

Laurea Magistrale in *Ingegneria dei processi e dei sistemi edilizi*

Curriculum *Gestione del processo edilizio nel recupero degli edifici storici*

Tesi di Laurea in *Modellazione BIM M*

A.A. 2018-2019

**RILIEVI DIGITALI E MODELLI 3D PER LA DOCUMENTAZIONE,
L'ANALISI E IL PROGETTO DI PALAZZO BESTA DE' GATTI A
CHIURO (SO). APPLICAZIONI ED ESEMPI PER IL RIUSO COME
STRUTTURA RICETTIVA**

Candidato:
Elisabetta Emiliani

Relatore:
Prof. Ing. Luca Cipriani

INDICE

1. INTRODUZIONE.....	3
2. CASO STUDIO: PALAZZO BESTA DE' GATTI – CHIURO.....	5
2.1 Cenni storici del contesto: Chiuro.....	5
2.2 Geografia, paesaggi e caratteristiche dell'architettura valtellinese	9
2.3 Cenni dell'architettura a Chiuro	20
2.4 Casa Besta de' Gatti	25
3. TECNICA DI RILEVAMENTO TRIDIMENSIONALE	27
3.1 Il laser scanner: principi di funzionamento e caratteristiche	27
3.1.1 Concetti di base	27
3.1.2 Il laser	27
3.1.3 Il laser scanning	30
3.2 Strumentazione utilizzata nella campagna di rilevamento.....	33
3.2.1 Leica ScanStation C10.....	34
3.2.2 Faro Focus3D X 130	35
3.2.3 Strumentazioni a confronto	36
3.3 Campagna di rilevamento	36
3.3.1 Elaborazione eidotipo.....	38
3.3.2 Posizionamento dei target.....	40
3.3.3 Il rilievo con il laser scanner	41
3.4 Elaborazione dei dati.....	47
3.4.1 Operazioni preliminari	48
3.4.2 Registrazione	49
3.4.3 Modello 3D ottenuto	60
3.5 Cenni di rilievo fotogrammetrico	60
4.RESTITUZIONE E ANALISI DEI DATI OTTENUTI	64
4.1 Modello 3d come base per l'analisi	64

4.2	Dal modello tridimensionale a quello bidimensionale	65
4.3	Letture degli elaborati grafici ottenuti e analisi architettonica di Casa Besta de' Gatti.....	67
4.3.1	Facciata nord su via Rusca.....	70
4.3.2	Facciata sud su via Opifici e torre	73
4.3.3	Collegamenti verticali.....	80
4.3.4	Gli interni.....	81
4.3.5	Il tetto	101
5.	ELABORAZIONE GRAFICA DELLA PROPOSTA DI RIUSO	102
5.1	Analisi distributiva degli spazi della proposta di riuso come struttura ricettiva.....	102
5.1.1	Struttura alberghiera	105
5.1.2	Il ristorante	109
5.1.3	Area benessere	111
5.1.4	Parcheggio.....	111
5.2	Dal 2D al 3D: modellazione degli schemi distributivi	113
5.3	3D: modellazione di viste renderizzate	115
5.3.1	Dalla nuvola di punti alle mesh poligonali	116
5.3.2	Unione delle mesh e realizzazione delle viste	119
6.	CONCLUSIONI	125
	BIBLIOGRAFIA.....	127

1. INTRODUZIONE

Questo elaborato di tesi, che si inserisce all'interno del progetto *“Le radici di una identità - Temi, strumenti e itinerari per la (ri)scoperta del mandamento di Sondrio tra preistoria e medioevo”*, parte dal rilievo di Casa Besta De' Gatti di Chiuro, un piccolo Comune in provincia di Sondrio e descrive alcune fra le possibili applicazioni del rilievo stesso e dei modelli tridimensionali che a partire da esso si costruiscono.

Il rilievo è stato effettuato mediante la tecnica del laser scanner, che consente di acquisire ed ordinare le coordinate spaziali di una regione o di una porzione di spazio in modo automatico. Questa tecnologia costituisce un metodo di digitalizzazione e modellazione sia di oggetti che di porzioni di territorio aventi qualsiasi forma e dimensione.

È infatti possibile ottenere risultati più precisi e veloci rispetto alle tradizionali tecniche di rilievo. Inoltre l'elevata precisione e versatilità offerte da questa metodologia consentono l'utilizzo del laser scanner in molteplici campi di applicazione: in questo caso è stato utilizzato per il rilievo architettonico.

Casa Besta De' Gatti sorge su una dimora fortificata di origine medievale. La sua cronologia si articola fra i secoli XV e XVIII e prosegue successivamente, a causa di numerosi rimaneggiamenti effettuati per adeguare l'edificio alle esigenze delle diverse famiglie che lo abitarono.

La costruzione si affaccia da un lato su via Rusca, all'interno della zona nobiliare del borgo, e dall'altro su via Opifici sulla quale erano situate le botteghe artigiane.

L'edificio così come lo vediamo oggi, appartenuto in passato alla famiglia Gatti come testimoniato dallo stemma di famiglia presente sulla porta di ingresso, è solo una parte di un nucleo più vasto e complesso, che nel corso dei secoli è stato trasformato e diviso in varie proprietà.

Dalla fine del 1800 fino agli anni '60 del secolo scorso è stato sede della farmacia Grazzani e attualmente è proprietà degli eredi della famiglia Gandola Quadrio ma in stato di abbandono.

Il lavoro di rilievo svolto in questa tesi ha così consentito di ottenere il modello 3D dell'intero edificio, comprensivo degli spazi interni ed esterni, da cui sono stati ricavati gli elaborati 2D dello stato di fatto.

Grazie all'analisi del materiale ottenuto, allo studio dei caratteri tipici dell'architettura medievale e rinascimentale valtellinese e al confronto con i ricercatori che fanno parte del progetto, è stato quindi possibile svolgere un'analisi architettonica dello stabile.

In seguito, a partire dal materiale bidimensionale e tridimensionale, si è proceduto ad elaborare una proposta di riuso dell'edificio attraverso una restituzione 3D. Tale proposta è stata concepita assieme alla proprietaria di Casa Besta De' Gatti e ai ricercatori che collaborano al progetto, includendo attività e funzioni che il comune di Chiuro ha interesse ad incentivare. A questo scopo è stato valutato il riuso dell'edificio come struttura ricettiva comprensiva di zona ristorazione e un'ampia area benessere.

L'obiettivo principale della proposta è quello di utilizzare il modello digitale ottenuto dal rilievo come base per la produzione di schemi tridimensionali distributivi delle varie attività e di viste realistiche di facile comprensione da parte di qualsiasi osservatore.

Per fare ciò gli elementi tridimensionali originali del palazzo ottenuti sono stati integrati con nuovi modelli elaborati mediante software di modellazione 3D, in una commistione tra caratteri originali e caratteri di nuova concezione.

In questo modo l'attività del rilievo è risultata utile non solo per una lettura più facile e puntuale del manufatto ma anche per la restituzione di nuovi elaborati volti al riuso e alla "rimodellazione" degli spazi.

2. CASO STUDIO: PALAZZO BESTA DE' GATTI – CHIURO

2.1 Cenni storici del contesto: Chiuro

Chiuro, borgo antico e fiero, è situato nella media Valtellina sulla sponda destra del fiume Adda. Il ritrovamento di due massi incisi sulle balze di Castionetto e di altre due pietre incise attesta la presenza di insediamenti umani già dall'età preistorica. In età augustea i Romani si insediarono in Valtellina e stabilirono alcuni villaggi a Chiuro, grazie alla sua posizione sulla strada di valle. In seguito alla disgregazione dell'Impero Romano d'Occidente la cittadina fu interessata da invasioni delle popolazioni germaniche e nel medesimo V secolo si collocò la prima penetrazione del cristianesimo nella valle e la prima divisione della Valtellina e Valchiavenna in pievi. Chiuro, dopo il Mille, venne inglobata nella pieve di San Pietro in Tresivio.¹

Nel 568 i Longobardi irrupero e conquistarono la valle, ma il loro dominio effettivo si concretizzò solamente nel VIII secolo. Essi introdussero il sistema della "curtis" ovvero di cellula tendenzialmente autosufficiente, costituita da una cellula centrale, controllata dal signore (dominus), e dai terreni circostanti coltivati (mansì). La Valtellina e la Valchiavenna furono donate alla chiesa di Como: iniziò così quel forte legame tra Valtellina e Como che tuttora permane in ambito religioso.

Nel 774 i Longobardi furono sconfitti da Carlo Magno e la Valtellina fu sottoposta alla dominazione franca e nell'anno successivo venne in parte ceduta all'abbazia di St. Denis a Parigi, a cui rimase legata fino al X secolo. Nel 918 comparse per la prima volta il nome del paese, nell'espressione "in Clure", in un atto di vendita.

Il secolo XII fu di fondamentale importanza per Chiuro, in quanto giunsero da Como alcune famiglie illustri, che segnarono la storia del paese, prima fra tutte quella dei Quadrio, destinata a diventare punto di riferimento per tutti i ghibellini della Valtellina e a fare di Chiuro un paese sempre fedelmente schierato a questa fazione. La loro presenza portò a un moto di sviluppo e di

¹ U. Cavallari, *L'estimo di Chiuro nel 1504* in Bollettino della Società Storica Valtellinese, Sondrio, 1961

progressiva emancipazione dal comune della pieve di Treviso. Questo processo iniziò nel Duecento, quando Chiuro ottenne un sacerdote che reggeva le chiese di San Giacomo e Sant'Andrea e divenne probabilmente comune autonomo con un podestà nominato da Como. La struttura del comune era articolata in un consiglio di comunità presieduto dalla figura del decano e composto da cinque consiglieri, uno per ogni quadra. Questo consiglio aveva il compito di amministrare i beni culturali, le taglie, le tasse e le relative modalità di riscossione, le spese e i lavori per il bene comune e nominava gli agenti di comunità (come il notaio, il cancelliere, gli esattori, etc.). Nel 1335 Como, e con essa la Valtellina e la Valchiavenna, vennero inglobate nella signoria di Azzone Visconti e la valle fu riorganizzata amministrativamente con l'Atto degli Statuti di Como.

Nel **Quattrocento** si concluse il processo che diede piena autonomia a Chiuro, con il distacco dalla pieve di Treviso. Questo secolo fu, inoltre, segnato dall'affermazione da uno dei protagonisti più famosi della storia di Chiuro: Stefano Quadrio. *“Guerriero abile, uomo forte e privo di scrupoli nel raggiungere i propri obiettivi, calcolava ogni sua azione con freddezza e determinata razionalità. Attraverso la sua opera di condottiero, di uomo politico ed imprenditore deve essere vista la storia chiurasca della prima metà del XV secolo...”*.² Egli viene ricordato, in particolare, per il suo fondamentale contributo nella vittoria della battaglia di Delebio nel 1432, che vide le milizie ducali scontrarsi con quelle veneziane per il controllo della valle, considerata un nodo strategico di collegamento con i territori germanici. A Stefano Quadrio venne donato il Palazzo Fortificato ubicato nella piazza principale di Chiuro. La seconda metà del Quattrocento fu caratterizzata dal tramonto della Signoria dei Visconti e dall'affermazione di quella degli Sforza.

Dal **1500** per i dodici anni successivi il ducato di Milano cadde in mano al dominio francese di Luigi XII. Il loro dominio, però, per dispotismo ed arroganza, lasciò un pessimo ricordo. Il suo rovescio e l'inizio della dominazione delle Tre Leghe Grigie venne, così, accolto con un certo sollievo. I nuovi signori promisero un dominio saggio e rispettoso delle autonomie della valle e una conservazione delle consuetudini e dei privilegi

² A. Bombardieri Della Ferrara, Chiuro, Biblioteca comunale Luigi Faccinelli, 1989

locali. Tuttavia, nel 1526, per evidenziare la loro intolleranza verso le insubordinazioni, abbatterono tutti i castelli della Valtellina e della Valchiavenna. Le Tre Leghe concessero comunque alle valli un alto grado di autonomia, seppure in condizioni di subordinazione; non vi furono gravi attriti con i dominanti e Chiuro continuò a godere di un discreto benessere economico. Il paese, inoltre, in questo periodo, conobbe una notevole **attività edilizia** di un certo livello artistico. A questi anni risalgono la porta d'ingresso al Sagrato, nonché il cimitero di San Giacomo (1522) e il coro della Chiesa (1527).

Poi venne il **Seicento**, secolo travagliato e segnato da avvenimenti. Nel 1618 ebbe inizio in Europa la Guerra dei Trent'anni, in cui la Valtellina e la Valchiavenna furono coinvolte quali nodi strategici tra Italia e il mondo germanico. Nel 1620 si scatenarono la nobiltà cattolica, la sollevazione antigrigione e la caccia ai protestanti (nota come il "sacro macello valtellinese"). Fu questo l'inizio di un periodo ventennale di campagne militari e battaglie fra i due schieramenti contrapposti dei grigioni e Francesi, da una parte, e Imperiali e Spagnoli dall'altra. Queste vicende belliche ebbero termine provvisorio con il Trattato di Monzon (1626), che rese la Valtellina una repubblica quasi libera, con proprie milizie e governo, ma soggetta ad un tributo nei confronti dei grigioni. Questo periodo di pace fu interrotto con il passaggio dei Lanzichenecci, che portò con sé un'epidemia di peste (descritta a Milano dal Manzoni) negli anni 1630-1631 e negli anni 1635-1636. La popolazione della valle scese da 150000 a circa 40000 abitanti. La guerra in Valtellina tornò a riaccendersi con le campagne del duca francese di Rohan, alleato dei grigioni, contro Spagnoli ed Imperiali. Il duca sconfisse con una serie di battaglie sia Spagnoli che Imperiali. Il peso di tutti questi scontri gravò molto anche su Chiuro, che vedeva la sua popolazione stremata sia economicamente che moralmente, a causa della peste. Nel 1637 ci fu un rovesciamento delle alleanze: i Grigioni si schierarono segretamente con la Spagna e l'Impero e cacciarono i francesi dal paese. Si crearono, così, le premesse per la pace e nel 1639 venne sottoscritto il Trattato che pose fine al conflitto per la Valtellina, nonché il Capitolato di Milano, con il quale i Grigioni tornarono in possesso della Valtellina e della Valchiavenna, dove però l'unica religione ammessa era quella cattolica. La seconda metà del

secolo ed il successivo Settecento furono caratterizzati da un incremento del flusso migratorio verso i centri abitati maggiori.

A partire dal **Settecento** la situazione economica migliorò progressivamente. Nonostante ciò crebbe progressivamente il malcontento contro il dominio verso le Tre Leghe Grigie, soprattutto per la loro pratica di mettere in vendita le cariche pubbliche; fu nel 1797, a seguito degli avvenimenti napoleonici, che vennero congedati i funzionari grigioni e si pose fine al loro dominio.³ Nello stesso anno la Valtellina si unì alla Repubblica Cisalpina e confiscò le proprietà dei grigioni nella valle. A partire da questo momento, sotto il dominio francese, che si rivelò oppressivo e contrario alle tradizioni delle valli, la Valtellina e i contadi persero definitivamente le loro autonomie locali ed entrarono in una drammatica crisi economica, che li portò ad una condizione di provincializzazione e di dipendenza dalla pianura metropolitana.

A seguito della caduta di Napoleone il Congresso di Vienna del 1815 sancì l'aggregazione del dipartimento d'Adda al Regno Lombardo-Veneto, sotto il dominio asburgico, che fu severo ma attento ad operare una buona amministrazione e una ordinata vita economica, garantita da un importante piano di interventi infrastrutturali che riguardava la rete stradale e l'arginatura di fiumi e torrenti.

Nonostante ciò però il periodo asburgico fu interessato da una serie di eventi che incisero pesantemente sull'economia della valle, come ad esempio il rigido inverno del 1816, che oltre a compromettere i raccolti, fu seguito da una grave carestia, alla quale si unirono svariate epidemie di colera e della crittogama. Questi avvenimenti aprirono la strada al movimento migratorio, sia stagionale (verso Francia e Svizzera) che definitivo (verso le Americhe e l'Australia).

Nel 1848-49, con l'insurrezione asburgica a Milan e in Lombardia e lo scoppio della prima guerra d'Indipendenza, si distinse una seconda figura di spicco della storia di Chiuro, il patriota mazziniano Maurizio Quadrio, che definì il borgo "un caro nido". Egli fu nominato commissario di guerra, ma durante la Prima Guerra d'Indipendenza fu sconfitto e costretto al ritiro in esilio.

³ M.A. Carugo, *Cenni storici su Chiuro (dalle origini alla dominazione grigiona)*, Ed Banca Piccolo credito valtellinese, Sondrio, 1982

Nel 1861, terminata la Seconda guerra d'Indipendenza, Chiuro entrò a far parte del regno d'Italia e da quel momento la sua storia seguì e continua a seguire il corso delle vicende italiane.⁴

2.2 Geografia, paesaggi e caratteristiche dell'architettura valtellinese

L'area si trova in una posizione strategica al confine tra Lombardia e Svizzera e al centro dell'arco alpino. Il clima che contraddistingue questo territorio (di tipo continentale, caratterizzato da inverni lunghi e freddi ed estati corte e fresche), la sua orografia e la concentrazione di alcune specifiche risorse naturali hanno influito in modo determinante sulle scelte localizzative dell'uomo, sull'organizzazione degli insediamenti e sullo sviluppo economico. Questa zona, delimitata a nord e ad est dalle Alpi Retiche e a sud da quelle Orobie, presenta una significativa pendenza dei versanti e un conseguente differente orientamento degli stessi: il retico esposto a sud e l'orobico a nord. Inoltre la ripidezza dei pendii ha spinto gli abitanti a modellare i versanti attraverso la realizzazione di terrazzamenti in pietra così da poter coltivare meglio, e in modo più produttivo, la vite nei luoghi meglio esposti al sole e più fertili del versante retico⁵.

Storicamente diverse influenze culturali sia mediterranee che nord-europee, insieme ai condizionamenti ambientali, hanno determinato i caratteri dell'architettura tradizionale di questa regione.

Nel campo dell'edilizia e dell'industriale rurale era molto diffusa la pietra naturale, estratta ad esempio da cave di serpentino e talco, per la costruzione di elementi strutturali per murature a secco e legate con malta, ma anche per la produzione di manufatti artigianali. Vi è quindi una prevalenza della pietra nelle costruzioni, con una qualche eccezione nelle aree più settentrionali dell'Alta Valtellina e della Valle San Giacomo, dove trova diffusione anche la costruzione interamente in legno. Nel resto della regione questo materiale è

⁴ G.Giacomoni, *Alla scoperta del borgo storico di Chiuro*, in Rassegna Economica della provincia di Sondrio, settembre 1968

⁵ G.Origgi, A. Gelmini, C. Del Barba, *Cultura del costruire e dell'abitare in Valtellina*, Alpinae Space, Ente Regionale Per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste

utilizzato nelle abitazioni soltanto per le strutture di copertura e per alcuni orizzontamenti.⁶ Alle quote più elevate, i fienili sono costruiti in legno con la tecnica del Blockbau; in alcune zone alle case rurali in pietra si sovrappone un sistema di ballatoi in legno (lobie), utilizzati per l'essiccazione dei prodotti agricoli.

Gli insediamenti stabili di fondovalle in media e bassa Valtellina sono di tipo accentrato, costruiti su conoidi: qui le case si addossano le une sulle altre, separate da viottoli molto stretti e spesso collegate da passaggi coperti ai piani inferiori.

Diversi studi hanno dimostrato che la maggior parte degli insediamenti umani in Valtellina era già nata prima che si verificasse tra il 1347 e il 1353 l'epidemia di peste (conosciuta come la "peste nera"), che uccise circa un terzo della popolazione del continente. È allora che l'uomo inizia a riunirsi in comunità formando i primi villaggi alpini, dando avvio ad un'importante opera di trasformazione del paesaggio rurale di montagna.⁷

La cellula elementare tipica dell'insediamento alpino è costituita dalla fattoria, fondata da un nucleo familiare allargato. I primi nuclei insediativi si articolano attorno all'abitazione, la stalla, il fienile e l'area destinata agli orti e ai campi.⁸ In Valtellina, come in tutto il contesto alpino, si assiste presto ad un'evoluzione dell'insediamento isolato, causato dalla crescente suddivisione degli appezzamenti di terreno e dell'accrescimento delle unità abitative, nella direzione di una realtà insediativa che anticipa quella del villaggio vero e proprio, denominata "contrada patronimica".⁹

⁶ G. Menini, *Valtellina e Valchiavenna. Ricorrenze e discontinuità per un'architettura in cerca di identità*

⁷ G. Origgi, A. Gelmini, C. Del Barba, *Cultura del costruire e dell'abitare in Valtellina*, Alpinae Space, Ente Regionale Per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste

⁸ D. Benedetti, *Il segno dell'uomo nel paesaggio: Società e ambiente di Valtellina e Valchiavenna*, Sondrio, Cooperativa editoriale Quaderni valtelinesi, 2000.

⁹ ibidem



Figura 1. Schema dello spazio vitale dell'unità elementare dell'insediamento umano nelle Alpi. Fonte: D.Benedetti, *Il segno dell'uomo nel paesaggio: Società e ambiente di Valtellina e Valchiavenna*

Il villaggio deriva quindi dall'unione di più contrade patronimiche, cioè da diversi nuclei familiari aventi cognomi differenti. Questo tipo di modello presenta una forte separazione tra proprietà privata (costituita dalla casa con orto e frutteto) e i beni che appartengono a tutti gli abitanti, come campi, boschi e pascoli.

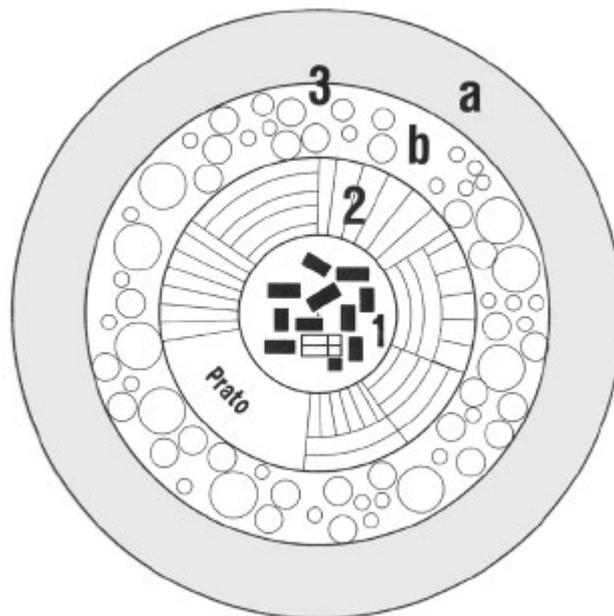


Figura 2. Schema di un villaggio accentrato provvisto di terre comuni. Fonte: D.Benedetti, *Il segno dell'uomo nel paesaggio: Società e ambiente di Valtellina e Valchiavenna*

Gli elementi principali che caratterizzano questa tipologia di insediamento sono: la prossimità ad un corso d'acqua, o di canali deviati per l'azionamento degli opifici che includono mulini, pille e folle; un nucleo con edifici e un luogo di devozione che include eventualmente un recinto e la casa parrocchiale. Da questo punto di vista emerge un legame particolarmente stretto tra la comunità e i defunti, sepolti nei pressi della chiesa (si attesta a partire dal '600 anche la presenza di ossari). Le parti ad uso comune nel villaggio (percorsi, piazze, ecc.) vengono concepite come beni comuni: questo consente una notevole libertà d'uso dello spazio (scale, percorsi coperti, sottopassi). Dov'è possibile l'uso del carro le dimore prevedono accessi carrai. La socialità tra le famiglie ha luoghi privilegiati nelle fontane e nei forni. Il borgo alpino possiede una struttura dotata di maggiore complessità rispetto a quella del villaggio. Si tratta di un insediamento caratterizzato da diversi quartieri abitati da famiglie con medesima derivazione sociale.

