

---

## LA RIVOLUZIONE DEL RILEVAMENTO ARCHITETTONICO: SANTA PRASSEDE, UN RILIEVO (IN CORSO) PER LA CONOSCENZA

**Marco Carpiceci**

Sapienza-Università di Roma

e-mail: marco.carpiceci@uniroma1.it

---

Rebut: 07 febrer 2017 | Revisat: 07 març 2017 | Acceptat: 15 abril 2017 | Publicat: 21 juny 2017 | doi: 10.1344/Svmma2017.9.5

---

### Resum

Il rilievo architettonico è materia viva. Parlare del rilievo di un dato monumento significa quindi “sempre” descrivere un lavoro in essere. Il rilievo è l’operazione critica attraverso la quale si indaga una data struttura architettonica, la si misura, e la si rappresenta. Per Santa Prassede, al momento, ci sono quindi 35 scansioni che ricoprono gran parte dell’interno della chiesa. Mancano le altre cappelle laterali, la cripta e il campanile, che verranno rilevate quest’anno. Si provvederà anche a rilievo cromatico delle zone interne coperte a mosaico. Per realizzare le riprese si utilizzerà una fotocamera digitale ad alta risoluzione ed un’illuminazione omogenea in maniera da eliminare alterazioni della luce nelle variazioni chiaroscurali e nelle zone d’ombra. L’elaborazione successiva prevede la realizzazione del *modello geometrico* (o *modello solido*). Una volta ottenuto questo si passa all’*analisi grafica*, ossia la scomposizione della struttura architettonica in elementi coerenti, tutto operato attraverso la rappresentazione. Una sorta di *reverse engineering* architettonico, che, partendo dall’oggetto così come lo si vede, ne ricostruisce gli elementi componenti, selezionandoli in base alla datazione, al materiale, alla funzione. Questo al fine di poter strutturare (ma non solo) ipotesi ricostruttive della consistenza del monumento nel corso del tempo.

**Paraules clau:** Santa Prassede, rilievo architettonico, scansione laser, rilievo cromatico

### Abstract

The architectural survey is a living matter. The survey of a monument always entails the description of a work in progress. The survey is a critical operation whereby you can study, measure, and represent an architectural structure. In the case of Santa Prassede, there are at the moment 35 scans that cover most of the interior of the church. The other lateral chapels, the crypt, and the bell tower, which will be studied this year, are currently missing. The colour of the areas covered with mosaics will be also analysed. A high-resolution digital camera and homogeneous illumination will be used to avoid light variations in the chiaroscuro effects and in the shadows. Subsequent processing involves the elaboration of a *geometric model* (or *solid model*). Once this model is built, the next step is the *graphical analysis*, that is, the decomposition of the architectural structure in coherent elements. It’s a sort of architectural reverse engineering, which, starting from the object as we see it, reconstructs the component elements, selecting them based on dating, material, and functionality. This is done in order to develop (but not only) a reconstructive hypothesis of the consistency of the monument over time.

**Key Words:** Santa Prassede, architectural survey, laser scanning, chromatic detection

## ***Premessa***

Il rilievo architettonico non è un oggetto, è materia viva. Parlare del rilievo di un dato monumento significa quindi “sempre” descrivere un lavoro *in fieri*.

Ripetere questi concetti, che sono la base del rilevamento architettonico, non è mai un’operazione superflua. Troppo spesso si crede che il rilievo coincida con il disegno, o il “bel” disegno. Oggi addirittura si crede che il rilievo sia la novola di punti: niente di più sbagliato. Il rilievo è l’operazione critica attraverso la quale si indaga una data struttura architettonica, la si misura, e la si rappresenta. Ci sono fasi prettamente strumentali nelle quali si registrano dati metrici, e ci sono fasi di elaborazione nelle quali si stabilisce cosa e come rappresentare e a quale scopo. Chiaramente la fase di elaborazione è quella che può non avere termine e può anche comportare la ripetizione o l’integrazione della prima. Oggi la tecnologia è in continua evoluzione e le trasformazioni comportano la possibilità di ripetizione della fase metrica che quindi acquista un iniziale aspetto dominante.<sup>1</sup>

Le operazioni “metriche” in Santa Prassede sono iniziate nel 2015, con un preciso scopo; acquisire dati metrici corretti dell’Oratorio di San Zenone. Quell’anno quindi si sono eseguite 8 scansioni laser per produrre un modello 3D non colorato. L’anno successivo si è esteso il rilevamento alla chiesa, per le sue tre navate, il cortile e gli ambienti di accesso; 27 scansioni, sempre al fine di ottenere un modello 3D non colorato.

Al momento ci sono quindi 35 scansioni, in parte anche ridondanti, che ricoprono gran parte dell’interno della chiesa. Mancano le cappelle laterali (esclusa San Zenone), la cripta e il campanile, che verranno coperte quest’anno (Fig.1).

Il rilievo di Santa Prassede unisce due ambiti strettamente connessi, quello della ricerca e quello della didattica. Infatti grazie al lavoro pratico svolto durante le esercitazioni esterne, gli studenti possono rendersi conto di vari aspetti legati al mondo della rappresentazione che vanno dalla registrazione dei dati metrici, alla elaborazione del modello 3D, alla realizzazione di disegni in grado di descrivere l’architettura, sino alle elaborazioni di strumenti audio-visivi per la fruizione dei Beni Culturali.<sup>2</sup>

---

<sup>1</sup> Per uno sguardo generale sul rilevamento architettonico vedi: Cundari 2012, Carpiceci 2012, Bianchini, 2013 e Carpiceci 2013

<sup>2</sup> Si tratta di una materia opzionale al quinto anno del corso di laurea magistrale a ciclo unico in *Ingegneria Edile-Architettura*. Il titolo del corso è *Rilievo dell’Architettura ed Elaborazione Informatizzata dell’immagine* ed è focalizzato soprattutto sull’utilizzo delle nuove tecnologie laser, dei droni e dei *software* per l’elaborazione digitale. Università Sapienza di Roma, Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell’Architettura.

Il programma successivo alla scansione prevede anche l'acquisizione cromatica attraverso l'esecuzione di fotografie digitali ad alta risoluzione in maniera da poter "vestire" la nuvola di punti e il modello mesh.

