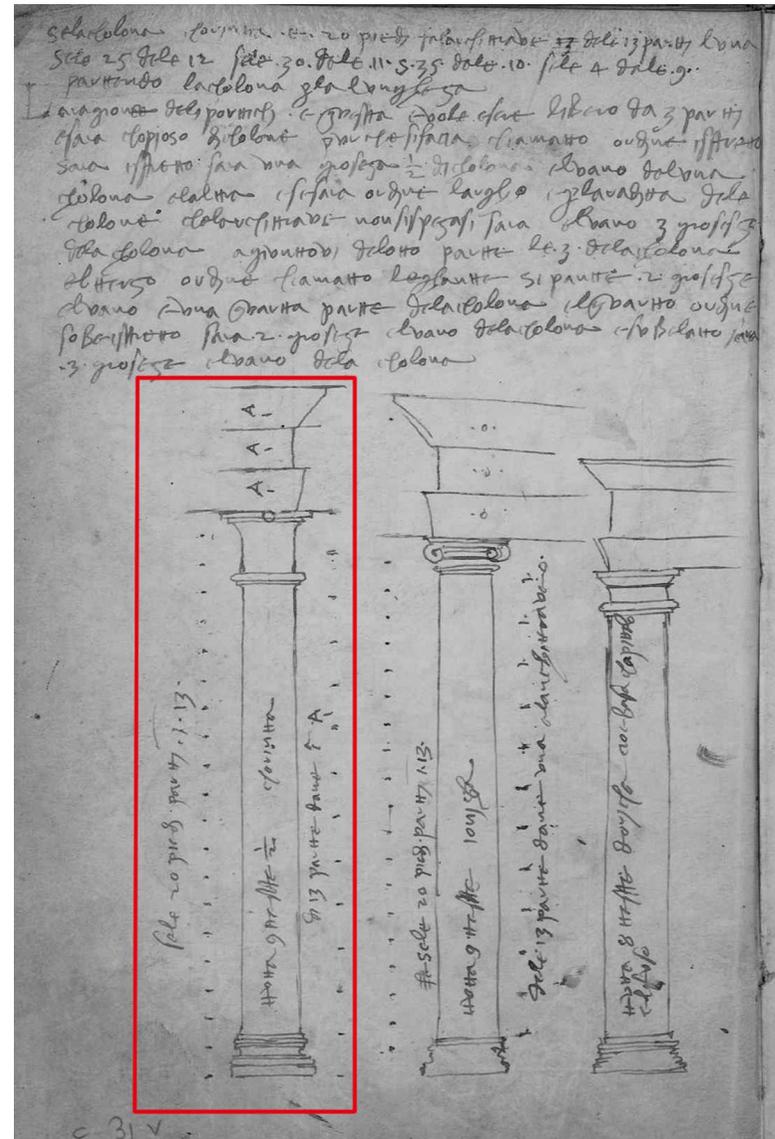
Ipotesi 4

Questa ipotesi è stata vagliata analizzando un disegno presente sul Taccuino Senese² del Sangallo su suggerimento della prof.ssa Frommel.

Esso raffigura tre colonne dei tre diversi ordini: dorico, ionico e corinzio.

La colonna corinzia viene suddivisa sia in 13 che in 20 parti, pertanto è stato effettuato il tentativo di suddividere le colonne raffigurate nella sezione del Mausoleo sia in 13 che in 20 porzioni con lo scopo di trovare

² Taccuino senese conservato presso la Biblioteca degli intronati a Siena



un modulo che l'architetto potesse aver utilizzato per proporzionare il disegno.

Inoltre le indicazioni riportate sulla trabeazione sembrano suggerire che ognuna delle tre fasce costituisca un modulo, oppure che essa sia stata suddivisa in 4 parti dal Sangallo.

Basandosi quindi su tali supposizioni si è tentato anche di suddividere la trabeazione sia in 3 che in 4 parti, cercando un modulo base.

Tuttavia, in nessuno dei casi è stato trovato un modulo perfettamente adattabile a tutti i livelli.

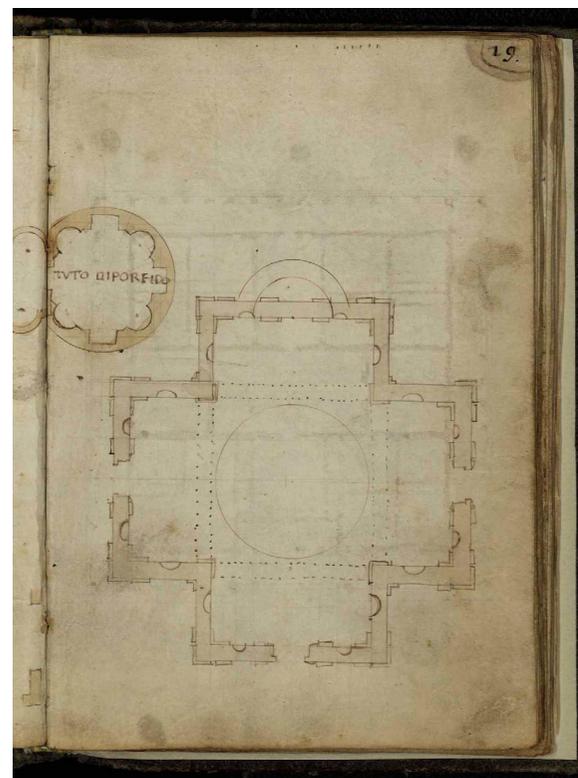
Ipotesi 5

L'ultima ipotesi che è stata presa in considerazione è stata realizzata grazie al confronto all'interno del progetto "Giuliano da Sangallo" con un tesista che stava lavorando sul tema di Santa Maria delle Carceri.

Egli, analizzando la pianta della chiesa, ha notato che la scala metrica è ripartita in 5 moduli, dato riscontrato anche nei disegni del mausoleo. Applicando questa scala e ipotizzando che ogni modulo rappresenti un braccio fiorentino (58,6 cm), le distanze tra gli elementi sono di valore intero e un diametro di colonna

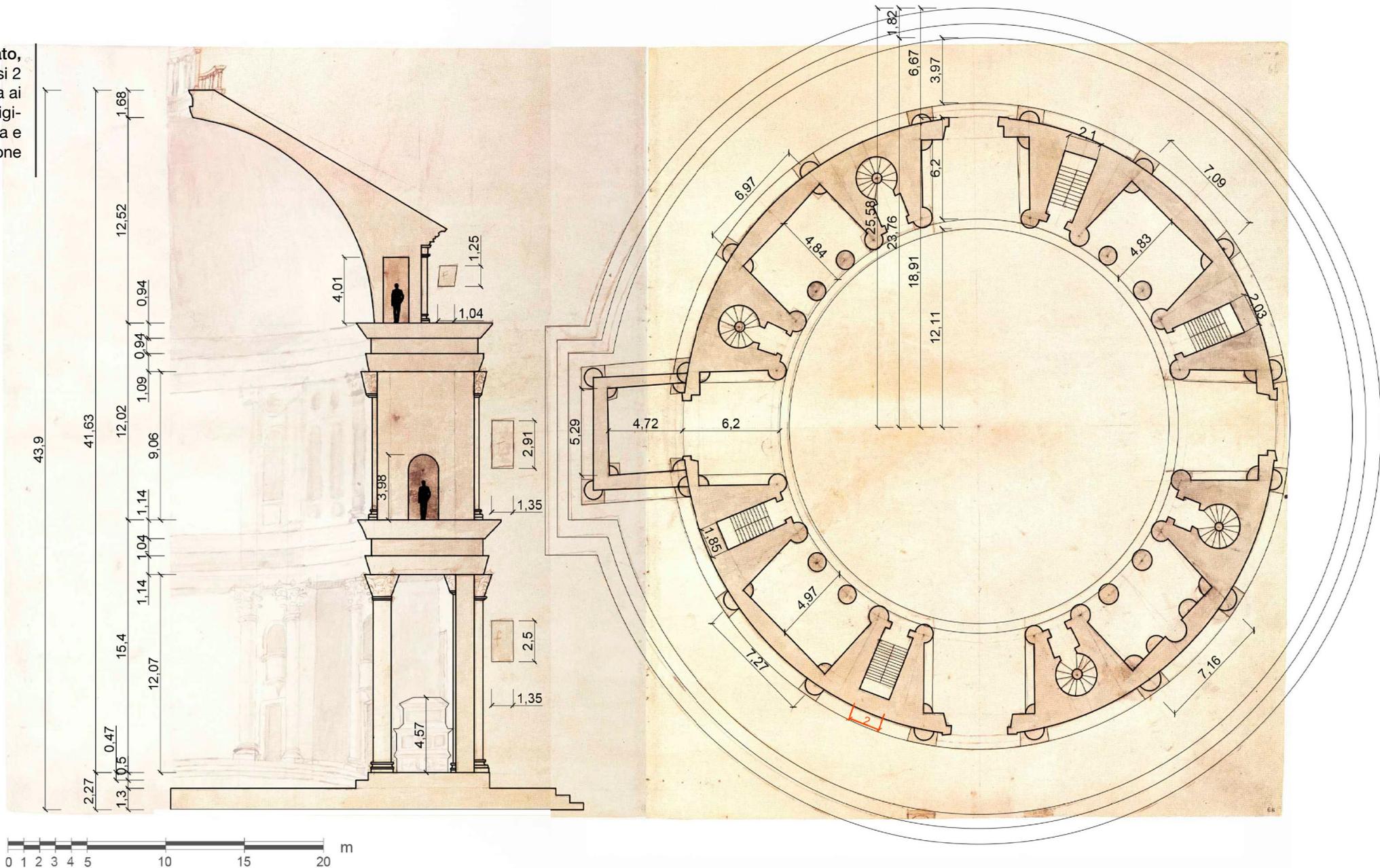
sarebbe esattamente pari ad un modulo.

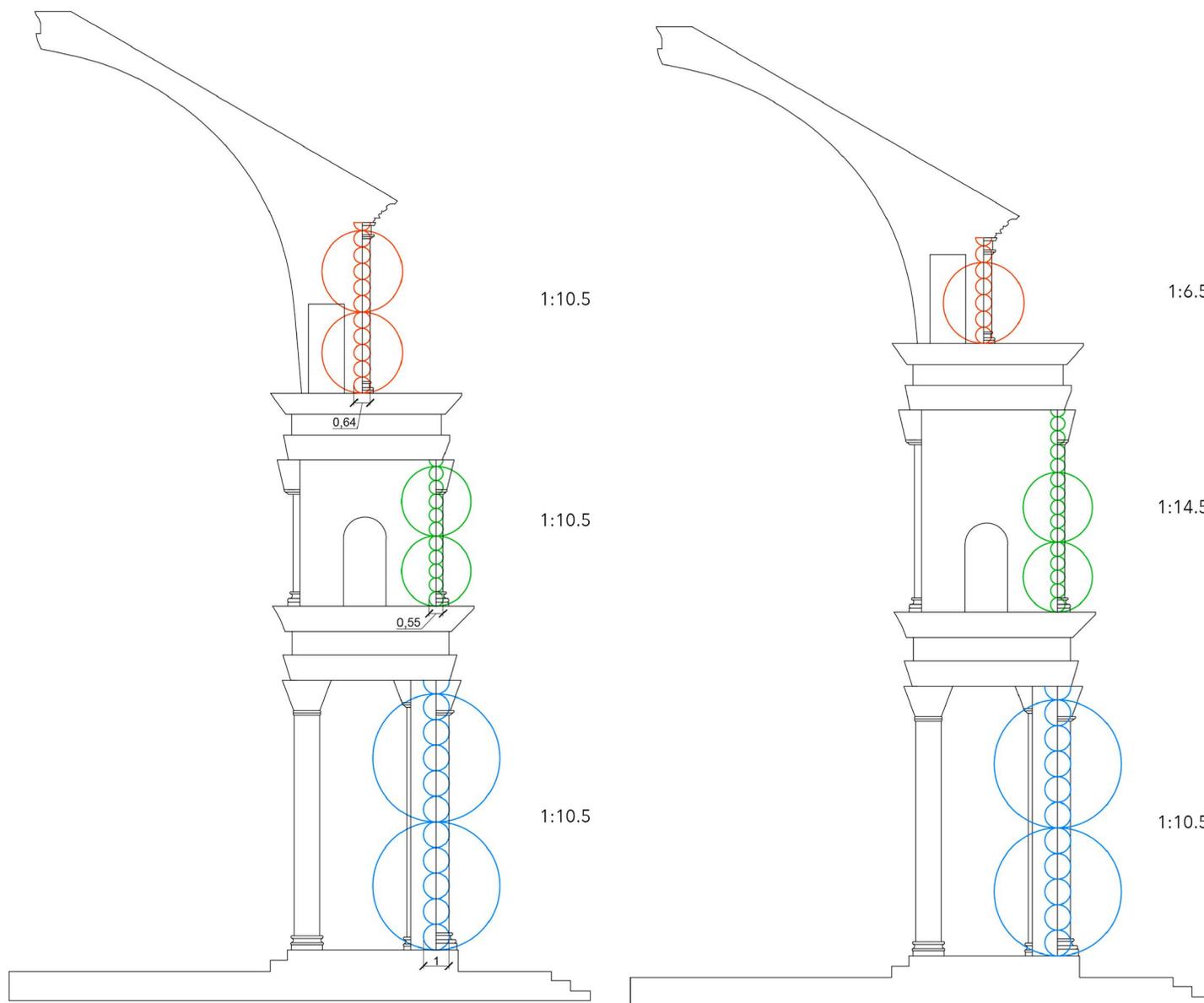
Questa dunque è stata giudicata l'ipotesi più plausibile per mettere in scala i disegni ed è stata confermata dalle considerazioni espresse dalla prof. ssa Frommel; pertanto si è proceduto a riportare in scala adeguata pianta e sezione secondo il modulo del braccio fiorentino che è stato arrotondato alla misura di 58 cm.



A lato,
pianta di
Santa Maria
delle Carceri,
disegno di
Giuliano da
Sangallo
[10_5]

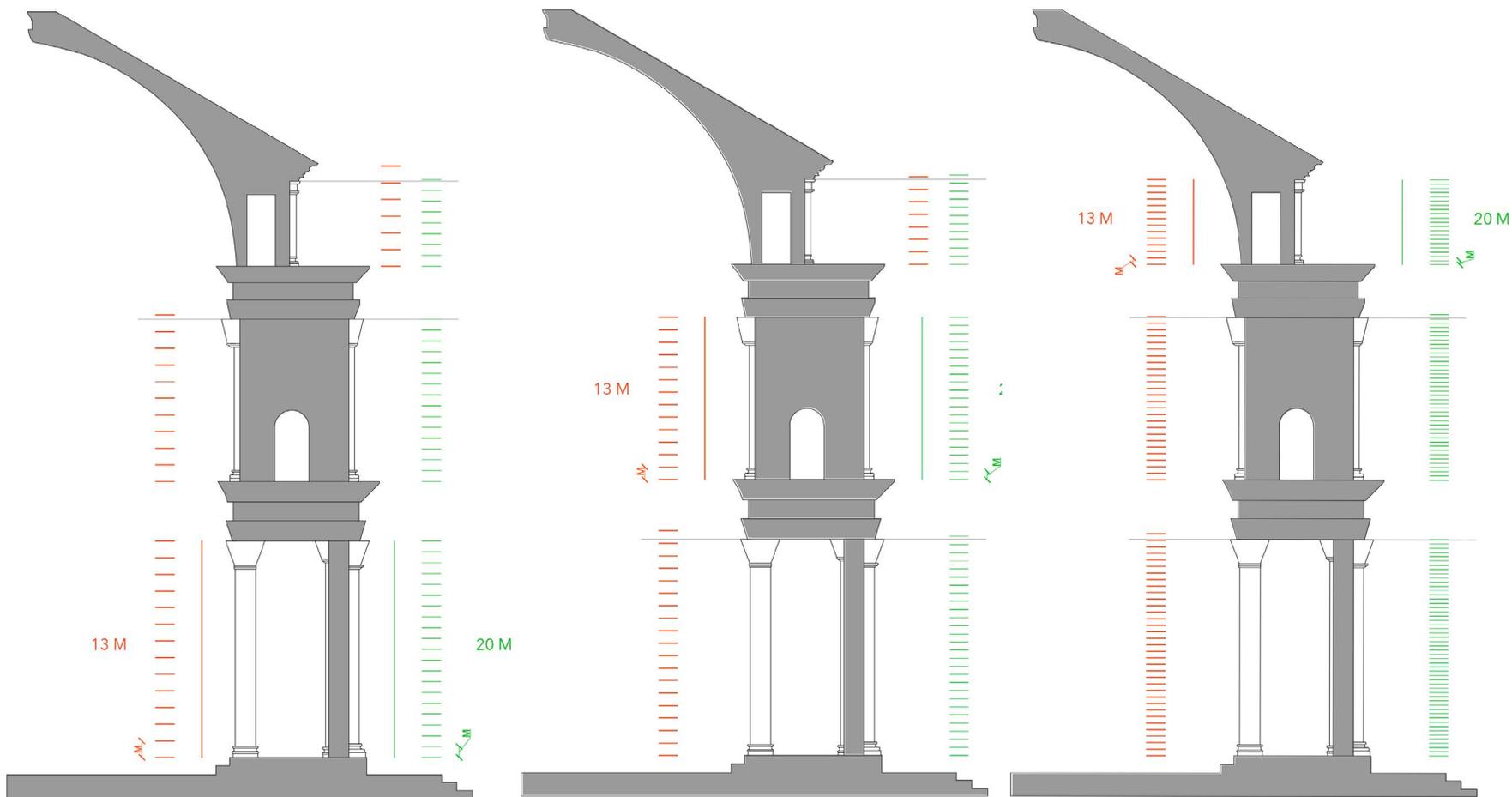
A lato,
ipotesi 2
applicata ai
disegni originali
di pianta e
sezione



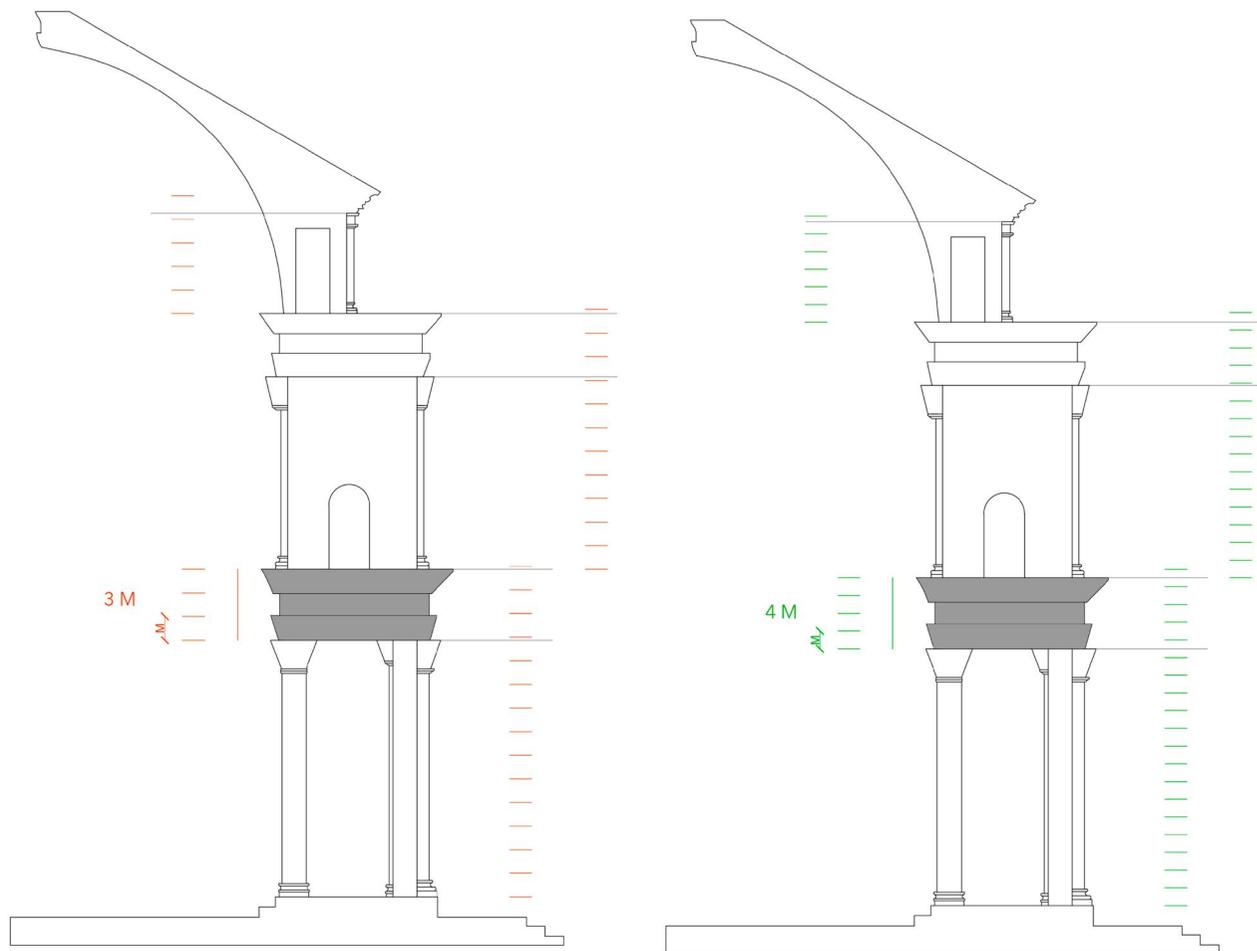


A lato,
ipotesi 3 applicata
alla sezione

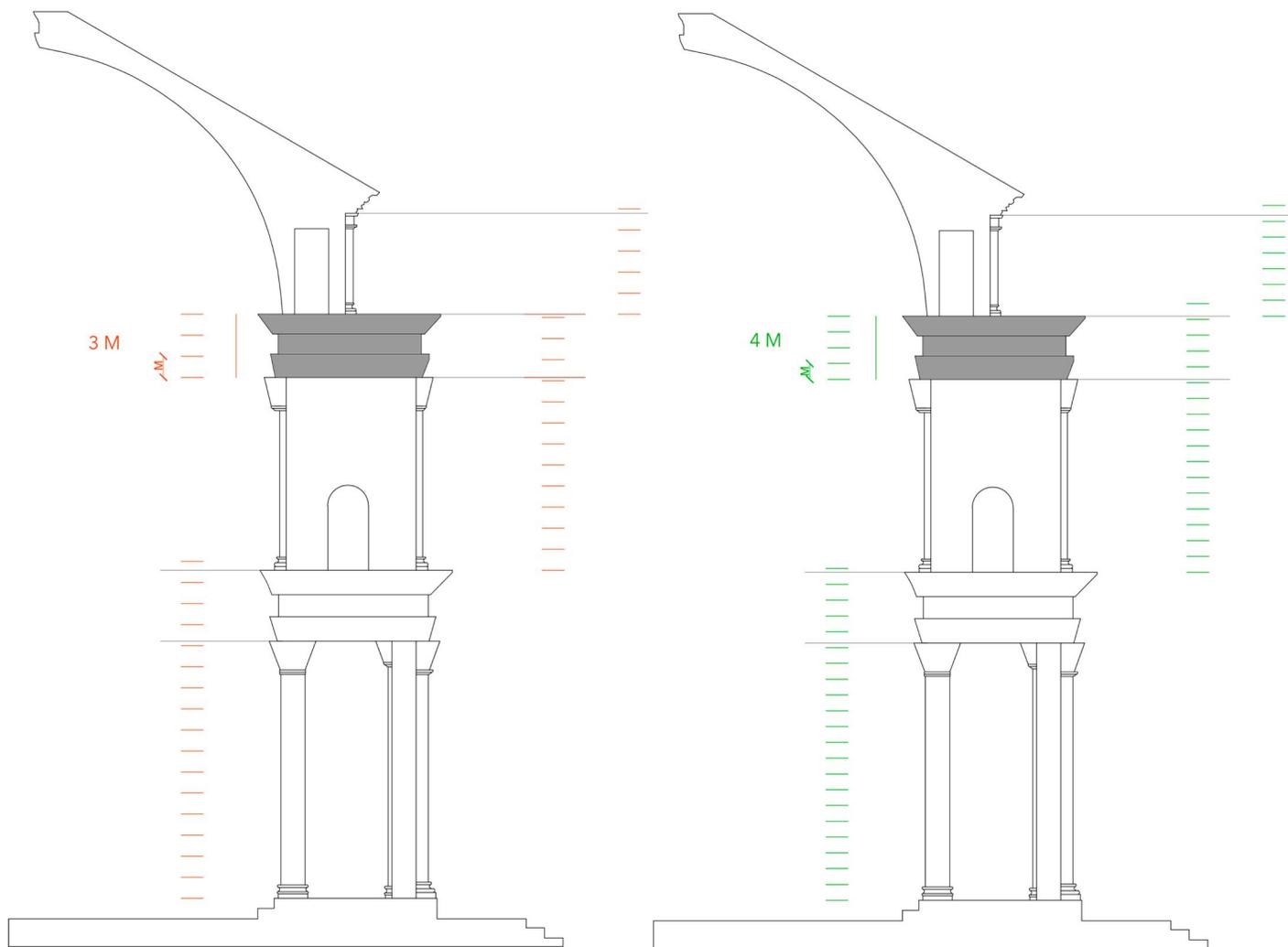
A lato,
suddivisione
in parti degli
ordini

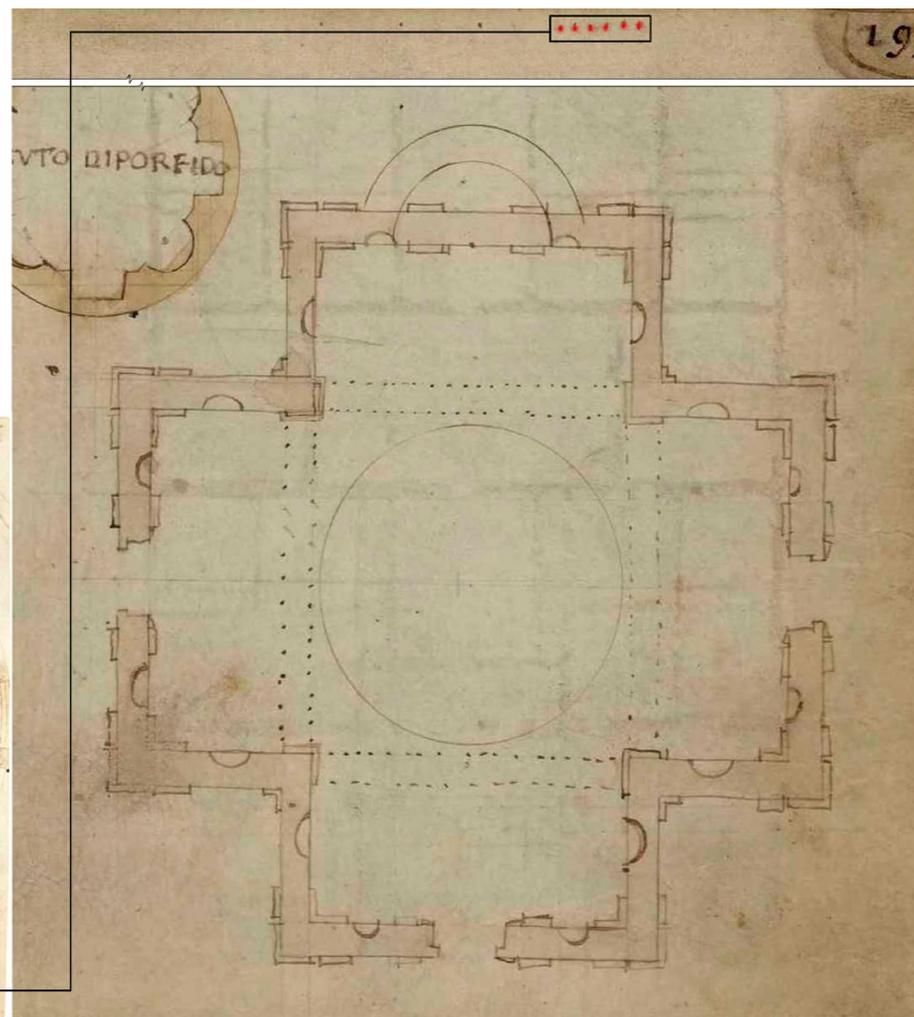
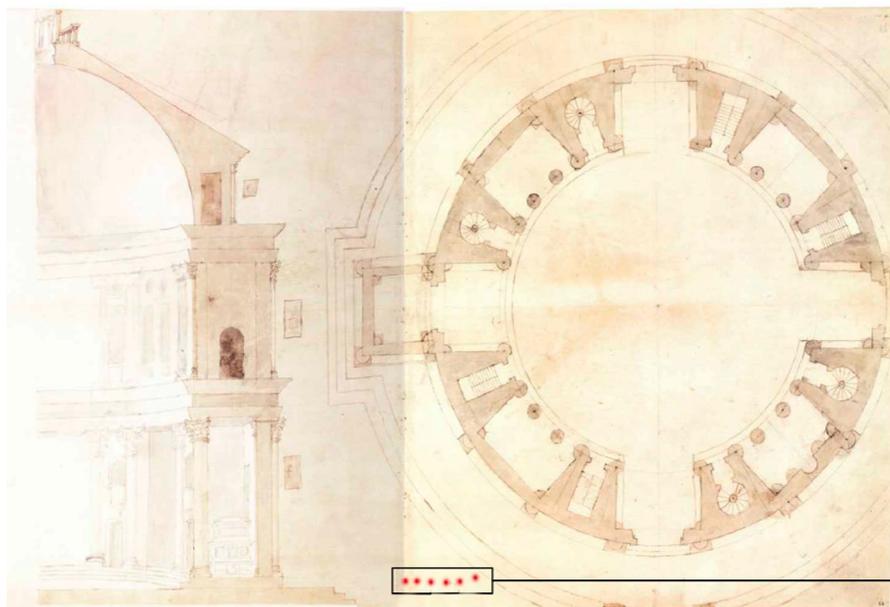
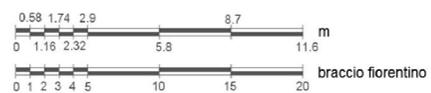


A lato,
suddivisione
in 3 e 4
parti della
trabeazione
del primo
ordine



A lato,
suddivisione
in 3, 4 parti
della trabeazione del se-
condo ordine





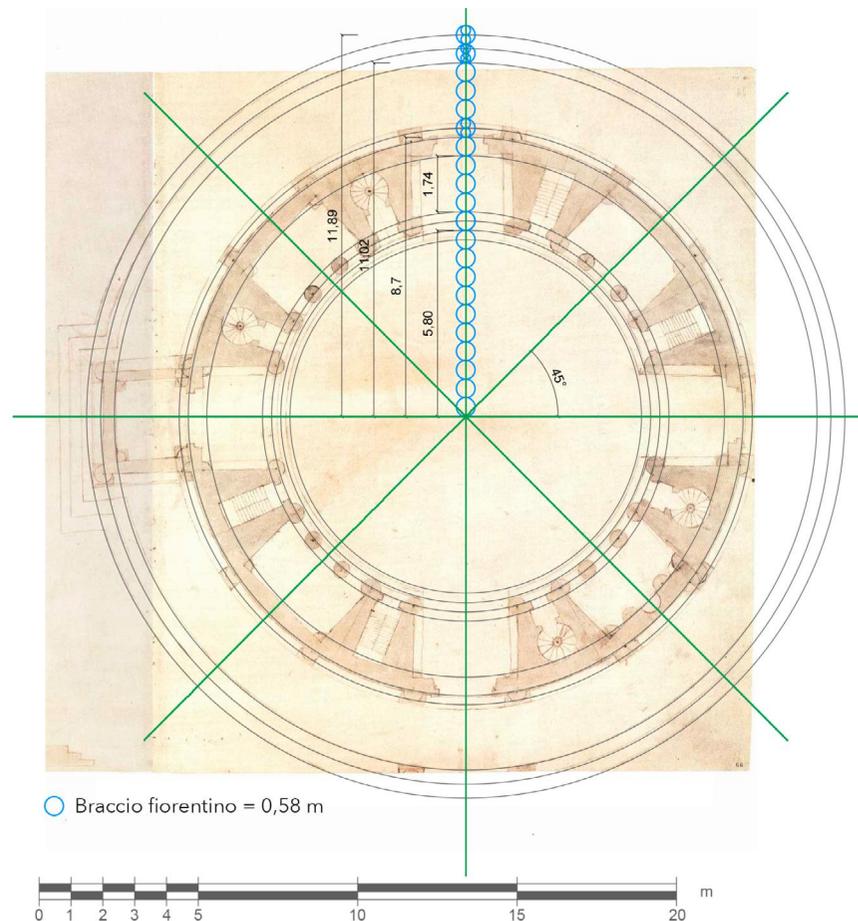
A lato,
individuazione della
scala metrica ripartita in
5 moduli sui
disegni del
Sangallo

3.3 La scelta del braccio fiorentino

I disegni originari di pianta e sezione sono stati proporzionati impiegando il braccio fiorentino; inoltre è stato necessario utilizzare multipli e sottomultipli del braccio fiorentino in base alla misura di riferimento. Si elencano di seguito tali multipli e sottomultipli espressi in centimetri:

BRACCIO FIORENTINO = 58 cm
 PASSETTO = 2 BRACCI = 116 cm
 SOLDO = 1/20 BRACCIO = 2,9 cm
 $\frac{1}{2}$ BRACCIO = 10 SOLDI = 29 cm
 $\frac{1}{4}$ BRACCIO = 5 SOLDI = 14,5 cm
 $\frac{3}{4}$ BRACCIO = 15 SOLDI = 43,5 cm

Nonostante, nel disegno cartaceo non siano sempre rispecchiate le simmetrie, si è cercato di ottenere una certa simmetria, in particolare in pianta.



