

*Giampiero Mele*

Università degli Studi di Firenze - Dipartimento di Progettazione dell'Architettura  
Université de Paris 8- ENSPB Paris-Belleville - IPRAUS

**Rilievo integrato e analisi come strumenti per la conoscenza dei beni culturali architettonici.***Premessa*

La ricchezza posseduta dal nostro paese nel campo dei beni culturali è notevole. Molte città, almeno in Italia, contengono un patrimonio d'interesse architettonico, artistico, archeologico. Esiste una moltitudine di beni culturali che meritano di essere conosciuti, valorizzati e conservati al meglio, partendo dalla loro documentazione accurata per terminare, ove necessario, con gli interventi di conservazione e restauro. Requisito essenziale per la valorizzazione di questo patrimonio è la sua conoscenza. Il rilievo è, da sempre, il tramite prescelto per documentare la realtà naturale e artefatta ma solo da pochi decenni, il processo di rilevazione, nella teoria e nella prassi, si è affinato in un proprio campo disciplinare collocandosi ufficialmente nella ricerca e documentazione del patrimonio architettonico come prima operazione di conoscenza oggettiva e indispensabile. Le scienze del rilievo hanno conosciuto in questi anni un profondo rinnovamento che, pur mantenendo strette radici nel sapere scientifico consolidato, offre nuove prospettive di conoscenza in uno spettro di situazioni ed applicazioni in sempre maggiore espansione. Il rilievo scientifico è lo strumento e il mezzo per documentare, indagare, capire, conoscere, forma e vicende storiche, direttamente dall'oggetto rilevato considerato il principale "documento" di se stesso. In una rinnovata fiducia nei risultati inconfutabili che si possono ottenere con una rilevazione adeguata, sono nati, e stanno ponendosi all'attenzione della comunità scientifica, studi sulle architetture storiche che si sostanziano di quest'ambito d'analisi del costruito. E', infatti, riconosciuto agli operatori esperti della materia la capacità di sapere investigare criticamente il significato di ciò che è stato rilevato, in specie, avendo gli stessi la possibilità di un confronto con studi paralleli, con verifiche e conferme delle ipotesi sistematicamente indagate.

*Un esempio di rilievo integrato: il convento e chiesa di Santa Maria Novella a Firenze*

La nuova tecnologia ha diffuso macchine in grado di "rappresentare". Il calcolatore e i programmi di disegno vettoriali e raster, capaci di generare e gestire in maniera disinvolta modelli bi e tridimensionali, fanno parte degli strumenti di lavoro usuali d'ogni architetto. La ricerca informatica è andata avanti e come al disegno analogico si è sostituito, quasi completamente, quello digitale, agli strumenti tradizionali si sono affiancati altri tecnologicamente avanzati. Tale cambiamento ha condizionato il rilievo inteso come modello ed ha portato il rilevamento<sup>1</sup> a sviluppare nuove metodologie, sia d'acquisizione sia di gestione dei dati, che arricchiscono quelle tradizionali. Il nuovo rilievo, dunque, è il risultato dell'integrazione di più metodi e sistemi di rilevamento finalizzati alla descrizione scientifica, e dunque alla conoscenza, del manufatto architettonico per restituire la sua immagine catturando il suo immaginario<sup>2</sup>.

L'esempio che si propone è un caso significativo di rilievo integrato finalizzato alla gestione, conservazione e restauro del convento e della chiesa di Santa Maria Novella a Firenze ed è stato

---

<sup>1</sup> Inteso come il complesso delle indagini ed operazioni volte ad individuare le qualità significative sotto l'aspetto morfologico, dimensionale, figurativo e tecnologico. Vedi a cura di C. Cundari e L. Carnevali *Atti del Convegno di Roma 16/18 Novembre 2000, Dichiarazione sul Rilevamento Architettonico*, Edizioni Kappa, Roma 2005.

<sup>2</sup> Per Le Goff "questo vocabolo generico ingloba ogni possibile traduzione mentale di una realtà esterna percepita. La rappresentazione è legata al processo di astrazione. La rappresentazione di una cattedrale, di una chiesa o di qualsiasi tipo d'architettura è l'idea stessa contenuta dall'oggetto architettonico".

reso possibile grazie ad una serie di convenzioni stipulate fra il Comune di Firenze<sup>3</sup>, committente del rilievo, e il Dipartimento di Progettazione dell'Architettura dell'ateneo fiorentino<sup>4</sup>. La necessità manifesta da parte della committenza di avere un rilievo digitale integrale di tutto il complesso<sup>5</sup> nasceva dall'urgenza di intraprendere la progettazione di interventi di restauro "con un'accresciuta conoscenza rivolta al rispetto di quelle regole non scritte che ogni architetto dovrebbe conoscere"<sup>6</sup>. L'ufficio di competenza del Comune si era reso conto che il rilievo restituito su supporto informatico non è cosa statica, è implementabile ed è prezioso supporto al manutentore che dovrà aggiungere tutte le notizie che traceranno la futura storia del monumento. La lettura di un documento di questo tipo, puntuale e particolareggiato, poteva dare risposta e porre molti interrogativi, non solo ai conservatori ma a tutti gli studiosi desiderosi di investigare per accrescere il patrimonio di conoscenza dell'oggetto architettonico. Le grandi dimensioni del manufatto da rilevare e le sue caratteristiche morfologiche<sup>7</sup> hanno imposto un'organizzazione e l'impiego una quantità di forze notevoli<sup>8</sup>. L'integrazione dei diversi metodi di rilevamento (manuale, topografico, fotogrammetrico e con laser scan 3D) è stata fondamentale per l'approntamento di un database che doveva rispondere alle caratteristiche individuate. Il prelievo delle misure planimetriche è stato effettuato utilizzando due metodi, quello topografico per fissare i punti di prima specie degli ambienti aperti (chiostri) e dell'esterno per individuare una griglia da implementare con le informazioni ottenute dalle misurazioni effettuate con misuratori di distanze al laser e strumenti tradizionali. I prospetti principali e le diverse sezioni sono state ottenute integrando rilievi topografici, tradizionali dove era possibile, fotogrammetrici e per gli interni della chiesa si è sperimentato il rilievo con laser scan 3D. La scelta della zona da trattare con questo ultimo metodo di rilevamento è nata dalla volontà di comprendere la genesi geometrica delle volte, in particolare della navata centrale, le quali, essendo state costruite in periodo medievale<sup>9</sup>, rappresentano sia per dimensione sia per audacia un esempio di coperture a crociera in mattoni senza precedenti<sup>10</sup>. A questo si è aggiunta la curiosità di esaminare sia le qualità che i limiti di questa tipologia di rilevamento in relazione all'oggetto studiato. Il rilievo laser scan è stato svolto in due momenti diversi e la nuvola dei punti ottenuta è il risultato di due campagne di rilievo distinte: durante la prima il fine è stato quello di rilevare, come già accennato in precedenza, le volte della terza, quarta, quinta e sesta campata; durante la seconda si è rilevata la zona del