L'elaborazione poi prevede la necessaria realizzazione del *modello geometrico* (o *modello solido*), ossia la "traduzione" della realtà in una combinazione di elementi solidi conosciuti, come parallelepipedi, cilindri, coni, sfere, ellissoidi. Una volta ottenuto questo modello si passa all'*analisi grafica* (Fasolo 1962), ossia la scomposizione della struttura architettonica in elementi coerenti; il tutto operato attraverso la rappresentazione. Una sorta di *reverse engineering* architettonico, che, partendo dall'oggetto così come lo si vede, ne ricostruisce gli elementi componenti, selezionandoli in base alla datazione, al materiale, alla funzione. Questo al fine di poter strutturare anche ipotesi ricostruttive della consistenza del monumento nel corso del tempo.

Le odierne tecniche di rilevamento ed elaborazione non sono però, come sembrerebbe, definitive ed assolute. Il fattore di incertezza rimane presente anche negli strumenti di ausilio al rilievo, e questo non fa che sottolineare il concetto di rilievo come forma di conoscenza in essere, mai conclusiva. Da questo aspetto si comprende come la didattica si collochi in un preciso momento temporale e registri lo stato dell'arte. Ma la didattica negli ultimi anni delle lauree magistrali, e ancor più nei Dottorati di Ricerca, fa partecipi gli studenti da una parte, della volontà evolutiva delle tecniche utilizzate nel miglioramento della prassi elaborativa; dall'altra mostra un aspetto *compilativo*, ossia l'applicazione delle tecniche ad un caso specifico (come il nostro ad esempio di Santa Prassede).

E visto che ancora ci troviamo all'inizio del viaggio, ricordiamo le "condizioni al contorno" nelle quali il rilevamento si trova attualmente.

### ***Il nuovo rilevamento architettonico***

La nuova prassi del rilevamento architettonico pone come struttura centrale il *modello numerico* o *modello di punti*. Questo è la struttura base che dovrebbe essere in grado di descrivere il soggetto architettonico nella sua completa morfologia. Ogni punto rilevato può anche avere il dato relativo alla sua luminosità apparente, la *riflettanza*, registrata contemporaneamente alla scansione. Dalla nuvola, per prassi, si elabora il *modello mesh* o *modello di superfici* che produce un'attenta descrizione della "pelle" architettonica. Successivamente avviene la texturizzazione con immagini a colori. Questo rappresenta solamente la fase iniziale del Rilievo che consiste nell'acquisizione ed omogeneizzazione dei dati. Ben più complesse sono le fasi successive, finalizzate alle infinite possibilità di sviluppo e fruizione: dal restauro, alla conservazione, alla comunicazione.

Tre “mezzi” hanno determinato l’odierno salto evolutivo di notevole portata subito dal rilevamento architettonico; questi sono la scansione laser, la computer-grafica e la fotografia digitale. I principi geometrici alla base del rilevamento non sono però rimasti gli stessi.

Già la stazione totale degli anni ‘80 aveva permesso al vecchio *teodolite* di diventare lo strumento principe del *rilevamento polare*: una sola stazione per collocare tutti i punti circostanti. Ma è con il nuovo millennio che abbiamo potuto assistere alla nascita dello strumento che ha portato nuova linfa al rilevamento architettonico: il *laser-scanner*. Non più solo dei punti significativi scelti dall’operatore, ma tutti i punti; non più una discretizzazione secondo una scelta più o meno limitata, ma una fitta matrice di punti distribuita omogeneamente nello spazio attorno allo strumento.

Ma di per sé, per quanto densa può essere la nuvola, essa non è in grado di fornire informazioni sulla geometria del soggetto, né, tanto meno, sulla sua natura fisica.

Oltre alla posizione del punto misurato lo scanner-laser è in grado di fornire la sua componente RGB, o semplicemente la luminosità apparente. Vi è però un enorme divario tra le due misurazioni; mentre la componente cromatica viene registrata da una fotocamera digitale che ripercorre l’intera sfera di scansione, il dato della luminosità è registrato contemporaneamente mediante l’emissione del raggio laser dello strumento. Mentre quindi per il colore c’è bisogno di luce esterna, la sola luminosità può essere registrata anche al buio, poiché lo scanner sfrutta l’emissione del raggio di luce coerente del laser per misurarne la *riflettanza*.

I *software* di elaborazione delle nuvole provvedono al passaggio guidato dal *modello di punti* al *modello di superfici*, la formazione di una serie di superfici composte da elementi minimi piani individuati dai punti, le *mesh*.

Il modello così ottenuto può venire successivamente arricchito dall’aspetto cromatico e chiaroscurale. Si completa, in questa maniera, la generazione di una rappresentazione analogica, virtuale, che riproduce il soggetto come se ne fosse la clonazione (Fig. 2).

Grazie alla tecnologia Laser il rilevamento *polare* ha raggiunto un alto livello evolutivo, a tal punto che ormai quasi ogni rilievo non può prescindere dalla sua utilizzazione. Tranne alcune tipologie particolari di scanner-laser che adoperano sistemi a triangolazione, la scansione laser ha una struttura polare e quindi, nel predisporre le operazioni di rilevamento, si deve tener presente questa fondamentale caratteristica, in maniera da cercare di coprire tutti i punti dell’oggetto architettonico e con il numero minimo di scansioni.

Però, indipendentemente dalla precisione dello strumento, la natura della superficie influisce molto sulle misure. Spigoli netti e vivi influiscono negativamente soprattutto quando sono presi

di scorcio, e così le superfici molto lucide e riflettenti, quelle molto scure, o le superfici convesse rispetto alle quali la scansione risulta tangente (come per i fusti delle colonne).

Problemi derivanti dall'illuminazione possono essere ridotti eseguendo la scansione nel buio totale; questa procedura consente la registrazione, oltre alle coordinate cartesiane, anche del valore di luminosità. Si ha quindi come risultato una superficie definita anche in B&N senza problemi chiaroscurali introdotti da superfici illuminate e in ombra (Fig. 3). La separata ripresa fotografica, con opportuna e omogenea illuminazione, produce poi una serie di fotografie applicabili sulla scansione in un secondo tempo. Si ottiene così un modello tridimensionale al quale poter applicare luci e ombre in funzione dell'effetto voluto e non condizionate dal momento del rilevamento.