A destra, pianta con analisi della posizione dei cerchi di costruzione per le nicchie

A destra,
restituzione
del disegno
della pianta del
Mausoleo

3.3.1 Restituzione della pianta

È stato utilizzato il modulo di base, copiandolo in sequenza, per individuare l'ampiezza del raggio dei cerchi di costruzione tracciati dall'architetto, in questo caso ben evidenti sul disegno originale.

All'interno del mausoleo, al primo livello si trovano colonne circolari e colonne a tre quarti, sull'esterno sono disposte semicolonne addossate alla muratura perimetrale; altri tre cerchi tracciano invece la posizione dei gradini che costituiscono il podio su cui si erge il monumento.

Tracciando le diagonali a 45° rispetto ai vestiboli, posizionati a partire dalla collocazione delle nicchie, si sono individuati gli assi di simmetria delle cappelle, poste tra i vani scala.

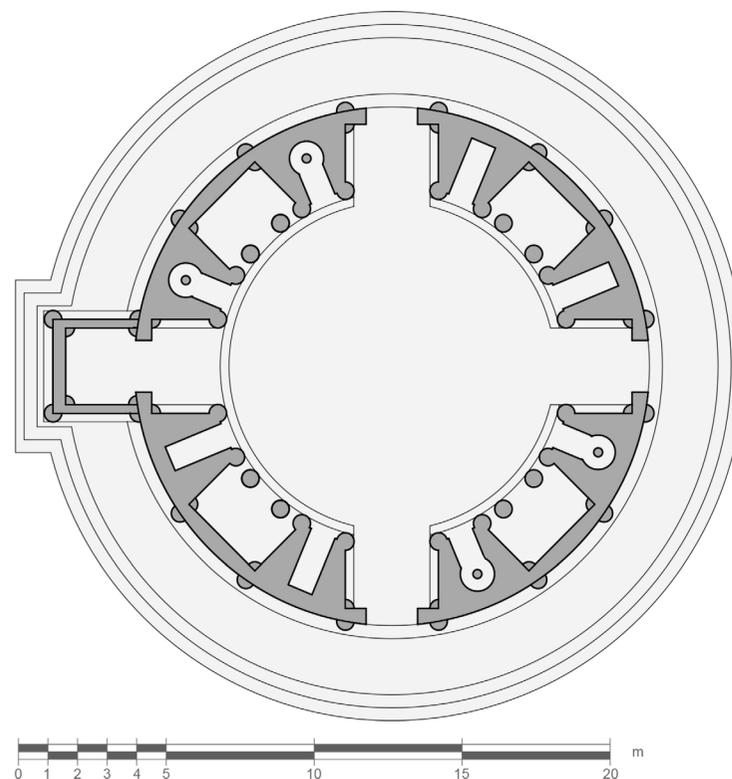
Andando a ruotare l'asse centrale passante per le nicchie e i vestiboli di 15° è stata individuata la posizione del centro delle colonne a tre quarti.

Le cappelle sono schermate da due colonne posizionate rispetto all'asse centrale ad una distanza di $\frac{3}{4}$ di braccio.

In un secondo momento si è definita l'ampiezza dei vani scala, dei vestiboli e delle nicchie, utilizzando

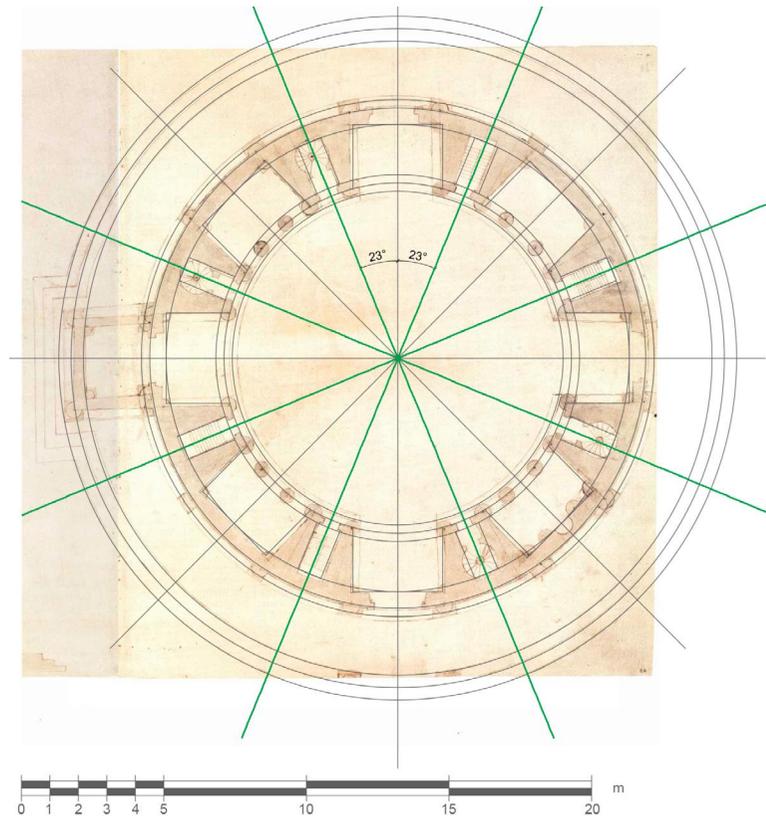
sempre il modulo del braccio fiorentino.

Analogo procedimento si è applicato per definire le dimensioni del vano che estende l'area di uno dei vestiboli.

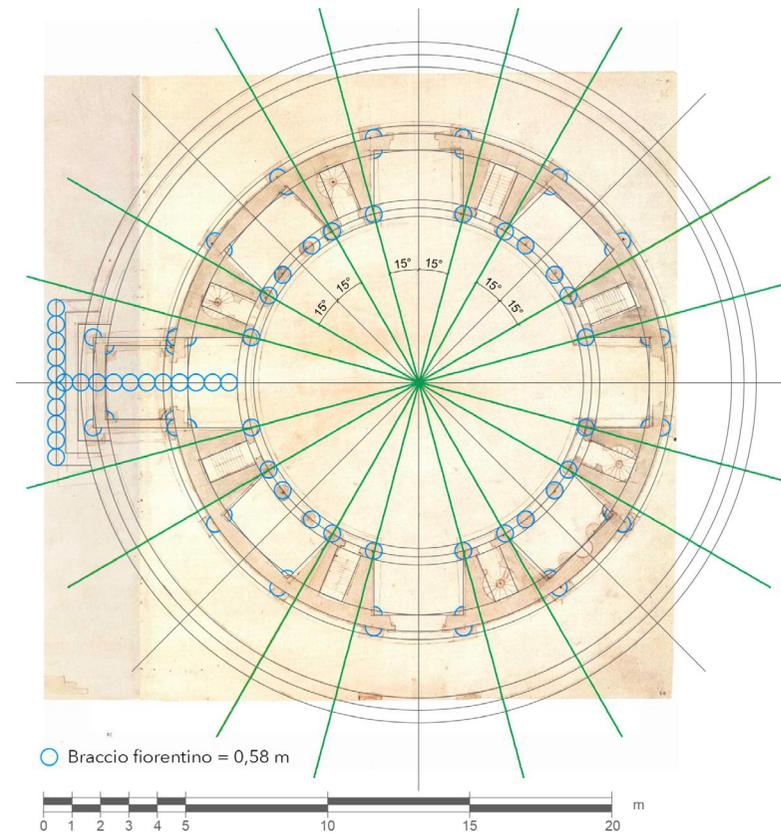


Basandosi sul fedele ricalco dello schizzo, si nota che i diametri delle colonne presentano tre misure differenti, allo stesso modo i vani delle scale a chiocciola hanno due ampiezze diverse.

Queste discrepanze si sono valutate totalmente



trascurabili e dovute all'imprecisione del disegno a mano, dunque si è deciso di adottare per il diametro della colonna il braccio fiorentino (58 cm) e per le scale un "passetto" (116 cm).



A sinistra, analisi della posizione dei vani scala

A destra, analisi della posizione delle colonne a tre quarti e collocamento dell'avancorpo

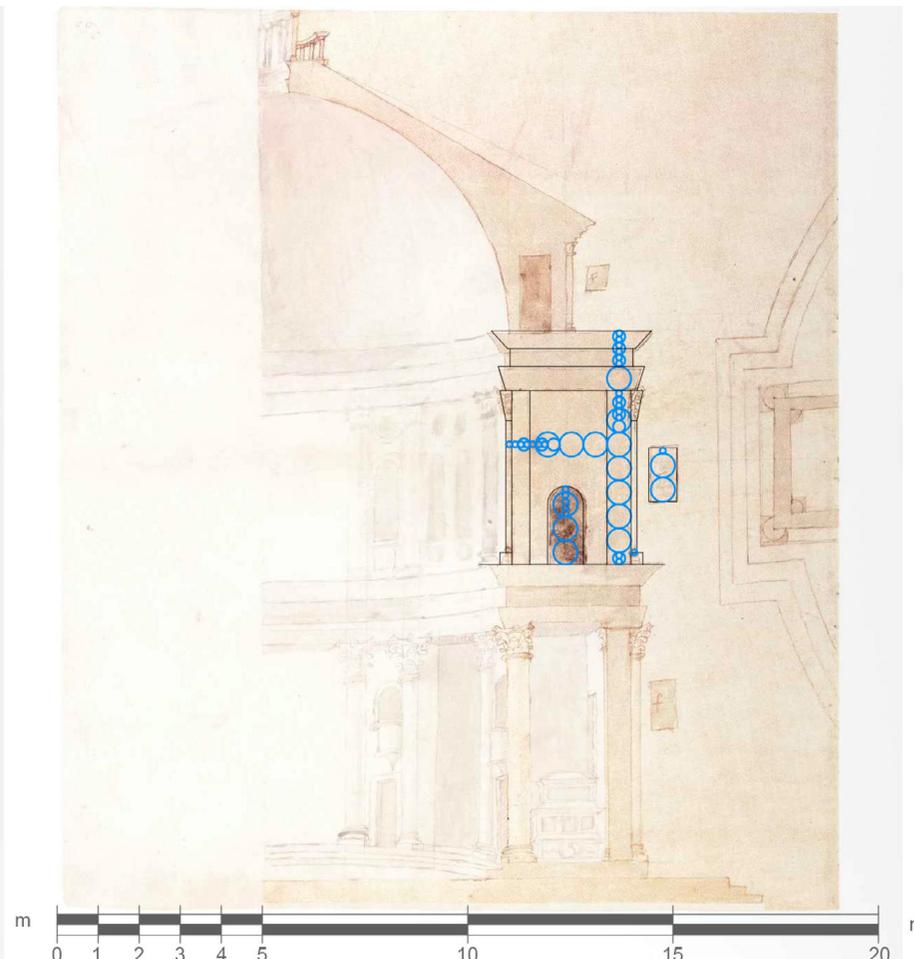
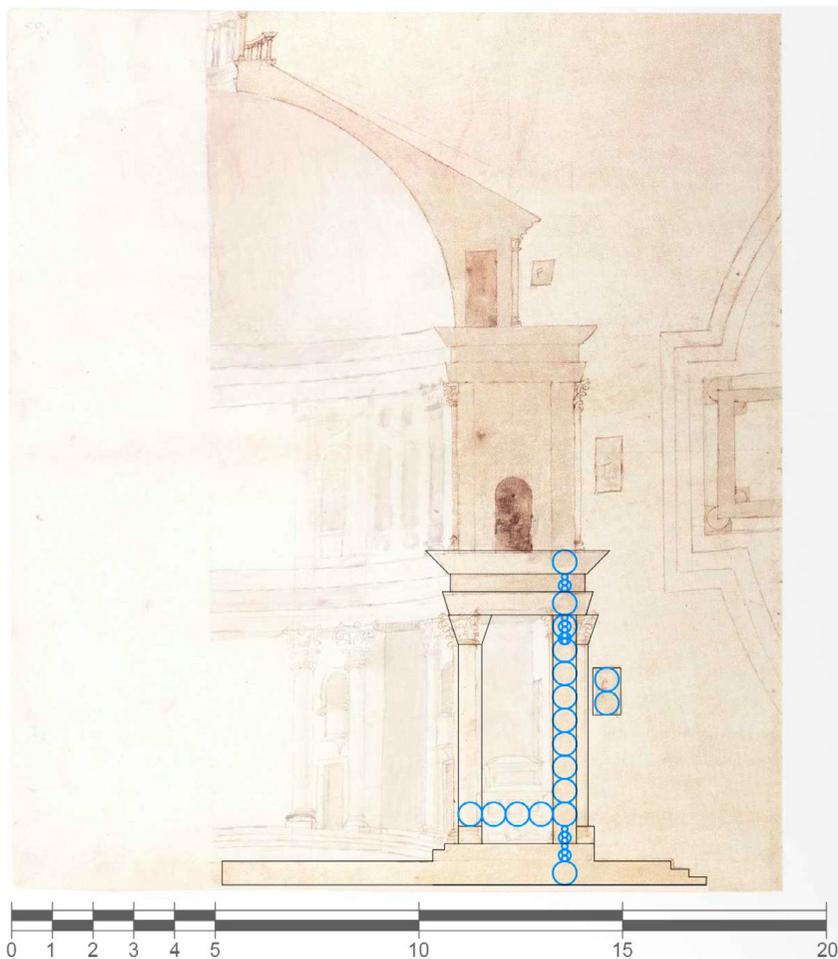
3.3.2 Restituzione della sezione

La sezione, come la pianta, rispetta le proporzioni dettate dal braccio fiorentino; questa mostra la

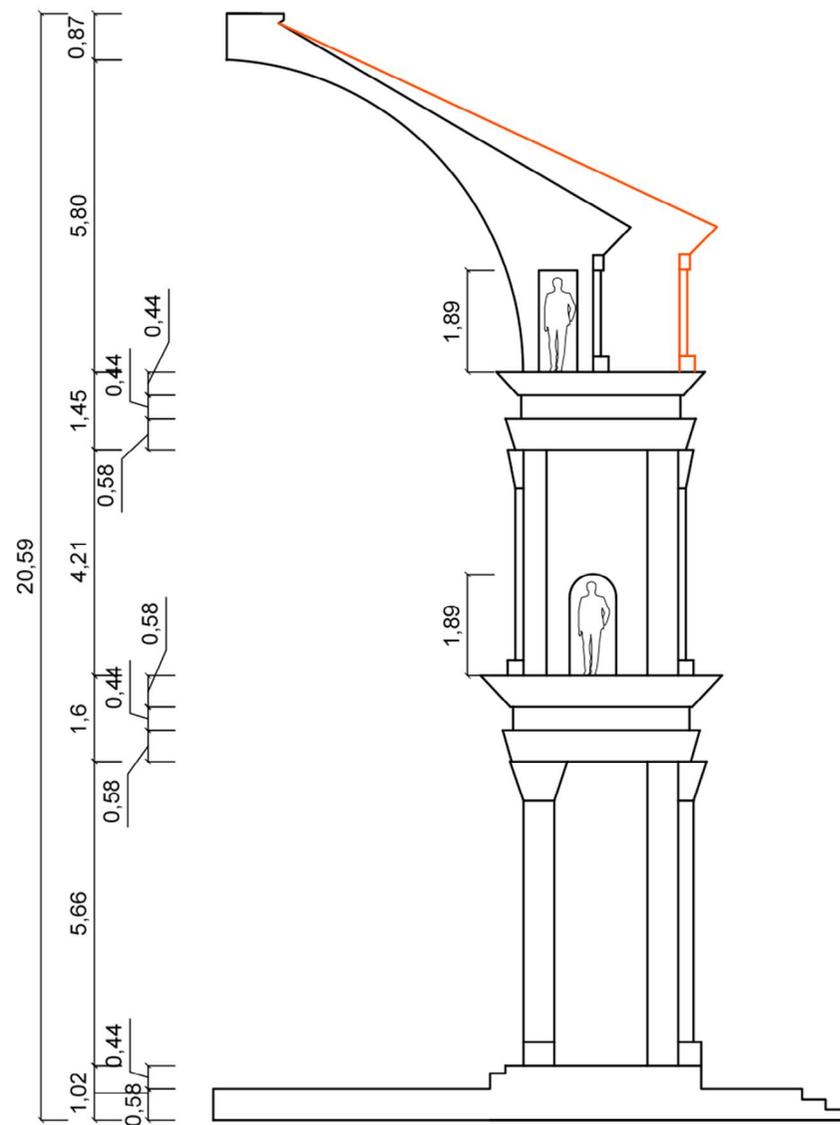
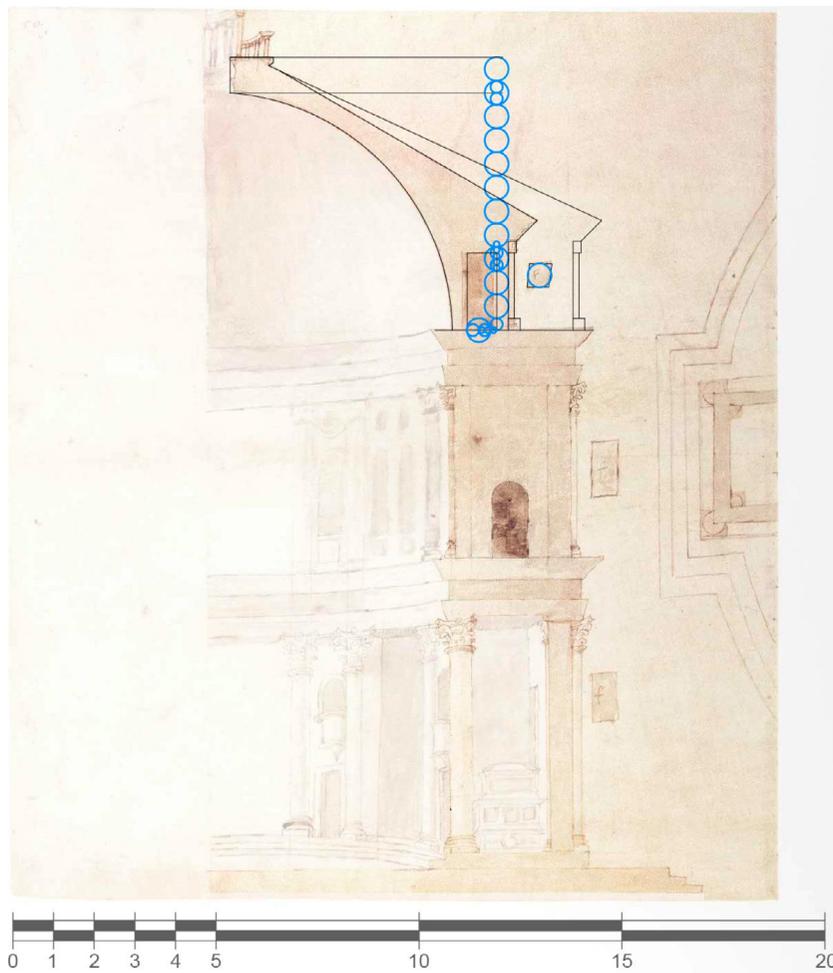
suddivisione in tre ordini ognuno dei quali è stato analizzato singolarmente seguendo il modulo del braccio, così come ogni elemento architettonico.

A sinistra, analisi del primo ordine di colonne secondo il braccio fiorentino

A destra, analisi del secondo ordine di colonne secondo il braccio fiorentino



In coerenza con le misure con cui è stata proporzionata la pianta, la sezione rivela un'altezza di 20 m senza considerare la lanterna ed i gradoni basamentali.



A sinistra, analisi del terzo ordine di colonne secondo il braccio fiorentino

A destra, sezione vettorializzata con ipotesi di avanzamento del terzo ordine

A destra,
sezione
disegnata dal
Sangallo, in
rosso eviden-
ziati i disegni
delle finestre

Con il medesimo criterio, sono stati analizzati gli spessori dei muri, le altezze e le larghezze di corridoi e le dimensioni delle finestre (a fianco della sezione, il Sangallo, riporta delle tracce rettangolari che vengono interpretate proprio come le aperture).

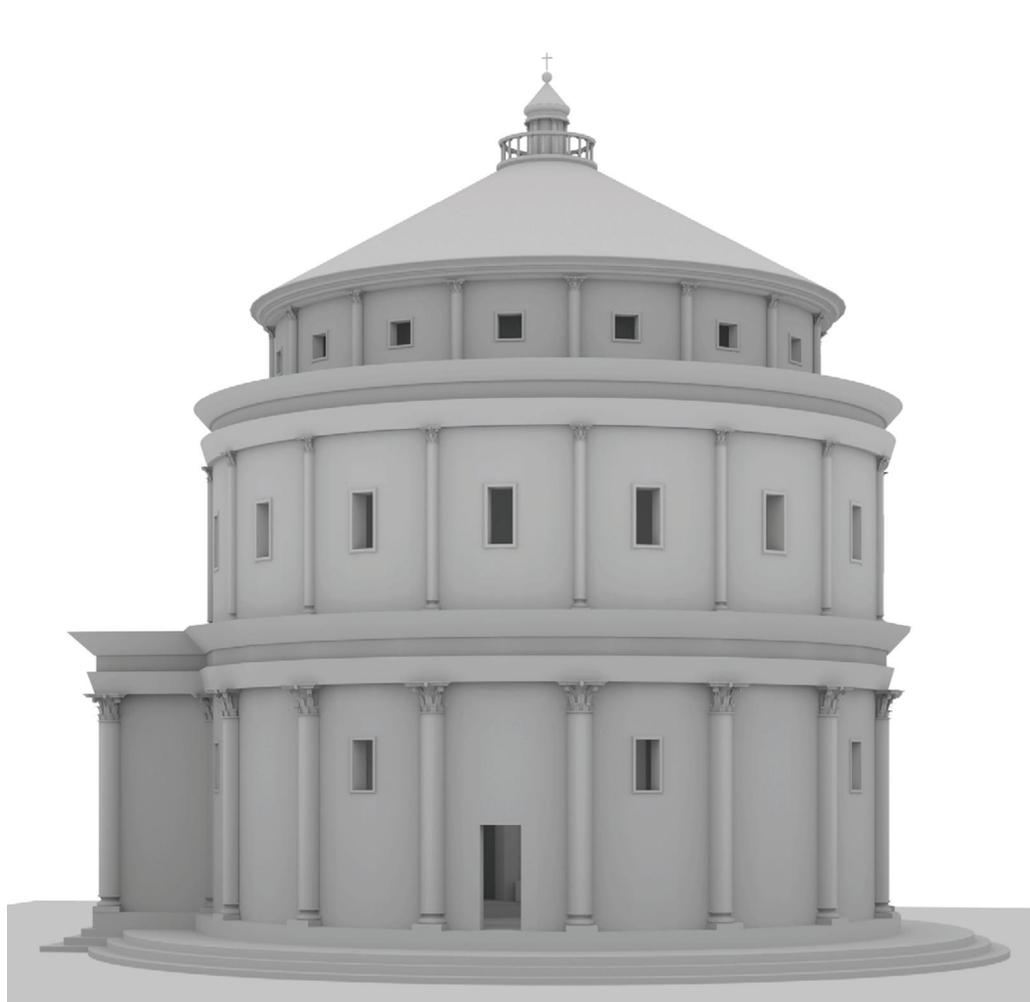
Un leggero segno a matita tracciato dal Sangallo porta ad una sezione in cui il terzo ordine è allineato con i due sottostanti, ciò avrebbe portato ad un monumento perfettamente cilindrico.

In questa prima fase non vi erano elementi sufficienti per poter dire se questo segno fosse stato cancellato o potesse essere un'ipotesi che l'architetto avrebbe vagliato. Si sono portate avanti in parallelo entrambe le possibilità per confrontare su modelli tridimensionali quale potesse essere la soluzione più convincente.



A sinistra,
modello
preliminare
realizzato
seguendo
l'ipotesi prin-
cipale

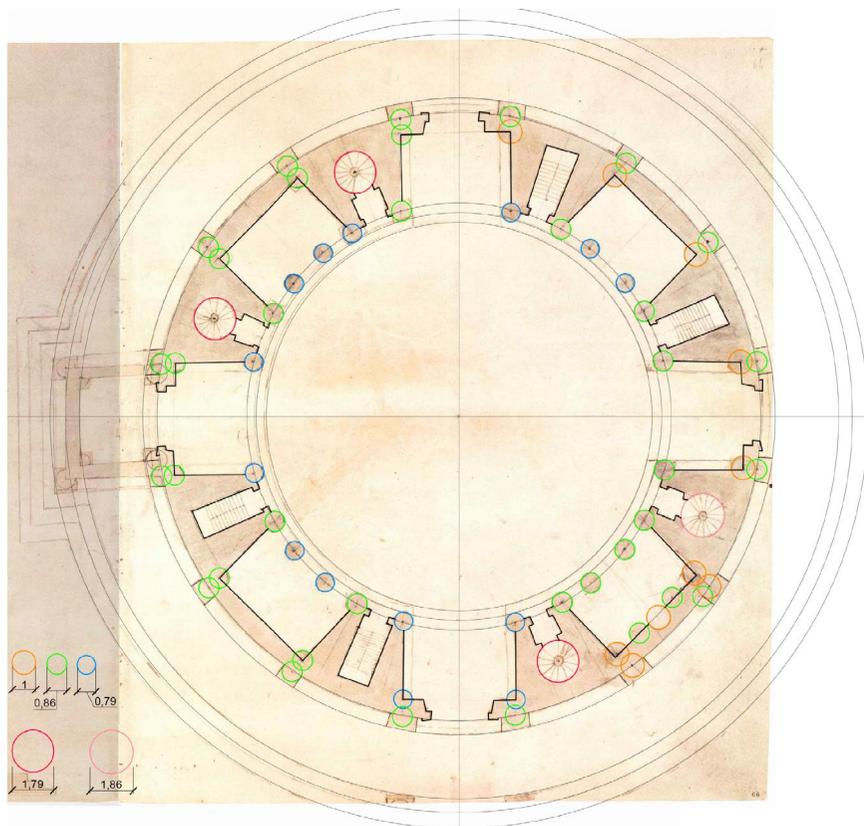
A destra,
modello del-
la variante
del terzo
ordine che
è tracciata
nella sezione



A sinistra,
pianta con
analisi dei
diametri delle
colonne

3.3.3 Studio sui diametri delle colonne

Essendo state notate alcune piccole differenze tra i diametri delle colonne disegnate in pianta dal Sangallo, è stato fatto anche uno studio sugli elementi circolari disegnati in pianta, suddividendoli in base al diametro maggiore o minore.



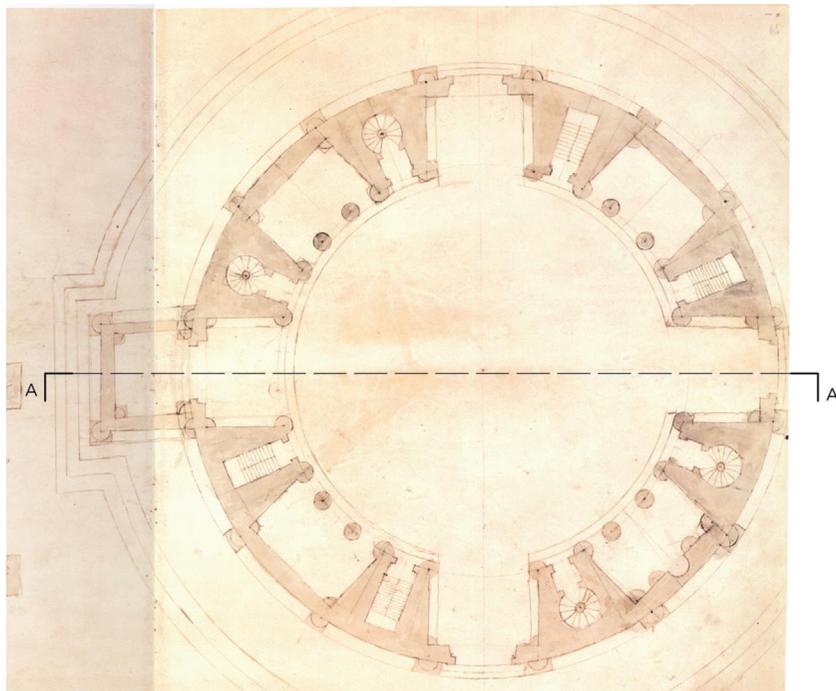
3.3.4 Cronologia di raffigurazione del Sangallo

Un interrogativo che ci si è posti in fase iniziale è stato quello di capire se fosse stata disegnata prima la sezione o la pianta.

La prof.ssa Frommel ritiene che la sezione sia stata disegnata in un momento antecedente alla pianta o comunque la pianta sia stata soggetta a diverse modifiche in seguito al primo schizzo.

Se si osserva attentamente la sezione, si può notare che il sarcofago è ospitato da un vestibolo in linea con il profilo circolare della rotonda. In pianta, invece, in corrispondenza della sezione A, si nota come un vestibolo sia stato ampliato con un vano aggettante che modifica, quantomeno al primo ordine, l'andamento circolare della muratura.

