

POLITECNICO DI TORINO



COLLEGIO DI ARCHITETTURA

Anno Accademico 2018-2019

Corso di LM in Architettura per il Progetto Sostenibile
TESI

di Laurea Magistrale

“La Parrocchiale di Busca, opera di Francesco Gallo”
“Dal rilievo metrico 3D al percorso di visita del sottotetto”

Relatori: Prof.ssa Carla Bartolozzi Carla
Prof.ssa Antonia Teresa Spanò

Candidato: Davide Rossi

INDICE

- 1_ Premessa

- 2_ La città di Busca e il suo patrimonio di architettura storica religiosa

- 3_ La parrocchiale di Busca
 - 3.1_ Dalle origini al sec XVIII
 - 3.2_ Il dibattito per la demolizione dell'antica chiesa
 - 3.3_ La scelta di Francesco Gallo
 - 3.4_ Il progetto della nuova chiesa Parrocchiale
 - 3.5_ Misure della nuova chiesa parrocchiale

- 4_ La struttura di Copertura
 - 4.1_ 1731-1737 problemi del manto di copertura
 - 4.2_ 1740 demolizione guglia campanaria
 - 4.3_ 1853-1854 lavori tetto
 - 4.4_ 2012 intervento di consolidamento capriate

- 5_ Lo studio dello stato di fatto tramite il rilievo metrico 3D
 - 5.1_ L'utilizzo del rilievo metrico 3D per i beni culturali
 - 5.2_ Basi metodologiche del rilievo metrico 3D
 - 5.2.1_ Inquadramento topografico
 - 5.2.2_ Tecnologia laser scanner terrestre
 - 5.2.3_ Metodo fotogrammetrico
 - 5.2.4_ Tecnologia laser scanner mobile

- 5.3_ Progetto di rilievo della chiesa parrocchiale “M.V. Assunta” di Busca
 - 5.3.1_ Rete topografica
 - 5.3.2_ Acquisizione delle scansioni tramite laser scanner terrestre
 - 5.3.2.1_ Generazione modelli acquisiti con laser scanner terrestre
 - 5.3.3_ Acquisizione dei fotogrammi
 - 5.3.3.1_ Generazione modello acquisito dal rilievo fotogrammetrico
 - 5.3.4_ Acquisizione delle scansioni tramite laser scanner mobile ZebRevo
 - 5.3.4.1_ Generazione modello acquisito tramite il rilievo con laser scanner mobile
- 5.4_ Elaborazione delle nuvole di punti
- 5.5_ Ottimizzazione e realizzazione dei risultati del rilievo
 - 5.5.1_ Scelta delle nuvole di punti e successiva pulitura
 - 5.5.2_ Estrazione dei modelli bidimensionali
- 5.6_ Rilievo
- 6_ Progetto di un percorso di visita del sottotetto
 - 6.1_ Altri riferimenti
- 7_ Conclusioni
- 8_ Elaborati grafici
- 9_ Bibliografia

1_ PREMESSA

Questa tesi nasce come conclusione di un percorso di studi e di esperienze di tirocini effettuati in studi tecnici e per ultimo nel comune della mia città, Busca, che spesso mi hanno messo a contatto con il rilievo metrico di beni ecclesiastici.

La tesi non vuole solo essere la conclusione del mio percorso didattico ma grazie all'utilizzo di nuove tecnologie per i rilievi dei beni storici culturali, studiate ed impiegate per il lavoro nella Chiesa Parrocchiale di Busca, mi ha fatto apprendere un nuovo modo di vedere il rilievo che potrò impiegare per i lavori futuri, grazie all'innovazione tecnologica degli ultimi anni, è stato rivoluzionato l'approccio alla sostenibilità del rilievo e l'elaborazione dei dati ottenuti.

Lo studio di questo lavoro si concentra sulla Chiesa Parrocchiale Maria Vergine Assunta di Busca opera dell'architetto Francesco Gallo, la chiesa è inserita nella schedatura¹ delle opere dell'architetto ma purtroppo non vi è la presenza di molto materiale disponibile, gli unici disegni e notizie storiche sono reperibili nel libro² su Busca di Don Fino che raccoglie gli ordinati storici e le notizie dell'archivio parrocchiale.

Questa tesi vuole avanzare una proposta di conoscenza più approfondita ed immediata della Chiesa Parrocchiale "M. V. Assunta", grande patrimonio architettonico ecclesiale presente nella città di Busca. L'idea è quella di creare un punto di incontro tra il cittadino-turista e la Chiesa realizzando un percorso di visita che porti, grazie alla scoperta di luoghi sconosciuti e rimasti nascosti fino ad oggi, alla conoscenza della parrocchia e dell'evoluzione che ha subito nel corso degli anni.

L'obiettivo principale della ricerca è lo sviluppo di un progetto di conoscenza e valorizzazione del manufatto preso in esame, partendo da una fase di indagine per avere un primo approccio con il bene, proseguendo con una fase di studio più approfondito dalla quale si arriva a trarre valutazioni e conclusioni che hanno portato alla proposta di intervento.

La prima fase di indagine, diretta ed indiretta,

1 V. Comoli e L. Palmucci, Francesco Gallo: 1672-1750 : un architetto ingegnere tra stato e provincia, Torino, Celid, 2000

2 F. Fino, La vita a Busca nel 700, 1992

ha richiesto un ingente investimento di tempo e risorse, numerosi sopralluoghi, ed un continuo percorso di andata e ritorno nel tentativo di mettere insieme le informazioni raccolte. Alcuni dati sono rimasti al “contorno” e non è stato possibile inserirli o approfondirli quanto meriterebbero nel presente lavoro, ma la quantità di dati raccolti è considerevole.

La fase di studio si articola, in tre principali momenti: l’analisi storico-critica, il rilievo geometrico ed infine le valutazioni.

L’analisi storico-critica ha consentito di acquisire informazioni sulle fasi costruttive della chiesa e sulle sue trasformazioni nel tempo, mentre il rilievo geometrico della fabbrica ha permesso la redazione di tavole dello stato di fatto per un’analisi della chiesa ad oggi.

Sulla base di questo lavoro, è stata fatta una prima valutazione sullo stato di salute della costruzione, per poi passare allo studio approfondito sulla copertura.

Relativamente alla copertura, è stata inizialmente effettuata un’analisi delle antiche tecniche utilizzate nelle costruzioni in legno, seguita da un’analisi del sistema voltato.

Dopo aver effettuato queste analisi si è giunti alla proposta di andare a creare un percorso di visita del sottotetto che valorizza ciò che è noto e visibile a pochi, per consentire a tutti di poter entrare in un luogo di non facile accesso mediante la realizzazione di un sistema di passerelle e scale che rendano fruibile al pubblico questo tesoro artistico.

2_ LA CITTÀ DI BUSCA E IL SUO PATRIMONIO DI ARCHITETTURA STORICO RELIGIOSA

Busca è oggi una città di circa 10.000 abitanti, costituita da un centro storico, configurato nello spazio delle antiche mura, e dalle numerose frazioni circostanti. E' collocata in una felice posizione geografica, ai piedi della collina morenica che la circonda ad anfiteatro e che, riparandola dai venti freddi, le conferisce un clima mite apprezzato fin dall'antichità.

L'economia della città verte sul terziario, l'agricoltura e alcune attività artigiane. Nei secoli scorsi, sino alla seconda guerra mondiale, era fiorentissima a Busca l'industria serica con una produzione di altissima qualità, nota ed esportata sino in America.

Il territorio di Busca ha un'estensione di 65,77 km² per due terzi pianeggiante appartenente all'ambito della pianura cuneese e per un terzo caratterizzato dal rilievo collinare che rappresenta le propaggini della dorsale tra la Val Maira e la Val Varaita, ed è posto ad un'altitudine che varia tra 438 e 1600 m. s. l. m. (il capoluogo è a 500 m. s. l. m.) E' attraversato da sud-ovest in direzione nord-est dal torrente Maira in cui confluisce, a circa metà di questo sviluppo, il torrente Talutto, approssimativamente parallelo al Maira e anch'esso proveniente da sud-ovest.



Foto di Busca, archivio comunale

La Città di Busca, appartenente alla Provincia di Cuneo e alla Diocesi di Saluzzo, è facilmente raggiungibile grazie a una rete autostradale sufficientemente vicina. Ci riferiamo all'autostrada A33 Cuneo – Asti (uscita casello Cuneo) e alla A6 Torino- Savona (uscita caselli di Fossano e di Marene). Dista da Cuneo 17 km e da Torino 75.

Il centro storico di Busca conserva l'impianto urbanistico medioevale.

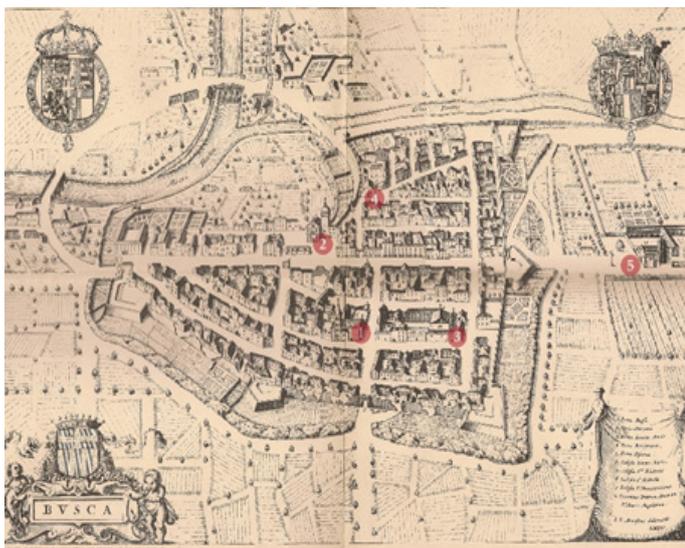
La cinta muraria, realizzata a metà del '400, dotata di merlatura guelfa, è ancora visibile a tratti: a nord, lungo corso Giolitti, inglobata nelle case settecentesche; a ovest, in viale Concordia, dietro i condomini dell'Annunziata; a sud-ovest nei bastioni che danno sul Talutto e sul Maira¹.

Dall'estratto della veduta di Busca dal "Theatrum Statuum Sabaudiae Ducis" (Amsterdam 1682) si può vedere come era composto il patrimonio architettonico ecclesiastico alla fine del

1 Archivio comunale



Foto di Busca, archivio comunale



Secolo XVII - Estratto della veduta di Busca dal
"Theatrum Statuum Sabaudiae Ducis" (Amsterdam 1682)

sec. XVII. Vi erano infatti all'interno della cinta muraria quattro chiese tra cui La Parrocchia di Santa Maria (1), La chiesa della SS. Trinità (2), La chiesa della SS. Annunziata (3), La chiesa di San Michele (4) oggi convertita in teatro, e all'esterno del centro storico vi era il Convento dei Cappuccini (5)

Ad oggi il patrimonio di architettura storica religiosa della città di Busca si compone di tre chiese all'interno del centro storico quali la Parrocchia di S. M. Vergine Assunta, la Confraternita della SS. Annunziata e la Confraternita della SS. Trinità. Attorno al centro storico sono distribuite sul territorio altri edifici ecclesiastici i principali sono il Convento dei Cappuccini, la Cappella di S. Stefano, la Cappella di S. Sebastiano, la Cappella di S. Quintino, la Cappella di S. Giacomo, la Cappella di S. Bernardo e la Chiesa di Madonna del Campanile.

In questo lavoro di tesi si analizza la Chiesa Parrocchiale di S. M. Vergine Assunta. La chiesa parrocchiale di Maria Vergine Assunta di Busca rappresenta un importante esempio di architettura del Barocco piemontese. La maggior parte della popolazione di questi luoghi è a conoscenza dell'esistenza della chiesa, ma non immagina neppure lontanamente il valore e l'importanza storica di tale monumento.

Come in seguito verrà descritto, l'impianto architettonico e l'apparato decorativo della Chiesa sono di notevole importanza, in quanto ricchi di storia e di pregio artistico e per tale ragione, ripercorrendo la sua storia dalle origini fino al progetto e ai lavori di restauro effettuati nel corso degli anni, andiamo a studiare il bene nel suo complesso per poi focalizzare l'attenzione sul sistema costruttivo della copertura. La chiesa parrocchiale è situata nella parte dell'abitato del centro storico di Busca, a nord di via Umberto I. La posizione arretrata rispetto alla linea degli isolati laterali ed il piano rialzato su cui sorge, sottolineano le dimensioni dell'edificio, la cui mole compatta domina la città.

La facciata, rivolta a occidente, è interamente in



Foto di Busca, archivio comunale

cotto a vista e presenta due corpi leggermente arretrati in corrispondenza degli altari laterali; si compone di due ordini sovrapposti, lungo i quali si susseguono lesene e due coppie di semicolonne che fiancheggiano rispettivamente portale e finestra. Al centro del primo ordine si apre il grande portale rimasto incompiuto, fiancheggiato dalle semicolonne, in corrispondenza delle quali, al di sopra della trabeazione, si imposta un timpano curvo. Il secondo ordine ripropone gli stessi elementi del primo e, in corrispondenza del portale, presenta una finestra rettangolare con cornice e timpano curvo. Al di sopra della seconda trabeazione il frontone triangolare chiude lo sviluppo della facciata, coronata da vasi in pietra con fiamme. E' presente, sul lato nord, in corrispondenza del corpo aggettante del secondo altare laterale, la torre campanaria medievale, unica testimonianza del preesistente edificio: si eleva dal terreno con pianta quadrata e struttura mista in mattoni, pietre di fiume e pietre angolari squadrate. Nella sua parte ad est la chiesa si unisce ad altre costruzioni, la casa canonica ed altre abitazioni private.

L'interno, cui si accede attraverso una bussola in legno, appare spazioso e l'attenzione si concentra naturalmente sull'altare maggiore, che sorge in posizione rialzata, al centro di un ampio presbiterio cui segue un'abside che accresce ulteriormente il senso di lunghezza. La pianta si ispira alla croce greca, ma con netta predominanza dell'asse longitudinale; sui due bracci trasversali trovano posto i due altari laterali principali, mentre altri quattro altari laterali, di dimensioni minori, si aprono nelle pareti a fianco dei suddetti. L'incontro dei bracci genera un quadrato di base cui corrisponde, nel centro del soffitto, una volta ribassata a pianta circolare. Le restanti volte sono a botte con lunette in corrispondenza delle aperture, mentre il presbiterio è sormontato da una cupola emisferica e l'abside, a pianta semicircolare, da una volta a catino.



Busca, Chiesa Parrocchiale, immagine satellitare, Google Earth Pro.

3_
LA
PARROCCHIALE
DI BUSCA

3.1_ DALLE ORIGINI AL SEC XVIII

La parrocchia di Santa Maria nasce nel XII secolo a seguito del trasferimento delle sedi parrocchiali collinari di Santa Maria di Attissano e Santa Maria di Bovignano nel nuovo insediamento di pianura.

Dal più antico documento sulle chiese buschesi, datato 1217, apprendiamo che la parrocchia di Santa Maria era retta da un priore dipendente dalla canonica regolare di Manzano nei pressi di Cherasco.

Tra la fine del secolo XV e l'inizio del seguente viene realizzato l'antico fonte battesimale, opera dei fratelli Zabrerri, che ancora si conserva in un piccolo vano laterale adiacente la bussola d'ingresso.

Nel 1565 appare la prima attestazione dello spostamento presso la parrocchia della parrocchia collinare di Santo Stefano.

Da una visita pastorale del 1582 apprendiamo che la parrocchia aveva due lunghe finestre nell'abside, che il visitatore ordinò di murare e sostituire con una sola di forma circolare; il pavimento era in terra battuta e i muri umidi e scrostati. Nel campanile, giunto sino a noi, paiono scorgersi resti di antiche decorazioni pittoriche. Dall'incisione di Busca presente nel *Theatrum Sabaudiae* apprendiamo che la chiesa aveva facciata a salienti ed era in posizione più avanzata rispetto all'attuale.

Sul fare degli anni trenta la facciata presentava problemi statici che portarono il comune ad intervenire con lavori di consolidamento e inchiostramento nel 1635 e nel 1685.

Nel 1697 una relazione del parroco ci descrive sommariamente la chiesa; da essa ricaviamo che era suddivisa in tre navate separate da pilastri in mattoni, l'altare maggiore aveva un tabernacolo in legno dorato e sopra di esso era appesa l'icona raffigurante l'Assunzione della Vergine con i quattro martiri Tebei, il presbiterio era chiuso da una balaustra in legno di noce e nel pavimento trovano posto le tombe dei preti. Nelle navate laterali vi erano gli altari laterali e le cappelle private in cui trovano posto, a sinistra, le ancore dedicate a San Giovanni Battista, Sant'Orsola e La Disputa di Gesù fra i dottori del Tempio, i Santi Agata e Stefano, la Beata Vergine Maria e i santi Crispino e Agostino con un ulteriore quadro di San Filippo Neri e, in ultimo,

San Lorenzo mentre a destra la Madonna del Carmine, San Gregorio, Concezione di Maria Vergine con i quadri di San Giuseppe e San Francesco Saverio, SS. Trinità¹.

¹ Archivio Storico, Sunto dei documenti riguardanti la chiesa, 1737, Parrocchia di Maria V. Assunta Busca

3.2_ IL DIBATTITO PER LA DEMOLIZIONE DELL'ANTICA CHIESA

Già nel 1708 la comunità di Busca commissiona progetti per una nuova chiesa parrocchiale, con la facciata rivolta in direzione dell'attuale via Umberto I, all'ingegner Tarisso. Questo progetto verrà abbandonato.

Il 23 febbraio 1717 il comune delibera l'abbattimento dell'antica chiesa parrocchiale e viene commissionato all'architetto Francesco Gallo di Mondovì il progetto del nuovo edificio da costruirsi.

Una serie di liti fra il parroco e il comune, protrattesi per mesi, portò all'arresto dei lavori. Trovato un accordo si procedette alla benedizione della prima pietra il 15 ottobre 1717.

Il progetto del Gallo non venne portato a termine non essendo stati realizzati la sacrestia, costruita nel 1829, il campanile e il portale in pietra scolpita.

Nel 1725 Matteo Brezzi di Ricogno, presso Dronero, scolpisce i vasi che coronano la facciata mentre tre anni più tardi Antonio Castelli da Savigliano realizza il portone, in legno di noce, della chiesa ; lo stesso artista fra il 1725 e il 1729 realizzerà anche il pulpito.

Sul finire degli anni venti si procede alla decorazione in stucco ad opera dello svizzero Cipriano Beltramelli e alla realizzazione degli altari laterali e dell'altare maggiore in stucco secondo il disegno del Gallo.

La chiesa è benedetta nel giugno del 1729 e nello stesso anno si acquista un organo da Filippo Laudesio di Centallo; questo strumento verrà sostituito nel 1838 da uno dei fratelli Serassi di Bergamo e successivamente ampliato dai fratelli Vittino di Centallo nel 1928.

La cassa esterna viene disegnata negli stessi anni dall'architetto Ottavio Mina e scolpita dal "minusiere" G. Battista Giordanino di Busca.

Nel 1730 arriva in parrocchia la pala dell'altare di San Vitale opera del pittore Francesco Gaggini. Nel 1740 viene abbattuta la guglia pericolante dell'antico campanile e viene sostituita con un tetto tutt'oggi esistente.

Nel 1767 si acquista la statua della Madonna del Carmine dallo scultore torinese Stefano Maria Clemente.

Nel 1781 si commissiona un nuovo altare maggiore all'architetto Luigi Barberis; esso verrà realizzato dal piccapietre Felice Gogi.

Fra il 1782 e il 1785 l'intelvese Carlo Scotti dipinge il presbiterio mentre nel 1794 su ordine di Carlo Emanuele IV vengono calate le campane per essere rifuse trovandosi il Piemonte in guerra con la Francia.

A seguito delle soppressioni napoleoniche la parrocchia acquista gli stalli del coro provenienti dall'eremo camaldolese di Belmonte. Essi si possono ancora ammirare nel presbiterio e dietro l'altare e risalgono al secolo XVII.

Nel 1825 veniva sostituito l'antico pavimento di cotto con quadrettoni in quarzite di Barge.

Fra il 1927 e il 1929 il pittore Giorgio Boasso dipinge le volte e le pareti della chiesa.

Nel 1960 viene messo in opera il nuovo battistero su progetto dell'architetto Delle Piane. Nel 2008 si esegue il restauro dell'organo nella sua interezza (parte fonica cassa e tribuna). Nel 2012 a seguito del cedimento della prima capriata verso la facciata, ne è stato eseguito il rinforzo strutturale con inserimento di placche metalliche.

Nel 2013 a causa di problemi di umidità e risalita è stato eseguito il risanamento delle colonne della tribuna e di porzioni della controfacciata¹.

¹ Archivio Storico, Sunto dei documenti riguardanti la chiesa, 1737, Parrocchia di Maria V. Assunta Busca

3.3_ LA SCELTA DI FRANCESCO GALLO

L'anno che portò alla storica decisione di costruire una nuova parrocchia fu il 1717. Nella seduta del 23 settembre il Consiglio Comunale prese la seguente deliberazione: "il consiglio, conoscendo pur troppo la strettezza, angustezza et indecenza della parrocchia di questo luogo non capace di capir la metà del popolo nelle sacre funzioni, unanimamente manda et ordina costruirsi una nuova Chiesa parrocchiale nell'istesso luogo ove presentemente si ritrova, che sia capace ricever il popolo di questo luogo et che sii decente al culto Divino, con chiamarsi un habile Ingegniere per il dovuto disegno"¹. Queste poche parole mettevano insieme anni di discussioni e progetti ed aprivano la strada ad un lavoro immane che sarebbe durato per i successivi dodici anni. Nella stessa seduta il consiglio elesse alcune persone a cui affidò il compito di dirigere l'impresa.

Nei giorni seguenti il Parroco si impegnò a partecipare alla spesa dell'intervento "con un contributo annuo di 500 lire d'argento da 20 soldi l'una per la durata di cinque anni"².

La nuova fabbrica fu progettata sopra il vecchio cimitero e il 27 febbraio si incominciò il trasporto dei resti umani dalla vecchia chiesa e dall'attiguo camposanto, in un nuovo campo fuori le mura di Busca, posto subito a sinistra uscendo dalla porta di S. Maria. Il nuovo cimitero venne circondato con un muretto e fu piantata la croce di legno al centro.

Il lavoro di sgombero delle salme si concluse alla fine di marzo e venne contattato l'architetto Francesco Gallo di Mondovì a cui il Consiglio Comunale aveva deciso di affidare il progetto della nuova fabbrica non solo per la grandezza delle opere progettate nelle città limitrofe, ma soprattutto per l'ottimo lavoro eseguito con la ristrutturazione della chiesa del Convento di Busca.

Dopo un primo sopralluogo in aprile il Gallo, come si può dedurre dal libro dei conti del comune, consegnò il disegno a maggio. Il 5 giugno il progetto venne approvato da parte del Re Vittorio Amedeo II con annesso permesso di iniziare i lavori.

1 ASCBusca, Ordinati 1712-1727, f. 219.

2 F. Fino, La vita a Busca nel 700, 1992, p. 98.

Il 27 giugno fu pubblicato il capitolato d'appalto con manifesti di inviti alla gara affissi nei comuni di Cuneo, Fossano, Savigliano, Saluzzo e Verzuolo. Il capitolato e l'offerta vincitrice sono pubblicati integralmente tra gli allegati, perché danno notizie importanti sulla tecnica costruttiva e sui prezzi. (Allegati n. 1 e 2). "Il 4 luglio, giorno fissato per la gara, si presentarono tre soli concorrenti: un certo Colomba, G. Battista Rolfi di Cuneo e Pietro Giulio di Fossano. L'impresa fu assegnata a quest'ultimo il quale si associò con il suo concorrente G. B. Rolfi ed un altro capomastro, Pietro Vosio di Verzuolo, che era già stato impresario della chiesa del Convento"³. Il 7 luglio le funzioni parrocchiali vennero spostate nella chiesa della SS.ma Trinità.

Il giorno successivo, l'8 luglio, il Consiglio Comunale ratificava definitivamente la scelta del progetto.

"Visto il disegno formato da Mons.re Ing.re Gallo per la costruzione di detta Chiesa, ha quello accettato et accetta, mandando quello essequirsi nel modo e forma che è stato medesimo ultimamente delineato e progettato"⁴.

Dalle ultime parole dell'ordinato consigliare si può supporre che l'architetto presentò diversi progetti, come farà anche successivamente con la chiesa della Bianca, cercando di adattarli alle difficoltà che insorgevano. Anche l'ultimo andava contro i diritti del parroco, richiedendogli l'area della casa canonica e del giardino. Il Consiglio approva e delibera all'unanimità la demolizione della canonica e casa d'abitazione dei parroci, demandando alla comunità il compito di trovar loro una sistemazione adatta fino al compimento del progetto con annessa nuova casa canonica. Della vecchia canonica è rimasta ancora una stanza, che rivela la nobile architettura con cui era costruita e soprattutto il posto preciso in cui si trovava. È il locale che si trova di fianco all'entrata laterale della chiesa, in via Cesare Battisti e che è sede del laboratorio parrocchiale e delle Figlie di Maria. La casa confinava con il cimitero, che la chiudeva da un lato. Dietro, a nord si estendeva il giardino con molti alberi da frutta, (come si può vedere dall'Atlante Sabauda). La

4 LUGLIO 1717

Capitolazione da osservarsi da chiunque vorrà offrire e le verrà dalla Comunità di Busca delliberata la costruzione e fabrica della nuova Chiesa Parochiale di questo luogo et demolitione della vecchia.

- Primo: dovrà l'oblatore con partito separato e distinto da quello della costruzione della nuova chiesa suddetta, far oblatione alli coppi, mattoni, boscamì, ferramenenti alla Chiesa Vecchia e case che si devono demolire, et il prezzo d'essi incontrar con quello della fattura di detta nuova chiesa.
- Secondo: le demolitioni di detta Vecchia chiesa e casa et ogni altra da farsi resteranno intieramente a carico dell'oblatore, qual sarà anche tenuto di levar diligentemente l'ancone, quadri, vetriate e porte d'essa Chiesa e case e ove li materiali d'esse venissero deliberati ad altra terza persona, dovrà l'oblatore in esse demolitioni usar ogni possibil diligenza acciò non si guastino li coppi e boscamì.
- Terzo: l'escavazione delle fondamenta della nuova Chiesa saranno a carico dell'oblatore qual dovrà escavarle sin a che ritrovi un fondo stabile et d'equal sodezza e profondità et nel riempimento di dette fondamenta con muraglie, non dovrà ecceder in lunghezza la misura prescritta nella pianta a tali muraglie et il ritaglio d'esse al di sotto del suolo esteriore dovrà farlo d'oncie sei.
- Quarto: le muraglie, piedistalli, lezene et altri ornamenti si faranno ben corretti di rustico, ben a piombo et in maniera che non restino difettose di rustico, nè s'habbino a corregger con calcina, con imbozar tutte le muraglie a pietra coperta, ove non si ricerca il stabilimento e fasciatura, far li stabilimenti e ricature nei posti destinati et ove li sarà prescritto.
- Et nella costruzione delle muraglie e fondamenta, quali dovrà coprire e scoprire a sue spese, quando si desiste o si comincia il travaglio et che dovranno farsi nel sito e posto che dalla Comunità le sarà indicato, si servirà di pietre e di mattoni, che siano però questi bagnati avanti venghino messi in opera et siano ben cotti, havendo però avvertenza di non metter pietre nei pillastri, salvo che siano grosse e lunghe e che si puossino ben adattare e colligare con mattoni. Et nelle muraglie lineali, cioè quelle del contorno, potrà adoperare in esse pietre ordinarie, mentre però che ad ogni piede liprando d'altezza ci metta un corso di mattoni per il legamento d'esse.
- Quinto: Sarà a total costo, carrigo e spesa dell'oblatore il provvedimento di tutti li materiali per le muraglie, coperto et ogni altra cosa, compresi li ponteggi, cordaggi con altresì tutti li boscamì.
- La condotta di quali tutti materiali sarà a costo di Comunità, per quelli però che si prenderanno sovra questo finaggio, e prendendosi in maggior lontananza resterà a carrigo dell'oblatore ogni maggior condotta; qual dovrà adoperare in essa fabrica sabbia ben garantita e calcina di Busca e Rossanà di grassezza sufficiente. Et perché la Comunità intende di far il coperto a loze dovrà l'oblatore imboscandolo sufficientemente con il mettere li boscamì di rovere, castagna o melezo, che siano buoni e sufficienti et che per tali vengano da esperti collaudati. Restando in facoltà di Comunità di puoter elegger quali maestri che stimarà più habili per far detto coperto a loze, la condotta delle quali resterà a carico di Comunità, quantunque fuori finaggio, ma non degli altri materiali come sopra. Et venendoli dalla Comunità talvolta somministrati mattoni o altri materiali dovrà l'oblatore bonificarli al prezzo corrente.
- Sesto: Dovrà l'oblatore fare partito separato, cioè muraglie, coperto e volta ad un prezzo; stabilitura, quadratura et altri ornamenti parimenti di quadratura a prezzo separato, a riserva del cornicione et altri ornamenti di stuccho per la fattura dei quali sarà lecito alla Comunità di servirsi e far patto con stuccatori ai quali dovrà l'oblatore proveder li ponti e scale necessarie ai suoi tempi, acciò essi stuccatori non perdino tempo.
- Settimo: Et perché la Comunità non avrà il fondo di puoter proseguire la fabrica consecutivamente, così sarà l'oblatore obbligato di portarsi al travaglio con maestranza sufficiente e capace un mese dopo che sarà avvisato ad effetto di proseguir il travaglio per quel fondo che si ritroverà la Comunità havere in quel tempo. Per la misura poi et altre cose riguardanti la costruzione di detta fabrica si osserverà il prescritto della Regia Camera.
- Ottavo: Dovrà l'oblatore tanto nella pianta che nell'alzata di detta fabrica seguitare et osservare il disegno che gli verrà rimesso parafatto dai sig.ri Direttori d'essa fabrica, salvo che dai medesimi non si risolvesse qualche cambiamento. Et ove tanto in progresso d'essa fabrica che doppo costrutta venisse a scoprirsi qualche difetto o contrarietà al detto disegno et che ciò da persona esperta venisse giudicato doversi riparare, dovrà in questo caso l'oblatore a suo pericolo e spese farlo riparare. Restando parimente a suo carrigo li piantamenti delle ferrate, usci, finestre, chiasili et oche per il coperto et di quelle farsi proveder dalla Comunità ai suoi tempi.
- Nono: sarà tenuto l'oblatore dar nell'atto del deliberamento cautione idonea e sufficiente per l'osservanza della presente capitolazione, stabilità e permanenza e perfezione dell'opera a giudicio e collaudatione di periti et esperti, come pure sarà obbligato di tener riuniti li cumuli che si faranno di pietre e sabbia et altri materiali durante luoro condotte ad effetto che resti sempre libero il passaggio alli carri.
- Et elegendo la Comunità di far metter li zoccoli alla facciata, sarà la comunità obbligata solamente di pagar l'assistenza del mastro che assisterà al luoro piantamento.