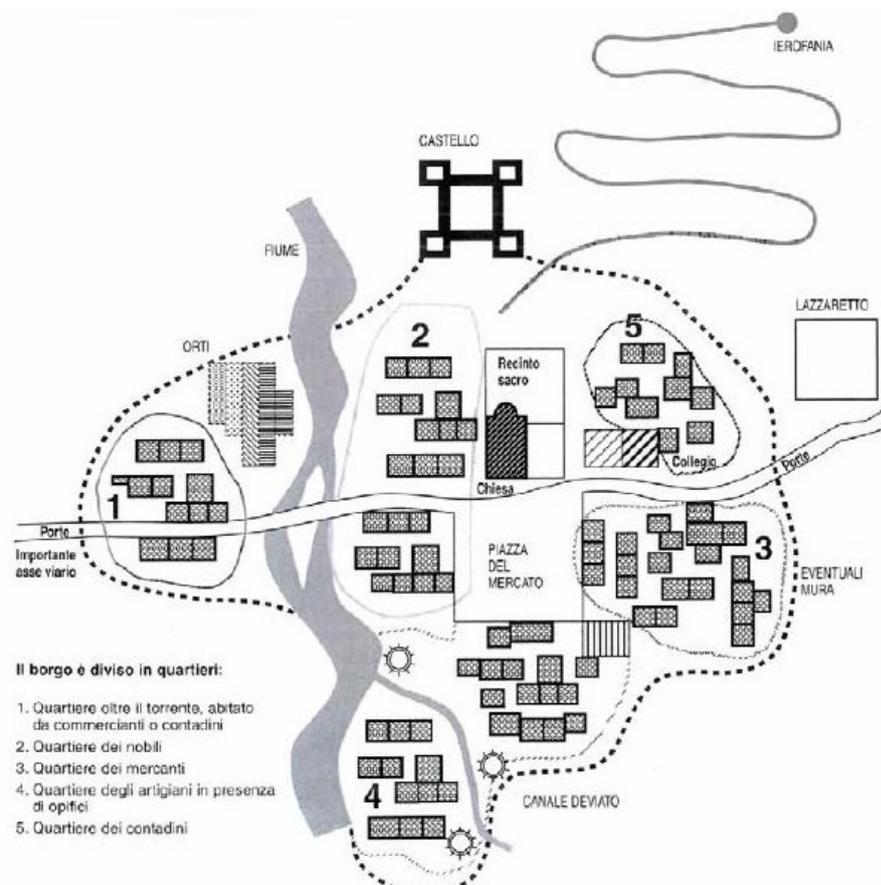


Figura 3. Schema di un borgo con in evidenza i diversi quartieri che lo compongono. Fonte: D. Benedetti, Il segno dell'uomo nel paesaggio: Società e ambiente di Valtellina e Valchiavenna

Agricoltura e allevamento esercitavano una forte influenza sui luoghi di residenza (tanto che in qualche caso, anche per ragioni di convenienza energetica, l'abitazione sorgeva sopra la stalla dalla quale ricavava calore in una sorta di riscaldamento a pavimento ante-litteram) sia sulla locazione degli insediamenti stessi. Oltre alle attività agropastorali, che costituivano l'ossatura economica della società rurale valtellinese, è bene tenere in considerazione anche le produzioni dell'industria e dell'artigianato rurali. Gli insediamenti urbani erano localizzati con preferenza dove artigiani e opifici potevano sfruttare l'energia idraulica fornita da torrenti e rogge, anche tramite costruzione di canalizzazione e derivazioni per condurre acqua nei siti in cui si svolgevano le attività.¹⁰

La dimora rurale presenta caratteri che variano col variare dei luoghi in cui si localizza. In Valtellina la trasformazione delle tipologie edilizie ha inizio dove l'Adda sfocia nel Lago di Como e continua fino a raggiungere il bormiense e il livignasco. Questa evoluzione vede il passaggio da modelli abitativi che evidenziano elementi derivanti dalla cascina padana a edifici con caratteristiche tipiche alpine.¹¹ Nell'area della media e bassa Valtellina i nuclei abitativi di fondovalle e quasi tutti quelli del versante retico sono contraddistinti da ampie corti aperte con arcate, ballatoi con strutture verticali in muratura e parapetti in legno. Tali elementi, di derivazione padana, risalendo la valle diventano di appartenenza esclusiva della singola abitazione.¹²

Nella media Valtellina, la tipologia degli insediamenti urbani e gli stessi edifici abitativi sono caratterizzati da modelli compatti a nucleo, costruiti principalmente in pietra, attorno ad un sistema compatto di riscaldamento chiamato "camera a fumo".

¹⁰ G. Origgi, A. Gelmini, C. Del Barba, *Cultura del costruire e dell'abitare in Valtellina*, Alpine Space, Ente Regionale Per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste

¹¹ T. Forni, *La dimora rurale e le sue testimonianze*, in *Beni culturali della Comunità Montana Valtellina di Sondrio*, a cura della Comunità Montana Valtellina di Sondrio, Sondrio, Comunità Montana Valtellina di Sondrio, 2004

¹² D. Benedetti, *Cenni sui paesaggi e le dimore rurali in Valtellina e Valchiavenna*, in *La dimora rurale alpina: le baite: atti del convegno tenuto a Bormio il 12-13 giugno 1992*, s.l., s.n., 1993

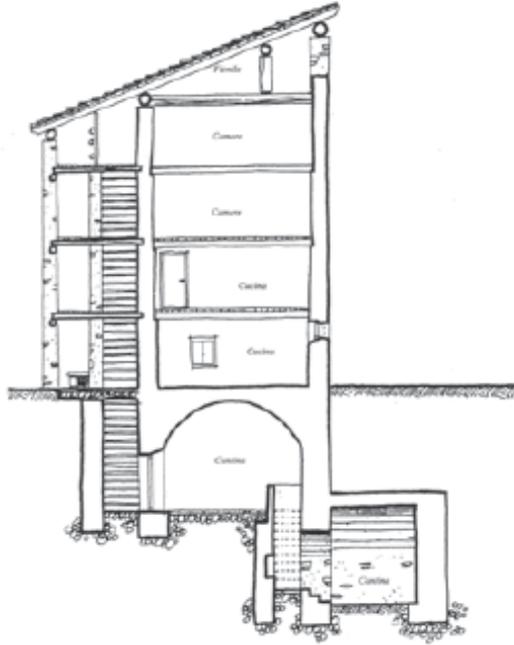


Figura 4. Casa a corte con influssi padani a Delebio. Fonte: Atti del Convegno di Varenna a cura di D.Benedetti e S.Langé

La presenza dei versanti orobico e retico, con le loro diverse caratteristiche a livello di risorse e di soleggiamento, implica uno sviluppo di tipologie abitative con alcune differenze dovute alla necessità di adattamento alle diverse condizioni climatiche dei versanti. Infatti l'area retica presenta una insolazione maggiore ed è caratterizzata da edifici abitativi che si sviluppano in altezza e che sono per lo più unifamiliari o plurifamiliari multipiano. Il versante orobico invece è caratterizzato da edifici spesso autonomi e separati dal rustico con stalla e fienile. Nei fabbricati sviluppati in altezza i piani superiori sono raggiungibili mediante scale esterne di legno; portici e loggiati (che contraddistinguono le facciate) sono elementi architettonici atti a proteggere maggiormente gli ambienti interni delle abitazioni stesse, rispetto ai più leggeri ballatoi in legno degli edifici del versante retico.¹³

Come già accennato sopra, la pietra costituisce il materiale principe per la realizzazione degli edifici ed è usata quasi a secco con fasce intonacate attorno a finestre e porte, mentre il legno è raramente impiegato per la realizzazione di strutture portanti e compare nei tamponamenti dei fienili e nei sottotetti.

¹³ D.Benedetti, *Il segno dell'uomo nel paesaggio: Società e ambiente di Valtellina e Valchiavenna*, Sondrio, Cooperativa editoriale Quaderni valtelinesi, 2000.

Le tipologie abitative tipiche delle valli laterali valtellinesi (Val Tartano, Valmalenco e Val Masino) presentano spazi dedicati ad attività agropastorali e al lavoro collocati molto spesso nei piani seminterrati.

Al confine tra la media e la alta Valtellina si trovano molte abitazioni caratterizzate dalla parte residenziale e quella dedicata alle attività agropastorale accostate.¹⁴ Le due funzioni sono collegate mediante corte o cortile aperto, protetto da tettoia. Gli spazi di residenza sono distribuiti su due piani, sotto la cucina e sopra le camere da letto. Il fienile spesso si trova in un edificio isolato e raramente è posto all'interno dell'edificio residenziale. I tetti sono rivestiti, sopra le orditure di legno, con lastre di pietra chiamate "piode". Spostandosi progressivamente verso l'alta valle si ha una fusione delle funzioni che dà origine ad un unico corpo edilizio che accoglie diversi momenti della vita familiare, quello del lavoro e quello della vita domestica; la corte si trasforma in un ambiente interno all'edificio, coperto, contrariamente a quanto accade in media e bassa Valtellina.

Gli insediamenti urbani vedevano la presenza di famiglie appartenenti al ceto nobile e alla borghesia, la cui ricchezza era prevalentemente legata alla produzione di vino e al suo commercio. Il territorio della Valtellina è ricco di palazzi e dimore civili, come è possibile osservare in alcuni comuni tra cui Delebio, Morbegno, Tirano, Sondrio, Bormio, Albosaggia e nel comune di Chiuro.

Gli edifici nobiliari sono sorti con probabilità nelle zone caratterizzate da una forte produzione agricola, come conseguenza del processo di insediamento umano e di nascita delle prime realtà castellane medievali (processo databile attorno al X secolo). Le dimore nobiliari hanno però subito trasformazioni significative a partire dal XV secolo, dovute all'influenza del **Rinascimento** e dei **valori Umanistici**: tale influenza si è manifestata soprattutto nell'architettura, promossa dagli architetti lombardi dell'epoca.

Le antiche case a torre e le dimore fortificate sono state oggetto di processi di ristrutturazione (anche rilevanti) che hanno portato sia ad inglobarle in nuovi edifici, sia a trasformarle pesantemente sino a cancellare quasi tutte le tracce delle vecchie funzioni.

¹⁴ ibidem



Figura 5. Palazzo Besta a Teglio. Fonte: <http://www.valtellinaturismo.com>

Gli interventi di ristrutturazione tipici di questa epoca in alcuni casi culminano con una totale revisione dell'edificio precedente, in altri casi, invece, con la realizzazione di decorazioni interne in una struttura architettonica che conserva la sua forma originale. In altre dimore si riprende il modello della villa lombarda settecentesca con spazi più ridotti rispetto a quelli dei palazzi e delle dimore milanesi.¹⁵

Nel contesto dell'architettura quattrocentesca si sono inseriti i principi fondamentali del classicismo rinascimentale. Tuttavia vi è una mancanza di studi approfonditi ed aggiornati sull'architettura del Quattrocento in Valtellina; oltre a ciò vi è anche una incertezza della cronologia, dal momento che forme dell'architettura del Trecento si sono protrate invariate per tutto il Quattrocento ed oltre.

Testimonianze dell'architettura quattrocentesca in Valtellina sono fornite a Chiuro, dall'edificio adiacente al Palazzo di Stefano Quadrio: in questo edificio le finestre archiacute richiamano quelle di molti edifici milanesi e lombardi in generale, in particolare una di queste è caratterizzata da un davanzale scolpito a tortiglione, tipico carattere quattrocentesco in Valtellina. Di sapore invece medioevaleggiante è invece il cortile, dal portico con archi a sesto ribassato. Riferibile al Quattrocento è la Casa Quadrio in Borgo

¹⁵ G. Angelini, *I palazzi*, in *Beni culturali della Comunità Montana Valtellina di Sondrio*, a cura della Comunità Montana Valtellina di Sondrio, Sondrio, Comunità Montana Valtellina di Sondrio, 2004

Francone a Chiuro, che conserva sia un portico simile a quello delle altre casa Quadrio di Chiuro, sia una lobbia in legno, unico esempio superstite del genere in Valtellina.



Figura 6. Chiuro Casa Balghera, davanzale scolpito quattrocentesco



Figura 7. Chiuro, casa quattrocentesca in via Roma, particolare di una finestra. Fonte: G.Galletti, G.Mulazzani, *Il Palazzo Besta di Teglio, una dimora rinascimentale in Valtellina*, Banca Piccolo Credito valtellinese, tipolitografia Mevio Washington & Figlio, Sondrio, 1983¹⁶

Un esempio di **elementi architettonici medievali** lo si trova nella contrada fortificata di Pedenale, addirittura databile al Cinquecento. Gli edifici che si affacciano sulla strada racchiudono un cortiletto chiuso da un muro merlato che, pur sembrando trecentesco, contiene un portale in pietra con forme Cinquecentesche; così pure il muro con i merli può essere ritenuto anch'esso della stessa epoca.

¹⁶ G.Galletti, G.Mulazzani, *Il Palazzo Besta di Teglio, una dimora rinascimentale in Valtellina*, Banca Piccolo Credito valtellinese, tipolitografia Mevio Washington & Figlio, Sondrio, 1983

Pure l'architettura religiosa del Quattrocento non rivela tracce del nuovo linguaggio.

L'architettura e le arti figurative per tutto il medioevo erano considerate "arti meccaniche" ma, mentre nella Firenze di Lorenzo il Magnifico l'elevazione della figura dell'artista poteva dirsi compiuta, ciò non poteva dirsi in Lombardia, dove l'architetto era ancora considerato una figura di bottega. È sotto Ludovico il Moro che l'architettura diventa arte liberale, grazie soprattutto a Bramante, che delineò le basi della progettazione e del linguaggio architettonico.



Figura 8. Chiuro, Borgo Francone. Fonte: G.Galletti, G.Mulazzani, Il Palazzo Besta di Teglio, una dimora rinascimentale in Valtellina, Banca Piccolo Credito valtellinese, tipolitografia Mevio Washington & Figlio, Sondrio, 1983¹⁷

In Valtellina solo nel 1494 si assiste alla prima manifestazione in chiave Rinascimentale, grazie alla tavola d'altare di Andrea de Passeris nella chiesa di S.Giorgio a Grosio. Infatti nella cornice si leggono tutti i caratteri della sintassi architettonica rinascimentale.

Tommaso Rodari fu l'artefice della diffusione in tutta la Valtellina e Valchiavenna del linguaggio Rinascimentale.

¹⁷ G.Galletti, G.Mulazzani, *Il Palazzo Besta di Teglio, una dimora rinascimentale in Valtellina*, Banca Piccolo Credito valtellinese, tipolitografia Mevio Washington & Figlio, Sondrio, 1983

Più in generale potremmo dire che in Lombardia, come in buona parte dell'Italia settentrionale, è presente questa distinzione fra l'evoluzione tecnologica e un'elaborazione formale dove vi si trovano elementi arcaici insieme alle novità del linguaggio.

In Valtellina, seppur qualche decennio dopo, assistiamo allo stesso fenomeno.¹⁸

Nelle dimore nobiliari valtelinesi tra '500 e '700 si può notare un rapporto dialettico non sempre facile e lineare, caratterizzato da adozione di tipologie architettoniche "colte" e i caratteri tipici della dimora alpina.

Si è detto che uno dei primi esempi di architettura Rinascimentale in Valtellina è dato dal Palazzo Besta di Teglio, che sorge su preesistenze di alcuni secoli precedenti. Esso rappresenta il passaggio definitivo dalle architetture castellane medievali al nuovo modello di dimora nobile rinascimentale, nonostante forme ancora legate al tema della casa-forte merlata quattrocentesca si incontrino sino a tutto il Cinquecento.

La riqualificazione di palazzo Besta secondo i nuovi canoni rinascimentali si compie entro il 1519 in singolare unità progettuale, sulla base di edifici più antichi.¹⁹ Nell'edificio si possono notare temi dell'architettura quattrocentesca e motivi desunti da un'architettura più recente e aggiornata.

Al modello di Palazzo Besta fanno riferimento, più o meno dichiaratamente, altre case nobili del Cinquecento, come Palazzo Lambertenghi a Stazzona, Casa Carbonera a Sondrio e Palazzo Quadrio Curzio a Ponte in Valtellina.

¹⁸ *Il Rinascimento in Valtellina e Valchiavenna*, Quaderni valtelinesi, 1999

¹⁹ G. Angelini, *I palazzi, in Beni culturali della Comunità Montana Valtellina di Sondrio*, Comunità montana Valtellina di Sondrio



Figura 9. Ponte in Valtellina, Palazzo Quadrio Curzio ora Pontiggia, facciata affrescata. Credits: Federico Pollini, Beni culturali della Comunità Valtellina di Sondrio

Dopo la stagione del Rinascimento, tra fine Seicento e inizio Settecento cominciò una fase di rinnovamento nell'architettura in Valtellina: in molte dimore nobiliari architettura e residenza si compenetrano in modo rilevante. In altri casi invece furono attuati semplici interventi di decorazione entro involucri architettonici preesistenti che rimangono invariati.

Il centro storico di Ponte in Valtellina conserva il numero maggiore di dimore e palazzi nobiliari.

2.3 Cenni dell'architettura a Chiuro

La storia di Chiuro è indissolubilmente legata al nome dei Quadrio, il cui stemma raffigurante tre quadrati ricorre su una gran parte di portali di accesso alle case che sicuramente appartennero ad uno o più rami della famiglia (in via Ghibellini, Via Medici, via Visconti, via Rusca).



Figura 10. Chiuro, Palazzo Quadrio de Maria Pontaschelli, sala dell'appartamento al piano nobile (stemma Quadrio). Credits: Federico Pollini. Fonte: Beni culturali della Comunità Valtellina di Sondrio, Comunità Valtellina di Sondrio

A Stefano la tradizione narra che Filippo Maria Visconti, duca di Milano, donasse nel cuore del borgo il palazzo fortificato. Esso, che occupa l'intero isolato tra via Campanile, via Torre e via Ghibellini, è sempre stato usato grazie ad una continua manutenzione, anche se notevolmente trasformato nel corso del tempo.²⁰

L'edificio conserva un moncone di torre e una caditoia a cappa in memoria del suo passato fortificato; inoltre sulla facciata in piazza Stefano Quadrio sono accostati una feritoia a croce medievale, un portale architravato con stemma Quadrio (XVI secolo), un secondo portalino seicentesco sormontato da un balconcino in ferro battuto su cui dà una porta-finestra in pietra scolpita con un motivo rosette cinquecentesco.²¹

Una testimonianza della civiltà nobiliare (e della sua cultura) esistente nel XVI secolo a Chiuro ci è trasmessa da un'iscrizione presente sull'architrave di una finestra in pietra con motivo a rosette e stemma Quadrio in via Opifici: P [er] TROPO AMAR CON PVRA FEDE ò FERITO EL [core] COMO TV VEDE, in cui è rappresentato un cuore trafitto inciso nella pietra.

²⁰ Chiuro, Biblioteca Comunale "Luigi Faccinelli", 1989

²¹ G. Angelini, *I palazzi*, in *Beni culturali della Comunità Montana Valtellina di Sondrio*, Comunità montana Valtellina di Sondrio



Figura 11. Chiuro, iscrizione sull'architrave di una finestra in pietra in via Opifici con stemma della famiglia Quadrio. Fonte: Chiuro, Biblioteca Comunale "Luigi Faccinelli", 1989

Alla stessa cultura appartiene anche la camera picta di Casa Chilichini in via Rusca, che resta una testimonianza importante dell'allestimento interno dei palazzi nobiliari.²²



Figura 12. Chiuro, Palazzo Chilichini, Scena di vita cortese. Credits: Federico Pollini

Sul cortile della casa si affaccia un prospetto composto da tre livelli: portico a due archi ribassati su pilastro in muratura, loggiato su colonnine in pietra e sottotetto con colombaie a disegni geometrici. Si tratta a tutti gli effetti di una riedizione del modulo del cortile Besta.²³

²² ibidem

²³ G. Angelini, *I palazzi*, in *Beni culturali della Comunità Valtellina di Sondrio*, Comunità montana Valtellina di Sondrio



Figura 13. Chiuro, Casa Chilichini, scorcio del cortile del Cinquecento. Credits: Federico Pollini

Sulla stessa via Rusca vi è la Casa de' Gatti, edificio oggetto di questo elaborato e che verrà descritto al capitolo successivo.

Tutti questi edifici presentano, come carattere comune dell'architettura valtellinese, una scarsa caratterizzazione delle fronti esterne, che sono piuttosto semplici nonostante l'elevata committenza. Si tratta di una tendenza in un certo senso introspettiva, tutta concentrata sugli spazi interni.²⁴

La decorazione interna dei palazzi valtellinesi attende ancora uno studio complessivo, che non si fermi alle emergenze maggiori ma si proponga di trovare caratteri stilistici comuni e di rintracciare singole personalità o botteghe di artisti, sia sul fronte della pittura sia su quello della decorazione a stucco. Spesso l'analisi dei complementi decorativi consente di precisare la cronologia delle fabbriche edilizie e di evidenziare mutamenti nel gusto e nelle modalità dell'abitare.

Nella frazione **Castionetto** vi è la **torre** che domina il paese da un colle che appartenne ai Quadrio. Un tentativo di opposizione all'invasione dei Grigioni

²⁴ G. Angelini, *I palazzi*, in *Beni culturali della Comunità Valtellina di Sondrio*, Comunità montana Valtellina di Sondrio

ebbe come base di appoggio proprio questa torre insieme alle fortificazioni di Chiuro. La torre è una delle più massicce della Valtellina, ma è anche molto importante per la presenza di elementi architettonici. Essa non è conservata nell'intera altezza, poiché manca dei merli. La struttura muraria è costituita da pesanti parallelepipedi di pietra, che negli spigoli prendono una più precisa forma geometrica. Le pietre poste in corrispondenza degli spigoli hanno sulle due facce in vista una bugna che si può considerare puramente estetica.

La fronte sud possiede un ingresso a quota campagna che deve trattarsi sicuramente di un'apertura praticata in epoca posteriore: infatti l'accesso, come del resto anche nelle altre torri, doveva trovarsi alla quota del primo piano salendo una scala di legno retraibile o un rudimentale ponte levatoio.

La maggiore importanza di una fronte rispetto alle altre può essere connessa al concetto di "facciata" tipico di un'architettura più evoluta, anche se attribuire ad una fronte una maggiore importanza sulle altre non collima con la natura dell'edificio dalla pianta a simmetria centrale.

Il piano terreno è costituito da un unico vano con volta a botte, nel quale si accedeva scendendo dal primo, che doveva essere l'ingresso, attraverso una botola. Anche il primo piano è costituito da un unico ambiente con volta a botte.

Questa torre, in base ai caratteri costruttivi e stilistici riscontrati, nonostante possa essere considerata successiva in ordine di tempo alle altre presenti in Valtellina, per la mancanza di qualsiasi accenno all'arco acuto (soprattutto in un'architettura castellana), la fa ritenere di età pre-gotica, attribuendole una possibile collocazione fra la fine del secolo XII e l'inizio del secolo XIII.²⁵

²⁵ G.Bascapé, C.Perogalli, *Torri e Castelli della Valtellina e Valchiavenna*, edizioni Banca Piccolo credito valtellinese, Sondrio

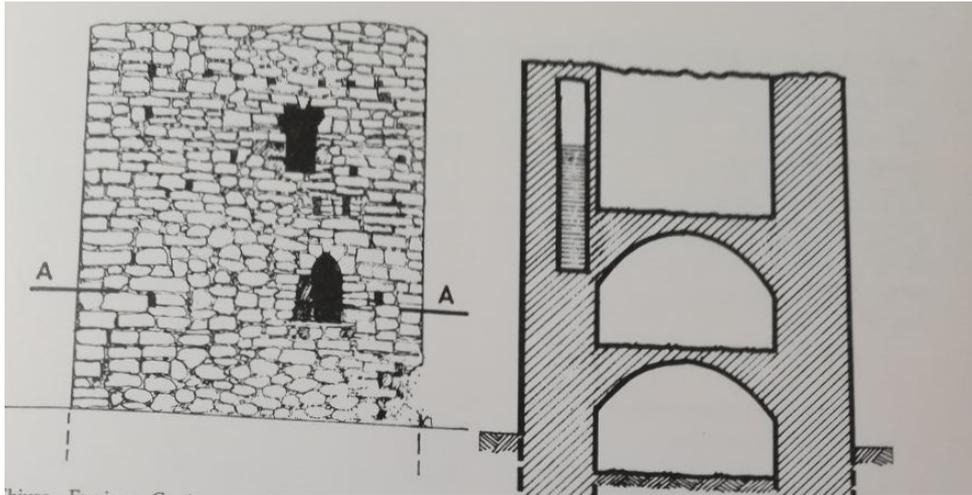


Figura 14. Chiuro, frazione Castionetto, torre. Prospetto meridionale e sezione. Fonte: G.Bascapé, C.Perogalli, Torri e Castelli della Valtellina e Valchiavenna, edizioni Banca Piccolo credito valtellino, Sondrio

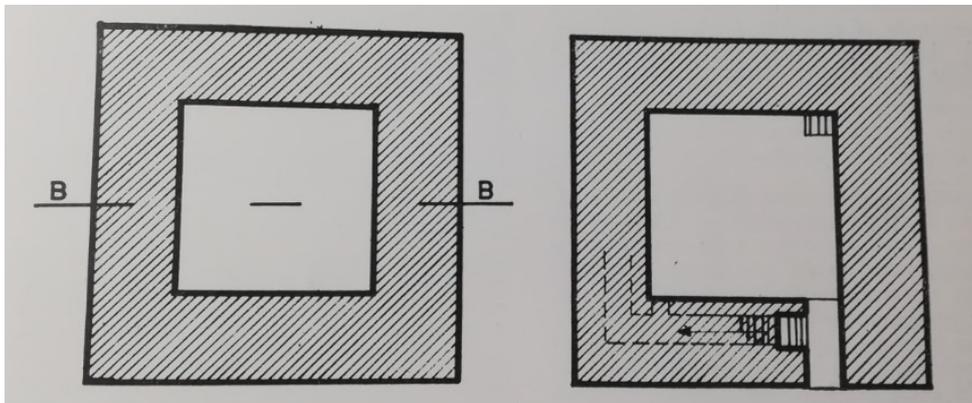


Figura 15. Chiuro, frazione Castionetto, torre. Piante a quota di campagna e quota A-A. Fonte: G.Bascapé, C.Perogalli, Torri e Castelli della Valtellina e Valchiavenna, edizioni Banca Piccolo credito valtellino, Sondrio

2.4 Casa Besta de' Gatti

Nella stessa strada di Casa Cilichini, via Rusca, si trova Casa Besta De' Gatti. Via Rusca, compresa tra largo Quadrio Curzio e largo Besta De' Gatti e caratterizzata da fondo selciato, è una via tranquilla, quieta e raccolta come tutte le vie dell'antico borgo, lunga un centinaio di metri e stretta, anche se transitabile.