Si è fatta l'ipotesi che proprio questo vestibolo, più ampio degli altri, dovesse ospitare il sarcofago quindi, l'ingresso principale, con grande probabilità, sarebbe stato proprio sulla parte opposta al corpo aggettante. Queste argomentazioni vanno a rafforzare la tesi che la pianta, soggetta a diverse modifiche, sia stata disegnata successivamente allo schizzo della sezione.



3.4 Prima ricostruzione tridimensionale

In seguito al lavoro preliminare di messa in scala e lucidatura di pianta e sezione si è operata una prima ricostruzione tridimensionale del mausoleo e si sono messe a confronto le due varianti per il terzo ordine. Nel caso in cui l'ultimo livello segua il profilo maggiormente marcato del disegno, il risultato è un

monumento dalle proporzioni armoniche che si conforma maggiormente ai canoni estetici rinascimentali. L'ipotesi di seguire la linea parzialmente abbozzata è stata dichiarata incompatibile con la sintassi dell'epoca anche dalla prof.ssa Frommel.

Nella fase di costruzione tridimensionale del monumento, sono insorte diverse problematiche e di seguito si elencheranno le conseguenti strategie di risoluzione.

Lanterna

Il disegno della sezione vede incompleta la parte della lanterna: si è scelto di riproporre il modello di Santa Maria delle Carceri, si sono utilizzate colonne corinzie per il corpo della lanterna e ioniche per il parapetto; il tetto è stato modellato con terminazione a punta, seguendo il dipinto della Città Ideale.

Finestre

Le finestre sono state disegnate rispettando fedelmente le dimensioni e la quota riportate nel disegno a lato della sezione.

La Città Ideale non presenta aperture al piano terra

A sinistra, posizione della linea di sezione sulla pianta

A lato,
dipinto della
Città Ideale, le
finestre sono
centrate in
ogni intercolu-
mnio
[10_9]

ed il disegno del Sangallo non mette in chiaro dove fossero presenti le finestre a questo livello, quindi, escludendo aperture in corrispondenza delle cappelle, sono state realizzate forature in nei vani scala e, per mantenere una coerenza nella sintassi architettonica, si sono create finestre cieche in corrispondenza

delle nicchie.

La tesi dell'assenza di finestre in corrispondenza delle cappelle è rafforzata dal fatto che un mausoleo è di per sé un luogo di meditazione e raccoglimento caratterizzato da luce soffusa e, ancor più le cappelle, saranno luoghi caratterizzati prevalentemente da



poca luce.

Si può raffrontare questa scelta con quanto visibile nel Pantheon e in Santa Costanza, in cui le nicchie sono cieche.

Mentre al primo ordine si riscontra un decentramento in verticale delle finestre, al secondo e al terzo ordine, seguendo il posizionamento del Sangallo, si ottengono aperture centrate in altezza e collocate in ogni intercolumnio, come accade anche nella Città Ideale.

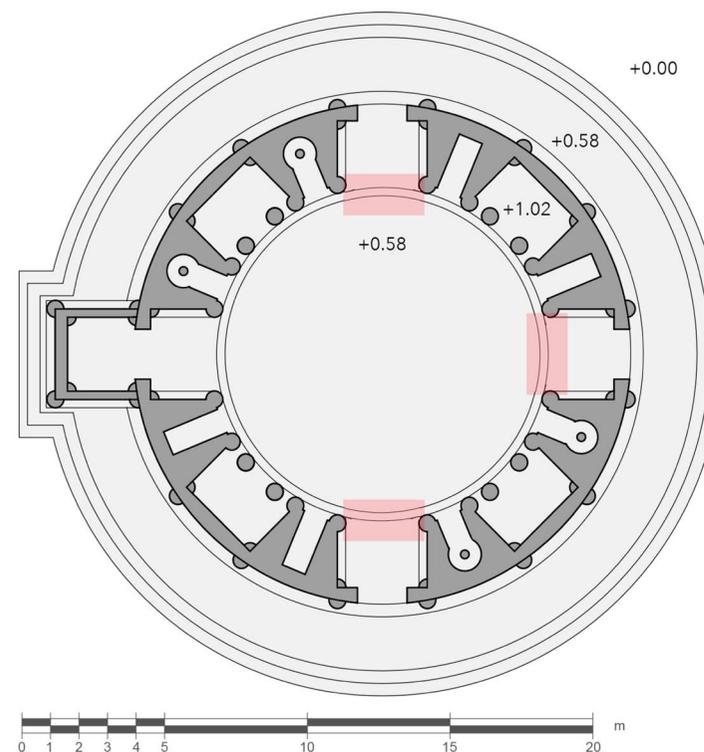
Basamento

In pianta i segni esterni evidenziano tre gradini per giungere al livello di ingresso dove sono posizionati i vestiboli e due alzate per passare dal centro della rotonda al livello delle nicchie su cui poggia tutto il colonnato interno perimetrale.

Questo cambio di livello non è presente nei tre vani in corrispondenza degli ingressi, pertanto risulterebbe impossibile raggiungere l'esterno scendendo due ulteriori gradini.

A questo proposito, nella ricostruzione tridimensionale, sono stati considerati gli ingressi alla stessa

quota delle nicchie aggiungendo due gradini anche in corrispondenza delle nicchie.



A destra, pianta con indicazione dell'aggiunta dei gradini in corrispondenza dei vestiboli



CAPITOLO 4

RICOSTRUZIONE
DELL'ARCHITETTURA

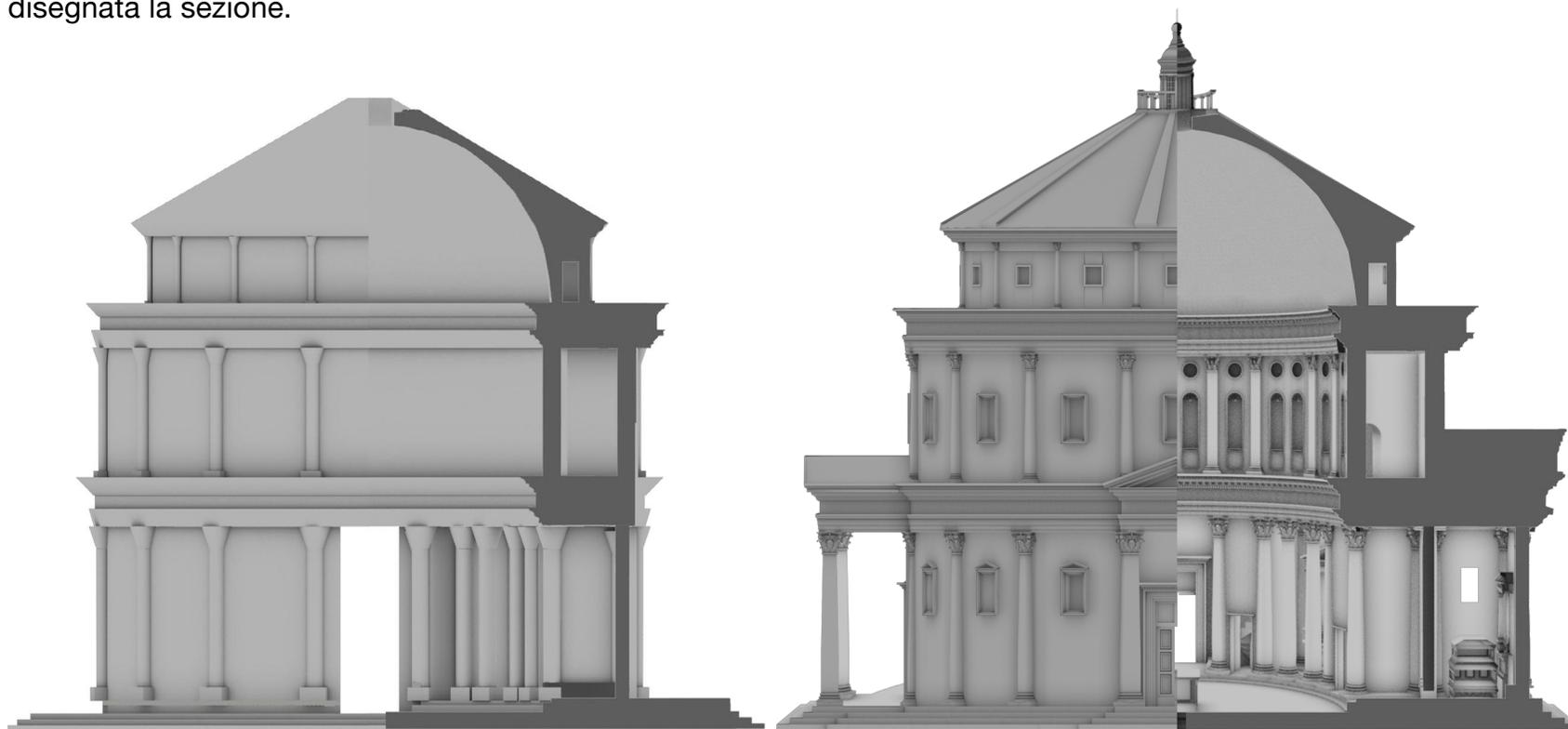
A sinistra, prospetto e sezione del primo modello realizzato per rivoluzione del disegno bidimensionale

A destra, modello realizzato in seguito allo studio dei vari elementi architettonici

4. Ricostruzione dell'architettura

Terminato lo studio sui disegni bidimensionali si è proceduto sviluppando un modello approssimativo, geometria tridimensionale di partenza per proseguire indagando più nel dettaglio i singoli elementi architettonici che non sono leggibili nella scala in cui è disegnata la sezione.

In primo luogo si è trattato l'ordine corinzio, modellando capitelli di colonne e paraste, le basi ed i fusti in base a quanto già costruito dal Sangallo e ad altri disegni dello stesso architetto. Anche per le trabeazioni, essendo il disegno della sezione solamente abbozzato, è stato necessario ricorrere a profili di



trabeazioni già realizzate per altri edifici religiosi. Si è poi studiato in modo più approfondito il tema dell'avancorpo, che interrompe la perfetta simmetria della rotonda e il posizionamento del sarcofago; si è ricostruito il volume della tomba interpretando il disegno del Sangallo e si è avanzata un'ipotesi su conformazione e posizionamento dell'altare.

4.1 Processo di sviluppo progettuale

Ogni scelta di ricostruzione tridimensionale degli elementi che costituiscono il Mausoleo è stata operata a seguito della costruzione di ipotesi, basate su analisi e confronto delle fonti pittoriche ed architettoniche, discusse con la Prof.ssa Frommel, come già esposto al secondo capitolo.

Il solo utilizzo dei disegni originali non avrebbe permesso la ricostruzione, perché lacunosi in alcune parti ed insufficienti per la modellazione dell'intero monumento.

Questo processo di ricostruzione è basato su decisioni prese a seguito di varie supposizioni che potrebbero essere date per scontate da parte di chi ha trattato dal punto di vista scientifico il processo

per svariato tempo; non è ovvio comprendere come si è giunti al risultato per chi ha un impatto con l'oggetto finale.

In questo capitolo si cercherà di spiegare il processo ricostruttivo di ogni elemento modellato, mostrandone il grado di attendibilità al fine di non compromettere la validità di un'intera ricostruzione virtuale e di non travisare i risultati ottenuti.

4.1.1 Attendibilità delle fonti

Verrà utilizzato un modello a falsi colori per illustrare le parti ricostruite in modo incerto o con mancanza di informazioni in modo da migliorare la comprensione da parte di chi non conosce il progetto. In questo modo sarà più facile divulgare le informazioni a chi vorrà sviluppare ulteriormente la ricerca.

I risultati di un processo ricostruttivo sono frutto di tre aree strettamente correlate l'una con l'altra e concorrono a definire l'oggetto digitale che si studia:

- forma (geometria, grandezza, posizione nello spazio);

- materiale (caratteristiche fisiche, stratificazione dell'edificio/sistema costruttivo);
- aspetto esteriore (caratteristiche superficiali).¹

Durante la prima fase si è cercato di costituire l'involucro del Mausoleo, dando forma al corpo esterno e procedendo dal generale al particolare.

In secondo luogo si sono trattati i dettagli architettonici e ci si è occupati di dare forma all'interno del monumento.

Nella terza fase si sono indagati i materiali di finitura con cui si sarebbe presentato l'edificio.

Fino ad ora il processo ha quindi interessato principalmente gli aspetti geometrici, in parte ci si è occupati dei sistemi costruttivi, avanzando ipotesi sulla struttura della cupola e della superficie pavimentale, fermandosi ad una fase embrionale che potrebbe essere approfondita e modellata con processi Bim in studi futuri.

¹ Apollonio, F.I., 2016, *Classification Schemes for Visualization of Uncertainty in Digital Hypothetical Reconstruction*, Springer International Publishing

Per le caratteristiche esteriori si sono indagati i materiali presenti sul territorio di Lazio e Toscana e sono state proposte più soluzioni, coerenti con i riferimenti storici e visionate dalla massima studiosa del Sangallo, su cui però rimangono incertezze quindi verranno tutte illustrate e discusse.

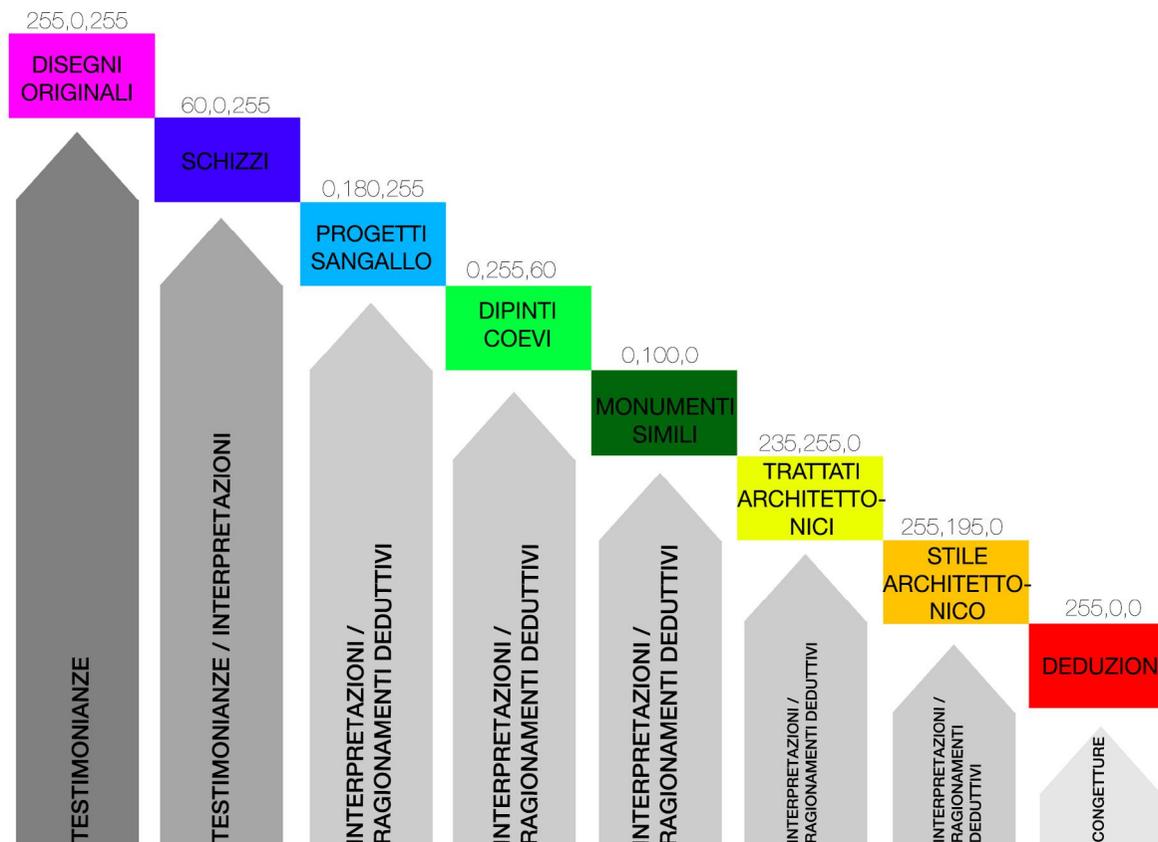
4.1.2 Scala colorimetrica di attendibilità delle fonti

Tra tutti i metodi utilizzati e proposti per rappresentare l'ambiguità, l'affidabilità o l'incertezza nelle ricostruzioni tridimensionali, l'uso del colore è senza dubbio il metodo più efficace e chiaro perché permette di comprendere, in maniera chiara e secondo codici semantici, ampiamente condivisi, il grado di incertezza che circonda l'ipotetica ricostruzione di ogni elemento di un manufatto.¹

Si è stilata una classificazione delle differenti tipologie di fonti, che vede una scala sul crescente livello di incertezza in cui sono collocate le fonti utilizzate per la ricostruzione del Mausoleo in base alla loro attendibilità:

1. Disegni originali dell'architetto (Codice Barberiniano)
2. Schizzi realizzati dall'architetto (Taccuino Senese)
3. Progetti coevi realizzati dallo stesso Sangallo (Santa Maria delle Carceri, Santa Maria dell'Umiltà, Cappella Gondi, ed altri)
4. Dipinti coevi raffiguranti dei Mausolei (Città Ideale, Consegna delle Chiavi)
5. Edifici tipologicamente affini (Mausoleo di Santa Costanza, Pantheon)
6. Trattati architettonici (De Architectura dell'Alberti, Vignola)
7. Stile architettonico
8. Deduzioni

In basso,
scala colorimetrica di attendibilità con i valori espressi in RGB



Il caso del Mausoleo, non essendo mai stato realizzato, è interessato da un processo differente rispetto a quello che si sarebbe applicato se fosse esistita anche solo una piccola porzione di edificio.

Come prima categoria si è identificata quella dei disegni dell'architetto, nel caso di un progetto realizzato, si sarebbe utilizzata la testimonianza architettonica ed archeologica.

L'ultima categoria invece si riferisce ad un tipo di ricostruzione ipotetica, dovuta alla mancanza di qualsiasi fonte documentale o riferimento, realizzata utilizzando il "buonsenso scientifico" di chi opera la ricostruzione, basato sulla conoscenza acquisita o, quando necessario, sull'immaginazione.¹

Ad ognuna delle otto categorie individuate, è stato associato un codice corrispondente ad un colore nel campo RGB allo scopo di definire univocamente il grado di attendibilità e di attuale incertezza di ogni elemento che è stato ricostruito ed illustrato in questa tesi.

In questo modo è possibile valutare visivamente il vero livello di conoscenza collegato al processo ricostruttivo, andando a sottolineare, piuttosto che

nascondere, ciò che non si conosce.

Questo approccio è finalizzato a stimolare un futuro ampliamento degli studi sull'argomento ed a mettere sempre in discussione, in modo costruttivo, i risultati che si sono raggiunti.

Verrà mostrato sia il risultato "finale", raggiunto fino alla conclusione di questo progetto, che lo stadio iniziale di partenza del processo, basato sostanzialmente sui disegni del Sangallo.

Dal confronto dei due modelli, si può notare come la ricostruzione iniziale abbia un'attendibilità nettamente maggiore rispetto a quella a cui si è deciso di fermarsi, nonostante il livello di dettaglio sia decisamente più avanzato.

La scientificità di questo progetto permane dal momento che qualunque scelta dettata da una nostra attuale interpretazione, venga segnalata dal suo livello di attendibilità.

Dunque tutto ciò che viene inventato ed interpretato, senza un riscontro con il disegno originale, se manifestato nella sua natura, contribuisce a migliorare l'effetto estetico del modello ma non ne intacca la validità scientifica.

Ciò che verrà presentato nei capitoli successivi come modello digitale, utilizzato per possibili visualizzazioni virtuali, si sottolinea che è una nostra interpretazione del corpo architettonico che non mostra l'oggetto come realmente sarebbe stato, almeno non abbiamo certezze su svariati elementi allo stato odierno.

Grazie a questa analisi delle fonti che crea una gerarchia degli elementi, aiutiamo a comprendere il processo che ha guidato alla ricostruzione, dando libertà di accesso ai documenti che hanno permesso lo studio del manufatto.

Attraverso questa struttura, sfruttando il codice semantico grafico, la rappresentazione è in grado di:

- sottolineare incongruenze nella documentazione o nelle sue analisi;
- indicare il livello di incompletezza relativo alla ricerca ;
- fornire una visualizzazione aggiornata della nostra comprensione di un oggetto. ¹

Con l'utilizzo di questo metodo di ricostruzione dell'inexistente si facilita la divulgazione di informazioni relative a qualcosa di mai esistito o andato distrutto,

di cui non si hanno informazioni sufficienti per una certa ricomposizione.

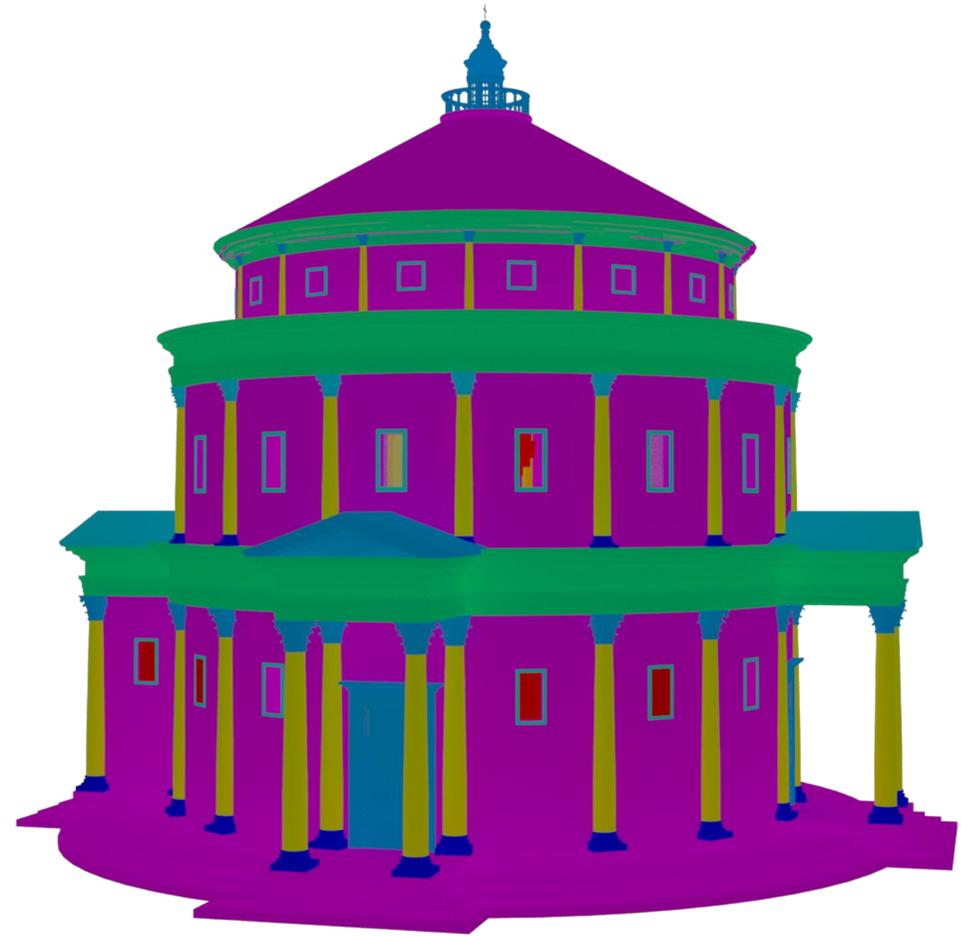
Il risultato finale che si presenta è quindi frutto di una visione in piccola parte interpretativa, piuttosto che di una ricostruzione completamente filologica.

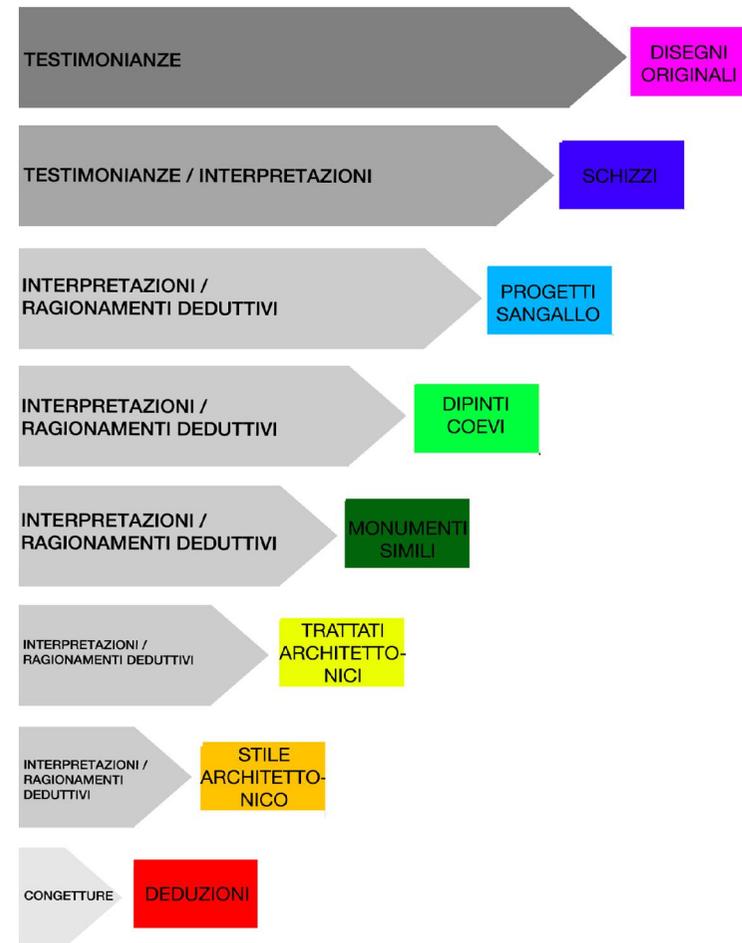
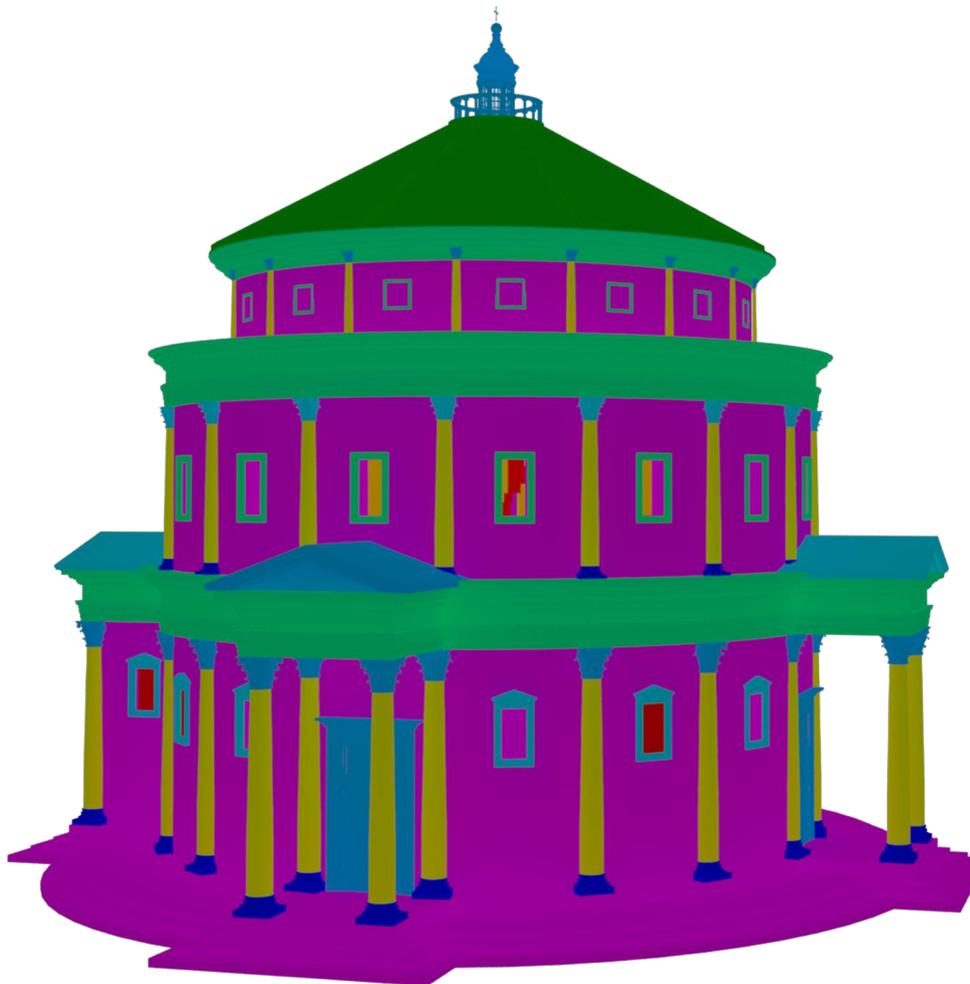
La reinterpretazione, guidata da alcune deduzioni personali, volta alla restituzione di un modello arricchito di dettaglio da consentire una visualizzazione gradevole, tendente alla visione di un monumento reale, è indirizzata alla comunicazione, come verrà trattato nel settimo capitolo.

A sinistra,
primo modello
realizzato con
geometria del
corpo di fab-
brica fedele al
disegno della
sezione del
Sangallo



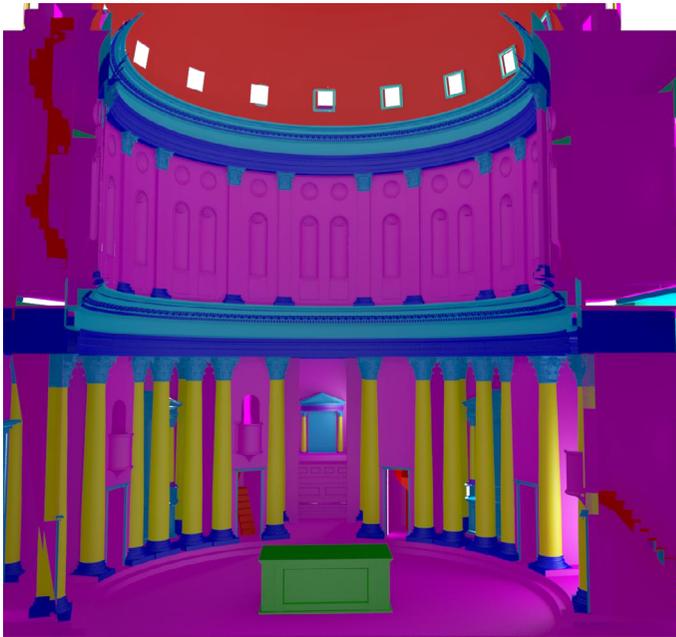
A destra,
secondo mo-
dello realizzato
in seguito allo
studio dei vari
elementi archi-
tettonici



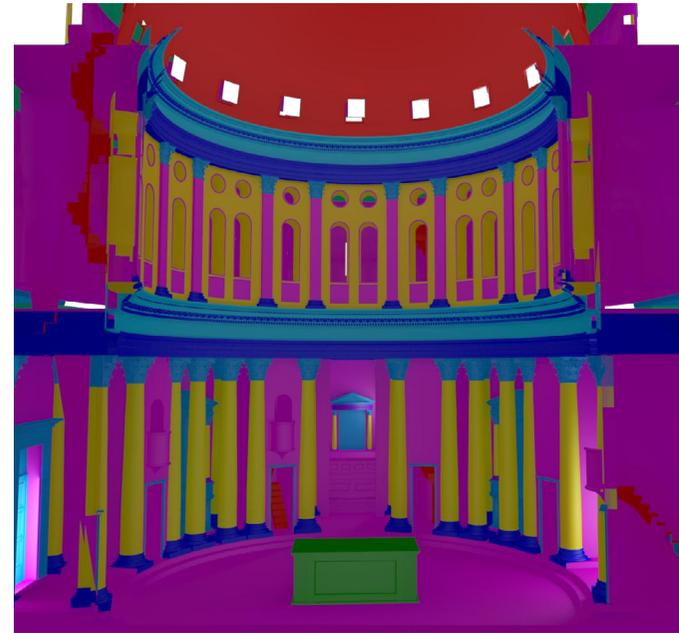


A sinistra, ultimo stadio di sviluppo del modello con modifica, rispetto al secondo, della cupola e delle cornici delle finestre

A sinistra,
vista interna
del secondo
modello
realizzato con
nicchie cieche
al secondo
ordine



A destra,
vista interna
dell'ultimo mo-
dello proposto
con apertura
delle nicchie
al secondo
ordine



4.2 Ordini architettonici e trabeazioni

4.2.1 Ordine corinzio

Dal disegno del Sangallo si evince che tutte le colonne e le paraste sarebbero state realizzate in ordine corinzio, quindi colonne, semicolonne e paraste utilizzate in esterno e in interno avrebbero dialogato tra loro mantenendo lo stesso ordine. In fase di analisi dimensionale ci si è accorti che il primo ordine segue le proporzioni dell'ordine corinzio (1:10, 1:5), invece il secondo e il terzo ordine di semicolonne esterne non rispettano questo canone.