Il modello di punti può però essere prodotto anche da una tecnologia che sfrutta un modello geometrico differente; non il rilevamento *polare* ma quello *epipolare*. Infatti sempre di più affiora una recente tecnologia che sfrutta il dinamico e fruttuoso sodalizio tra fotografia digitale e stereofotogrammetria: la *fotomodellazione*, il cui modello geometrico/analitico viene denominato *geometria epipolare*.

Il modello stereofotogrammetrico per la fotomodellazione viene elaborato informaticamente in maniera da facilitare la determinazione automatica di punti omologhi sulle immagini; punti che permettono poi di calcolarne la posizione nello spazio e produrre il risultato di una nuvola di punti meshata e mappata. Il modello automatico che permette l'operazione è definito attraverso la geometria epipolare, e definisce le regole per la scansione delle coppie di fotogrammi per la formazione del modello numerico.

Analogamente ai concetti base della stereofotogrammetria, l'*orientamento interno*, comune a tutti i fotogrammi, determina la posizione del centro di proiezione di ogni fotogramma (il punto nodale posteriore dell'ottica), e l'*orientamento relativo* ricostruisce la posizione reciproca di ogni coppia di fotogrammi contigui. Ogni coppia di punti omologhi ricostruisce, nello spazio, la posizione del punto relativo. Il sistema geometrico per il quale vengono cercati e individuati in modo automatico i punti omologhi viene detto *epipolare*. Per ogni punto di una immagine passa una *linea epipolare* che ha una sua omologa nell'altro fotogramma della coppia, e su quest'ultima viene cercato il punto omologo. Per poter essere ricostruito spazialmente ogni punto della superficie dell'oggetto deve essere presente in almeno due fotogrammi (Fig. 4).

Problemi di ricostruzione si hanno per le superfici uniformi e quindi c'è sempre bisogno di un minimo di variazione di tessitura superficiale, altrimenti non si ottiene alcuna ricostruzione morfologica.

Analogamente le fotografie per la modellazione devono essere eseguite in assenza di automatismi come messa a fuoco, esposizione e stabilizzazione d'immagine, in maniera che tutti i parametri rimangano costanti per tutti gli scatti. Questa attenzione genera omogeneità nei fotogrammi e permette un più accurato risultato delle operazioni automatizzate.

Ultima tecnologia nel rilevamento, in piena fase di sviluppo, è quella degli Aeromodelli o UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*), detti comunemente *droni* o SAPR (Sistemi Aeromobili a Pilotaggio Remoto). I più diffusi sono dotati di 4 eliche ad asse verticale che ne consentono il volo telecomandato da terra mediante un apposito *controllo remoto* dotato di display e leve. Sul drone è posizionata una telecamera in grado di eseguire fotografie e filmati.

Finalmente si possono rilevare non solo quei soggetti la cui raggiungibilità è legata a percorsi scomodi e scabrosi, ma anche quelle parti non raggiungibili o raggiungibili con grandi difficoltà e con mezzi particolari; pensiamo semplicemente alle coperture, o alle parti alte di torri. Ma i droni possono essere utilissimi anche per gli scavi archeologici, caratterizzati da strutture murarie di limitato sviluppo verticale ma la cui conformazione ed estensione comporterebbe un innumerevole numero di singole scansioni.

I campi tecnologici convergenti nei Droni sono tre: l'Aereomobile radiocomandato, la Fotografia digitale, la fotomodellazione. Algoritmi sempre più sofisticati, uniti a capacità di calcolo e di visualizzazione crescenti, stanno rendendo la tecnica della fotomodellazione sempre più precisa e affidabile. Unitamente a questo, la fotografia digitale ha ormai raggiunto risultati e potenzialità elaborative che la rendono non più minimamente paragonabile con il passato; portando qualità e operatività anche su sistemi camera-ottica di dimensioni e peso sempre più decrescenti. In fine il raffinamento delle tecnologie di radiocomando e di controllo remoto anche da tablet e smartphone hanno reso la navigazione con i droni sempre più facile.

I droni che attualmente occupano il maggior interesse sono quelli leggeri, sia nella fascia sotto i 2 kg sia in quella sotto i 300 g.<sup>3</sup> Appare del tutto scontato che i droni sino a 2 kg hanno migliore stabilità al vento, autonomia di volo intorno ai 30', e fotocamere con sensori di medie dimensioni da 20 Mpixel. Non bisogna comunque trascurare l'enorme trasportabilità di alcuni droni sotto i 300g, pur limitando il volo ai 10' e dotati di piccoli sensori ma con 10-13 Mpixel.

---

<sup>3</sup> In Italia l'ENAC (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile) ha recentemente aggiornato il Regolamento per i mezzi aerei a pilotaggio remoto stabilendo all'Art.12 comma 1 che: *Le operazioni specializzate condotte con SAPR di massa operativa al decollo minore o uguale a 2 kg sono considerate non critiche in tutti gli scenari operativi (...)*. Nello stesso Art. 12 al comma 5 si legge: *Le operazioni specializzate condotte con APR di massa al decollo minore o uguale a 0,3 kg con parti rotanti protette da impatto accidentale e con velocità massima minore o uguale a 60 km/h (...) sono considerate non critiche in tutti gli scenari operativi. Il pilota, al quale non è richiesto il possesso di un Attestato (...) deve comunque garantire che le operazioni siano svolte in osservanza delle regole (...)*.

Sia da terra sia dal cielo, la ripresa fotografica arricchisce enormemente il rilievo architettonico, una caratteristica solo parzialmente pensabile fino a poche decine di anni fa. L'acquisizione dei dati cromatici non porta però a risultati sempre utilizzabili.

Nel momento in cui una superficie colorata viene registrata con lo scopo, ad esempio, di conservare o restaurare, allora il metodo di registrazione deve seguire criteri rigorosi. Questo è ancora più valido quando le superfici dipinte costituiscono un carattere peculiare dell'architettura in esame, come nel caso delle facciate dipinte degli edifici o le pareti interne affrescate o a mosaico.

Il rilievo cromatico, prodotto in formato digitale, è destinato a mantenersi inalterato nel tempo, offrendo sempre la medesima impressione visiva. Eppure anche questo genere di documentazione presenta dei problemi tecnologici e fisici.

Mentre la misurazione della forma è assoluta e registra la posizione di ogni punto delle superfici, la misurazione del colore non registra l'effettivo colore delle superfici rilevate, ma solamente il loro aspetto cromatico al momento della ripresa.