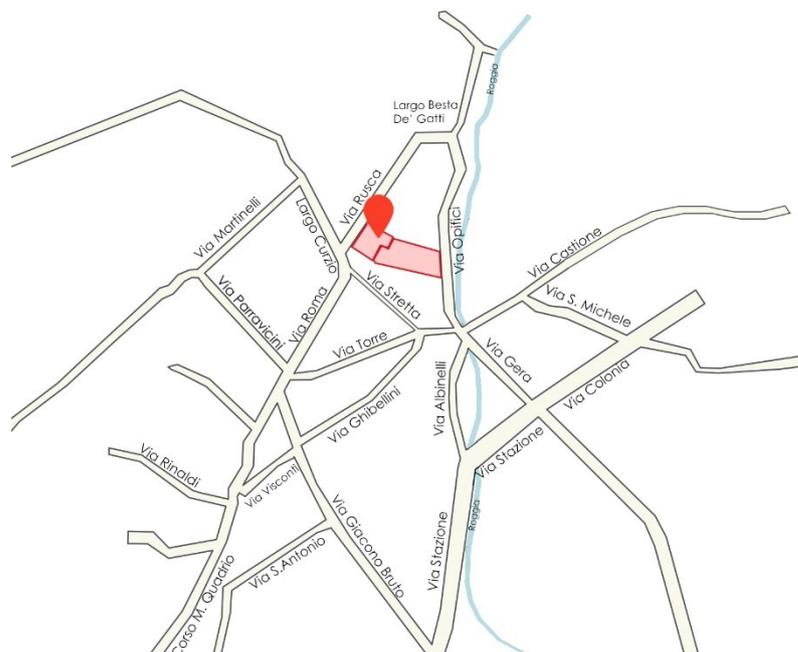


Figura 16. Individuazione di Casa Besta De' Gatti sulla mappa del centro storico di Chiuro

Partendo da largo Curzio sulla destra si trova Casa de Gatti, che appartenne in passato alla famiglia Gatti, come testimoniato dallo stemma di famiglia presente sulla porta di ingresso. Dalla fine del 1800 fino agli anni '60 del secolo scorso è stata sede della farmacia Grazzani. Attualmente è proprietà degli eredi della famiglia Gandola Quadrio ma in stato di abbandono.

La cronologia di Casa De' Gatti, che sorge su una precedente struttura medievale, si articola fra i secoli XV e XVIII; tuttavia l'edificio ha subito numerosi rimaneggiamenti, nel corso dei secoli successivi, per essere adattato alle esigenze delle famiglie che lo abitarono.

L'altezza dei singoli piani risalta nella facciata posteriore sul cortile dell'edificio, che dà su via Opifici, da cui è visibile anche una torre colombaia.

La descrizione di Casa Besta de' Gatti verrà trattata al capitolo 4.3.

3. TECNICA DI RILEVAMENTO TRIDIMENSIONALE

3.1 Il laser scanner: principi di funzionamento e caratteristiche

3.3.1 Concetti di base

Per scanner tridimensionali si intendono tutti quegli strumenti in grado di acquisire ed ordinare le coordinate spaziali di una regione o di una porzione di spazio in modo automatico. Il principio base che caratterizza il funzionamento del laser consiste nella proiezione di un raggio, di un fascio di luce e nell'analisi del segnale di ritorno.

Grazie a questa tecnologia il laser scanner costituisce un metodo di digitalizzazione e modellazione sia di oggetti che di porzioni di territorio aventi qualsiasi forma e dimensione. Il progresso tecnologico in questo ambito ha consentito di migliorare la strumentazione sia in termini di caratteristiche tecniche (risoluzione, accuratezza, portata, etc.) sia in termini di impiego (peso, maneggevolezza, facilità di utilizzo, etc.). Grazie a ciò è possibile ottenere risultati più **precisi** e **veloci** rispetto alle tradizionali tecniche di rilievo, svincolando così gli operatori dalle lunghe e complesse operazioni di campagna a discapito di un maggiore tempo di elaborazione dei dati.

L'elevata precisione e versatilità offerte da questa metodologia consentono l'utilizzo del Laser scanner in molteplici campi di applicazione, come ad esempio rilievi architettonici e di interni, documentazione di beni archeologici e culturali, l'ingegneria civile, progettazione impiantistica, monitoraggio di gallerie, fronti rocciosi e miniere.

3.1.2 Il laser

Il laser è stato introdotto dalla scoperta di Albert Einstein, il quale intuì che un atomo è in grado di emettere radiazioni ad alta frequenza se stimolato da un raggio di luce, caratterizzato da un dato valore di frequenza, incidente sullo stesso. Infatti il termine "L.A.S.E.R." è acronimo di: "*Light Amplification by*

Stimulated Emission of Radiation” (Amplificazione della luce da emissione stimolata di radiazione).

Dal punto di vista applicativo il laser consiste in un'apparecchiatura che trasforma l'energia da una forma primaria (elettrica, ottica, chimica, termica o nucleare) in un fascio monocromatico e coerente di radiazioni elettromagnetiche ad intensità elevata: la luce laser.

Il raggio laser consiste in un'onda elettromagnetica, che presenta le seguenti caratteristiche:

- Monocromaticità, poiché composta da una sola frequenza;
- Coerenza spaziale o unidirezionalità;
- Coerenza temporale, perché gli impulsi sono costituiti da onde della stessa frequenza e della stessa fase, generando un fascio di elevate intensità e potenza.²⁶

In natura una radiazione luminosa può avere lunghezze d'onda differenti: nel caso del laser la radiazione può essere ultravioletta (con lunghezza d'onda compresa tra i 200 e i 400 nm), visibile (tra i 400 e i 700 nm) o infrarossa (tra i 700 e i 1000 nm).

Ai fini applicativi è importante conoscere il comportamento del laser a contatto con i materiali: quando una radiazione colpisce un corpo essa infatti viene in parte assorbita, in parte riflessa e in parte trasmessa, in funzione della lunghezza d'onda della radiazione incidente.

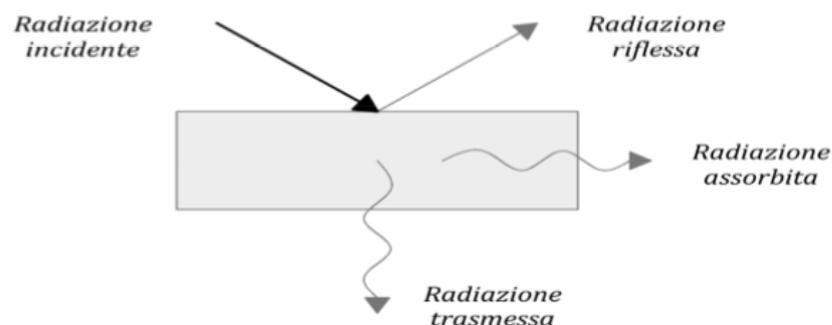


Figura 17. Ripartizione dell'energia incidente su una superficie. Fonte: L. Bornaz, *Principi di funzionamento e tecniche di acquisizione*, pag.4

²⁶ L. Bornaz, *Principi di funzionamento e tecniche di acquisizione*, atti del Convegno nazionale ASITA, 2003

Si possono definire i seguenti coefficienti adimensionali (compresi tra 0 e 1) per classificare questa interazione tra energia e materia:

- a) Assorbimento (α): rapporto tra energia assorbita ed energia incidente;
- b) Riflessione (ρ): rapporto tra energia riflessa ed energia incidente;
- c) Trasmissione (τ): rapporto tra energia trasmessa ed energia incidente.

Lo stesso materiale presenta un comportamento differente a seconda della diversità fra le varie lunghezze d'onda. In fatti i coefficienti α , ρ , τ sono in funzione della lunghezza d'onda, ovvero:

$$\alpha=\alpha(\lambda)$$

$$\rho=\rho(\lambda)$$

$$\tau=\tau(\lambda)$$

Inoltre per il principio di conservazione dell'energia si ha che:

$$\alpha(\lambda)+\rho(\lambda)+\tau(\lambda)=1$$

Questa dipendenza è, invece, in funzione delle caratteristiche chimico-fisiche dell'oggetto.

Prendendo in considerazione solo la parte di energia riflessa dalla superficie (ρ), la differenza tra riflessione diffusa e speculare trova la sua ragione nel concetto di ruvidità di superfici. Infatti come noto, se un fascio luminoso incide su una superficie liscia di acciaio il raggio riflesso sarà ben definito, mentre se tale fascio incide su un foglio di carta la luce verrà riflessa più o meno in tutte le direzioni (riflessione diffusa).

Il comportamento della componente riflessa è governato dal cosiddetto criterio di Rayleigh, che considera rugosa una superficie se:

$$\Delta h \geq \frac{\lambda}{8 \cdot \cos\theta}$$

Dove:

Δh è la dimensione verticale media delle asperità superficiali della superficie [m];

λ è la lunghezza d'onda della radiazione incidente [m];

θ è l'angolo di incidenza dell'onda elettromagnetica rispetto alla verticale [rad].

Normalmente le superfici reali non si comportano né da superfici perfettamente speculari (che riflettono in modo speculare) né da superfici perfettamente lambertiane (in cui la direzione di riflessione è indipendente da quella di incidenza), ma si comportano in modo intermedio. Infine esiste una particolare superficie detta retro-riflettente, per cui il raggio riflesso si propaga esattamente lungo la stessa direzione del raggio incidente.

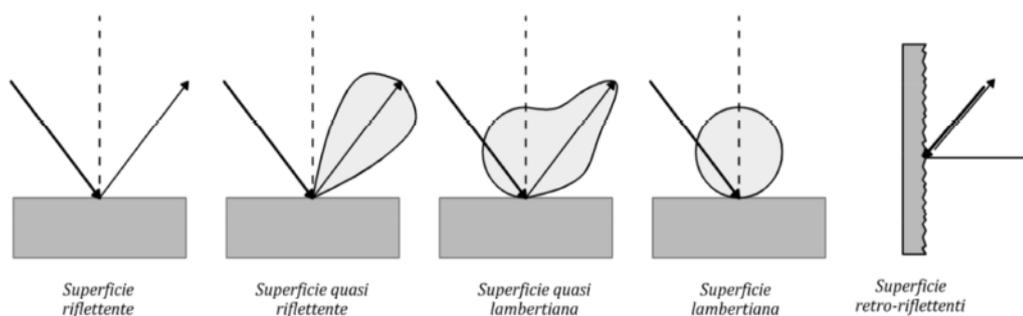


Figura 18. Comportamento alla riflessione delle superfici in funzione della loro rugosità. Fonte: Bornaz, 2003, pag.5

3.1.3 Il laser scanning

Il principio su cui si basa il laser scanner consiste nella proiezione di un raggio laser su un oggetto e sull'analisi del segnale di ritorno, una volta riflesso, per il calcolo della distanza.

I differenti principi operativi dei vari laser scanner si basano sulla fase che analizza il segnale di ritorno. In alcuni modelli la distanza tra oggetto e trasmettitore è calcolata basandosi sul "tempo di volo" (TOF= Time Of Flight) cioè il tempo che impiega il segnale emesso a tornare allo strumento, in altri è calcolata per comparazione della fase del segnale emesso rispetto a quello ricevuto (entrambi sono denominati *ranging scanner*, scanner a misura diretta della distanza). In altre tipologie di scanner, invece, le distanze si basano sul principio della triangolazione del segnale (*triangulation scanner*). Nei *ranging scanners* la posizione dell'emettitore del laser e del ricevitore coincide,

mentre nei *triangulation scanners* questi sono separati da una distanza nota a priori (*base line*), sulla quale si basa il principio di triangolazione.²⁷

Nei laser scanner a tempo di volo (*TOF*) l'intervallo di tempo tra il segnale emesso e l'eco del segnale ricevuto è quantificato da un orologio stabilizzato al quarzo. Il risultato, dopo essere stato trasmesso ad un elaboratore interno, viene da quest'ultimo trasformato in una misura di distanza. La trasformazione del dato in distanza avviene secondo la seguente relazione:

$$2D = v \cdot \Delta t$$

Dove:

D è la distanza oggetto-laser scanner;

v è la velocità della luce nel mezzo considerato (nel vuoto, $v = c = 2,9979 \cdot 10^8 \frac{m}{s}$, nell'aria $v = \frac{c}{n}$ con n=indice di rifrazione dell'aria);

Δt è il tempo di volo.

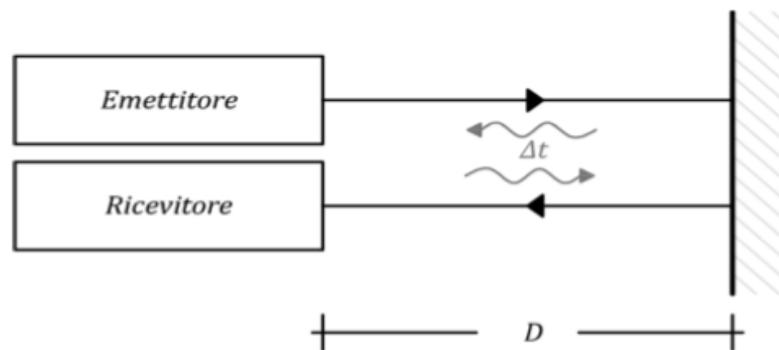


Figura 19. Schematizzazione del principio di funzionamento del laser scanner TOF. Fonte: Bornaz, 2003, pag. 5

Nei laser scanner a comparazione di fase, invece, viene utilizzata la radiazione elettromagnetica appartenente al campo dell'infrarosso vicino ($\lambda=0,7\div0,9 \mu m$) modulata in ampiezza con legge sinusoidale.

Partendo dall'equazione dell'ampiezza dell'onda emessa si ottiene la misura della distanza come una frazione della metà della lunghezza d'onda impiegata. Questi laser scanner si caratterizzano per

²⁷ M. Sgrenzaroli, G.P.M. Vassena, *Tecniche di rilevamento tridimensionale tramite laser scanner, Volume 1 – Introduzione generale*, Starrylink Editrice, Brescia, 2007

l'abilità di rilevare dati molto distanti per una velocità di acquisizione molto rapida e per un'elevata intensità di dato acquisito.

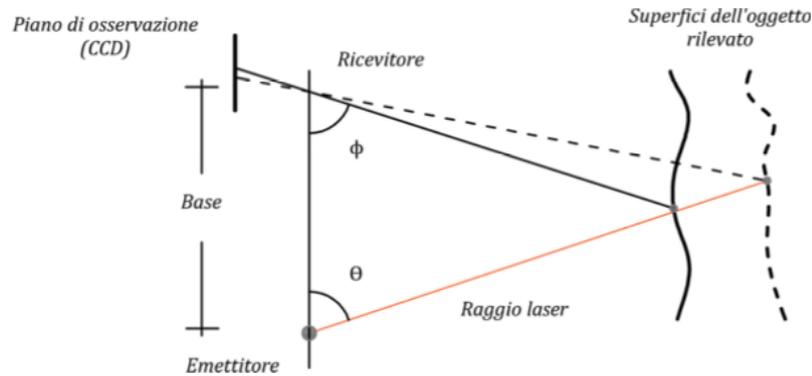


Figura 20. Schematizzazione del principio di funzionamento del laser scanner a comparazione di fase. Fonte: Bornaz, 2003, pag.5

L'individuazione spaziale dei punti è rilevata dallo strumento grazie ad un sistema di riferimento sferico con origine posta in corrispondenza posta in un punto interno allo strumento. I valori rilevati per ogni punto acquisito corrispondono alla distanza tra il centro di presa dello strumento e l'oggetto colpito dal raggio laser (D), all'angolo zenitale θ del raggio emesso rispetto all'asse verticale dello strumento e all'angolo azimutale θ del raggio emesso rispetto ad un asse orizzontale preso come riferimento.

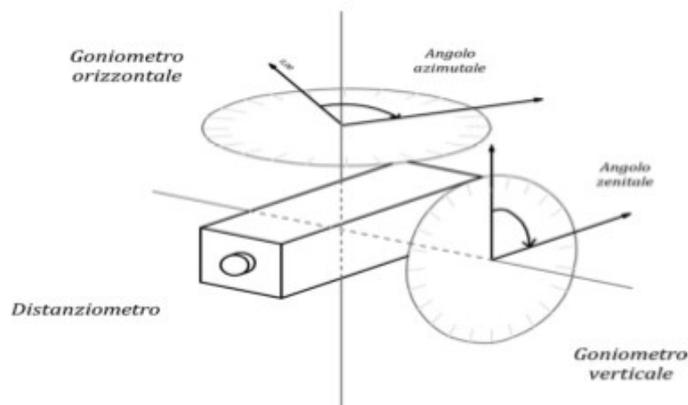


Figura 21. Schematizzazione della composizione del laser scanner. Fonte: Bornaz, 2003, pag.5

Questi sistemi possono essere paragonati alle stazioni totali topografiche

(*total stations*). La misura della posizione tridimensionale del punto avviene infatti in coordinate sferiche.

Contrariamente a quanto avviene per il rilievo topografico classico, in cui i punti di un oggetto vengono rilevati singolarmente, con i *ranging scanners* è possibile definire solo l'area che si vuole acquisire e la densità di punti desiderata. Definiti questi parametri, l'acquisizione dei dati avviene automaticamente. Il risultato del rilevamento corrisponde a una nuvola di punti molto densa, ma con gli stessi distribuiti in modo casuale sull'oggetto. Nella fase di post-elaborazione si otterrà un *range scan* tridimensionale (o *point of clouds*, nuvola di punti) in cui ad ogni punto misurato sono associate le proprie coordinate (x, y, z) in un sistema di riferimento cartesiano con centro solidale alla testa dello strumento durante la scansione e un'immagine bidimensionale di riflettanza.



Figura 222. Point of Cloud di un interno. Fonte: scansione importata dal programma Scene 5.5



Figura 233. Immagine bidimensionale di preview. Fonte: scansione importata dal programma Scene 5.5

3.2 Strumentazione utilizzata nella campagna di rilevamento

Per il rilievo svolto ai fini di questo elaborato di tesi sono stati adoperati i seguenti modelli di laser scanners (*ranging scanners*):

- 1 Leica ScanStation C10;
- 2 Faro Focus3D X130.

3.2.1 Leica ScanStation C10



SPECIFICHE DEL PRODOTTO	
Lunghezza d'onda	532 nm
Campo visivo	
Orizzontale:	max 360°
Verticale:	max 270°
Precisione	
Posizione:	6 mm
Distanza:	4 mm
Angolo:	60 µrad/60 µrad (12"/12")
Precisione della superficie modellata	2 mm
Portata	300 m con albedo del 90%; 134 m con albedo del 18% (portata minima 0,1 m)
Velocità di scansione	Max istantanea: fino a 50000 punti/s
Dimensioni (peso)	238x358x395 mm - 13kg

3.2.2 Faro Focus3D X 130



SPECIFICHE DEL PRODOTTO	
Lunghezza d'onda	1550 nm
Campo visivo Orizzontale: Verticale:	max 360° max 300°
Precisione Portata focus:	0,6/130m (albedo al 90%)
Precisione della superficie modellata	2 mm
Portata	0,6m-130m in ambienti chiusi o aperti con albedo del 90%
Velocità di scansione	Max istantanea: fino a 976000 punti/s
Dimensioni (peso)	240x200x100 mm - 5,2 kg

3.2.3 Strumentazioni a confronto

Entrambi i dispositivi risultano di facile utilizzo grazie alla gestione delle acquisizioni tramite schermo *touch* e un'interfaccia grafica intuitiva e di elevata semplicità. È possibile, inoltre, scegliere con facilità le impostazioni più idonee alle diverse modalità di rilevamento. Per quanto concerne l'ingombro e il peso dei due dispositivi, si sottolinea, in primo luogo che il Leica ScanStation C5/10 presenta un peso nominale totale di circa 15 kg, mentre Faro Focus3D X130, di tecnologia più recente rispetto al Leica ScanStation C5/10, è caratterizzato da un valore in peso di circa 5 kg. Inoltre il primo laser scanner necessita di una messa in bolla manuale da effettuare prima di ogni scansione, che la seconda tecnologia non richiede in quanto questo procedimento avviene in automatico.

Faro Focus3D X130, inoltre, grazie alle sue dimensioni compatte, risulta particolarmente maneggevole durante le fasi preparatorie di ciascuna scansione. Per questi motivi quest'ultimo ha consentito di svolgere le operazioni in modo più semplice, sicuro e veloce.

3.3 Campagna di rilevamento

Una ponderata progettazione della campagna di misura, al fine di ottenere un prodotto finale con caratteristiche rispondenti alle esigenze del rilievo stesso, non è esclusa dai vantaggi che si ottengono nell'ambito del rilievo attraverso l'utilizzo della strumentazione di laser scanner terrestre. Esistono, infatti, diversi aspetti, che escludono l'intervento diretto del tecnico nella fase di acquisizione dati. La fase di acquisizione, ad esempio, è gestita in maniera totalmente autonoma dallo strumento stesso, per cui l'operatore non necessita di conoscere la sequenza di punti che vengono rilevati. Inoltre lo strumento non permette l'acquisizione di punti discreti scelti all'operatore, in quanto il laser scanner registra automaticamente tutti i punti appartenenti al proprio campo visivo.

Tali aspetti coincidono con alcune delle motivazioni che richiedono una progettazione di rilievo molto accurata, in modo tale da consentire allo

strumento di descrivere al meglio gli oggetti reali da acquisire e di facilitare e monitorare le operazioni di registrazione delle scansioni.

Poiché il laser scanner è una strumentazione di tipo ottico, che quindi acquisisce solamente tutto ciò che da esso è visibile, si possono presentare nelle nuvole di punti acquisite in fase di restituzione delle zone d'ombra (caratterizzate dall'assenza di dato). Ciò è dovuto o alla presenza di eventuali ostacoli posti lungo la direzione del raggio laser o alla complessità geometrica dell'oggetto. Dipende infatti dalla complessità geometrica della scena da rilevare e dalla profondità degli oggetti appartenenti alla scena stessa il numero delle scansioni necessarie al fine di ottenere un rilievo esaustivo e completo dell'area di interesse.

La fase di rilievo pertanto dev'essere preventivamente studiata e pianificata tenendo conto dei seguenti aspetti:

- Riduzione delle zone d'ombra e delle occlusioni, cioè oggetti che interferiscono con la propagazione del raggio laser;
- Angolo di visione (*Field of view*);
- Sovrapposizione tra le scansioni;
- Risoluzione spaziale omogenea delle scansioni;
- Visibilità dei target;
- Risoluzione delle immagini.²⁸

La campagna di rilievo oggetto di tesi è stata condotta nelle giornate del 12/04/2019 e del 13/04/2019 con il coordinamento di n. 2 tesiste e n. 1 tutor a rotazione. Le riprese sono state effettuate dalle ore 9 alle ore 19 di entrambi i giorni. Il giorno 12/04, dopo un primo colloquio con gli architetti, gli ingegneri e le figure di rappresentanza comunale che partecipano al progetto "*Le radici di una identità - Temi, strumenti e itinerari per la (ri)scoperta del mandamento di Sondrio tra preistoria e medioevo*", è stato possibile svolgere il primo sopralluogo. Questo ci ha permesso di valutare lo stato

²⁸ M. Sgrenzaroli, G.P.M. Vassena, *Tecniche di rilevamento tridimensionale tramite laser scanner, Volume 1 – Introduzione generale*, Starrylink Editrice, Brescia, 2007

di fatto e la complessità dello stabile in questione e di stabilire dei possibili punti di presa delle scansioni.