Se si modificassero le altezze degli ordini in modo da rispettare la stessa proporzione del primo, si andrebbe a modificare l'aspetto estetico inteso dal Sangallo. Per questo motivo, si è deciso di modellare le colonne del secondo e del terzo ordine seguendo le proporzioni del primo al fine di mantenere una proporzione corretta e di adeguare l'altezza a quella del secondo e terzo livello.

Per il capitello si è preso come riferimento per la modellazione quello presente nell'edicola dell'altare di

Santa Maria delle Carceri, invece per le basi si è utilizzato un minuzioso schizzo contenuto all'interno del Taccuino Senese².

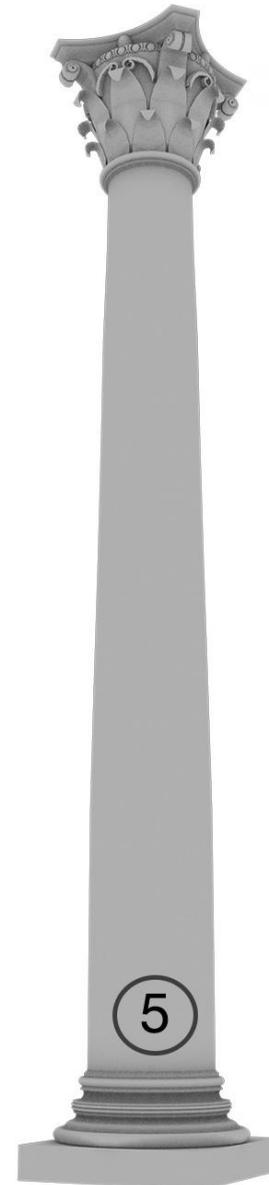
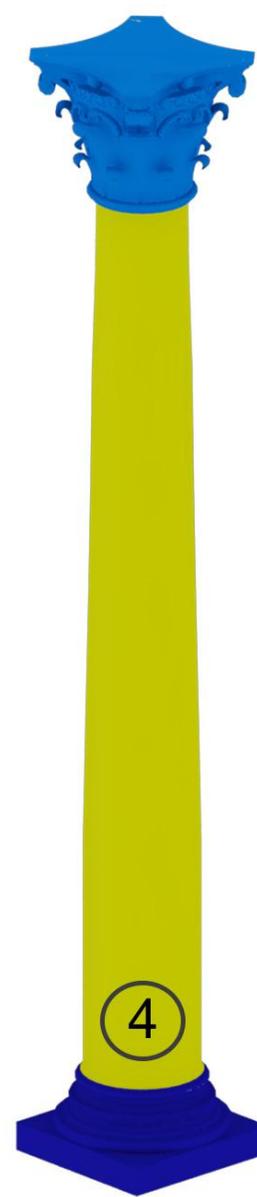
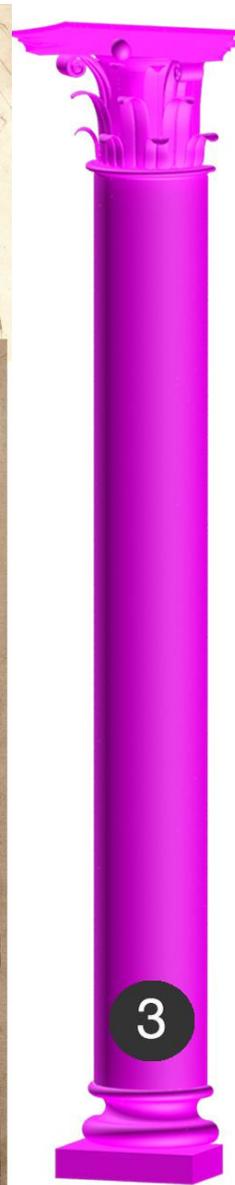
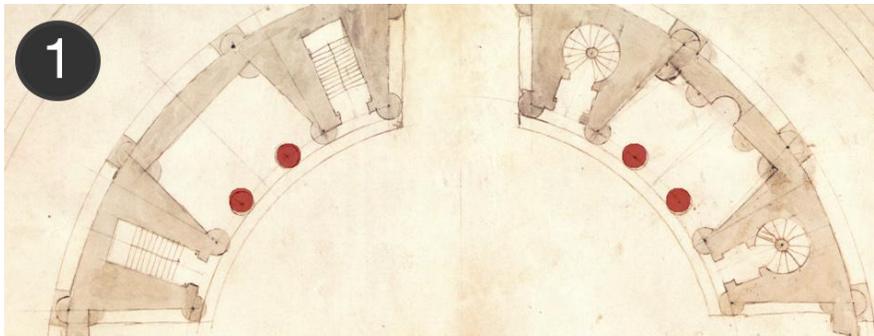
Il capitello presenta foglie d'acanto disposte su due corone, costituite da otto foglie l'una, sormontate da ovoli e dardi, le volute sono disposte sui quattro angoli e tagliano l'abaco sporgendo di poco, due elici al centro di ogni lato completano la decorazione assieme a quattro fiori disposti sul centro di ogni lato.

In una prima fase il fusto è stato realizzato come un cilindro poiché dal disegno non si evinceva la presenza di un fusto rastremato, questa ipotesi veniva rafforzata dal fatto che anche nella Città Ideale le colonne sono prive di entasi. Tuttavia in fase di collocamento delle colonne all'interno della rotonda si è incorsi in un problema di estrema vicinanza tra questi elementi che addirittura si accavallavano.

Molto probabilmente, in questa fase embrionale, il Sangallo ancora non aveva percepito questo problema poiché in pianta ha rappresentato il fusto della colonna senza l'ingombro di basi e capitelli.

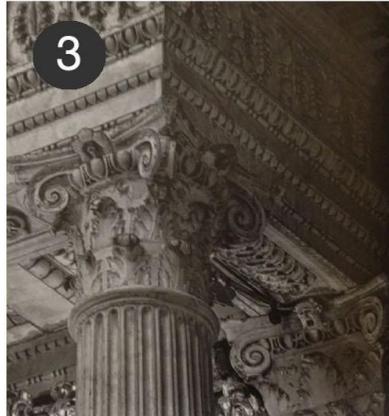
² *Taccuino senese: raccolta di schizzi realizzati da Giuliano da Sangallo, conservato presso la Biblioteca degli intronati a Siena*

A lato,
processo se-
guito duran-
te la rico-
struzione
della colonna
e della parasta
corinzia
[10_8]



Questo problema è stato risolto ricorrendo alla rastrematura, seguendo la regola del Vignola³, in modo che i capitelli non si tocchino tra di loro; nonostante ciò le basi sono molto vicine l'una all'altra, dando l'impressione di una fitta schermatura davanti alle cappelle, ciò è inevitabile se non si vuole alterare il disegno e

³ Vignola, *Regola delli cinque ordini d'architettura*, Bassano, Remondini, 1787



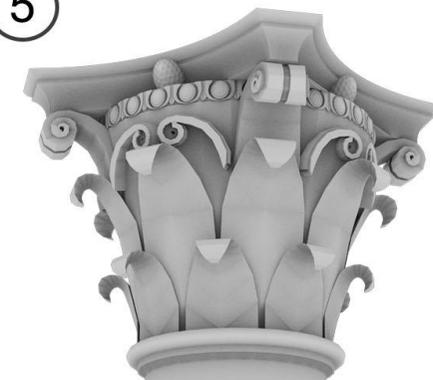
②



④



⑤



l'intento dell'architetto.

Il fusto delle colonne e delle paraste è stato lasciato liscio, privo di scanalature, sia perché il Sangallo li disegna lisci, sia perché anche nei riferimenti pittorici seguiti della *Consegna delle Chiavi*⁴ e della *Città*

⁴ *Affresco di Pietro Perugino, realizzato nel 1481-1482 e facente parte della decorazione del registro mediano della Cappella Sistina in Vaticano.*

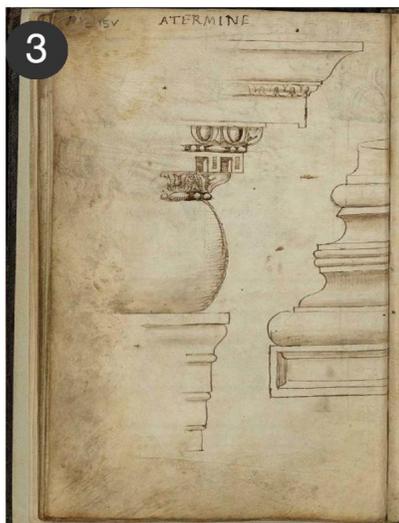
A lato, processo seguito nella fase di lettura e modellazione del capitello dell'ordine corinzio

A lato, processo seguito durante la ricostruzione della base dell'ordine corinzio

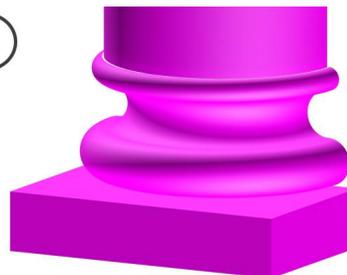
Ideale⁵ le colonne non presentano fusti scolpiti. Si è portata avanti questa ipotesi, ma non si esclude che l'architetto potesse prevederle più elaborate dal

5 *Autore sconosciuto, databile tra il 1480 e il 1490 e conservato nella Galleria Nazionale delle Marche a Urbino.*

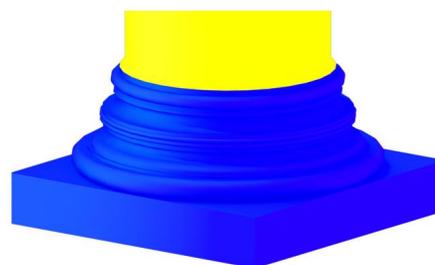
momento che utilizza la tecnica della scanalatura del fusto in altre opere.



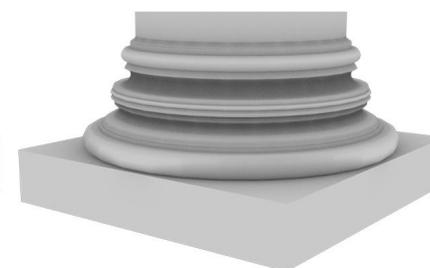
2



4



5



4.2.2 Trabeazioni

Il disegno del Sangallo mostra solamente che la trabeazione è suddivisa in tre parti ma non dettaglia il tipo di profilo, quindi anche in questo caso è necessario ricorrere ad ipotesi e ricostruzioni su base di altre opere dell'architetto.

Per la realizzazione delle trabeazioni interne si sono osservati i disegni del Taccuino Senese e Santa Maria delle Carceri; per modellare la parte superiore si è utilizzato il disegno che segue la chiesa di Prato, per la parte inferiore si è ricorsi ad uno schizzo del Taccuino Senese, la parte centrale è stata lasciata liscia, come di consuetudine nell'architettura del Sangallo.

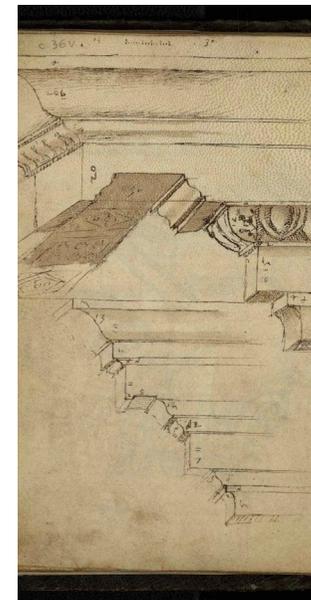
La fascia superiore è stata decorata con due motivi, uno con ovoli e dardi ed uno con dentelli; per la parte inferiore si sono invece utilizzati astragali con fusarole e perline.

La parte centrale è stata lasciata priva di decori perché Santa Maria delle Carceri presenta un motivo a giglio fiorentino, da escludersi a priori in ambiente romano. In Santa Maria dell'Umiltà la fascia centrale è evidenziata da un cambio di materiale in marmo rosso che risalta rispetto al grigio della pietra serena

utilizzata per le altre fasce.

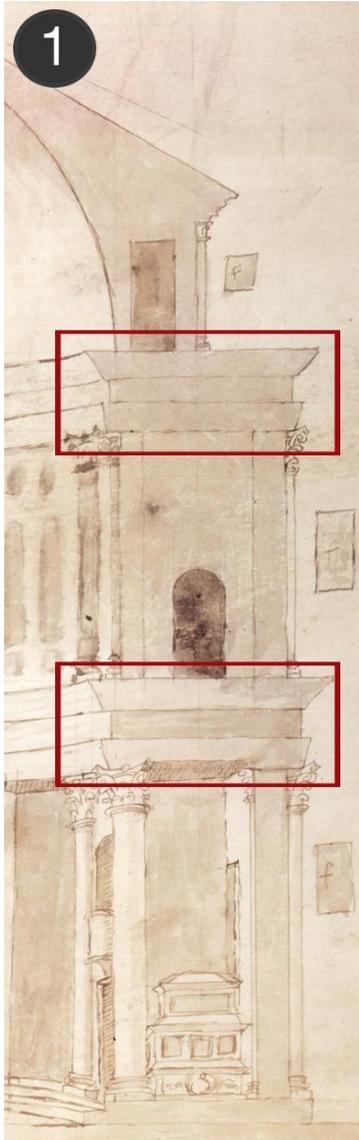
Quando si è trattato di ricostruire le trabeazioni del prospetto esterno si è fatto riferimento alle due fonti pittoriche più volte citate della Città Ideale e della Consegna delle Chiavi. In entrambi i dipinti le trabeazioni sono sobrie e prive di decorazioni.

I profili con cui sono state realizzate le trabeazioni sono stati ridimensionati in base agli originali disegni del Sangallo in modo da raggiungere dimensioni proporzionate sulla base del progetto.

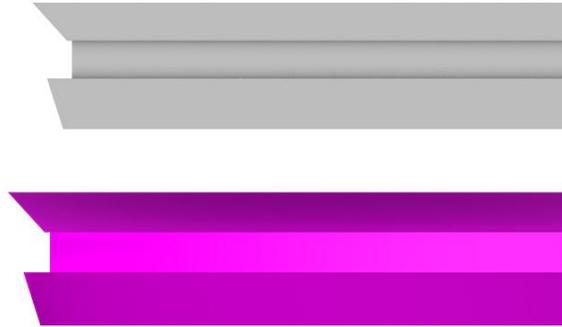


A destra, due schizzi del Sangallo contenuti nel Taccuino Senese raffiguranti profili di trabeazioni [10_8]

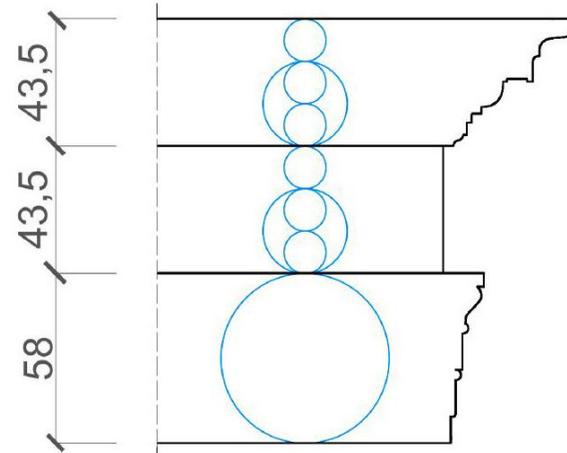
A lato,
in sequenza
l'evoluzione
del processo
di modella-
zione della
trabeazione



2

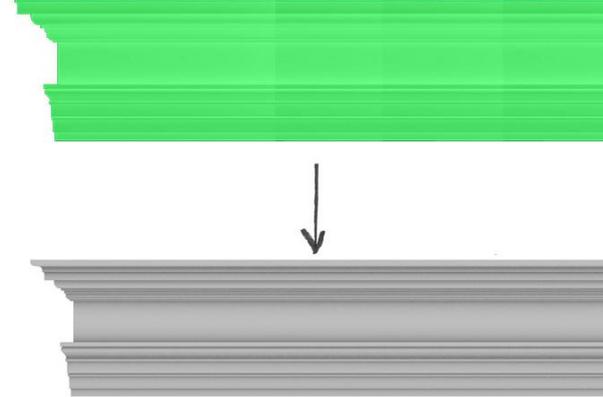


3



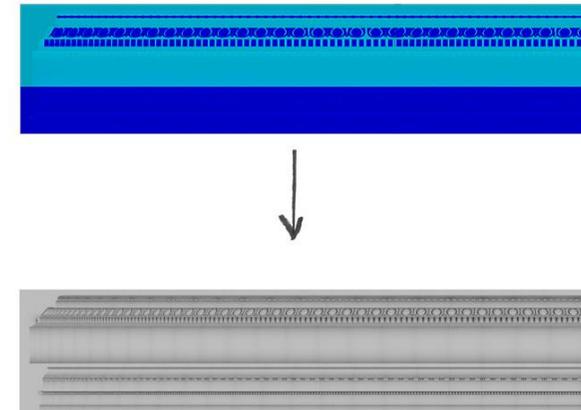
4

Trabeazione esterna



5

Trabeazione interna



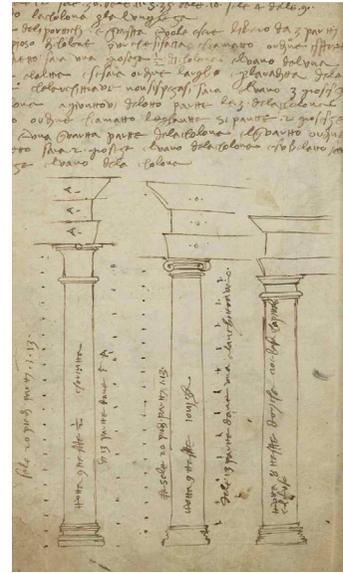
4.2.3 La lanterna e l'ordine ionico

Per le colonne che avvolgono la lanterna si è utilizzato l'ordine corinzio come lo stesso Sangallo progettò per Santa Maria delle Carceri dal momento che lo schizzo è incompleto in questa parte.

Inizialmente si era ipotizzato che la lanterna seguisse il modello della Città Ideale, in un secondo momento invece si è scelto di utilizzare come unico riferimento la lanterna di Santa Maria delle Carceri, che ha costituito un riferimento per la costruzione del balconcino, costituito da colonnine di ordine ionico.

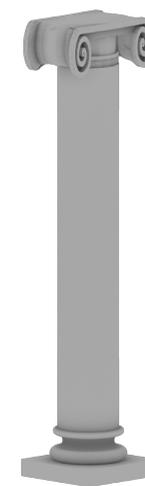
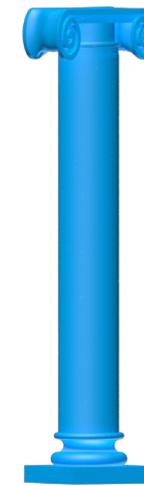
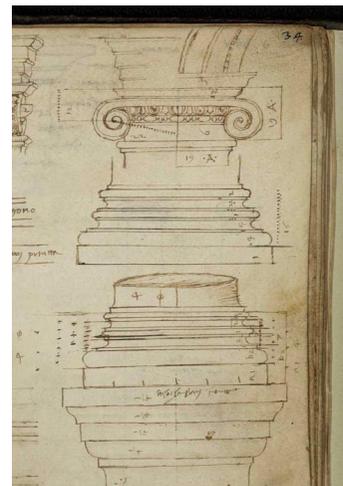
La colonna ionica è stata osservata meglio in quella progettata e realizzata dallo stesso Giuliano da Sangallo per la villa medicea a Poggio a Caiano.

Il modello non segue quella utilizzata per il balconcino della chiesa di Prato, infatti, come si può osservare dalle immagini, le proporzioni della colonna della villa medicea sono differenti.

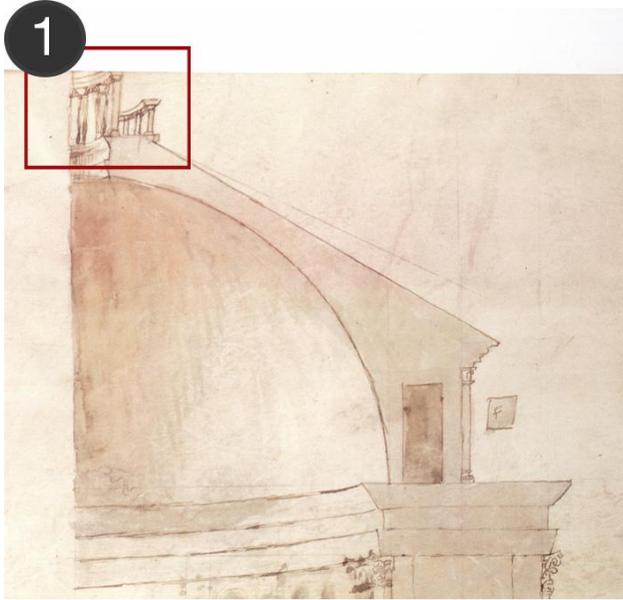


In alto, foto e modello della colonna ionica della villa medicea a Poggio a Caiano

In basso, schizzo dell'ordine presente all'interno del Taccuino Senese, attendibilità di ricostruzione della colonna ionica e modello inserito nella ricostruzione



A lato, processo di ricostruzione della lanterna; disegno del Sangallo, in basso lanterna di Santa Maria delle Carceri, a lato lanterna della Città Ideale, modelli di attendibilità della ricostruzione, modello della lanterna finale



4.3 Organizzazione interna

Attorno alla rotonda centrale che ospita l'altare ed ha una visuale da terra fino alla lanterna in cui culmina la cupola, si sviluppa un'organizzazione di cappelle e vestiboli che movimentano ed arricchiscono la sintassi architettonica.

Tre vestiboli incorniciano i tre ingressi e per simmetria un quarto vestibolo antistante l'avancorpo conduce al sarcofago, tutti e quattro configurati da tre quarti di colonne.

Sulle quattro diagonali sono posizionate le nicchie, schermate da due colonne, queste avrebbero potuto ospitare, sulla parete di fondo, quadri o statue alloggiati all'interno di edicole decorate. Anche sulla parete in fondo all'avancorpo è stata collocata un'edicola che supporta un quadro raffigurante il Papa Giulio II. L'edicola che sorregge il quadro, è stata modellata seguendo quella presente all'interno di Santa Maria delle Carceri.

Tra il primo e il secondo livello, sono posizionati i balconcini dei cantori, modellati seguendo il disegno della sezione prospettica.

Al secondo livello corre un susseguirsi di paraste corinzie tra le quali erano state collocate, seguendo il disegno, delle nicchie cieche con decorazione a conchiglia, come accade in Cappella Gondi e villa La Magliana.

La soluzione definitiva di presentazione del modello tridimensionale, vede invece delle aperture che creano un matroneo e permettono alla luce di attraversare il corridoio del secondo livello e illuminare il centro della rotonda. La scelta di eliminare le nicchie verrà largamente discussa nel capitolo in cui si affronta l'illuminazione del mausoleo con luce naturale.

Come si può vedere dallo spaccato a falsi colori, il matroneo è stato segnalato come stile architettonico, anche se si troverebbe quasi sulla soglia delle deduzioni, infatti si ritrova in altri monumenti sacri ma non è un elemento ricorrente nell'architettura rinascimentale come invece lo sono le edicole, l'utilizzo dell'ordine architettonico e la lanterna. Questo tema ha dunque prodotto diverse riflessioni che si sono concretizzate nella raffigurazione che si propone ma, malgrado si ottengano dei risultati soddisfacenti, non si ha la certezza della nostra interpretazione del disegno.

A destra,
posizionamento del
sarcofago
all'interno
dell'avancorpo

4.3.1 L'altare e il sarcofago

Dalla sezione prospettica si nota come in una cappella sia alloggiato il sarcofago che è stato modellato con una certa attendibilità seguendo i tratti del disegno della sezione per quanto riguarda la geometria. L'altezza è stata determinata dal disegno originale del Sangallo, così come la larghezza, la lunghezza invece è stata calibrata sulla statura media di un uomo di dell'epoca.

La tomba è divisa in tre livelli, come se fossero tre parallelepipedi sovrapposti dove non sono presenti grandi elementi decorativi ma il movimento è dato da bassorilievo di forme squadrate.

Si è deciso di posizionarlo nel prolungamento del vestibolo poiché sicuramente il Sangallo avrà previsto questo ampliamento proprio per concedere maggiore spazio al luogo che fisicamente avrebbe contenuto le spoglie del Papa.

Pur non avendo informazioni sull'esistenza di un altare, è stato deciso di disporre uno al centro della rotonda, come accade nel mausoleo di Santa Costanza a Roma. La forma è un parallelepipedo massiccio in marmo, dove si è giocato solamente sull'alternanza di



materiale chiaro e scuro, è stato modellato in coerenza con le forme squadrate con cui il Sangallo aveva pensato il sarcofago.

4.3.2 Collegamenti verticali

I collegamenti verticali e le aperture hanno creato un notevole problema durante lo sviluppo tridimensionale del modello.

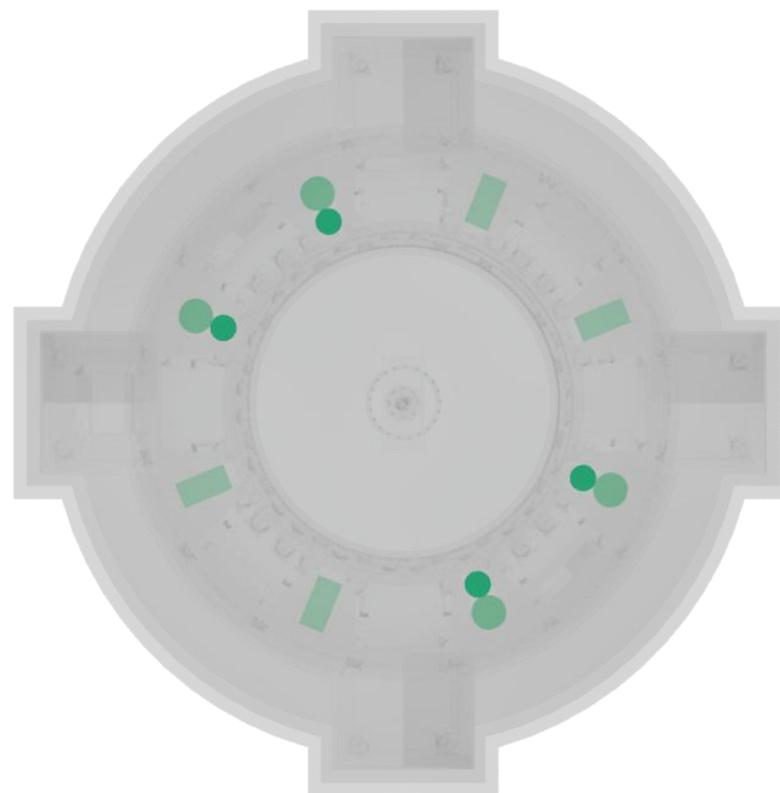
Come mostrato dal disegno della pianta del Sangallo, sarebbero stati previsti otto vani scala, quattro a chiocciola e quattro a due rampe, posizionati alternati tra loro a due a due.

Al contrario della pianta, la sezione, non ci dà indicazioni sullo sviluppo delle scale ai vari livelli, rendendo necessario, anche in questo caso, fare delle ipotesi per conciliarle le logiche costruttive con funzionalità e possibilità di realizzazione.

È abbastanza intuitivo pensare che le scale più comode e ampie a due rampe fossero utilizzate per raggiungere i balconcini probabilmente destinati ai cantori; mentre le scale a chiocciola potessero raggiungere il corridoio del terzo livello e consentire un accesso da questo livello alla lanterna della cupola.

Il terzo livello del mausoleo però risulta di diametro

inferiore rispetto ai piani sottostanti, dunque la chiocciola, se proiettata verso l'alto fino al livello di imposta della cupola, sarebbe uscita sull'esterno della rotonda. Per ottenere un risultato funzionale, al secondo livello si è traslato il vano scala circolare in modo da collocarlo nello spazio destinato al piccolo atrio di ingresso. Si è ridotto il diametro del vano scala da



A destra, schema di collocamento delle rampe di scale e delle scale a chiocciola

A sinistra, impostazione delle scale a chiocciola, rientranti al secondo livello

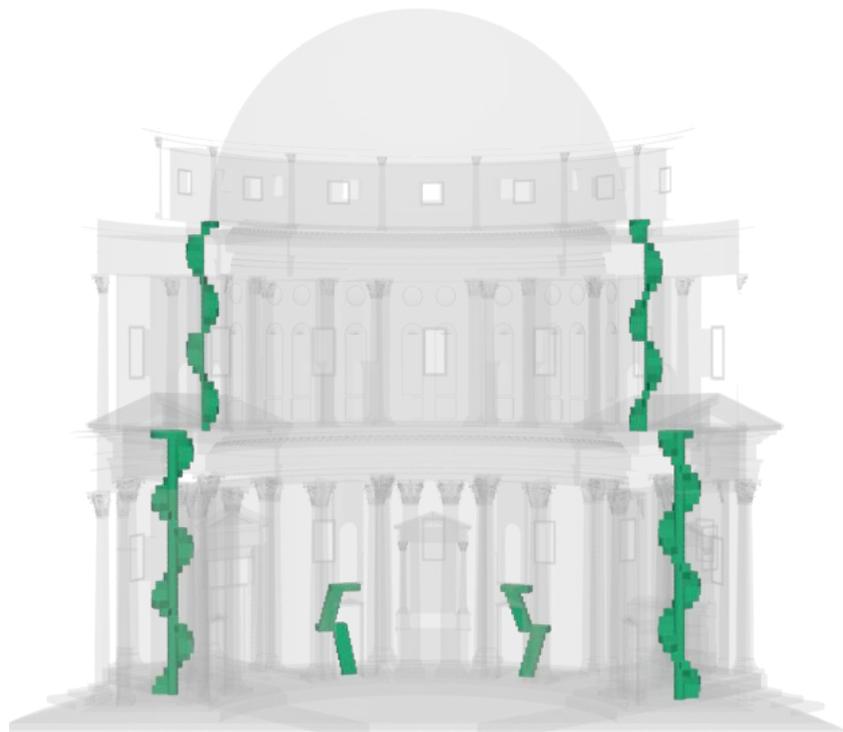
A destra, distribuzione delle rampe di scale che collegano primo livello e ammezzato e scale a chiocciola che percorrono lo spazio dal piano terra al terzo livello

116 cm (un passetto) a circa 90 cm poiché lo spazio dell'atrio è più contenuto.