Busca li quattro luglio 1717

Archivio Storico, allegato 1, Capitolato, 1717

3 F. Fino, La vita a Busca nel 700, 1992, p. 99.

4 ASCBusca, Ordinati 1717-1727, f. 238.

L'offerta vincente di Mastro Pietro Giulio per la chiesa

Io Mastro Pietro Giulio mi offerisco d'attendere alla costruzione della nuova chiesa alla mente e forma tanto del disegno che della capitolazione dell'ill.ma Comunità di Busca al prezzo e condizioni infra espresse, cioè

- Primo: che dovendosi coprir la detta chiesa a loze, che resti la condotta di queste a carrigo di Comunità
 Secondo: che mi si diano li materiali che restano a carigo della medesima in possibil maggior commodità.
 Terzo: che mi venghi provvista senza costo una casa con due o tre stanze et altri coperti da puoter riponer con sicurezza gli assi, cordaggi et altre cose nei tempi che non si travagliera a detta fabrica.
 Quarto: che mi si lasci libero il corso et uso dell'acqua della fontanetta da puoter bagnare e far calcina.
 Quinto: che a misura s'andranno facendo l'escavazioni delle fondamenta e demolizioni delle fabriche, si conduci via la terra et altre cose per il disgiugamento del sitto et luogo della nuova fabrica.
 Sesto: che mettendosi mano alla suddetta fattura non si manchi da parte di Comunità alle condotte dei necessari materiali, senza ritardo, acciò non si perdi tempo dai mastri, che s'accetti questo partito per tutte le necessarie fatture in detta chiesa, tanto di muraglie, volte, coperto, cornicioni, cornici, capitelli, stabiliture et altri necessari ornamenti, con conditione però che resti facultativo alla Comunità di proveder altri mastri per la copertura delle loze e fattura dei cornicioni, cornici, capitelli et altri ornamenti quando venisse giudicato dal sig. Ing. Gallo che questi non si facessero da me sottoscritto et altri mastri da me provvisti, secondo porta l'arte et anche il disegno. Mediante tutto quanto sopra mi offerisco di far la detta fabrica alla forma del disegno con osservanza della capitolazione, cioè, quanto alle muraglie, coperto e volte, alla ragione di lire 16 per trabocco, la stabilitura a lire 2 soldi 10 et quanto agli ornamenti che vanno ad estimo, al giudizio del detto Ing. Gallo et che mi si anticipi ogni anno sei mesi anticipatamente doppie cinquanta da poter proveder li necessari materiali.
 Et quanto alli coppi, boscami, ferramenta della Chiesa Vecchia e casa da demolirsi offerisco di prenderli in pagamento per lire 1.500 da repartirsi sovra tutta la massa di detta fattura, restando li mattoni et altri materiali di dette demolizioni a mio profitto et quanto agli altri pagamenti che mi si facino a misura che s'avansara detta fabrica, qual in fine di ogni anno si racomoscera e si farà il compito pagamento del travagliato e costruito, et ove questo mio partito sia il migliore a profitto di Comunità, di tutti gli altri che si daranno per iscritto dagli altri mastri et che incantandosi sovra di questo venisse a migliorarsi, che mi si paghino dalla Comunità lire 150, offerendomi di prestar idonea signurtà fra otto giorni et che la Comunità faci condurre due mila carra di pietra di montagna da metter nei pilastri, quali pietre verranno da me provviste in luogo che vi puossi andar il carro, com'anche ogni sovra più che vi bisognasse per sicurezza della fabrica a giudizio di Monsù Gallo.

Sottoscritto: Pietro Giulio

Nella pagina seguente:

1719 - Lettera dell'Architetto F. Gallo circa particolari della costruzione della chiesa parrocchiale

Archivio Storico, allegato 2 Offerta vincente, 1717

casa, il cortile, il giardino scomparvero, inglobati nelle fondamenta della grandiosa chiesa. Con la stessa delibera dell'8 luglio il Comune acquistò dai fratelli Rubino di Dronero una casa che serviva egregiamente per il Parroco, perché era confinante con la canonica, a levante di essa, esattamente dove si trova l'attuale abitazione del parroco.

Queste vicende causarono i primi litigi tra il parroco e il comune, intanto i muri della chiesa crescevano e non era ancora stata benedetta la prima pietra. Essa fu posta dal parroco, a pace fatta, il 15 ottobre 1717. Ecco il motivo per cui la chiesa non ha la prima pietra nascosta nelle fondamenta bensì incastrata sopra lo zoccolo della facciata, di fianco, lungo la via Cesare Battisti. Al suo interno deve ancora trovarsi la pergamena commemorativa, chiusa in un astuccio di piombo assieme ad alcune monete del re Vittorio Amedeo II. Su essa si leggono scolpite rozzamente le parole: Primo Settembre 1717. È certamente la data che si era stabilita per la benedizione, ma sappiamo che le cose andarono diversamente. Essa lassù in alto è testimone della travagliata storia narrata nei documenti d'archivio.

“Il progetto della Chiesa presentato dall'architetto Francesco Gallo prevedeva una spesa di 60.000 lire. Fu deciso di effettuare i lavori in uno spazio di 10 anni, in modo da suddividere l'onere in rate sopportabili”⁵.

Un grande aiuto fu portato dai bovani, i quali trasportarono i materiali da costruzione sul cantiere. Il Comune non si affidò alla libera disponibilità di pochi generosi volontari, ma emanò un'ordinanza per precettare alle condotte tutti i possidenti bestie da tiro. Un ordinato dell'11 agosto 1717 dice: “più esso Consiglio, ad effetto si facciano con tutta esattezza le condotte che saranno necessarie dei materiali per la nuova chiesa parrocchiale, unanime ordina et manda a tutti li particolari di questo luogo e territorio di portarsi caduno al loro turo con loro carri e bovi a travagliare e carreggiare per quei giorni che saranno avvisati, dalla mattina alla sera, senza potersi per qualsivoglia causa o pretesto esentare, sotto pena di lire cinque per caduna volta che si renderanno renitenti; mandando alli Sig. Direttori di

detta fabbrica di precettare detti bovari per dette condotte". I direttori incaricarono un ragioniere per tener conto di tutti i lavori, le prestazioni e i turni eseguiti. Il lavoro dei bovari fu immenso; grazie alle fatiche di questi uomini si poté lavorare attivamente. Essi scaricavano i materiali ai piedi della costruzione, fornendo continuamente lavoro ai mastri muratori. Sarebbe interessante se ci fosse stato conservato il quadernetto del "ragioniere"; così avremmo potuto sapere quante condotte fecero questi sconosciuti manovali. "Per averne un'idea si pensa che, nell'atto del capitolato d'appalto il capo mastro richiese due mila carra (carra=0,2 mc) di pietra da spacco e ben squadrata da mettere nei 4 pilastri centrali. Basta osservare i muri esterni della chiesa per renderci conto delle decine di migliaia di carrate di pietre del Maira e di mattoni contenute in esse"⁶.

I materiali utilizzati sono desunti dalle note di spesa dove risulta che la sabbia si cavava dal Talutto, dal Maira e dalla bealera di Attissano; ne fu estratta una certa quantità anche al Pignolo, però non fu possibile andarla a prendere a causa del pessimo stato della strada. La calce era fornita dalle fornaci della Morra S. Giovanni e della Colla. Quest'ultima fornace si trovava esattamente dove ora passa la strada provinciale per Rossana, nel punto in cui essa taglia la montagna e scavalca in Val Varaita. Fu anche usata la calce di Rossana. I mattoni provenivano da una fornace situata a San Quintino e dalle fornaci del Bosco, che gli affittuari delle tavolere cuocevano con la legna delle tagliate.

Nonostante l'apporto generoso dei bovari, rimaneva una previsione di spesa di seimila lire all'anno per un decennio. Dove si sarebbero trovati questi soldi? Dal reddito della parrocchia si sperava di ricavare almeno due mila lire annue; il resto si sarebbe ottenuto da un'imposta, "cotizzo personale straordinario". La nuova tassa fu autorizzata dal Re con le Patenti del 5 giugno 1717 ed era di 10 soldi a testa.

Subito iniziarono le contestazioni. I primi a protestare furono gli abitanti di Tarantasca. Essi avevano già una loro chiesa e non si ritenevano obbligati a pagare per un'altra parrocchia, anche

In seguito alla commissione data dal M.^o S.^o Andrea della
 Comunità di Busca, veniente all' S.^o Impresario della nuova
 Chiesa di caso luogo, e il modo e forma in la quale si
 deve misurare le pietre murarie, e il ricavare della
 nuova Chiesa, dopo d'aver preso le sentenze delle
 persone più perite di questa Città, Dio e S.^o di Torino
 doverli misurare le dette pietre di ogni dieci alla mano
 e forma descritte nel libretto camerale, ed ogni
 quinto, quali pietre si intendono dal piano di terru-
 sino al imposto della volta, con ciò però che ne gliano
 costruirsi non di marmo, ben così e sufficienti, e che
 quando li detti S.^o Impresario ne gliano qualche
 volta, facciano a loro spemano in misura della
 capitolazione di marmo dentro d'essi qualche corso
 di pietra che qualche volta costerà della qualità
 capitolata e non altrimenti, e quando si misurano
 altre pietre ordinarie, si renderanno insufficienti detti
 pietre, il che pure s'intenderà quando venisse costruita
 di marmo mal costi, e romani

ed ingegnere alla muraglia che saranno necessari
 riccio di marmo, e che se sarà usano per
 da me loro stima, o da altra persona perito, e da
 da detto Comunità, si misurano le ogni dieci
 dieci come vien prevenuto nel detto libretto
 dettando in altre doverli in occasione che si fa
 la misura del già costrutto, si doverli assegnare
 verso le pietre, che lo muraglia si dopo non in
 fosse difetti prima del proseguimento di detta
 fabbrica
 Torino li 25. Maggio 1717
 F. Gallo

Archivio Storico, Lettera dell'Architetto Francesco Gallo circa i particolari della chiesa parrocchiale, 1717

se facevano parte dello stesso Comune. La protesta di Tarantasca trasse seguito anche quella di Castelletto per i medesimi motivi. I due “canton” furono esentati dal cotizzo, ma non dai carriaggi. La riscossione del cotizzo del 1717 fruttò solo più di 500 lire, perciò il Consiglio Comunale fu costretto ad aumentarlo a lire una pro capite. I bovati che eseguivano le condotte con i carri erano esenti da tale pagamento.

Le offerte spontanee non furono molte. Le ricche famiglie nobili non intervennero con nessun contributo personale: furono generose di critiche ma non di soldi.

“Dall’Arcivescovado di Torino fu assegnata la somma di 2.000 lire; dai privati furono offerte lire 2.604, l’ospedale pagò lire 594, secondo l’atto di fondazione. La Rossa e la Bianca si tassarono per lire 100 caduna, le Compagnie del Carmine e della Dottrina per lire 50. Inoltre dai materiali della chiesa abbattuta si recuperarono lire 1.500. Furono in tal modo raccolte 7.000 lire, ma sul preventivo restavano ancora lire 53.000 da coprire. A queste si fece fronte con il cotizzo personale, che nei dieci anni ammontò a complessive lire 31.454. Il resto di lire 22.000 fu ricavato dai redditi della parrocchia”⁷.

Per la costruzione della chiesa fu istituita una contabilità speciale con un tesoriere che incassava e pagava. Nel 1729, finiti i lavori, tale ufficio fu soppresso e il tesoriere rese i conti. Possiamo in tal modo sapere quanto è costata la chiesa: esattamente lire 63.857, compresa la casa dei fratelli Rubino, comprata per abitazione del parroco. Il preventivo fatto dall’ing. Gallo era stato esatto.

3.4_ IL PROGETTO DELLA NUOVA CHIESA PARROCCHIALE

A novembre del 1717 furono sospesi i lavori dei muratori. Continuarono invece a ritmo serrato le roide dei bovani, i quali ammassavano presso il cantiere sassi del Maira, sabbia e mattoni. L'anno che finiva era trascorso tra tante difficoltà, ma ora le cose parevano appianate. La neve che coprì i tronconi dei muri che si ergevano dalle fondamenta parve cancellare ogni discussione e polemica. Ma a primavera, alla ripresa dei lavori, ecco insorgere nuove difficoltà. Rimaneva assillante il problema finanziario. L'accordo con il parroco e l'autorizzazione del cotizzo non davano rassicuranti garanzie di copertura della spesa. La Comunità cercava nuovi sussidi. Un ordinato camerale del 16 maggio 1718 riferisce: "il ricorso sporto dalla Comunità et huomini di Busca per quale hanno rappresentato ritrovarsi la Chiesa Parrocchiale d'esso luogo in stato del tutto indecente la quale Comunità è stata astretta di quella far intieramente demolire per ampliare e ricostruerla dalle fondamenta secondo il disegno novamente fatto dal Sig. Ingegnere Gallo, a quale effetto avendo dato principio a detta nuova fabrica nell'estate or scorso, si ritrovano quasi compite e perfezionate le fondamenta della medesima, e quantunque siasi S. S. M. tà degnata per Sue Patenti delli 5 Giugno dell'anno or scorso d'accordarli la sua Regia Permissio- ne con far seguir un proporziotabil imposto e siasi medesimamente il Parocho d'esso luogo disposto di contribuire qualche annua somma per il corso di anni 10, tuttavia attesa la grave di spesa di lire 60.000 a cui rileva detta nuova fabrica, non polendo li particolari et abitanti d'esso luogo ancorché portati di buon animo e zelo suplire con le loro forze a detta spesa, e per altro ritrovandosi delta Comunità tenuta a pagare ogni anno all'Arcivescovato di questa Metro- poli per ragioni di Decime, ... supplicano questo magistrato di farli dare qualche soccorso de' reddito di detto Arcivescovato per impiegarli nella contructione di detta nuova fabrica della Chiesa Parrocchiale" ... Nello stesso mese il Consiglio stabilisce: "reporsi presso Carlo Antonio Gallo (uno dei direttori della fabbrica) come già s'è reposto il disegno della nuova Chiesa Parrocchiale di questo luogo, con espressa proibitione al medesimo di non imprestarlo a nessuno né lasciarlo uscir fuori di casa sua senza espressa

licenza di questo Consiglio” ...¹.

Il 4 maggio, in Consiglio Comunale, l'avvocato Bruna solleva il caso delle dicerie che circolano in città e che sono giunte fino a Torino. Si pensa che l'appalto dei lavori non sia stato regolare e che alcuni Consiglieri si siano accordati con il capomastro Giulio. Si parla di interesse privato e di guadagno sui prezzi concordati. Il Consiglio non vuole che esistano dubbi sul suo operato e a sua difesa dichiara: “che il deliberamento s'è fatto in presenza di Monsu Gallo Ing.re collaudante li Signori Officiali di quello far seguire sovra l'oblazione del capo mastro Giulio come ragionevole et la più vantaggiosa al pubblico come detto Sig. Ing.re può giustificarlo”. Il 27 maggio i capi mastri Rolfi, Giulio e Vosio si rimettono ad un arbitrato cui partecipa lo stesso Gallo. Accettano di rimettere all'asta i lavori della chiesa purché siano pagati “dei trabuchi di muraglia nelle fondamenta da luoro costrutte, escavatione delle fondamente, demolitioni della vecchia Chiesa e case attigue ...”²

Questa volta vengono affissi manifesti di invito a Cuneo, Mondovì, Fossano, Savigliano, Alba, Cherasco, Bra, Sanfrè, Sommariva, Racconigi, Carmagnola, Pinerolo e Saluzzo. Per tutte le domeniche di luglio si appaltano i lavori sul capitolato dell'anno precedente. L'11 agosto 1718 l'impresa passa al Capomastro G. Battista Bertinelli di Alba, vincitore dell'asta, che si associa il collega Domenico Rudaro. Egli offre lire 14 per ogni trabucco cubo di muratura e soldi 37 per ogni trabucco quadrato di stabilitura o rifinitura. Intanto però da maggio i lavori sono stati sospesi. Si riprendono a metà agosto, ma incominciano le difficoltà con i bovari, i quali sono impegnati nei campi. Il capomastro Bertinelli a settembre protesta con i Direttori della fabbrica perché ha richiesto 50 carri per trasportare calce da Rossana e se ne sono presentati solamente nove. A novembre protesta un fornaciaio di Rossana, perché ha cotto la calce e non sono giunti i bovari a caricarla. Gli abitanti di Castelletto si rifiutano in massa di prestare la loro opera. Il Gallo è presente a Busca durante i dodici giorni di agosto decisivi per il rilancio dell'opera.

1 F. Fino, *La vita a Busca nel 700*, 1992, p. 108.

2 F. Fino, *La vita a Busca nel 700*, 1992, p. 109.

Non ebbe un buon inizio l'anno 1719 per la fabbrica della parrocchia. C'erano delle persone interessate a che si sospendessero i lavori e che fosse abbandonato il progetto del Gallo ritenuto troppo costoso. Verso, la meta dell'anno partiva da Busca una denuncia firmata da un certo Giovanni Bima di Tarantasca e da alcuni agricoltori di Tarantasca e Castelletto. Il Bima era un mezzadro il quale teneva in corpo una grande rabbia perché era stato multato per essersi rifiutato di fare il suo turno di cariaggi. La denuncia riprendeva l'accusa di interesse privato di alcuni amministratori nell'appalto e criticava la scelta dell'architetto Gallo come progettista, avanzando dubbi sulla sua competenza e sulla validità del disegno della Chiesa. Tra i sobillatori c'era lo stesso impresario Bertinelli, il quale non ce la faceva a stare nei prezzi offerti in appalto. Aveva perciò tutto l'interesse a mandare all'aria ogni cosa. Intanto cercava di rifarsi mettendo nei muri materiale scadente.

I Direttori della fabbrica se ne accorsero e chiesero una perizia, la quale confermò che si erano adoperati in gran quantità mattoni poco cotti o crudi e calce di inferiore qualità. Fu obbligato a disfare il lavoro e rifarlo secondo il capitolato. A primavera del 1720 l'impresario non riprese i lavori con la scusa che bisognava attendere che il tribunale si pronunciasse circa la denuncia di Bima e compagni. La sentenza fu emanata il 5 giugno. Respinge l'istanza di alcuni "particolari" che pretendevano "essere il disegno non confacente al luogo, troppo dispendioso, molto più quello che possono soffrire le forze de' Registratori e ordina riassumer et perficer... dagli impresari già stabiliti la fabbrica della nuova Chiesa Parrocchiale, secondo il disegno sopra cui è stata principiata la medesima, fatto dal Sig. Ingegnere di S. M. Francesco Gallo della città di Mondovì, trasmessoci esso disegno dalla Comunità suddetta, sopra le istanze de' medesimi opposenti, et indi avanti di noi visitato da Ingegneri et Cappi Mastri et presentati per parte degli istessi opposenti"³. Le controversie del 1720 causarono un forte ritardo all'inizio dei lavori. Essi furono ripresi nella primavera del 1721. In quest'anno il Gallo è presente a Busca per trentuno giorni

3 F. Fino, *La vita a Busca nel 700*, 1992, p. 110.

e gli vengono pagate lire 496. Vi ritorna alla fine dell'anno seguente 1722 chiamato dal Consiglio Comunale il quale ha: "fatto venir in questo luogo Monsù Gallo Ing.re et il Sig. Bernardo Fiorina Capomastro et Agrinensore per proveder all'estimo degli ornamenti et misura di quanto è stato fin al presente constructo"⁴ Il soggiorno dura 11 giorni e costa lire 176.

Alla fine del 1724 i muri perimetrali erano giunti alla sommità, fino agli attacchi della volta. Intanto la Comunità d'accordo con il Vicario capitolare di Fossano, assegnava le cappelle laterali alle varie Compagnie religiose, che si impegnavano a costruire gli altari a proprie spese, secondo il disegno dato dal Gallo. La prima a destra dell'altare maggiore alla Compagnia della Dottrina Cristiana, la seconda alle Compagnie del Suffragio e di S. Filippo Neri, la terza "ai massari e bovani di questo finaggio che tanto contribuiscono con luoro carreggi e fatiche all'avanzamento della fabbrica". Dalla parte sinistra la prima cappella e assegnata alla Compagnia del Carmine, la seconda al Comune e dedicata al Patrono S. Vitale, la terza alla Compagnia degli Agonizzanti o di S. Giuseppe.

La facciata era giunta al timpano e stavano abbellendola con i cornicioni, le colonne e i riquadri in cotto. Sul portale doveva incastrarsi "la lapide portata dal disegno ... in cui vi sij improntata l'arma di questa Comunità con una descriptione dichiarante esser detta Parrocchia stata intieramente constructa a spese di questo pubblico"⁵.

Quando la lesse il parroco si inquietò. Quella dicitura a suo parere era insidiosa per ciò che affermava. Non era stata soltanto la Comunità infatti a costruire la Chiesa, ma vi aveva concorso egli stesso per oltre un terzo, senza tener conto degli altri contribuenti minori. Vantando il suo esclusivo intervento, la Comunità avrebbe potuto attribuirsi la proprietà intera ed esclusiva. Inoltre la medesima lapide dichiarava l'opera interamente costruita, mentre rimanevano da compiere opere impegnative come il campanile, la sacrestia, la canonica, a cui la Comunità si era impegnata. Fu chiesto un parere legale che riconobbe giuste le ragioni del parroco. La

4 F. Fino, *La vita a Busca nel 700*, 1992, p. 111.

5 F. Fino, *La vita a Busca nel 700*, 1992, p. 112.

lapide non fu perciò inserita nel portale e questo rimase incompleto (come lo vediamo ancora oggi) in attesa che il Comune compisse le opere che poi non volle più fare.

“Intanto al sopraggiungere dell’inverno si mobilitarono i bovani per trasportare i mattoni per la volta e le boscamenta per il tetto. I piccoli legni furono tagliati lungo le rive di Maira, nei boschi della Ceretta di S. Mauro e Castelletto. I grossi travi di abete furono fatti scendere da Marmora in Val Maira. A primavera del 1725 si cominciò a curvare la grande volta della chiesa. Sappiamo con precisione che essa ha una superficie di trabucchi 250 (mq. 2.375) come risulta dalla misura fatta per pagare l’impresario. In un altro conto di liquidazione è scritto che la cubatura delle fondamenta ammonta a trabucchi 275 che equivalgono a metri cubi 1.118; le muraglie invece, da fuori terra fino ai piedritti delle volte, sopra il cornicione, misurano trabucchi 927 pari a metri cubi 3.771”⁶. Il Bertinelli aveva una grossa preoccupazione per il tetto. L’Ing. Gallo lo voleva coperto con lastre di pietra o “lose”, ma egli non era competente né aveva tra i muratori persone abili per tal genere di lavoro. Cercò di imporre la copertura a coppi, ma il Gallo non cedette. Siccome già si era deciso di prendere le lose dalle cave del Mombracco di Barge, furono chiamati di là tre operai specializzati, i quali indicassero il modo di disporre i travi e le assi di supporto. Intanto si organizzava il trasporto delle lastre di pietra. Da Busca a Barge la distanza è molta ed a quei tempi le strade erano in pessimo stato. Si trattava di convincere i bovani e perciò il Consiglio Comunale volle che il servizio in via straordinaria fosse pagato. “Fu stabilita una ricompensa di lire tre e mezza per ogni carro di lose portato a Busca, ed in più da mangiare e da bere ai conducenti. Prima però che le lose fossero cavate e fatte scendere dal Mombracco, occorre del tempo e soltanto il 10 di agosto il Vicario di Barge Don Danesio scriveva che già erano preparati 74 trabucchi (mq. 713) e che si potevano mandare a prendere. I tetti misuravano in tutto trabucchi 135 (mq. 1283). Purtroppo si era in tempo di lavori agricoli ed i bovani non si presentarono. Il 31 agosto il Consiglio Comu-

6 Archivio Storico, Costruzione della nuova chiesa, 1725, Parrocchia di Maria V. Assunta Busca

nale dovette precettarli, multando di lire 5 coloro che non rispondevano all'appello. Ai primi di settembre mosse da Busca una lunga colonna di 207 carri⁷. Al sopraggiungere dell'inverno le lose ricoprivano il tetto stese e fermate dai muratori.

In questo stesso anno furono issati sul cornicione della facciata i grandi vasi con le fiamme di pietra. Erano stati scolpiti da Matteo Brezzi, picapietra di Ricogno Dronero, in pietra del posto. Erano costati 480 lire. Alla fine dell'anno il Consiglio Comunale si fece fare dal capo mastro Rudaro un preventivo dei lavori che ancora restavano da compiere. Se ne deducono alcune informazioni interessanti. "La sacrestia rileva a lire 2.000. Il campanile da costruirsi secondo il disegno d'altezza di trabucchi 13 (= mt. 41), presso il vecchio "rovinoso et inabile" lire 20.000. Il fonte battesimale lire 500. Il portale di pietra e gli ornamenti secondo il disegno lire 1.600. Si ha perciò la conferma che il portale rimasto incompiuto fino ad oggi, doveva essere di pietra scolpita e non in cotto"⁸.

Per decorare l'interno della Chiesa fu chiamato lo stuccatore Cipriano Beltramelli, che aveva già dato ottima prova nella Chiesa del Convento e che lavorerà poi anche nel Santuario di Vicoforte. Intanto veniva piantata sulla facciata, nel piede di pietra, la croce in ferro battuto. Era stata forgiata dal fabbro Coppa di Cuneo; pesa rubbi 15 (Kg. 138). Il tetto appena terminato, cominciava a dare grane: lasciava passare acqua in molti punti ed i muratori non riuscivano a fermarla. Si manifestava già un difetto strutturale: le lose di Barge erano molto sottili e si rompevano sotto il peso della neve. La loro leggerezza inoltre le rendeva facilmente soggette all'azione dei venti, che a quell'altezza soffiano con maggiore violenza facendole scorrere. Si cercò di rimediare traforando le lose maggiori ed inchiodandole alle assi sottostanti. Prima che si stendessero sul pavimento i pianelloni in cotto il parroco Celebrino prese l'iniziativa di costruire a sue spese le "catacombe". E' ancor oggi chiamate così il complesso dei locali sotterranei della chiesa. Sotto il presbitero fu ricavata una vera e propria cripta,

7 F. Fino, *La vita a Busca nel 700*, 1992, p. 113.

8 F. Fino, *La vita a Busca nel 700*, 1992, p. 114.

ampia quanto il presbiterio stesso, sostenuta da solidi pilastri. E' una chiesetta sotterranea con il suo altare, su cui si celebrava la messa. Dietro all'altare c'era la tomba per i parroci a loculi sovrapposti. Dalla cripta parte un corridoio che corre sotto la navata della chiesa, verso l'ingresso. Ai lati di questo corridoio si aprono dei camerini che furono usati come tombe. Vi si seppellì fino al 1800. Quando il Consiglio Comunale venne a sapere che il Parroco aveva iniziato a far scavare le "catacombe" ordinò la sospensione dei lavori perché temeva che l'apertura di passaggi e finestre nelle fondamenta della chiesa potesse comprometterne la stabilità. Fu chiesto il parere dell'architetto Gallo, il quale diede assicurazione che l'edificio non correva alcun pericolo, anzi l'opera intrapresa avrebbe reso più sani i muri.

La speranza di vedere finalmente agibile la chiesa spinse ad affrettare il ritmo dei lavori. Mentre lo stuccatore Beltramelli ornava a spese delle varie Compagnie gli altari laterali, si dava l'avvio alle opere di rifinitura. Fu costruito l'altare maggiore in stucco secondo il disegno provvisorio del Gallo. Sulla nuda parete dell'abside si ricollocarono i quadri che già c'erano nella vecchia chiesa: cioè l'Assunta al centro con quattro Santi Tebei ai lati. Presso l'ingresso furono infisse le due acquasantiere in marmo di Busca scolpite da Matteo Buzzi (prezzo lire 100). Il Consiglio Comunale decise che i banchi dovevano essere fatti nuovi e tutti uguali, in noce. Li costruì un falegname buschese: Antonio Allisiardi, al prezzo di lire 16 caduno. Il portone centrale e i due usci laterali furono un lavoro più impegnativo: li scolpì in legno di noce un artigiano di Savigliano: Antonio Castelli, secondo il disegno dato dal Gallo, per lire 800. Anche il pulpito, che a norma del capitolato d'appalto doveva essere sul modello di quello della chiesa di S. Tommaso in Torino, fu eseguito dal medesimo scultore per lire 700. Da Brossasco furono portati i gradini del presbiterio, delle cappelle e degli altari, modellati dal mastro Antonio Scala, in pietra bianca del luogo, al prezzo di lire quattro per piede liprando (m. 0,514). All'organista Filippo Laudesio di Centallo fu commissionato l'organo nuovo per lire 1.850. La spesa per tutte queste opere diede presto fondo alla somma stanziata e, per non sospendere i lavori, si ricorse ad un prestito di lire 3.000

presso vari privati⁹.