La fotografia quindi deve soddisfare due esigenze fondamentali per il rilevamento del colore: la *corrispondenza luminosa* e la *corrispondenza cromatica*.<sup>4</sup>

Riguardo alla Luce; sembra una banalità, ma se si fotografa la facciata di un edificio in vari momenti del giorno, ci si accorge subito di quanto sia mutevole il suo aspetto soprattutto in virtù delle sue variazioni luminose. La fotografia registra non solo la *tinta* ma anche la *luminosità*.

Il Rilievo Architettonico dovrebbe registrare il colore oggettivo, quello non modificato da alcuna sorgente di luce; ma ciò sarebbe ottenibile solo attraverso la soppressione di qualsiasi ombra o variazione chiaroscurale: cosa che ancora oggi appare impossibile.

Spesso le superfici piane, e di dimensione ridotta ed accessibili, hanno la possibilità di essere illuminate omogeneamente; per le altre si possono cercare condizioni più approssimate.

Nel rilievo dei prospetti esterni la ripresa fotografica in ombra è la sola che può fornire un'illuminazione più uniforme possibile. Le giornate di sole coperto sono normalmente utilizzate per avere meno ombre possibili. Il problema della saturazione dei colori, che nell'ombra assume proporzioni evidenti, è facilmente aggirabile con la correzione in post-produzione di contrasto e luminosità locale.

---

<sup>4</sup> Sul rilievo del colore vedi: Carpiceci 2011e Carpiceci, Colonnese 2014.

Negli interni, tutto è affidato alla gestione totale delle sorgenti di luce. La prassi canonicamente utilizzata per la riproduzione dei dipinti è quella conosciuta; illuminatori e diffusori vengono posizionati in maniera da rendere le superfici omogeneamente coperte e quindi si procede agli scatti fotografici.

Un altro problema della corrispondenza luminosa è prodotto dalla mancata rugosità delle superfici, che quando presente facilita la omogenea illuminazione. Le superfici lucide sono affette dal fenomeno della riflessione, e quindi rappresentano un reale ostacolo alla loro misurazione cromatica: più è lucida la superficie più questa riflette, mostrandola, la fonte di luce, creando fenomeni d'abbagliamento. Quando questo fenomeno è generato da superfici di vetro la ripresa può essere effettuata mediante filtri polarizzanti applicati alle ottiche fotografiche, e in alcuni casi questi filtri vengono applicati anche sulle sorgenti illuminanti.

Sappiamo che ogni operazione di misura comporta un processo di approssimazione; e questo accade perché il rilevamento traduce alcuni elementi del soggetto (come la forma) in una serie di dati che ne memorizzano una quantità numerica. Il colore non è dispensato da questa regola, anzi, ne è una delle vittime silenziose.

Le fotocamere utilizzano generalmente un sensore di tipo CMOS (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*), costituito da una matrice rettangolare piena di fotorecettori in grado di trasformare l'intensità luminosa in energia elettrica. Ogni fotodiodo registra una sola banda cromatica ma il risultato finale è una immagine in cui ogni pixel ha le tre componenti RGB. Il colore finale non è, quindi, totalmente misurato ma in parte interpretato. L'elaborazione correttiva del software, unitamente all'alta risoluzione dell'immagine, fa sì che l'interpretazione fornita dalla matrice non si discosti eccessivamente dalla percezione diretta del soggetto. Del resto la nostra retina, ed in particolare la fovea, è strutturata con un sistema analogo di cellule fotosensibili (i coni) che registrano ognuna una gamma di frequenza diversa, dando poi come risultato la visione cromatica.

Il diagramma CIE (*Commission Internationale de l'Éclairage*) 1931 descrive la totalità dei colori percepibili dall'occhio umano. All'interno di questo possono venir rappresentate le aree che i vari dispositivi possono riprodurre e in genere sono confini triangolari. Tre colori primari individuano i vertici di uno *spazio colore* che contiene la *gamma cromatica (gamut)* che i tre colori riescono a riprodurre (Fig. 5).

I sistemi additivi di riproduzione come, ad es., i *monitor* sono basati sulla terna RGB (*Red, Green, Blue*), poiché sperimentalmente questi tre colori costituiscono la condizione necessaria e sufficiente a riprodurre un gamut tale da appagare quasi totalmente il nostro occhio.



Anche le fotocamere hanno questo sistema di riproduzione ed in particolare possono essere impostati solitamente due spazi colore: sRGB e Adobe RGB. Il primo (sRGB) corrisponde alla maggior parte dei dispositivi per la visualizzazione e offre il 35% dello spazio totale dei colori visibili dall'occhio umano. Con l'Adobe RGB si arriva alla copertura del 50% dello spazio totale dei colori, ma necessità di dispositivi capaci di un altrettanto ampio Gamut. Oltre non ci sono dispositivi in grado di registrare.

Nonostante le grandi potenzialità, e lo sconvolgimento metodologico, le nuove tecnologie non hanno prodotto una trasformazione radicale dei risultati; se non altro per quella parte del rilievo architettonico che continua ad essere identificata col disegno. Si è però venuta a creare una sconnessione, una frattura, tra il disegno e il modello digitale la cui virtù principale consiste nel fatto che esso simuli la realtà, riproducendone l'aspetto esteriore.

La nuvola di punti (ancorché colorata) è solo un insieme di coordinate che descrivono la superficie del soggetto. La visualizzazione del modello appaga l'occhio dell'osservatore che naviga attraverso lo spazio simulato, dandogli la sensazione di possedere l'oggetto reale. Si tratta però solo di una grande mole di dati metrici ancora da elaborare.

Siamo solo all'inizio. Per una qualsiasi operazione di restauro, di conservazione e di conoscenza *tout court*, si ha la necessità di lavorare criticamente sui dati, elaborarli, modificarli, secondo un obiettivo, uno scopo predefinito. La nuvola rappresenta solo una cristallizzazione della forma e dell'aspetto del soggetto architettonico che, successivamente, per essere letto, studiato, misurato ed elaborato, va "trattato". Il modello di punti stesso, seppure abbia caratteristiche formali riconoscibili, deve essere trasformato in modello geometrico per essere trasmesso e compreso. Allo stesso modo un'architettura digitalizzata, per essere compresa e spiegata, ha bisogno di essere tradotta, non solo nella sua rappresentazione grafica ma anche in uno specifico modello tridimensionale adatto a convertire i dati dimensionali in informazioni significative e utili alla conoscenza dello spazio.