3.3.1 Elaborazione eidotipo

In prima battuta è risultato necessario realizzare un eidotipo ovvero un elaborato grafico con cui si selezionano le qualità formali riconosciute tipiche dell'oggetto da rilevare, che rappresenta una sintesi grafica della realtà osservata. In questa campagna di rilevamento, data la complessità e le dimensioni dell'edificio in esame, si è scelto di suddividere lo spazio per piani e per vani scala. Sono, quindi, stati redatti progressivamente i vari eidotipi, sui quali si sono annotati i dettagli architettonici, le misure e le osservazioni utili alla comprensione delle dimensioni e delle caratteristiche principali dello spazio da rilevare.

PIANO TERRA

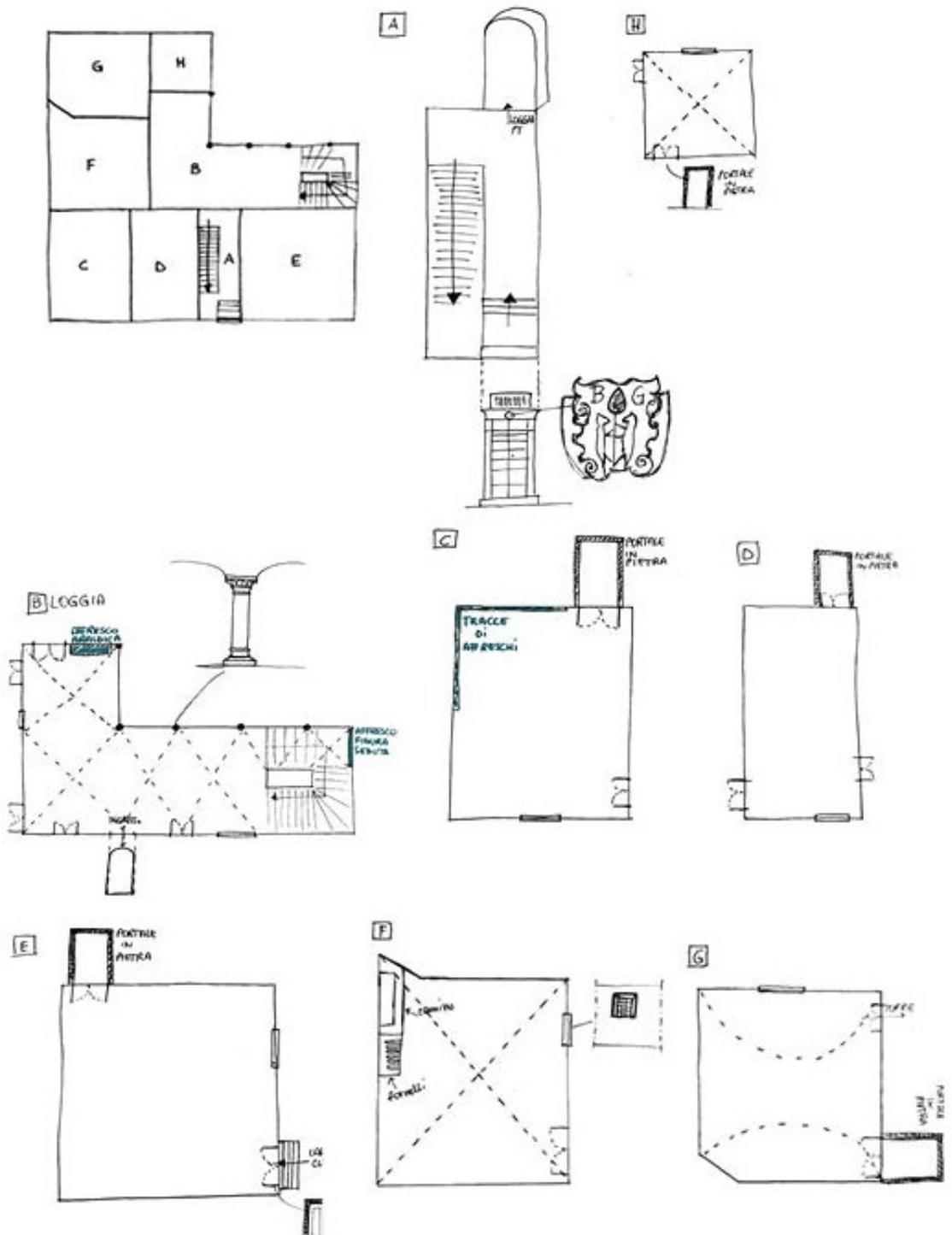


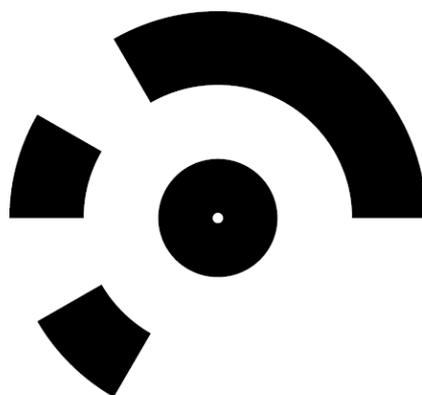
Figura 24. Eidotipo del piano terra realizzato in fase di rilievo

3.3.2 Posizionamento dei target

La disposizione dei target sulla scena è stata studiata in modo tale che fossero visibili almeno tre target comuni tra ogni scansione. Qualora ciò non fosse stato possibile, le registrazioni sono state effettuate in modo tale da garantire una sovrapposizione che comprendesse un numero sufficiente di punti naturali ben riconoscibili e comuni al fine di assicurare un allineamento più agile e preciso. Durante la prima giornata di rilevamento è stato possibile utilizzare i target (per gli spazi della corte, del pianoterra e parte delle cantine), mentre durante la seconda giornata non vi è stato tempo sufficiente al loro utilizzo (per i livelli successivi, il cortile, il lato strada del palazzo e la parte rimanente delle cantine). Le singole nuvole ottenute nella seconda giornata sono risultate, comunque, immediatamente leggibili e interpretabili per gli spazi interni, poiché l'insieme di punti distribuiti nello spazio descrivevano bene l'ambiente e lo scenario catturati in fase di registrazione. Più complessa è risultata, invece, l'individuazione di punti comuni nel cortile, nel lato strada, nel solaio e in una parte delle cantine, per i quali ci si è affidati a dettagli architettonici appartenenti allo spazio dalla conformità irregolare. Nella campagna di rilevamento in oggetto sono stati utilizzati dei target circolari a 12 bit, *Rad Coded Target*, forniti dal software *Agisoft Photoscan*: abbiamo utilizzato gli stessi in modo tale da poterli sfruttare sia per il rilievo con laser scanner, che per la campagna fotografica del rilievo fotogrammetrico che era stato previsto.



Figura 25. Posizionamento dei target. Foto scattate durante il rilievo



26

Figura 26. Rad Coded Target 12 bit. Fonte: Agisoft PhotoScan

3.3.3 Il rilievo con il laser scanner

Durante la prima giornata sono state effettuate 23 scansioni sfruttando il laser Leica ScanStation C10, mentre nella seconda giornata sono state eseguite 6 scansioni con lo stesso dispositivo e 69 scansioni con il laser scanner Faro Focus3D X130, per un totale di 98 scansioni.

Prima di procedere alla vera e propria campagna di registrazione sono stati individuati e annotati sull'eidotipo corrispondente le diverse posizioni da cui effettuare le scansioni. Come già precisato precedentemente il numero e la disposizione delle stazioni sono stati stabiliti tenendo conto delle distanze dagli oggetti e delle risoluzioni desiderate, con particolare attenzione a garantire la presenza di zone di sovrapposizione tra scansioni contigue, così da permettere le successive fasi di elaborazione dati.

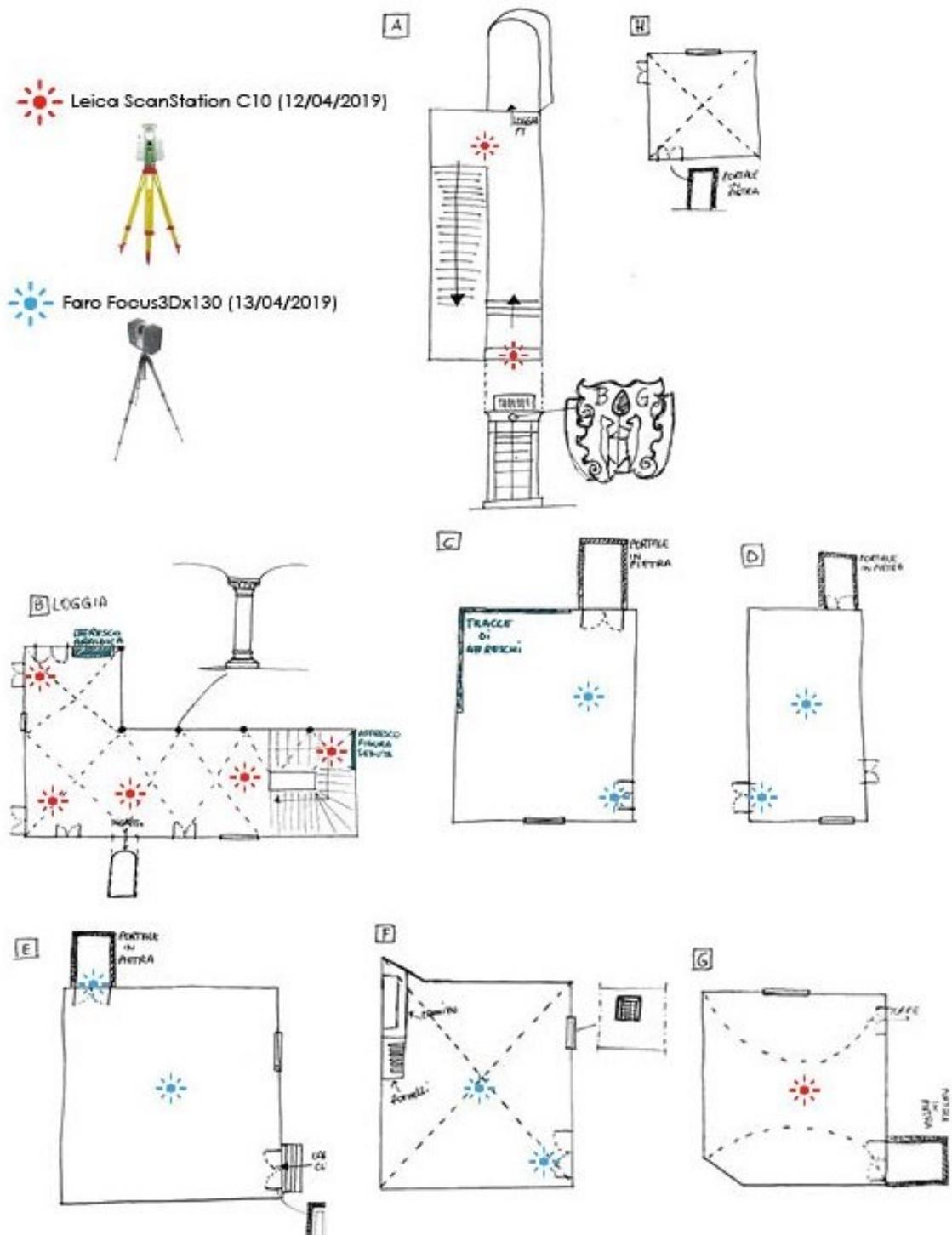


Figura 27. Individuazione e annotazione sull'eidotipo del posizionamento delle varie scansioni da realizzare



Figura 28. Laser Scanner Leica ScanStation C10 in funzione

<https://youtu.be/VNzJ7eOj6oM>

Link video laser scanner in funzione

Per quanto riguarda le registrazioni effettuate con il laser scanner Leica ScanStation C10 il procedimento per ogni scansione ha richiesto mediamente un tempo di circa 15-20 min, impiegato in parte per effettuare le operazioni di messa in stazione dello strumento e in parte per effettuare la scansione vera e propria. In particolare questa fase comprende le seguenti operazioni:

1. Messa in stazione del treppiede di sostegno tramite bolla sferica;
2. Posizionamento del laser scanner sull'apposito treppiede di sostegno e successivo controllo della messa in bolla attraverso la bolla elettronica, compiendo micro aggiustamenti per arrivare a precisioni submillimetriche;
3. Impostazione, tramite *display touch screen* integrato sullo strumento laser, dei vari parametri di scansione (numero della scansione, risoluzione, etc.) e avvio della scansione;
4. Controllo della scansione ottenuta ed eventuale raffittimento di porzioni in cui sono presenti particolari costruttivi o architettonici significativi per il rilievo stesso.



Figura 29. Messa in bolla dello strumento

Ogni scansione è caratterizzata da una risoluzione variabile in funzione della distanza laser-oggetto: essa è maggiore in prossimità dello strumento e minore man mano che ci si allontana da esso. Per tale motivo nella fase 3 è stato necessario impostare un passo di scansioni differente per ogni spazio rilevato:

- Media risoluzione: 1 cm a 12 m, durata circa 7 min;
- Bassa risoluzione: 2 cm a 10 m, durata circa 3 min.

La scelta di questi due valori di risoluzione è stata fatta tenendo conto dell'architettura dell'edificio oggetto di rilievo, nonché della sua forma e delle sue dimensioni.

Per quanto riguarda, invece, le registrazioni effettuate con il laser scanner Faro Focus3D X130 il procedimento per effettuare ogni scansione ha richiesto tempi decisamente inferiori, circa 5-10, in quanto non è necessario effettuare le prime due operazioni di messa in stazione, che il dispositivo effettua autonomamente. Esso presenta, inoltre, valori di risoluzione differenti:²⁹

- Alta risoluzione: 6 mm a 10 m, durata 8-11 min;
- Media risoluzione: 7 mm a 10 m, durata 3 min.

²⁹ Sito Faro3DFocus, <https://www.faro.com/>

Nelle seguenti tabelle sono riportate le diverse scansioni effettuate nelle due giornate e classificate in base al tipo di laser scanner e alla risoluzione utilizzati:

PIANO TERRA	GIORNO	SCANSIONI	TIPO DI LASER SCANNER	RISOLUZ.	SCAN. CON RAFFITT.
	12/04/19	01,03,04,05,06	Leica ScanStation C10	Media	01, 03, 05, 06
		02	Leica ScanStation C10	Bassa	02
	13/04/19	R05-2, R050, R051, R052, R053, R054, R055	Faro Focus3D x 130	Alta	
		R06, R055, R056, R057	Faro Focus3D x 130	Media	

CANTINE	GIORNO	SCANSIONI	TIPO DI LASER SCANNER	RISOLUZ.	SCAN. CON RAFFITT.
	12/04/19	09,10,11,12,15, 16,18,20,22,23	Leica ScanStation C10	Media	09, 10
		17, 21	Leica ScanStation C10	Bassa	17, 21
	13/04/19	R001, R002	Faro Focus3D x 130	Alta	
		R003, R004, R005	Faro Focus3D x 130	Media	

PIANO PRIMO	GIORNO	SCANSIONI	TIPO DI LASER SCANNER	RISOLUZ.	SCAN. CON RAFFITT.
	13/04/19	R061, R062, R063, R064, R065, R066, R067, R068, R069, R070, R071, R072, R073, R074	Faro Focus3D x 130	Alta	

PIANO	GIORNO	SCANSIONI	TIPO DI LASER SCANNER	RISOLUZ.	SCAN. CON RAFFITT.

	13/04/19	R078, R079, R080, R081, R082, R083, R084, R085, R086	Faro Focus3D x 130	Alta	
SOLAIO	GIORNO	SCANSIONI	TIPO DI LASER SCANNER	RISOLUZ.	SCAN. CON RAFFITT.
	13/04/19	R089, R090, R091, R092, R093, R094, R095, R096, R097	Faro Focus3D x 130	Media	

SCALA CENTRALE	GIORNO	SCANSIONI	TIPO DI LASER SCANNER	RISOLUZ.	SCAN. CON RAFFITT.
	13/04/19	R098, R099, R100, R101, R102, R103, R104	Faro Focus3D x 130	Media	

SCALA ESTERNA	GIORNO	SCANSIONI	TIPO DI LASER SCANNER	RISOLUZ.	SCAN. CON RAFFITT.
	12/04/19	07,08	Leica ScanStation C....	Bassa	08
	13/04/19	R058, R059, R060, R076, R077, R087, R088	Faro Focus3D x 130	Media	

CORTILE	GIORNO	SCANSIONI	TIPO DI LASER SCANNER	RISOLUZ.	SCAN. CON RAFFITT.
	12/04/19	13,14	Leica ScanStation C....	Bassa	14
	13/04/19	R109, R110, R111, R112, R113, R114, R115, R116	Faro Focus3D x 130	Media	

LATO STRADA	GIORNO	SCANSIONI	TIPO DI LASER SCANNER	RISOLUZ.	SCAN. CON RAFFITT.
	13/04/19	R105, R106, R107, R108	Faro Focus3D x 130	Alta	

Il risultato così ottenuto è una serie di scansioni di nuvole di punti (*point cloud*) dotate ciascuna di un proprio sistema di riferimento. Generalmente per acquisire i dati di un oggetto complesso sono necessarie più scansioni da posizioni differenti, che devono successivamente essere ricomposte in un unico modello mediante le operazioni di registrazione.

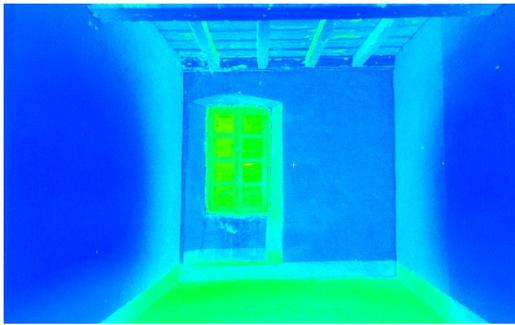


Figura 30. A sinistra scansione con FaroFocus 3D di un ambiente al secondo piano. A destra scansione con Leica ScanStation della parete esterna su via Opifici

3.4 Elaborazione dei dati

Una volta terminata la campagna di rilevamento dati, le differenti scansioni sono state trasferite dalla memoria dello scanner ad un computer portatile, così da poter essere processate e registrate tra loro (allineamento o messa a registro).

Per il procedimento di elaborazione di tutte le scansioni è stato utilizzato il software *Leica Geosystem HDS Cyclone6.0*. Questo programma consente di registrare ed operare con nuvole di punti acquisite da alcuni tra i laser scanner più utilizzati, tra cui il Leica ScanStation C10. Le scansioni acquisite, invece, dal laser scanner Faro Focus3D X130 sono state invece importate nel software *FARO SCENE 6.4.2.30* ed esportate in formato .ptx per essere elaborate successivamente tramite il software *Cyclone6.0*.

3.4.1 Operazioni preliminari

1. Al fine di elaborare i dati in maniera più efficace e ordinata, è stato necessario suddividere lo spazio rilevato in diversi sottospazi:

- CANT (Cantine);
- PT (Piano terra);
- P1 (Primo piano);
- P2 (Secondo piano);
- SOLAIO;
- LATO STRADA;
- SCALA LATERALE;
- SCALA CENTRALE.

Sulla base di questa organizzazione sono state create le relative cartelle di lavoro, contenenti le scansioni appartenenti alle varie aree.

2. È stato creato il database di lavoro con il nome della campagna di rilevamento "CHIURO_gatti" ed è stato nominato con lo stesso nome il file .imp;

3. A questo punto all'interno del database sono state create una serie di cartelle (project) corrispondenti ai vari sottospazi sopra elencati. In queste cartelle sono stati importati i file .ptx corrispondenti alle scansioni appartenenti ad ogni sottospazio, mantenendole separate (Separate Original Clouds);

Quanto ottenuto da queste operazioni preliminari consiste in spazi di lavoro (ScanWorld) che al loro interno contengono i seguenti elementi:

- *Control space*: nuvola di punti che contiene tutti i dati della scansione e i targets. È un riferimento per Cyclone durante il processo di registrazione;
- *ModelSpace*: nuvola di punti che contiene tutti i dati della scansione e i targets. È usata per le operazioni sulle nuvole (visualizzazione, modellazione, selezione, cancellazione, ecc);

- *Scans*: tutti i dati delle nuvole di punti acquisiti durante la scansione;³⁰
 - *Images*: fotografie acquisite durante la scansione, se disponibili.
4. Per ogni ModelSpace va infine creata la vista corrispondente (Create and Open ModelSpace View).

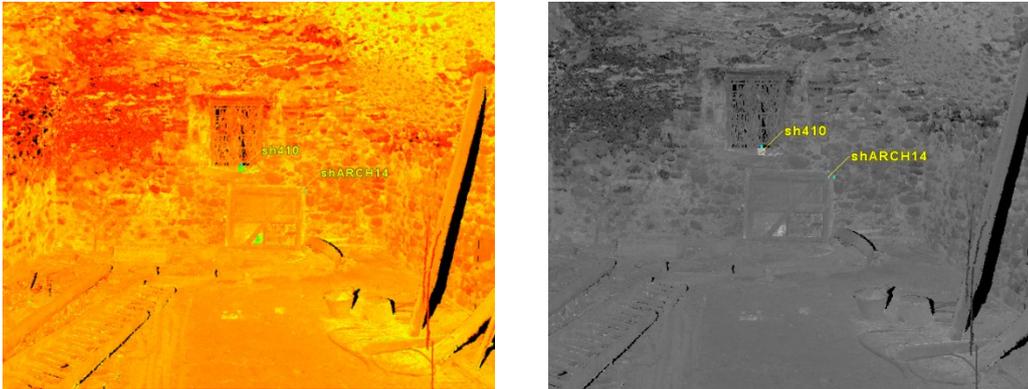


Figura 311. Due diversi metodi di visualizzazione della stessa scansione: a sinistra Hue Intensity Map, a destra Grayscale Intensity Map

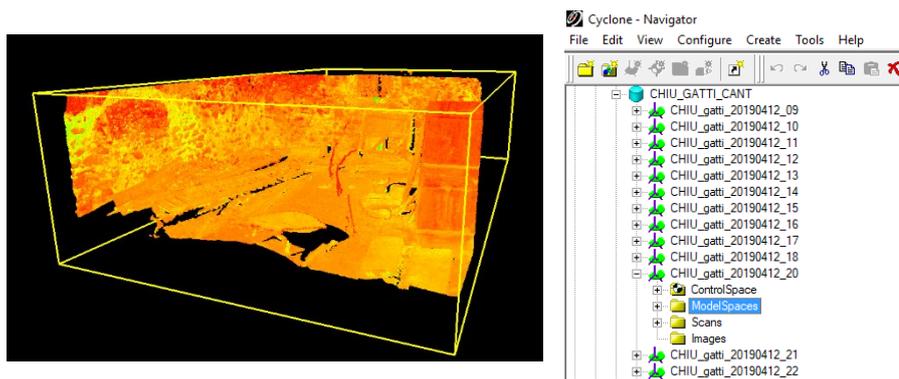


Figura 32. A sinistra Limit Box in uso. A destra interfaccia di Cyclone

3.4.2 Registrazione

La registrazione è un procedimento per unire nuvole di punti singole in un comune sistema di coordinate. Il procedimento si basa su un sistema di vincoli: in questo caso i vincoli corrispondono a coppie di punti omologhi. Cyclone calcola il migliore allineamento per ogni ScanWorld: il risultato

³⁰ *Interfaccia e uso di software per il processing di nuvole di punti*, Accademia Adrianea di Architettura e Archeologia ONLUS, Alma Mater Studiorum Università di Bologna

dipende dalla precisione e definizione con cui l'utente imposta questi punti omologhi, che devono essere posizionati:

- Nel centro dei target, se presenti durante l'operazione di rilevamento;
- Su punti specifici dell'architettura, ben definiti e ben riconoscibili nelle diverse nuvole.

Il nome dato ad un punto (*label*) deve essere identico al punto corrispondente individuato in un altro ScanWorld. Il numero minimo di punti comuni sufficienti per unire due nuvole è pari a tre, ma per migliorare la precisione e diminuire l'errore sono consigliati almeno cinque punti. Inoltre è altamente consigliato disporre i punti omologhi ben distribuiti nello ScanWorld, non tutti sullo stesso piano o molto ravvicinati tra loro. Dopo aver posizionato tutti i punti omologhi ritenuti necessari nei due ScanWorld, il procedimento di registrazione può iniziare.