Questa tecnica è stata utilizzata anche nella Chiesa di San Luca a Bologna, quindi ha riscontri anche su opere attualmente esistenti.

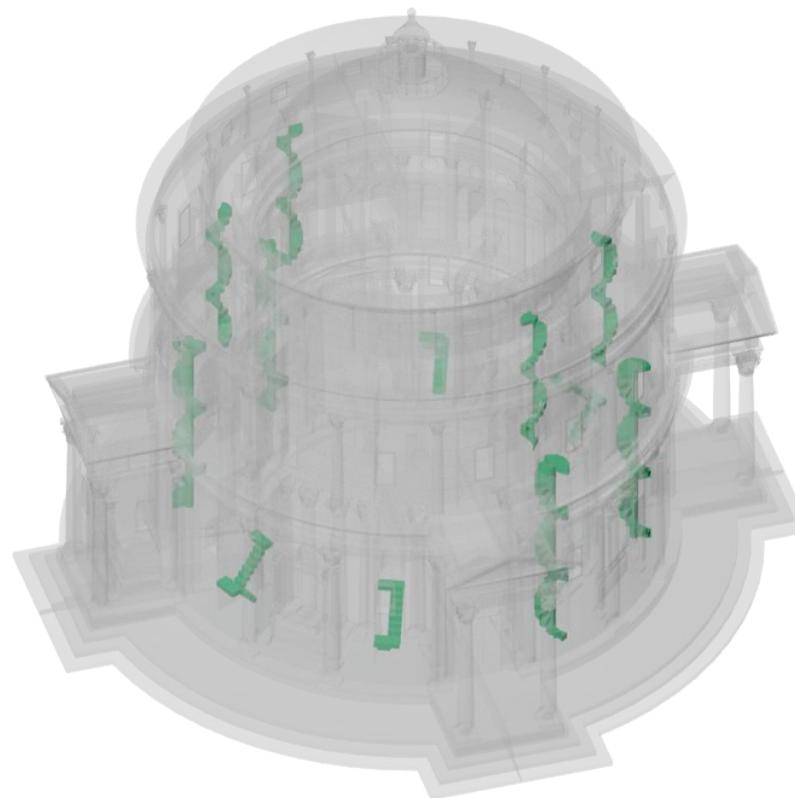
Per raggiungere la lanterna si possono ipotizzare due varianti:

1° ipotesi: una rampa inclinata interna alla cupola,



innestata al terzo livello che percorre in modo elicoidale la semisfera raggiungendo la sommità, come avviene in Santa Maria del Fiore e in San Pietro in Vaticano;

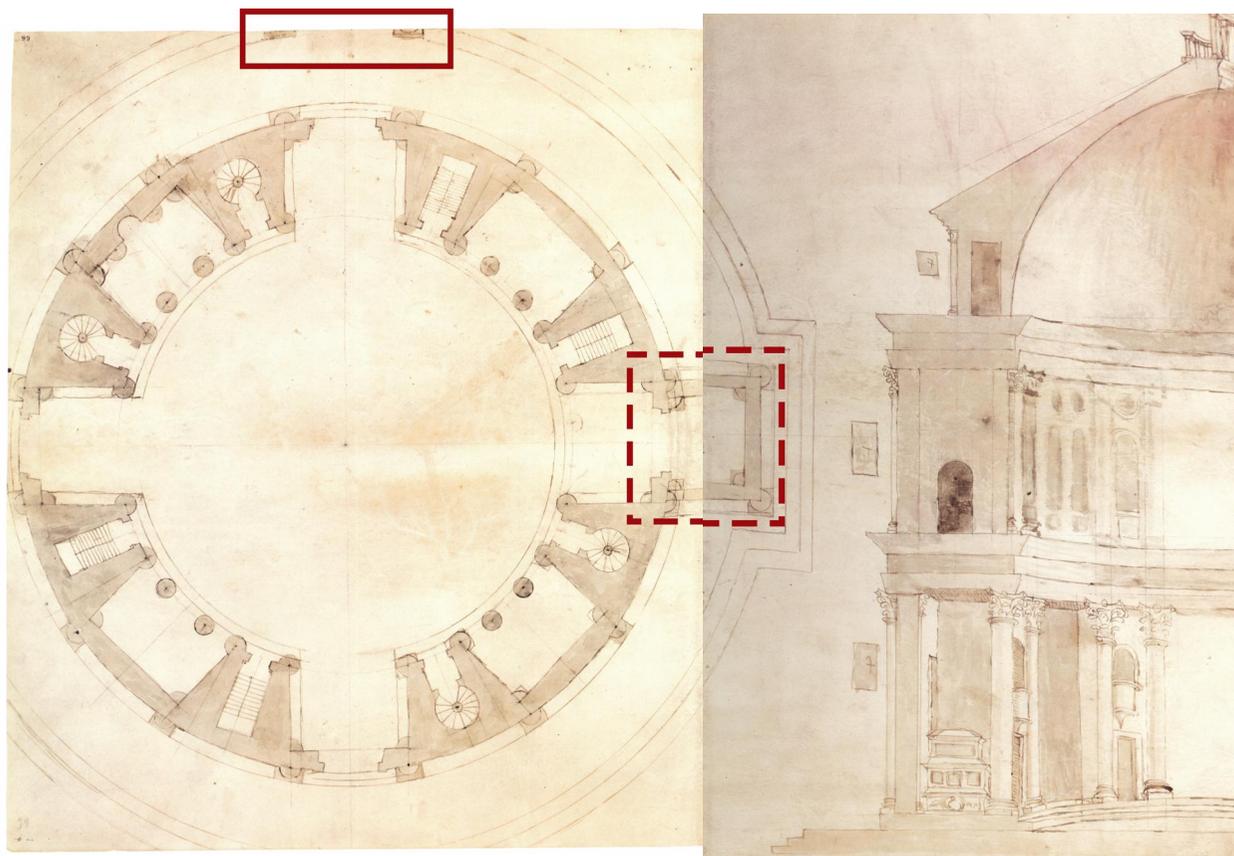
2° ipotesi: al terzo livello la salita si interrompe e piccole scalette metalliche dal profilo curvilineo conducono alla lanterna dall'esterno.



4.4 Organizzazione esterna

Dalla pianta si evince come un vestibolo sia stato ampliato a discapito della simmetria e della circolarità del monumento, questa anomalia non è presente però nella parte mostrata della sezione prospettica.

Lo spaccato lascia immaginare che il corpo di fabbrica sia rotondo e il sarcofago alloggiato all'interno di una nicchia con alle spalle una finestra.

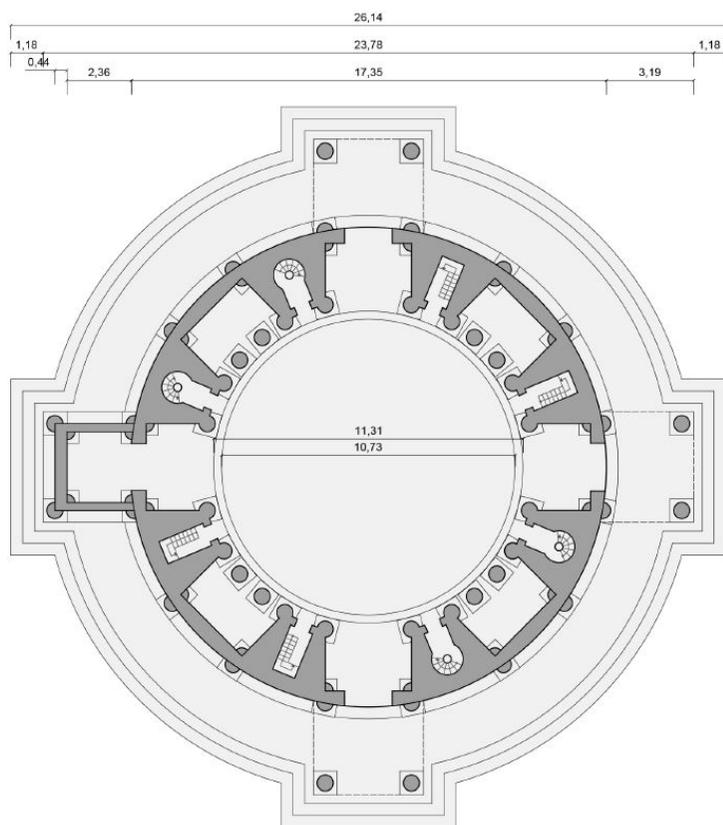


A lato, disegni originali del Sangallo di pianta e sezione contenuti all'interno del Codice Barberiniano, evidenziata in rosso la posizione dell'avancorpo

A sinistra, ricalco della pianta con aggiunta delle colonne di sostegno alle edicole di ingresso

4.4.1 Edicole e avancorpo

La Città Ideale e la Consegna delle Chiavi ci mostrano una simmetria perfetta, rispettata soprattutto in corrispondenza degli ingressi evidenziati dalla presenza di edicole in aggetto rispetto al corpo centrale,



un rigore, quello della simmetria, sicuramente proprio del Rinascimento.

È stata dunque presentata l'ipotesi che il Sangallo potesse prevedere tre edicole che marcassero i tre vestiboli di ingresso, in questo modo la presenza dell'avancorpo sarebbe bilanciata riportando un aspetto simmetrico all'insieme. Questa che inizialmente è stata solo una supposizione ha trovato riscontri positivi in tracce grafiche ritrovate sulla pianta, due colonne, elementi che avrebbero potuto sostenere il timpano posto come protezione dell'ingresso.

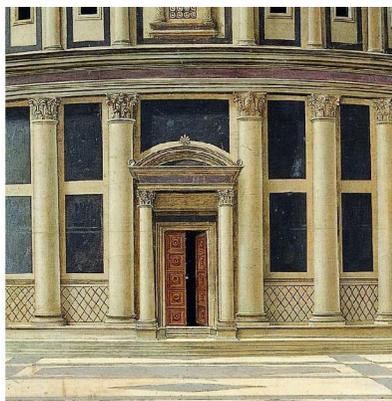
Dimostrato quindi che effettivamente potevano essere state pensate tre edicole in corrispondenza dei tre vestiboli, è stato studiato ed indagato lo stile con il quale sarebbero state progettate e realizzate.

La prima operazione che si è effettuata è stata quella di disegnare in pianta le colonne di supporto ai timpani, posizionandole alla stessa distanza dal corpo centrale dei tre quarti di colonna che incorniciano esternamente l'avancorpo.

Si sono osservate le fonti pittoriche e Santa Maria delle Carceri per poter modellare il timpano, infatti si è scelto un profilo triangolare per la copertura la cui

sezione ricalca i timpani della chiesa di Prato. Questa scelta progettuale è stata dovuta ad un'esigenza sia estetica che funzionale; nella Città Ideale l'edicola è più bassa rispetto al primo ordine di semicolonne, nella Consegna delle Chiavi, invece, un ordine gigante arriva fino al secondo livello e il timpano è posizionato sopra alla trabeazione, il cui profilo avanza seguendo l'aggetto dell'edicola. Sono state presentate alla prof.ssa Frommel tre varianti su come potesse essere realizzata l'edicola:

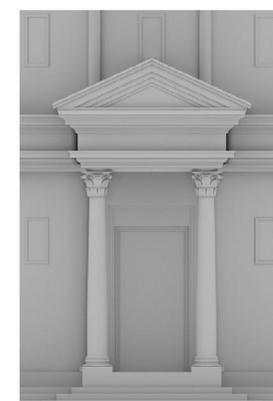
1° Ipotesi: prendendo come fonte la Città Ideale si sono realizzate due colonne di sostegno più basse sopra le quali posizionare il timpano di copertura, lasciando la trabeazione del primo ordine di colonne attaccate alla rotonda.



Il risultato è un'edicola abbastanza tozza, nel nostro caso, infatti, la posizione delle colonne che vanno a sorreggere il timpano non può essere interna alle semicolonne addossate alla parete come avviene nella Città Ideale per i concetti di continuità compositiva con l'avancorpo espressi precedentemente.

2° Ipotesi: seguendo il dipinto della Consegna delle Chiavi, sono state posizionate due colonne di sostegno alte quanto il primo ordine di colonne ed è stata prolungata la trabeazione seguendo il profilo in aggetto, in modo da poter posizionare poi il timpano sopra di essa.

Il risultato è piuttosto soddisfacente, anche se, avendo un'inclinazione di circa 24°, il timpano si intersecava con la finestra del secondo ordine, che si è



A sinistra, edicola della Città Ideale e modello dell'edicola per il mausoleo

A destra, edicola della Consegna delle Chiavi e relativo modello per il mausoleo

A destra,
vista dell'edicola di
uno dei tre
ingressi

pensata inizialmente cieca.

Per ovviare a questa problematica si è diminuita l'inclinazione a 20°, in modo da eliminare l'intersezione del timpano con la finestra del secondo livello.

La sezione utilizzata per modellare i due spioventi del timpano è la medesima utilizzata per la realizzazione della fascia superiore della trabeazione del primo ordine, tesi rafforzata dai trattati classici, come per esempio il *De Architectura* dell'Alberti.

3° Ipotesi: si modifica la soluzione precedente facendo seguire alla prima fascia della trabeazione l'andamento dell'edicola.

Il risultato è una brusca interruzione delle due fasce superiori della trabeazione, quindi si è deciso di non sviluppare questa proposta.

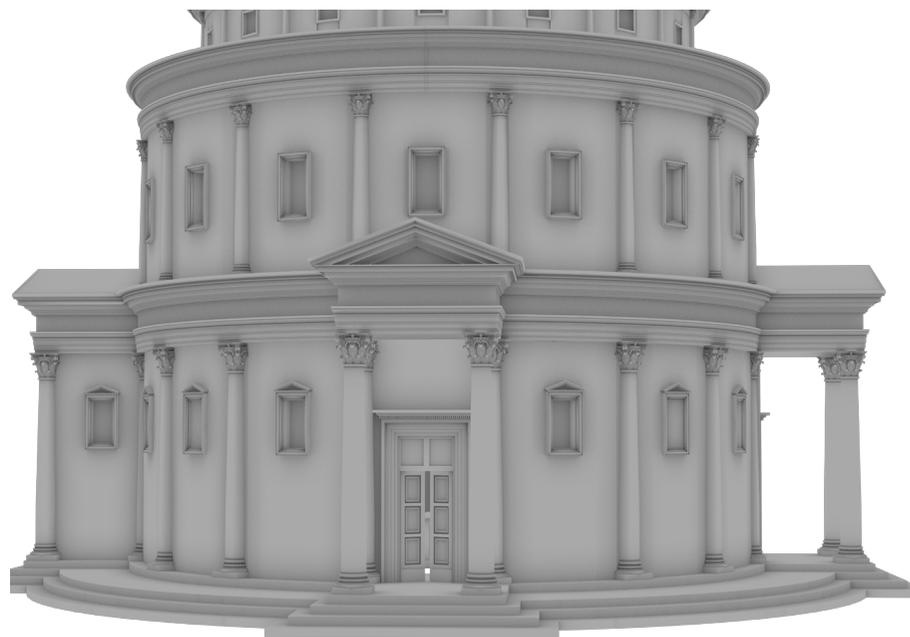
Non è stata fatta nessuna prova di modellazione con l'ordine gigante perché a priori è stato considerato sproporzionato dato il poco spazio che intercorre tra le colonne rispetto all'altezza dei primi due ordini.

Le edicole che ospitano ed incorniciano i portali, per i quali si sono ripresi quelli di Santa Maria delle Carceri, sono proporzionati in base all'intercolumnnio; tuttavia rimane libero uno spazio tra la cornice del portale e la

trabeazione, fatto che non trova conferma in nessun riferimento pittorico.

Si può ipotizzare che tale spazio fosse destinato ad un'iscrizione o un decoro commemorativo trattandosi di un monumento funebre, tuttavia, non avendo alcuna certezza in merito, non si sono avanzate proposte decorative.

È stato fatto l'esperimento di aumentare l'altezza della porta per andare a colmare il vuoto ma tale soluzione risulta sproporzionata in una visione di insieme.



4.4.2 Aperture

Nella prima fase di modellazione, il corpo esterno era stato delineato basandosi principalmente sul dipinto della Città Ideale, le aperture sono state quindi evidenziate da semplici cornici in marmo chiaro come la muratura. Gli elementi che andavano a creare contrasto erano le trabeazioni, i timpani delle edicole e le colonne.

Se si osserva il secondo riferimento pittorico della Consegna delle chiavi del Perugino e altre opere architettoniche realizzate dal Sangallo, si può ipotizzare una maggiore complessità delle cornici delle aperture. In particolare, sotto suggerimento della Prof.ssa Frommel, si è osservata la sagrestia di Santo Spirito, progetto di Giuliano da Sangallo; si nota come, anche internamente, delle finte finestrelle siano evidenziate da cornici sormontate da timpano triangolare.

Nel dipinto della Consegna delle chiavi, si osserva nuovamente il tema della cornice rettangolare sormontata dal timpano.

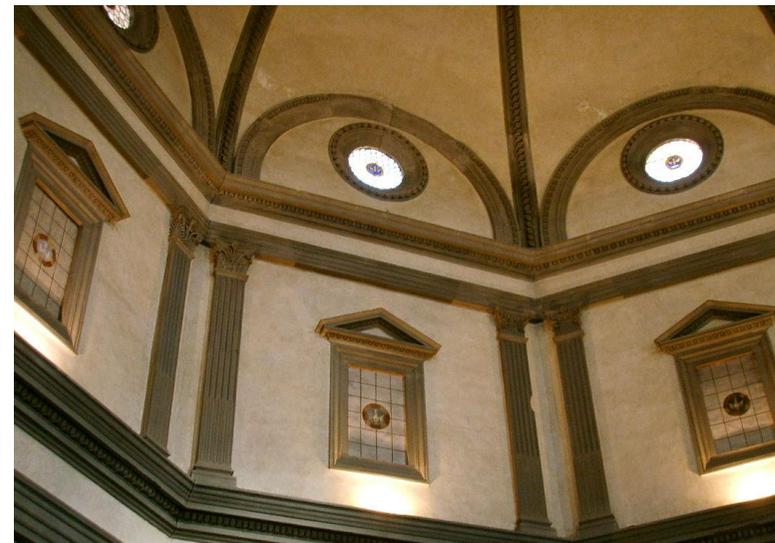
Traendo ispirazione da queste due fonti, in una seconda fase della modellazione, si sono modellate le cornici delle finestre al piano terra riducendo la scala

del profilo del timpano utilizzato per le edicole.

Salendo con l'ordine, si è semplificata la cornice, al secondo ordine si è eliminato il timpano e si è mantenuta la medesima sezione per creare la cornice rettangolare.

Infine, al terzo ordine si è optato per una cornice caratterizzata da un profilo molto semplificato, privo di tratti curvilinei, costituito da forme rettangolari.

Per accentuare i contrasti e seguendo le fonti, si è scelto di applicare alle cornici delle aperture un marmo grigio che è in contrasto cromatico con il corpo dell'edificio, al quale si è applicato un marmo chiaro.



A destra,
vista delle
finestre
interne alla
Sagrestia
di Santo
Spirito
[10_6]

A lato,
in sequenza
l'evoluzione
del processo
di modellazio-
ne delle cornici
delle aperture

1

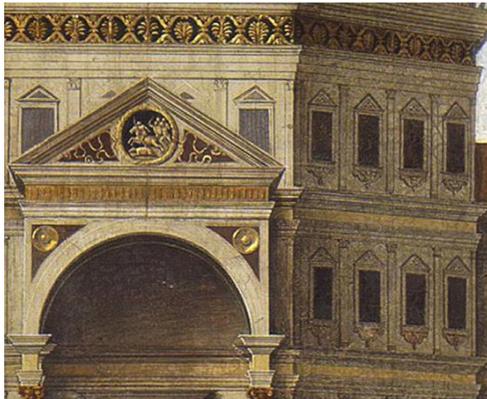


INTERPRETAZIONI /
RAGIONAMENTI DEDUTTIVI

MONUMENTI
SIMILI



2



INTERPRETAZIONI /
RAGIONAMENTI DEDUTTIVI

PROGETTI
SANGALLO

INTERPRETAZIONI /
RAGIONAMENTI DEDUTTIVI

DIPINTI
COEVI





A lato,
stadio
intermedio
di model-
lazione e
prototipo
finale



CAPITOLO 5

PRODUZIONE DEL MODELLO DIGITALE

A sinistra
ritaglio della
rotonda
presente
nel dipinto
della Città
Ideale

A destra
ritaglio della
rotonda
presente
nel dipinto
della Con-
segna delle
Chiavi

5. Produzione del modello digitale

5.1 Ipotesi di utilizzo dei materiali

In questo capitolo verrà esposto il metodo con cui si è operato per la scelta dei materiali da applicare ai vari elementi architettonici. Si sono poi studiati i sistemi costruttivi che il Sangallo avrebbe potuto utilizzare per la progettazione e realizzazione della cupola e della pavimentazione.

Il processo di ricostruzione si è basato su analisi dei due disegni originali (f.59v, f.74r), contenuti nel Codice Barberiniano¹, realizzati dall'architetto in una fase embrionale del progetto e attraverso fonti pittoriche² ed architettoniche rinascimentali, di epoca romana e realizzate dallo stesso Sangallo.

Ogni elemento è stato modellato in seguito ad una attenta analisi delle fonti, ma non potendo sapere

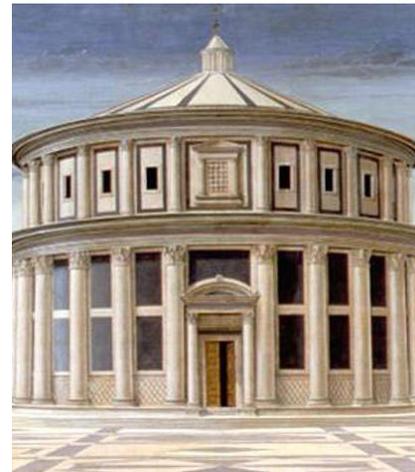
¹ Ms Barberini Lat. 4424 della Biblioteca Vaticana. Ricco di disegni di capitelli, basi e dettagli di monumenti antichi; sul frontespizio riporta la data MCCCCLXV, inizio delle sue esperienze a Roma.

² Città Ideale, autore sconosciuto, databile tra il 1480 e il 1490 e conservato nella Galleria Nazionale delle Marche a Urbino; Consegna delle Chiavi, Pietro Perugino, realizzato nel 1481-1482 e facente parte della decorazione del registro mediano della Cappella Sistina in Vaticano.

con certezza come l'architetto ne avesse pensato la realizzazione, si è ricorsi a proporre più ipotesi. In vari casi verranno quindi presentate diverse soluzioni motivate ed analizzate con confronto delle fonti, queste sono poi state sottoposte alla Prof.ssa Sabine Frommel che ne ha vagliato l'attendibilità ed ha più volte suggerito quale fosse la soluzione più in linea con il pensiero del Sangallo.

5.1.1 La scelta del marmo

A seguito della realizzazione della parte geometrica del modello, una questione che risulta di grande interesse, anche al fine di creare immagini, video,



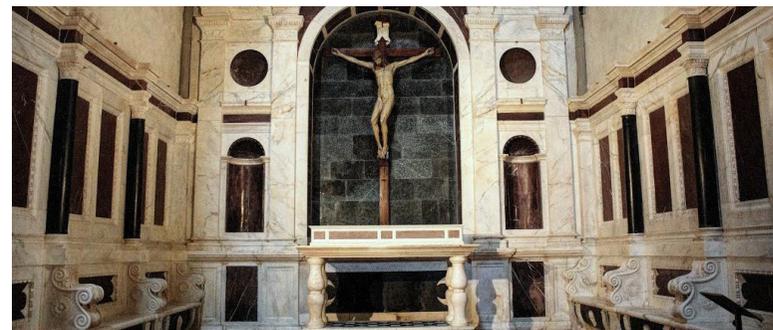
materiale digitale il più possibile realistico, è lo studio di quali materiali avrebbe impiegato il Sangallo se Giulio II avesse scelto di far realizzare il suo progetto. Poiché l'architetto si fermò ad una sola proposta presentata con uno schizzo, non possiamo sapere quali materiali avrebbe scelto, ma possiamo solamente fare delle ipotesi, adoperando come ispirazione fonti pittoriche ed altre opere portate a compimento.

Si è scelto il marmo come materiale protagonista dell'opera, seguendo le indicazioni che il Rinascimento ci suggerisce nelle sue espressioni pittoriche ed architettoniche:

- I dipinti della Città Ideale di Urbino e della Consegna delle Chiavi del Perugino mostrano due mausolei che sembrano essere realizzati in marmo;
- Il Sangallo utilizza il marmo in altre opere come in Santa Maria delle Carceri dove prevarica un marmo bianco Albarese e uno verde di Prato; in Santa Maria dell'Umiltà e nella Cappella Gondi in Santa Maria Novella, utilizza un marmo rosso di Monterantoli che richiama i marmi rossi del Pantheon;
- Il disegno del Sangallo propone molteplici spunti architettonici che richiamano elementi del

Pantheon, monumento nel quale troviamo un largo impiego del marmo in diverse cromie.

Il mausoleo avrebbe custodito le spoglie di un papa, possiamo quindi ipotizzare che avrebbe trovato la sua collocazione vicino alla Basilica di San Pietro in Vaticano, è dunque lecito immaginare che la volontà



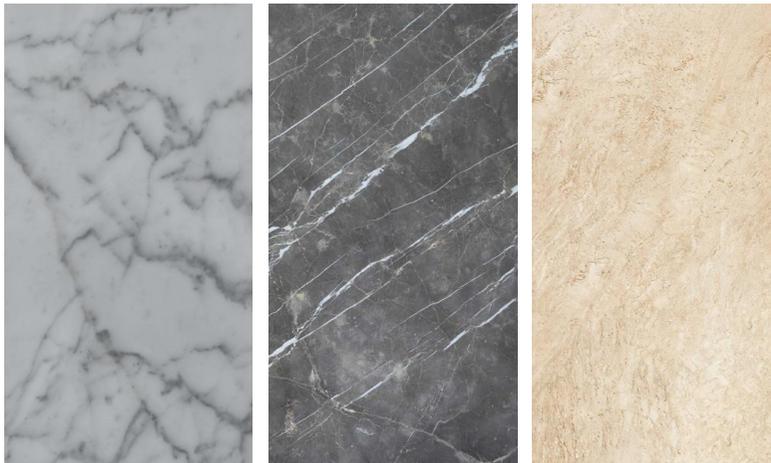
A destra, in alto, esterno di Santa Maria delle Carceri (Prato), interno di Santa Maria dell'Umiltà (Pistoia), in basso Cappella Gondi all'interno di Santa Maria Novella (Firenze)

A sinistra,
marmo di
Carrara,
Basaltina,
Travertino

dell'architetto sarebbe stata quella di adoperare un materiale nobile quale il marmo.

La reperibilità di questo nobile ed elegante materiale era molto facile nelle zone di Toscana e Lazio, regioni che presentavano una grande disponibilità di estrazione di queste rocce metamorfiche.

In Toscana, vi sono i giacimenti marmiferi più grandi del paese, tra Massa Carrara e Lucca. Le cave più conosciute in tutto il mondo fin dai tempi antichi sono quelle di Carrara, con la loro famosissima e preziosa produzione chiamata marmo bianco di Carrara, in diverse varietà. Inoltre Tivoli e Viterbo sono le due zone di estrazione di Travertino, Basaltina e Peperino.



5.1.2 Creazione delle mappature "textures"

Dopo aver deciso le cromie da utilizzare si sono cercate textures marmoree, consultando il sito <http://www.textures.com/> ; questo mette a disposizione immagini ad alta risoluzione di tantissimi materiali e difetti localizzati o diffusi dati dall'usura e dallo scorrere del tempo.

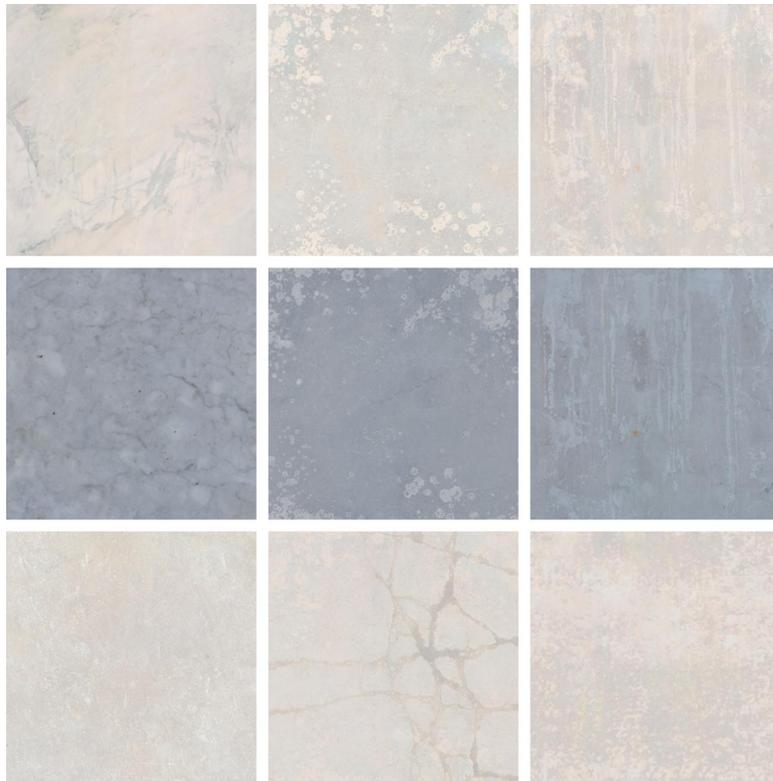
Le immagini sono poi state modificate e corrette con il software di Adobe, Photoshop per creare delle mappature da poter applicare al modello tridimensionale. L'immagine, scaricata dal sito, è stata ridimensionata al formato 1024 x 1024 px, è stato applicato il filtro "sposta" utilizzando il comando "toppa" e "pennello correttivo" per ottimizzare l'omogeneità dell'immagine finale.

Ottenuto il risultato soddisfacente, è stato salvato nel formato JPEG alla massima qualità.

Una volta scelti i primi due marmi chiaro e scuro (tonalità sul grigio), si è utilizzato il comando "corrispondenza colore" dal menù di regolazione dell'immagine per le altre textures utilizzate, in modo da riprodurre lo stesso tono cromatico su immagini di partenza differenti.

Si sono poi create, tramite la sovrapposizione delle immagini e l'uso della trasparenza, alterazioni e difetti nel materiale: efflorescenze, muffe, erosione dovuta dall'acqua e agenti atmosferici, crepe.

Questa gestione delle immagini ha permesso di ottenere un modello in cui si è potuto giocare con leggere differenze nel disegno dei marmi, creazione di piccole



imperfezioni, con l'intento di rendere più realistico l'effetto visivo finale.

All'interno del programma di modellazione tridimensionale, 3D Studio Max Design 2014, sono stati creati tutti i materiali da applicare agli elementi architettonici. Il programma permette di impostare diversi tipi di materiale, si è scelto di utilizzare il tipo "Arch & Design" perché permettono di gestire con effetti realistici gran parte dei materiali utilizzati nel rendering architettonico e di product-design oltre ad essere supportati dal motore di rendering scelto per realizzare le immagini finali del modello: Mental Ray.