È sicuramente un fatto assodato che il rilievo architettonico abbia avuto un grande incremento tecnologico dallo sviluppo delle ultime tecnologie. È anche vero, però, che bisogna guardarsi dal fascino e dalla emotività effimera del "sembra vero" che tali tecnologie facilmente offrono, e piuttosto indirizzarne gli esiti verso quelle rappresentazioni che privilegiano la qualità, la leggibilità dei dati e la trasmissione della conoscenza organizzata e misurabile.

All'inizio della storia informatica, a tenere dritta la barra del timone era la volontà di ottenere dal computer la stessa qualità e precisione grafica raggiunta dal disegno manuale. Oggi la rappresentazione si è arricchita di nuovi formati multimediali, ma bisogna far sì che a questi si affianchi una complessa e critica produzione di disegni e immagini, anche bidimensionali; e ciò si rivela sempre più necessario per poter comprendere, descrivere e comunicare l'architettura.

### *La scansione e programmi futuri*

Nel 2015 l'intento dell'indagine era quello di rilevare esclusivamente l'oratorio di San Zenone, quindi l'attività si risolse in sole 8 scansioni (Fig. 6<sup>s</sup>-9). La cappella ha un ingresso dalla navata destra (Nord-Est) sottolineato da due grandi colonne architravate e sovrastato da un'ampia finestra ad arco. L'interno ha una pianta quadrangolare con quattro colonne angolari e tre nicchie quadrangolari. La copertura è una volta a crociera senza spigoli, ossia gli archi diagonali sono stoncati e si concludono alle spalle delle grandi colonne che ne mimano, anche se in aggetto, il sostegno. Al di sopra delle nicchie vi sono tre finestre delle quali solo quella dell'altare non è cieca, permettendo così l'ingresso della luce dal lato Nord-Est.

Parti alte non raggiungibili si sono rivelate solo le superfici superiori al livello d'imposta e dell'architrave d'ingresso, e le soglie delle finestre. Si è dato per scontato quindi che quella parte non sarebbe stata rilevata dallo scanner e si sarebbe potuta ricostruire mediante misurazione diretta.

Per la copertura (quasi) completa delle colonne si sono eseguite più scansioni lasciando inesplorata solamente una esigua porzione posteriore in corrispondenza dell'angolo del quadrato planimetrico.

A completamento della "campagna" si è eseguita anche la scansione del sacello del cardinale Alain de Coëtivy dall'assetto architettonico essenziale: un rettangolo coperto da volta a botte.

Nel 2016 si è estesa l'indagine, per quanto possibile, all'intera basilica. Si è partiti dall'interno dell'ingresso principale da Sud-Est che, tramite una scalinata coperta, porta ad un cortile (Fig. 10). Su questo è ancora presente la facciata della chiesa e le colonne visibili all'interno dei muri perimetrali rimangono a testimonianza dell'originaria presenza del quadriportico. La navata centrale è coperta da un cassettonato ligneo e scandita longitudinalmente da una sequenza di coppie di colonne intervallate da pilastri rettangolari.

La zona presbiteriale è sopraelevata per la presenza della cripta ed è demarcata da un ampio arco trionfale. Lateralmente è chiusa, rispetto al transetto in corrispondenza delle navate, da due pareti scandite da grandi colonne trabeate. Al centro vi è un imponente ciborio.

Data la complessità morfologica di tutta questa zona, frutto del rifacimento settecentesco, si sono eseguite una serie di scansioni con l'intento di ritornare successivamente a coprire le zone d'ombra rilevate in sede di registrazione (unione) delle nuvole di punti.

---

<sup>5</sup> Si ricorda che l'*ipografia* è una particolare forma di rappresentazione planimetrica che invece di guardare verso il basso si rivolge verso l'alto, e quindi "dal basso". Ne consegue che la linea che descrive la sezione è specchiata rispetto alla pianta tradizionale e in luogo della pavimentazione si possono così "vedere" gli intradossi delle superfici voltate, i cassettonati, e tutte le parti inferiori delle coperture.

Quest'anno si dovrebbe concludere la fase di scansione degli interni, con la cripta, le cappelle laterali e il campanile. Si cercherà anche di registrare quanto più possibile le superfici esterne come il protiro d'ingresso a Sud-Est e la parete Nord-Est.

Verranno sperimentate anche tecniche di fotomodellazione da drone per la copertura delle superfici alte inaccessibili, ma sempre negli ambienti interni. Purtroppo Roma è chiusa ai droni e quindi sarà difficile, se non impossibile, riuscire a volare sulle coperture di Santa Prassede. Forse uffici e alberghi circostanti potrebbero comunque offrire luoghi elevati dai quali poter arricchire i dati 3D del modello generale.

Dal punto di vista cromatico si inizierà la copertura fotografica di San Zenone e, poi a seguire, della navata centrale e della zona absidale.

Una volta formato il modello completo, si inizierà la definizione del *modello geometrico* e con esso la scomposizione degli elementi per l'*analisi grafica* e il *Reverse Engineering* architettonico.

**BIBLIOGRAFIA**

BIANCHINI, Carlo, 2013. *La documentazione dei teatri antichi del Mediterraneo. Le attività del progetto Athena a Mérida*, Roma, Gangemi editori.

CARPICECI, Marco, 2011. “Twilight Zone del colore”, “*Atti della VII Conferenza Nazionale del Colore*”, *Quaderni di Ottica e Fotonica*, 20: 47-54.

— 2012. *Modelli geometrici e costruzioni grafiche per il rilevamento architettonico*, Roma, Aracne editrice.

— 2013. “Siamo solo agli inizi del rilevamento digitale: alcune considerazioni sullo sviluppo delle attuali tecnologie”, *Quaestio*, XV, 27, maggio: 53-64.

CARPICECI, Marco; Colonnese, Fabio, 2014. “Rilievo e documentazione del colore in architettura: un problema attuale e irrisolto”, 2° *Convegno internazionale ReUSO, Università degli studi di Firenze, 6-8 novembre 2014, “La cultura del restauro e della valorizzazione”*, 2 vol., Firenze: I, 189-196.

CUNDARI, Cesare, 2012. *Il Rilievo Architettonico. Ragioni. Fondamenti. Applicazioni*, Roma, Ermes.