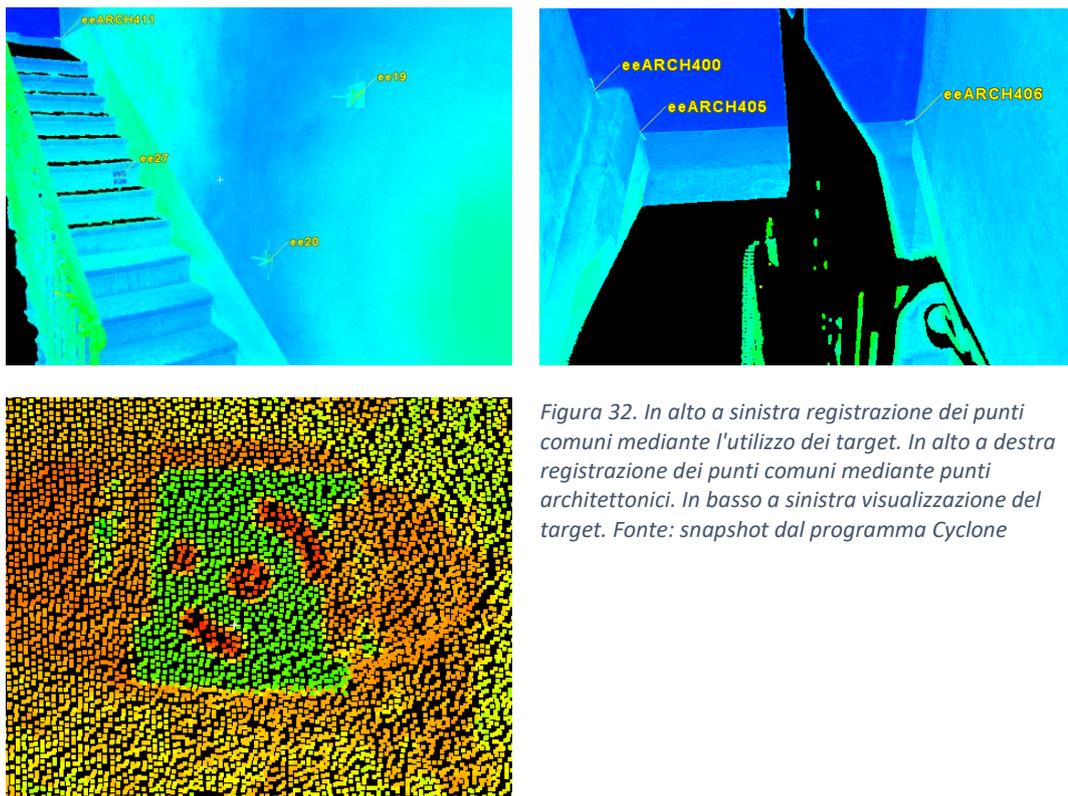


Figura 32. In alto a sinistra registrazione dei punti comuni mediante l'utilizzo dei target. In alto a destra registrazione dei punti comuni mediante punti architettonici. In basso a sinistra visualizzazione del target. Fonte: snapshot dal programma Cyclone

La registrazione è un procedimento che avviene in maniera progressiva, partendo dall'unione di due scansioni e aggiungendovi ad una ad una le successive. È necessario tenere sempre come Home l'unione degli

ScanWorld, che rappresenta il sistema mantenuto fisso attorno al quale l'altro sistema vi si dispone rototraslando.

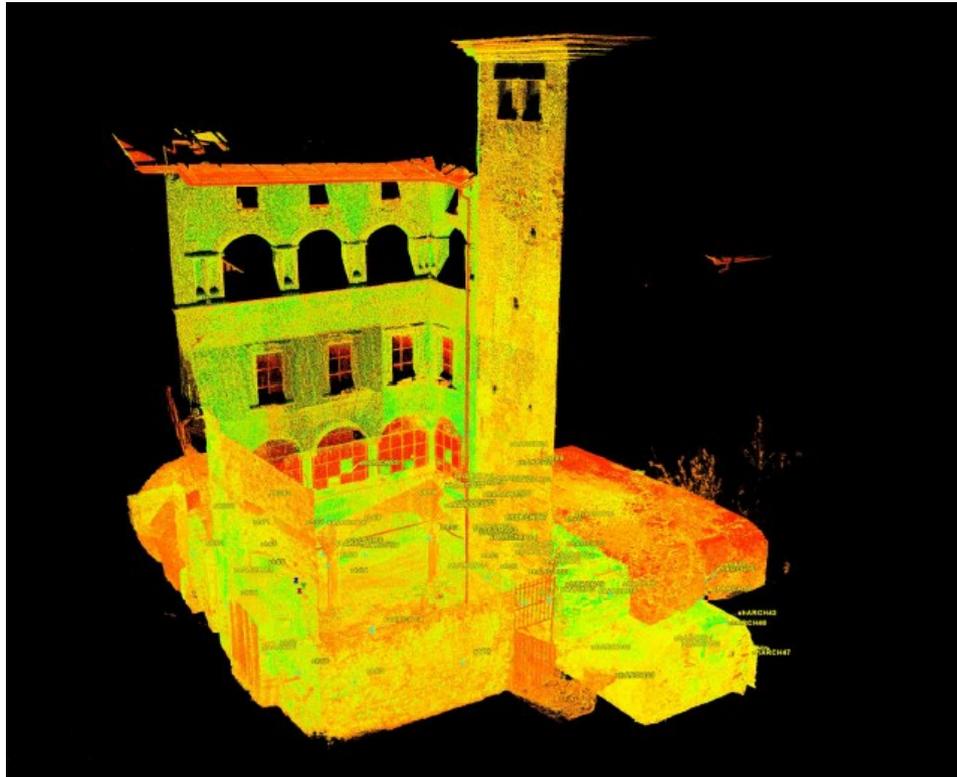


Figura 33. Unione delle scansioni effettuate con il laser scanner Leica ScanStation C10 del piano cantine

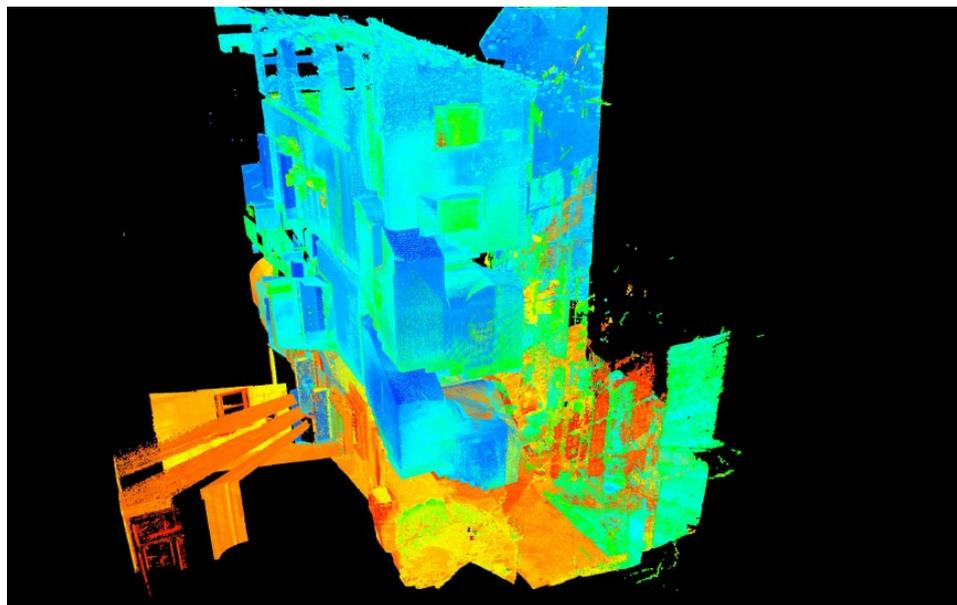


Figura 34. Unione scansione vano scala laterale

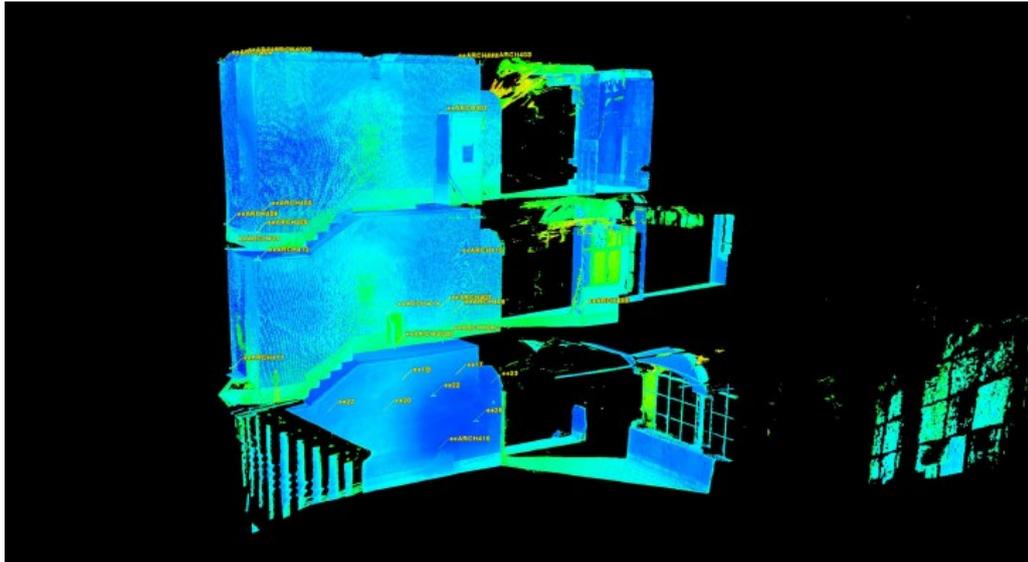


Figura 35. Unione scansioni vano scale centrale

Un esempio di ciò può essere rappresentato dall'unione del vano scala con i vari piani che ad esso si collegano:

- Vano scala + Piano terra;
- (Vano scala+ Piano terra) + Piano primo;
- (Vano scala + Piano terra + Piano primo) + Piano secondo... e così via.

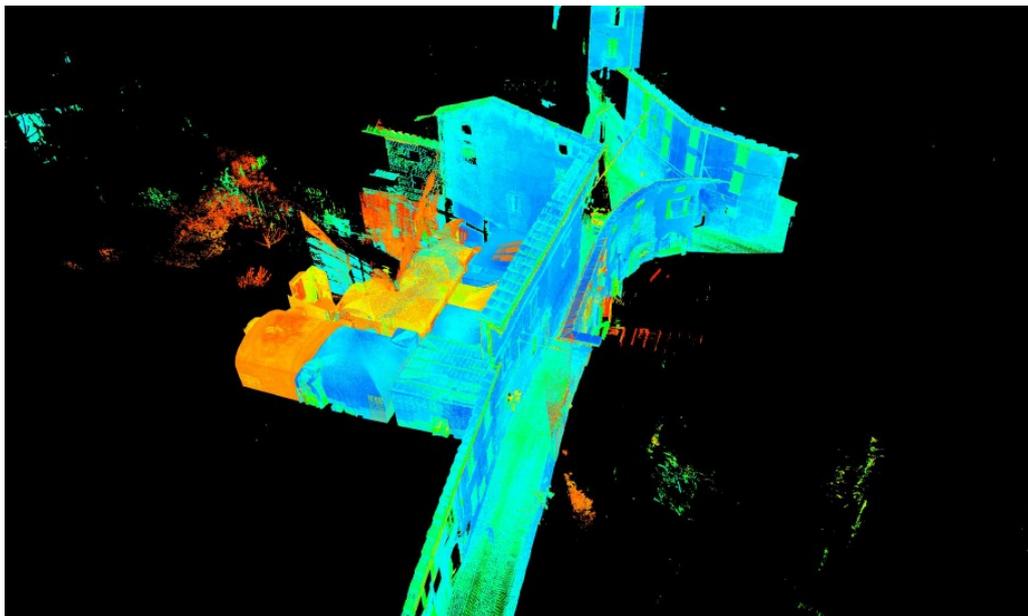


Figura 36. Unione scansioni lato strada e piano terra

Per allineare tra loro due nuvole di punti il programma riconosce i punti omologhi registrati (*constraints*) comuni alle due scansioni. Per ognuno di questi è possibile visualizzarne l'errore (*Error*), corrispondente allo sfasamento (espresso in metri).

Una volta appurato che gli errori dei target hanno un valore accettabile (in questo caso si è tenuto un errore massimo pari a 5mm per i target e massimo 8 mm per i punti architettonici) si può procedere all'elaborazione della Cloud/Mesh, la quale a sua volta presenta un errore. Per ridurre questo errore si possono ponderare i pesi degli errori dei target, diminuendo il peso (*Weight*) di questi ultimi, da un valore pari a 1.00 a un valore di 0.001. In questo modo la nuvola è più libera di rototraslare sull'altra (Home).

È così possibile generare un nuovo ScanWorld corrispondente all'unione delle due nuvole.

Nelle tabelle che seguono si è annotato, per i vari sottogruppi di lavorazione, come sono state unite progressivamente le scansioni e il numero di target in comune.

GRUPPO	UNIONE SCANSIONI	N° TARGET IN COMUNE
CANTINE E CORTE	20190412_09+10	6
	20190412_09+10+11	6
	20190412_09+10+11+12	8
	20190412_09+10+11+12+13	6
	20190412_09+10+11+12+13+14	4
	20190412_09+10+11+12+13+14+15	5
	20190412_09+10+11+12+13+14+15+16	4
	20190412_09+10+11+12+13+14+15+16+17	4
	20190412_09+10+11+12+13+14+15+16+17+20	3
	20190412_09+10+11+12+13+14+15+16+17+20+1 8	4
	20190413_21+22	3
	20190413_21+22+23	4
	20190412_21+22+23+24+20190413_05	4
	20190412_21+22+23+24+20190413_05+04	3
	20190412_21+22+23+24+20190413_05+04+03	4
	20190412_21+22+23+24+20190413_05+04+03+0 2	4
	20190412_21+22+23+24+20190413_05+04+03+0 2+01	4
	20190412_09+10+11+12+13+14+15+16+17+20+1 8+ 21+22+23+24+20190413_05+04+03+02	4

GRUPPO	UNIONE SCANSIONI	N° TARGET IN COMUNE
PT – PIANO TERRA	20190412_09+10	6
	20190412_09+10+11	6
	20190412_09+10+11+12	8
	20190412_09+10+11+12+13	6
	20190412_09+10+11+12+13+14	4
	20190412_09+10+11+12+13+14+15	5
	20190412_09+10+11+12+13+14+15+16	4
	20190412_09+10+11+12+13+14+15+16+17	4
	20190412_09+10+11+12+13+14+15+16+17+20	3
	20190412_09+10+11+12+13+14+15+16+17+20+1 8	4
	20190413_21+22	3
	20190413_21+22+23	4
	20190412_21+22+23+24+20190413_05	4
	20190412_21+22+23+24+20190413_05+04	3
	20190412_21+22+23+24+20190413_05+04+03	4
	20190412_21+22+23+24+20190413_05+04+03+0 2	4
	20190412_21+22+23+24+20190413_05+04+03+0 2+01	4
	20190412_09+10+11+12+13+14+15+16+17+20+1 8+ 21+22+23+24+20190413_05+04+03+02	4

GRUPPO	UNIONE SCANSIONI	N° TARGET IN COMUNE
P1 – PIANO PRIMO	20190412_09+10	6
	20190412_09+10+11	6
	20190412_09+10+11+12	8
	20190412_09+10+11+12+13	6
	20190412_09+10+11+12+13+14	4
	20190412_09+10+11+12+13+14+15	5
	20190412_09+10+11+12+13+14+15+16	4
	20190412_09+10+11+12+13+14+15+16+17	4
	20190412_09+10+11+12+13+14+15+16+17+20	3
	20190412_09+10+11+12+13+14+15+16+17+20+1 8	4
	20190413_21+22	3
	20190413_21+22+23	4
	20190412_21+22+23+24+20190413_05	4
	20190412_21+22+23+24+20190413_05+04	3
	20190412_21+22+23+24+20190413_05+04+03	4
	20190412_21+22+23+24+20190413_05+04+03+0 2	4
	20190412_21+22+23+24+20190413_05+04+03+0 2+01	4
	20190412_09+10+11+12+13+14+15+16+17+20+1 8+ 21+22+23+24+20190413_05+04+03+02	4

GRUPPO	UNIONE SCANSIONI	N° TARGET IN COMUNE
P2 – PIANO SECONDO	20190413_R078+R079	6
	20190413_R078+R079+R080	5
	20190413_R078+R079+R080+R081	6
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082	6
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082+R083	5
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082+R083R 085	5
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082+R083R 085+R084	5
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082+R083R 085+R084+R085	5
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082+R083R 085+R084+R085+R086	6

GRUPPO	UNIONE SCANSIONI	N° TARGET IN COMUNE
SOLAIO	20190413_R078+R079	6
	20190413_R078+R079+R080	5
	20190413_R078+R079+R080+R081	6
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082	6
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082+R083	5
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082+R083R 085	5
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082+R083R 085+R084	5
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082+R083R 085+R084+R085	5

	20190413_R078+R079+R080+R081+R082+R083R 085+R084+R085+R086	6
--	---	---

GRUPPO	UNIONE SCANSIONI	N° TARGET IN COMUNE
LATO STRADA	20190413_R105+R106	7
	20190413_R105+R106+R107	5
	20190413_R105+R106+R107+R108	6

GRUPPO	UNIONE SCANSIONI	N° TARGET IN COMUNE
SCALA ESTERNA	20190412_08+07	6
	20190412_08+07+06	5
	20190412_08+07+06+20190413_R058	5
	20190412_08+07+06+20190413_R058+R059	5
	20190412_08+07+06+20190413_R058+R059+ R060	5
	20190412_08+07+06+20190413_R058+R059+ R060+R074	5
	20190412_08+07+06+20190413_R058+R059+ R060+R074+R076	5
	20190412_08+07+06+20190413_R058+R059+ R060+R074+R076+R077	4
	20190412_08+07+06+20190413_R058+R059+ R060+R074+R076+R077+R078	5
	20190412_08+07+06+20190413_R058+R059+ R060+R074+R076+R077+R078+R086	5
	20190412_08+07+06+20190413_R058+R059+ R060+R074+R076+R077+R078+R086+R087	5
	20190412_08+07+06+20190413_R058+R059+ R060+R074+R076+R077+R078+R086+R087+ R088	5

GRUPPO	UNIONE SCANSIONI	N° TARGET IN COMUNE
SCALA CENTRALE	20190413_R078+R079	6
	20190413_R078+R079+R080	5
	20190413_R078+R079+R080+R081	6
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082	6
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082+R083	5
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082+R083R 085	5
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082+R083R 085+R084	5
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082+R083R 085+R084+R085	5
	20190413_R078+R079+R080+R081+R082+R083R 085+R084+R085+R086	6

GRUPPO	UNIONE SCANSIONI	N° TARGET IN COMUNE
CORTILE	20190413_R110+R111	4
	20190413_R110+R111+R112	7
	20190413_R110+R111+R112+R113	5
	20190413_R110+R111+R112+R113+R114	5
	20190413_R110+R111+R112+R113+R114+R115	5
	20190413_R110+R111+R112+R113+R114+R115+ R116	3

3.4.3 Modello 3D ottenuto

Grazie all'unione di tutte le scansioni è stato possibile ricavare il modello 3D completo, sotto forma di nuvola di punti, dell'intero palazzo, della corte, del giardino e degli spazi confinanti. Questa restituzione rappresenta un modello digitale in scala reale, che rappresenta il manufatto con un livello di dettaglio che corrisponde a quello pianificato durante la fase di rilievo.



Figura 37. Vista del modello 3D visualizzato con Recap. Fonte: snapshot ottenuto da Recap

3.5 Cenni di rilievo fotogrammetrico

La fotogrammetria è quella tecnica di misura che consente di definire la posizione, la forma e le dimensioni degli oggetti sul terreno a partire dall'analisi di fotogrammi o immagini digitali acquisiti da punti di vista diversi³¹. Tramite questa tecnica le operazioni di campagna vengono effettuate tramite una macchina fotografica e in questo modo il terreno risulta sempre disponibile per le misure e le elaborazioni (*rilievo continuo*), senza richiedere la presenza fisica sugli elementi da rilevare.

³¹ Pesci, D. Conforti, M. Fabris, F. Loddo, *Quaderni di geofisica n.40, GPS, fotogrammetria e laser scanner: un sistema integrato di rilevamento*, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, 2006

I vantaggi di questa tecnologia si riscontrano nella relativa economicità della strumentazione, nella relativa facilità della tecnica di acquisizione dei dati e nella generazione di un modello tridimensionale mappato, contenente informazioni affidabili e mappate.

Le metodologie di rilievo fotogrammetrico si dividono in terrestre, aerea e satellitare e sono caratterizzate da differenti distanze camera-oggetto e in generale, dalle diverse scale delle immagini.³²

In questo caso studio è stato effettuato un tipo di rilievo fotogrammetrico terrestre della facciata lato strada dell'edificio, di due affreschi presenti all'interno dell'edificio. Il software utilizzato per la ricostruzione fotogrammetrica è Agisoft Photoscan Professional version 1.2.6 (ora Agisoft Metashape 1.5.4.), che sfruttando la tecnica *Structure From Motion (SfM = struttura dal movimento)*, permette di creare automaticamente modelli tridimensionali a partire da immagini fotografiche. Ciò significa che muovendosi ed acquisendo quindi le immagini di un oggetto da diverse prospettive è possibile ricostruire la sua struttura, tridimensionalità.

Questo tipo di software è particolarmente adatto per lo studio di manufatti architettonici anche in stato di degrado o parzialmente in rovina, poiché registrano con accuratezza le geometrie riprese.

Agisoft Photoscan ricostruisce la geometria del manufatto fotografato individuando i punti omologhi che appaiono nei diversi fotogrammi ed allineando questi ultimi al fine di generare dapprima una nuvola rada di punti, poi una nuvola densa ed infine un modello mesh al quale si applica la texture.

Il procedimento seguito per questo rilievo si articola nelle seguenti fasi:

- *Campagna di rilevamento*, in cui vengono disposti i target ed effettuate le fotografie seguendo precise tecniche di ripresa: in particolare è importante, ai fini di un'ottima ricostruzione della geometria, che fotogrammi contigui abbiano un buon grado di sovrapposizione sia in orizzontale che in verticale (circa il 60%) e che uno stesso punto compaia in almeno 5 fotogrammi diversi (sebbene nel manuale si richieda un minimo di 2 fotogrammi).

³² Cannarozzo, Cucchiarini, Meschieri, *Fotogrammetria in Misure, Rilievo, Progetto*, Zanichelli editori, Bologna, 2012

- *Elaborazione dei dati*, che previa una serie di operazioni preliminari (come la catalogazione delle immagini, il bilanciamento delle stesse, la creazione di maschere, il riconoscimento dei target) si articola in *allineamento*, *generazione della mesh* e *generazione della texture*.

Con il processo di *allineamento*, grazie alla tecnica *Structure from Motion*, si ricercano e si riconoscono i punti omologhi nei fotogrammi e il risultato di questa fase è una *nuvola rada* di punti colorizzati che rappresenta la geometria dell'oggetto e la visualizzazione delle diverse foto con l'asse di ripresa della fotocamera.

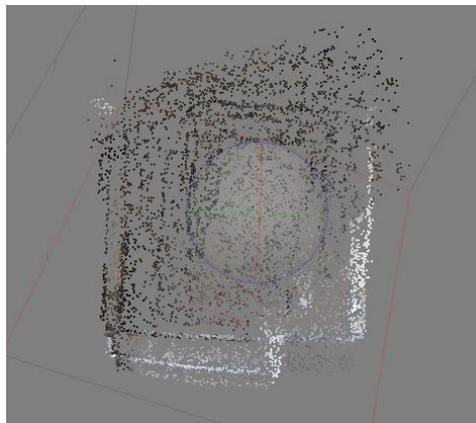


Figura 38. Costruzione nuvola rada. Fonte: snapshot da Agisoft PhotoScan

Dopo una serie di operazioni post allineamento, si costruisce poi una *nuvola densa*.

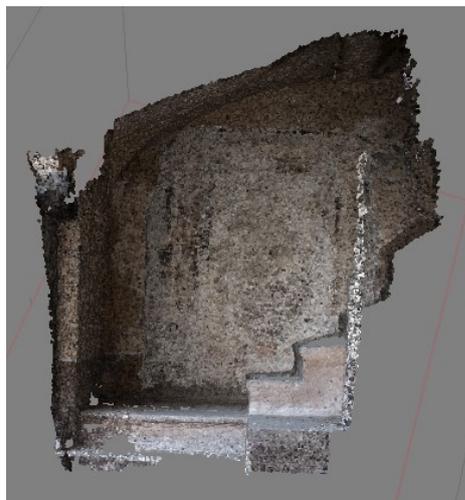


Figura 39. Costruzione della nuvola densa. Fonte: snapshot da Agisoft PhotoScan

Successivamente si passa alla *generazione della mesh*, cioè alla creazione di superfici triangolate attraverso algoritmi, che consentono di ottenere la “maglia” (o “rete”) che definisce l’oggetto nello spazio, ovvero che consentono la ricostruzione della geometria dello stesso.