Fu pure innalzato sul tetto il piccolo campanile a vela che avrebbe dovuto essere provvisorio. Lungo l'attuale Via Cesare Battisti c'era un piccolo giardino, residuo del grande orto della vecchia casa canonica. Qui fu costruita una stanzetta in corrispondenza del presbitero della chiesa. "Era chiamata: coretto degli uomini; di lì attraverso due finestre si poteva vedere l'altare maggiore ed assistere alle funzioni"¹⁰. Esso fu abbattuto quando si costruì l'attuale sacrestia; una delle due finestre fu trasformata nella porta che ora immette all'altare. Il piazzale della parrocchia venne circondato da un muricciolo o parapetto per rispettare il suolo che era stato cimitero. Era vivo desiderio di potere usare la chiesa nell'inverno tra il 1728-29 onde evitare tanti disagi alla popolazione, la quale di domenica, non potendo stare tutta nella chiesa della Rossa, era costretta a farsi la strada tra la neve fino alla chiesa dei Francescani. Non fu però possibile. Durante la cattiva stagione si compirono all'interno le rifiniture necessarie e finalmente, il 4 giugno 1729, il parroco Giuseppe Francesco Celebrino poté benedire la nuova chiesa ed iniziarvi le funzioni parrocchiali. Ma si attendeva con ansia che arrivasse il giorno solenne della consacrazione. I Buschesi, pur tra tante polemiche e sacrifici, erano riusciti a compiere una opera grandiosa, di cui ora andavano fieri di fronte alle altre città e volevano festeggiare l'avvenimento nel modo più solenne possibile. Era stata stabilita la data del 7 giugno, giorno in cui il nuovo Vescovo Cristoforo Baratta avrebbe compiuto la prima visita pastorale. "Davanti alla porta di Attissano fu innalzato un magnifico arco trionfale, con scritte, statue in cartapesta e decorazioni a vari colori. Quando giunse da Fossano, c'erano ad attenderlo le Confraternite, le Compagnie religiose con i loro vessilli e divise variopinte ed una marea di popolo, accorsa anche dai paesi vicini. Il Vescovo salì su una cavalla bianca con finimenti d'argento, che la Comunità si era fatta prestare e fu accompagnato in processione fino alla chiesa. Lungo la Via Umberto, che allora era chia-

9 Archivio Storico, Chiesa nuova, 1727, Parrocchia di Maria V. Assunta Busca

10 F. Fino, La vita a Busca nel 700, 1992, p. 114.

mata Contrada Maestra o di Piazza, era stata fatta la “frascata” come per il Corpus Domini. Le case erano tutte tappezzate di rami di castagno e di pino costellati di fiori. I campanili di Busca suonavano la tribaldetta e musicisti, fatti venire da Cuneo suonavano i loro strumenti; spari di mortaretti squarciavano l’aria. A sera la città si illuminò di migliaia di luci, mentre uno spettacolo pirotecnico di grande effetto concludeva una giornata memorabile. La spesa per tutta quella festa fu di un migliaio di lire: tante per quei tempi, ma Busca doveva farsi onore”¹¹. Nell’atto di consacrazione è detto chiaramente che la chiesa è dedicata alla SS.ma Vergine Assunta e al martire S. Vitale. Il parroco Celebrino ha lasciato una minuziosa descrizione-inventario della nuova chiesa parrocchiale.

3.5_ MISURE DELLA NUOVA CHIESA PARROCCHIALE (Architetto Francesco Gallo)

Lunghezza interna: metri 52

Larghezza della navata: metri 12

Larghezza del transetto centrale: metri 25

Altezza al cornicione interno: metri 12

Altezza al centro del catino centrale: metri 24

Circonferenza del catino centrale: metri 42,50

Circonferenza del catino del presbiterio: metri 30,15

Altezza del timpano della facciata: metri 32

Altezza della croce, compreso lo zoccolo in pietra: metri 6

Altezza delle fiamme in pietra: metri 3,50

Spessore dei muri perimetrali: metri 1,10

11 F. Fino, *La vita a Busca nel 700*, 1992, p. 115.

4_ LA STRUTTURA DI COPERTURA

4.1_ 1731-1737 PROBLEMI DEL MANTO DI COPERTURA

Il tetto aveva creato grandi problemi fin dalla sua costruzione, e continuava a procurare preoccupazione per le difficoltà date nella sua manutenzione. Il problema principale era causato dalla neve, infatti la neve scivolava dall'alto, partendo dalla copertura principale e, cadendo sopra i cappelloni sottostanti, trasportava con sé pezzi di pietra che causavano la rottura delle lastre di copertura delle cappelle laterali.

Si decise di optare per una soluzione drastica, nel 1731 il comune deliberò la sostituzione della copertura in "lose" con i coppi, ritenuti più opportuni riprendendo la scelta proposta ad inizio lavori dall'impresario, ma fortunatamente l'intervento dell'Architetto Francesco Gallo riuscì a far sospendere la delibera.

Dopo diverse analisi e studi si arrivava nel 1737 a un'altra soluzione. Individuata la causa del problema la quale era la troppa ripida pendenza del tetto, si intervenne riducendo drasticamente l'inclinazione delle falde, rifacendolo completamente con una spesa complessiva di lire 700¹.

4.2_ 1740 DEMOLIZIONE DELLA GUGLIA CAMPANARIA

In seguito alla consacrazione della chiesa restavano insoluti ancora molti problemi costosi come la costruzione del nuovo campanile e della sacrestia.

Nel 1740 la guglia in mattoni dell'antico campanile trecentesco minacciava di crollare, si decise di demolirla e non ricostruirla in attesa della costruzione del nuovo campanile, inoltre nel 1794 vennero calate le tre campane presenti e non vennero più rimpiazzate sempre in attesa del nuovo campanile.

Le vicende del campanile si conclusero nel 1892 quando il parroco dell'epoca Don Re chiamò in giudizio il Comune per obbligarlo ad adempiere alla promessa fatta nel 1732 della costruzione del nuovo campanile. La lite arrivò fino in Corte d'Appello di Torino con enormi spese da entrambe le parti, il parroco ne esce sconfitto e la nuova torre campanaria non sarà mai realizzata².

¹ Archivio Storico, Rifacimento completo del tetto della chiesa, 1737, Parrocchia di Maria V. Assunta Busca

² Archivio Storico, Demolizione della Guglia Campanaria, 1740, Parrocchia di Maria V. Assunta Busca

4.3_ 1853-1854 LAVORI AL TETTO

Nell' archivio parrocchiale sono conservati numerosi fascicoli di liti. Non si eseguiva un lavoro in chiesa senza litigi tra parroco e comune o sull'opportunità e necessità delle opere da eseguirsi o sulla ripartizione della spesa. Dalla perizia effettuata dal Geometra Beltrutti in data 20 giugno 1853 si discute sulla riparazione del tetto per le continue perdite di acqua all'interno. Dalla perizia emersero i principali lavori da compiere i quali furono tema di discussione sulle ripartizioni delle spese.

“Le riparazioni da eseguirsi al tetto della Chiesa Parrocchiale comprendevano le opere seguenti

- Sgombero dei materiali esistenti nei rinfianchi della volta e trasporto dei medesimi nel sito da indicarsi e ripulimento dei canali fuggatori delle acque del cupolino
- Armatura con un tirante in ferro della chiave in legno dell'arcone contro cui poggiano i due bacini della chiesa e corrispondente al pilastro dell'organo
- Riparatura del tetto in generale per la correzione dei gocciolmenti
- Spurgo e saldatura dei canali e tubi di latta”¹

¹ Archivio Storico, Lavori per il restauro del tetto della chiesa, 1854, Parrocchia di Maria V. Assunta Busca

4.4_ 2012 INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO CAPRIATE

L'intervento è stato realizzato a cura dello "Studio Cirasso Ing. Sebastiano", e viene così descritto nella relazione¹ reperita in comune.

Durante il normale sopralluogo di controllo sullo "stato di salute" delle coperture della chiesa parrocchiale, le maestranze rilevarono un vistoso cedimento nella prima capriata lato ovest del tetto alto della chiesa.

In tale occasione è stato richiesto un intervento dell'ing. Sebastiano Ciraso, strutturalista di fiducia della Parrocchia. Stante la particolare situazione di pericolo che si era venuta a creare, nonché l'impossibilità di intervenire efficacemente con opere di consolidamento che richiedevano la rimozione del tetto in periodo invernale, sono state poste in essere delle opere provvisorie in attesa di un consolidamento definitivo. Le opere realizzate consistevano in un sostegno provvisorio per mezzo di un ponteggio a tubi innocenti e giunti al fine di scaricare la capriata del peso gravante sulla stessa; in particolare sono stati posizionati dei listoni sorretti dalla struttura provvisoria contro i travicelli esistenti tra le campate. Questa opera è in grado di sorreggere la copertura e l'eventuale carico neve e di fatto ha permesso al tetto di superare la stagione invernale, senza ulteriori danni al tetto stesso ed alle strutture sottostanti. Durante l'intervento si è rilevato come la seconda capriata, quasi sicuramente a causa del cedimento della prima, ha subito un lieve ribassamento del monaco che ora si appoggia sulla catena. Si è trattato quindi di operare un consolidamento definitivo sulle prime due capriate, a tal proposito lo strutturalista ha previsto un intervento di fasciatura delle capriate stesse con dei profilati angolari in acciaio da unirsi tra i due lati degli elementi lignei per mezzo di un'adeguata bullonatura. Il consolidamento effettuato consente di restituire agli elementi strutturali interessati la portanza necessaria per sopportare i carichi a loro deputati, salvaguardando le capriate lignee che, molto probabilmente, sono ancora le originali della chiesa settecentesca su progetto dell'architetto Francesco Gallo.

¹ Archivio Comunale, Lavori per il restauro della copertura, 2012, Parrocchia di Maria V. Assunta Busca

5_
LO STUDIO
DELLO STATO DI
FATTO TRAMITE
IL RILIEVO
METRICO 3D

In questa parte si pone l'obiettivo di effettuare il rilievo, partendo da un rilievo volumetrico dell'esterno realizzato con tecniche diverse, proseguendo con un rapido rilievo hand held scanner per l'interno della chiesa, fino giungere al rilievo del sottotetto della Chiesa Parrocchiale M. V. Assunta di Busca, tema principale di questa tesi.

L'integrazione di metodologie avanzate per il rilievo metrico 3D, impiegate nelle diverse scale di analisi, hanno permesso un'indagine e una conoscenza volumetrica esaustiva del bene oggetto di studio.

I metodi di indagine utilizzati per la Chiesa Parrocchiale di Busca hanno previsto la scelta della fotogrammetria terrestre, della tecnologia Lidar e la tecnologia basata sull'algoritmo SLAM tramite un sistema di mappatura mobile.

L'innovativo sistema di mappatura mobile 3D si è rivelato di fondamentale importanza nelle fasi di presa del rilievo permettendo di raggiungere facilmente le zone con accessibilità limitata quali il sottotetto e il campanile della Chiesa. Questo sistema è in grado di generare una nuvola di punti in movimento, semplicemente eseguendo "una passeggiata" con lo strumento in mano si esegue l'acquisizione di una nuvola di punti dello spazio che circonda l'operatore.

I dati acquisiti con il laser portatile sono stati quelli più significativi per il lavoro da effettuare, però senza la combinazione con la fotogrammetria terrestre e il laser scanner fisso non si sarebbe ottenuto lo stesso risultato. Infatti l'integrazione di queste tecnologie supportate dalle tecniche di rilevamento topografico tradizionali ha permesso di ottenere un modello finale referenziato completo nelle sue informazioni e caratteristiche.

5.1_ L'UTILIZZO DEL RILIEVO METRICO 3D PER I BENI CULTURALI

L'utilizzo di strumentazioni più evolute e lo sviluppo di nuove tecnologie per il rilievo e la modellazione tridimensionale hanno fornito un gran passo avanti per il rilievo di beni architettonici, infatti con queste metodologie si può creare una buona documentazione dello stato di fatto dei beni rilevati, può essere analizzato lo stato di conservazione del bene per poi poter eseguire interventi di restauro e manutenzione.

Andando ad implementare alle tecnologie tradizionali tecniche innovative, si ottiene un risultato ottimo sotto gli aspetti di precisione, tempistiche e risoluzione finale.

“Una corretta progettazione del rilievo metrico prevede quindi che, esaminato il caso di studio ed evidenziate le caratteristiche peculiari dell'oggetto architettonico, una volta individuate le finalità del rilievo, si delinei un percorso mirato di integrazione di metodi e tecniche di acquisizione dei dati. Si definiscono inoltre a priori le tipologie di restituzione grafica e rappresentazione finale, che, pur seguendo normative tecniche e protocolli riconosciuti, saranno anch'esse, come la fase di realizzazione delle misure, legate in una certa misura all'unicità del caso affrontato. Dagli scopi del rilievo dipenderanno le metodologie di acquisizione dei dati insieme alle quali si prefissa la scala di rappresentazione, la precisione delle misure ed il grado di dettaglio della restituzione finale. Il progetto di rilievo metrico ha quindi anche il ruolo di dosare gli interventi di acquisizione dei dati metrici in funzione delle effettive esigenze”¹.

“E' opinione comune che la modellazione 3D derivante dai sistemi di rilievo digitale, tramite sensori attivi e passivi, offra maggiori rapidità e ricchezza di dettaglio rapportata ad altri sistemi; essa quindi consente di ottenere una documentazione di forma e caratterizzazioni morfologiche e tematiche che risulta più sostenibile, in termini principalmente di costi e di densità di informazione disponibile, di quella derivata da altri sistemi. La facoltà di estrarre sia rappresentazioni bidimensionali su piani sezione con assetto spaziale intenzionalmente mirato a zone sensibili della fabbrica e al contempo liberamente prescelto,

¹ A. SPANO, Dispense per il corso “Laboratorio di geomatica per la modellazione dell'architettura”, Politecnico di Torino, 2017/2018.

sia rappresentazioni 3D di diverso tipo e mirate ad evidenziare fenomeni diversi (wireframe, shaded, modelli di elevazione) rende tali metodi più versatili e produttivi, quindi più efficaci nel quadro generale di scarsità di risorse che domina la sfera dei Beni Culturali”².

I sistemi utilizzati nel lavoro di tesi sono la Fotogrammetria Terrestre e l'utilizzo di Laser Scanner fisso e portatile, che permettono di generare un modello finale tridimensionale e texturizzato del bene rilevato.

L'integrazione di queste tecnologie supportate dalle tecniche di rilevamento topografico tradizionali ha permesso di ottenere un modello finale referenziato completo nelle sue informazioni e caratteristiche.

² La correlazione di immagini per la generazione di modelli 3D per il patrimonio costruito - Passive optical sensors and related image-matching methods for 3D modelling / Chiabrando F.; Costamagna E.; Spanò A.. - In: TERRITORIO ITALIA. - ISSN 2240-7707. - ELETTRONICO. - :1(2013), pp. 53-67.

5.2_
BASI
METODOLOGICHE
DEL RILIEVO
METRICO 3D

5.2.1_ INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

“Il principio fondamentale che sovrintende il rilevamento del territorio, consiste nella definizione della posizione di una serie discreta di punti, determinata con un’elevata precisione, a cui appoggiare le misure che serviranno per definire la geometria degli oggetti del rilievo (gli elementi caratterizzanti la superficie del terreno, o nel rilievo architettonico, gli elementi caratterizzanti le forme costruite).

Tale procedura risale al XVII sec., quando Snellius, famoso matematico e geodeta olandese, pensò a ricoprire il territorio da rilevare con una rete di punti, organizzati rigidamente secondo triangoli che misurò con un metodo che egli stesso mise a punto, la TRIANGOLAZIONE, utilizzata in Topografia fino al secolo scorso.

Nel corso della storia della topografia sono stati affinati e utilizzati altri metodi operativi, caratterizzati in generale dalla netta preponderanza delle misure angolari; tutto ciò finché non si risolse il problema della misura delle grandi distanze con l’avvento degli strumenti ad onde elettromagnetiche e con gli ancor più recenti metodi di misurazione satellitare”¹.

Le fasi che portano alla realizzazione di un rilievo metrico architettonico e ai relativi elaborati grafici possono essere sintetizzate come segue:

1. Rilievo e calcolo della rete di inquadramento per la definizione del sistema di riferimento.

“Impianto di reti topografiche (o geodetiche) di inquadramento realizzate tramite metodo GNSS/GPS o tradizionale topografico (stazioni totali); questa fase ha il ruolo di stabilire un unico sistema di riferimento delle misure e di consentire la georeferenziazione (riferimento ad un sistema di riferimento cartografico globale).

Seppur il concetto di georeferenziazione sia radicato negli approcci tradizionali della Geomatica, oggi è sistematicamente richiesta, in quanto dagli inizi degli anni 2000 è ormai consolidato l’approccio valutativo del rischio, che necessita

¹ A. SPANO, Dispense per il corso “Laboratorio di geomatica per la modellazione dell’architettura”, Politecnico di Torino, 2017/2018.

la potenzialità di comparazione con gli svariati fenomeni a riferimento territoriale”².

2. Rilievo e calcolo della rete di raffittimento (non sempre necessaria)

“Correlata alla definizione di una rete di vertici topografici principali, a seconda della complessità e dell’estensione dell’oggetto di studio, sono realizzate nella maggioranza dei casi reti topografiche di raffittimento, organizzate in uno o più ordini secondari (a seconda se si estendano all’esterno o all’interno dei manufatti possono essere impiegati i metodi adottati per l’impianto principale o esclusivamente metodi che prevedono l’uso di stazioni totali di buona ed elevata precisione)”³.

3. Rilievo di dettaglio

“Il rilievo topografico di dettaglio realizzato con total station “reflectorless”, è efficacemente impiegato per gli appoggi fotogrammetrici. Mentre fino a non molti anni fa questo metodo era largamente impiegato per tutte le applicazioni a scala architettonica e maggiori, l’introduzione delle nuove tecnologie con il loro più elevato grado di automatismo, ha determinato l’impiego di questo metodo prevalentemente a integrazione di altri. Il rilievo topografico di dettaglio realizzato mediante metodo GPS/GNNS RTK (real time kinematic), può essere utilizzato quando siano disponibili senza ostacoli ampi settori di sfera celeste per la captazione del segnale satellitare. È difficile sia utilizzato in prossimità di edifici, ma spesso è particolarmente proficuo nelle zone di pertinenza dei manufatti, quando siano assenti ostacoli”⁴.

2 Antonia Spanò, “Versatilità di metodi e tecniche della Geomatica per la documentazione del patrimonio costruito. Approcci sostenibili per la valutazione sismica.”, Torino, Celid, 2013, pp. 81-111.

3 Antonia Spanò, “Versatilità di metodi e tecniche della Geomatica per la documentazione del patrimonio costruito. Approcci sostenibili per la valutazione sismica.”, Torino, Celid, 2013, pp. 57.

4 Antonia Spanò, “Versatilità di metodi e tecniche della Geomatica per la documentazione del patrimonio costruito. Approcci sostenibili per la valutazione sismica.”, Torino, Celid, 2013, pp. 58-59.

5.2.2_ TECNOLOGIA LASER SCANNER TERRESTRE

I sistemi a scansione laser costituiscono una nuova generazione di strumenti di misura, che, grazie all'elevato grado di automatismo, consentono di acquisire in tempi molto brevi la posizione di un elevato numero di punti. La tecnologia laser scanner impone una sorta di ribaltamento della sequenza logico-operativa alla quale si era abituati con l'uso delle metodologie consolidate (topografica e fotogrammetrica) che hanno regolato la prassi del rilievo architettonico.

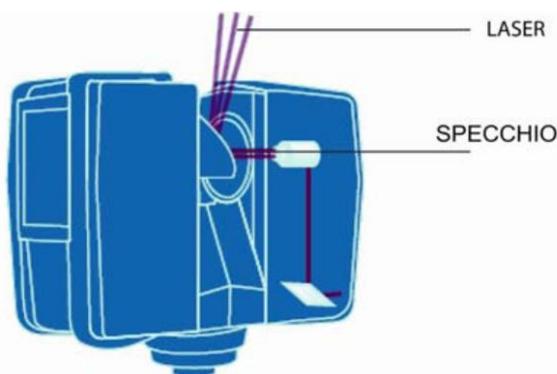
“Metodi consolidati: prima interpretazione (decisione di quali punti voglio misurare) e poi Misura Metodo con strumentazioni laser: si opera l'acquisizione, indistinta ed in tempi rapidissimi, di una enorme quantità di informazione metrica, e nella fase successiva di processamento dei dati, si opera la selezione dell'insieme informativo significativo, (prima misura, poi interpretazione)”¹. Questa tecnica è nota come LIDAR (light detection and ranging) ed utilizza onde elettromagnetiche nella misurazione delle distanze da rilevare.

La tecnologia Laser Scanner era utilizzata negli anni settanta ottanta nel campo della tecnologia ma a causa degli alti costi arriva nel campo del rilevamento solo alla fine degli anni novanta.

“Le caratteristiche principali sono :

- Alta precisione
- Alta risoluzione
- Elevata velocità
- Controllo intuitivo grazie al touch screen incorporato.
- Elevata mobilità grazie alle dimensioni e al peso ridotti nonché alla batteria a carica rapida integrata.
- Compensatore biassiale integrato per livellare automaticamente i dati della scansione acquisita.
- Bussola e altimetro integrati per fornire informazioni sull'altezza e sull'orientamento alle scansioni”².

Il funzionamento dello strumento e reso possibile grazie alla presenza di un raggio laser ad



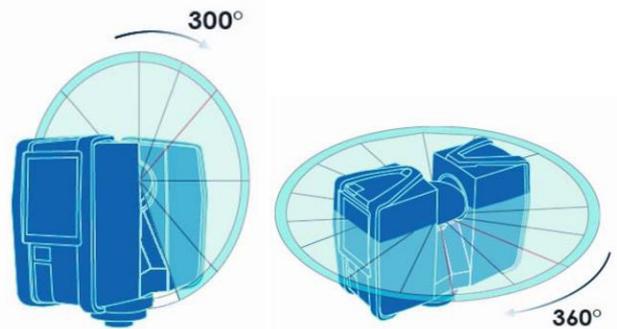
Schema strumento Laser Scanner

1 A. SPANO, Dispense per il corso “Laboratorio di geomatica per la modellazione dell'architettura”, Politecnico di Torino, 2017/2018.

2 Manuale FARO , Laser Scanner Focus 3D, 2016, pp. 2-3.

infrarossi che invia il segnale a uno specchio rotante, che, a sua volta, devia il laser con una rotazione verticale attorno all'ambiente scelto, dove la luce riflessa dalle superfici circostanti viene riflessa nuovamente nello scanner. Una volta ritornato alla strumento, il raggio laser viene scomposto con onde costanti di lunghezza variabile. In questo modo la misura dello spostamento di fase nelle onde e nella luce infrarossa va a determinare la distanza tra lo strumento e il punto dell'oggetto.

Le coordinate X, Y, Z di ogni punto vengono quindi calcolate utilizzando codificatori angolari per misurare la rotazione dello specchio e la rotazione orizzontale del Laser Scanner. Questi angoli sono codificati simultaneamente con la misurazione di distanza. Distanza, angolo verticale e angolo orizzontale formano una coordinata polare (δ , α , β), che viene quindi trasformata in coordinata cartesiana (x, y, z). Lo scanner copre un campo visivo di $360^\circ \times 300^\circ$.



Schema rotazione orizzontale e verticale dello strumento

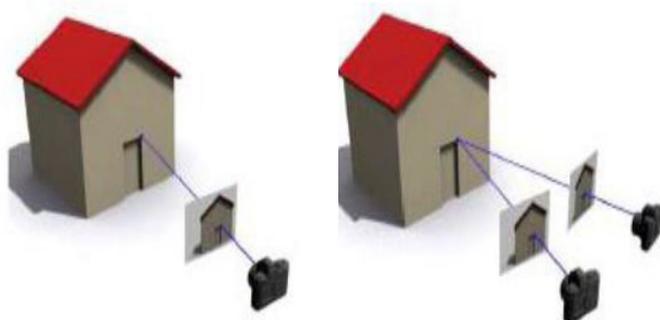
5.2.3_ METODO FOTOGRAMMETRICO

Gli strumenti di fotogrammetria digitali che consentono di acquisire modelli di superficie tridimensionale e fotorealistici vengono classificati in base al sensore utilizzato come strumenti passivi, a differenza dei sistemi laser terrestri (TLS-Terrestrial Laser System) che sono considerati strumenti attivi.

“La necessità di ottenere delle informazioni più dettagliate sulle caratteristiche radiometriche degli oggetti e di superare le limitazioni degli strumenti precedentemente descritti ha portato ad una grande diffusione dei sistemi basati su sensori ottici passivi nel rilievo dei Beni Culturali.

Gli sviluppi della fotogrammetria digitale orientati alla capacità di generare automaticamente modelli di superficie degli oggetti sono strettamente connessi con quelli della computer vision e allo sviluppo di algoritmi che permettono di trasformare immagini bidimensionali in modelli tridimensionali. Le regole della geometria proiettiva consentono di ottenere modelli 3D a partire da almeno due immagini di cui siano note le condizioni di presa”¹.

“La Fotogrammetria è la scienza che consente di estrarre informazioni da immagini e di presentarle all’utente in maniera efficace”².



Schema relazione corrispondenza punto oggetto e punto immagine

Il punto di partenza è un modello di fotogrammi orientati, per i quali cioè, è stata determinata l’esatta posizione del centro di presa nel momento dell’acquisizione dei fotogrammi. Ciò avviene applicando i principi geometrici basilari della fotogrammetria, che prevedono la disponibilità di fotogrammi con centro di presa sempre diverso, e la soluzione è ricercata tramite la misura di punti omologhi ritratti in più fotogrammi, alcuni tra i quali corrispondenti ad

¹ La correlazione di immagini per la generazione di modelli 3D per il patrimonio costruito - Passive optical sensors and related image-matching methods for 3D modelling / Chiabrando F.; Costamagna E.; Spanò A.. - In: TERRITORIO ITALIA. - ISSN 2240-7707. - ELETTRONICO. - :1(2013), pp. 53-67.

² PE & RS, Photogrammetric engineering and remote sensing, journal of the American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ASPR), 1980.

una serie di punti d'appoggio misurati a terra per via topografica e facilmente collimabili sulle immagini perché usualmente individuati da target³.

“Ad un qualsiasi punto dell'oggetto corrisponde un punto immagine sul piano della proiezione”⁴.

Ad ogni punto immagine, nell'ipotesi potessimo conoscere la posizione del centro di presa e l'assetto del raggio proiettante, corrisponderebbero infiniti punti appartenenti alla retta proiettante punto immagine-centro di presa.

L'introduzione di una seconda proiezione consente di determinare la posizione del punto oggetto (3D).

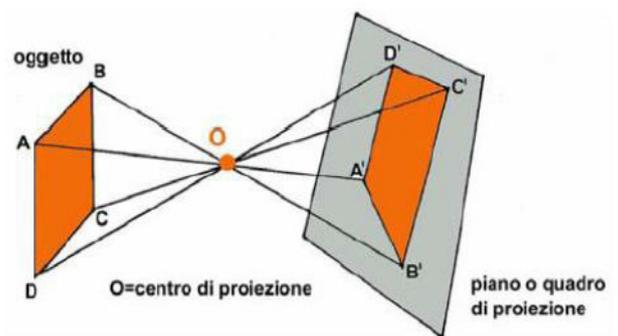
La fotogrammetria è applicata quando sia necessario rilevare un gran numero di punti per una descrizione completa ed esauriente dell'oggetto di studio.

Le immagini impiegate sono fotografie (fotogrammi se usati con fini metrici) ed avranno natura analogica, digitale, ottenute da sensori montati nelle macchine digitali

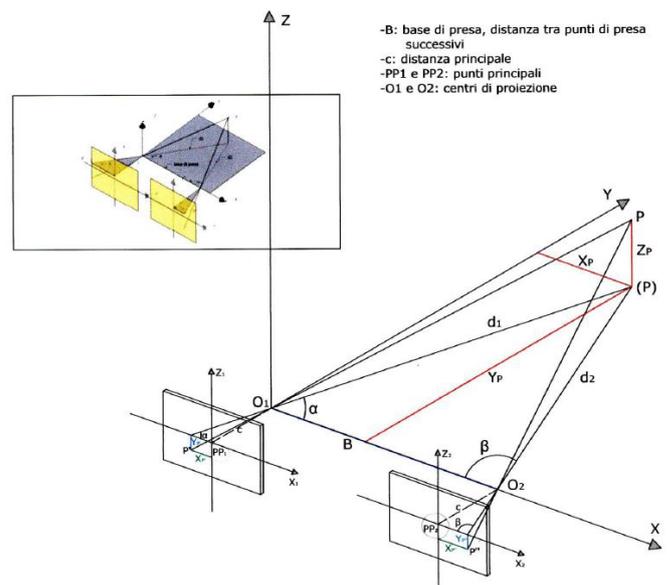
Il metodo fotogrammetrico trae dati metrici dalle fotografie in virtù del fatto che esse possono essere considerate delle prospettive centrali.

Qualunque sia la giacitura degli enti geometrici necessari a realizzare la proiezione, tale proiezione centrale produce una corrispondenza biunivoca tra i punti oggetto (3D) e le loro proiezioni (2D), cioè i punti immagine; a seconda delle condizioni geometriche che caratterizzano la giacitura reciproca dell'oggetto, del centro di proiezione e del piano di proiezione, si avrà una differente relazione analitico-geometrica che caratterizza la corrispondenza biunivoca tra punti omologhi.

Questo schema spiega il concetto dei “punti



Schema relazione corrispondenza punto oggetto e punto immagine



Schema riconoscimento dei punti omologhi attraverso una soluzione accademica per la comprensione dei triangoli simili.

3 Antonia Spanò, Elisabetta Donadio, Filiberto Chiabrando, “Modelli 3D densi tra esperienze didattiche e ricerche di soluzioni fruibili”, in, “SCAVI AD AQUILEIA III. Aquileia, l'insula tra Foro e porto fluviale Lo scavo dell'Università degli Studi di Trieste 1. La strada”, Trieste, EUT Edizioni Università di Trieste, 2017, pp. 79-100

4 A. SPANO, Dispense per il corso “Laboratorio di geomatica per la modellazione dell'architettura”, Politecnico di Torino, 2017/2018.

omologhi”, in particolare viene illustrato come risolvendo triangoli rettangoli simili sono facilmente determinabili le coordinate x_p, y_p, z_p del punto oggetto, a partire dalle coordinate immagine (dei fotogrammi) x', y', x'', y'' . Per far in modo che questa relazione esista, devono esserci condizioni precise, i piani di proiezione devono giacere sullo stesso piano, i centri di proiezione devono appartenere ad un piano parallelo al precedente, gli assi ottici principali sono paralleli tra loro, il sistema di riferimento in cui misurare x_p, y_p, z_p e x', y', x'', y'' deve essere lo stesso. Il metodo fotogrammetrico si articola in tre fasi distinte.

La fase di presa, cioè di acquisizione dei fotogrammi, da parte dell'operatore, che rappresentano l'oggetto di studio, dopo una prima pianificazione sulla localizzazione delle prese fotografiche.

La fase di orientamento, ha lo scopo di determinare i parametri che definiscono le relazioni analitiche tra punti oggetto e punti immagine.

La fase di restituzione, che comprende numerosi passaggi operativi quali l'esecuzione delle misure sul modello stereoscopico conseguente l'orientamento dei fotogrammi, la determinazione delle coordinate tridimensionali dei punti oggetto, il controllo e l'integrazione con rilievi ulteriori e la rappresentazione grafica finale.

Prima di approcciarsi al metodo fotogrammetrico, ma indispensabile per il compimento dell'intero processo, si deve effettuare l'appoggio topografico; questa fase consiste nel determinare per via topografica le coordinate plano-altimetriche di un certo numero di punti collimabili sui fotogrammi, per consentire l'orientamento, detti punti di controllo.