FASOLO, Vincenzo, 1962. *Analisi grafica dei valori architettonici*, Roma.

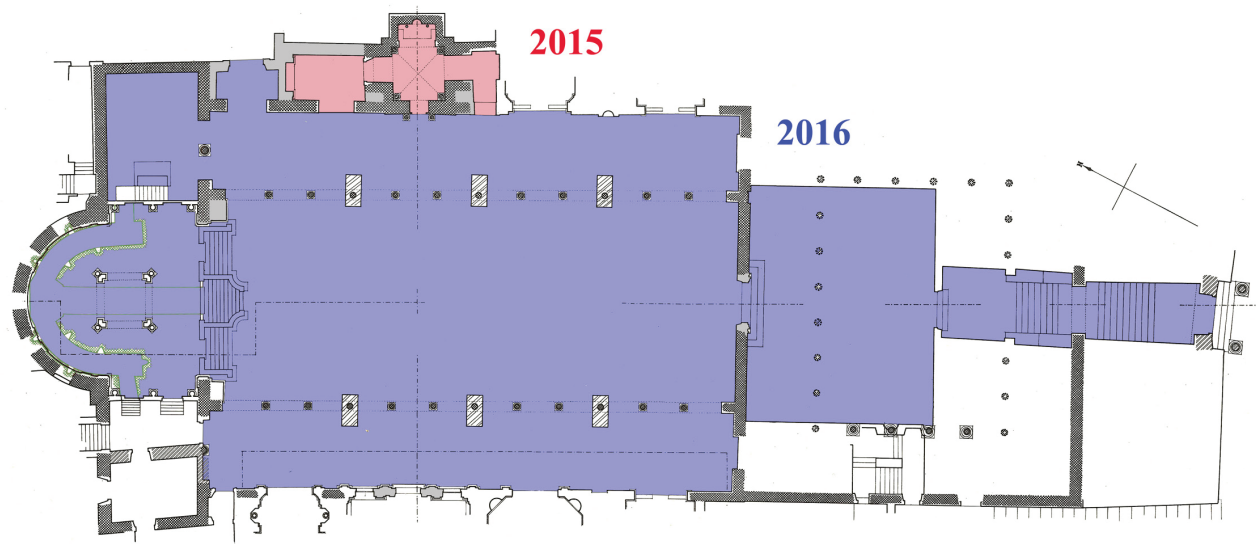
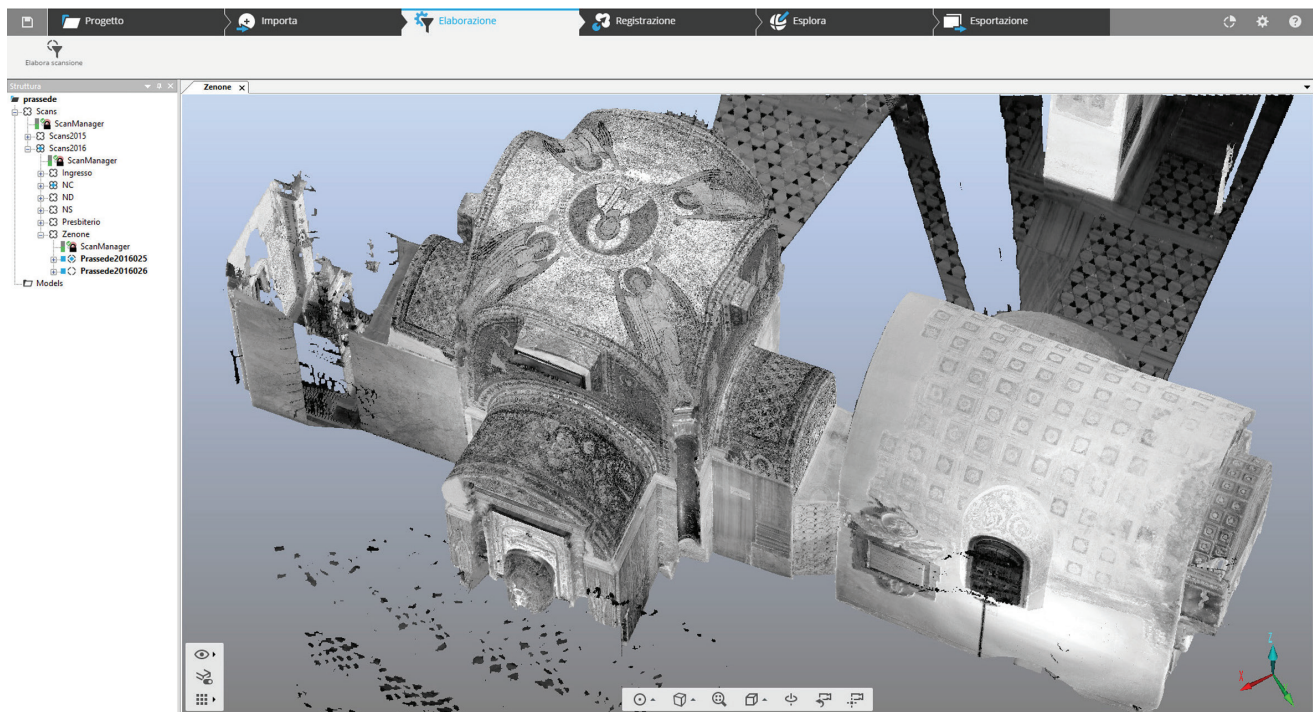