Figura 40. Mesh ombreggiata. Fonte: snapshot da Agisoft PhotoScan

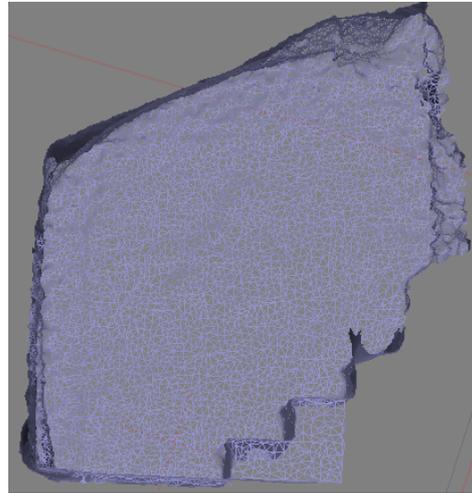


Figura 41. Mesh in modalità wireframe. Fonte: snapshot da Agisoft PhotoScan

Alla mesh così generata viene applicata la *texture* fornita dalle fotografie effettuate, al fine di ottenere la tessitura superficiale del modello.



Figura 42. Risultato finale ottenuto applicando la texture alla mesh. Fonte: Snapshot da Agisoft PhotoScan

4.RESTITUZIONE E ANALISI DEI DATI OTTENUTI

4.1 Modello 3d come base per l'analisi

Come si è detto sopra, uno degli aspetti migliori del rilievo con il laser scanner è che si possono rilevare con estrema precisione geometrie complesse in tempi rapidissimi.

Maggiore è il grado di dettaglio stabilito, ovvero più alto è il numero di punti acquisito in ogni scansione, più si allungano i tempi di elaborazione rispetto ai tempi richiesti dai rilievi tradizionali ma, al termine della fase di elaborazione del dato, si ottiene la generazione di un modello 3D composto da milioni di punti con coordinate note, del tutto identico alla realtà. Tale modello, cioè la nuvola di punti, consente di eliminare completamente la soggettività di un rilievo e le eventuali interpretazioni in fase di restituzione grafica, riducendo drasticamente gli errori e ottenendo livelli di dettaglio e precisione, come già detto, molto elevati.

La nuvola di punti generata è la base di partenza per la generazione di elaborati 3D o 2D: con essa infatti si è in grado di ottenere piani e sezioni dell'oggetto acquisito in ogni direzione, eliminare le porzioni che interferiscono, creare viste assonometriche e prospettiche anche di luoghi difficili da raggiungere.

Altro aspetto positivo della nuvola di punti è che essa può essere consultata in ogni istante direttamente sul computer e la possibilità di navigare e visualizzare il rilievo in prima persona consente di evitare trasferte sul sito; le operazioni di misurazione e verifica degli elementi possono essere effettuate in qualunque momento. Il modello generato quindi può essere utilizzato per tutte le operazioni di "data mining", cioè di estrazione da enormi quantità di dati, permettendo così di migliorare e velocizzare il processo progettuale, riducendo al minimo i rischi dovuti alla mancanza di informazioni o dati non corretti.³³

³³ <https://dimensionedinamica.it/2018/01/06/i-vantaggi-del-rilievo-laser-scanner/>

4.2 Dal modello tridimensionale a quello bidimensionale

Dalla nuvola di punti ottenuta, come detto sopra, è stato possibile ricavare piante, prospetti e sezioni mediante il software Autocad.

Come prima cosa, fatto l'allineamento, è stato necessario indicizzare la nuvola (ottenuta con Cyclone) per Autocad, ovvero “cambiare la struttura” della nuvola affinché questa potesse essere più leggera e quindi meglio gestita in Cad. Per fare ciò si è utilizzato il programma Recap di Autodesk, importando le scansioni nel loro file proprietario (.ptx) e iniziando il processo di indicizzazione. In questo modo si è ricavata la nuvola di punti in formato .rcp, più leggera e facilmente visualizzabile.

A questo punto si è potuto visualizzare la nuvola con Autocad ed iniziare ad estrapolare le informazioni necessarie, impostando volta per volta un piano di taglio della nuvola in base alla vista da realizzare.



Figura 43. Nuvola di punti con taglio di piano applicato a spessore 1 cm

Scegliendo uno spessore molto piccolo, nell'ordine del millimetro si sono ricalcate le linee sezionate, poi andando ad aumentare lo spessore le piano si sono aggiunti anche gli elementi più lontani, visti in prospetto.



Figura 44. Ricalco delle linee sezionate con piano di taglio applicato alla nuvola di punti pari a 1cm di spessore

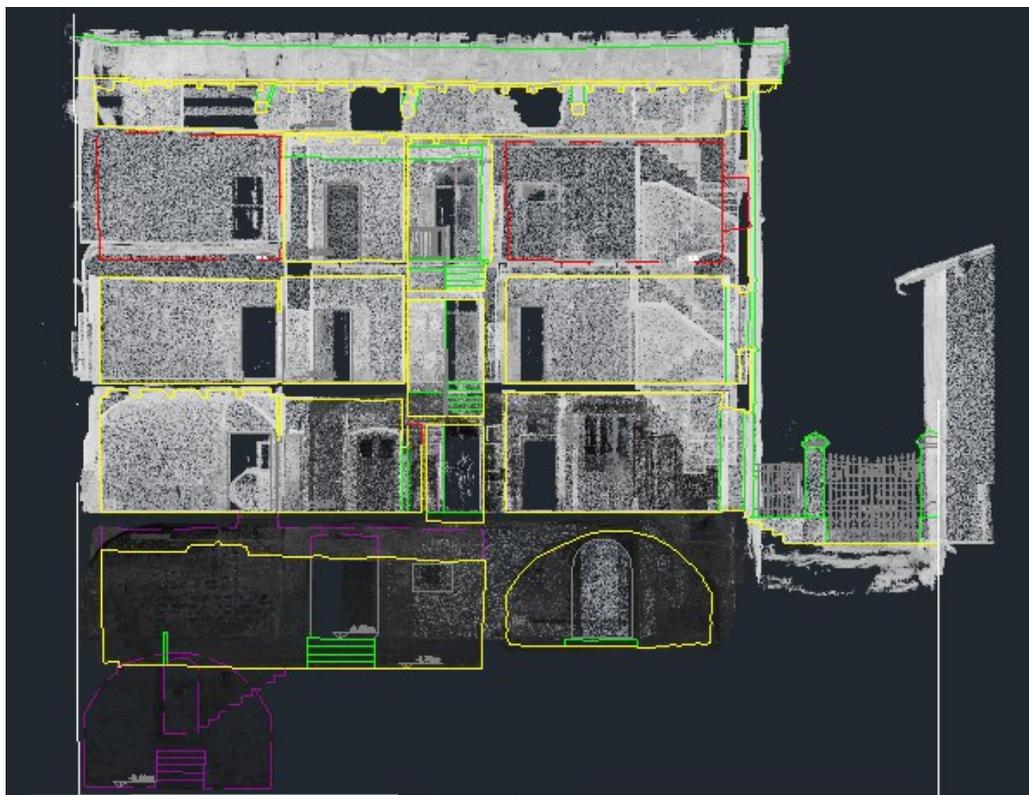


Figura 45. Sezione completa anche degli elementi visti in prospettiva con taglio di piano spesso 5m

A piante, prospetti e sezioni così ottenute è stata sovrapposta la nuvola di punti in modo da rendere più realistiche le viste.

4.3 Lettura degli elaborati grafici ottenuti e analisi architettonica di Casa Besta de' Gatti

La cronologia del palazzo, che sorge su una precedente struttura medievale, si snoda fra i secoli XV e XVIII. L'edificio ha poi subito evoluzioni e rimaneggiamenti fino alla metà del secolo scorso, per essere adattato alle diverse esigenze delle famiglie che lo hanno abitato.

Da un'analisi storica della formazione dei nuclei abitativi in epoca medievale in Valtellina, dalla visione delle mappe del catasto lombardo veneto (mappe originali di primo rilievo), fornite dall'Archivio di Stato di Milano, e da un'analisi dell'edificio compiuta in loco, risulta chiaro che Casa Besta de' Gatti, così come oggi lo ritroviamo, è solo una parte di un complesso più vasto e complesso che nel corso dei secoli è stato trasformato e diviso in varie proprietà per arrivare alla condizione attuale.

Tuttavia si leggono ancora bene i dettagli medievali di dimora fortificata, che verranno analizzati nel corso di questo capitolo.



Figura 46. Mappa catastale di Chiuro del 1816. Fonte: Archivio di Stato di Milano



Figura 47. Al mappale 730 è riportata l'area di pertinenza relativa alla Casa Besta de' Gatti all'anno 1816

Per meglio definire quali potessero essere le caratteristiche originarie dell'edificio è utile prendere in esame alcuni aspetti che aiutano a meglio comprendere quanto citato in premessa.

Il piano -2 è costituito da una cantina con muratura in pietra e volta a botte: in essa vi è la traccia di una porta (ad oggi murata) che collegava questo locale ad un altro ambiente, o ambienti, che oggi non appartengono più alla stessa proprietà.

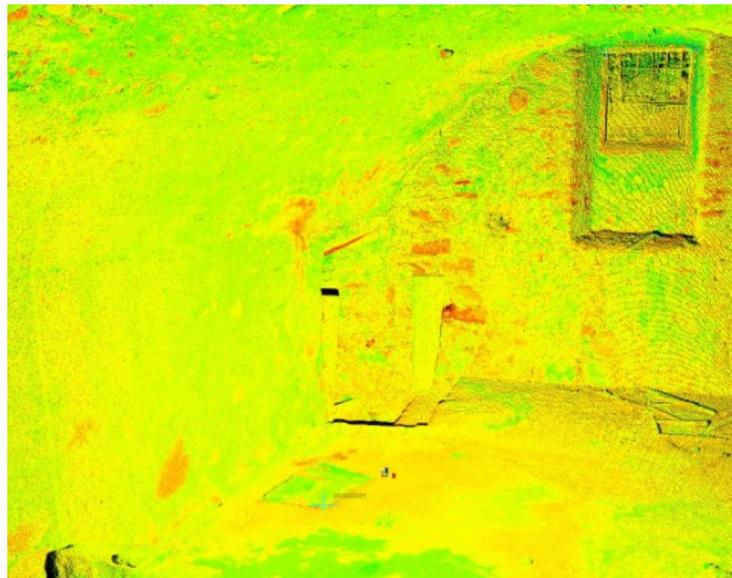


Figura 48. Porta murata in cantina. Particolare estratta da nuvola di punti

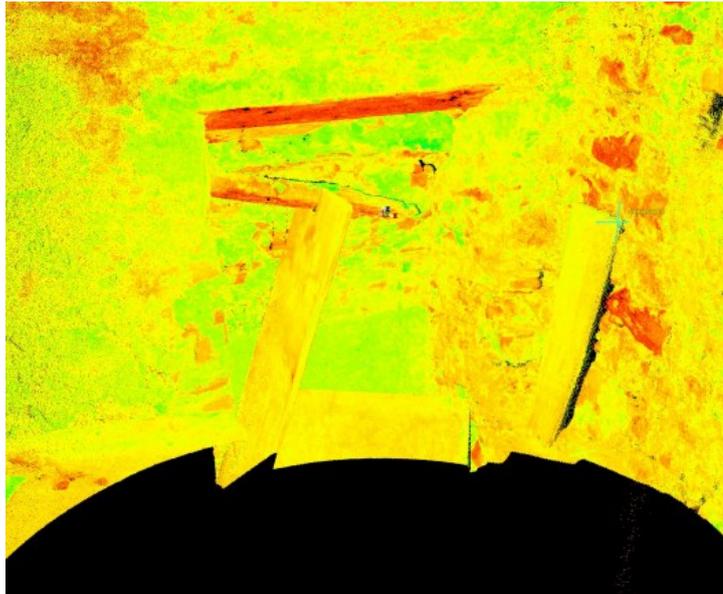


Figura 49. Zoom su porta murata in cantina. Particolare estratto dalla nuvola di punti

Al lato ovest della proprietà è posto un cancello che si apre a un passaggio in forte pendenza, che parte da Largo Curzio, in comune con l'edificio adiacente e che lo mette in comunicazione con il cortile del palazzo: passaggio che tutt'oggi è di proprietà di Casa Besta de' Gatti, per i quali i vicini godono del diritto di passaggio.

Infine la proprietà dell'edificio si affaccia da un lato su Via Rusca, all'interno quindi della zona nobiliare del borgo, e dall'altro su via Opifici sulla quale erano situate le botteghe artigiane, che sfruttavano l'energia idrologica da una roggia limitrofa.

All'interno dell'edificio si nota l'assenza del forno e di un elemento come il torchio, elemento correlato all'attività agricola, soprattutto legata alla produzione del vino, che era l'attività prevalente delle famiglie nobiliari della zona. Si può supporre quindi che questi elementi fossero situati in ambienti attigui a quello principale.

4.3.1 Facciata nord su via Rusca

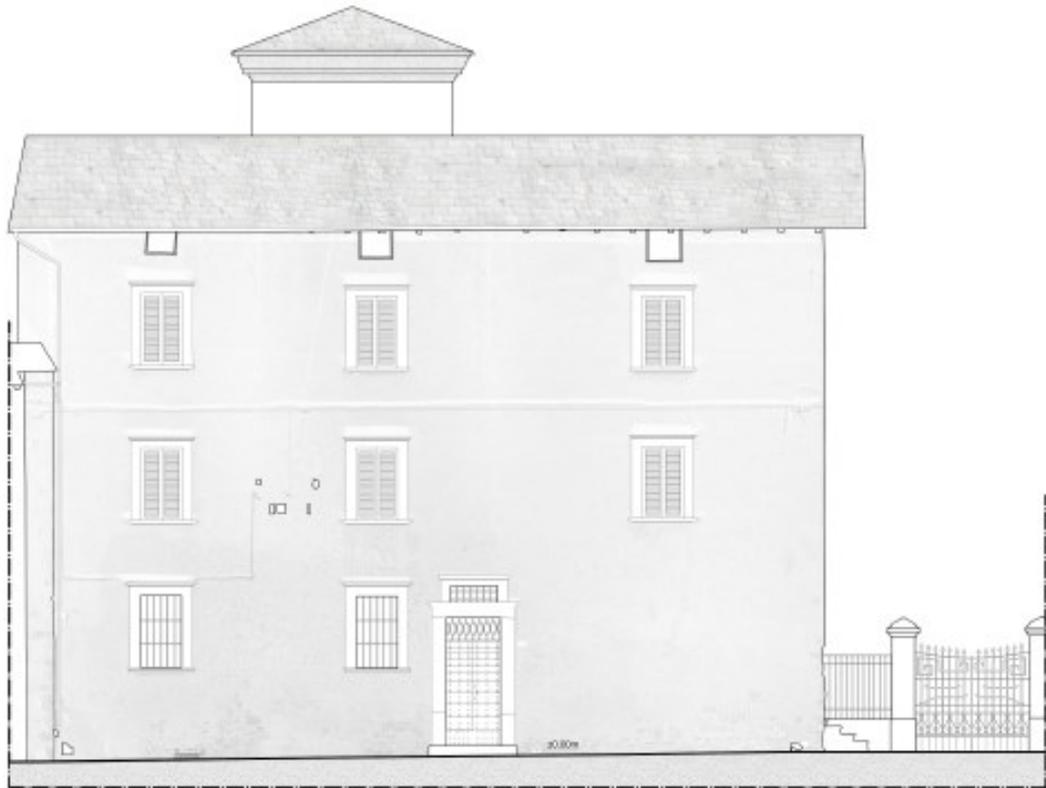


Figura 50. Prospetto Casa Besta de Gatti su via Rusca

Casa Besta de' Gatti, che si affaccia su via Rusca, nonostante l'elevata committenza, presenta una scarsa caratterizzazione della fronte esterna, carattere comune dell'architettura valtellinese, come già descritto al capitolo 2.3.

In corrispondenza dell'ingresso è presente un portale in pietra con un architrave ornato dallo stemma della famiglia de Gatti con le iniziali di Bartolomeo Gatti.



Figura 51. Portale con stemma De' Gatti. Credits: fotografia eseguita durante il rilievo



Figura 523. Zoom sullo stemma De' Gatti. Credits: fotografia effettuata durante il rilievo

Questa facciata, in muratura e intonaco, è costituita da quattro ordini di finestre, di cui quelle corrispondenti al quarto piano sono più piccole e di forma quadrata poiché ubicate al piano sottotetto.

Sia nelle finestre che nelle porte gli stipiti sono realizzati in pietra. Con lo stesso materiale sono realizzati i davanzali delle finestre, lievemente lavorati ma di taglio semplice.

È interessante notare come le finestre del piano primo e secondo (i cosiddetti piani nobili) presentino un rapporto tra altezza e larghezza della foratura pari a 2:1, elemento tipico dell'architettura rinascimentale, contrariamente a quelle del piano terra.

Sulla stessa facciata vi sono inoltre tracce di fregi decorativi a marcapiano realizzati con la tecnica dello "sgraffito", tecnica tipica valtellinese cinque/seicentesca, che consisteva nella stesura di un intonaco scuro che

poi veniva ricoperto con un intonaco chiaro. Successivamente veniva riportato il disegno graffiandolo sugli intonaci precedentemente stesi. Da notare è lo sgraffito appena leggibile, posizionato in sommità della parete, che riporta la data "15.." (le ultime due cifre non risultano leggibili), che sta probabilmente ad indicare l'anno in cui sono state apportate le modifiche in epoca rinascimentale.



Figura 53. Sgraffito con data 15..(parzialmente leggibile): foto scattata durante il rilievo

In Engadina esistono ancora villaggi che sono sotto il controllo della loro soprintendenza e dove ogni casa presenta sgraffiti. In questa zona tale tecnica è perdurata fino all'800 e parte del 900.

Le immagini sotto riportate mostrano gli sgraffiti che corrono lungo la parete dell'edificio alla base delle finestre del primo piano.



Figure 54. Sgraffiti sulla parete di via Rusca. Fonte: foto scattata durante il rilievo



Figura 55. Ortofoto ottenuta tramite rilievo fotogrammetrico con il software Agisoft Photoscan

4.3.2 Facciata sud su via Opifici e torre

La parte più interessante dell'edificio, sotto l'aspetto architettonico, non si nota da via Rusca ma è rivolta verso sud ed è visibile da via Opifici.

L'impianto a L della dimora presenta sulla fronte posteriore che si affaccia sul cortile, visibile appunto da via Opifici, una torre colombaia innescata sul lato corto, che si erge fino oltre il tetto come corpo avanzato, e una sovrapposizione di cinque livelli sul lato lungo: portico coincidente col piano delle cantine, loggiato su colonne, piano con finestre architravate, seconda loggia con arcate colorate e pilastri in muratura e sottotetto con finestroli quadrati.

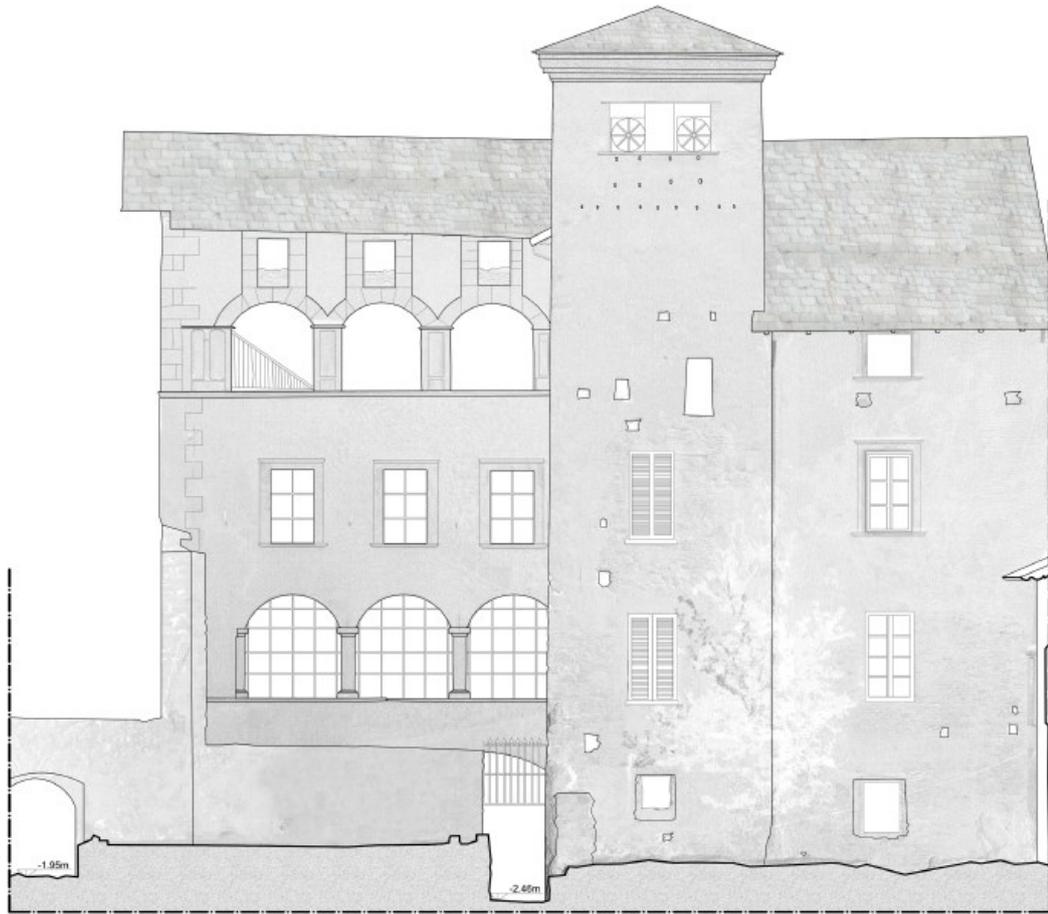


Figura 56. Prospetto Casa Besta De' Gatti su via Opifici

Nonostante le caratteristiche tipiche cinquecentesche e seicentesche, come i loggiati, gli sgraffiti (di cui si tratterà in seguito) e la colombaia, si possono ancora intravedere gli elementi medievali.

L'elemento medievale più evidente è costituito dalla **torre**, la quale anch'essa ha poi subito trasformazioni: sicuramente la colombaia (elemento che caratterizza gli edifici valtelinesi) è il risultato delle trasformazioni cinquecentesche/seicentesche.

Essa, costruita su base quadrata, si sviluppa su cinque piani. In corrispondenza di ogni piano vi sono delle aperture, salvo al penultimo in cui ritroviamo una finestra posta più lateralmente. C'è da ipotizzare che tali aperture, comprese una serie di fori visibili sulla facciata della torre, in origine possano essere state delle feritoie, come alcuni fra i fori più piccoli possano essere invece il risultato dell'usura del tempo.



Figura 57. Facciata posteriore di Casa Besta De' Gatti.

Ciascun piano della torre è costituito da un unico ambiente: la stanza posta al piano coincidente con il piano delle cantine ha un soffitto con volta a botte a tutto sesto, quella corrispondente al piano terra dell'edificio invece presenta un soffitto con volta a botte a sesto ribassato.

Problemi di interpretazione sorgono per i piani successivi. Posto il fatto che l'ultimo piano è sicuramente una realizzazione cinque/seicentesca, così databile per la presenza della colombaia, i piani secondo e terzo (corrispondenti relativamente ai piani primo e secondo della Casa) presentano caratteristiche su cui riflettere. I due piani sono divisi da un solaio molto sottile, che non è allineato, come invece lo sono gli altri, con i solai degli ambienti adiacenti; inoltre la stanza del secondo piano della torre (primo piano dell'edificio) ha un soffitto non voltato a differenza di tutti gli altri. L'ambiente al terzo piano (secondo piano dell'edificio) invece presenta un soffitto con volta a crociera: è pertanto ipotizzabile che in origine queste due stanze, quella del secondo e terzo piano, fossero un unico ambiente, suddiviso in seguito, e che alla sommità di questi ambienti corrispondesse l'altezza della torre.

L'ultimo piano della torre, coincidente con la colombaia, con la sua particolare volta metà a botte e metà a crociera, è il risultato, come già citato, di trasformazioni cinque/seicentesche.