<sup>3</sup> L'Ufficio Fabbrica di Palazzo Vecchio aveva già avuto la possibilità di sperimentare la qualità del rilievo informatico di Palazzo Vecchio elaborato dallo stesso gruppo di lavoro durante gli anni 2001-05 e di apprezzarne la bontà metrica.

<sup>4</sup> Le convenzioni stipulate sono due ed hanno coperto complessivamente tre anni di lavoro (da settembre 2004 ad ottobre 2007).

<sup>5</sup> Un rilievo completo dell'intero complesso non era mai stato affrontato e quelli parziali del convento risalivano alla fine dell'1800, quello della chiesa al 1970, quelli della facciata alla fine del XX sec. Mancavano completamente il retrospetto che dà su Piazza Stazione, il prospetto laterale su via degli Avelli, una sezione longitudinale sulla chiesa e quasi completamente le sezioni utili per una conoscenza sufficiente del complesso monumentale.

<sup>6</sup> Ugo Muccini, architetto dirigente dell'Ufficio Fabbrica di Palazzo Vecchio e Chiese del Comune di Firenze, in M.T. Batoli, E. Fossi, G. Mele "Musso e non quadro, la strana figura di Palazzo Vecchio dal suo rilievo" Edifir Edizioni, Firenze, marzo 2007.

<sup>7</sup> La superficie del complesso rilevato in totale è di circa 38000 mq (23000mq costituiscono il piano terra ed il resto è distribuito fra il primo e il secondo piano).

<sup>8</sup> Le persone che hanno lavorato nel rilievo ammontano a più di 40: la prof. Maria Teresa Batoli in qualità di responsabile scientifico delle convenzioni, l'autore, come responsabile scientifico del rilievo, l'arch. Mauro Giannini e l'arch. Francesco Tioli che hanno collaborato preparando una scrupolosa campagna di rilievo topografico, gli architetti Giorgio Verdini, Sergio Di Tondo e Filippo Susca che hanno messo a disposizione la loro esperienza nel campo del rilievo di Scanner Laser 3D e che ringrazio per avermi insegnato l'utilizzo del software, L'arch. Claudia De Bartolomeo che ha collaborato fattivamente nel momento dell'approntamento degli elaborati di rilievo, l'arch. Sara Peluso che prodotto insieme a me il raddrizzamento fotogrammetrico del prospetto principale, e gli architetti Andrea Caprara, Massimiliano Masci, Salvatore Sgarlato, Valentina Bovio, Valentina Musto, Simona Ottaviano, che hanno contribuito nel rilevamento planimetrico del complesso conventuale e gli studenti, circa 30, che hanno partecipato alla campagna di rilievo in occasione dei due seminari organizzati dal sottoscritto all'interno del corso di Rilievo dell'Architettura tenuto dalla prof. Maria Teresa Batoli negli A.A. 2004/2005 e 2005/2006.

<sup>9</sup> La datazione delle volte che coprono le campate della navata centrale più vicine al transetto della chiesa risalgono probabilmente al inizio del 1300 quando compaiono come mastri dell'opera fra Sisto fiorentino e fra Ristoro da Campi, quelle delle campate successive risalgono probabilmente al periodo in cui sono capomastri dell'opera fra Jacopo Passavanti poi fra Jacopo Talenti, zio di Francesco autore della parte terminale del campanile di Giotto e dell'abside del duomo fiorentino, dal 1333 al 1380 circa.

<sup>10</sup> La dimensione in pianta della zona coperta da una volta a crociera della quarta campata della navata centrale è di 13,41 mt. di lunghezza per 13,00mt. di larghezza, quella della quinta e sesta è di 11,70 mt. di lunghezza per 13,00 mt. di larghezza, quasi uguale alla campata di incrocio fra transetto e navata centrale che misura 11,80 mt. per 13,00 mt.

transetto, le cappelle e l'abside. La finalità di questo rilievo è stata quella di avere più modelli di volte a crociera, tutte diverse per dimensione, tali da poter costituire un'ampia casistica per indagare la geometria delle superfici e degli archi, generatori e direttori, di queste coperture trecentesche. La ridondanza dei dati permetteva inoltre di poter sfruttare questo modello per l'approntamento della sezione longitudinale, di quelle trasversali sulla quarta campata, sul transetto e quella che mostra la controfacciata.