L'uso delle camere digitali permette l'acquisizione dei fotogrammi. Ogni immagine è formata da informazioni numeriche. La radiometria delle immagini viene registrata sotto forma di numeri, ad ogni numero è associato un pixel, un elemento di dimensioni note.

Tale rappresentazione (RASTER) è ottenuta suddividendo l'immagine fotografica in elementi di dimensione finite (pixel) e associando a ciascuno di essi il numero che rappresenta la radiometria della porzione di immagine contenuta. Per i fini fotogrammetrici il pixel, costituisce la

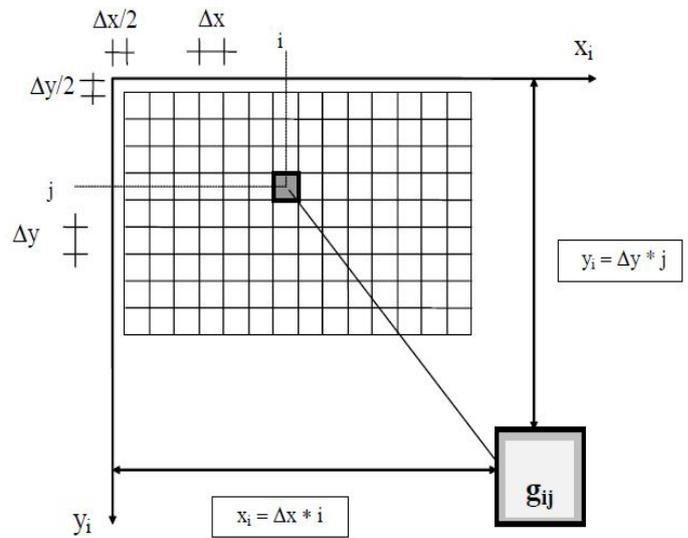
parte elementare e inscindibile dell'immagine, ha una posizione fissata a priori, soprattutto non variabile nel tempo, e che non risente di deformazioni dovute a diverse condizioni ambientali come i fotogrammi su pellicola⁵.

Dal momento che il pixel ha dimensioni finite (Δx , Δy) è possibile facilmente determinare una corrispondenza biunivoca tra la posizione del pixel nell'immagine e una coppia di coordinate x , y .

La misura di coordinate x e y è quindi sostituita dall'individuazione del pixel all'interno della matrice immagine. La posizione si traduce in coordinate reali con le relazioni indicate. Ne consegue che non si eseguono misure di coordinate su una immagine digitale perché la relazione posizione pixel-coordinata è già effettuata dal sistema di acquisizione.

Una grandezza importante per l'uso dei fotogrammi è la RISOLUZIONE, anche detta densità di campionamento, esprime il numero di pixel contenuti in una unità di lunghezza e quindi con essa si indica una qualità visiva dell'immagine. Solitamente viene indicata in DOT per INCH (dpi). 1inch=25.4mm

“I software di fotogrammetria digitale hanno progressivamente integrato algoritmi e processi derivanti da altre discipline, in particolare dalla Computer Vision, di cui sfrutta i sistemi SfM che permettono di stimare la posizione 3D di punti rappresentati in molteplici immagini, ricostruendo la geometria dell'oggetto rappresentato (structure) e la posizione delle prese (motion) anche quando non si è in possesso di definiti parametri di calibrazione della camera (coordinate del centro di proiezione, distanza principale, curve di distorsione dell'obiettivo con la precisione di pochi micron)”⁶.



Composizione di un immagine digitale e identificazione del pixel con le proprie coordinate.

5 A. SPANO, Dispense per il corso “Laboratorio di geomatica per la modellazione dell'architettura”, Politecnico di Torino, 2017/2018.

6 Antonia Spanò, Elisabetta Donadio, Filiberto Chiabrando, “Modelli 3D densi tra esperienze didattiche e ricerche di soluzioni fruibili”, in, “SCAVI AD AQUILEIA III. Aquileia, l'insula tra Foro e porto fluviale Lo scavo dell'Università degli Studi di Trieste 1. La strada”, Trieste, EUT Edizioni Università di Trieste, 2017, pp. 79-100

5.2.4_ TECNOLOGIA LASER SCANNER MOBILE

Un altro sistema di scansione laser basato sulla tecnologia Lidar è il Mobile Mapping System (MMS). L'utilizzo della strumentazione portatile che si basa su tecnologia SLAM permette di ottenere nuvole di punti generate dai moderni sistemi di mapping mobile in modo rapido ed efficiente, attraverso il movimento dell'operatore, rimandandone lo studio a posteriori¹.

La tecnologia SLAM, come indica il suo acronimo che sta per "Simultaneous Localization And Mapping", ha la sua più significativa capacità nel mettere in grado la strumentazione che la utilizza di poter contestualmente scansire l'ambiente circostante ed autolocalizzarsi, permettendo di ottenere una grande quantità di dati con un dispendio ridotto di energie e risorse; a questo si possono aggiungere caratteristiche di portabilità (lo strumento che la impiega è leggero e compatto) e versatilità, rendendola adatta anche ad altri scopi.

Questa tecnologia originariamente è stata sviluppata in relazione alla robotica, ma ha trovato larga

applicazione non solo nelle tecnologie di rilevamento ma anche, ad esempio, nella risoluzione dei problemi legati alla guida autonoma, viene applicata a strumenti di dimensione e peso contenuti, garantendo così una portatilità dello strumento.

Lo strumento impiegato è lo ZEBREVO. La tecnologia versatile dello strumento è adattabile a qualsiasi ambiente in tutti i settori, in particolare negli spazi complessi e chiusi, senza necessità di GNSS. La sua composizione, data da supporti flessibili e opzioni di implementazione fanno sì che l'hardware GeoSLAM possa essere tenuto in mano, montato su drone o robot o anche collegato a un palo o cavo. Con un peso di circa 3,5 kg, il dispositivo può essere utilizzato per la scansione rapida di ambienti multilivello, in ambienti pericolosi e difficili.

Il sistema ZEB di GeoSLAM² si basa essenzialmente su una testa mobile dotata di un laser di misurazione che misura i profili 2D. Il sistema

¹ Giulia SAMMARTANO, Antonia SPANO', Point clouds by SLAM-based Mobile Mapping Systems: accuracy and geometric contents validation in multisensory survey and stand-alone acquisition, Applied Geomatics, 2018.

² Manuale ZebREVO, GeoSLAM-ZEB-REVO-Solution_v9

comprende anche un'unità di misurazione inerziale con giroscopi triassiali, accelerometri e magnetometri a tre assi. Nella soluzione implementata da ZEB-REVO, la testa ruota regolarmente durante il movimento dell'operatore. Nell'ultimo aggiornamento di ZEB-REVO, gli aspetti relativi all'acquisizione e all'interattività dell'operatore con la raccolta dei dati sono stati migliorati come la visibilità in tempo reale della registrazione basata su SLAM di profilo su un dispositivo portatile accoppiato con il corpo di scansione durante l'acquisizione. Processa i dati in tempo reale, cosa che gli permette di autoorientarsi, lo strumento è dotato di un software che permette di trasformare in tempi brevi i dati ottenuti nella costruzione di una nuvola di punti tridimensionale e registrata, potendo così vedere un primo risultato rapido ed accurato dove è possibile dare una prima valutazione del rilievo vedendo eventuali errori.

Lo strumento ha un campo verticale a 360 ° e una portata di 30 m, è sufficiente spostarsi nell'ambiente mentre si acquisiscono oltre 43.000 punti di misurazione al secondo. Il software di elaborazione SLAM automatico (localizzazione e mappatura simultanea) allinea i dati senza la necessità di controllo esterno per produrre una nuvola di punti 3D altamente accurata e immagini sincronizzate dell'area esaminata. Se necessario, sono disponibili anche una serie completa di parametri definibili dall'utente per ottimizzare i risultati per diversi tipi di ambienti.

Una volta mappati, i dati sincronizzati delle nuvole di punti acquisite possono essere visualizzati nel software GeoSLAM Hub sia in 2D che in 3D. Poiché SLAM non richiede input GPS, il software può essere utilizzato per elaborare dinamicamente i dati di mappatura da ambienti sia interni che esterni, mentre è in movimento. È possibile ottenere un riferimento preciso al terreno mediante la scansione di punti di rilevamento noti o mediante l'integrazione con nuvole di punti georeferenziate esistenti.

I risultati sono disponibili in tutti i principali formati e si può scegliere tra una varietà di opzioni e configurazioni di esportazione per consentire una maggiore integrazione con i software di

post-elaborazione³.

Affinchè avvenga una corretta acquisizione e registrazione dei profili delle nuvole di punti occorre prendere determinati accorgimenti in fase di lavoro operativo con lo strumento nell'area di analisi:

La procedura di inizializzazione deve essere effettuata su una superficie piana e il punto di arrivo del viaggio di ritorno deve trovarsi nella stessa posizione del punto di partenza. Questo è fondamentale per ottenere una traiettoria chiusa e una nuvola di punti corretta.

La traiettoria dovrebbe essere pianificata in base alla configurazione dell'ambiente circostante. Gli spazi interni o gli ambienti esterni chiusi sono favorevoli per migliorare le prestazioni del sistema ZEB. I viaggi di andata e ritorno sono preferiti per evitare la propagazione dell'errore di deriva in effetti "swing" o deviazione lineare.

Il tempo di acquisizione tiene conto dei pochi minuti necessari per l'inizializzazione e la chiusura, effettuata in modo automatico in loco, della pre-elaborazione e memorizzazione dei dati nella memoria incorporata dello strumento e l'esecuzione vera e propria traiettoria. In base agli studi compiuti, si consiglia un itinerario di massimo 20-30 minuti per la migliore precisione dei dati, e più si cammina lentamente maggiore sarà il numero di punti acquisiti.

³ Dati forniti dalla casa di produzione (fonte: <https://geoslam.com/technology/>)

5.3_

PROGETTO DI RILIEVO DELLA CHIESA PARROCCHIALE “M.V. ASSUNTA” DI BUSCA

L'elaborato di tesi pone come obiettivo lo studio della Chiesa Parrocchiale Maria Vergine Assunta di Busca in particolare si concentra sugli spazi del sottotetto della chiesa andando ad analizzare le tecniche costruttive degli elementi che lo compongono quali il sistema delle volte e delle capriate.

I metodi di indagine utilizzati, scelti dopo una prima analisi dell'oggetto del rilievo e le sue relazioni spaziali, sono stati metodi terrestri integrati fra di loro per generare modelli tridimensionali multiscala e multisensore, ortofoto ed infine prodotti grafici bidimensionali e tridimensionali per la conoscenza complessiva della chiesa nel suo insieme.

Le tecniche utilizzate per la creazione di modelli bidimensionali e tridimensionali densi e ricchi di informazioni sono state le tecniche della fotogrammetria terrestre, la tecnologia Lidar e la tecnologia basata sull'algoritmo SLAM tramite un sistema di mappatura mobile.

L'innovativo sistema di mappatura mobile 3D è stato impiegato per poter effettuare il rilievo nelle parti più difficili da raggiungere in particolare il suo impiego è stato fondamentale per l'acquisizione dei dati del sottotetto della chiesa.

La complementarità e l'unione di queste tecniche ha permesso di ottenere un modello complessivo con informazioni utili per poter eseguire le successive analisi e per raggiungere gli obiettivi prefissati.

Per ottenere un modello finale completo sono stati necessari diversi dati, provenienti da strumentazioni e metodi di rilievo 3D differenti, questi processi sono spiegati nei paragrafi seguenti.

5.3.1_ RETE TOPOGRAFICA

La prima operazione è stata quella di posizionare dei vertici a terra per creare una rete di inquadramento, i vertici sono stati identificati con il posizionamento di due chiodi con rondella circolare, sono state effettuate le monografie dei vertici e sono stati denominati come vertici 100 e 200. Per il rilievo topografico è stata utilizzata la Geomax Zoom 30 Pro Total Station. Si è posizionato il treppiede, su cui si posiziona la stazione, in modo da raggiungere la verticalità dell'asse principale con il vertice 100 materializzato a terra. Dopo la messa in stazione dello strumento si è misurato il vertice 200 tramite il posizionamento di un prisma inserito su un altro treppiede sopra il punto. Nel frattempo sono stati inseriti i markers cioè dei punti di controllo addossati alle pareti della Chiesa e di alcuni edifici circostanti, inseriti all'interno di un eidotipo.

In seguito all'inquadramento si è passato al rilievo di dettaglio, utilizzando la stazione situata sul vertice 100, si sono misurati i punti posizionati in precedenza e risultano 20 punti (targets), che saranno poi utili in seguito come punti di controllo per le operazioni successive.

Dopo aver concluso la campagna di rilievo si è passato all'elaborazione dei dati acquisiti con i vari strumenti, il primo lavoro effettuato è stata l'elaborazione dei dati ricavati dalla stazione totale, in particolare tramite un foglio di calcolo sono state calcolate le coordinate dei punti collimati dalla stazione (x, y, z) per poterle successivamente utilizzare nei passaggi seguenti.

Le coordinate dei punti rilevati sono state esportate in un file in formato .txt e importate all'interno dei software utilizzati successivamente per ottenere nuvole di punti georeferite.

STAZIONE	PUNTO	AZIMUT	ZENIT	DISTANZA i
100	1	304,77715	100,19976	44,790
	2	306,68042	99,95117	51,795
	3	314,41294	100,81716	26,060
	4	322,61841	99,05133	27,002
	5	328,13691	97,52450	27,021
	6	337,01168	98,02820	24,256
	7	340,56298	97,03300	22,037
	8	341,57962	95,60098	22,279
	9	350,75559	97,60833	23,047
	10	353,74578	98,85047	23,781
	11	360,29179	100,76509	26,480
	12	363,27712	97,07136	30,552
	13	366,80878	98,78710	32,050
	14	368,46791	97,28805	35,427
	15	379,32263	98,98844	43,463
	16	369,60128	100,11156	47,582
	17	379,92024	100,86575	33,957
	18	391,20197	98,53118	42,145
	19	6,63161	97,38750	28,306
	20	8,91286	98,03795	23,535

Punti rilevati dalla stazione totale

A angolo azimutale
 Z angolo zenitale
 di distanza inclinata
 d distanza orizzontale
 hs altezza strumentale

$$d = di \times \sin(Z)$$

$$X = d \times \sin(A)$$

$$Y = d \times \cos(A)$$

$$Z = hs + d \times \cot(Z)$$

Nome Vertice	X (m)	Y (m)	Z (m)
100	0,000	0,000	0,000
1	-44,664	3,358	1,413
2	-51,510	5,425	3,148
3	-25,393	5,849	1,220
4	-25,313	9,392	1,956
5	-24,406	11,549	2,604
6	-20,261	13,314	2,305
7	-17,694	13,096	2,581
8	-17,651	13,506	3,092
9	-16,091	16,477	2,420
10	-15,795	17,773	1,983
11	-15,465	21,492	1,236
12	-16,645	25,581	2,959
13	-15,960	27,787	2,165
14	-16,823	31,141	3,063
15	-13,868	41,185	2,245
16	-21,867	42,260	1,471
17	-10,533	32,279	1,092
18	-5,804	41,732	2,526
19	2,941	28,129	2,715
20	3,283	23,294	2,279

Coordinate calcolate dei Punti rilevati

5.3.2_ ACQUISIZIONE DELLE SCANSIONI TRAMITE LASER SCANNER FISSO

Lo strumento utilizzato per l'acquisizione delle scansioni è stato il Laser Scanner terrestre Faro Focus3D S 120, dotato di fotocamera integrata e display touchscreen dove è possibile gestire le opzioni di scansione.

Il posizionamento ed il numero di scansioni opportune vengono programmate tramite gli eido-tipi nei quali sono stati inseriti anche i punti di controllo (marker), misurati precedentemente e di coordinate note. Per pianificare la localizzazione delle apparecchiature bisogna tenere in considerazione il numero dei markers posizionati e misurati con la stazione totale. In ogni scansione, devono essere visibili almeno tre markers per poter permettere la rototraslazione delle scansioni basata sulle coordinate calcolate dei punti di controllo.



Schema posizionamento del Laser Scanner fisso

Dopo aver concluso la fase di pianificazione si procede con l'acquisizione delle scansioni, si posiziona lo strumento su un treppiede in posizione fissa ad una distanza opportuna dalla Chiesa e viene avviato lo strumento che in automatico procede all'acquisizione. Finita questa fase sono state ottenute 13 scansioni che nel loro insieme sono state utilizzate per creare una nuvola di punti della Chiesa Parrocchiale Maria Vergine Assunta di Busca.



Anteprima di una scansione del Laser Scanner fisso

5.3.2.1 _ GENERAZIONE MODELLI ACQUISITI CON LASER SCANNER TERRESTRE

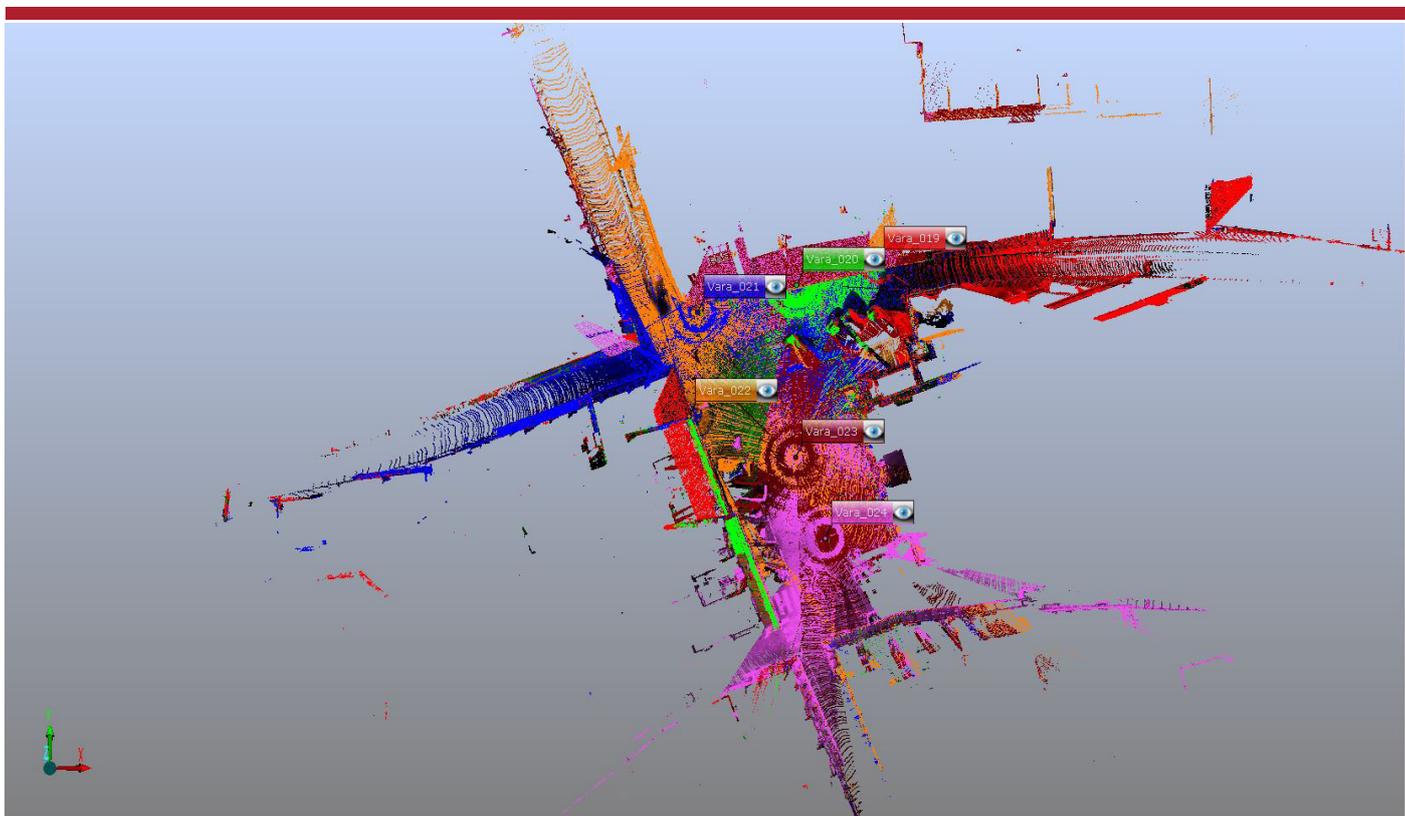
Dopo l'acquisizione si procede con l'elaborazione e registrazione delle scansioni date dal laser scanner fisso, utilizzando il programma Faro SCENE per poter ottenere una nuvola di punti complessiva della Chiesa.

Per prima cosa si procede con il caricamento delle 13 scansioni, si esegue la colorazione delle scansioni, per prendere visione del dato RGB, dove vengono associate ai singoli punti le immagini scattate dalla fotocamera coassiale interna del laser scanner, per facilitare il posizionamento dei target.

Per l'allineamento delle scansioni sono stati usati due procedimenti differenti.

Il primo allineamento è stato eseguito tramite i marker, le coordinate di questi punti, calcolate in precedenza, sono state inserite all'interno del software in modo da ottenere una nuvola di punti georeferita nel sistema locale di riferimento. Attraverso la visualizzazione piana delle scansioni si procede all'identificazione dei target nominandoli con gli stessi codici numerici applicati ai punti collimati dalla stazione. Per poter effettuare l'allineamento si inseriscono le coordinate, calcolate in precedenza, in formato .csv così da permettere la rototraslazione del modello per poter eseguire la collocazione delle scansioni "basato su target".

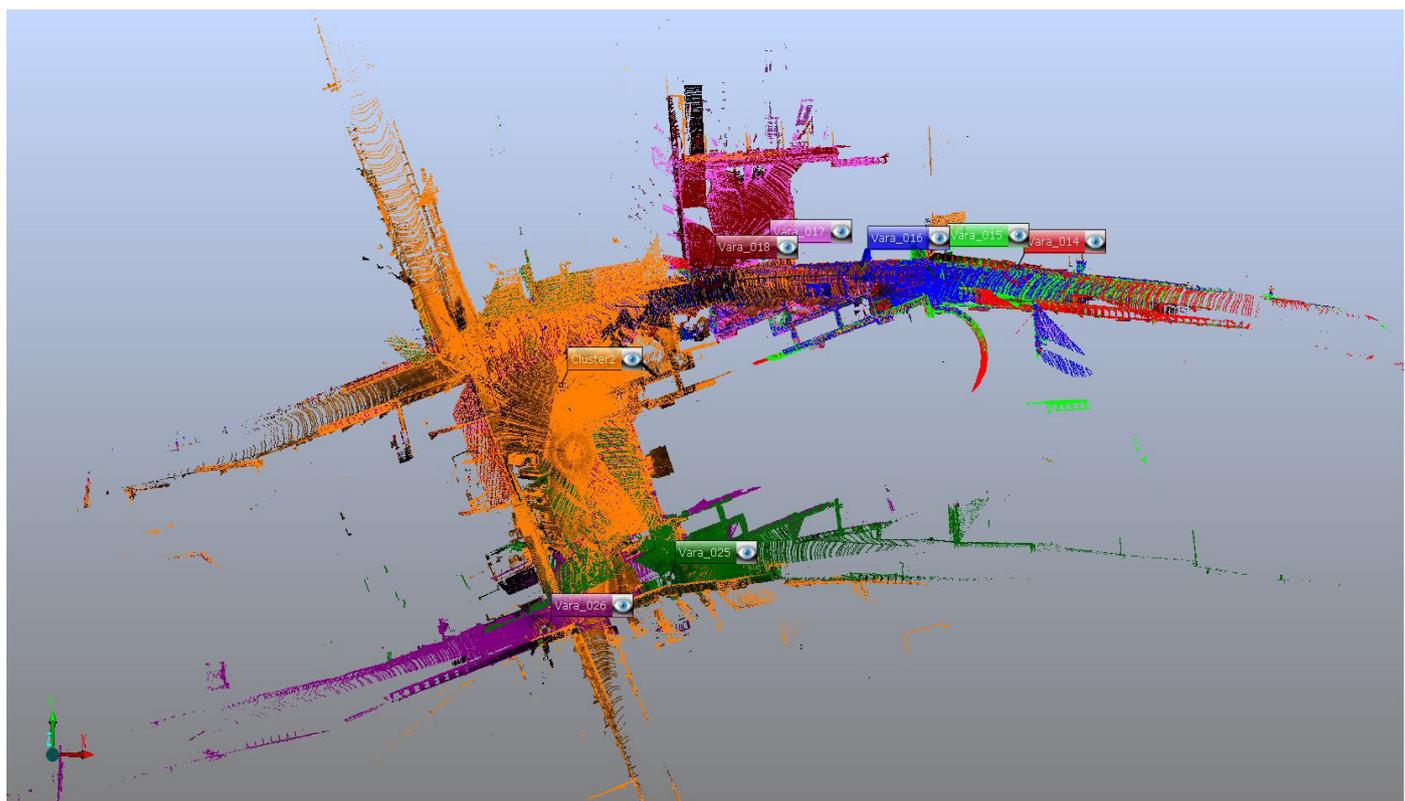
Con questo primo procedimento si sono allineate 6 scansioni che sono state raggruppate insieme.



Vista corrispondenze delle scansioni, registrazione "basato su target"

Le restanti 7 scansioni, che per mancanza di marker visibili in esse non è stato possibile effettuare un allineamento "basato su target", sono state allineate per forma o "da nuvola a nuvola". Si sono eseguiti degli spostamenti manuali delle scansioni, tramite la vista delle corrispondenze, utilizzando come perno l'insieme delle scansioni elaborate precedentemente, ed andando ad avvicinare le diverse scansioni ed allineandole basandosi su spigoli e superfici comuni.

Vista corrispondenze delle scansioni restanti, registrazione per forma "da nuvola a nuvola"

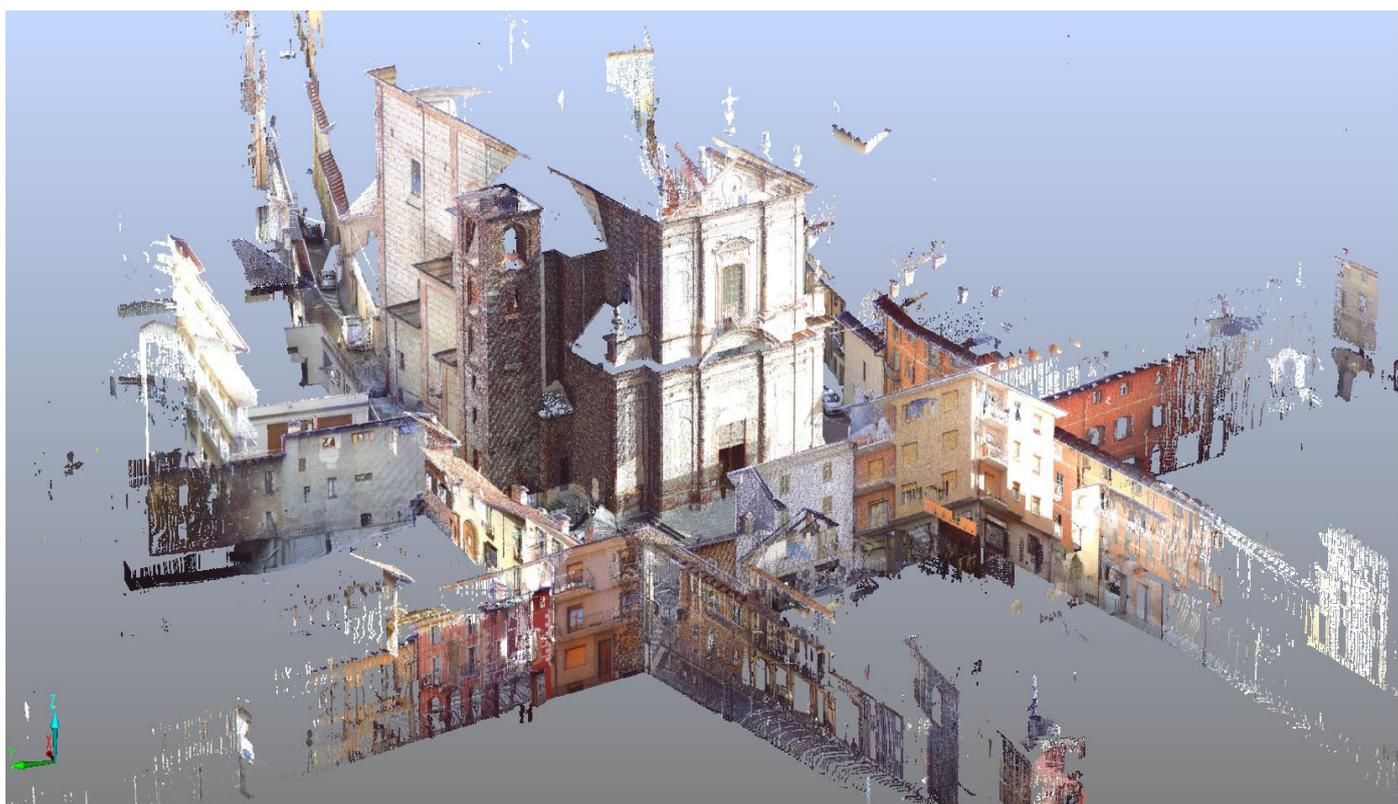


I risultati ottenuti con i due metodi sono molto soddisfacenti, infatti come si può vedere in tabella, sia per il primo che per il secondo metodo si sono ottenute delle tensioni medie dei punti di scansione molto inferiori ai 4 mm (valore limite), che sono sinonimi di un'accuratezza molto elevata degli allineamenti delle scansioni, nello specifico 2,3917 mm per il primo e 2,5806 mm per il secondo.

Infine dopo aver registrato le scansioni possono essere esportate separatamente per poter procedere alla pulizia delle nuvole, e per poi essere implementate dalle nuvole elaborate con gli altri procedimenti, con il programma 3DReshaper.

Gruppo scansione	Numero di scansioni	Tensione media dei punti di scansione (mm)	Tensione media dei punti di scansione (<4mm)
Scan1	7	2,3917	72,10%
Cluster2	6	2,5806	68,70%

Tensioni dei punti, Registrazione nuvole



Vista 3D complessiva della nuvola

5.3.3_ ACQUISIZIONE DEI FOTOGRAMMI

Il modello tridimensionale ottenuto dall'elaborazione delle scansioni Lidar potrà essere completata con la costruzione di una nuvola di punti data dall'elaborazione dei fotogrammi acquisiti dalla camera Canon Eos 5d sr. Dopo un'analisi della chiesa da rilevare si può procedere con le operazioni di presa terrestre, sono stati acquisiti 124 fotogrammi utilizzando centri di presa differenti distribuiti nello spazio per ricoprire la zona da rilevare.