Infine, come trattato al capitolo 2.3 in relazione alla Torre di Castionetto, l'accesso alle torri originariamente doveva trovarsi alla quota del primo piano salendo attraverso una scala di legno retraibile o un rudimentale ponte levatoio. C'è da supporre quindi che anche questa torre fosse organizzata in questo modo.

Oggi si riscontra che ogni piano della torre è collegato al relativo piano dell'edificio attraverso delle porte: mentre quelle corrispondenti ai piani nobili sono il risultato di trasformazioni successive poiché il comparto medievale dell'edificio con molta probabilità si sviluppava al piano cantine, piano terra e piano primo, non rimane quindi chiaro il posizionamento originale dell'accesso alla torre.



Figura 58. Sezione B-B

La tessitura della muratura è molto varia e costituita, analogamente alla torre di Castionetto, da pietre più grandi e regolari agli spigoli.

L'approvvigionamento dei materiali veniva effettuato dall'alveo del torrente vicino, ricco di pietre granitiche che si ritrovano anche nei portali. Un altro aspetto tipico dell'uso medievale è una pietra carbonatica che si trova sempre nel torrente di approvvigionamento, con un'acqua ricca di carbonato. Questa pietra la si trova in vari elementi (come volte e archi) poiché facile da tagliare e presenta una buona resistenza.



Figura 59. Tessitura della muratura della torre. A sinistra si possono notare pietre di dimensioni maggiori in prossimità degli spigoli. Foto scattata durante il rilievo



Figura 60. Spigolo della torre caratterizzato dalla presenza di pietre più grandi e regolari. Foto scattata durante il rilievo

Un altro importante elemento che caratterizza l'edificio è costituito dagli "sgraffiti" seicenteschi, a motivi geometrici, che ne ornano la facciata sud tra un ordine di finestre e l'altro.

Fra il loggiato del piano cantine e la loggia del piano terra lo sgraffito presenta un disegno a motivi triangolari, mentre quello fra la loggia del piano terra e il piano finestrato è realizzato a cerchi accostati di uguale diametro con il centro ben evidenziato.

La cromaticità dei decori è data dall'utilizzo di intonaco chiaro e intonaco scuro; in corrispondenza elementi verticali sottostanti i decori sono arricchiti da una forma geometrica rettangolare ornata da nappe. All'interno di una di queste forme geometriche, tra la loggia al piano terra e il piano finestrato, è leggibile la data 1619, anch'essa graffita nell'intonaco a testimonianza della datazione dei decori stessi.

Nelle immagini seguenti si possono vederne i dettagli:



Figura 62. In questa foto si può notare la striscia di sgraffiti con motivi geometrici che corre da lato a lato dell'edificio e posta tra due ordini di finestre



Figura 61, 48. A sinistra dettaglio sgraffiti simili a nappe in corrispondenza degli elementi verticali tra loggiato piano cantine e loggia del piano terra. A destra particolare dello sgraffito tra piano terra e piano primo in cui è incisa la data 1619

Il piano finestrato è composto da 4 finestre (tre sullo stesso lato e una posta nel lato di fianco) ognuna in linea con gli archi del loggiato sottostante. Ciascuna finestra è ornata da stipiti, architrave e davanzale in pietra: davanzale e architrave sono arricchiti da semplici modanature. Ogni finestra è poi contornata da una cornice a sgraffito.



Figura 63. Dettaglio finestra al primo piano nobile

La loggia del piano terra e quella del secondo piano sono evidenziate da marcapiani all'altezza del davanzale (marcadavanzali) con finalità decorativa. In sommità della facciata la seconda loggia è realizzata con archi sesto ribassato incorniciati a bugna con pietre scure, come pure i finestroli al piano sottotetto. Attraverso gli archi è visibile la scala in legno che porta al piano sottotetto.

Le colonne a base quadrata fra gli archi sono decorate con modanature scavate singole, mentre quelle poste alle estremità della loggia sono decorate con modanature scavate a bifora cieca, entrambe di colorazione rosa, che impreziosiscono complessivamente l'edificio. In prossimità dello spigolo sinistro della facciata invece si nota un motivo decorativo in bugnato ad

angolo che si sviluppa a partire dal piano primo fino in sommità, come si può vedere dall'immagine seguente.



Figura 64. Loggia con archi a botte al piano secondo. Foto scattata durante il rilievo

Il muro del cortile è postero, quindi si può ipotizzare che la facciata fosse aperta e nei momenti ludici la stessa venisse illuminata.



Figura 65. Ortofoto esportata da Agisoft Photoscan della facciata sud su via Opifici

4.3.3 Collegamenti verticali

L'edificio allo stato attuale conta come collegamenti verticali due vani scala. Uno, laterale, che si articola su tre rampe per piano, è databile al cinquecento, come testimoniato dall'affresco cinquecentesco, attualmente in cattivo stato,

che orna una parete del corpo scala che collega piano terra con primo piano e raffigurante un personaggio importante seduto di cui si è perso il busto. L'altro vano invece, posizionato sul lato adiacente a via rusca, è un inserimento novecentesco.

Il corpo scala originale probabilmente, come avveniva nei fabbricati della zona, era costruito in legno ed esterno all'edificio.

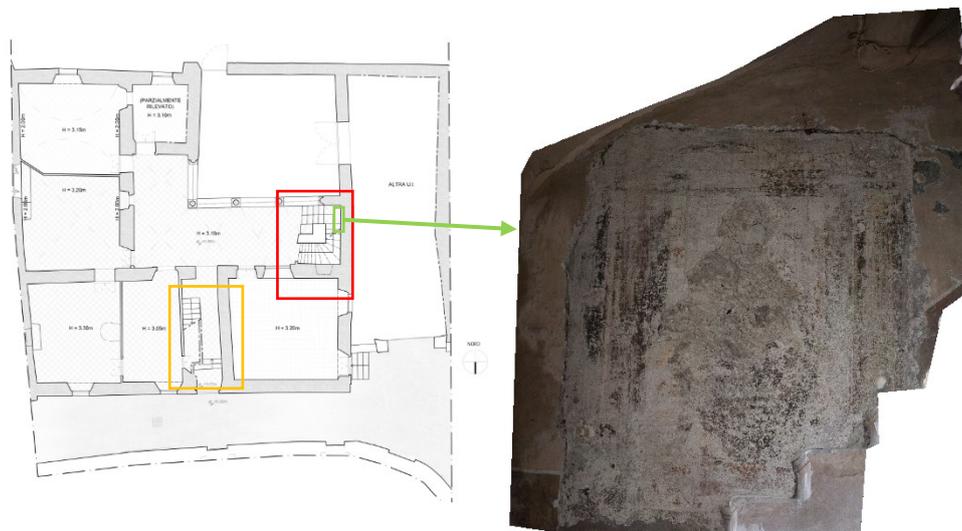


Figura 66. In pianta sono segnati i due vani scala: in rosso quello laterale cinquecentesco, in giallo il vano scala novecentesco. A destra è rappresentato l'affresco cinquecentesco su parete del vano scala laterale raffigurante una persona seduta. Immagine ottenuta mediante rilievo fotogrammetrico attraverso il software Agisoft Photoscan

4.3.4 Gli interni

Il palazzo si articola su sei piani: partendo dalla quota più bassa si ritrova la cantina interrata, il piano cantine, piano terra, piano primo, piano secondo e piano sottotetto.

4.3.4.1 Piano terra

Attraverso l'ingresso principale di via Rusca si entra al piano terra dell'edificio. Una volta entrati ci si ritrova in un corridoio situato nel corpo scala novecentesco del palazzo (indicato con lettera A nella pianta sottostante) e proseguendo dritto si entra nella loggia (B) che dà sul cortile posteriore e che

è caratterizzata soffitto voltato a crociera e da 4 archi poggiati su colonne. L'elemento colonna è caratterizzato dal capitello fogliato, elemento quattrocentesco tipico lombardo che ricorre nel cinquecento con molta diffusione in quanto modello di lustro.



Figura 67. Capitello fogliato

Attorno alla loggia sono collocate sei stanze:

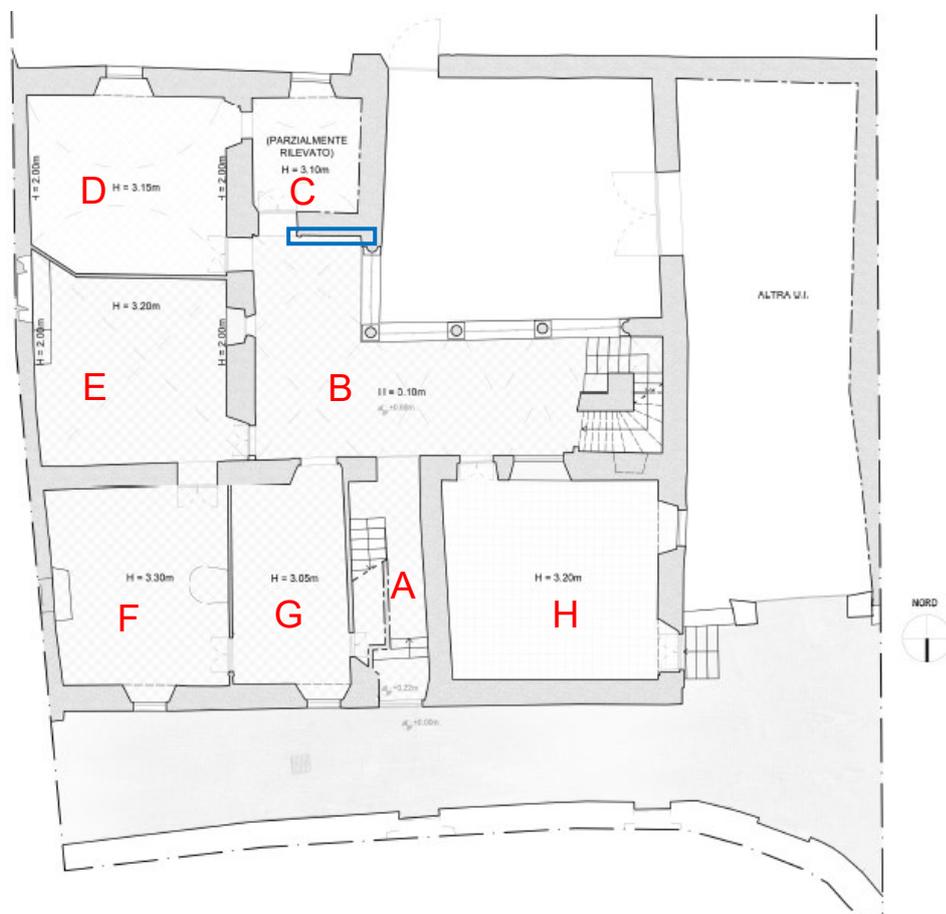


Figura 68. Pianta piano terra ottenuto dalla ricavata con la nuvola di punti tramite il software AutoCad

La parete della loggia che confina con la stanza C (in pianta evidenziata di blu) è decorata con un affresco solo parzialmente visibile, probabilmente cinquecento /seicentesco, che sembra proporre uno stemma araldico.



Figura 690. Ortofoto della parete con affresco ottenuta da rilievo fotogrammetrico ricavato con il software Agisoft Photoscan



Figura 701. Zoom fotografico dell'affresco. Foto scattata durante il rilievo

Sul lato sud abbiamo la stanza C, inserita nella torre, di circa 9,5 metri quadrati, che si collega tramite una porta alla stanza D.

Stanza D e stanza E allo stato di fatto sono divise da un tramezzo, forse un'aggiunta successiva, collocato a ridosso di un camino, situato nella stanza E, che è priva di finestre. Quest'ultimo ambiente fu adibito a cucina come testimoniato appunto dal camino e dai vecchi fornelli.

È possibile pensare quindi che le stanze fossero parte di un unico ambiente, anche in ragione del fatto che solo una fra le due porte presenta un portale in pietra (quella della stanza D) e che quindi originariamente solo questa potesse essere la porta di accesso all'unico ambiente.



Figura 71. Fotografia scattata durante il rilievo che mostra a destra la porta d'accesso alla stanza D con portale in pietra e a sinistra porta d'accesso alla stanza E senza portale in pietra

Se si osservano però le volte si nota che la camera D presenta una volta a botte, mentre la camera E è voltata a crociera. Rimane quindi da capire l'esatta cronologia delle trasformazioni e dell'uso di tali ambienti.



Figura 72. Camino e fornelli nella stanza E visti attraverso la nuvola di punti. Screenshot effettuato da Recap



Figura 73. Fotografia della stanza D da cui si può notare la volta a botte

Anche gli ambienti F e G sono divisi da un tramezzo di spessore molto inferiore rispetto agli altri muri divisorii e, considerando che il vano scala sul lato nord è un'aggiunta novecentesca, è possibile dedurre che gli ambienti F, G ed A fossero in origine anch'essi un unico ambiente.

Anche per gli ambienti F e G assistiamo alla presenza di una porta con portale in pietra (stanza G) e una con portale in legno (di realizzazione evidentemente posteriore) nella stanza F, che lasciano intendere che almeno questi due ambienti fossero uniti.

La stanza F presenta un camino sul lato est, anch'esso risultato di trasformazioni successive, e un foro nel pavimento, dove in passato era collocata una scala in ghisa (ora non più presente) che collegava questo ambiente con le cantine sottostanti. Questa stanza presenta tracce di affreschi alle pareti, probabilmente cinquecento/seicentesche ma al momento di difficile datazione.

Al piano terra vi è infine la stanza H, in cui si accede da loggiato tramite una porta con portale in pietra, che fu utilizzata come farmacia fino agli anni '60 e che si trova all'angolo tra via Rusca e largo Curzio: in questa stanza proprio su largo Curzio si trova il secondo accesso all'edificio.

La pavimentazione del piano terra non sembra essere quella originale: è infatti composta da formelle uguali fra loro decorate con motivi geometrici. Solo in due stanze (D e H) la pavimentazione è invece realizzata con piastrelle quadrate: nella stanza D sono di due colori differenti (bianco e nero) e disposte a scacchiera.

La struttura del piano terra, come anticipato, presenta porte diverse fra loro. Infatti alcune hanno un portale in pietra, altre invece sono incorniciate da una struttura lignea con porta a vetri a doppia anta novecentesca.

Considerando che il loggiato, con volte a crociera, è di realizzazione cinquecentesca, si può ipotizzare che la struttura originale medievale di questo piano fosse limitata agli ambienti confinanti con la loggia. Ciò è avvalorato anche dalla presenza di finestre nelle stanze E (vedi figura 71) e H, che oggi si affacciano alla loggia, ma che, anche per la loro conformazione aperta verso l'esterno, si può pensare che guardassero verso il giardino.

Anche le porte con il portale in pietra di cui abbiamo fatto cenno lasciano pensare che fossero originariamente le porte di accesso verso l'esterno.

Rimane ancora dubbio se esistesse o meno e quale fosse il collegamento fra torre e i piani dell'edificio.

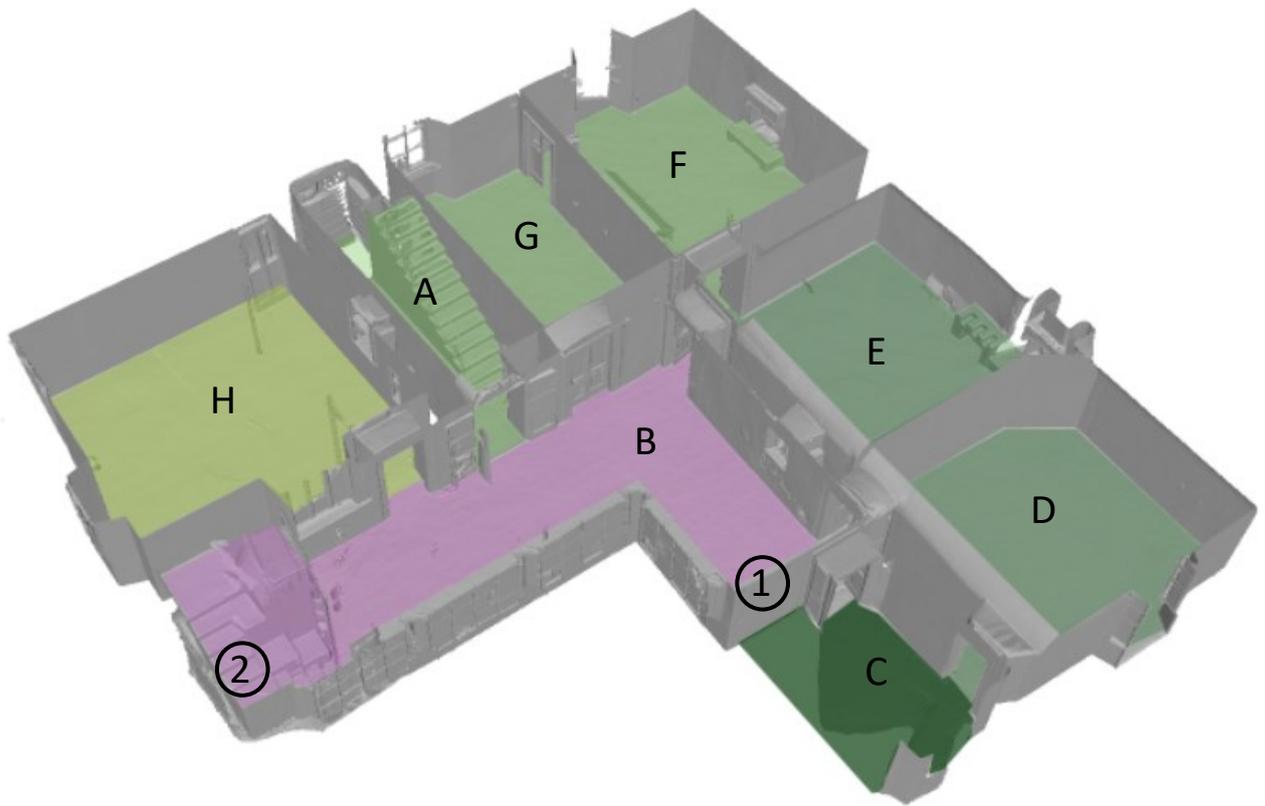


Figura 74. Modello 3D del piano terra ottenuto con il software Geomagic a partire dalla nuvola di punti. Sono indicati con colori in sfumature di verde i diversi i possibili ambienti originali. In viola sono indicate le aggiunte cinquecentesche

4.3.4.2 Piano primo

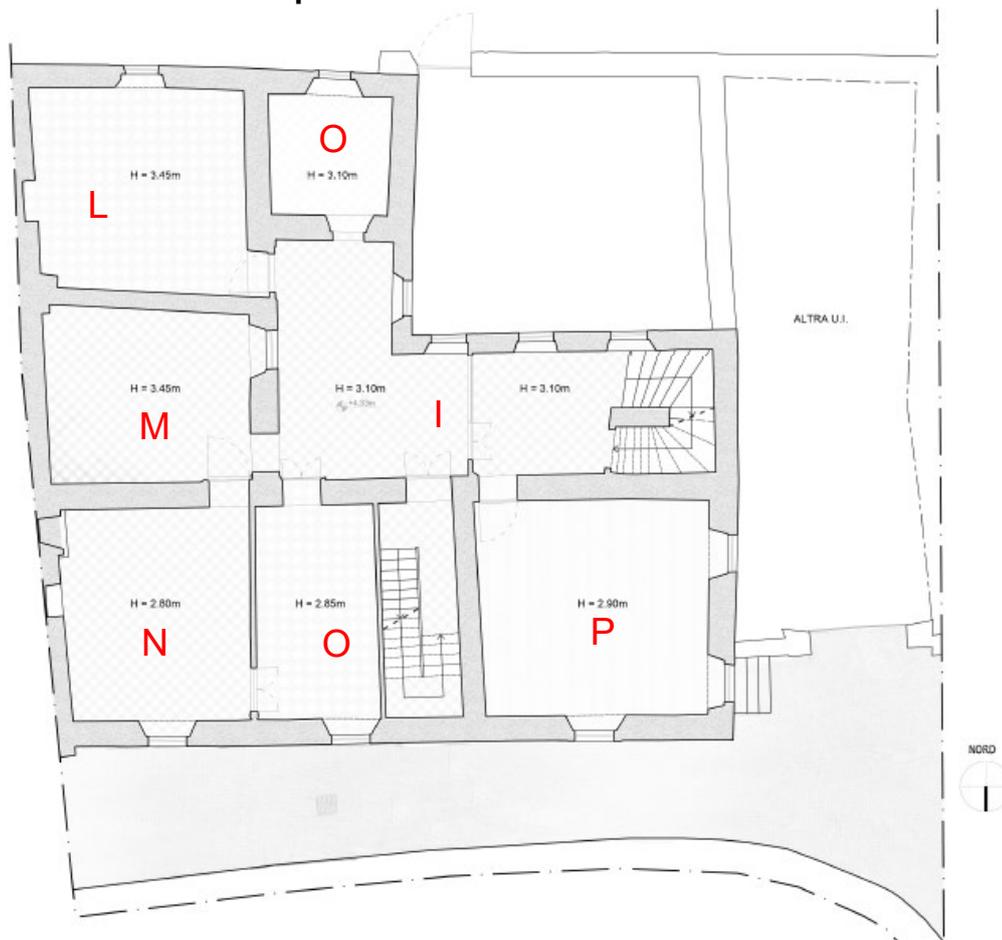


Figura 75. Pianta piano primo ricavata dalla nuvola di punti con il software AutoCad

Il piano primo è il cosiddetto piano nobile, che costituiva il piano di residenza vero e proprio ed era caratterizzato dalle migliori decorazioni interne di tutto l'edificio.

Come si può notare dalla pianta la distribuzione degli spazi allo stato di fatto è identica a quella del piano terra. Anche i pavimenti sono gli stessi che si ritrovano al piano terra, fatto salvo per la stanza P in cui vi è un pavimento in parquet a spina di pesce e per la camera Q, situata all'interno della torre, nella quale si ritrova un pavimento piastrellato in quanto questo ambiente è stato adibito a bagno.

L'elemento più importante che caratterizza questi spazi è il soffitto a cassettoni: infatti, tipico dell'architettura rinascimentale, i primi piani sono voltati e man mano che si sale si trovano soffitti e solai in legno.

I cassettoni in legno non hanno solo funzione di alleggerire il solaio, ma hanno soprattutto valenza estetica e venivano utilizzati negli edifici di maggior pregio.



Figura 76. Spazio che si affaccia sul cortile da cui si può notare il soffitto a cassettoni semplici. Fotografia scattata durante il rilievo



Figura 77. Scala lato ovest. Foto scattata dal piano primo in cui si può vedere il soffitto dell'atrio a cassettoni.

Il soffitto dell'atrio, in pianta indicato con la lettera I, che dà sulle quattro finestre che si affacciano sul cortile (diviso ad oggi da una parete vetrata) è caratterizzato da cassettoni più semplici dipinti con "tempera magra" di colorazione azzurrina (come si può vedere nelle foto 76 e 77), mentre nelle stanze adiacenti si possono notare cassettoni più rifiniti, con modiglioni, alla base dei quali per tutto il perimetro del soffitto vi è una sorta di cornice affrescata a motivi floreali (figure 78, 79 e 80).



Figura 78. Stanza L con soffitto a cassettoni più rifiniti e affreschi. Foto scattata durante il rilievo



Figura 79. Affreschi con motivi floreali stanza L. Foto scattata durante il rilievo



Figura 80. Affreschi con motivi floreali e stufa, stanza P. Foto scattata durante il rilievo

Vista la presenza nell'ambiente M di una finestra affacciante sull'atrio e del portale in pietra che incornicia la porta di ingresso nella stanza L, anche in questo caso, come per il piano inferiore, si può ipotizzare che l'assetto medievale dell'edificio non includesse l'atrio stesso e che si limitasse a questi due piani.