In questo caso la finalità del rilievo tridimensionale non poteva essere quella dell'elaborazione di un modello 3D dell'intero complesso monumentale. La mole di dati da controllare sarebbe stata troppo elevata e la gestione dell'elaborato finale, inteso come modello tridimensionale, avrebbe richiesto delle conoscenze d'utilizzo di software particolari da parte dei futuri utilizzatori<sup>11</sup>. Il modello bidimensionale ottenuto attraverso il disegno vettoriale al CAD, formato da piante prospetti e sezioni, è quello più utile all'architetto che deve gestire il monumento. Il modello tridimensionale per contro è essenziale per lo studio della forma delle superfici voltate. Se ne deduce che l'elaborazione di un modello tridimensionale è utile per un'indagine specifica e può essere considerata una tematizzazione o un'integrazione del rilievo di base quando l'oggetto ha la scala dell'architettonico. In altri casi dove la scala è quella dell'urbano il rilievo tridimensionale può essere l'unico possibile<sup>12</sup>, tuttavia il tipo d'elaborato finale, è consigliabile che sia bidimensionale. Nel caso specifico del complesso di Santa Maria Novella, nonostante la scala sia paragonabile a quell'urbana, la definizione del rilievo deve essere quella dell'architettonico e la produzione di un modello virtuale tridimensionale di tutto il complesso conventuale avrebbe avuto costi esorbitanti con risultati non rapportabili ai costi sostenuti.

Per documentare la zona di studio sono state acquisite diciotto range map; gli strumenti impiegati sono i laser scanner Cyrax 2500 e 3000. Nella progettazione della geometria di presa, in modo analogo a quanto avviene per le immagini fotografiche, si è tenuto conto della complessità dello spazio architettonico. All'interno della chiesa di Santa Maria Novella a Firenze, che è a croce latina con tre navate divise in campate coperte da volte sostenute da pilastri cruciformi e polilobati, per eliminare le zone d'ombra, causate dalla presenza dei sostegni, è stato necessario posizionare lo strumento in punti strategici che consentissero la maggiore copertura possibile per la presa delle range maps. L'altezza della chiesa (circa 26,00 mt.) ha permesso di tenere lo strumento sul treppiedi ad un'altezza di circa 1,70 mt. Si sono collocati dei target su ogni pilastro e si sono eseguite cinque scansioni con passo rado e tre scansioni per campata, due per il transetto e due per l'abside. Si sono contemporaneamente rilevati, con l'ausilio della stazione totale, i target oltre ad alcuni punti riconoscibili sulle volte, per un totale di circa 200 punti. Questi sono serviti per rimontare i diversi scan world in un unico modello formato da circa 45.800.000 punti collocati tridimensionalmente nello spazio virtuale. Questo modello virtuale costituisce la banca dati dalla quale si possono attingere informazioni metriche. L'elaborazione dei dati della nuvola dei punti per l'ottenimento di un modello finale è laboriosa, per brevità si descriverà solo il procedimento per la determinazione degli snapshot<sup>13</sup> utili per l'integrazione delle sezioni delle volte in quelle generali lasciando l'elaborazione delle superfici NURBS per la determinazione della genesi geometrica e lo studio di questa ad un'ulteriore e più ampia trattazione.

Orientato il modello rispetto alla terna d'assi cartesiani e stabiliti i diversi piani di sezione<sup>14</sup>, individuati e riconosciuti da una griglia a maglia quadrata della quale si può scegliere il passo<sup>15</sup>, si taglia il modello virtuale, ed esclusa la parte di modello che non interessa, si sceglie come vista quella che consente di guardare il modello sezionato da un punto improprio ortogonale al piano di sezione. Bisogna tener presente che per visualizzare tutti i punti vettoriali nell'immagine raster<sup>16</sup> è necessario stabilire la scala di rappresentazione del modello reale altrimenti non si vedranno nell'immagine tutti i punti rilevati utili per il disegno. Per fare questo bisogna calcolare la dimensione di stampa dell'oggetto in scala<sup>17</sup>, convertirla in pollici<sup>18</sup>, stabilire la definizione alla quale si desidera lavorare (es. 300 dpi) e moltiplicarla per la dimensione

---

<sup>11</sup> Si ricorda che il rilievo della chiesa e del convento è per l'ufficio Fabbrica di Palazzo Vecchio e Chiese del Comune di Firenze e deve servire come base per la gestione e il restauro del monumento.

<sup>12</sup> Si pensi per esempio al rilievo delle mura di una città o degli spazi aperti a scala urbana.

<sup>13</sup> Si ricorda che lo snapshot è un'immagine che si genera da una vista a schermo, quindi per definizione è un'immagine raster e non un disegno vettoriale.

<sup>14</sup> Tutte queste operazioni sono possibili solo all'interno del programma specifico di gestione della nuvola dei punti che di solito è fornito con lo strumento. In questo caso il programma utilizzato è Cyclone 5.1 prodotto dalla Laica Geosistem e in dotazione con lo scanner laser Cyrax 2500 e 3000.

<sup>15</sup> Il passo della griglia scelto nel caso delle sezioni di Santa Maria Novella è di 5x5 mt.