Due set di fotogrammi sono stati acquisiti: un primo giro di fotografie composto da fotogrammi paralleli alla facciata e un giro con acquisizioni di fotogrammi inclinati rispetto alle facciate della Chiesa. L'integrazione dei due tipi di acquisizione, parallele e inclinate, dei fotogrammi contribuisce alla buona soluzione dell'orientamento esterno e costituisce la geometria di presa ottimale per il rilievo di questa tipologia di manufatti. Le prese inclinate contribuiscono inoltre alla restituzione delle superfici verticali presenti, altrimenti non rappresentabili esclusivamente con le prese parallele.

5.3.3.1_ GENEREZIONE MODELLO ACQUISITO DAL RILIEVO FOTOGRAMMETRICO

Per la generazione di una nuvola di punti data dai fotogrammi acquisiti si può utilizzare il programma Agisoft Photoscan, che grazie al riconoscimento dei "punti omologhi" riesce a compiere l'allineamento dei fotogrammi e, inserendo le coordinate dei punti rilevati, si possono ricavare i vari punti di presa della camera, una volta acquisite le foto in PhotoScan, dovranno essere allineate. In questa fase il programma trova la posizione della fotocamera, determina l'orientamento di ogni foto e costruisce il modello con una nuvola sparsa di punti.

Dopo il caricamento delle immagini nel programma e la localizzazione dei target visibili sulle foto si procede con l'allineamento dei fotogrammi, i passaggi successivi sono poi l'elaborazione di una nuvola sparsa e densa, la generazione della mesh per infine ottenere un modello texturizzato.

Questo programma permette di calibrare la qualità delle diverse fasi di lavoro così da poter ese-

guire delle prime prove, di controllo, a qualità più basse quindi con tempi più ridotti per poi eseguire, a qualità maggiori, le operazioni definitive. “L’impostazione di un’ Alta precisione consente di ottenere stime di posizione della fotocamera più accurate. L’impostazione Bassa Precisione può essere utilizzata per ottenere posizioni grezze della fotocamera con tempi più brevi di elaborazione. Mentre con l’impostazione Alta Precisione il software utilizza le foto nel formato originale, l’impostazione Media Precisione genera un ridimensionamento di un fattore 4 (2 per ogni lato), con l’impostazione Bassa Precisione i files originali sono ridimensionati con un fattore 16, il valore più basso è ottenuto operando un ridimensionamento 4 volte maggiore”¹.

“La ricerca dell’orientamento di un numero minimo e sufficiente di fotogrammi, che nelle applicazioni convenzionali di Fotogrammetria per il rilevamento degli oggetti era consueto, viene ribaltato nell’applicazione dei metodi di matching. Sebbene la geometria di presa, i rapporti tra basi di presa e distanze continuo ad essere altamente rilevanti, la ridondanza dei dati ottenibile

¹ Agisoft PhotoScan Manuale d’uso Versione Professional, Versione 1.2

Punto	Errore x (m)	Errore y (m)	Errore z (m)	Totale (m)
3	-0.000061	-0.003744	-0.000782	0.003825
4	0.001758	-0.001921	0.000727	0.002703
5	-0.001804	0.000832	0.000165	0.001993
6	-0.001571	0.002082	0.000066	0.002609
7	-0.001678	0.000401	0.000225	0.001740
8	-0.000564	0.001501	0.000323	0.001636
9	-0.001867	0.002546	-0.000472	0.003192
10	0.003967	0.001429	-0.000978	0.004329
11	-0.001164	0.000794	0.000323	0.001446
12	0.001042	0.000112	0.001013	0.001458
13	0.002888	-0.000943	-0.000621	0.003101
14	-0.000947	-0.003085	0.000010	0.003227
Total error	0.001890	0.001930	0.000579	0.002763

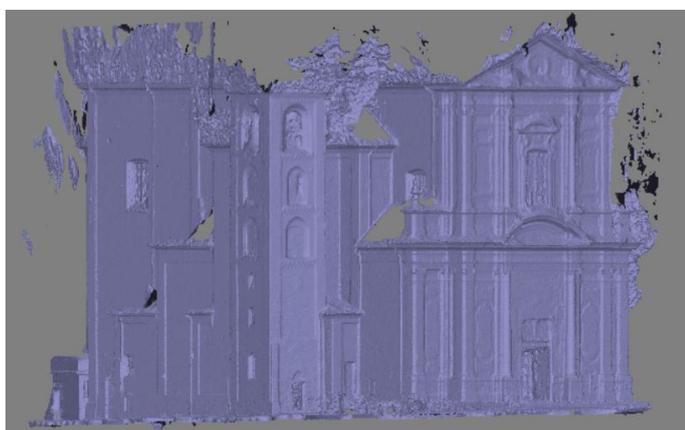
Valori Check Points - Errore (m) distanza tra i dati di input (sorgente) e le posizioni stimate della fotocamera



Nuvola di punti sparsa



Nuvola di punti densa



Modello poligonale



Modello poligonale texturizzato

con l'aumento del numero di fotogrammi orientati, e a seconda del metodo, l'uso combinato di fotogrammi nadirali e inclinati, è di importanza nodale per la buona qualità dei modelli derivabili dai sistemi di matching di immagini².

I risultati ottenuti sono soddisfacenti ed il blocco è stato correttamente orientato con una buona accuratezza, infatti come si può notare nella tabella la somma degli errori di distanza tra i dati di input e le posizioni stimate della fotocamera sono di 1,89 mm lungo l'asse X, 1,93 mm lungo l'asse Y e 0,58 mm lungo l'asse Z.

L'ultima fase, come per le scansioni del laser terrestre, consiste nell'esportazione della nuvola ottenuta, ed il passaggio al programma 3dReshaper per poter procedere alla pulizia, e per poterla implementare alle nuvole elaborate in precedenza.

² La correlazione di immagini per la generazione di modelli 3D per il patrimonio costruito - Passive optical sensors and related image-matching methods for 3D modelling / Chiabrandò F.; Costamagna E.; Spanò A.. - In: TERRITORIO ITALIA. - ISSN 2240-7707. - ELETTRONICO. - :1(2013), pp. 53-67.

5.3.4_ ACQUISIZIONE DELLE SCANSIONI TRAMITE LASER SCANNER MOBILE ZEBREVO

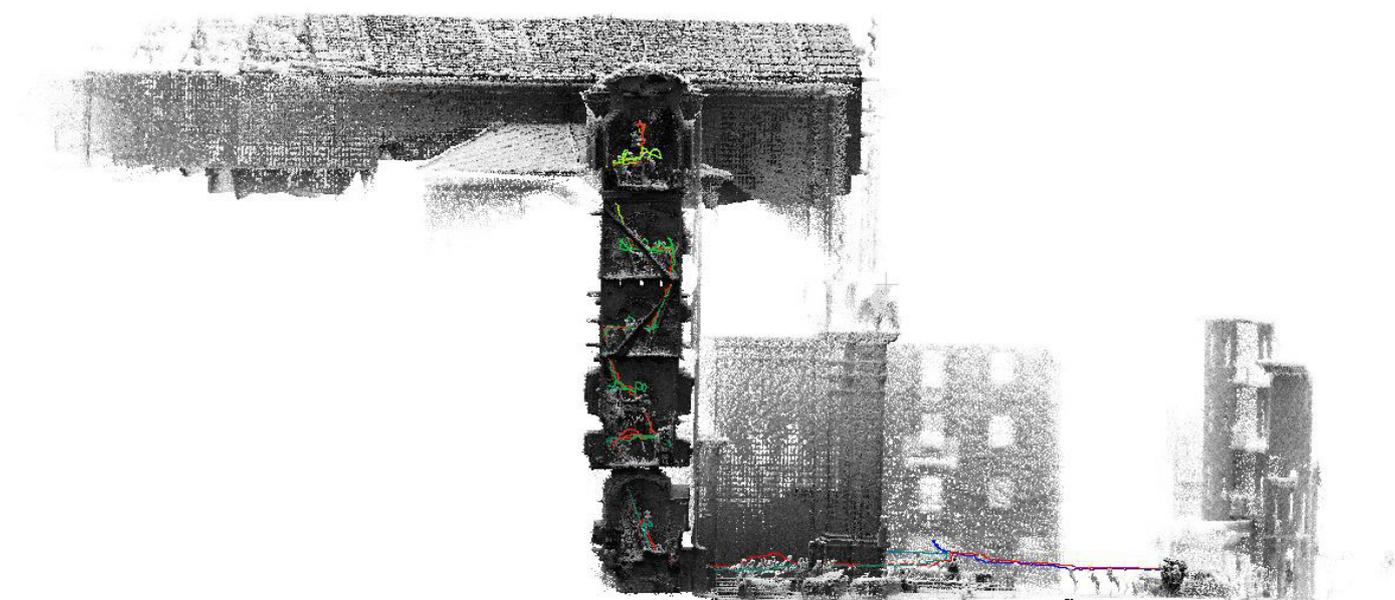
Lo strumento utilizzato nel rilievo della Chiesa Parrocchiale Maria Vergine Assunta di Busca per poter raggiungere il sottotetto è stato lo scanner Zeb-Revo. La sua portabilità e le ridotte dimensioni hanno permesso di rilevare le parti più difficilmente raggiungibili con gli altri metodi. Lo Zeb-Revo permette una rapidità di acquisizione maggiore rispetto ad altri strumenti, e semplicemente camminando e tenendolo in mano lo strumento acquisisce dati i quali con una prima elaborazione automatica, sono visibili su un tablet di supporto collegato allo strumento in tempo reale.

Le parti rilevate con questa tecnologia sono state il campanile e il sottotetto della chiesa viste di difficoltà riscontrate in un primo sopralluogo di pianificazione ad accedervi con altri tipi di strumentazioni più ingombranti, meno flessibili, meno adatte, e con tempi di rilevazione immensamente maggiori, inoltre vista la velocità di acquisizione dei dati sono stati effettuati due giri dell'isolato, uno dell'interno della Chiesa e uno all'esterno della facciata.

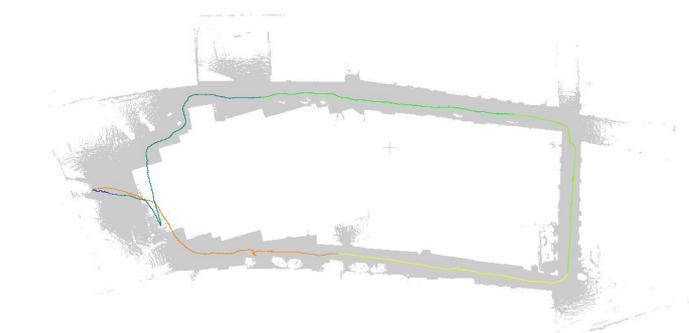
Le scansioni effettuate con il laser mobile Zeb-Revo sono state 6 come detto precedentemente. Durante l'acquisizione dei dati, con il tablet collegato allo strumento è possibile vedere la nuvola che si forma a mano a mano che si procede e, controllando il percorso effettuato, che deve essere un percorso chiuso, si può capire se il software ha eseguito una restituzione corretta della nuvola. Lo ZEB_REVO non possiede al suo interno nessun sistema ricevitore GPS/GNSS, e i dati che rileva non hanno l'associazione con i dati cromatici dell'oggetto. Per limitare l'errore di deriva si svolge lo stesso percorso sia in andata che in ritorno per fare in modo che il punto di partenza coincida con il punto di fine permettendo così al software Geoslam la correzione automatica.

5.3.4.1_ GENERAZIONE MODELLI ACQUISITI TRAMITE IL RILIEVO CON LASER SCANNER MOBILE

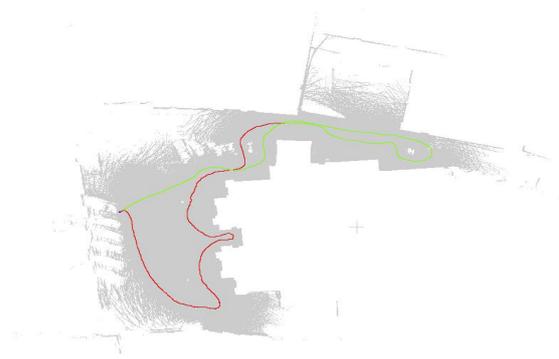
I dati acquisiti durante la campagna di rilievo tramite lo strumento Zeb-Revo vengono inseriti nel software Geoslam per poter essere elaborati e salvati nei diversi formati disponibili, quello utilizzato è stato il formato .las. Oltre alla nuvola è possibile estrarre dal programma la traiettoria effettuata dallo strumento durante le fasi di presa, colorata in base ai momenti di presa dal blu, inizio, al rosso che indica la fine, andando a sovrapporre la traiettoria alla nuvola è possibile vedere quali punti sono stati rilevati in un determinato momento del percorso.



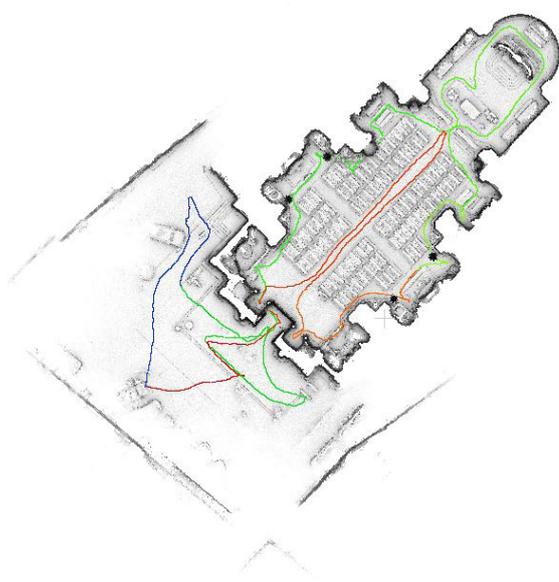
Percorso effettuato con lo strumento ZebRevo – salita campanile



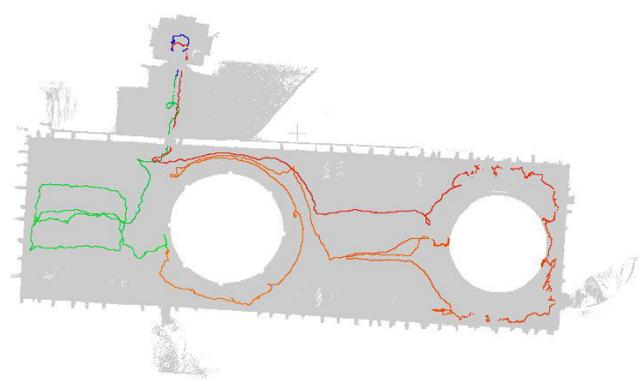
Percorso effettuato con lo strumento ZebRevo – giro isolato



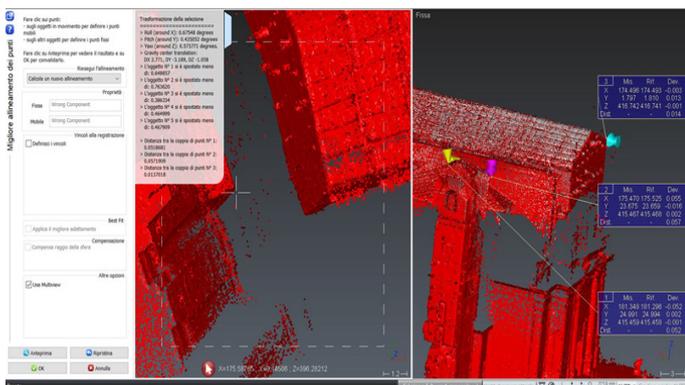
Percorso effettuato con lo strumento ZebRevo – facciata



Percorso effettuato con lo strumento ZebRevo – interno chiesa



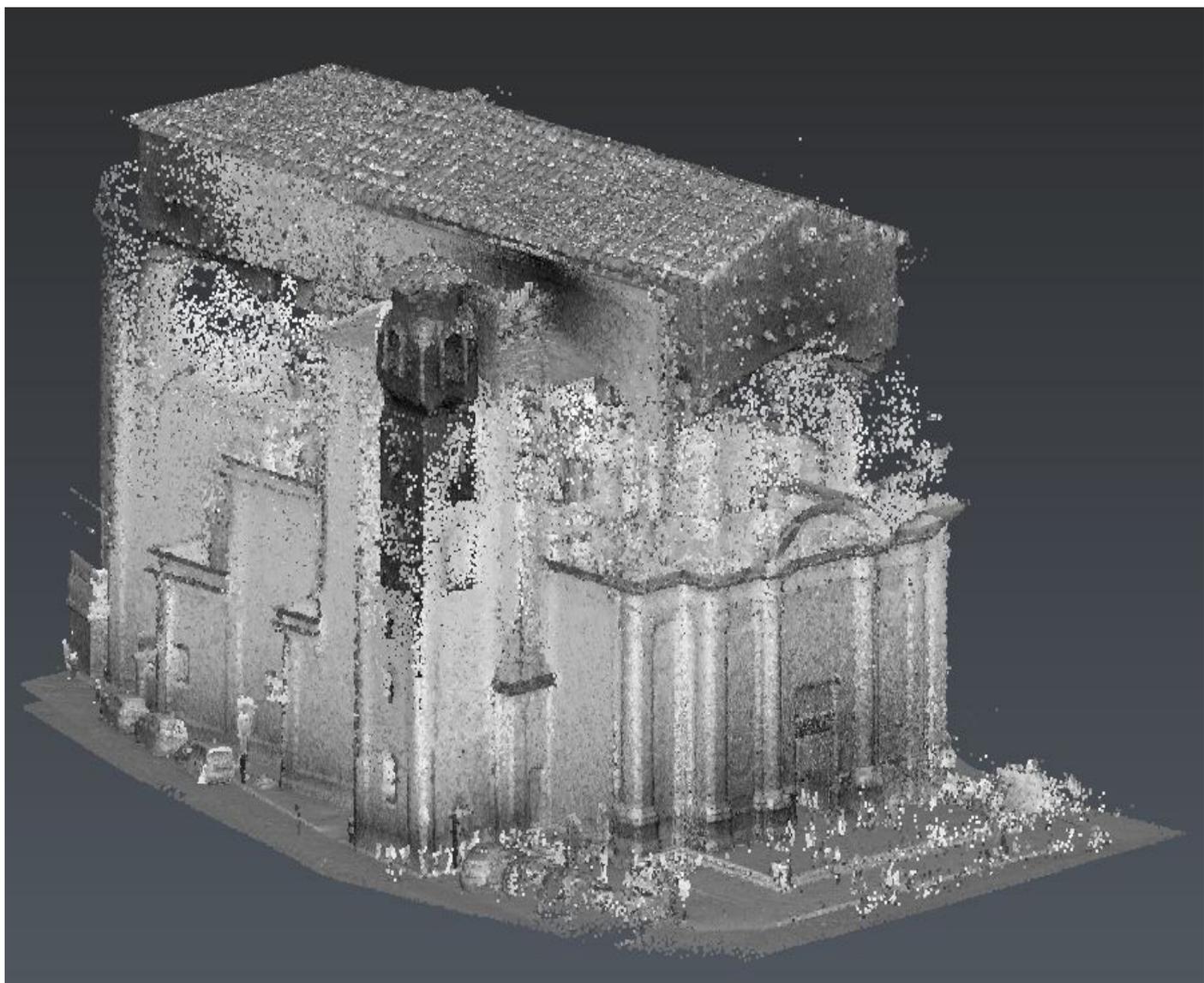
Percorso effettuato con lo strumento ZebRevo – sottotetto chiesa



Processo di allineamento per punti tra due nuvole dello Zeb

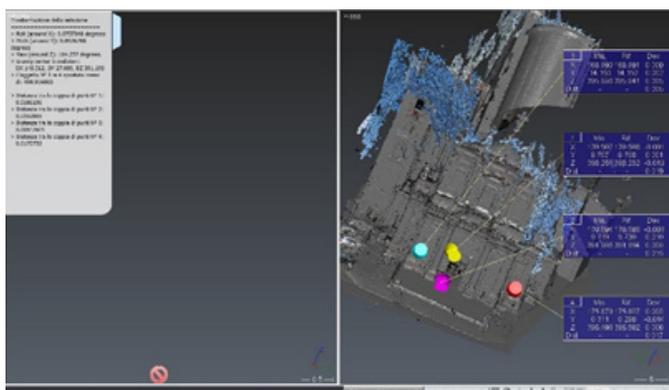
Dopo aver esaminato le scansioni con questi primi passaggi, si passa all'allineamento delle stesse per poter ottenere un modello d'insieme. Questo processo è stato fatto utilizzando il software 3DReshaper. Il primo passaggio è quello di unire le scansioni Zeb utilizzando un allineamento per punti, il quale va a sovrapporre ad una scansione selezionata "fissa" una seconda scansione "mobile" attraverso l'individuazione di punti comuni su entrambe le scansioni. In questo caso non ha importanza quale scansione viene usata come fissa, dato che le scansioni rilevate con il laser scanner mobile non hanno punti misurati in un sistema di riferimento.

Si è eseguito questo procedimento per tutte le scansioni fino ad ottenere un modello d'insieme del rilievo effettuato con lo ZebRevo.

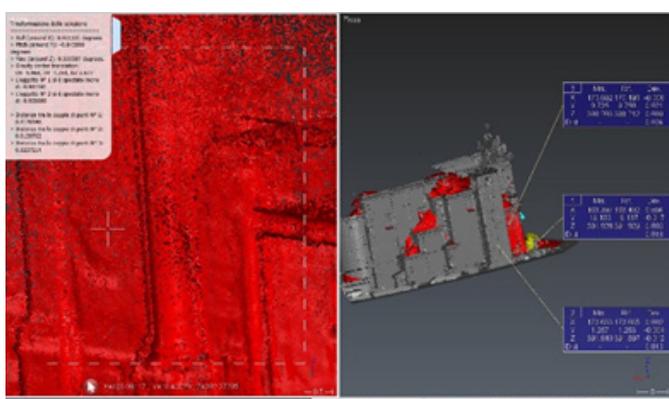


Risultato dell'allineamento delle nuvole di punti acquisite da laser scanner mobile

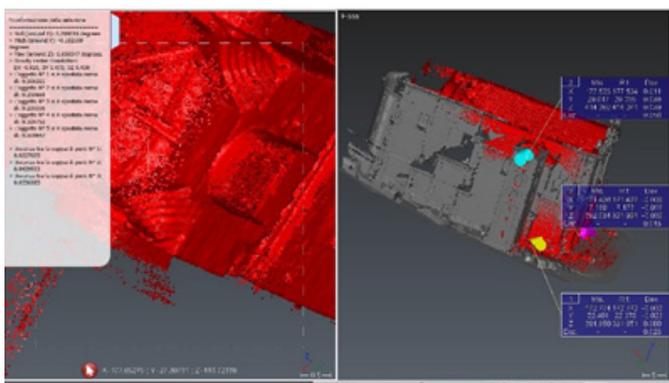
5.4_ ELABORAZIONE DELLE NUVOLE DI PUNTI



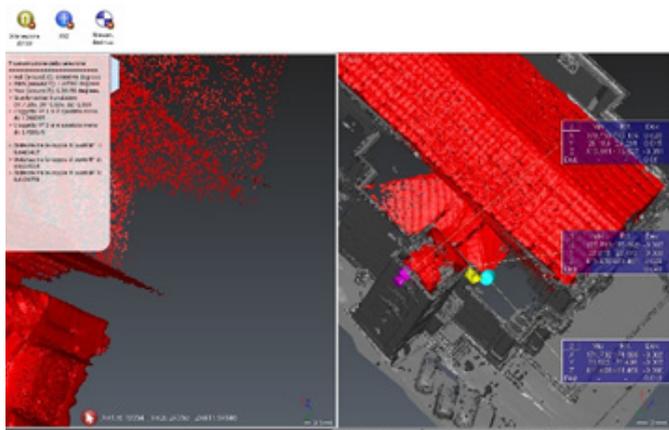
Allineamento per punti Lidar-Fotogrammetria



Allineamento per punti Lidar-Zeb (interno chiesa)



Allineamento per punti Lidar-Zeb (salita campanile)



Allineamento per punti Lidar-Zeb (sottotetto)

Le nuvole esportate in precedenza, con le diverse metodologie, vengono inserite tutte all'interno del programma 3DReshaper per poter procedere alla creazione di un unico modello multisensore.

Come effettuato per l'allineamento delle nuvole date dal laser scanner terrestre si eseguono gli stessi passaggi con l'unica differenza della scansione "fissa", che in questo caso viene fissata la nuvola data dall'elaborazione dei dati del laser scanner terrestre perché georeferita nei processi precedenti.

Quindi fissando la nuvola Lidar si procede all'allineamento delle altre nuvole partendo da quella ottenuta dalla fotogrammetria e successivamente inserendo quelle della scansione laser mobile.

5.5_ OTTIMIZZAZIONE E REALIZZAZIONE DEI RISULTATI DEL RILIEVO

5.5.1_ SCELTA NUVOLE DI PUNTI E SUCCESSIVA PULITURA

L'ultimo passaggio è quello di ottimizzare il modello ottenuto, si procede quindi con la scelta delle nuvole migliori presenti nel modello per poter descrivere in modo più dettagliato la chiesa e per non avere sovrapposizione di superfici comuni.

Sia la nuvola data dalla scansione laser terrestre sia quella data dalla fotogrammetria terrestre descrivono l'esterno della chiesa, si sceglie di utilizzare il modello Lidar per la maggior definizione e densità dei punti. Per quanto riguarda le nuvole elaborate dalla scansione laser mobile vengono scelte la scansione dell'interno della chiesa, della salita nel campanile e del sottotetto così da avere un modello d'insieme definitivo della chiesa.

Infine si effettuano le operazioni di pulizia ed esportazione dei risultati in questa fase di elaborazione sono state svolte sulle nuvole di punti selezionate in precedenza, trattando i medesimi passaggi per ogni nuvola.

Si parte con una prima pulizia grossolana. Per fare ciò, dopo aver selezionato la nuvola su 3DReshaper, si seleziona il comando "pulisci/separa Nuvola" presente nella barra degli strumenti.

Attraverso il selettore poligonale o rettangolare, si selezionano le zone di rumore che, nel nostro caso, sono sostanzialmente dovute alla presenza di persone e macchine che circondano la chiesa e agli edifici nelle vicinanze; una volta selezionate le parti in eccesso si procede con l'eliminazione. Eseguita una prima pulitura grossolana delle nuvole si è proceduto con una pulizia più precisa e dettagliata; per questo motivo si sceglie ogni nuvola singolarmente, utilizzando le viste disponibili e, attraverso il comando precedente, si eliminano i punti indesiderati in modo da ottenere un risultato ben definito.



Modello complessivo pulito

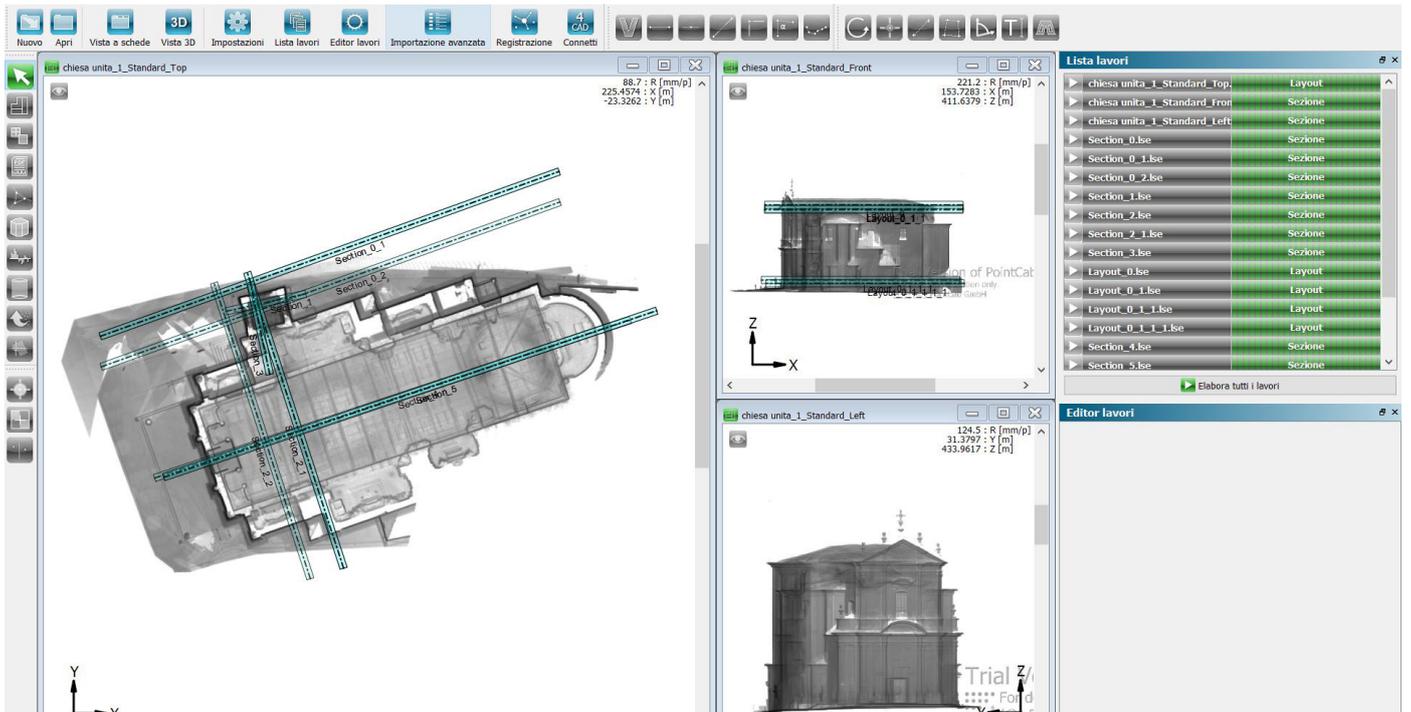
5.5.2_ ESTRAZIONE DEI MODELLI BIDIMENSIONALI

In seguito all'esportazione del modello finale elaborato con 3DReshaper si passa al software Pointcab 3.6 e successivamente Autocad per poter effettuare la restituzione in forma bidimensionale delle parti della Chiesa oggetto di studio e analisi di questa tesi. Dopo aver importato la nuvola nel programma Pointcab 3.6 si creano in automatico tre viste, Standard Top, Standard Left e Standard Front, permettendo una vista nell'insieme la nuvola.