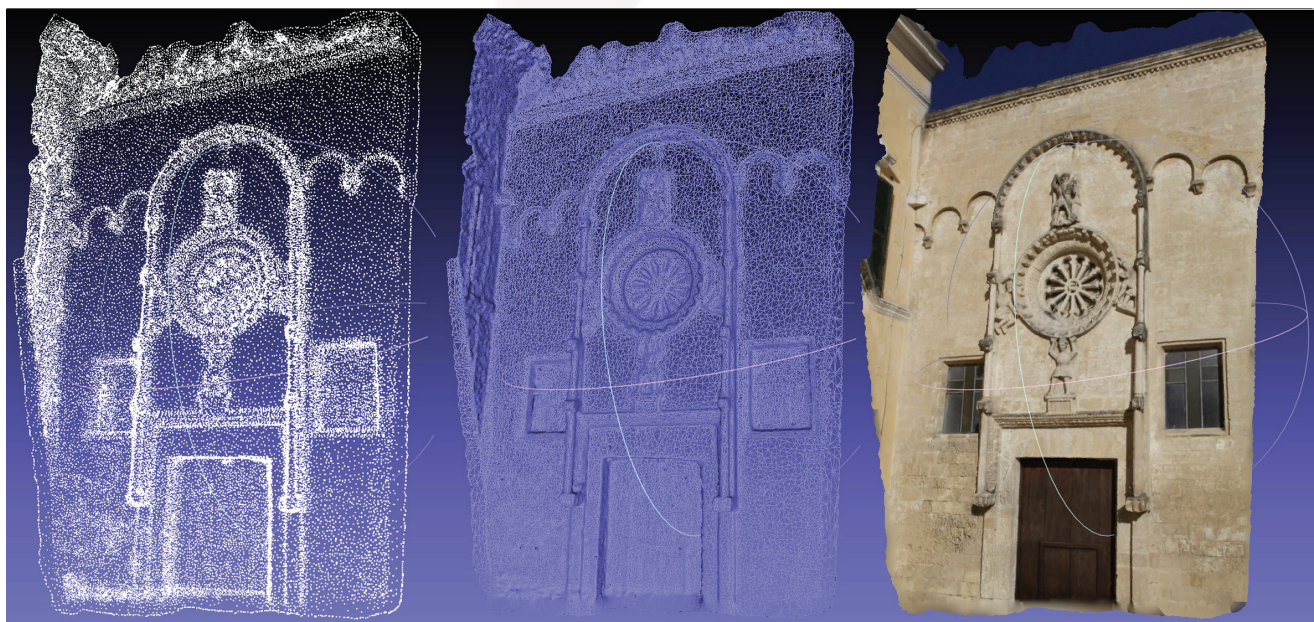
Fig. 1 Copertura delle scansioni nei primi due anni di attività a Santa Prassede.



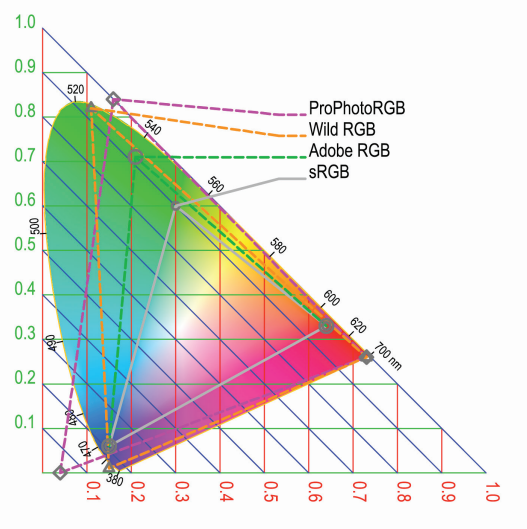
Fig. 2 Roma, San Paolo fuori le Mura, ciborio. Tre aspetti del rilievo architettonico: il rilevamento cromatico mediante fotografia digitale, il rilevamento morfologico tramite rendering del modello geometrico, la scomposizione del soggetto in elementi assemblati.



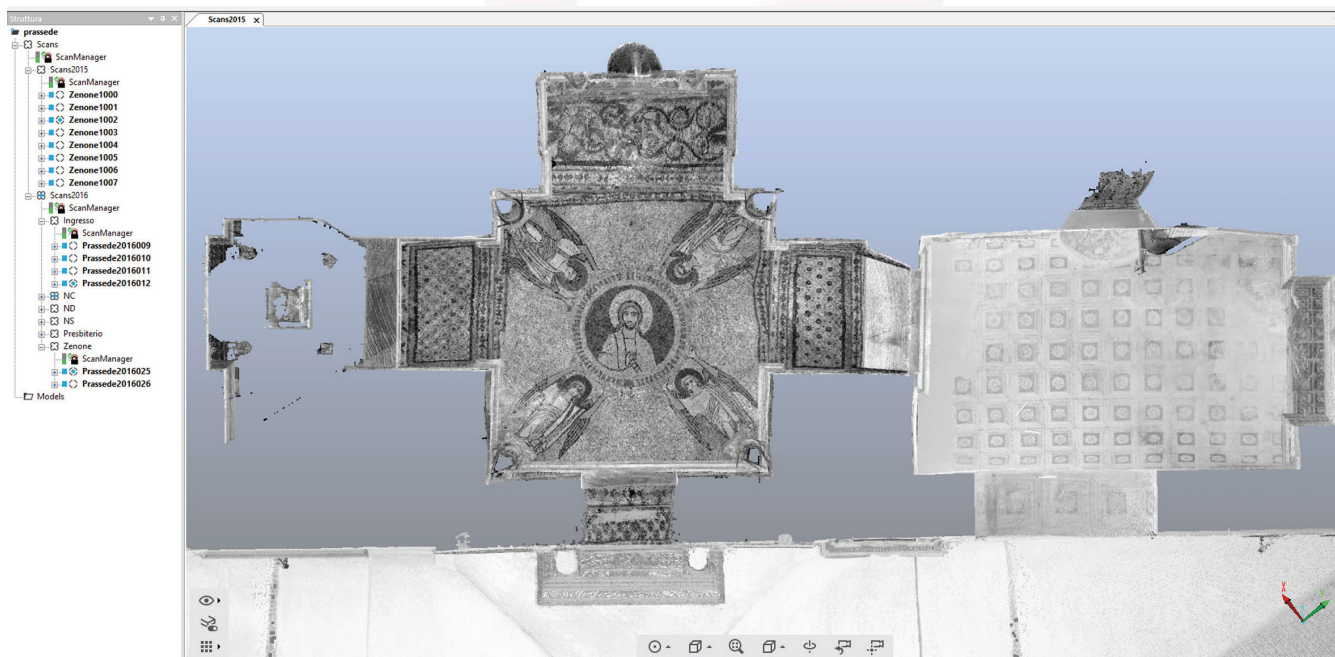
**Fig. 3** Roma, Basilica di Santa Prassede, cappella di San Zenone. La scansione laser con riflettanza, eseguita all'interno, consente la visualizzazione della morfologia dell'architettura secondo una modalità inconsueta, e per questo capace di mostrare nuovi aspetti normalmente non considerati.



**Fig. 4** Matera, San Domenico, facciata. Le tre fasi della fotomodellazione: determinazione della nuvola di punti; determinazione delle superfici mesh; mappatura con i dati cromatici rilevati dalla fotocamera.