<sup>16</sup> Snapshot

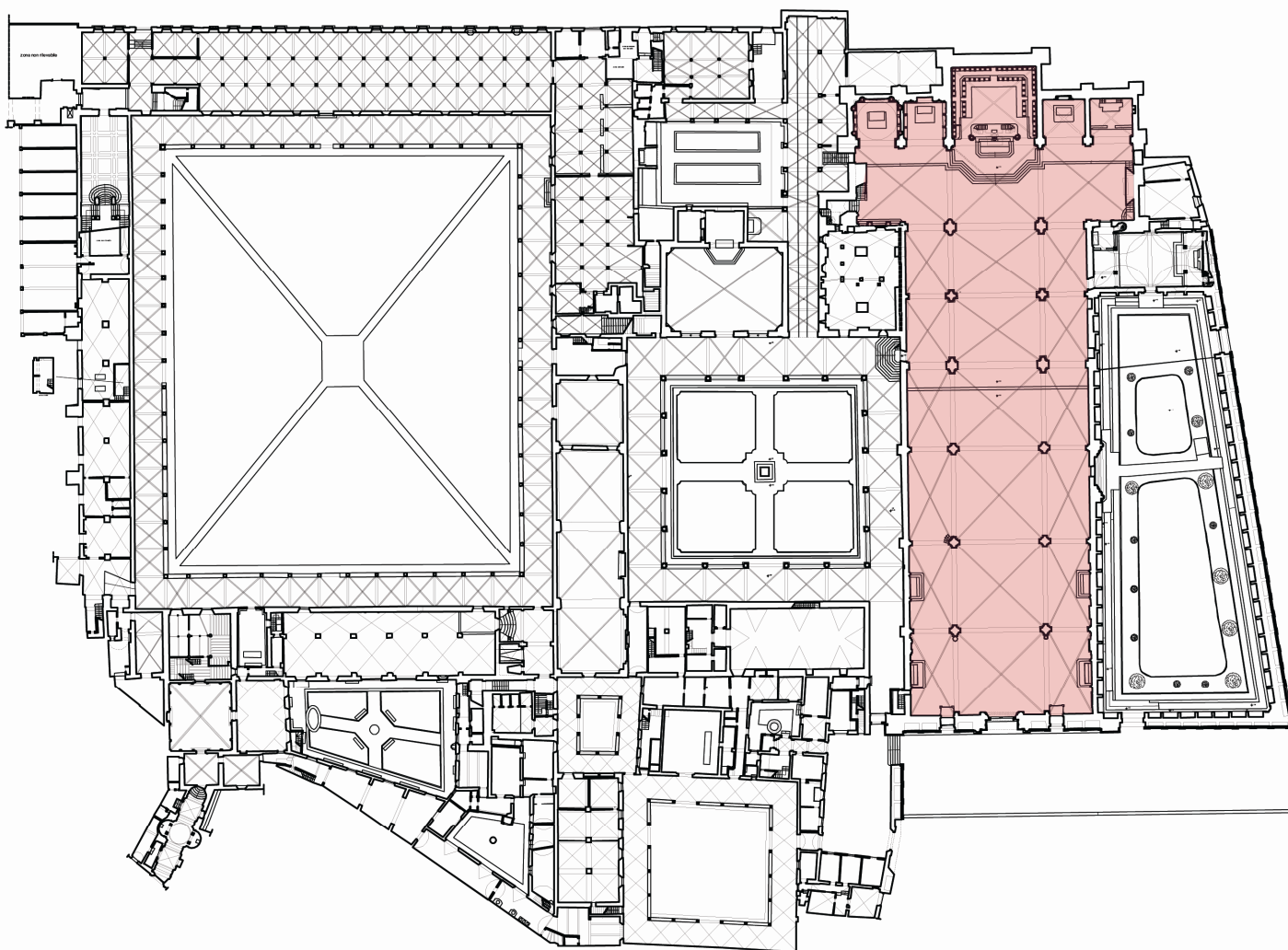
<sup>17</sup> Nel nostro caso si è scelta la scala di rappresentazione 1:50.

<sup>18</sup> Si ricorda che 2,54 cm = 1 pollice.

ottenuta in pollici<sup>19</sup>. In questo modo si ottiene il numero di pixel che conterrà l'immagine nella lunghezza o altezza scelta che diviso per il numero di pixel derivante dalla definizione dello schermo<sup>20</sup> dà il numero degli snapshot che compongono l'immagine finale. Nel caso della sezione longitudinale della chiesa di Santa Maria Novella, il numero degli snapshot che sono stati calcolati per comporre l'immagine finale è di 70 circa. Una volta ottenuta l'immagine totale della sezione s'importa in ambiente CAD e s'integra con il vettoriale ottenuto dalla restituzione del rilievo manuale.