Lo scopo del programma utilizzato è l'estrazione delle immagini "mosaicate" da vettorializzare, si procede con la creazione di sezioni parallele o perpendicolari alle singole nuvole importate. Per ottenere un disegno completo in tutte le parti con la rappresentazione dell'intero spazio si procede con la creazione di diverse sezioni parallele o uguali tra di loro ma con aree di proiezione differenti per poter vedere le diverse parti della sezione. Questo procedimento permette, durante la fase successiva di vettorializzazione su autocad, di applicare diversi spessore di linea in base alla posizione degli oggetti nello spazio mettendo in risalto distanze e profondità.

Scelte le sezioni si procede alla generazione delle ortofoto che, una volta importate su Autocad potranno essere vettorializzate.

I diversi metodi di rilievo utilizzati permettono di ottenere differenti scale di restituzione grafica, infatti il metodo del Laser Scanner Mobile consente restituzioni in scala 1:200 1:100, mentre tramite liDar e fotogrammetria si arriva fino alla scala 1:50.



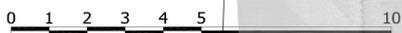
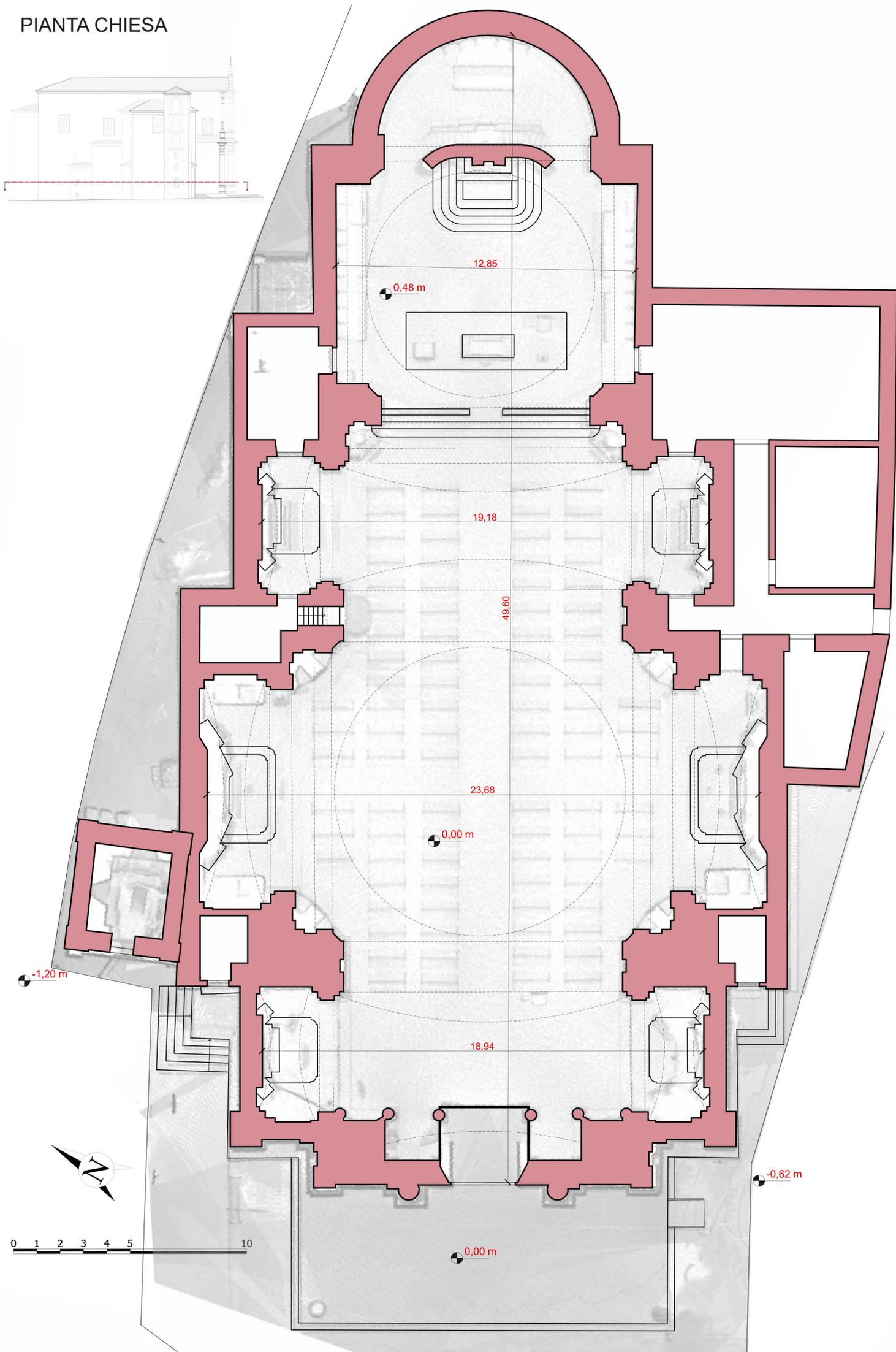
Schermata software Pointcab, con esempio della scelta delle sezioni



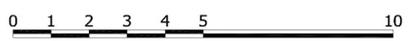
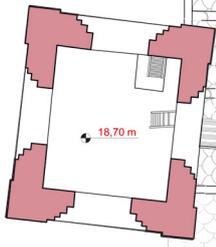
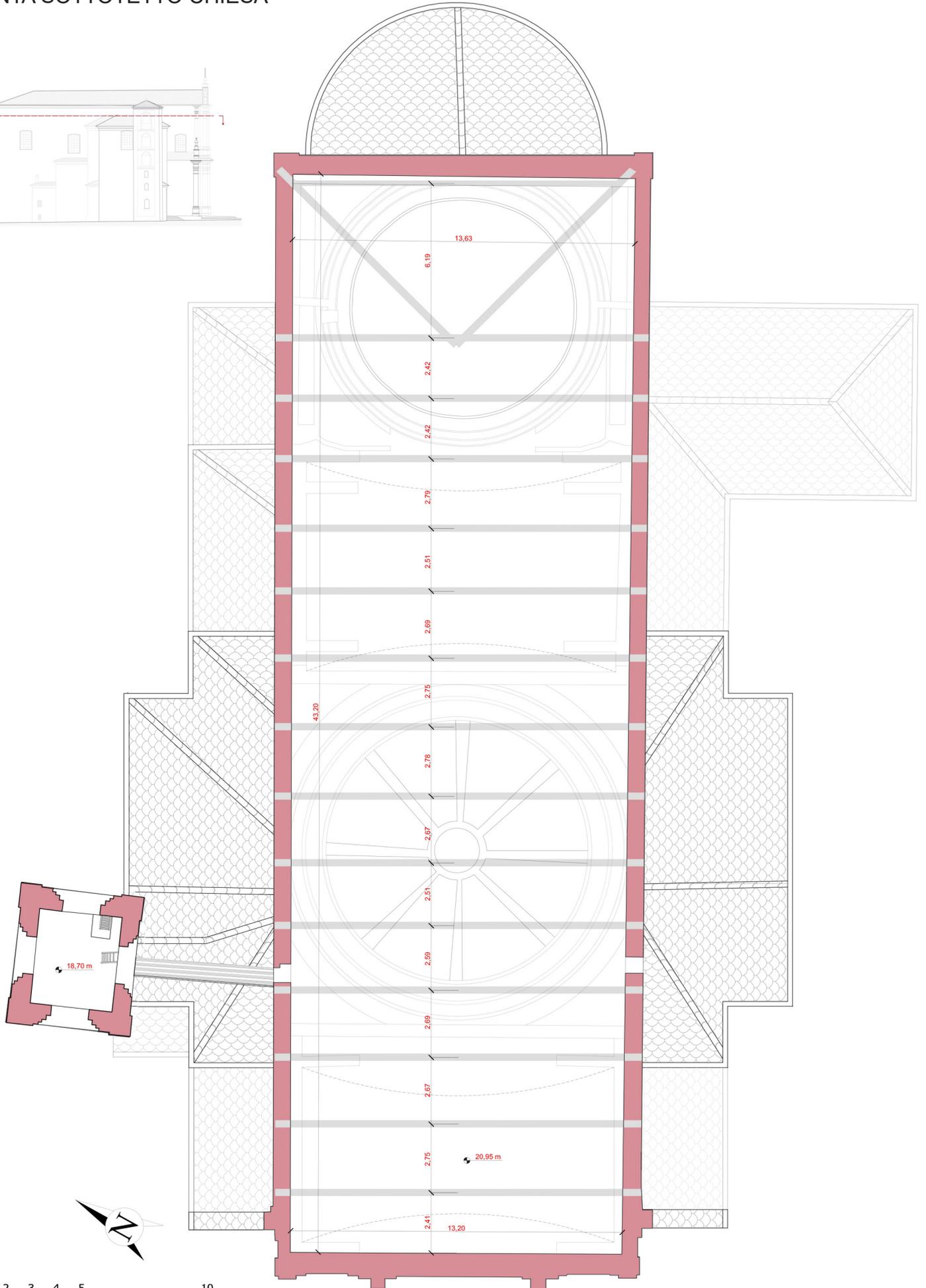
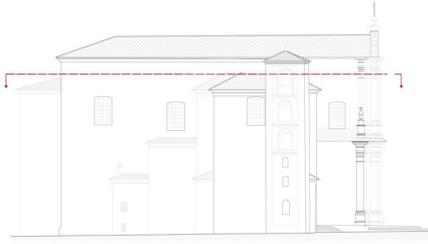
Esempio vettorializzazione facciata

5.6_ RILIEVO

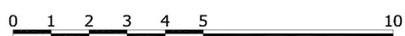
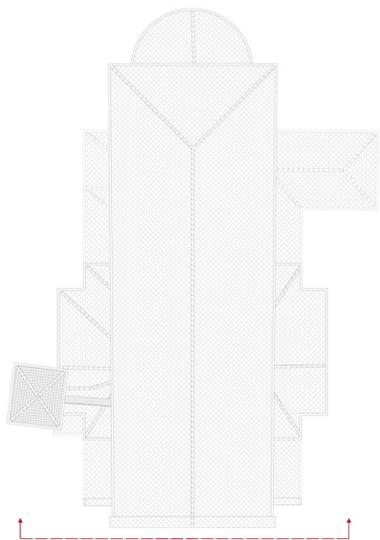
PIANTA CHIESA



PIANTA SOTTOTETTO CHIESA



PROSPETTO FACCIATA CHIESA



6_ PROGETTO DI UN PERCORSO DI VISITA DEL SOTTOTETTO

L'idea su cui si basa la proposta progettuale, parte dal concetto che si debba offrire la possibilità al maggior numero di visitatori e prima ancora ai cittadini buschesi di poter venire a conoscenza dell'importanza di un bene che passando ogni giorno per le vie si vede nel suo insieme ma non viene apprezzato, gli si riserva un'attenzione astratta o viene considerato poco rilevante dal punto di vista culturale.

Questa presenza rappresenta invece un insieme di valori storici e artistici e soprattutto è una tangibile testimonianza del passato che è arrivato fino a noi.

La parte più antica della chiesa è il campanile di origine trecentesca e rappresenta il punto di partenza del progetto, viene utilizzato come via di accesso per raggiungere il locale del sottotetto e man mano che si sale viene a galla la memoria storica dell'edificio fino ad arrivare nel sottotetto dove si possono apprezzare i particolari tecnologici della copertura e gli estradossi delle volte. Si è deciso quindi di andare ad intervenire in quelle parti della chiesa solitamente note e visibili a pochi per consentire a tutti di poter entrare in un luogo di non facile accesso, rendendo fruibili e valorizzando spazi del patrimonio storico artistico del territorio ad oggi non sfruttati.

Per poter rendere fruibili questi spazi è necessario che il percorso sia studiato e progettato per garantire la totale sicurezza dei visitatori.

All'interno del campanile vi sono cinque livelli accessibili tramite scale a pioli semplicemente appoggiate, solamente la scala del primo livello è in sicurezza e fissata.

Salendo al primo livello si possono iniziare ad ammirare i particolari costruttivi risalenti al sec XIII, i vari livelli sono piani realizzati in tavole poggianti su travature incastrate nella muratura. Accedendo al secondo livello si può apprezzare l'interno della chiesa da un'apertura che si affaccia sopra la trabeazione interna, nel terzo livello vi è la presenza del quadrante dell'antico orologio campanario, si arriva all'ultimo livello dove grazie alle aperture presenti si ha vista a 360° su Busca. Il primo intervento sarà dunque la sostituzione delle attuali scale con delle scale a pioli fissate alla muratura per garantire una maggior sicurezza nella salita con un sistema anticaduta verticale conforme alla norma UNI EN 353-1.

La linea vita verticale sarà costituita da: cavo, passacavi, tensionatore, ammortizzatore e da ancoraggi che devono essere fissati.

Il sistema sarà completato da un carrello che permette all'operatore di percorrere la scala in sicurezza. Dall'ultimo livello del campanile passando dall'apertura a sud, tramite una scala anch'essa messa in sicurezza come le precedenti, si accede alla passerella di collegamento tra il campanile e il sottotetto della chiesa. Il secondo intervento sarà quello di sostituire l'attuale passerella con una nuova, la passerella è stata progettata per la messa in sicurezza del passaggio sopra le coperture, non calpestabili, in conformità alla norma EN ISO 14122-2:2010. Il materiale in cui sarà realizzate ne garantisce la resistenza agli agenti atmosferici, con l'inserimento di un doppio parapetto, e con l'installazione di una linea vita che collega il campanile alla chiesa, diventa un sistema di protezione collettiva che consente il transito garantendo una maggior sicurezza di quella attuale, e permette ai visitatori di soffermarvisi ad apprezzare il paesaggio circostante.

Infine, dopo aver garantito e reso possibile l'accesso del sottotetto, si andrà a realizzare al suo interno un percorso di visita studiato dove poter ammirare parti del sistema costruttivo originario della chiesa.

Una passerella di nuova realizzazione, costituita da una struttura portante in profili metallici, dislocata nel locale del sottotetto sospesa mediante tenditori in barre di acciaio vincolati alle catene delle soprastanti capriate, permette di poter apprezzare la tecnologia della copertura lignea con la presenza delle capriate originarie e gli estradossi delle volte tra cui quelle a botte dell'aula principale, quella ribassata a pianta circolare situata all'incrocio dei bracci ed infine la cupola emisferica che sormonta il presbiterio.

La proposta del percorso di visita del sottotetto della chiesa parrocchiale M. V. Assunta di Busca ha come obiettivo la possibilità di consentire la fruizione durante tutto l'arco dell'anno della chiesa, tramite visite guidate e organizzate della chiesa al suo interno e del percorso di visita del sottotetto controllando l'afflusso dei visitatori andando a creare piccoli gruppetti per effettuare il percorso in totale sicurezza ed evitando sovrapposizioni.

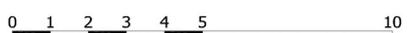
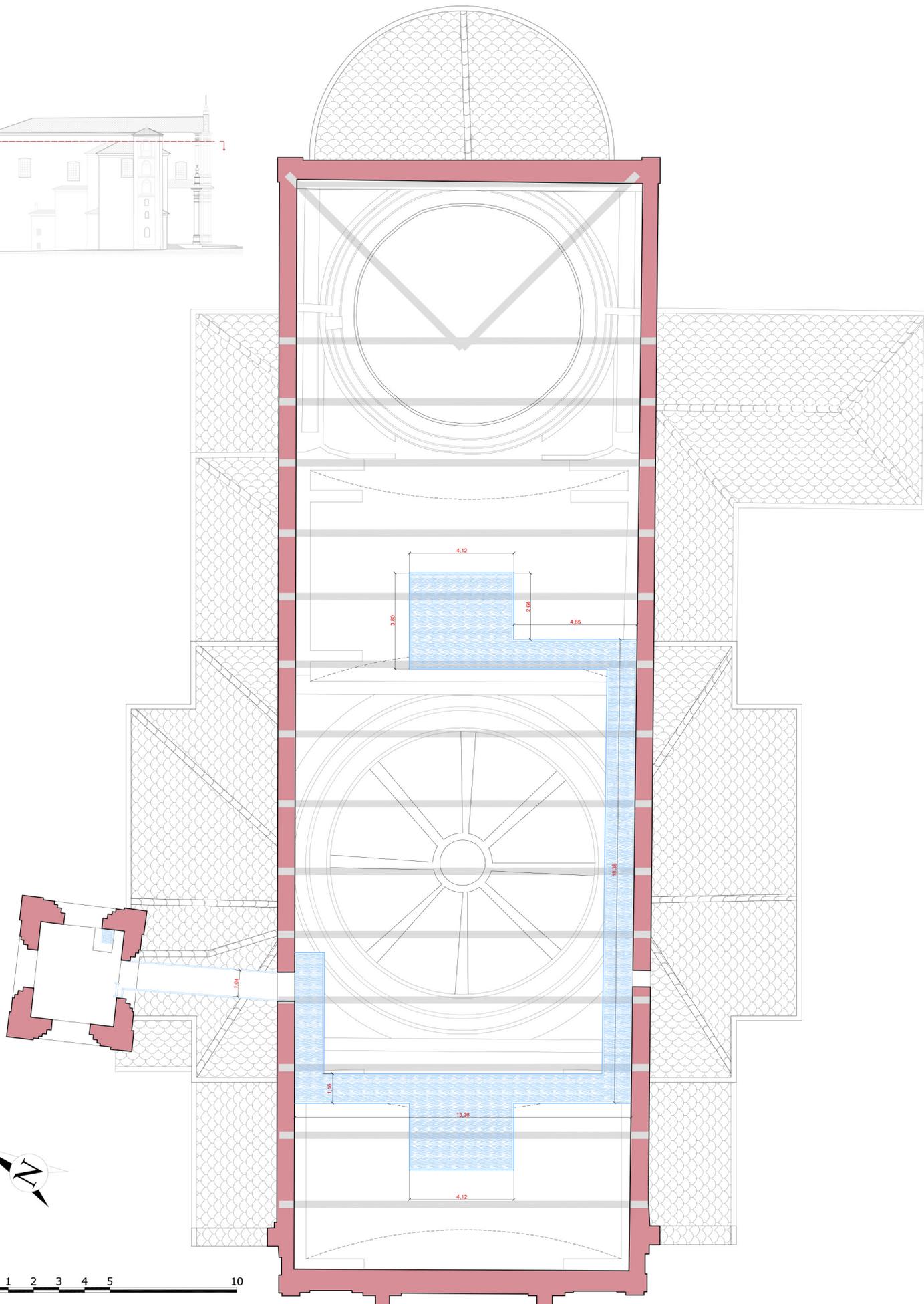
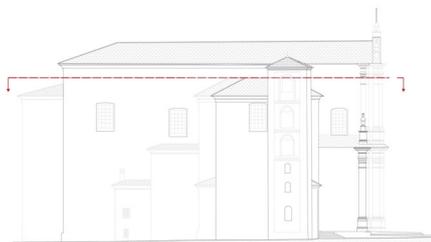
follamento di persone.

La visita prevederà due parti, una parte aperta sempre e libera a tutti limitata al piano terreno della chiesa, e una seconda parte accessibile solo durante eventi organizzati o su prenotazioni per quanto riguarda il campanile e il sottotetto.

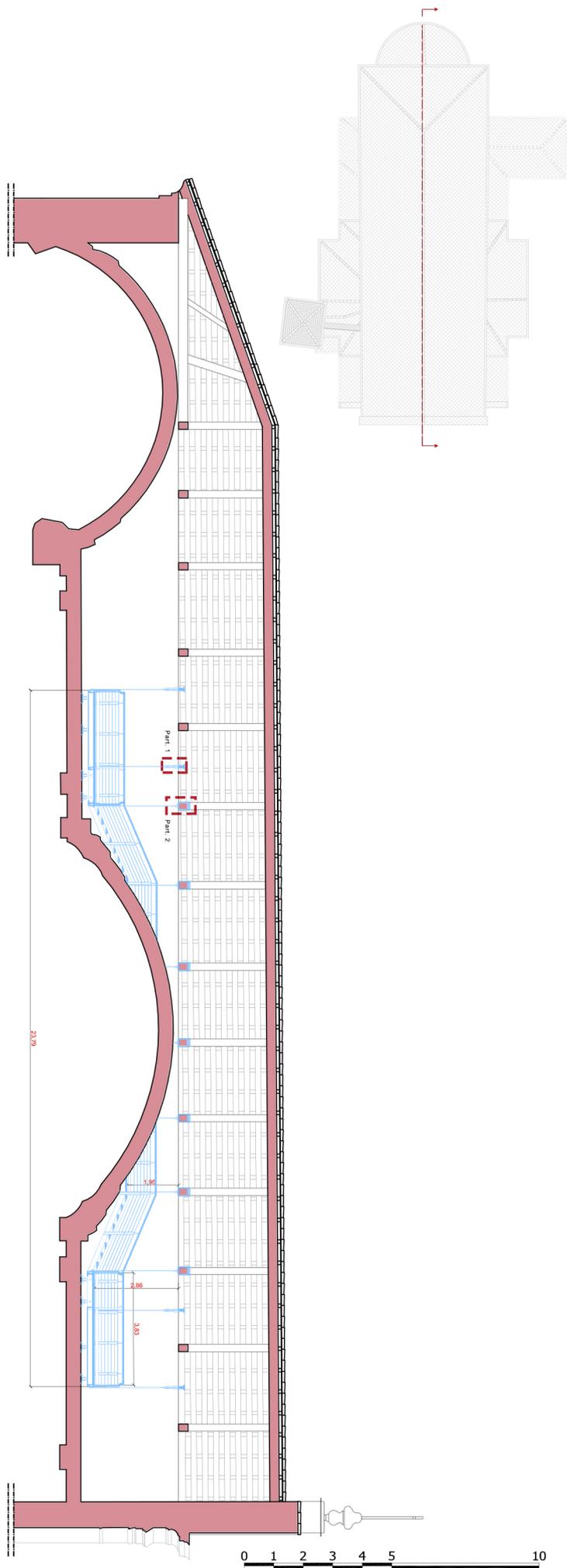
Una serie di pannelli illustrativi distribuiti lungo il percorso, descriveranno gli eventi più significativi che hanno interessato il Chiesa dalla sua costruzione fino ad oggi.

La visita partirà dunque lungo il piano principale, dove è possibile attraversare la chiesa e i suoi locali principali. Poi accedendo al campanile si proseguirà la visita, attraverso un sistema di scale metalliche si potrà raggiungere l'ultimo piano del campanile che permetterà l'accesso, tramite la nuova passerella, al sottotetto della chiesa dove si potranno ammirare gli elementi costruttivi e gli estradossi delle volte percorrendo la passerella realizzata all'interno.

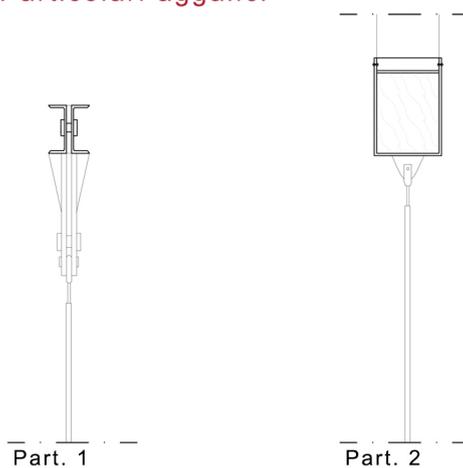
PIANTA SOTTOTETTO CHIESA



SEZIONE LONGITUDINALE DELLA CHIESA

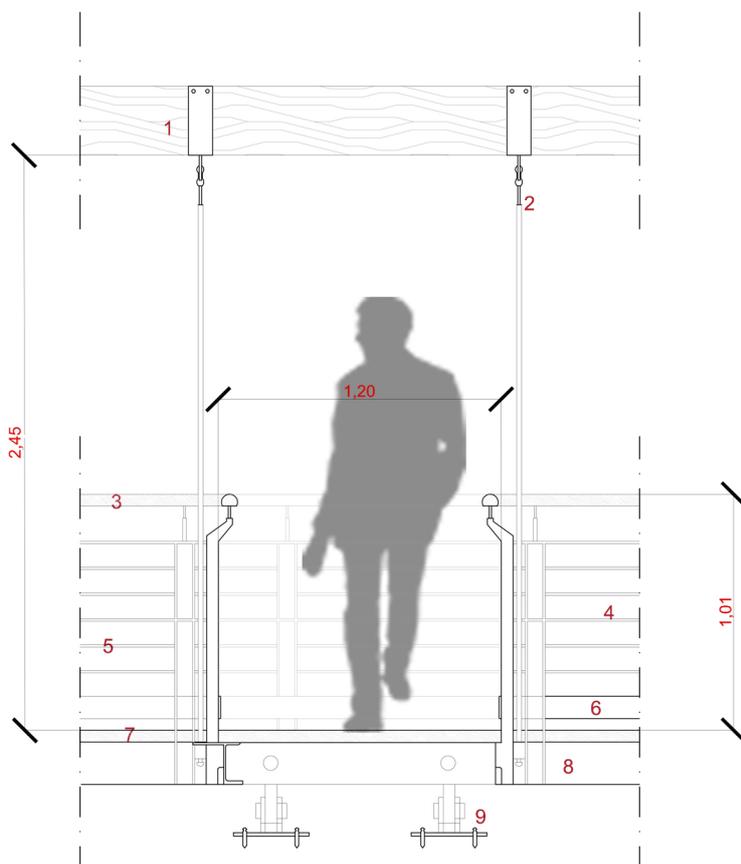


Particolari agganci



Dettaglio del sistema di aggancio dei tiranti alla trave metallica (Part. 1) e alla catena della capriata (Par. 2)

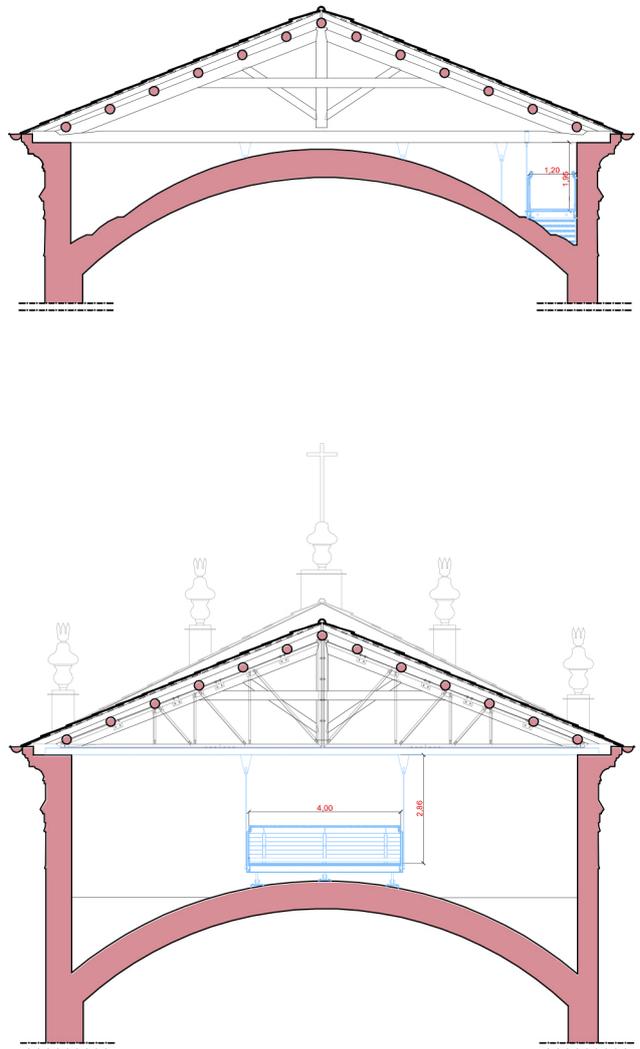
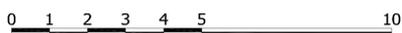
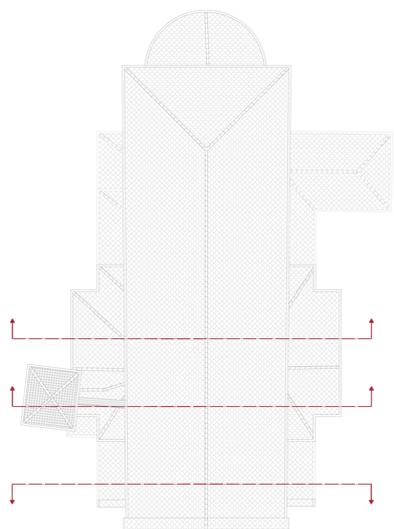
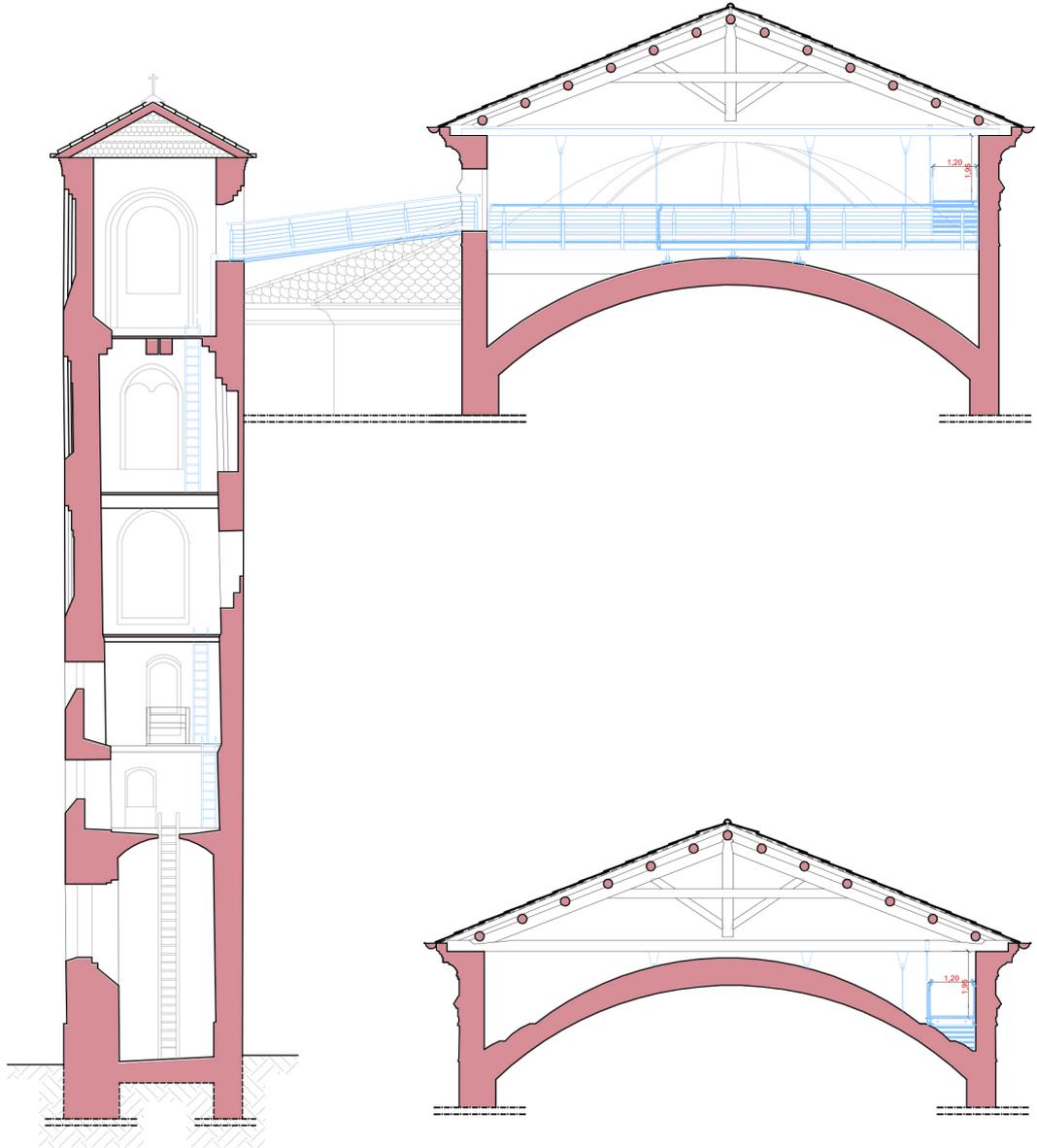
Particolari passerella



PASSERELLA

- 1 Aggancio dei tiranti alla catena della capriata
- 2 Tenditori di barre in acciaio
- 3 Corrimano in legno
- 4 Corrente intermedio
- 5 Barre di riempimento
- 6 Bordo di arresto al piede
- 7 Piano di calpestio in legno
- 8 Struttura portante in profili metallici
- 9 Aggancio a terra

SEZIONI SOTTOTETTO CHIESA



6.1_ PERCORSI DI VISITA ESEMPI REALIZZATI

Per la realizzazione del percorso di visita del sottotetto della chiesa Parrocchiale M. V. Assunta di Busca sono stati presi ad esempio delle visite di architetture che valorizzano anch'esse i sottotetti e le strutture voltate.