Per ogni materiale sono stati regolati i relativi parametri di riflessione diffusa, riflessione e rifrazione; l'indice di riflessione tipico del materiale e la funzione di riflettanza bidirezionale (BRDF).

Prima di applicare questi materiali al modello tuttavia è stato necessario effettuare alcune operazioni:

- è stato controllato l'orientamento delle superfici degli elementi secondo il principio che tutte le facce esposte alla luce devono avere normale positiva, in caso contrario non vengono renderizzate correttamente. Per fare questo è stata abilitata la

A sinistra, alcuni esempi di textures utilizzate nel modello con piccole differenziazioni, ovvero sovrapposizione di alcuni difetti e segni di degrado del materiale

modalità di visualizzazione “Xview face orientation” e, quando necessario, sono state riorientate le normali con il comando “flip”.

- è stato effettuato un controllo sulla smussatura degli elementi assegnando uno specifico smoothing group a gruppi di poligoni limitrofi attraverso il comando “autosmooth”.
- è stato necessario definire per ogni elemento le coordinate di mappatura applicando il modificatore UVW map e, controllandone i parametri, modificando i valori o utilizzando il gizmo in maniera interattiva, così da definire la scala corretta di applicazione del materiale per ogni elemento.

Infine i materiali sono stati applicati al modello ed è stato creato un sistema realistico di illuminazione con luce naturale che si basa sull'utilizzo di una sorgente di illuminazione naturale diretta mr (mental ray) sun ed una sorgente di illuminazione naturale indiretta, mr (mental ray) sky.

La posizione del sole può essere indicata sia manualmente che in termini di latitudine e longitudine utilizzando dei weather data file.

In questo modo è stato possibile posizionare

virtualmente il Mausoleo a Roma e settare la data in cui calcolare l'illuminazione, l'anno più indietro nel tempo che il software permette di inserire è il 1583, non troppo lontano dal 1505, anno in cui il papa Giulio II commissionò il progetto per il suo monumento funebre.

All'interno del pannello “exposure control” si può effettuare una preview del render di mental ray sulla base della quale si può modificare il fattore di esposizione con valori preimpostati dal software oppure utilizzando parametri fotografici.

Durante la realizzazione di render di interni del monumento, si sono utilizzati degli “sky portals” che servono a portare più luce all'interno dell'ambiente, sfruttando però l'illuminazione esterna.

I “mr sky portals” sono oggetti che nel caso del modello sono stati posizionati in corrispondenza di alcune aperture (porte, oculo della cupola) per aumentare la luce in ingresso che può essere regolata dal comando “multiplier”.

In seguito all'apertura delle nicchie al secondo ordine, che in una prima fase si presentavano cieche, è stato possibile ottenere render di interni sufficientemente

illuminati, anche senza l'utilizzo degli sky portals.

5.1.3 Applicazione dei materiali e prove di rendering

Si sono realizzate due ipotesi sulle possibili cromie che il Sangallo avrebbe potuto prediligere; in Santa Maria delle Carceri, viene utilizzato un materiale di colore chiaro per le pareti (intonacate) e uno più scuro per far risaltare paraste e trabeazioni, l'utilizzo della bicromia si ritrova, ancora una volta, nella Consegna delle Chiavi e nella Città Ideale, dove colonne e



trabeazioni sono realizzate con materiali diversi.

In una prima fase si è utilizzata la bicromia, seguendo l'esempio dei progetti realizzati dal Sangallo, applicando alle pareti un marmo chiaro, e alle colonne, trabeazioni, paraste e decori un marmo sulle tonalità del grigio.

Si sono andate a creare delle mappature partendo da immagini del marmo di Carrara e dalla Basaltina, in questa fase non si è lavorato sulla variazione delle venature e delle campiture ma solo sulle cromie.

Si è deciso di proporre una variante in cui alla fascia



A sinistra, modello con applicazione di marmo rosso

A sinistra modello con applicazione di marmo di Carrara e Basaltina

A destra,
vista del
modello
dall'ingres-
so principa-
le opposto
all'avancor-
po

centrale della trabeazione si è andato ad applicare un marmo rosso. Il rosso è presente anche nella trabeazione esterna della Città Ideale ed in quella interna del Pantheon; il Sangallo utilizza questo colore nella Chiesa di Santa Maria dell'Umiltà, nella Cappella Gondi all'interno della chiesa di Santa Maria Novella. Proprio nella cappella, l'architetto realizza il rivestimento rosso per le nicchie cieche con decorazione a conchiglia, motivo decorativo che è stato ipotizzato in fase iniziale di lettura dei disegni del Sangallo, per realizzare la parte interna del secondo ordine.

Il disegno della sezione non presenta tracce chiare e ben leggibili per questo livello, quindi inizialmente si è ricorsi al confronto con i decori presenti in altre opere dell'architetto.

A seguito di queste considerazioni, sotto i suggerimenti della prof.ssa Frommel, si è optato per mantenere una cromia sobria, su due tonalità.

Il modello viene presentato con alternanza di marmi bianchi, utilizzati per superfici murarie, pavimenti, gradini, scalinate, altare e sarcofago ed il marmo di tonalità più scura, con cromia grigia, viene impiegato per la realizzazione di colonne, paraste, trabeazioni

ed elementi decorativi.

Con l'obiettivo di rendere il più possibile realistico il modello, sono state utilizzate almeno cinque diverse mappature per il marmo grigio, in modo da variare il disegno delle venature; lo stesso è stato fatto per il marmo chiaro.





5.2 Ipotesi su due elementi architettonici: pavimentazione e cupola

5.2.1 La superficie pavimentale

Per la pavimentazione del Mausoleo di Giulio II si è scelto di utilizzare un marmo chiaro, anche se, analizzando Santa Maria delle Carceri, Santa Maria dell'Umiltà ed il Pantheon, è molto probabile che il Sangallo avrebbe creato un disegno da realizzare sempre in marmo, magari utilizzando un'alternanza di marmi chiari tali da non creare forti contrasti o far prevaricare la pavimentazione sul resto degli elementi architettonici.

Non avendo nessuna indicazione da parte dell'architetto riguardo al disegno pavimentale, si sono presentate tre varianti.

Una proposta vede la pavimentazione costruita a fasce circolari di lastre in marmo chiaro che ricoprono la rotonda partendo dal centro fino ad espandersi alle estremità, come la realizzazione di un mosaico a grandi tessere, giungendo ad un risultato sobrio ma elegante, in cui l'utilizzo di fasce in marmo più pregiato disegnano i camminamenti dagli ingressi sino all'altare.

A sinistra, esempio di tessiture differenti su due colonne corinzie in marmo e una lesena

Nel mausoleo di Santa Costanza, si può apprezzare una pavimentazione molto sobria in cotto, con solo una fascia circolare realizzata in lastre marmo ed un percorso sempre in materiale lapideo, evidenzia il percorso verso l'altare.

La seconda ipotesi vede l'utilizzo di mattonelle in alternanza bicromatica chiara e scura, come accade in Santa Maria delle Carceri, e passerelle in marmo chiaro evidenziano i camminamenti sugli assi principali, confluendo all'altare.

Nonostante siano state condotte queste due sperimentazioni, rimane un punto interrogativo su come potesse essere stato realizzato il disegno.

I pavimenti policromi, sono protagonisti nel Rinascimento, condizionano, assieme alle altre parti degli edifici, il modo in cui si percepiscono gli spazi architettonici ed i luoghi.

I committenti delle chiese, delle cappelle, degli altari e, non ultimo, delle tombe, ma anche i responsabili delle Scuole Grandi, li considerarono ornamento particolarmente significativo, spendendo in alcuni casi

cifre notevoli per la loro realizzazione.

Troviamo un esempio di una superficie pavimentale rotonda più dettagliata rispetto a quella di Santa Costanza, nella stanza circolare di palazzo Malatesta a Roma, ora Pecci Blunt. E' un palazzo del '500 costruito quando papa Giulio II incamerò nello Stato Pontificio il feudo dei Malatesta, la Romagna.

Come terza opzione si propone un disegno che richiama la pavimentazione degli interni della villa medicea a Poggio a Caiano progettata da Giuliano da Sangallo. La residenza presenta una composizione in mattonelle rosso, avorio e grigio scuro; con l'ausilio di photoshop è stato creato un disegno con alternanza di colori che fossero una miscela delle cromie presenti nei marmi chiari utilizzati per gli altri elementi.

Nella residenza viene ripetuto il motivo della stella inscritta in un esagono, per il Mausoleo si opta per una pavimentazione marmorea in cui il disegno della stella è iscritto all'interno di un profilo circolare che delimita l'area centrale del monumento.

Per ipotizzare il disegno pavimentale che il Sangallo avrebbe utilizzato nel progetto, si sono analizzate

diverse fonti esistenti di epoca rinascimentale, in particolare si sono osservati alcuni esempi di stanza circolare.

Vediamo nell'immagine una piccola stanza di passaggio di forma rotonda che è il punto di convergenza prospettica di due assi ottici perpendicolari fra loro. Naturalmente anche il disegno del pavimento doveva concorrere a questo effetto, e il disegno delle piastrelle (in cotto a due colori) avendo tre cerchi concentrici di rombi disposti a raggiera, contribuisce notevolmente a creare una sensazione di dinamismo.



Possiamo prendere in considerazione nella fase dello studio delle tecniche utilizzate per la creazione delle superfici pavimentali rinascimentali anche il grande esempio del cocchiopesto, conosciuto anche come “pavimento alla veneziana”. Elemento significativo dei Pavimenti alla Veneziana erano, e continuano ad essere, le originali decorazioni realizzate attraverso la varietà cromatica del marmo.

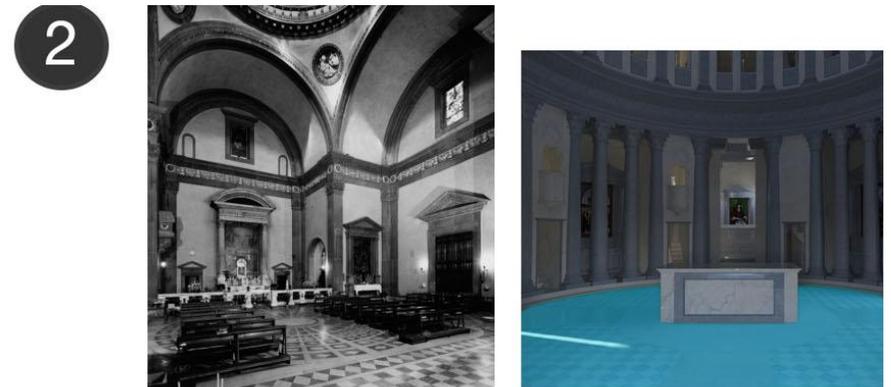
Non avendo però conferma storica di come potesse essere stato pensato il disegno pavimentale, è opportuno tenere come soluzione principale la più neutra, ovvero una pavimentazione in marmo chiaro, che non vada a caratterizzare in modo particolare l'edificio.

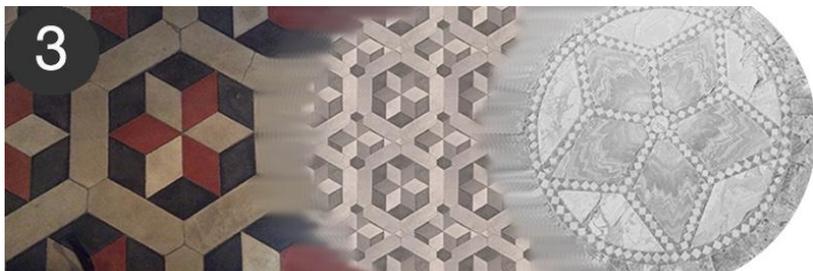
Di seguito, grazie all'utilizzo di falsi colori, viene evidenziato il grado di attendibilità delle tre proposte di ricostruzione della superficie pavimentale. Si riassume, attraverso l'uso di immagini, il processo che ha condotto ai diversi risultati. Dunque, è possibile comparare le ipotesi e valutare il loro rapporto con le fonti e di conseguenza la discrepanza dal disegno originale, che non presenta però approfondimenti su questo elemento, rimane così un aspetto che potrà essere oggetto di maggiori approfondimenti.

A sinistra,
disegno
della stanza
circolare
di Palazzo
Malatesta

A sinistra,
pavimentazione
realizzata
sulla base
di Santa
Costanza a
Roma

A destra,
pavimentazione
realizzata
sulla base
del progetto
realizzato
da Sangallo
per Santa
Maria delle
Carceri





3

VILLA MEDICEA

PROGETTI
SANGALLO

4

TESTIMONIANZE

DISEGNI
ORIGINALI

A sinistra, pavimentazione realizzata osservando il pavimento della villa medicea a Poggio a Caiano, progettata e realizzata da Sangallo

A destra, scelta di superficie pavimentale neutra, pensata in marmo chiaro

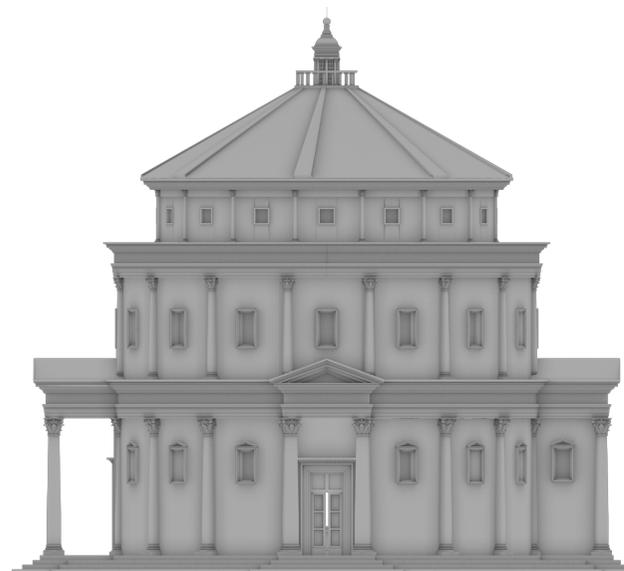
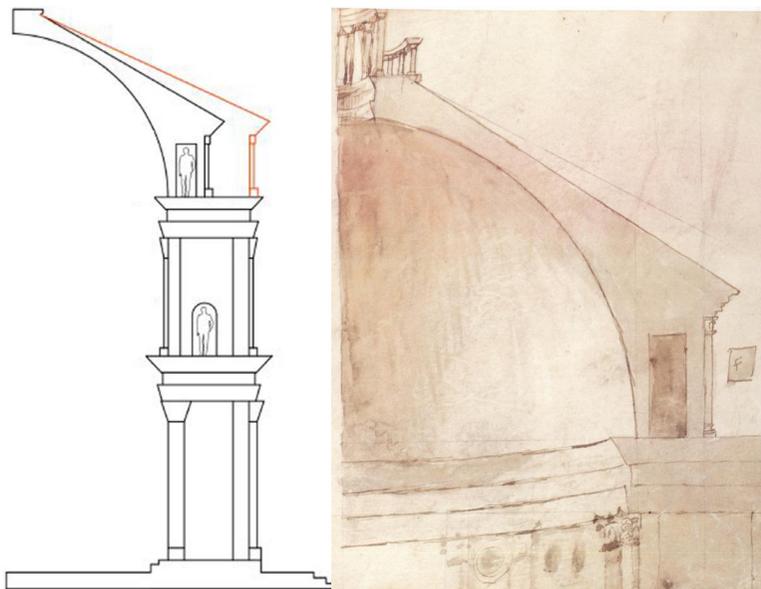
A sinistra,
Disegno
della sezione,
in rosso
è stata
ricalcata la
traccia a
matita ritro-
vata nello
schizzo del
Sangallo,
riportato a
fianco

A destra,
In alto, il
corpo della
rotonda si
presenta
cilindrico
seguendo
il tratto
segnato in
rosso nella
sezione;
in basso,
modello
che segue
il profilo in
nero della
sezione

5.2.2 La cupola: elemento strutturale e applicazione dei materiali

Osservando la sezione emerge un leggero tratto disegnato a matita, che, se seguito, porta il terzo ordine in linea con i due sottostanti, in modo da creare una struttura perfettamente cilindrica, architettura che si legge anche nella Città ideale.

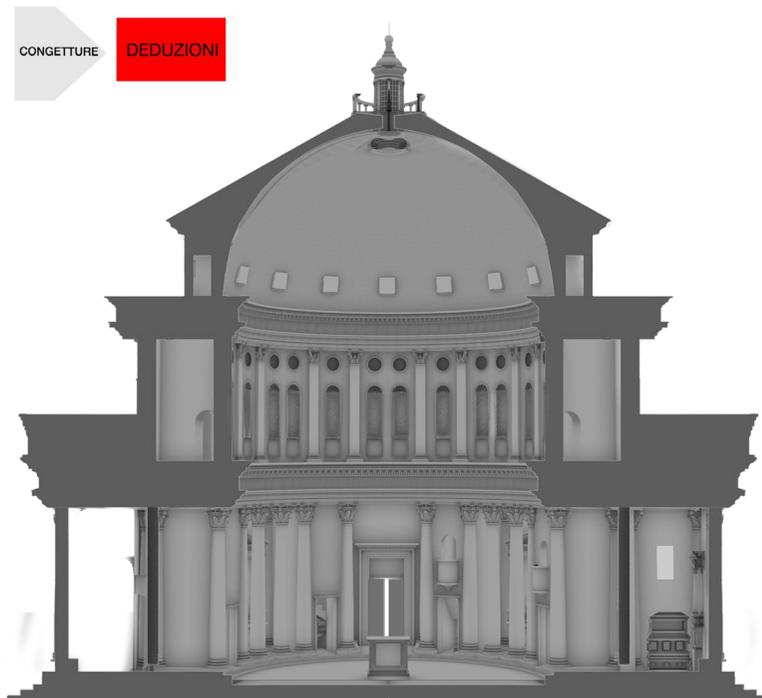
Non ci sono elementi a disposizione per valutare se l'ipotesi fosse stata scartata dal Sangallo e quindi cancellata sulla carta o se al contrario potesse essere un'alternativa al progetto; per questo motivo in fase



preliminare si sono portate avanti parallelamente entrambe le versioni.

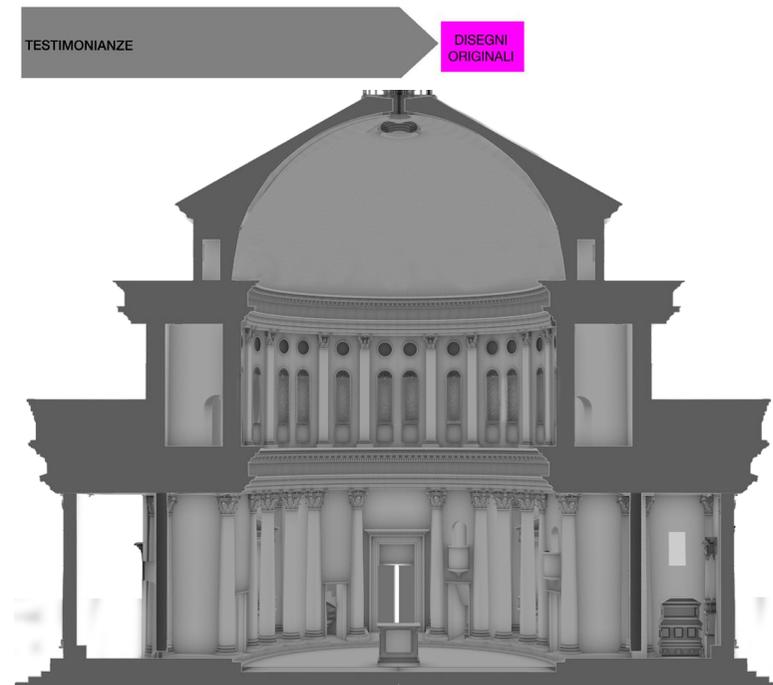
Nell'ipotesi di riprodurre fedelmente il disegno della sezione, ci troveremmo di fronte ad una cupola internamente cieca che viene illuminata unicamente dalla luce zenitale proveniente dalla piccola lanterna.

Si è quindi proposta, in corso di modellazione, la proiezione delle forature esterne del terzo ordine sulla parte interna, in modo che la luce filtrante dalle



finestrelle del terzo livello si irradiasse all'interno della cupola.

Anche in questo caso si utilizzano dei riferimenti della scala a falsi colori RGB, introdotta al quarto capitolo, per sottolineare il grado di fedeltà al disegno originale della ricostruzione. Nel capitolo precedente è mostrato lo spaccato del modello a falsi colori.



In basso, a sinistra sezione del modello con finestrelle ricavate all'interno della cupola; a destra, spaccato assonometrico del modello con cupola cieca come da disegno originale del Sangallo

Ovviamente, come si è più volte ribadito, trattandosi di un progetto in fase embrionale, non ci sono indicazioni su come sarebbe stata progettata e costruita la cupola, quindi, al fine di presentare un'ipotesi attendibile di ricostruzione, si sono studiate le coperture di diversi monumenti e mausolei antecedenti.

Il primo grande esempio preso in considerazione è il Pantheon, opera di ispirazione dei più grandi architetti del Rinascimento, l'espedito più geniale della costruzione di un'enorme cupola sta nei materiali inerti adoperati nella costituzione dell'opus coementicium di cui essa è composta.

Sicuramente l'interessante tecnica costruttiva di combinare diversi materiali di differente peso per alleggerire la struttura avrà interessato il Sangallo. L'esterno della cupola, originariamente rivestita in scaglie di bronzo, nel VIII secolo fu ripristinata in lastre di piombo.

Un secondo esempio che avrebbe potuto interessare l'architetto è la cupola progettata da Brunelleschi a Firenze per Santa Maria del Fiore, costruita senza

armature, grazie all'uso di una doppia volta senza intercapedini, ricorrendo all'incastro dei mattoni a spina di pesce. L'esterno, invece, viene ricoperto con tegole.

Il mausoleo di Santa Costanza presenta una cupola alleggerita (come nel Tempio di Minerva) da nervature e archi tra concrezioni più leggere di tufo e pomice.

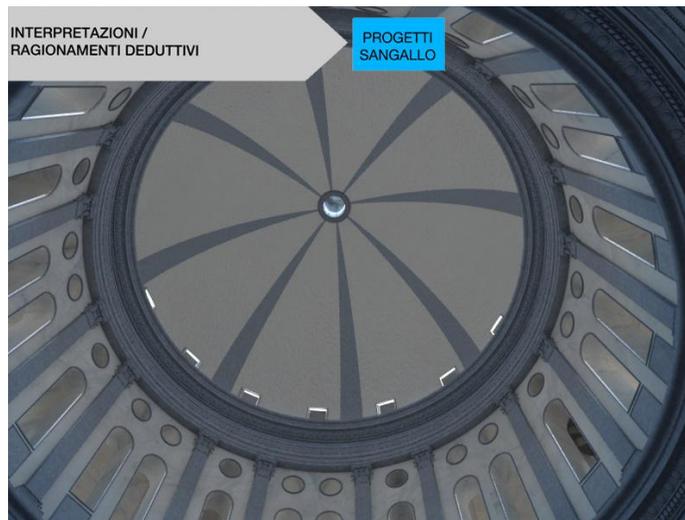
È stata poi studiata la cupola realizzata dallo stesso Sangallo per Santa Maria delle Carceri, celata all'esterno da un alto tamburo circolare su cui si innesta una copertura con forma a tronco di cono rivestita in tegole; la parte di cupola all'interno è suddivisa a spicchi da nervature evidenziate da un'alternanza bicromatica.

In un primo momento si è deciso di modellare l'esterno della cupola come un unico volume, generato tramite la rotazione di un angolo giro del profilo ricavato dalla sezione. In questa fase sono state realizzate prove di render applicando sulla superficie esterna un mappatura in marmo chiaro, come raffigurato nella Città

Ideale.

Successivamente, dovendo pensare a come sarebbe stato costruito questo elemento strutturale ed architettonico, si sono presi come riferimento gli esempi che si sono illustrati all'inizio di questo capitolo.

Un'ipotesi è quella che vede la cupola costruita secondo le tecniche utilizzate per la realizzazione di quella di Santa Maria del Fiore, che trae spunto dal grande esempio del Pantheon. Seguendo il progetto del Brunelleschi, per la modellazione si è operato con la creazione di otto spicchi, organizzati su due calotte; in questo modo la struttura risulterebbe alleggerita



dallo spazio vuoto lasciato come intercapedine (che non si potrebbe escludere come eventuale collegamento per raggiungere la lanterna).

Il terzo livello costituisce il tamburo d'imposta, sistema di cerchiatura che garantisce un'efficace stabilità per la cupola.

Si è deciso di applicare alla copertura esterna lastre di piombo, come vediamo nel Pantheon e nella nuova Basilica di San Pietro; per l'interno si è scelto di alternare una stuccatura in colore grigio con una predominante in colore chiaro, in armonia con i colori utilizzati per il resto del modello che trae ispirazione dall'interno della cupola di Santa Maria delle Carceri.



In basso, a sinistra-cupola modellata seguendo per l'entradosso Santa Maria delle Carceri, a destra la copertura dell'entradosso è rivestita in lastre di piombo come nel Pantheon

Una seconda ipotesi, forse più in linea con il *modus operandi* che il Sangallo applicò nei progetti realizzati, è quella di escludere la costruzione della cupola emisferica con un doppio guscio, perché l'architetto nelle sue opere non utilizzò mai questa tecnica.

Il progetto operativo avrebbe potuto prevedere la costruzione dell'armatura e delle centine, l'esecuzione della volta sull'armatura, il disarmo e le finiture da eseguirsi a seguito del disarmo.

In questo caso, sarebbe stata necessaria la costruzione di una struttura lignea provvisoria, questa armatura doveva essere in grado di sostenere la struttura prima che la volta fosse definitivamente completata e che la malta avesse fatto presa e, inoltre, doveva creare una superficie curva avente la forma dell'intradosso che avrebbe dovuto fungere da guida per la posa dei conci. La volta e la muratura sarebbero stati uniti con gesso o con malte di calce.

I filari di mattoni sarebbero stati disposti secondo i paralleli dell'intradosso, ultimata la posa, si sarebbe proceduto immediatamente alla colata con malta di gesso e sabbia oppure con malta di calce.

Al di sopra sarebbe stato collocato il materiale di

riempimento che poteva essere costituito da pietrisco grossolano o ghiaia e che si opponeva alle deformazioni flessionali della volta stessa, andando tuttavia ad incrementare il carico su di essa.

L'Alberti consigliava di non togliere le armature fino a che non fosse trascorso un intero inverno, in quanto l'umidità e le piogge avrebbero potuto causare danni alla struttura. Era necessario disarmare in maniera progressiva, abbassando la centina di una certa quantità e facendo trascorrere un po' di tempo per consentire l'assestamento della struttura.

Un'alternativa poteva essere costituita dall'utilizzo di cannicciato per la costruzione dell'intradosso, con finitura interna in stucco, la struttura si sarebbe presentata molto leggera, come un controsoffitto; attorno alla lanterna sarebbe stata costruita una cerchiatura e la copertura avrebbe previsto l'impiego di travi lignee con copertura in tegole o lastre di piombo.

La sezione del Sangallo mostra però la presenza di un tiburio a copertura della struttura emisferica della cupola che non si sarebbe mai presentata con estradosso

sferico. L'assenza del doppio guscio, largamente utilizzato in epoca rinascimentale, permetterebbe solo l'accesso alla lanterna tramite scalette metalliche poste all'esterno.

Il tiburio aveva anche una funzione stabilizzante perché a livello locale portava ad una riduzione della spinta della cupola nella fascia d'imposta.

Non potendo sapere con certezza quale fosse l'intenzione dell'architetto ci si limita a proporre le soluzioni che avrebbero permesso la realizzazione della cupola.

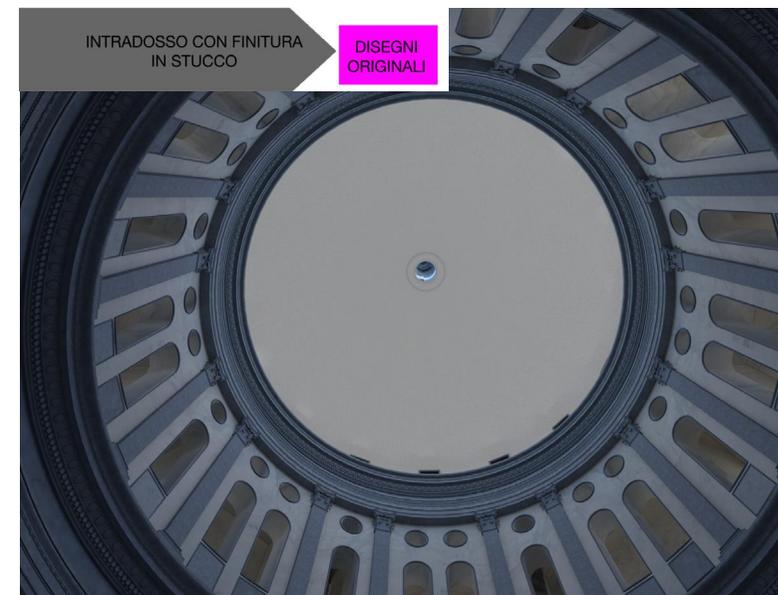
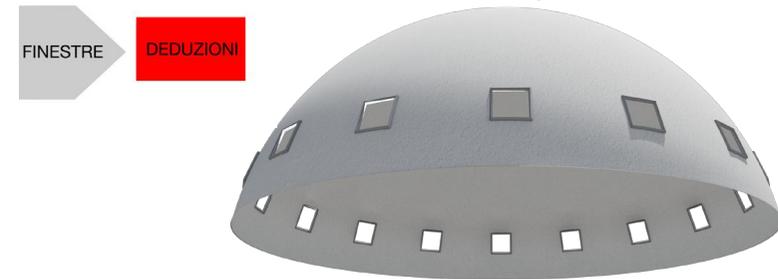
Opzione 1: cupola costituita da otto spicchi, con costoloni strutturali (evidenziati in grigio); doppia volta con intercapedine, di cui l'interna con funzione strutturale essendo autoportante e quella esterna solo di copertura.

Opzione 2: cupola modellata con intradosso unico da realizzarsi in laterizio o canniciato con finitura in intonaco chiaro ed estradosso realizzato con travi lignee e tavolato coperto con tegole o lastre di piombo.

Non si può poi escludere che, se il Sangallo avesse deciso di giocare su più cromie, magari avrebbe pensato ad una cupola affrescata con raffigurazioni religiose. Come sempre, anche in questo caso, si è

optato per una soluzione neutra e coerente con le tecniche costruttive.

In accordo con la prof.ssa Frommel si propone un modello con intradosso con finitura in intonaco chiaro ed estradosso rivestito in lamine di piombo.



A destra
Modello
dell'estra-
dosso e
dell'intra-
dosso





CAPITOLO 6

ANALISI

DELL'ILLUMINAMENTO CON
LUCE NATURALE

6. Analisi dell'illuminamento con luce naturale

In questo capitolo verranno esposte e discusse le analisi illuminotecniche che si sono condotte, ci si è occupati, infatti, di osservare il comportamento della luce solare all'interno del mausoleo.

Siamo di fronte ad un progetto per un mausoleo rinascimentale, quindi non possiamo fare riferimento alle attuali normative illuminotecniche per edifici religiosi; si sono fatte quindi considerazioni basate su confronto di dati calcolati su varianti apportate al modello.