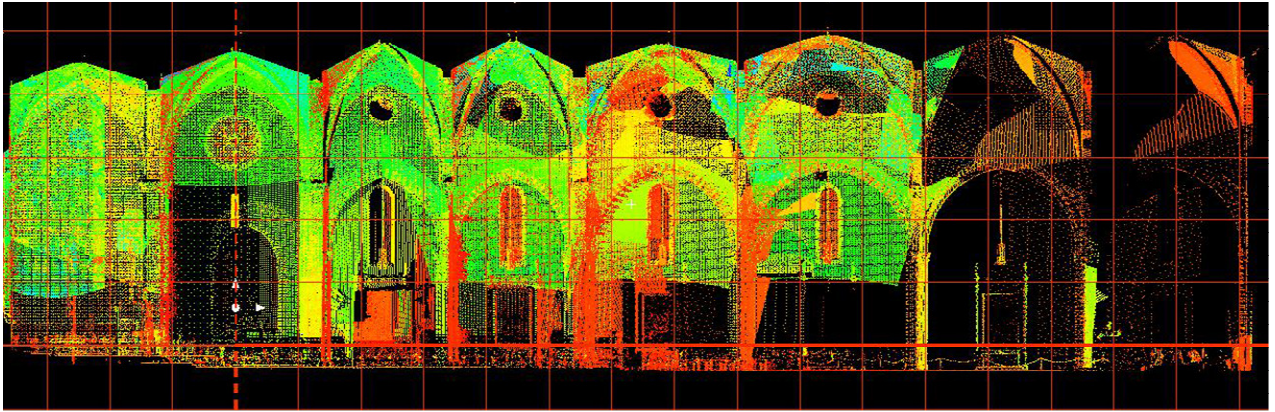
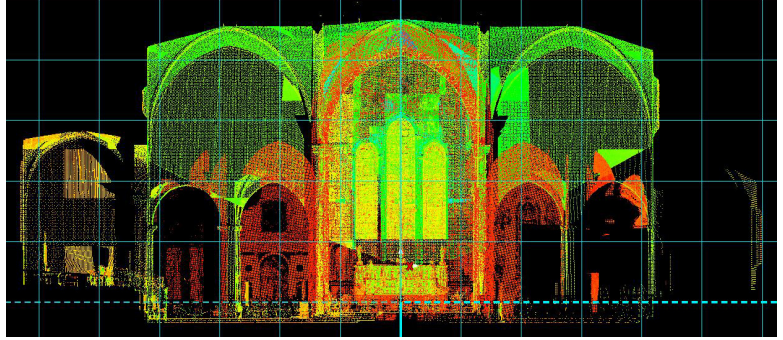
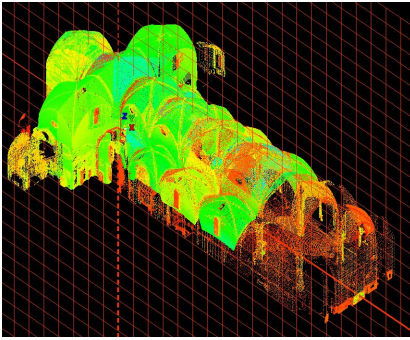
L'operazione condotta sulla sezione longitudinale ha mostrato una differenza fra rilievo strumentale e manuale pari a 3 cm. su 98,50 mt. Tal errore può ritenersi accettabile e scomparire del tutto se si considera la scala di rappresentazione dell'elaborato.

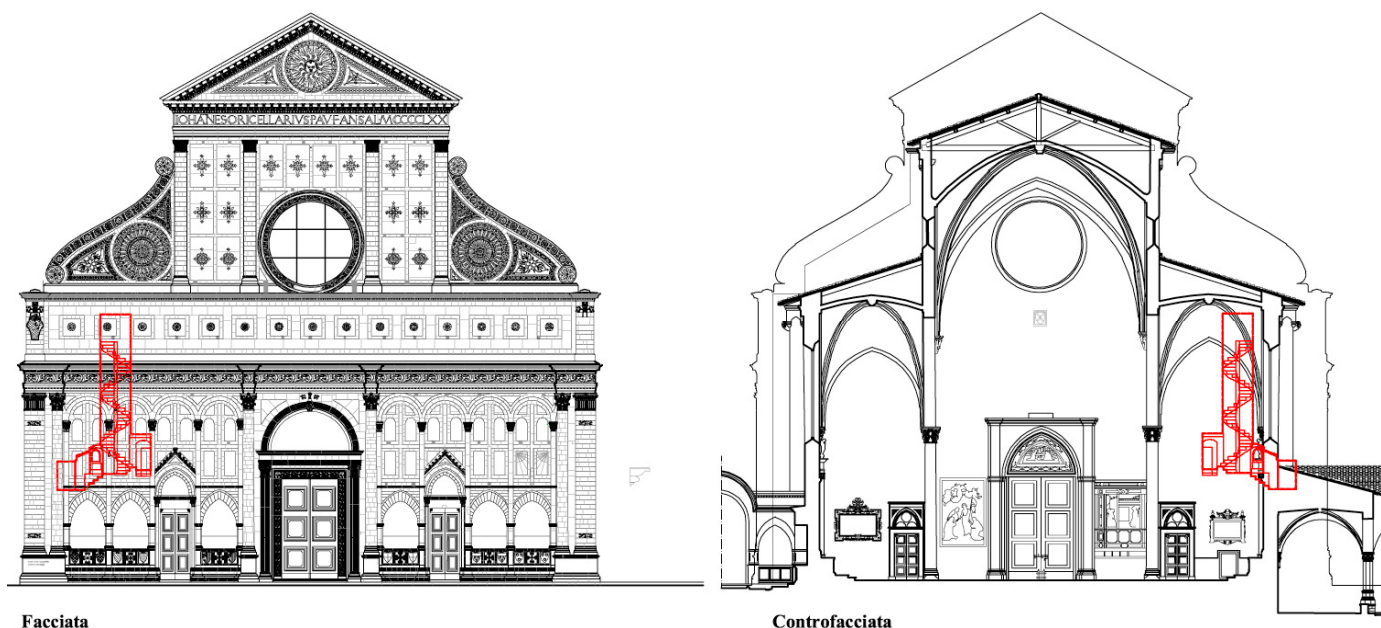
Le operazioni svolte hanno prodotto un'immagine della sezione longitudinale dalla nuvola dei punti che richiede di essere integrata da informazioni che derivano dal rilievo manuale, in quanto nell'immagine non si distinguono i particolari che nella scala di rappresentazione desiderata devono esserci. Per avere tutte le informazioni di dettaglio con la metodologia di rilievo laser scan 3D bisognerebbe eseguire nuove campagne di misurazione che avessero come finalità il rilievo di dettaglio. Se ne deduce che anche quando si utilizza il laser scan 3D l'operatore di rilievo deve programmare e finalizzare la campagna di rilievo in funzione delle informazioni che si vogliono ottenere.