**Fig. 5** Il diagramma CIE 1931 con la rappresentazione degli spazi colore (gamut) di alcuni dispositivi di riproduzione.



**Fig. 6** Roma Santa Prassede, Oratorio di San Zenone. Ipografia.



Fig. 7 Roma Santa Prassede, Oratorio di San Zenone. Prospetto d'ingresso dalla navata destra (Nord-Est).



Fig. 8 Roma Santa Prassede, Oratorio di San Zenone. Sezione longitudinale verso Nord-Est.



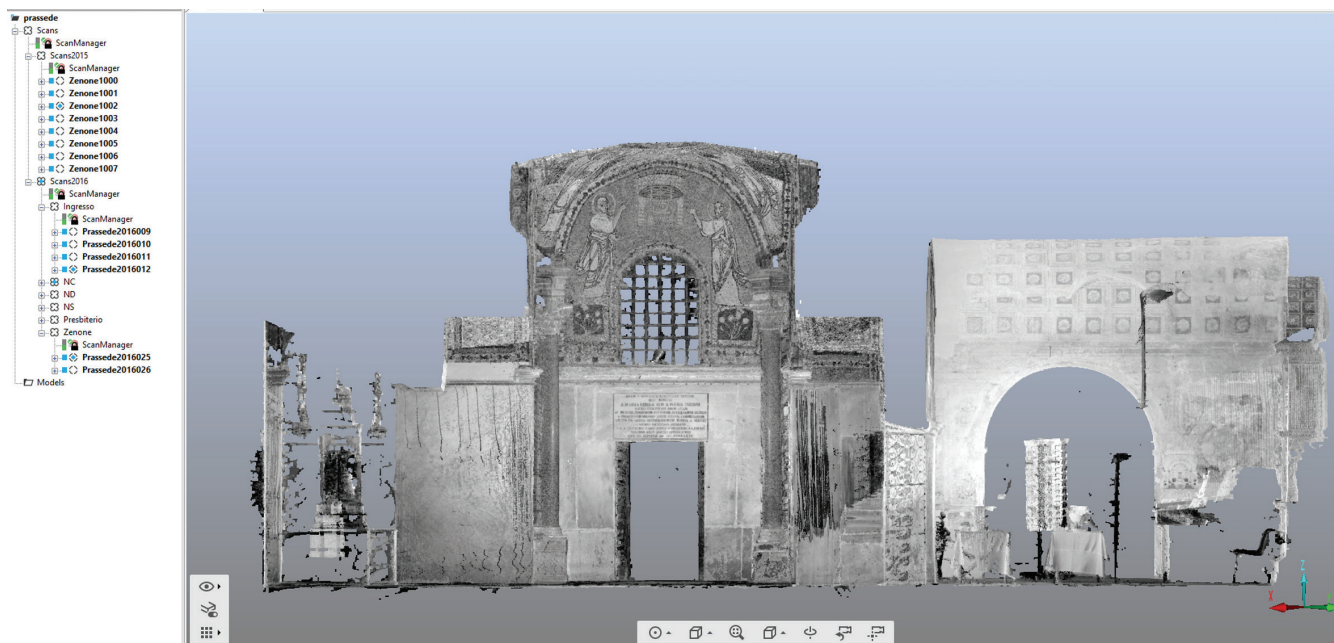


Fig. 9 Roma Santa Prassede, Oratorio di San Zenone. Sezione longitudinale verso Sud-Ovest.

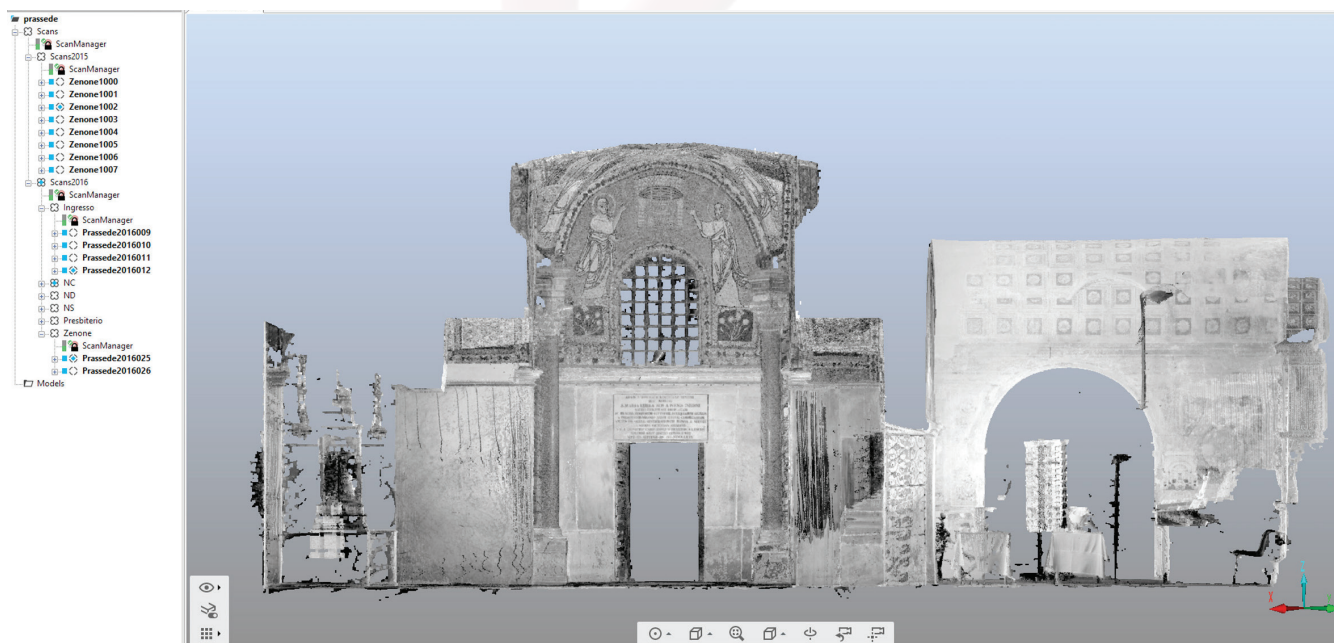


Fig. 10 Roma Santa Prassede, Accesso frontale. Sezione longitudinale della scalinata d'ingresso e del cortile.