Lo scopo di questo studio è stato quello di capire se il progetto iniziale del Sangallo avesse già contemplato gli aspetti di illuminazione naturale. Grazie ai dati forniti dal programma si è verificato che l'ambiente sarebbe stato molto buio.

Si sono comparati i valori numerici rilevati sul primo modello realizzato, che seguiva perfettamente il disegno del Sangallo con quelli ottenuti dalla proposta progettuale che interpreta il disegno dell'architetto in modo leggermente differente.

D'altro canto non possiamo stabilire con certezza, per lo meno nel caso delle nicchie al secondo livello, se fossero cieche e ornamentali, come in cappella

Gondi, o aperte; dalla sezione, infatti, si nota solamente un disegno della forma. L'ipotesi formulata non è quindi opinabile perché la presenza di matronei in edifici religiosi era comunemente diffusa e creare aperture al solo scopo di illuminare corridoi di servizio non sarebbe stata una scelta del tutto funzionale.

Sicuramente l'utilizzo del matroneo non è un elemento dominante nell'architettura rinascimentale che, piuttosto, vede come protagonisti l'uso della lanterna, la ripresa degli ordini classici e la ricerca di articolazioni ortogonali e simmetriche.

Per questo motivo, nei capitoli precedenti, l'interpretazione che viene fornita della parte interna del secondo ordine trova collocazione, nella scala a falsi colori di attendibilità, nella categoria riservata a "interpretazioni / ragionamenti deduttivi".

In questo capitolo verranno illustrate le varie ipotesi prese in esame e il modello finale vedrà l'eliminazione delle nicchie cieche al secondo ordine; è da tenere sempre presente che non vi è certezza su questa scelta stilistica, proprio per l'assenza di informazioni provenienti dal disegno della sezione. Quindi si opta in accordo con la prof.ssa Frommel per un affaccio del

secondo livello all'interno della rotonda a seguito di analisi tecniche, ma lasciamo spazio all'interpretazione che vede l'utilizzo di nicchie cieche con decoro a conchiglia.

6.1 Illuminazione con luce solare

Il rapporto fra il flusso luminoso che penetra all'interno dell'ambiente ed il flusso incidente sulla superficie esterna del vetro definisce l'efficienza dell'apertura. Essa è legata essenzialmente all'efficienza del vetro, e quindi alla sua trasparenza, nel caso del Mausoleo si sono progettate aperture dotate di vetri singoli, quindi non doppi e nemmeno di grande spessore, rifacendosi ai vetri utilizzati nel '500.

Senza soffermarsi sui dati indicati dalla norma UNI-EN12464, in un ambiente interno l'illuminazione deve garantire l'espletamento dei compiti visivi volti a realizzare condizioni di comfort visuale, ossia condizioni mentali di soddisfazione espresse nei riguardi dell'ambiente visivo. Tali requisiti sono soddisfatti se tutti gli elementi interni possono essere distinti chiaramente senza difficoltà ed i compiti svolti senza sforzo.

6.1.1 Strumento del software utilizzato per l'analisi illuminotecnica

Attraverso lo strumento Lighting Analysis Assistant del software 3ds max design di Autodesk si sono condotte analisi illuminotecniche andando a considerare due grandezze fotometriche: luminanza e illuminamento.

Il pannello Lighting Analysis Assistant costituisce un supporto per l'utente che consente di realizzare un'analisi illuminotecnica completa; è composto da 4 sezioni: general, lighting, materials e analysis output.

Nel pannello "General" è posizionata una scala graduata in falsi colori dal blu al rosso e i campi di valori minimo e massimo in lux, per determinare il range di analisi, in base ai dati della condizione luminosa.

Nella sezione "Lighting", vengono analizzate le fonti luminose presenti in scena, sia naturali, come sole e cielo fisico, che artificiali.

Le analisi condotte sul mausoleo vedono come uniche fonti di illuminazione presenti all'interno della scena il sole, pertanto è stato utilizzato un sistema di luce diurna che contiene al suo interno due fonti luminose, il sole ed il cielo.

Nella fase di orientamento del sistema solare, si è indicata la posizione geografica, la data, settata al 1583, l'anno più remoto che il software permette di inserire, e l'ora, impostata sulle 13.00.

Nella sezione "Materials", vengono indicati quali materiali non sono conformi all'analisi illuminotecnica.

L'ultima sezione di "Analysis Output", racchiude impostazioni ed informazioni utili per generare il materiale di output per un'analisi quantitativa di una determinata condizione luminosa.

Si può creare un piano posizionato a qualunque quota, sul quale vengono calcolati e riportati i valori numerici di illuminamento, oppure si possono calcolare questi valori nelle tre direzioni su tutta la vista, ottenendo immagini a falsi colori con i dati sovrascritti.

Questi dati ottenuti sono esportabili in excel se si volessero effettuare analisi numeriche più approfondite.

6.1.2 Illuminamento e Luminanza all'interno del mausoleo

La luminanza è una grandezza che dipende dal punto di vista dell'osservatore, al contrario, l'illuminamento è indipendente dalla posizione dell'osservatore.

L'unità di misura della luminanza è la cd/m^2 , detta nit, o il suo multiplo cd/cm^2 .

L'illuminamento ha come unità di misura il lumen/ m^2 che viene detta lux (lx).

Prima di osservare i dati forniti dalle analisi illuminotecniche forniamo i dati che il sole emette in una giornata di sole estiva (condizione in cui sono state svolte le analisi) e in una giornata di cielo coperto:

giornata di sole : 10^4 lux

giornata con cielo coperto: 20^3 lux

Si è calcolato l'illuminamento in tre ipotesi progettuali e si mostrano di seguito i risultati grafici ottenuti.

Sicuramente i dati che si sono ottenuti vanno a confermare la tesi che il monumento in oggetto dovesse essere destinato ad un mausoleo, infatti, nonostante siano state date due interpretazioni differenti al fine di immettere più luce solare all'interno dell'edificio, si ottengono comunque valori di luminanza e illuminamento piuttosto bassi.

Si può notare un decisivo incremento di illuminamento e luminanza nel caso di apertura di finestrelle nella

cupola e delle nicchie, i valori sarebbero stati soddisfacenti per un visitatore che si fosse recato nel monumento ai fini di meditazione e preghiera.

È stata fatta una valutazione che riguarda unicamente l'ingresso della luce solare, differenti sarebbero i risultati se si decidesse di studiare un sistema di illuminazione artificiale per illuminare le cappelle, l'altare e la cupola.

6.2 Modifiche al modello e valutazione dei cambiamenti di ingresso della luce naturale

La prima ricostruzione del mausoleo vedeva aperture:

- al primo ordine nelle parti di facciata non interessate dalle cappelle, e due finestre sulle pareti laterali dell'avancorpo ospitante il sarcofago;
- al secondo e al terzo ordine finestrelle su tutta la porzione perimetrale; queste, però, seguendo fedelmente lo schizzo del Sangallo, avrebbero illuminato solamente i corridoi interni che corrono lungo la rotonda.

In seguito, per sopperire alla quasi assenza di

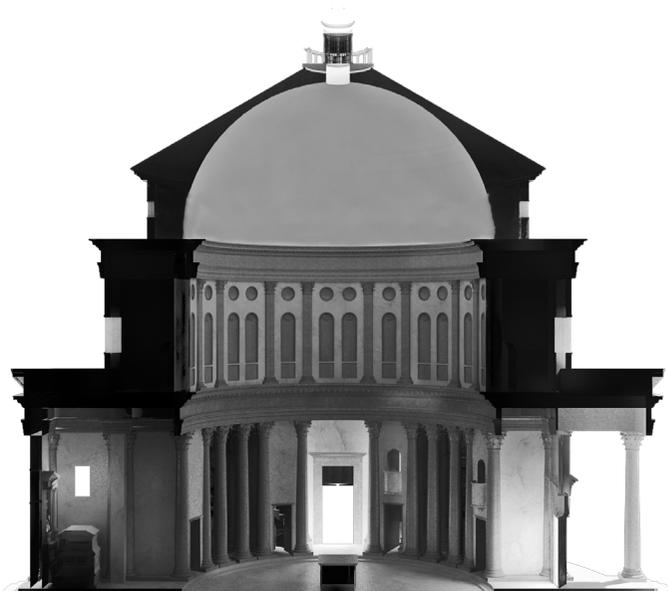
luce, si sono ricavate aperture all'interno della cupola, in modo che la luce naturale passante dalle finestrelle del terzo ordine potesse diffondersi anche all'interno della cupola.

Il secondo ordine nella parte interna, presenta invece nicchie cieche decorate, motivo che il Sangallo aveva già proposto nella cappella Gondi all'interno di Santa Maria Novella, a questo livello dunque non si ha nessuna fonte di illuminazione naturale che filtri dalle finestre verso l'interno del monumento.

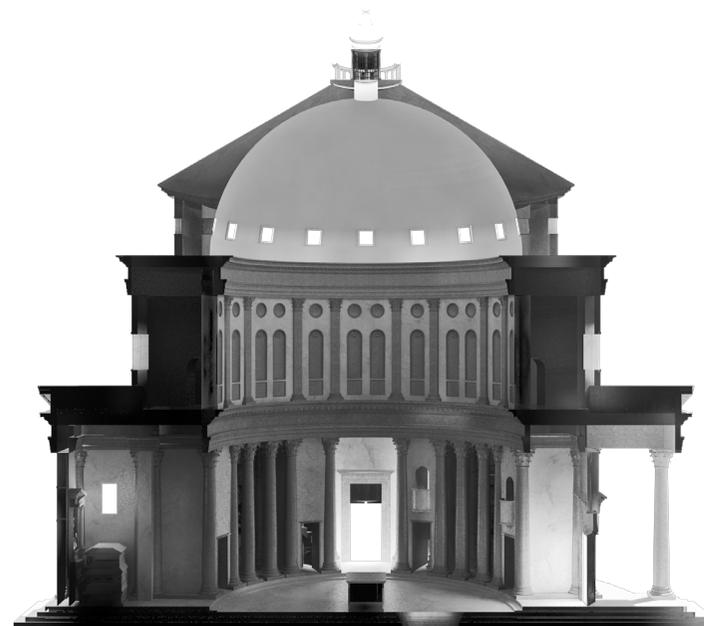
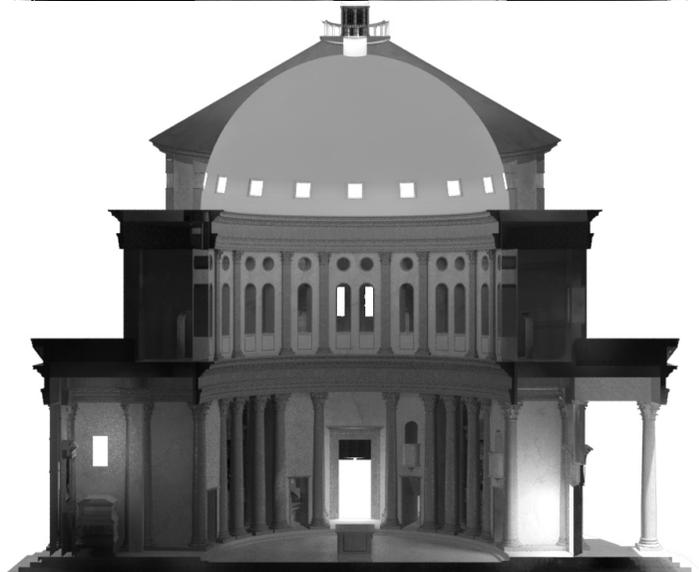
Da questi elementi, inizialmente pensati solo come arricchimento del decoro architettonico, si sono ricavate aperture; queste vanno a creare una sorta di matroneo al secondo ordine, dando alla luce la possibilità di filtrare dall'esterno verso l'interno della rotonda, dissolvendosi però attraverso le spesse pareti ed il corridoio. Questo intervento, ha permesso di portare all'interno del mausoleo una maggior quantità di luce naturale.

Si nota quindi, che nelle stesse condizioni atmosferiche, la rotonda viene maggiormente illuminata da una luce diffusa nel caso in cui si applichi questa modifica. È stata effettuata un'ulteriore prova per verificare se

A sinistra, in alto, sezione del modello iniziale, fedele al disegno con cupola cieca, in basso sezione prospettica del modello con cupola finestrata e apertura delle nicchie al secondo livello



A destra, sezione prospettica del modello con cupola finestrata e nicchie cieche



potesse esistere una soluzione che portasse un'ulteriore quantità di luce diffusa all'interno del monumento. Si è provveduto a proiettare radialmente sull'esterno la posizione delle nicchie per realizzare le aperture del secondo ordine; si ottiene una soluzione però poco convincente dal punto di vista architettonico e compositivo.

Inoltre, tenendo in considerazione gli spunti pittorici della "Consegna delle chiavi" e della "Città ideale", questa ultima soluzione propone dei fronti caratterizzati da forte squilibrio e in antitesi con i canoni estetici dell'epoca.

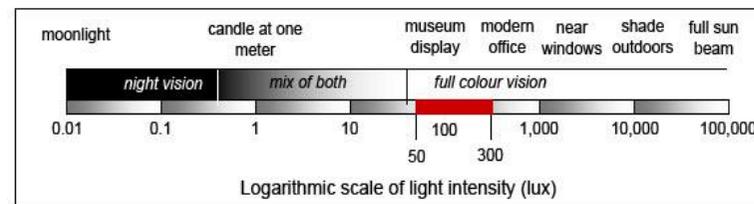


6.2.1 Analisi dei dati di luminanza ed illuminamento calcolati dal software

Non potendo confrontare i dati illuminotecnici rilevati in un edificio rinascimentale con la normativa attuale, per avere un parametro sul quale valutare i dati ottenuti, si sono confrontati i valori con una scala che indica quanta luce naturale si ha all'interno di ambienti e situazioni che conosciamo.

Si sono valutati i dati in base al range della luce

presente all'interno di un museo che è compreso tra 50 e 300 lux.



Luminanza ed illuminamento sono stati calcolati all'interno del mausoleo in tre condizioni:

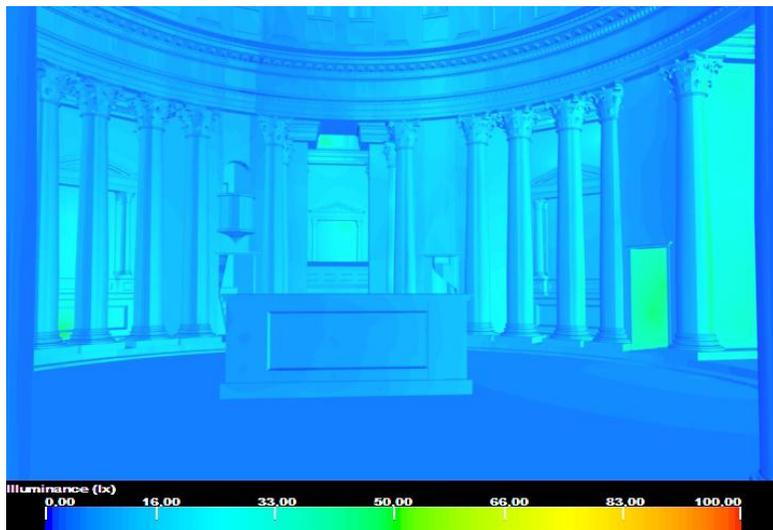
- Proposta progettuale fedele al disegno del Sangallo, con luce naturale entrante nella rotonda centrale solamente dalla lanterna; le finestre al piano terra non sono cieche solo in corrispondenza dei vani scala e delle pareti laterali dell'avancorpo che ospita il sarcofago. Le aperture del secondo e terzo livello, illuminano i corridoi che corrono lungo la rotonda ma non hanno affaccio all'interno.

L'immagine a falsi colori mostra che il maggior valore registrato in un punto di luminanza in queste condizioni è di $8,83 \text{ cd/m}^2$ e di illuminamento è di 52,2 lux.

A sinistra, modello con modifica del prospetto: aggiunta di finestre affiancate ad intercolumnni alternati

A destra, scala logaritmica della luce naturale che illumina gli ambienti

A sinistra, in alto, immagini a falsi colori con scala colorimetrica; in basso, calcolo puntuale dell'illuminamento [caso a]



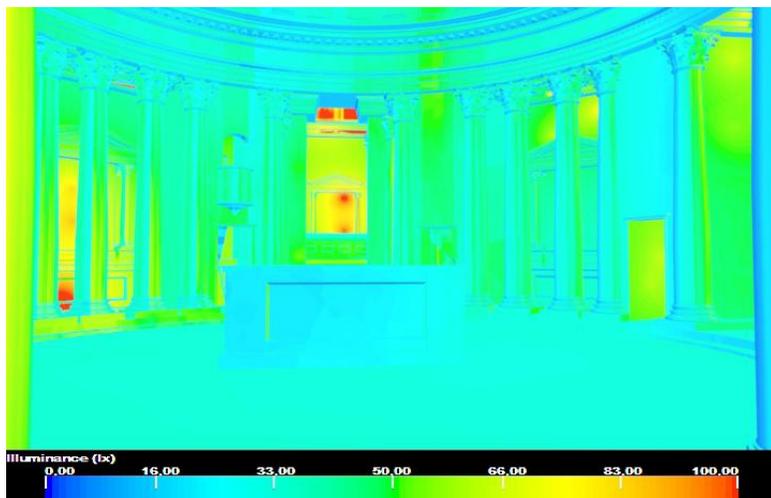
A destra, immagine a falsi colori con calcolo puntuale della luminanza [caso a]



b1) Per sopperire alla quasi assenza di luce, si sono ricavate aperture all'interno della cupola, in modo che la luce naturale passante dalle finestrelle del terzo ordine potesse diffondersi anche all'interno della cupola.

Al secondo ordine sono state mantenute le nicchie cieche come elementi puramente decorativi.

In queste condizioni si sono rilevati un valore di luminanza di 12,6 cd/m² ed un valore massimo di illuminamento di 74,6 lux.



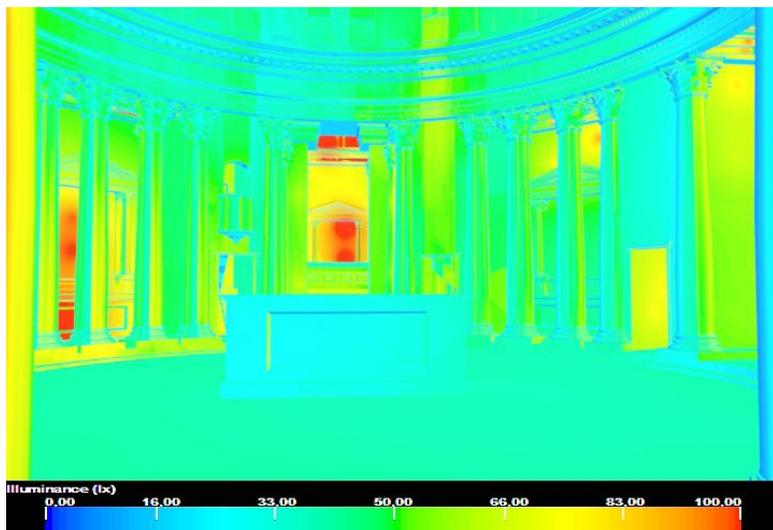
A sinistra, immagini a falsi colori con scala colorimetrica; in basso, calcolo puntuale dell'illuminamento; [caso b1]

A destra, immagine a falsi colori con calcolo puntuale della luminanza; [caso b1]

b2) Da questi elementi, inizialmente pensati solo come arricchimento del decoro architettonico, si sono ricavate aperture che vanno a creare una sorta di matroneo al secondo ordine, dando alla luce la possibilità di filtrare dall'esterno verso l'interno della rotonda dissolvendosi attraverso le spesse pareti ed il corridoio.

Questo intervento, ha permesso di portare all'interno del mausoleo una maggior quantità di luce naturale. Si nota quindi, che nelle stesse condizioni atmosferiche, la rotonda viene maggiormente illuminata da una luce diffusa.

A sinistra, in alto, immagini a falsi colori con scala colorimetrica; in basso, calcolo puntuale dell'illuminamento [caso b2]



A destra, immagine a falsi colori con calcolo puntuale della luminanza [caso b2]



I dati numerici, ci mostrano una luminanza ha un valore massimo di 15,1 cd/m^2 ed un illuminamento massimo di 89,5 lx.

c) È stata effettuata un'ulteriore prova per verificare se potesse esistere una soluzione che portasse un'ulteriore quantità di luce diffusa all'interno del monumento. Si è provveduto a proiettare radialmente sull'esterno la posizione delle nicchie per realizzare le aperture del secondo ordine.

Si ottiene una soluzione poco convincente dal punto

di vista architettonico e compositivo.

Inoltre, tenendo in considerazione gli spunti pittorici della “Consegna delle chiavi” e della “Città ideale”, questa ultima soluzione propone dei fronti caratterizzati da forte squilibrio e in antitesi con i canoni estetici dell’epoca. Questa soluzione non è stata portata avanti perché assolutamente poco convincente e coerente con il metodo di confronto delle fonti sviluppato durante tutto il lavoro.

Confrontando i valori con quelli riportati sulla scala di Daylight che viene mostrata ad inizio paragrafo, si può notare come i valori ottenuti rientrino all’interno del range di un ambiente museale (50-300 lux).

Utilizzando lo strumento del programma che rileva puntualmente i valori di illuminamento su una superficie attraverso la costruzione di una griglia, è stato possibile rilevare i valori di luce solare in lux che investono la superficie pavimentale e la zona dove è posizionato il sarcofago.

Evidentemente i raggi solari che maggiormente colpiscono la pavimentazione provengono dalla lanterna e dalla cupola, rafforzati dalla luce diffusa che proviene dal ballatoio creato al secondo ordine.

Nel caso in cui le nicchie siano mantenute cieche si hanno punti quasi totalmente buii ed altri che raggiungono maggior illuminamento con un massimo di 333 lux sul bordo di un gradino, evidentemente colpito da un raggio di sole diretto.

Con l’apertura delle nicchie si ottiene un valore massimo di illuminamento sulla superficie pavimentale di 429 lux.

Il valore che il programma registra come valore di illuminamento massimo è inerente quasi sempre a punti che sono investiti direttamente dal raggio solare, in questo caso proveniente dalla lanterna.



A destra, immagine con calcolo puntuale dell’illuminamento sulla pavimentazione nel caso in cui le nicchie siano cieche

A sinistra, immagine con calcolo puntuale dell'illuminamento nella nicchia in cui le aperture sono aperte

È opportuno osservare i valori colorati riportati sulla superficie e calcolarne una media. Nell'immagine a sinistra vi sono molti punti in cui l'illuminamento registrato è pari a zero, il più alto ad eccezione di 333 lx è di 72,2 lx.

Le analisi condotte hanno permesso di notare come l'area più illuminata del mausoleo non sia l'altare bensì la nicchia che ospita il sarcofago. Grazie alla due aperture sulle pareti laterali dell'avancorpo il sarcofago viene illuminato da una luce molto intensa rispetto alle altre parti del monumento con un massimo valore di 990 lux alle ore 13.00, in momenti della giornata in



cui i raggi sono diretti sui vetri l'illuminamento raggiungerà anche valori più elevati.

Questa verifica rafforza la tesi che l'avancorpo potesse effettivamente essere un luogo destinato a catturare subito la vista del visitatore, dunque il luogo più adatto ad ospitare il Papa al quale il monumento è dedicato.

Il valore massimo rilevato dal calcolatore di 990 lux corrisponde ad un punto sul vetro, quindi non del tutto veritiero; andando a leggere i valori presenti sul sarcofago si ha una media poco superiore a 100 lux, perfettamente rientrante nei valori osservati dalla scala di daylight.





CAPITOLO 7

MUSEALIZZAZIONE E
PROPOSTE DI UTILIZZO DEL
MODELLO ALL'INTERNO DI
MUSEI E SPAZI URBANI

7. Progetto di musealizzazione

Il progetto di musealizzazione in generale, intende essere innovativo e all'avanguardia, grazie all'utilizzo di strumenti che migliorino la fruizione e la percezione del dato archeologico e del contesto storico ad esso connesso.

Data l'importanza della comunicazione per la trasmissione della cultura, negli ultimi anni è stato grande lo sviluppo di nuove tecnologie in grado di fornire un notevole aiuto alla divulgazione scientifica, in particolare modo, di quelle che si basano sull'immagine e che sarebbero perciò particolarmente adatte alla natura visiva degli oggetti da esporre.

Il tentativo è quello di far uscire il museo dalla sua vecchia forma immobile e di far parlare le opere.

Il processo di ricostruzione dell'inesistente ha portato alla costruzione di un modello perfettamente spendibile come materiale per la musealizzazione e la creazione di un teatro virtuale.

7.1 Proposte di utilizzo del modello del Mausoleo all'interno di musei e spazi urbani

Il modello tridimensionale che si è ottenuto è il risultato di attente analisi ricostruttive che partono da fonti storiche attendibili ed il continuo confronto con la massima studiosa del Sangallo, la prof.ssa Sabine Frommel.

A seguito della ricostruzione della geometria si è cercato di lavorare sui materiali con il fine di creare un effetto visivo il più possibile realistico.

Anche se i toni cromatici sono stati mantenuti su due cromie bianco e grigio, per non inventare ciò che non si poteva evincere dalle fonti, si è giocato soprattutto sulla differenziazione del disegno del materiale, per creare lievi diversificazioni.

Ottenuto il modello mappato, è diventato interessante concepire il ruolo culturale che può avere questa ricostruzione, come potrebbe essere quello di qualunque altro modello digitale ottenuto dal patrimonio architettonico esistente.

Ho voluto ipotizzare dove e come utilizzare questa ricostruzione, la prima cosa a cui ho pensato è stata

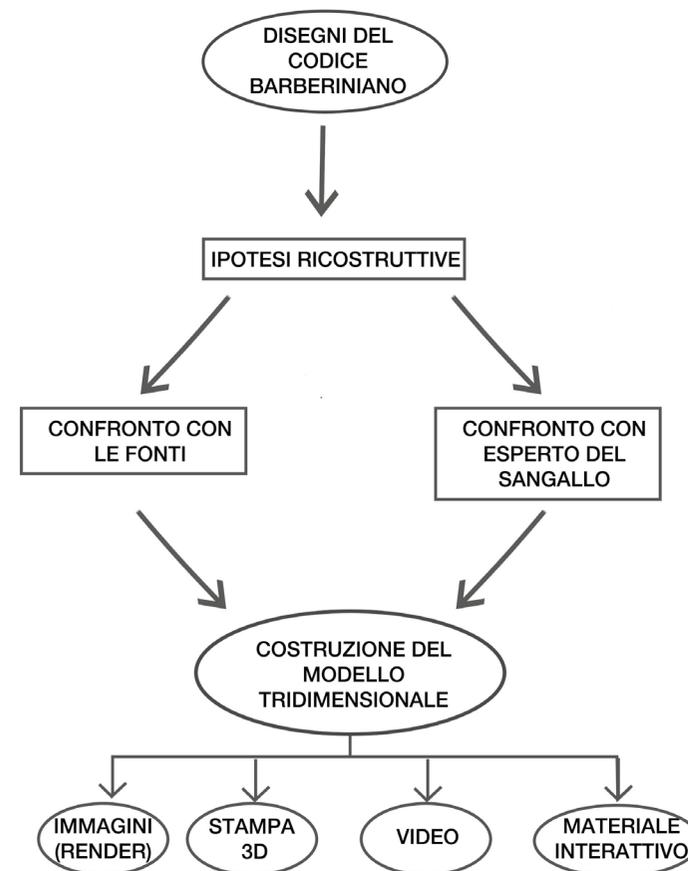
la proiezione luminosa su pareti, da poter realizzare in uno spazio pubblico, nel mio caso realizzerei questa proiezione a Roma, magari in uno spazio metropolitano in prossimità di San Pietro in Vaticano.

Il fruitore dello spazio pubblico potrebbe semplicemente attraversare questo ambiente proiettato, calandosi in una realtà virtuale, assorbendo inconsapevolmente una parte di storia, in questo caso assimilerebbe un estratto di architettura rinascimentale.

Un'altra strada percorribile sarebbe quella di utilizzare sale museali in cui creare un teatro virtuale, una scena di fondo ad una mostra di dipinti o di opere scultoree.

La scenografia non necessariamente ruberebbe la scena alle opere ma si integrerebbe andando a creare una realtà totalmente immersiva per il visitatore.

Oltre a queste proposte di impiego del modello è stata comunque realizzata una vista sferica, attraverso la realizzazione di sei render perfettamente sovrapposti, questa immagine, posta all'interno di un comune smartphone ed elaborata con un'applicazione, può essere vista all'interno di un visore. Il fruitore avrà la possibilità di immergersi in una vista dell'edificio a



A destra, diagramma riferito allo sviluppo del progetto trattato e proposte di utilizzo del modello tridimensionale

A destra, il diagramma esemplifica le funzioni che ha la realtà virtuale ed i mezzi che attualmente sono più in uso per la comunicazione delle informazioni

trecentosessanta gradi.

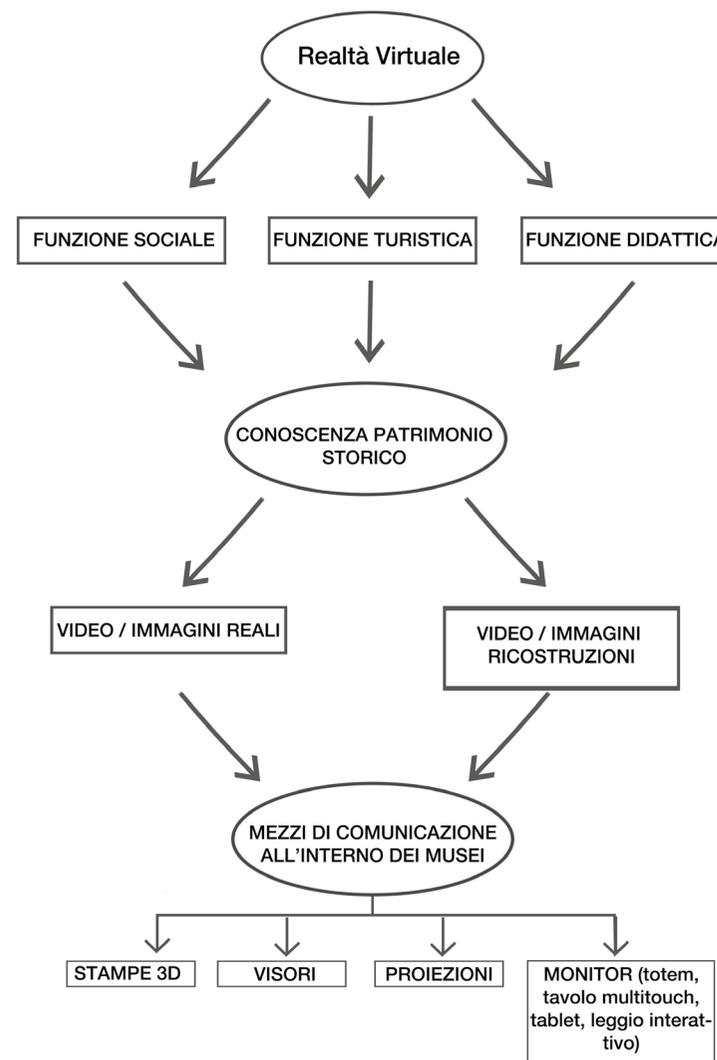
Questa applicazione è molto interessante se integrata con un modello modificato attraverso un apposito software che lo rende interattivo, in questo modo il visitatore non si limiterà ad ottenere solamente informazioni grafiche in modo passivo ma potrà richiedere al modello informazioni specifiche riguardanti gli elementi, in atteggiamento dinamico ed attivo con l'oggetto.