<sup>19</sup> Per esempio se si ha come dato un elaborato in scala 1:50 di 40 x 20 cm., si considera la dimensione maggiore 40cm, si divide per 2,54 pollici, il risultato sarà circa 16. Si moltiplica 16 x 300 dpi e si ottiene il numero di pixel della quale l'immagine è composta in larghezza.

<sup>20</sup> Nel caso specifico la risoluzione era di 1276 x 702 pixel.





Facciata

Controfacciata

*Un esempio di analisi del rilievo: il prospetto nord di Palazzo Vecchio a Firenze*

Attraverso l'analisi metrica del rilievo (di per se strumento di conoscenza) si ha la possibilità di svelare, tra ipotesi e conferme, il significato anche teorico della forma e delle stratificazioni del manufatto architettonico. Lo stato di fatto di un complesso storico spesso pone in evidenza elementi morfologici ed intenzioni di progetto legati ad usi e conoscenze tecniche scientifiche considerati fuori campo dalla storiografia critica più stimata. Le architetture illustri sono state studiate prevalentemente con criteri di carattere estetico-artistico, viceversa trovare la "ragione" di una forma architettonica per mezzo degli elementi generatori e delle costruzioni geometriche che si palesano all'analisi consente di mettere a punto un metodo di lettura che, integrato con l'analisi storica e le fonti di archivio, permette, quasi sempre, di ricostruire il primitivo impianto e, se il ricercatore ha una buona cultura, può anche restituire le matrici formali utilizzate dall'architetto per generare il progetto. Questo percorso che a parole sembra semplicissimo è, in realtà, molto complesso soprattutto, quando l'opera da analizzare è frutto di un'ideazione articolata ed appartiene ad un'epoca molto lontana da noi.

Analizzare un rilievo, avendo come fine ultimo quello di stabilire il possibile metodo di progetto utilizzato dall'architetto antico, significa partire dalle misure prelevate dal modello reale in metri e trasformarle in quantità espresse secondo l'unità di misura antica utilizzata per la costruzione dell'edificio. Da questo ragionamento si ottengono delle quantità (espresse sotto forma di numeri) delle quali bisogna intuire<sup>21</sup> il significato geometrico, da spiegare secondo un ragionamento logico-scientifico che parte da un'ipotesi formulata e, utilizzando dei postulati principali, arriva a definire e spiegare il computo dettagliato di tutte le quantità in gioco attraverso una serie di teoremi e corollari. Intuire il significato geometrico vuol dire formulare un'ipotesi di lavoro che dipende spesso dal livello di maturità e di conoscenza specifica dello studioso riguardo al tema da trattare. La possibilità di analizzare in tempi diversi una serie d'oggetti appartenenti allo stesso periodo storico ha consentito, al gruppo di ricerca fiorentino, di aggiungere alla conoscenza specifica alcune tessere di un puzzle che si completa con l'aggiunta di nuove informazioni. Inoltre, ristudiare a distanza di tempo alcuni temi già affrontati in precedenza ha consentito di migliorare o addirittura rielaborare le teorie già dimostrate.

Nel caso del prospetto nord del Palazzo de'Priori a Firenze, l'ipotesi nasce dall'osservazione degli elementi architettonici che lo compongono e più precisamente dal rapporto fra il numero delle

<sup>21</sup> L' intuizione dipende dall'idea e dalla capacità del ricercatore di formulare un'ipotesi da dimostrare.

finestre del primo e del secondo ordine con il numero delle finestre del ballatoio e dal rapporto fra il numero dei beccatelli e il numero dei merli<sup>22</sup>. Le finestre del primo piano sono 5 e quelle del ballatoio sono 8: i numeri 5 e 8 appartengono alla serie di Fibonacci. Il numero dei beccatelli è 12 e il numero dei merli è 17: la frazione 17/12 è quella che meglio approssima il valore della radice di due<sup>23</sup>. La riflessione è nata dalla conoscenza che la prima coppia di numeri approssima bene il rettangolo aureo e la seconda approssima bene il rettangolo di proporzione 1: radice di 2<sup>24</sup> la domanda posta dunque è: attraverso le coppie di numeri suggerite dagli elementi architettonici presenti nel prospetto è possibile che l'architetto abbia voluto comunicare al fruitore il metodo di progetto utilizzato? Rispondere a questa domanda è molto difficile ma la scelta di questi numeri da parte dell'architetto lascia spazio all'ipotesi che questi ultimi derivano da una filosofia di progetto più ampia legata a questi due particolari tipi di rettangoli.

L'analisi metrologica, infatti, ha reso evidente una particolare combinazione dei due rettangoli, il primo di proporzione 45 : 73<sup>25</sup>. braccia e il secondo di 50 : 71 braccia. Il rettangolo di 45:73 è una buona approssimazione del rettangolo aureo, quello di 50:71 è una buona approssimazione del rettangolo di proporzione 1 : radice di 2<sup>26</sup>. L'unione di questi due rettangoli permette di dimostrare, attraverso una sequenza logica, la possibilità di disegnare, attraverso operazioni aritmetiche ben definite, il prospetto. Gli schemi riportati in figura mostrano alcuni passaggi per l'ottenimento di tali quantità. Questo studio mette in evidenza come attraverso il computo aritmetico si arriva ad una soluzione formale interamente formata da misure esprimibili da numeri razionali. E' il caso per esempio dei 12 beccatelli dove il problema del computo produce una soluzione finale particolare, infatti, 10 di questi misurano 3braccia+3/10 e i due laterali risultano essere più piccoli (questi misurano 2 braccia + 3/4); oppure come le misure dei merli, dal rilievo risultate essere diverse fra loro anche se apparentemente uguali, seguono una logica che approssima le quantità ottenute dalla divisione per ottenere numeri razionali: la divisione di 50 br. per 17 è uguale a 2,94117 difficilmente esprimibile in braccia fiorentine. Il braccio per l'organizzazione della sua struttura si adatta male al risultato ottenuto il quale richiede un'approssimazione e una redistribuzione delle quantità per ottenere grazie alla loro somma la quantità intera d'origine<sup>27</sup>.