I percorsi di visita analizzati sono stati quelli

- Del Santuario di Vicoforte Mondovì
- Del Castello di Rivoli
- Del Duomo di Siena

SANTUARIO DI VICOFORTE-SALITA E VISITA ALLA CUPOLA



Foto del Santuario di Vicoforte



Una visita emozionante all'interno del Santuario di Vicoforte, basilica barocca dedicata alla Natività di Maria Santissima con salita alla sua cupola ellittica, la quinta al mondo per dimensione. Due tipologie di percorsi, entrambi guidati: il percorso di salita alla cupola è riservato a gruppi di 15 persone, ha una durata di due ore, permette di raggiungere la massima altezza della cupola (75 metri, grazie a una salita 226 gradini) e di godere di una splendida vista; il percorso breve, della durata di un'ora, consente invece di raggiungere le balconate della cupola (23 metri di altezza grazie a una salita di 130 gradini).



Immagini della Salita e Visita alla Cupola del Santuario di Vicoforte

CASTELLO DI RIVOLI



Foto del castello di Rivoli

“Dopo il recupero delle coperture cominciarono le opere finalizzate a ridonare stabilità alla struttura, indebolita, tra l’altro, dai detriti accumulati che facevano penetrare umidità nelle strutture. Una struttura di particolare interesse che si volle mettere in evidenza nel progetto del museo fu una volta nervata in muratura irrigidita con catene metalliche. Il valore della struttura era aumentato dal fatto che essa era sormontata da una capriata in cemento armato costruita durante la guerra a seguito di un bombardamento che ricalcava l’originale capriata lignea. Per questo, con la realizzazione di una passerella sopraelevata, si volle valorizzare questa testimonianza del passaggio del manufatto attraverso le epoche storiche e la contrapposizione tra le tecnologie costruttive differenti”¹.

¹ ANDREA BRUNO, “Recupero del Castello di Rivoli”, 1960-1995, Museo di arte contemporanea



Vista della volta durante i lavori



Vista della volta scavalcata dalla passerella

Vista della passerella all'interno del percorso di visita



PORTA DEL CIELO AL DUOMO DI SIENA



Foto del Duomo di Siena



Vedute dei sottotetti

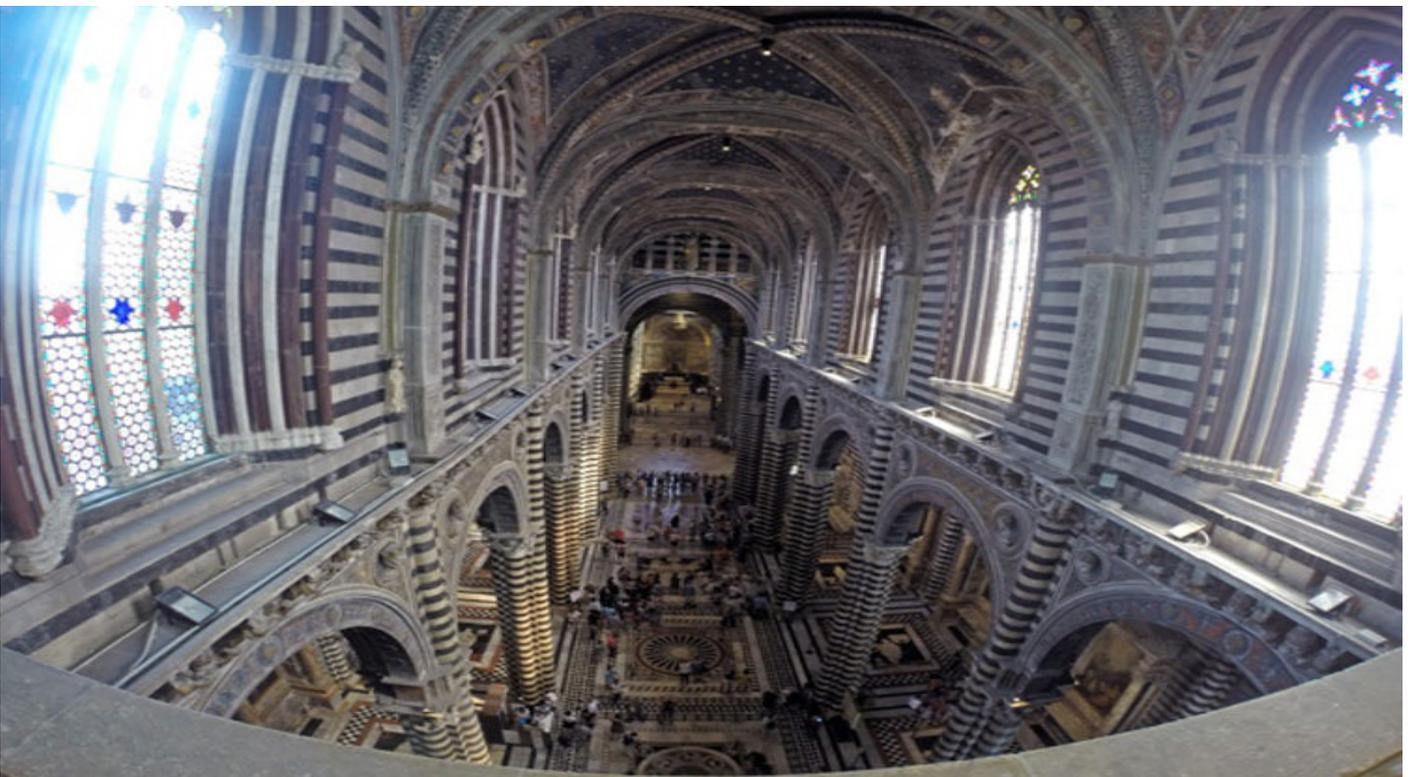
Ogni anno da marzo a ottobre c'è la possibilità di vedere gli interni del Duomo dall'alto e visitare i luoghi non abitualmente aperti al pubblico. La visita "Porta del Cielo" ti guida attraverso il Duomo; 45 minuti nei sottotetti e 45 minuti al piano terra sopra il pavimento.

Una scala a chiocciola in un angolo della chiesa conduce in alto dove inizia la visita. Attraverso stretti corridoi e passaggi esterni si effettua un giro di tutto il Duomo. In alcuni momenti si cammina dentro, ammirando le decorazioni del Duomo e altre volte si passa esternamente con la vista sulle colline toscane. Normalmente il pavimento è coperto per protezione, tranne che per circa due mesi all'anno dalla fine di agosto, ma la vista di questo spazio incredibilmente decorato dall'alto è comunque stupefacente. Si può guardare attraverso una delle vetrate a mosaico della cupola e vedere decorazioni e statue non visibili da terra. Ci si può anche fermare proprio sotto il grande rosone della facciata e vedere tutti i dettagli di questa stupenda opera d'arte, così come ammirare l'enorme navata del Duomo. Mentre si cammina intorno alla parte esterna della cupola, viene da pensare al grande lavoro di costruzione di questo straordinario edificio avvenuta 800 anni fa. Durante la visita la guida illustrerà qualche dettaglio relativo alla costruzione della chiesa, alla sua ristrutturazione e ad alcune specifiche opere d'arte.

Dopo aver camminato intorno a tutta la parte superiore del Duomo, la visita prosegue per altri 45 minuti dentro la chiesa al livello del pavimento. E' divertente guardare in alto e individuare i posti appena visitati. Dentro il Duomo verranno illustrate le opere d'arte più importanti, tra cui alcune scene del pavimento a mosaico di marmo, la Libreria Piccolomini e il pulpito di Nicola Pisano.



Veduta dalla cupola del Duomo



Veduta dell'interno del Duomo

7_ CONCLUSIONI

Per lo svolgimento di questo lavoro di tesi è stato impiegato il rilievo metrico 3D per poter fornire specifiche e accurate rappresentazioni di tipo morfo-geometrico e di natura tematica, relativa ai contenuti dello stato di conservazione e sistemi costruttivi della Chiesa Parrocchiale “M. V. Assunta” di Busca bene oggetto di indagine, al fine di poter essere utilizzate in un secondo momento per la fase di analisi e progettazione. Oltre alle tecnologie avanzate diffuse ampiamente e utilizzate negli ultimi anni, come la tecnologia Lidar, è stata impiegata una nuova tecnologia, sperimentata dal laboratorio di Geomatica del Politecnico di Torino tramite l'utilizzo dello strumento Zeb_Revo. Questo strumento innovativo, con un sistema di Mobile Mapping System (MMS), ha permesso di ottenere risultati molto soddisfacenti durante il rilievo, apportando novità nell'ambito del rilievo tridimensionale, grazie soprattutto alla rapidità di acquisizione delle informazioni spaziali dello strumento, alla sua facilità di utilizzo e alle sue ridotte dimensioni.

L'impiego di questo strumento ha permesso di rilevare facilmente le zone di interesse di questa tesi difficilmente analizzabili con altre metodologie e strumentazioni.

Grazie all'integrazione ragionata con le altre metodologie e informazioni di dati riferiti in un sistema di riferimento opportuno si sono ottenuti i dati necessari per il rilievo tridimensionale della chiesa. In conclusione, la metodologia del rilievo tramite laser scanner mobile Zeb_revo opportunamente integrata all'interno del processo di progettazione, può fornire un valido supporto per la descrizione del patrimonio architettonico. Gli elaborati tridimensionali ottenuti sono stati utili per la comprensione dello stato di fatto della fabbrica e sono stati la base per l'analisi del bene e per la successiva realizzazione della proposta del progetto di un percorso di visita del sottotetto della chiesa.

Il progetto prevede la creazione di un percorso di visita all'interno del sottotetto della chiesa con il quale si possano osservare in maniera diretta tutti gli elementi in grado di spiegare ai visitatori l'evoluzione nel corso dei secoli della struttura.

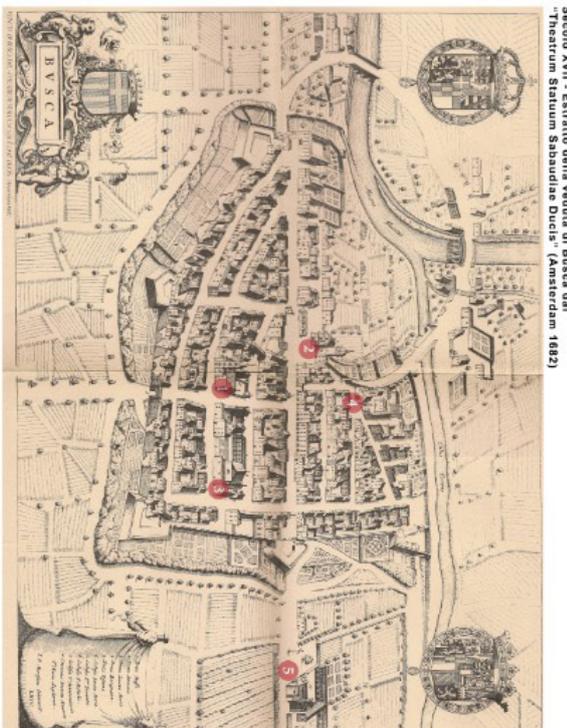
Un camminamento sospeso rispetto alle volte consente di attraversare l'ambiente del sottotetto e poter visitare i punti di interesse dislocati lungo il percorso e ammirare i particolari tecnologici della copertura e gli estradossi delle volte.

È stata avanzata la proposta di creare un percorso museale nei sottotetti per mostrare una parte mai esplorata della chiesa e permettere ai visitatori di raggiungere il punto più alto del campanile per godere di un panorama a 360 gradi su Busca, tramite la passerella di collegamento tra il campanile e il sottotetto. La visita al pubblico sarà consentita in occasione di eventi speciali, che daranno la possibilità a tutti, divisi in piccoli gruppi per avere un miglior controllo e una maggior sicurezza, di ammirare ciò che era noto e visibile a pochi, andando così a valorizzare il campanile e il sottotetto della chiesa.

Per fare questo sono necessari ulteriori interventi che rendano questi luoghi sicuri e idonei per l'apertura al pubblico, in modo che le visite possano essere svolte in totale sicurezza e accessibili a tutti.

8_ELAVORATI GRAFICI

-
- TAV 1 _ INQUADRAMENTO TERRITORIALE – scale varie
 - TAV 2 _ LA STORIA DELLA PARROCCHIALE – scale varie
 - TAV 3 _ INQUADRAMENTO E ANALISI DEL CONTESTO – scala 1:500
 - TAV 4 e 4BIS _ RILIEVO DELLA CHIESA – scala 1:200
 - TAV 5 _ RILIEVO DEL SOTTOTETTO – scala 1:100
 - TAV 6 _ ANALISI DEL SOTTOTETTO – scala 1:100
 - TAV 7 _ PROGETTO DEL PERCORSO DI VISITA – scala 1:100



PATRIMONIO ECCLESIASTICO BUSCHESE ALLA FINE DEL SECOLO XVII

- 1 Parrocchia di Santa Maria
- 2 Chiesa della SS. Trinità
- 3 Chiesa della SS. Annunziata
- 4 Chiesa di San Michele (oggi trasformato in Teatro)
- 5 Convento dei Capuccini



Secolo XVII - Estratto della veduta di Busca del Theatrum Statuum Sabaudiae Ducis (Amsterdam 1822)

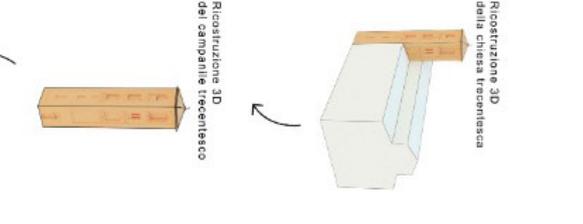
SCHEMI PLANIMETRICI DELLE FASI COSTRUTTIVE E DI TRASFORMAZIONE SECOLO XIII (fig. 1)



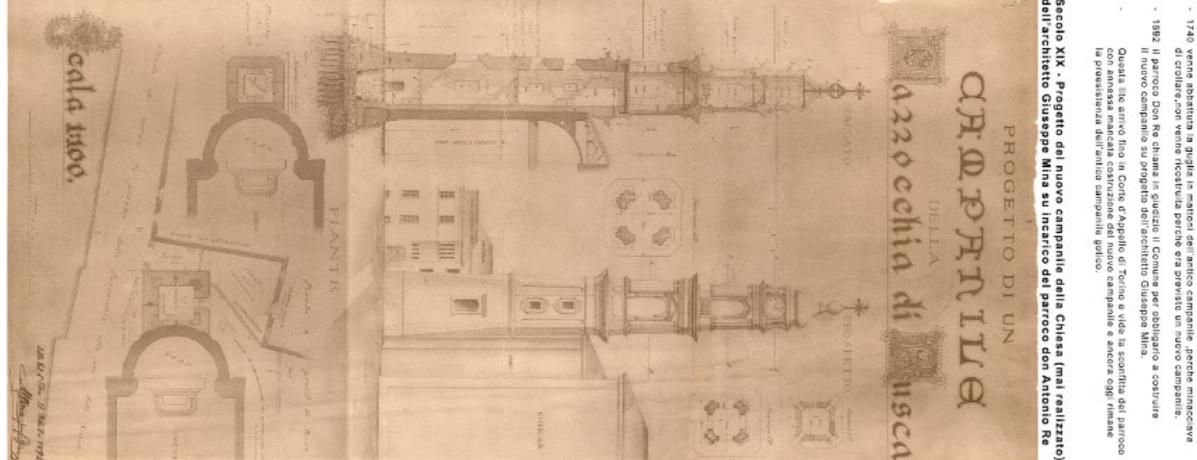
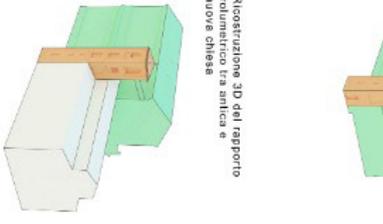
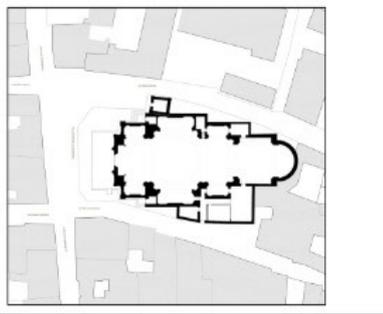
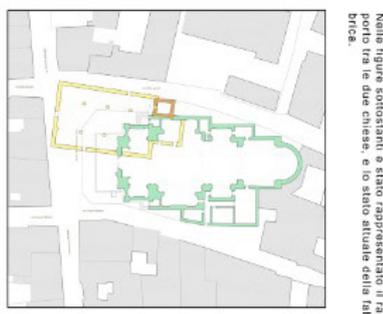
SCHEMI EVOLUZIONE DELLA CHIESA



IL NUOVO CAMPANILE



OGGI



EVOLUZIONE STORICA DELLA CHIESA

XIII SECOLO
 Il campanile è contemporaneo del secolo XIII. Le mura sono a mattoni e in pietra.

1708
 Il Comune si fece promotore dell'idea di costruire un nuovo campanile. Il progetto fu approvato nel 1708. Il nuovo campanile fu costruito tra il 1708 e il 1717.

1725
 Il cantiere riprende nel 1725. La nuova campanile fu costruita tra il 1725 e il 1729.

1728-1729
 Nel 1728 la nuova parrocchiale era stata completata. Il nuovo campanile fu costruito tra il 1728 e il 1729.

1740
 Nel 1740 venne abbellita la guglia del campanile. Il nuovo campanile fu costruito tra il 1740 e il 1745.

1825
 Nel 1825 il comune trovò i fondi per il rinnovo del pavimento. Dopo cent'anni l'interno era in cattivo stato. Il nuovo pavimento fu costruito tra il 1825 e il 1830.

2012
 A seguito del cedimento della prima campata del campanile, nel 2012 è stato avviato il restauro del campanile. Il nuovo campanile fu costruito tra il 2012 e il 2015.

OGGI
 La chiesa è stata restaurata e il nuovo campanile è stato costruito. Il nuovo campanile fu costruito tra il 2012 e il 2015.

SEC XIII

1682
 Della vecchia chiesa si ha notizia grazie ad una tavola del Theatrum Sabaudiae pubblicata da Macrino nel 1682. In tutto il complesso rimane un coronamento tra vecchio e nuovo.

1717
 I lavori finiscono immediatamente con la demolizione della vecchia chiesa, procedendo alla costruzione del nuovo campanile.

1726-1729
 Venne iniziato il piccolo campanile a vela sul fianco meridionale della chiesa. Il nuovo campanile fu costruito tra il 1726 e il 1729.

1731-1737
 Il sito dove era il campanile era in un'area di terreno molto basso. Il nuovo campanile fu costruito tra il 1731 e il 1737.

1825
 Nel 1825 il comune trovò i fondi per il rinnovo del pavimento. Dopo cent'anni l'interno era in cattivo stato. Il nuovo pavimento fu costruito tra il 1825 e il 1830.

OGGI
 La chiesa è stata restaurata e il nuovo campanile è stato costruito. Il nuovo campanile fu costruito tra il 2012 e il 2015.



A sinistra, la localizzazione da una veduta aerea su Busca della zona di interesse

In basso, il contesto urbano con la Chiesa ubicata nel centro antico della città, al culmine di un suo isolato storico circondato da altri isolati caratterizzati da volumi e decorazioni in stile neoclassico. I negozi commerciali, sono evidenziati in via che circondano la Chiesa

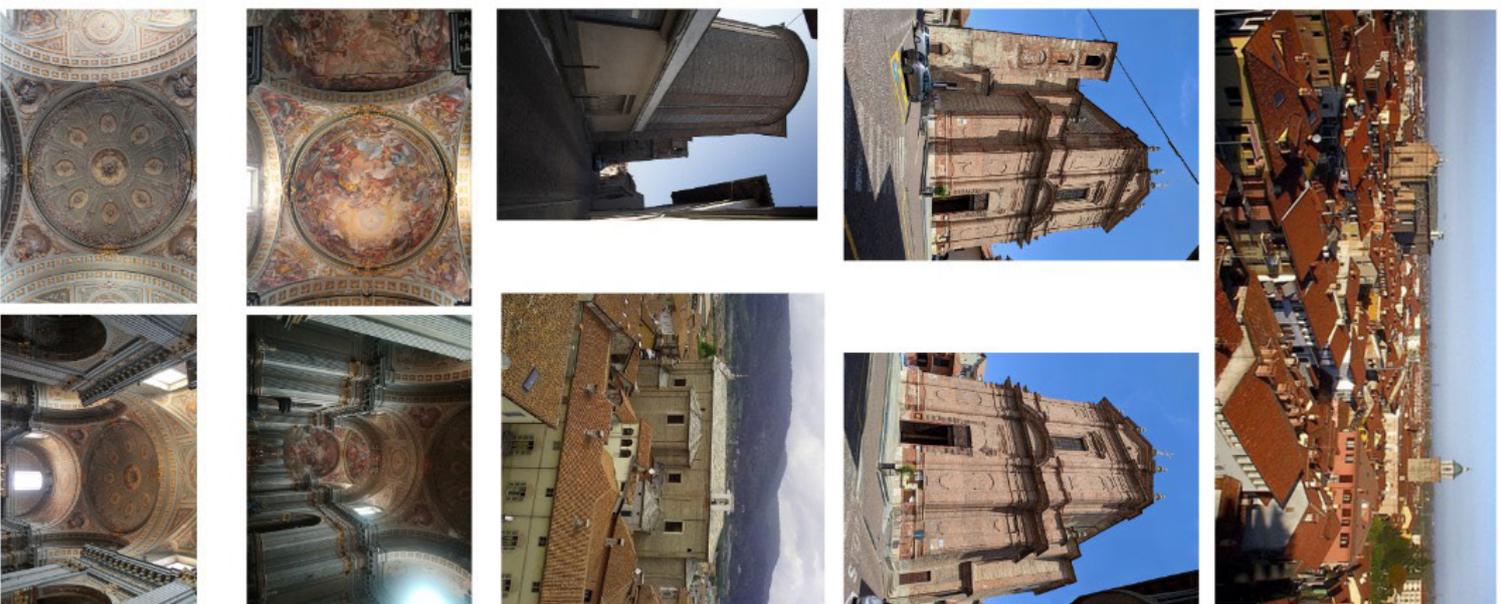
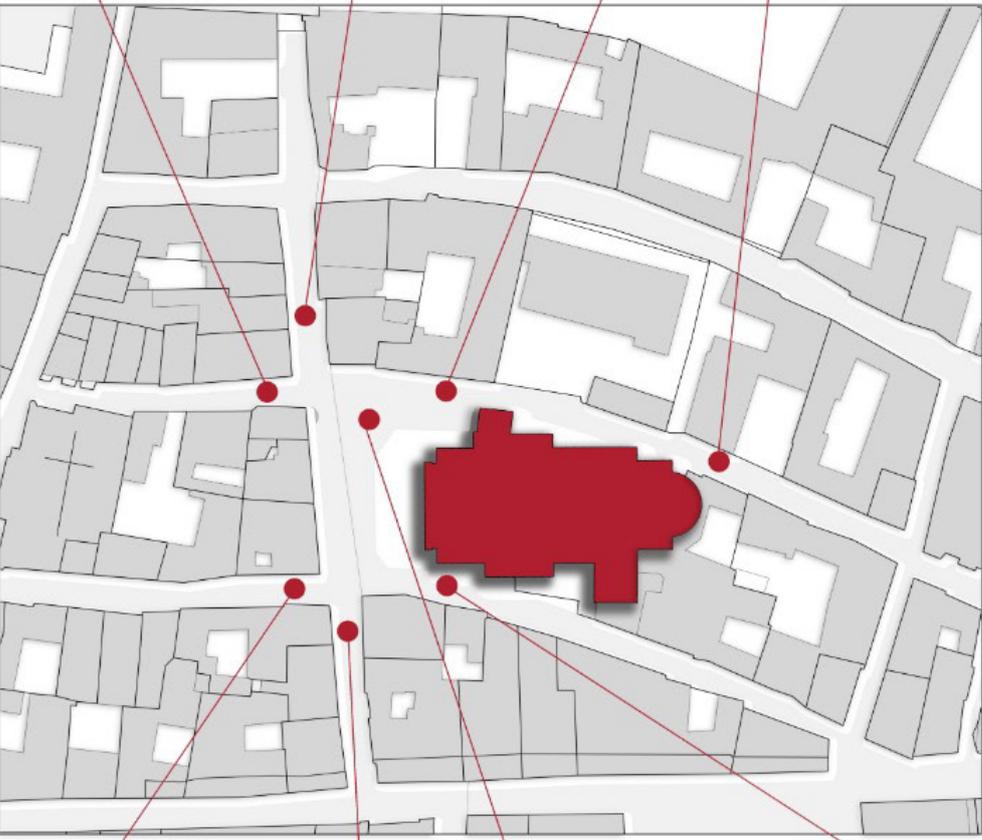
A destra, l'imponente architettura della Chiesa con viste fotografiche da diverse prese dell'esterno e dell'interno

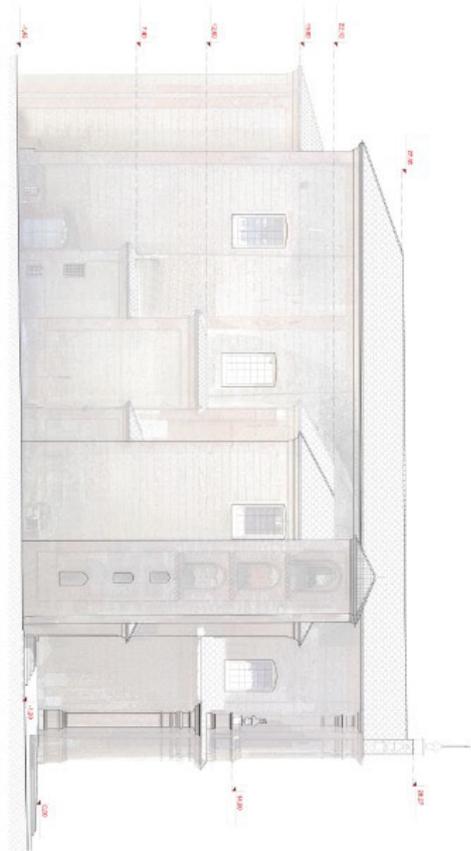
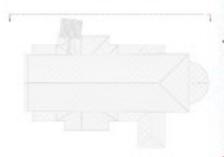
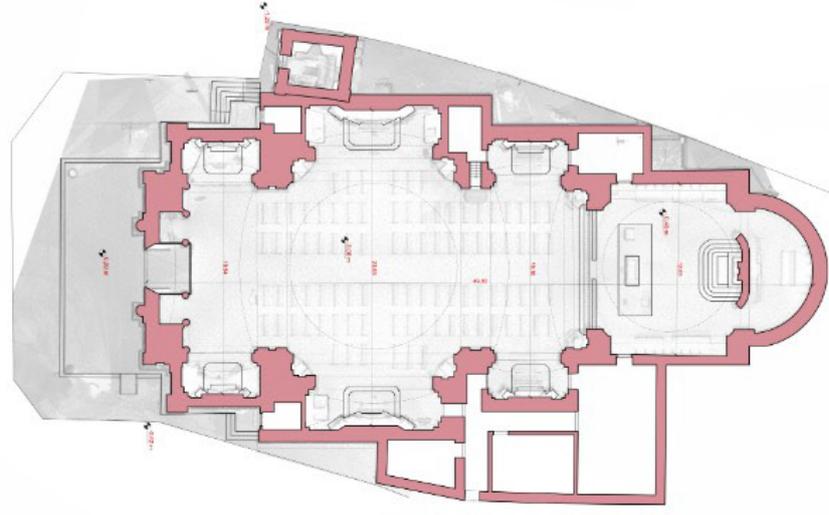
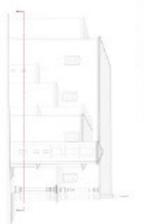
INQUADRAMENTO URBANO
 SCALA 1:500