7.1.1 Funzioni dell'impiego delle nuove tecnologie in campo museale

La maggior parte dei mezzi di comunicazione visiva, producono e trasmettono immagini fruibili principalmente da un punto predefinito, che privilegia la visione frontale ad asse centrale e costringe l'osservatore ad un atteggiamento passivo e subordinato.

La realtà virtuale permette il superamento della dimensione prospettica rinascimentale, fondata sulla costruzione del punto di vista, mediante l'immersione totale in una rappresentazione poli-sensoriale, percepibile a trecentosettanta gradi.

Un tema fondamentale che deve riguardare



l'architettura storica e l'archeologia ai nostri giorni è sicuramente il tema della comunicazione dal punto di vista museologico e museografico.

Il teatro virtuale non sarà mai alternativo alla visita in situ, ma può sicuramente aumentare la comprensione del tema da parte del visitatore.

Ci sono vari aspetti che suscitano il mio interesse nell'approfondire la tematica della realizzazione di video ed immagini tridimensionali di edifici storici o siti di importanza culturale.

Dal punto di vista sociale, credo sia interessante e di grande utilità la possibilità di digitalizzare il nostro patrimonio storico per renderlo di facile fruizione e reperibilità.

Inoltre, le risorse tecnologiche che abbiamo attualmente a disposizione, possono permettere di abbattere qualunque barriera architettonica, infatti, comodamente seduti all'interno di un museo, è possibile entrare in una realtà immersiva che faccia vivere virtualmente il luogo in oggetto o il monumento.

Una persona con disabilità motorie, ha dunque la possibilità di vedere a 360°, percorrere e fare memoria di qualunque luogo siamo in grado di rilevare e

digitalizzare o ricostruire.

A mio parere chi non ha la possibilità di viaggiare e di muoversi fisicamente, ma ha grande curiosità ed interesse per la cultura e la scoperta, risponderà con grande entusiasmo alla visione delle opere rese accessibili attraverso riproduzioni virtuali tridimensionali. Certo in molti possono obiettare ritenendo che la realtà immersiva non sarà mai come vivere il luogo in modo reale. Negli anni si lavorerà per ottenere buoni risultati, organizzare un lavoro multidisciplinare e fare comunicare tra loro, in modo efficace, saperi scientifici ed umanistici, per rendere il risultato sempre più vicino alla realtà e scaturire in ogni spettatore lo stupore davanti alla bellezza architettonica, artistica e archeologica.

Dal punto di vista più strettamente commerciale, legato al turismo, trovo interessante lo sviluppo del tema di teatro virtuale per mostrare, all'interno di musei di città, che accolgono grandi flussi di pubblico, parte delle bellezze del patrimonio storico che risiedono nel territorio limitrofo.

Molto spesso, infatti, il turista si trova a visitare le città più famose ed i suoi più rinomati monumenti, opere e

palazzi, ma quasi sicuramente il territorio provinciale e regionale cela bellezze artistiche ed architettoniche che meriterebbero anch'esse una visita.

Magari un piccolo assaggio di questi siti, attraverso realtà immersiva, scaturirà nel turista la curiosità di ispezionare e visitare quei luoghi più scomodi da raggiungere o meno conosciuti, ma non per questo meno interessanti o degni di nota.

7.2 Realizzazione di un modello digitale impiegabile nella musealizzazione

La modellazione del Mausoleo tridimensionale, è stata realizzata tenendo in considerazione alcuni aspetti che permettessero di ottenere un oggetto che non fosse solamente adatto ad una visualizzazione tramite rendering ma che potesse permettere una stampa fisica in tre dimensioni e lo sviluppo futuro di materiale multimediale.

I mezzi di comunicazione che possono essere impiegati all'interno dei musei regalano un nuovo approccio alla fruizione museale, da un lato, la conservazione nel tempo del dato scientifico, dall'altro, la divulgazione e l'apprendimento del sito storico e delle sue fasi.

Attraverso appositi software, creati per lo più con il fine di programmare videogiochi, è possibile modificare il modello digitale in modo che non descriva solamente la realtà ma fornisca una realtà incrementata e dinamica con cui il fruitore possa interfacciarsi in un dialogo digitale volto all'approfondimento di nozioni specifiche o visualizzazione maggiormente dettagliata di alcune parti, nel caso si tratti come nel caso di questa tesi, di una architettura.

In generale i singoli oggetti sono costituiti da insiemi di poligoni, occorre poi definire colori, materiali ed infine disegnare digitalmente le texture, le immagini cioè che rivestono le geometrie dei modelli al fine ottenere un effetto fotorealistico.

Il fine deve essere quello di sensibilizzare ed educare il pubblico di diverse età e con background di conoscenze differenti, favorendo la leggibilità del materiale presentato, destando curiosità e stupore, affinché il fruitore mantenga l'esperienza nella memoria.

7.2.1 Stampa tridimensionale

La realizzazione di un modello tridimensionale spendibile nella stampa tridimensionale si rivelerebbe ancor

più utile nel caso di edifici esistenti di cui si vogliono riprodurre e conservare alcuni elementi architettonici danneggiati o andati perduti.

Sempre più in futuro i musei andranno verso un modello in cui l'originale e la copia ad alta precisione, ottenuta con la stampa 3D, e persino il suo modello digitale, avranno ruoli complementari.

L'additive manufacturing comprende diverse tecniche tramite cui un oggetto viene prodotto fisicamente a partire da un suo modello digitale tridimensionale, con la particolarità che tutte queste tecniche costruiscono l'oggetto fisico procedendo per strati successivi.

In estrema sintesi, un computer dotato di software specifici genera e ottimizza il modello digitale tridimensionale, lo "affetta" per strati di circa un decimo di millimetro con la stessa logica della scansione e produce un file da passare al dispositivo di stampa vero e proprio.

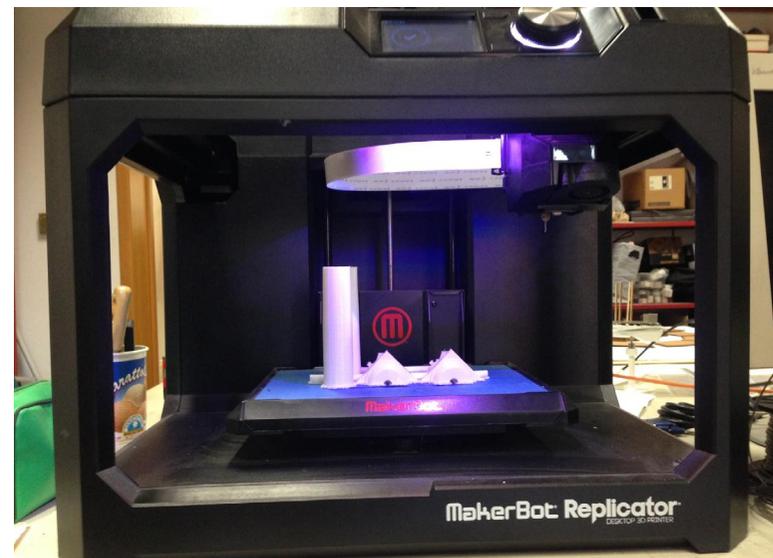
Le singole parti del Mausoleo sono state modellate come oggetti solidi chiusi in modo da non poter generare problemi in fase di stampa.

Questo accorgimento è necessario al fine di creare oggetti che per la visualizzazione a monitor sarebbero

corretti, ma in fase di stampa fisica potrebbero risultare estremamente fragili.

Un esempio concreto che riguarda il Mausoleo è stato la stampa della colonna, è necessario porre particolare attenzione al capitello, le cui foglie e volute, non devono essere troppo separate dal corpo centrale per evitare distacchi.

La prima stampa della colonna corinzia è stata realizzata dall'ing. Bacci attraverso stampa FDM: i singoli strati della colonna sono stati prodotti da una testina di stampa (estrusore) che deposita piccole gocce di materiale plastico fuso e si muove nel piano



A destra, stampante 3d utilizzata per la prova di stampa della colonna corinzia e del dettaglio del capitello

A sinistra, stampa con fabbricazione a fusione di filamento della colonna corinzia

A destra, corpo del modellino del mausoleo stampato con stampante a polvere

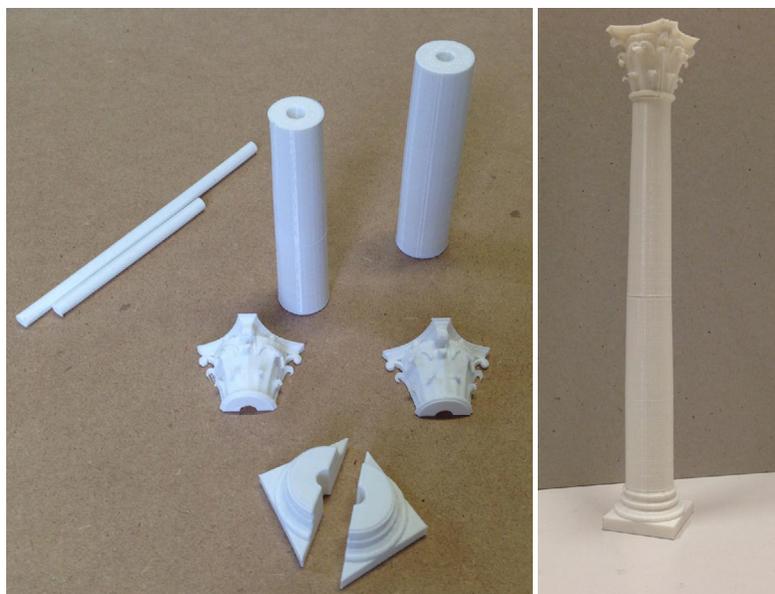
componendo, goccia dopo goccia, il profilo dello strato.

La colonna è stata suddivisa in più parti, stampate in scala 1:20 e poi assemblate.

La porzione più grande del Mausoleo è stata stampata in scala 1:100 utilizzando una stampante a polvere. Nella stampante a sinterizzazione utilizzata, il materiale di partenza è sotto forma di polvere: nell'area di stampa viene depositato uno strato di polvere e il contorno dello strato da stampare viene "disegnato" da un raggio laser. Le micro-particelle di polvere,

scaldate dal laser, si fondono e si uniscono fra loro creando lo strato in lavorazione; completato questo, si applica un nuovo strato di polvere e si realizza il successivo.

Dopo aver suddiviso in quattro porzioni verticali l'oggetto (essendo rotondo), sono stati stampati due livelli e le trabeazioni per un quartodi estensione orizzontale. La seconda fase ha interessato la stampa della cupola e della lanterna, molto delicata per la dimensione degli oggetti che la compongono.



7.2.2 Videomapping

Il videomapping è una grande proiezione a parete che può narrare storie e curiosità di un luogo.

Le video-proiezioni consentono di fare esperienza di realtà aumentata, attraverso proiezioni video su grandi superfici, capaci di mutare programmaticamente la connotazione architettonica delle stesse, rendendo partecipe il fruitore della rappresentazione di una figurazione virtuale in uno spazio reale.

Un utilizzo sicuramente possibile ed interessante all'interno di un contesto museale o di uno spazio metropolitano, è quello di proiettare il Mausoleo su pareti lignee lisce con l'ausilio di proiettori.

La condizione ottimale sarebbe la proiezione su una struttura rotonda, in modo da accentuare l'effetto di rotondità del mausoleo.

Per simulare l'effetto che si potrebbe ottenere, si è modellata una parete circolare, ipotizzata in legno, disposta con Photoshop all'interno di un contesto museale e, applicando dei filtri con il medesimo software, si è cercato di rendere l'effetto della proiezione di luce.

Le tecniche disponibili attualmente potrebbero

permettere anche l'animazione dell'immagine accompagnata da traccia audio, questo consentirebbe di proiettare le fasi di ricostruzione del mausoleo a partire dai soli disegni, facendo immergere lo spettatore nel processo costruttivo e guidandolo passo a passo verso il risultato finale.

L'utilizzo di proiezione su pareti risulta sicuramente meno alienante rispetto all'uso di visore e permette la possibilità di creare uno spazio attraversabile da flussi di persone che, anche involontariamente assimilano delle immagini e quindi dei dati culturali.

La ricostruzione del Mausoleo per papa Giulio II, mostrata come proiezione di luci, potrebbe trovare collocazione come installazione temporanea all'interno di mostre dedicate alle opere del Sangallo, oppure come performance all'interno di un contesto museale romano o dentro spazi metropolitani vicini al Vaticano, luogo dove sarebbe stato collocato il monumento funebre se realizzato.

A mio parere i risultati che archeologi e storici elaborano a seguito di ben più complesse analisi rispetto a quelle svolte in questa tesi, possono raggiungere le grandi masse in modo efficace ed incisivo, proprio

grazie al mezzo che viene scelto per la comunicazione, che si tratti di un contesto museale o urbano.

Più che mai nell'era digitale dove tutto corre e cambia velocemente, volente o nolente, è fondamentale dialogare in maniera dinamica ed interattiva con il fruitore dello spazio espositivo per catalizzare l'attenzione e l'interesse di qualunque target.

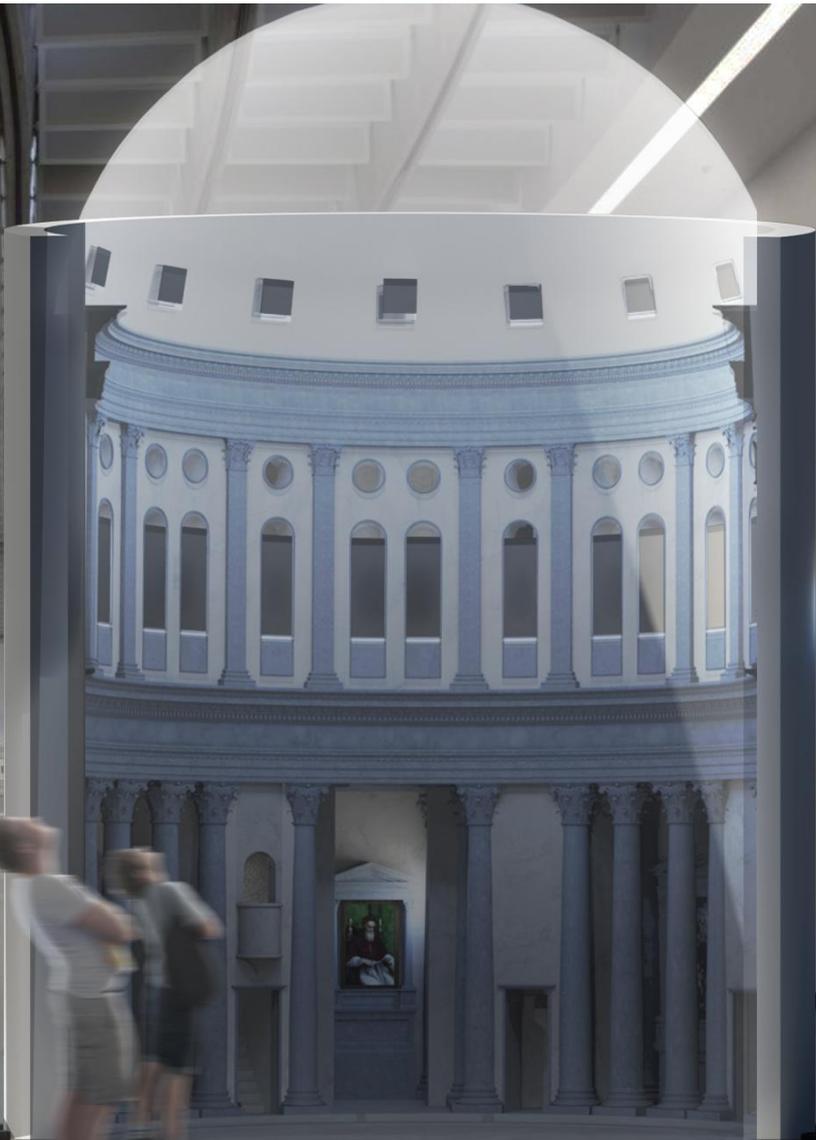
Prendiamo come esempio proprio il progetto di analisi e ricostruzione del modello digitale per il Mausoleo di papa Giulio II, ritengo che come argomento lo studio di ricostruzione andrebbe ad interessare un pubblico ristretto di storici ed appassionati di architettura rinascimentale. Una proiezione di questo tipo, magari animata e accompagnata da audio descrizione sarebbe accattivante e di facile accesso e comprensione per qualunque visitatore, rendendolo partecipe alla condivisione culturale in un ruolo di attore e spettatore della conoscenza.

Nella pagina a lato si mostra un'immagine che vuole essere una ricostruzione di un'ipotetica mostra sul Sangallo in cui vengono esposti anche i contenuti relativi alla ricostruzione del Mausoleo.

Sono stati posizionati dei totem con le immagini della

pianta e della sezione che hanno dato inizio al processo, sulle pareti sono state collocate le fonti pittoriche che hanno guidato la ricostruzione e da protagonista fa la parete interessata dalla video-proiezione.

SANGALLO EXPERIENCE



A lato,
immagine sfe-
rica utilizzabile
all'interno di
visori, tablet o
altri device

7.2.3 Foto sferica e utilizzo di visore

Per poter consentire la visualizzazione del modello del Mausoleo all'interno di un visore è stato necessario creare un'immagine sferica.

Il software di modellazione 3ds Max consente di eseguire il rendering di una serie di viste, utilizzate per costruire il panorama, nel caso specifico sono state realizzate 6 immagini.

Una volta ottenuta l'immagine sferica, questa è stata rielaborata, con un'applicazione di Google

disponibile per Android, direttamente all'interno di uno smartphone.

Il jpg. dopo essere stato aperto con l'applicazione è pronto per essere visualizzato all'interno del visore.

In questa fase è stata realizzata solo un'immagine statica al solo scopo di dare al fruitore la possibilità di vedere a 360° solamente l'aspetto grafico ed estetico dell'edificio ricostruito. Non è possibile quindi muoversi all'interno del modello o interagire con esso ma solamente osservare il monumento guardandolo da una posizione centrale a fianco all'altare.



7.2.4 Produzione del video

Sono stati realizzati dei video con lo stesso software di modellazione a scopo esplicativo del processo di composizione delle varie parti che compongono il modello.

Sono stati realizzati venticinque frame al secondo, il software realizza quindi venticinque render per ogni secondo di video, questo implica tempi di calcolo molto lunghi per la produzione di brevi filmati.

Sono stati realizzati tre brevi video, uno ricomponi il monumento dagli elementi esplosi, tecnica finalizzata a far meglio comprendere l'ordine compositivo, e la suddivisione in elementi del complesso architettonico. In un secondo tempo sono stati realizzati video in esterno e in interno per far percepire in generale l'organismo monumentale.

Tutti i video sono stati impostati con modello in ambient occlusion perchè l'introduzione dei materiali richiederebbe tempi troppo lunghi con l'utilizzo di normali calcolatori.

Esiste la possibilità di utilizzare altri software creati per la realizzazione di questo tipo di restituzione che lavorano in cloud o possono rendere il modello

interattivo.

7.3 Considerazioni sul futuro utilizzo del modello in ambito museale

La costruzione tridimensionale di questo modello suggerisce il suo possibile utilizzo all'interno di un adatto contesto espositivo, come già detto, in questa sede si sono presi in considerazione alcuni possibili sviluppi nel campo della presentazione e visualizzazione.

Alla base di qualunque volontà di esposizione e comunicazione vi è un modello ben realizzato e studiato, con questo oggetto di partenza, grazie all'ausilio di software e secondariamente di dispositivi differenti, si può sviluppare una moltitudine di proposte finalizzate alla comunicazione e alla divulgazione.

Le esperienze analizzate evidenziano le potenzialità contenute nelle trasformazioni offerte dai metodi interattivi di divulgazione e condivisione del patrimonio culturale.

8. Conclusioni

Il lavoro condotto durante l'elaborazione di questa tesi ha permesso di formulare un metodo di ricostruzione basato sulle fonti che si è rilevato soddisfacente a raggiungere gli scopi che si erano prefissati.

Il tema del Mausoleo per papa Giulio II rientra all'interno di un ampio lavoro che il Dipartimento sta conducendo in collaborazione con la Prof.ssa Frommel, massima studiosa del Sangallo attualmente. Inizialmente fu proprio la storica ad introdurci al *modus operandi* di Giuliano da Sangallo e a mostrarci quali fossero gli studi e le deduzioni da lei raggiunte fino a quel momento riguardo a due disegni presenti nel Codice Barberiniano che non hanno riscontri con edifici costruiti.

Il continuo confronto tra più ipotesi formulate sulla base dell'osservazione di altre fonti architettoniche di epoca romana e progettate dallo stesso Sangallo e le fonti pittoriche individuate e studiate dalla Frommel hanno permesso di ricostruire con consapevolezza un monumento mai esistito.

Superata la fase di analisi e ricostruzione bidimensionale, è divenuto interessante modellare in maniera

tridimensionale le varie parti del corpo di fabbrica, partendo dalla geometria dei muri perimetrali, sino a raggiungere i più piccoli dettagli architettonici.

Il processo di ricostruzione ha assunto la sua validità scientifica dal momento che ogni scelta di modellazione è accompagnata dalla sua storia generativa, mettendo in evidenza, attraverso l'utilizzo di falsi colori, il grado di attendibilità della ricostruzione e le parti che derivano da personali deduzioni.

Una volta presentato un modello tridimensionale esplicitante la natura geometrica delle sue componenti, è stato possibile condurre degli approfondimenti sui materiali con cui l'architetto avrebbe deciso di mostrare al mondo la sua opera. Anche in questo caso, dove si sia osato di interpretazione personale, è stato ben evidenziato, sempre con uso di falsi colori, durante la trattazione della tesi.

Si è deciso di indagare l'ingresso di luce naturale all'interno del monumento, questo è stato possibile attraverso l'utilizzo dello stesso software di modellazione che fornisce un computo numerico dei lux che colpiscono le superfici interne.

Il risultato sorprendente è stato scoprire la quasi

assenza di luce che avrebbe investito l'interno del mausoleo se il Sangallo non avesse modificato le aperture in corso d'opera, come spesso accadeva. Ma l'aspetto ancor più affascinante riguarda la luce che andrebbe a colpire il sarcofago, la parte quindi più importante del monumento, è da notare come la parte dell'avancorpo, di cui si scorge un'aggiunta a matita nel disegno, fosse la parte più investita dalla luce, al contrario di tutte le cappelle lasciate cieche; questo elemento ci ha dato la conferma che lì dovesse esserci posizionato qualcosa di importante, quindi il sarcofago.

Siamo di fronte ad un monumento molto buio, in cui lo spazio più illuminato si trova proprio alloggiato all'interno di un corpo che rompe la apparente simmetria dell'edificio, questi dati illuminotecnici hanno avvalorato la tesi della prof.ssa Frommel, che questi disegni fossero proprio il progetto che Sangallo presentò al Papa nel 1505 come proposta per il suo monumento sepolcrale.

Dopo aver ottenuto un modello soddisfacente nel suo complesso, è sorto spontaneo immaginarne il suo possibile impiego all'interno di un contesto museale

/ espositivo.

Si sono trattate alcune possibili applicazioni del modello all'interno di un teatro virtuale e di contesti espositivi museali o urbani, al fine di immaginare anche la divulgazione di studi come questo anche ad un pubblico più ampio.

Grazie all'utilizzo della tecnologia siamo in grado oggi di assimilare dati scientifici, in modo più semplice sul patrimonio storico esistente e in maniera più complessa nel caso di edifici non esistenti o mai costruiti, digitalizzarli, condurre analisi tecniche, effettuare studi storici basati sulle fonti e conservare tutte le informazioni in modelli digitali che possono diventare interattivi o divenire validi supporti anche nel caso di progetti di restauro.

Concludo dicendo che durante questa attività di elaborazione del progetto di tesi ho avuto la grande opportunità di avere un assaggio delle nuove tecniche, software e metodologie di approccio e studio della storia e della ricostruzione dell'architettura che ha scaturito in me la curiosità di approfondire questi temi in futuro, anche all'interno di un ambiente lavorativo.

9. Bibliografia

- Antinucci, F, 2007, Musei virtuali. Come non fare innovazione tecnologica. Bari, Laterza
- Apollonio , F.I., 2016, Classification Schemes for Visualization of Uncertainty in Digital Hypothetical Reconstruction, Springer International Publishing
- Apollonio, F.I, Beltramini, G., Fabbi, G., Gaiani, M., 2011, Villa Contarini a Piazzola sul Brenta: studi per un'ipotesi di attribuzione palladiana servendosi dei modelli tridimensionali, in Disegnare n.42, Gangemi Editore
- Apollonio, F.I., Gaiani, M., Zheng, S., 2012, BIM-based modeling and data enrichment of classical architectural buildings, Scires-It
- Brandenburg, H., Ballardini, A., Thoenes, C., 2015, San Pietro: storia di un monumento, Jaca Book, Milano
- Brusaporci, S., Centofanti, M., Maiezza, P., 2016, Tra "HistoricalBIM" ed "HeritageBIM: Building Information Modeling per la documentazione dei beni architettonici
- Cataldo, L., Paraventi, M. ,2007, Il Museo Oggi. Linee guida per una museologia contemporanea, Milano, Hopeli.
- Frommel, S., 2014, Giuliano da Sangallo, Ente Cassa di Risparmio di Firenze, Firenze
- Frommel, S., con la collaborazione di Flaminia Bardati, 2005, Francesco Primaticcio Architetto, Electa, Milano
- Garagnani, S., 2013, Building Information Modeling and real world knowledge: A methodological approach to accurate semantic documentation for the built environment, Digital Heritage Conference, Marsiglia
- Palestini C., Basso A., 2016, Gli ossimori del museo virtuale, sperimentazioni attraverso la rappresentazione - musei virtuali dell'architettura e della città', volume 9/n.17
- Palladino, P., 2005, Manuale di illuminazione, Tecniche Nuove, Milano
- Pescarin S., 2000, Historical and geo-archaeological research in urban context: the example of Bologna, in VAST 2000 , Oxford ArchaeoPress (BAR International Series)
- Pescarin S., 2001, GIS contribution to urban history and to the reconstruction of ancient landscape, in Archaeological Informatics: pushing the Envelope: CAA2001, Proceedings of the 29th Conference, Gotland , Oxford ArchaeoPress (BAR

International Series 1016), Edited by Göran Burenhult

- Pignatelli F., 2013, L'evoluzione della stampa 3D e le sue applicazioni in campo museale, Ricerca Scientifica e Tecnologie dell'Informazione Vol 3, Issue 2, Scires-IT
- Vaudetti M., Minuccianil V., Canepa S., 2013 ,Mostrare l'archeologia per un manuale-atlante degli interventi di valorizzazione ,Umberto Allemandi & C., tutti i diritti riservati ISBN 978-88-422-2248-4, Torino

10. Sitografia

http://www.mymedia.it/compeint/n_19/pointat.html.

<http://www.recode.net/2015/7/27/11615046/whats-the-differencebetween-virtual-augmented-and-mixed-reality/>

<http://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html/>

<https://www.google.com/culturalinstitute/about/artproject/>

<https://www.pureform.org/virtualGallery/>

https://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_tour/

<http://www.vrs.org.uk/virtual-reality/history.html/>

<http://www.romaonline.net/la-guida-turistica-di-rol/monumenti/templi/pantheon/la-cupola/>

<https://www.ilgrandemuseodelduomo.it/monumenti/2-cupola>

<http://www.valtervannelli.it/mausoleo-di-costantina/santa-costanza.html>

<http://www.pantheonroma.com/it/il-pantheon>

<https://zanibellato.it/2017/03/30/pavimento-alla-veneziana/>

<https://it.pinterest.com/pin/427771664583182268/>

<http://www.textures.com/>

<https://www.google.it/search?q=consegna+delle+chiavi&source>

<https://www.google.it/search?q=citta+ideale&source=lnms&tbn>

11. Fonti iconografiche

[10_1] Giuliano da Sangallo, 1485 - 1495, Chiesa di Santa Maria delle Carceri, Prato

[10_2] Giuliano da Sangallo, 1495 - 1579, Chiesa di Santa Maria dell'Umiltà, Pistoia

[10_3] Giuliano da Sangallo, 1503, Cappella Gondi, Santa Maria Novella, Firenze

[10_4] Giuliano da Sangallo, 1442/45 – 1516, Codice Barberiniano, Biblioteca Vaticana, Città del Vaticano

[10_5] Giuliano da Sangallo, 1442/45 – 1516, Taccuino Senese, Biblioteca degli intronati, Siena

[10_6] Giuliano da Sangallo, 1489-1492, Sagrestia di Santo Spirito, Firenze

[10_7] Giuliano da Sangallo, Cappella Gondi, prima cappella a sinistra nella basilica di Santa Maria Novella, Firenze

[10_8] Giuliano da Sangallo, 1442/45 – 1516, Taccuino Senese, Biblioteca degli intronati, Siena

[10_9] Ignoto, fine 1400, Città Ideale, Galleria Nazionale delle Marche, Urbino

[10_10] Pietro di Cristoforo Vannucci detto il Perugino, 1481-1482, Consegna delle Chiavi, Cappella Sistina, Città del Vaticano

[10_11] Francesco Primaticcio, 1564 – distrutta, Rotonda dei Valois, Saint Denis

[10_12] Mausoleo di Santa Costanza, IV secolo d.C, Roma

12. Indice delle note

- Codice Barberiniano Ms Barberini Lat. 4424 della Biblioteca Vaticana (collocamento : f. 59 v, f.74 r). Ricco di disegni di capitelli, basi e dettagli di monumenti antichi; sul frontespizio riporta la data MCCCCLXV, inizio delle sue esperienze a Roma. 8
- Pianta realizzata da Sangallo per il progetto del mausoleo, Codice Barberiniano, f. 59 v 12
- Sezione realizzata da Sangallo per il progetto del mausoleo, Codice Barberiniano, f. 74 r 12
- Giuliano da Sangallo, Sabine Frommel, EDIFIR, Firenze, 2014 21
- Taccuino senese conservato presso la Biblioteca degli intronati a Siena 24
- Apollonio , F.I., 2016, Classification Schemes for Visualization of Uncertainty in Digital Hypothetical Reconstruction, Springer International Publishing 48
- Taccuino senese: raccolta di schizzi realizzati da Giuliano da Sangallo, conservato presso la Biblioteca degli intronati a Siena. 55
- Vignola, Regola delli cinque ordini d'architettura, Bassano, Remondini, 1787 57
- Affresco di Pietro Perugino, realizzato nel 1481-1482 e facente parte della decorazione del registro mediano della Cappella Sistina in Vaticano. 57
- Autore sconosciuto, databile tra il 1480 e il 1490 e conservato nella Galleria Nazionale delle Marche a Urbino. 58
- Ms Barberini Lat. 4424 della Biblioteca Vaticana. Ricco di disegni di capitelli, basi e dettagli di monumenti antichi; sul frontespizio riporta la data MCCCCLXV, inizio delle sue esperienze a Roma. 76
- Città Ideale, autore sconosciuto, databile tra il 1480 e il 1490 e conservato nella Galleria Nazionale delle Marche a Urbino;
- Consegna delle Chiavi, Pietro Perugino, realizzato nel 1481-1482 e facente parte della decorazione del registro mediano della Cappella Sistina in Vaticano. 76