Concludendo, questo tipo di analisi offre un contributo di conoscenza in merito alla storia del progetto in funzione della cultura dell'epoca del manufatto. Questo metodo di conoscenza consente una conservazione del monumento non solo nella sostanza ma anche nella filosofia del progetto nutrendo di ulteriore consapevolezza le scelte del conservatore.

<sup>22</sup> Il numero dei merli è dato dalla somma dei pieni e dei vuoti.

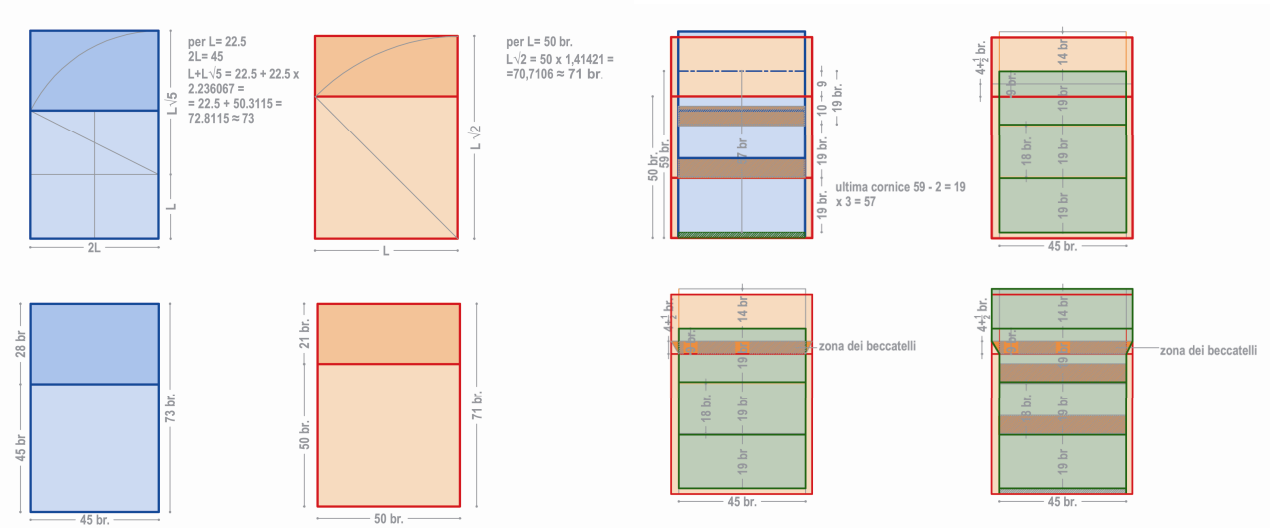
<sup>23</sup> Il valore di radice di due è uguale a 1,414 mentre la frazione 17/12=1,416 circa uguale a radice di due.

<sup>24</sup> Già dimostrato in Tesi di dottorato di G.MELE, *Dalla geometria una regola per il disegno delle chiese medievali tra XIII e XIV secolo*. Stampato e riprodotto in proprio, Firenze 2004.

<sup>25</sup> Il rettangolo aureo è dato dalla seguente proporzione:  $2L : L + L$  radice di 5. Per  $L=22,5$  Braccia fiorentine si ha  $2L=45$  e  $L + L$  radice di 5 =  $22,5+22,5 \times 2,236067=22,5+50,3115 = 72,8115$  circa uguale a 73.