■ EDIFICATO

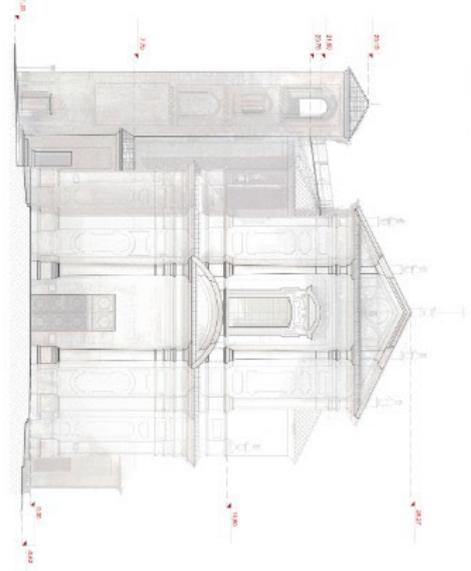
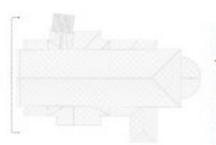
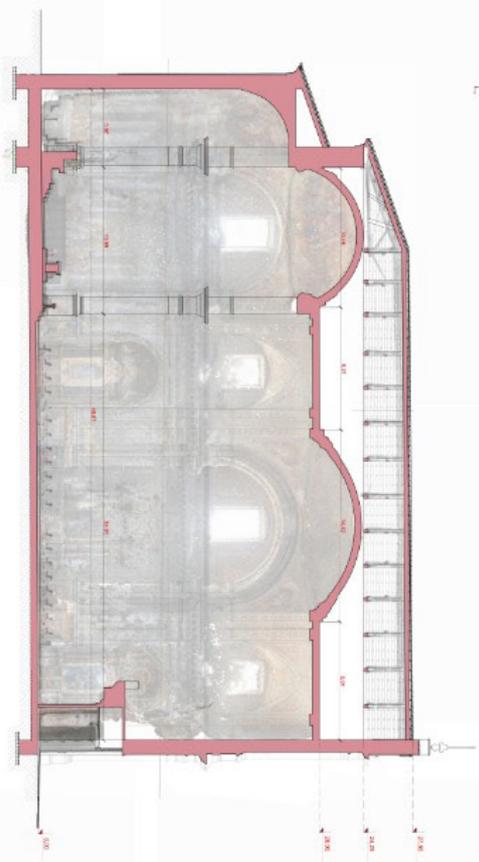
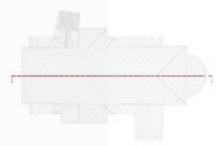
■ STRADE LOCALI URBANE PRINCIPALI

0 5 10 15 20 m

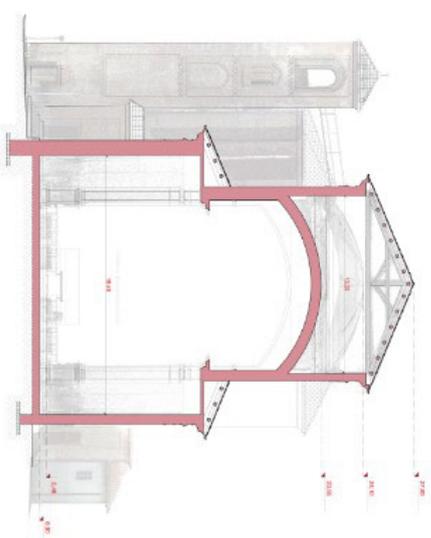
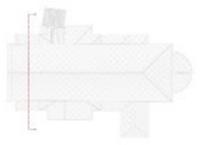


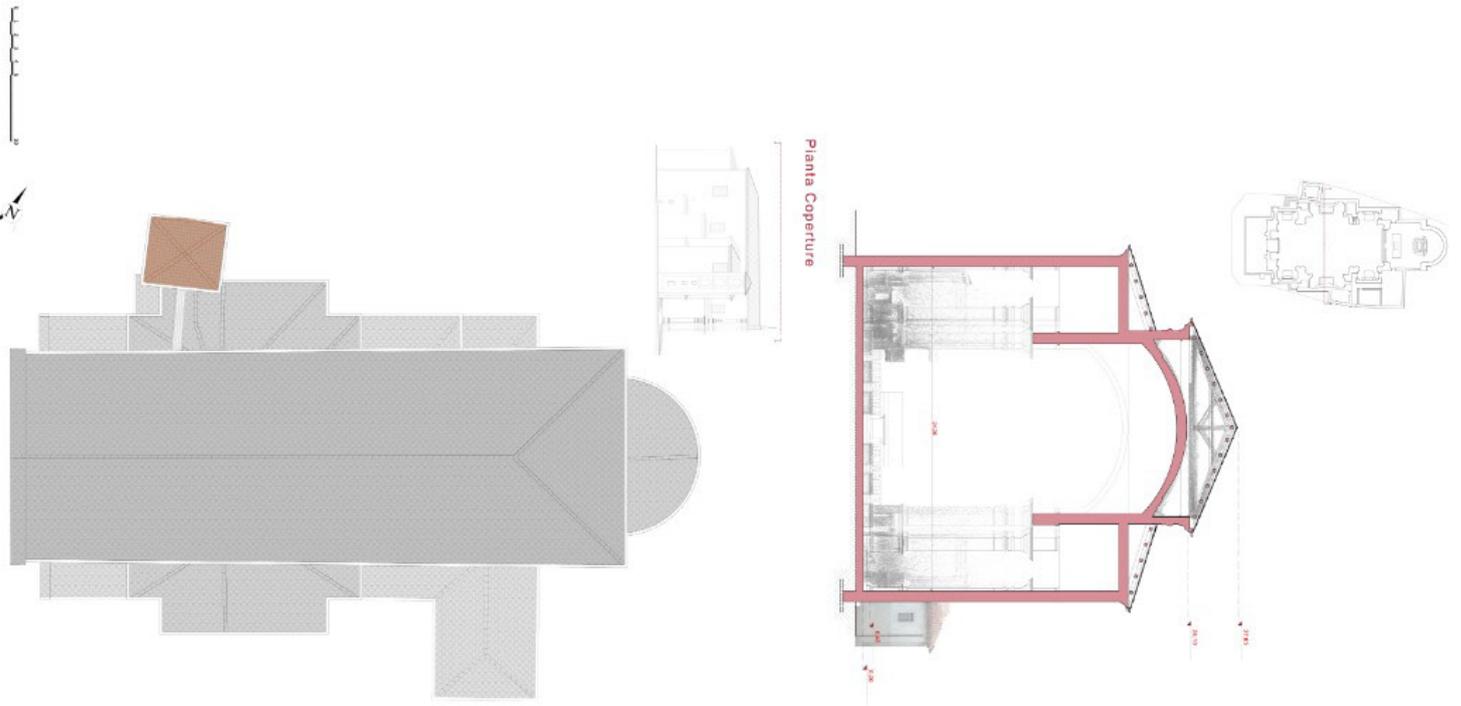


Sezione A-A

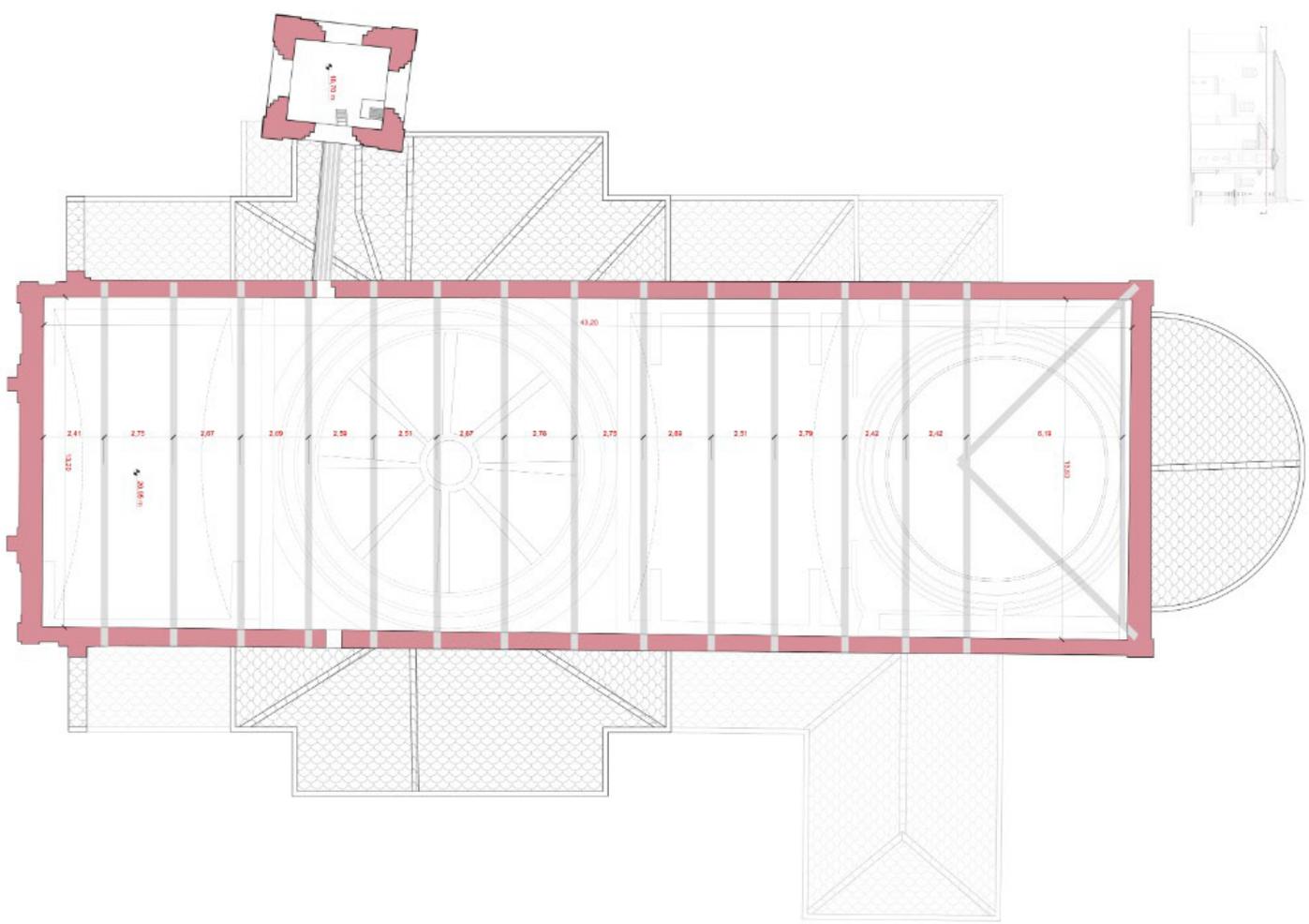


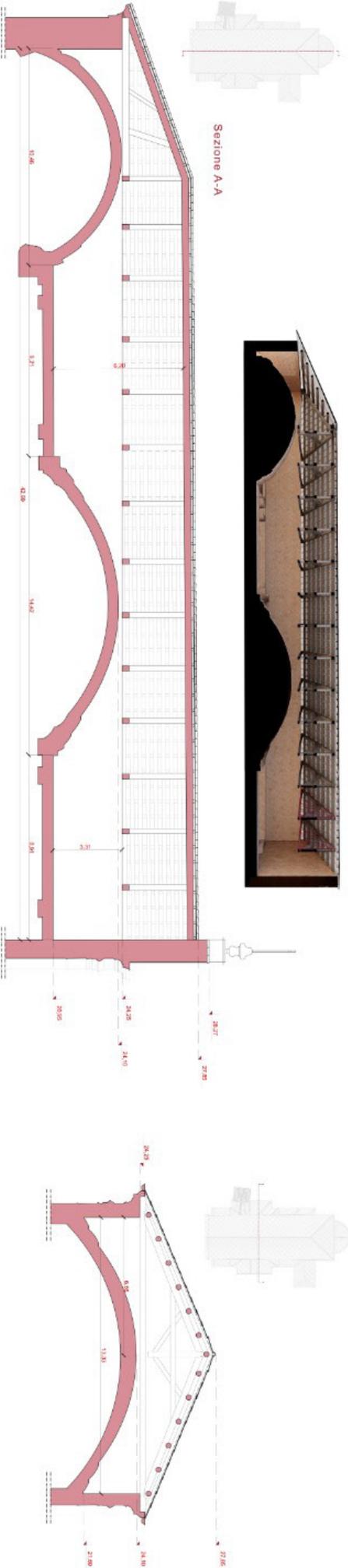
Sezione B-B





Pianta Coperture

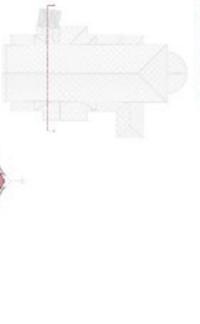




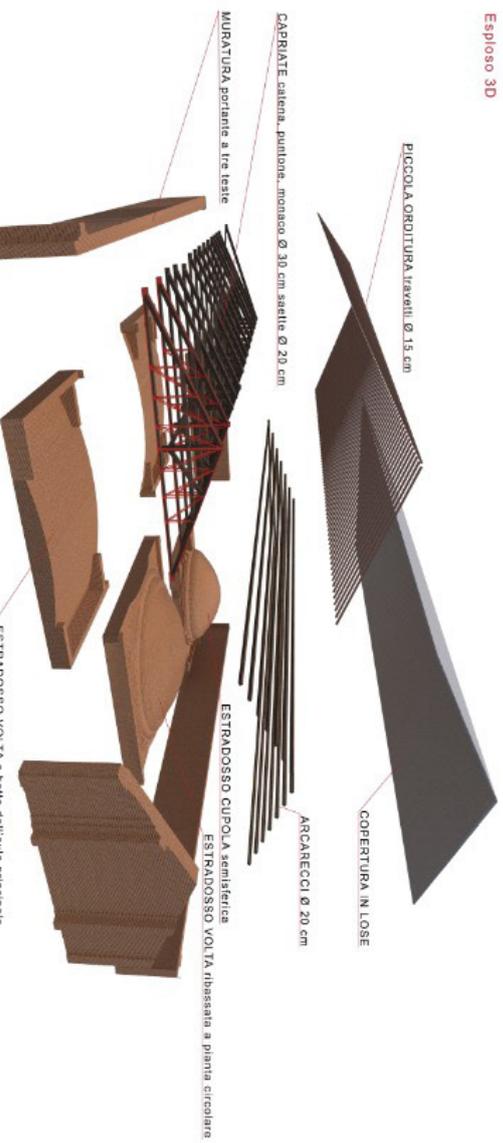
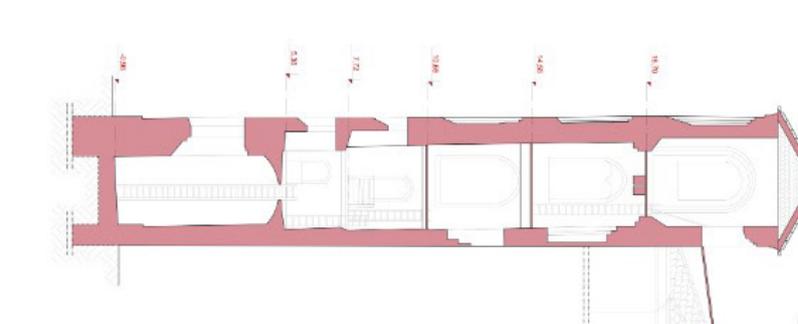
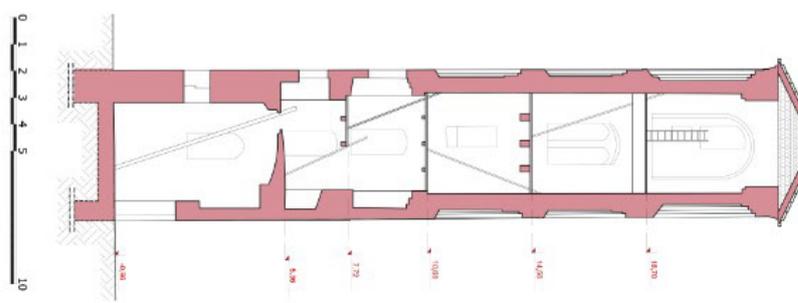
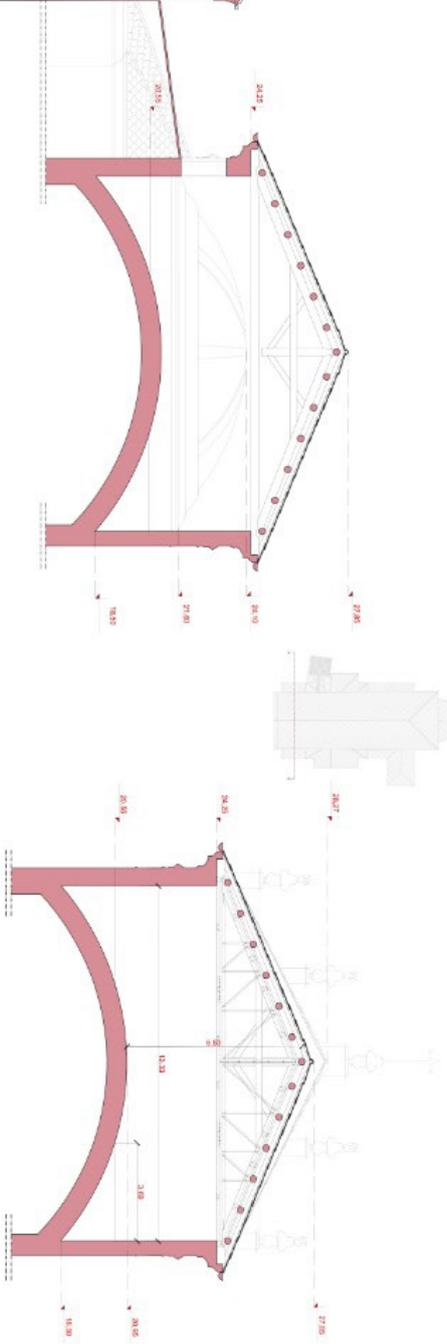
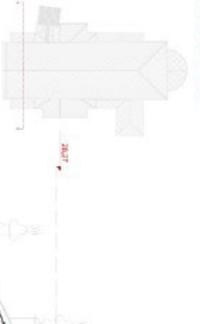
Sezione E-E



Sezione C-C



Sezione D-D



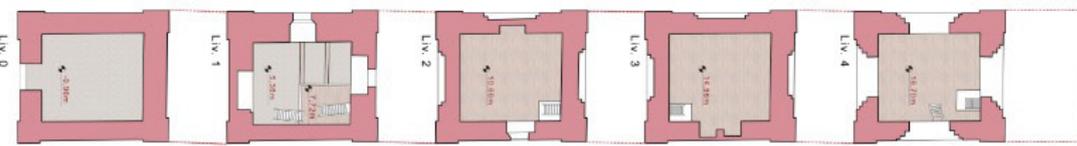
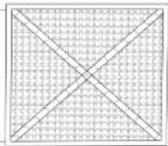


Foto 5 - Accesso Sottotetto da Liv. 4



Foto 3 - Vista interno Chiesa accesso dal Liv. 2



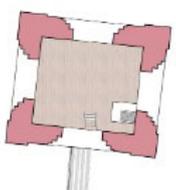
Foto 2 - 1° livello Campanile



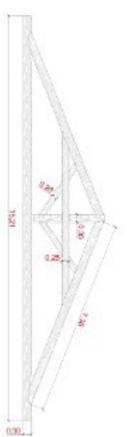
Foto 4 - Quadrante vecchio orologio campanile Liv. 3



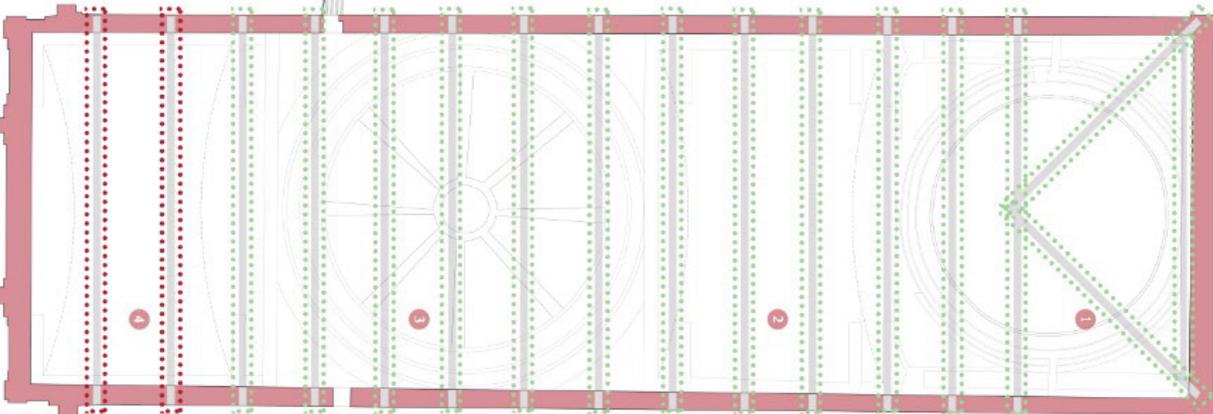
Foto 1 - Accesso al Campanile



Capriata tipo - ottenuta da rilievo metrico 3D



Modello 3D - schema capriate



Capriate soggette ad intervento di consolidamento (2012)
Capriate originarie in buono stato

1



2



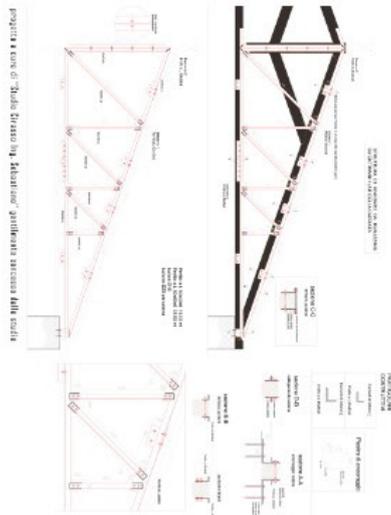
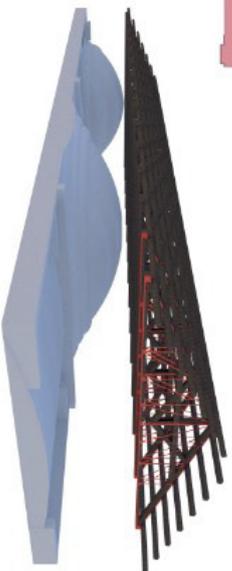
3



4

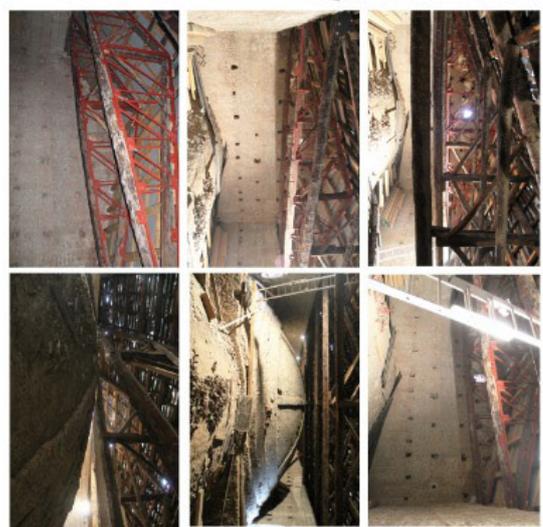


Modelli 3D - estradossi volte e capriate



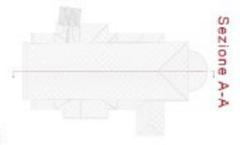
progetta e cura: Studio Strassini by "Stratimove" - gendimare successo dalla scuola

Viste interno sottotetto





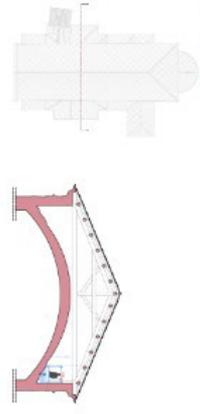
Pianta sottotetto



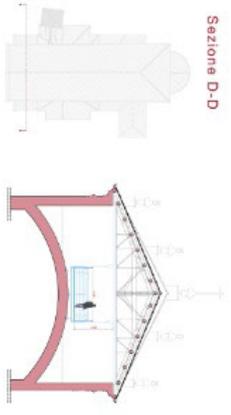
Sezione A-A



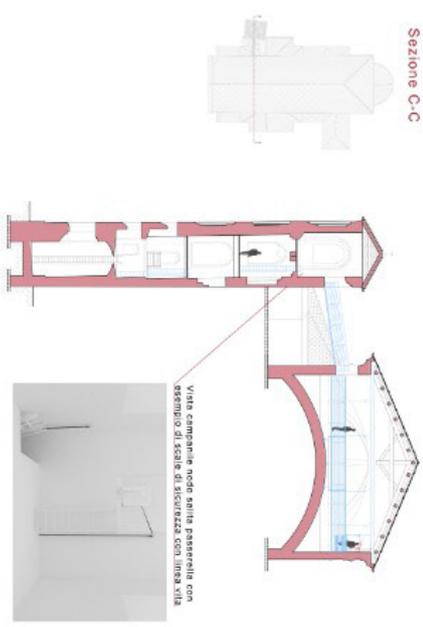
Sezione B-B



Sezione C-C



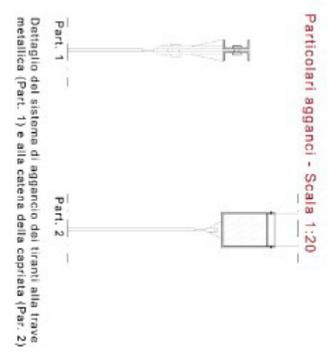
Sezione D-D



Vista campione nodo sella passerella con esempio di scie di sicurezza con litrea x/ta

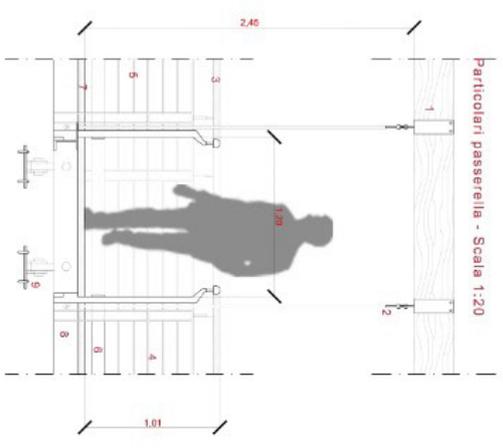


Vista 3D Sezione longitudinale



Particolari agganci - Scala 1:20

Dettaglio del sistema di aggancio dei tranti alla trave metallica (Part. 1) e alla catena della capriata (Part. 2)



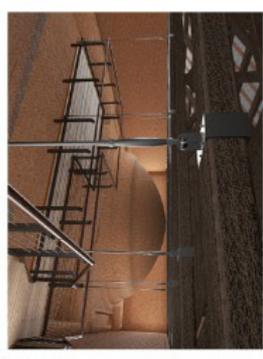
Particolari passerella - Scala 1:20

Viste 3D

Esempio passerella del castello di Legnaco



- PASSERELLA**
- 1 Aggancio dei tranti alla catena della capriata
 - 2 Tenditori di barre in acciaio
 - 3 Corrimano in legno
 - 4 Corrente intermedio
 - 5 Barre di riempimento
 - 6 Bordo di arresto ai piedi
 - 7 Piano di calpestio in legno
 - 8 Struttura portante in profili metallici
 - 9 Aggancio a terra



9_ BIBLIOGRAFIA

VERA COMOLI E LAURA PALMUCCI, Francesco Gallo: 1672-1750 : un architetto ingegnere tra Stato e provincia; Torino: Celid, 2000.

NINO CARBONERI ; PREFAZIONE DI GIUSEPPE FIOCCO, L' architetto Francesco Gallo, 1672-1750; Torino: Società Piemontese d'Archeologia e di Belle Arti, 1954.

ROMANO ALLEMANO, SONIA DAMIANO E GIOVANNA GALANTE GARRONE, Arte nel territorio della Diocesi di Saluzzo; Savigliano: L'Artistica, stampa 2008.

FRANCESCO FINO, BUSCA Il cammino di una comunità dal primo millennio a.C. al secolo XVII d.C., Cuneo: Ghibaudò, 1992.

FRANCESCO FINO, La vita a Busca nel 700, Busca: L.C.L., 1982

Filiberto CHIABRANDO, Erik COSTAMAGNA, Antonia SPANÒ, "La correlazione di immagini per la generazione di modelli 3D per il patrimonio costruito - Passive optical sensors and related image-matching methods for 3D modelling" - In: TERRITORIO ITALIA. - ISSN 2240-7707. - ELETTRONICO. - :1(2013), pp. 53-67.

Antonina SPANÒ, Dispense per il corso "Laboratorio di geomatica per la modellazione dell'architettura", Politecnico di Torino, 2017/2018.

Antonina SPANÒ, "Versatilità di metodi e tecniche della Geomatica per la documentazione del patrimonio costruito. Approcci sostenibili per la valutazione sismica.", Torino, Celid, 2013, pp. 81-111.

Antonina SPANÒ, Elisabetta DONADIO, Filiberto CHIABRANDO, "Modelli 3D densi tra esperienze didattiche e ricerche di soluzioni fruibili", in, "SCAVI AD AQUILEIA III. Aquileia, l'insula tra Foro e porto fluviale Lo scavo dell'Università degli Studi di Trieste 1. La strada", Trieste, EUT Edizioni Università di Trieste, 2017, pp. 79-100

PE & RS, "Photogrammetric engineering and remote sensing, journal of the American Society of Photogrammetry and Remote Sensing (ASPR)", 1980.

Giulia SAMMARTANO, Antonia SPANÒ, "Point clouds by SLAM-based Mobile Mapping Systems: accuracy and geometric contents validation in multisensory survey and stand-alone acquisition", Applied Geomatics, 2018.

Gianfranco GRITELLA, "Il rosso e l'argento. I castelli di Lagnasco: tracce di architettura e di storia dell'arte per il restauro", Torino: Celid, 2008

MANUALI

Manuale ZebREVO, GeoSLAM-ZEB-REVO-Solution_v9

Agisoft PhotoScan Manuale d'uso Versione Professional, Versione 1.2

Manuale FARO , Laser Scanner Focus 3D, 2016, pp. 2-3.

SITOGRAFIA

www.comune.busca.cn.it

www.geoportale.piemonte.it

www.chieseitaliane.chiesacattolica.it

www.geoslam.com

www.archivistorico.fondazione1563.it

www.impresaresta.it/museo-archeologico-di-santa-scolastica-bari/

www.professionearchitetto.it/design/progetti/un-museo-nel-sottotetto-del-duomo/

www.aboutumbriamagazine.it/tag/sottotetto/

www.polidorialessandro5.wixsite.com/alessandro-polidori/blank

www.marpositano.it/restauro-e-musealizzazione/