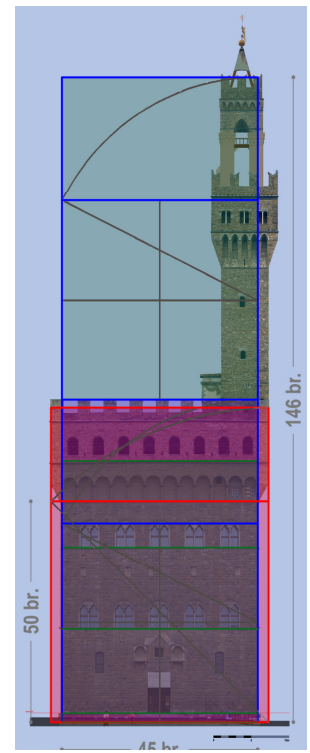
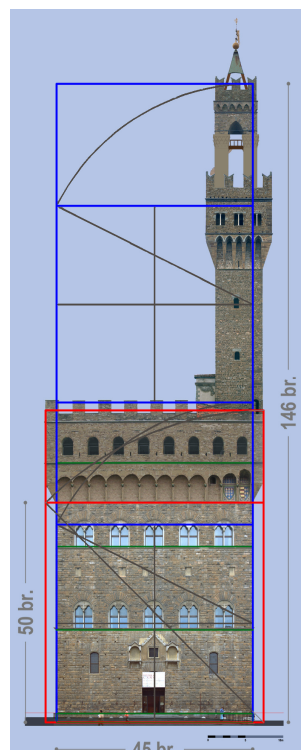
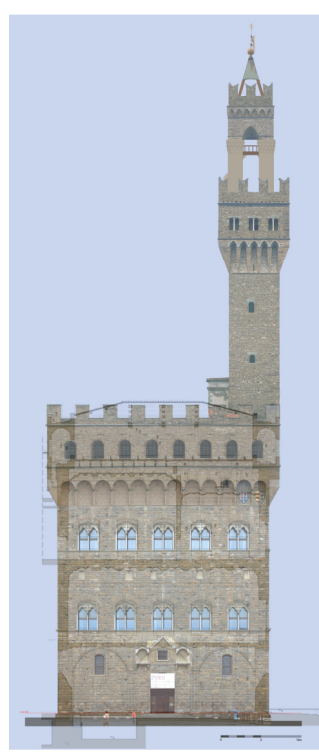
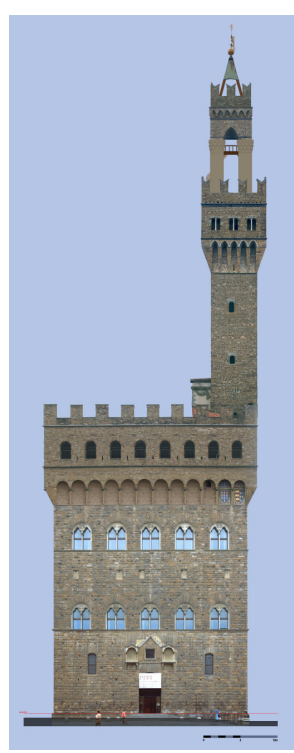
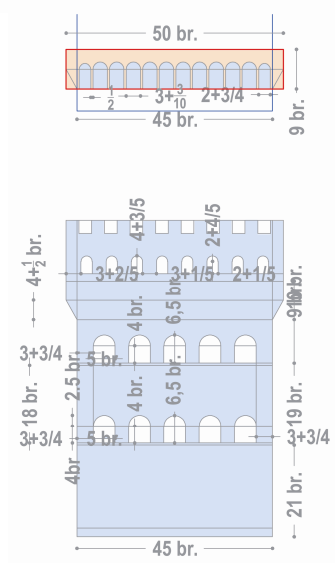
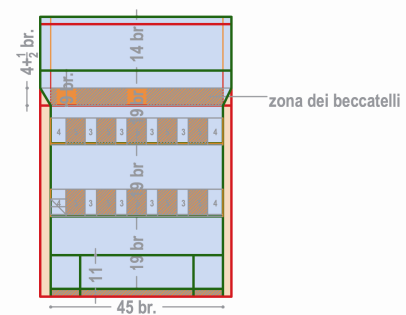
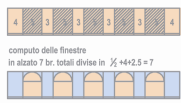
<sup>26</sup> Il rettangolo di proporzione  $L : L$  radice di 2 produce un calcolo di questo tipo: per  $L=50$  si ha che  $L$  radice di 2 =  $50 \times 1,41421=70,71$  circa uguale a 71 braccia.

<sup>27</sup> Per un dettagliato approfondimento sui risultati di questa ricerca si rimanda ad alcune pubblicazioni riportate in bibliografia dove lo stesso argomento è stato trattato in forma meno sintetica.



computo delle finestre

essendo 45 un numero divisibile per 5 risulta evidente la scelta della larghezza dei vuoti di 5;  
 $5 \text{ br.} \times 5 \text{ finestre} = 25 \text{ br.}$   
 i pieni centrali sono  $4 \times 3 \text{ br.} = 12$ ;  
 $12 + 25 = 37 \text{ br.}$ ;  $45 - 37 = 8 \text{ br.}$ ;  $: 2 = 4 \text{ br.}$  (pieni laterali)  
 ne consegue un rapporto di pieni vuoti di 4:5 ovvero 20 br. (pieni) : 25 br. (vuoti).  
 le 20 br. sono divise in  $3 \text{ br.} \times 4$  (pieni centrali) e  $8 \text{ br.}$ ;  $: 2 = 4 \text{ br.}$  (pieni laterali)





## Bibliografia di riferimento

**M.T.Bartoli:** *Il valdarno fiorentino, un laboratorio dell'architettura gotica*, in "Città ed Architettura, le matrici di Arnolfo", a cura di M.T. Bartoli e S. Bertocci, ed.Pacini, Firenze 2004.

**G.Mele:** *I tracciati regolatori della cattedrale fiorentina* in Atti del Convegno Internazionale AED "Il disegno della città opera aperta nel tempo" San Gimignano, Alinea, Firenze 2003.

**G.Mele:** *La loggia della Signoria*, in "Città ed Architettura, le matrici di Arnolfo", a cura di M.T. Bartoli e S. Bertocci, ed.Pacini, Firenze 2004, pag. 54-64

**G.Mele :** *Mésure et proportion dans la Loge de la Signoria à Florence*, in rivista XYZ n° 98 édité par l'Association française de topographie, Paris 2004.

**G.Mele,** *Dalla geometria una regola per il disegno delle chiese medievali tra XIII e XIV secolo*. Stampato e riprodotto in proprio, Firenze 2004.

**G. Mele:** *Dal modello digitale alla lettura geometrica, il Palazzo e la Loggia della Signoria a Firenze*, in "I percorsi del Principe a Firenze, rilievo integrato tra conoscenza e lettura critica" a Cura di Emma Mandelli, Alinea Editrice, Firenze settembre 2005.

**M.T. Batoli,** E. Fossi, G. Mele, "Musso e non quadro: lo strano disegno di Palazzo Vecchio a Firenze" autore del capitolo *Architettura gotica e disegno urbano : la piazza e i fronti verso il centro antico*. Firenze, Edifir 2007

**G. Mele** *Conscience géométrique pour la gestion du projet de construction, analyse et interprétation du modèle 3D*, in atti del convegno SCAN'07 (séminaire de conception architecturale numérique) « L'image numérique en conception » 10-11 mai 07, Liège (Belgique).