Figura 81. Estratto dalla nuvola di punti con finestra e portale in pietra della porta di accesso alla stanza L del piano primo

4.3.4.3 Piano secondo

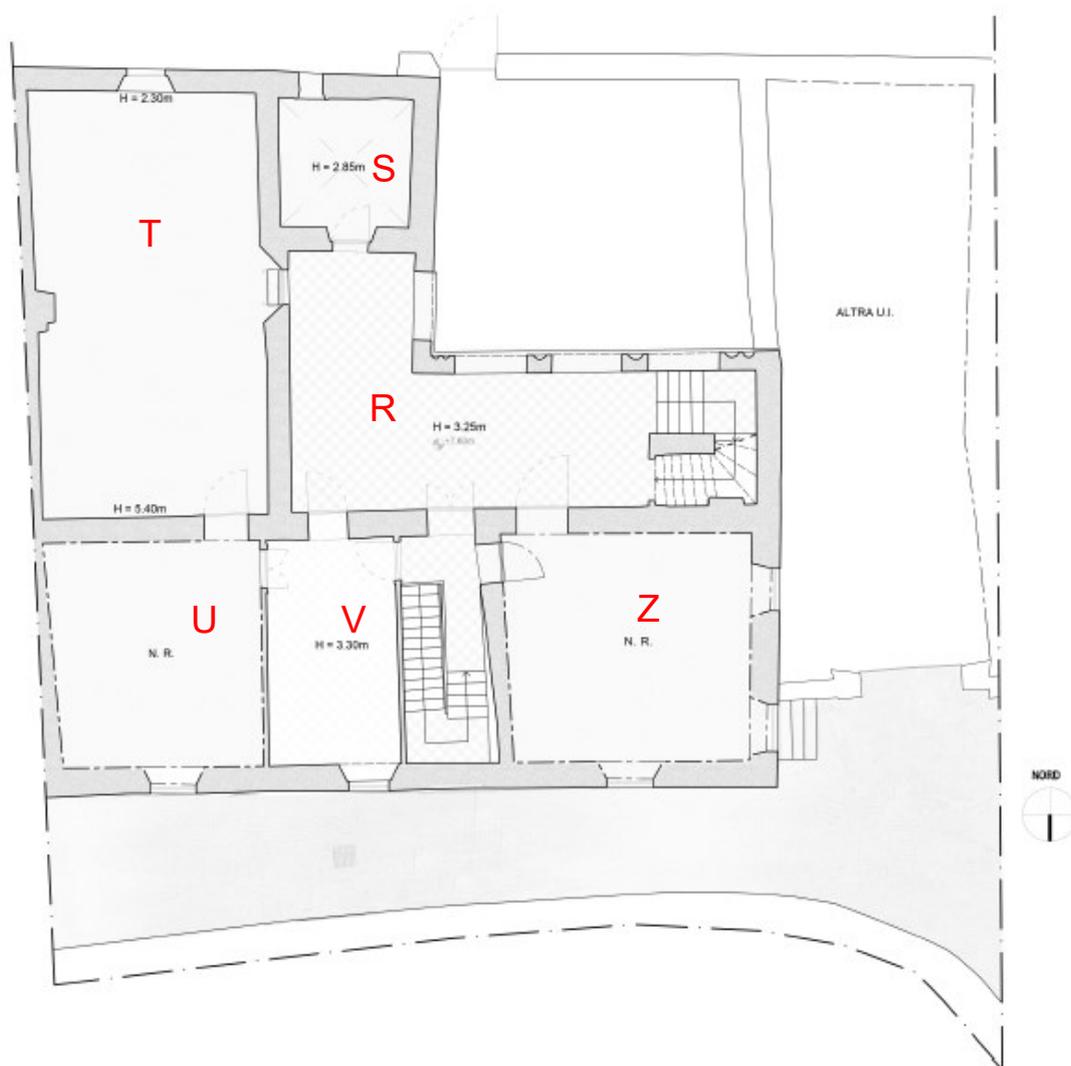


Figura 82. Pianta piano secondo ricavata dalla nuvola di punti con il software AutoCad

Salendo al piano secondo si arriva al loggiato (R) che dà sul cortile. In questo caso il loggiato, con soffitto in legno, non è stato finestrato ma è aperto e costituito da archi con volta a botte esternamente incorniciati a bugna con pietre scure, come mostrato in figura 83 e 84.

Internamente il loggiato è decorato con sgraffiti che incorniciano il soffitto a cassettoni e la porta di accesso alla torre (S), quasi a disegnarne il portale (figura 85).



Figura 84. Sopra loggiato piano secondo piano, vista esterna di archi e finestroli incorniciati a bugna

Figura 83. A sinistra loggiato piano secondo. Foto scattata durante il rilievo



Figura 85. Sgraffiti all'interno del loggiato del piano secondo

Anche in questo piano i pavimenti sono composti da formelle con motivi geometrici, fatto salvo per la stanza all'interno della torre e l'ambiente T. L'ambiente T presenta una doppia altezza fino a raggiungere il sottotetto e probabilmente in origine aveva funzione di fruttai. Non è stato possibile eseguire il rilievo negli ambienti U, in quanto la porta d'accesso alla stanza era sbarrata, e Z, poiché privo di pavimento.

La scala lato nord termina a questo piano, mentre quella cinque/seicentesca, lato ovest, prosegue fino al piano sottotetto con l'ultima rampa in legno.

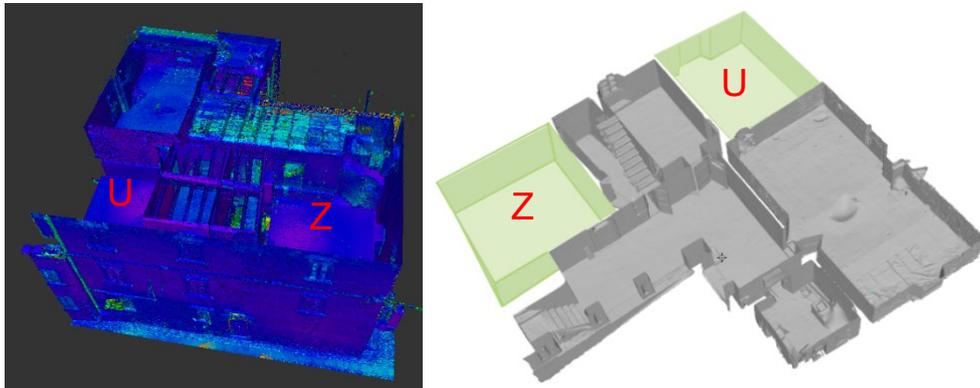


Figura 86. Piano secondo del palazzo visto a sinistra dalla nuvola di punti e a destra dal modello 3D ottenuto. Dalla nuvola si possono notare i due vuoti negli ambienti U e Z. Nel modello 3D invece sono stati disegnati in verde gli stessi ambienti di cui non è stato possibile eseguire il rilievo

4.3.4.4 Piano sottotetto

Attraverso la rampa di scale lato ovest si giunge al piano sottotetto, caratterizzato da un solaio di calpestio in legno in cattivo stato, attraverso il quale si giunge alla colombaia della torre.

Seguendo le linee di colmo del tetto si trovano degli spessi muri in pietra su cui poggiano le travi in legno del soffitto di recente ristrutturazione.



L'altezza utile di questo piano va da un minimo di 1,10m al lato su via Rusca fino ad un massimo di 2,55m. L'altezza utile della colombaia è invece di 4,36m con la sua particolare volta metà a botte e metà a crociera.

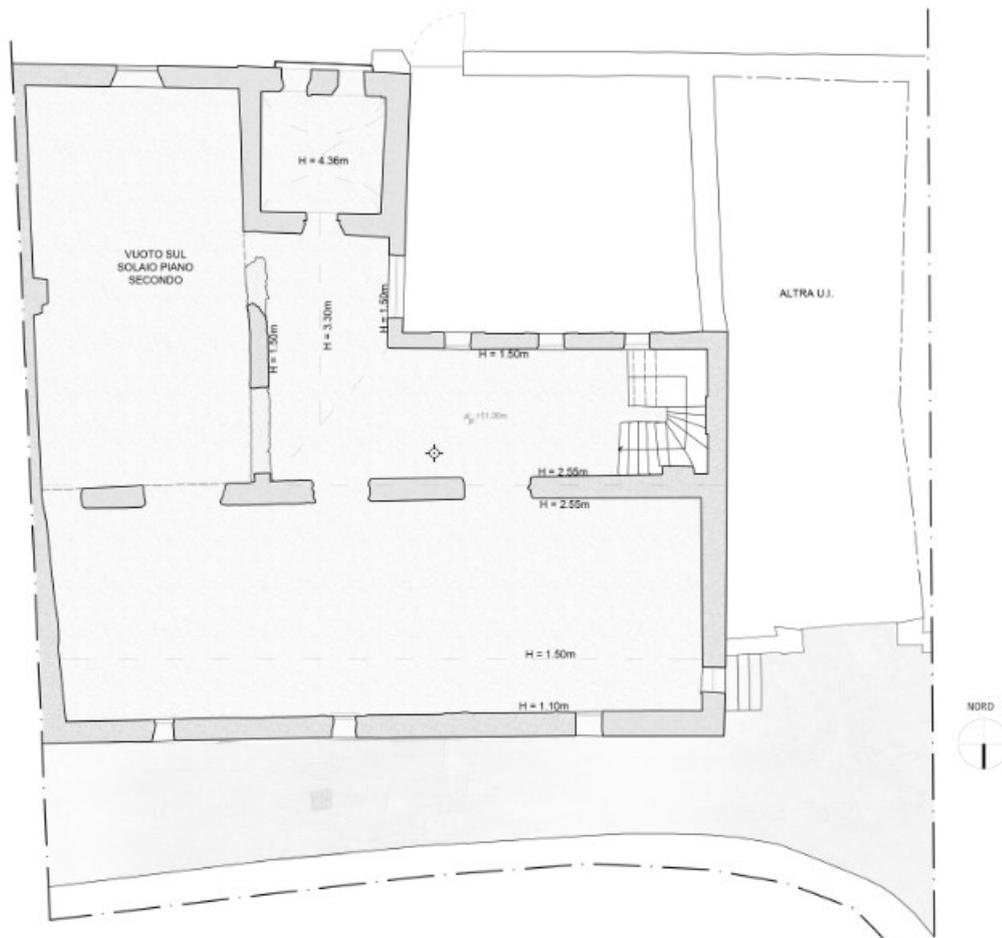


Figura 87. Pianta piano sottotetto ricavata mediante la nuvola di punti grazie al software Autocad

4.3.4.5 Cantine

Al piano cantine si può accedere da più ingressi: attraverso la scala cinquecentesca lato ovest, oppure dal giardino su via Opifici, dal passaggio in comune con la proprietà adiacente. In origine vi era un altro accesso oggi murato al piano sottocantine che portava all'edificio a fianco, come già trattato all'inizio di questo capitolo. Attraverso il cortile si accede invece all'ampio giardino confinante con via Opifici.

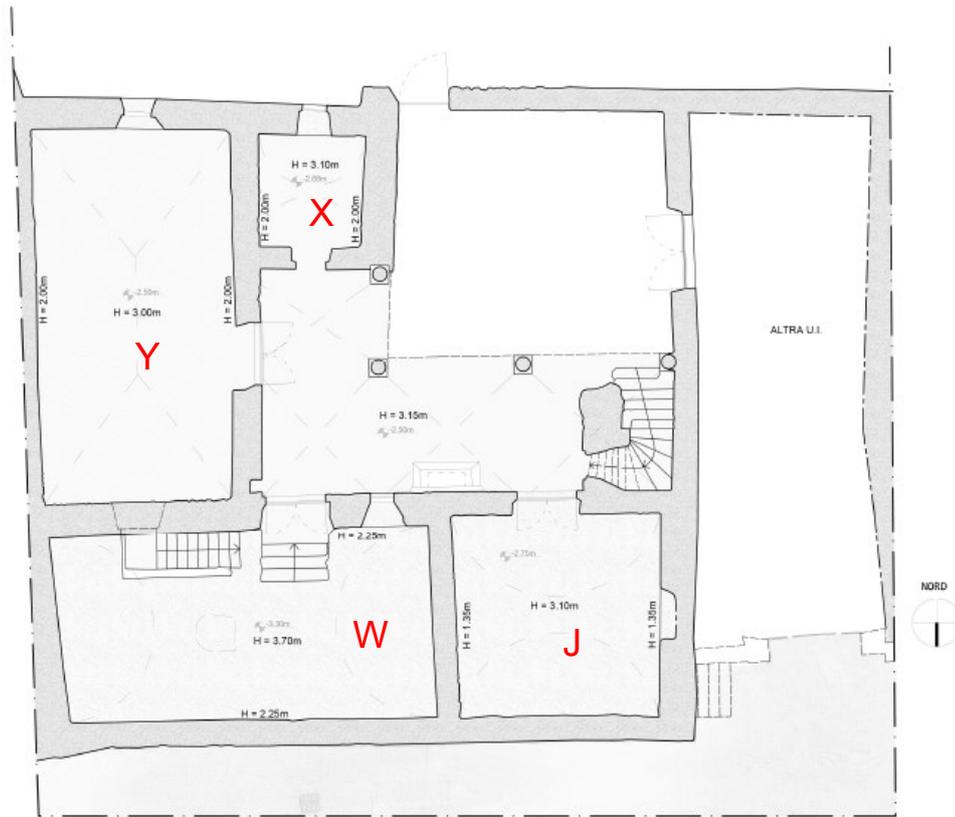


Figura 88. Pianta piano cantine ricavato mediante la nuvola di punti attraverso il software AutoCad

Scendendo in questo piano dalla scala lato ovest si arriva in un porticato con quattro volte a crociera e tre archi voltati a botte, che poggiano su colonne di ordine tuscanico, tipico esempio di colonna rinascimentale di origine etrusca.³⁴

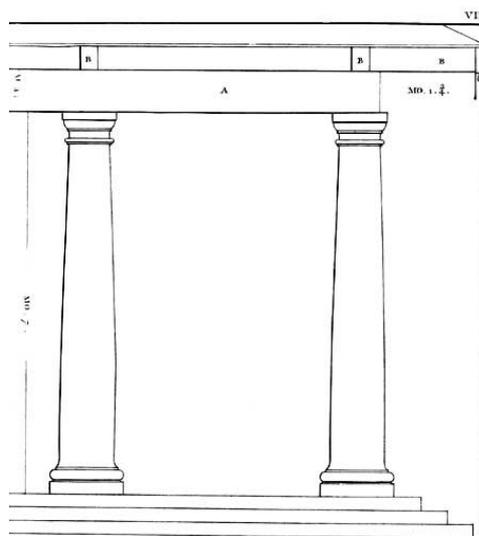


Figura 89. Colonna di ordine tuscanico. Da I quattro libri dell'architettura di Andrea Palladio

³⁴ A. Palladio, *Dell'ordine Toscano*, libro I capitolo XIV, I quattro libri dell'architettura, 1790



Figura 90. Loggiato piano cantine. Fotografia scattate durante il rilievo

Dal porticato si accede alle ampie cantine caratterizzate da murature in pietra mista, soprattutto pietre granitiche e carbonatiche di cui l'alveo del torrente vicino è ricco. L'edificio nel suo complesso ci dimostra come vi sia una fusione di funzioni fra la parte produttiva legata all'attività agricola e di produzione del vino e quella residenziale. Infatti, come ipotizza lo storico Giorgio Baruta (che ha preso parte alle giornate di rilievo) è possibile che questi ambienti fossero destinati all'attività vinicola. In seguito questi locali sono stati utilizzati come stalla.

Delle porte di accesso agli ambienti delle cantine due sono ad arco a tutto sesto con portali a conci di pietra granitica e portano alle cantine lato nord (W e J), due invece sono di forma rettangolare, anch'essi con portali in pietra granitica e portano alla torre (con architrave monolitico) e alla cantina est (X e Y).



Figura 91. Porte di accesso alla cantinai X e alla torre. Fotografia realizzata durante il rilievo



Figura 92. Porta di accesso alla cantina W. Fotografia scattata durante il rilievo

Le cantine W e J presentano un soffitto voltato a botte con muratura in pietra mista, stessa cosa vale per l'ambiente (X) interno alla torre, in cui a sostegno della volta si trovano grosse travi in legno.



Figura 93. Ambiente X interno alla torre. Fotografia scattata durante il rilievo

La grande cantina Y invece è caratterizzata da un soffitto voltato a botte con testate a padiglione. Il piano è formato da ambienti posti su differenti quote, come si può notare dalle seguenti sezioni e dalla nuvola di punti. Dalla cantina indicata in pianta con la lettera W si accede tramite una scala ad un ulteriore

vano cantina posto al di sotto di tale piano, che presenta la porta murata di cui si è già parlato e che confina con la proprietà vicina.

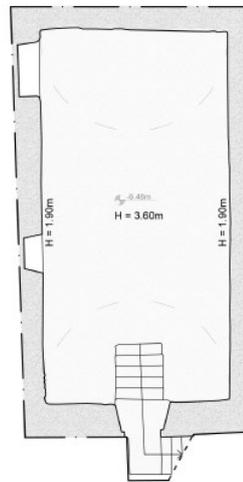


Figura 94. Pianta cantina -1

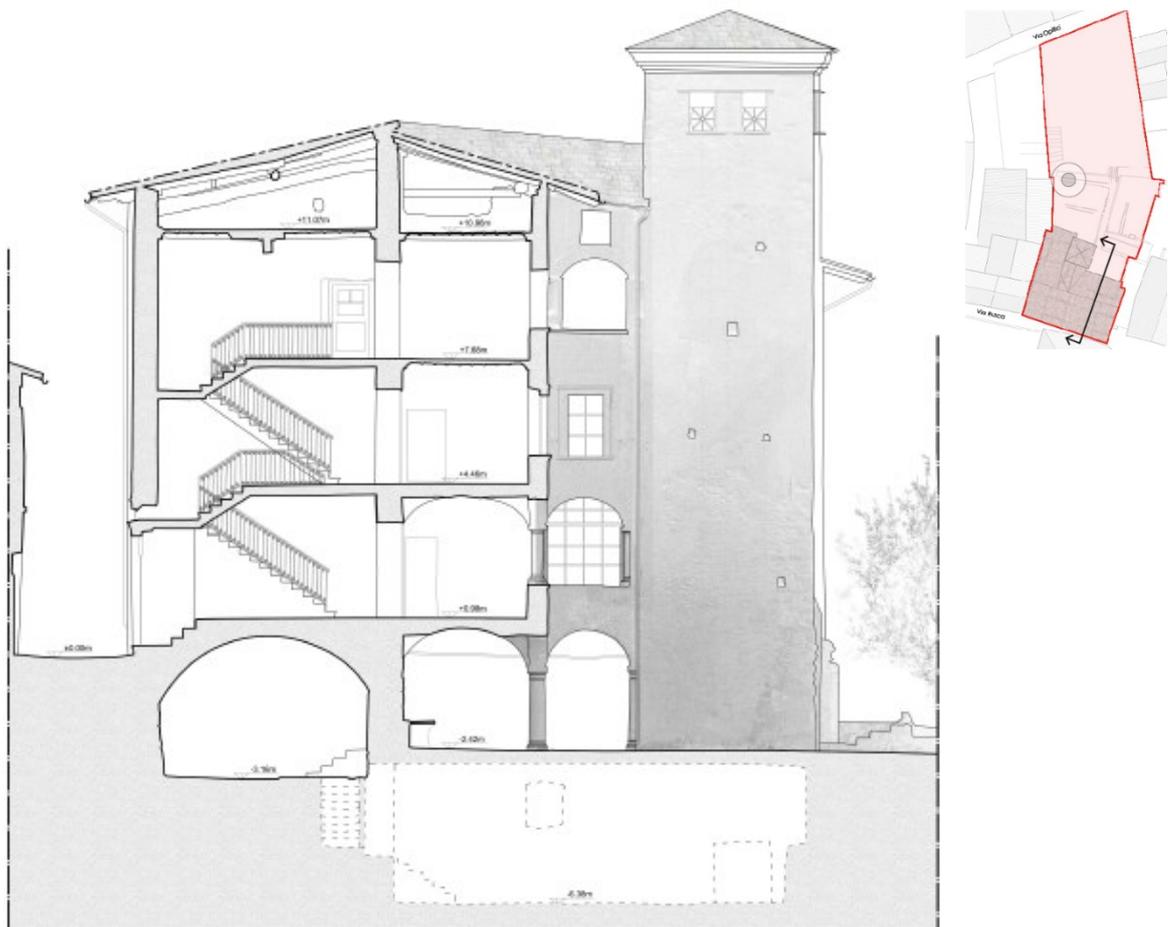


Figura 95. Sezione A-A ottenuta grazie alla nuvola di punti mediante software AutoCad. Oltre ai vari piani in sezioni sono mostrati gli ambienti del piano cantine (J) e la cantina interrata

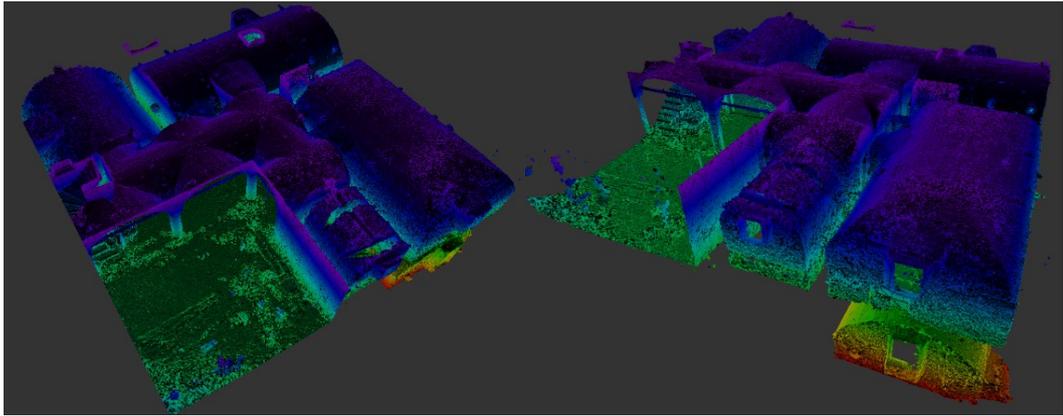


Figura 96. Nuvola di punti del piano cantine visualizzata da angolazioni diverse da cui si possono vedere i soffitti voltati e l'ambiente della cantina interrata



Figura 97. Sezione C-C ottenuta grazie alla nuvola di punti mediante software AutoCad. Anche in questa sezione sono mostrati gli ambienti delle cantine, in particolare quelle a lato nord (W,J)

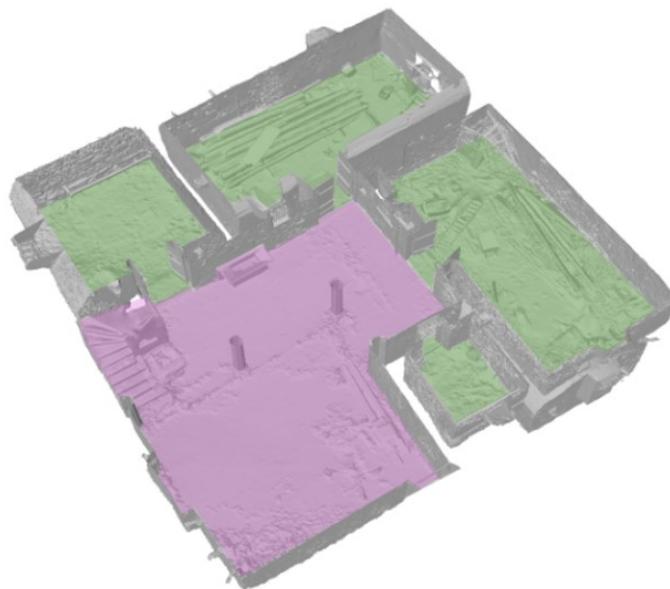


Figura 98. Modello 3D piano cantine ottenuto mediante il software Geomagic. In verde sono evidenziati gli ambienti appartenenti al nucleo medievale, mentre in viola è evidenziata l'aggiunta rinascimentale del porticato

4.3.5 Il tetto

Il tetto, di recente consolidamento, sopra le orditure in legno è rivestito con le tipiche lastre di pietra naturale che caratterizzano i tetti, chiamate “piode”. L'uso del materiale lapideo è successivo a quello delle scandole in legno, che venivano giustapposte per ottenere una copertura continua isolante e impermeabile.³⁵



Figura 99. Piode che rivestono il tetto dell'edificio. Fotografia scattata durante il rilievo

³⁵ G. Origi, A. Gelmini, C. Del Barba, *Cultura del costruire e dell'abitare in Valtellina*, Alpinae Space, Ente Regionale Per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste

5. ELABORAZIONE GRAFICA DELLA PROPOSTA DI RIUSO

In questo capitolo si tratta come, a partire dal materiale bidimensionale e tridimensionale ricavati (quali piante, prospetti e sezioni e la nuvola di punti dell'intero palazzo), si è proceduto ad elaborare una proposta di riuso dell'edificio oggetto di tesi attraverso una restituzione 3D. Questa proposta è stata concepita assieme alla proprietaria di Casa Besta De' Gatti e ai ricercatori che collaborano al progetto *“Le radici di una identità - Temi, strumenti e itinerari per la (ri)scoperta del mandamento di Sondrio tra preistoria e medioevo”*³⁶, includendo attività e funzioni che il comune di Chiuro ha interesse ad incentivare.

Nello specifico sono state elaborate due proposte di riuso differenti, nell'ambito di due tesi di laurea sul medesimo edificio, con esiti differenti: la prima riguarda principalmente l'inserimento di una piccola cantina vinicola, che si propone di far conoscere l'attività di produzione e conservazione del vino al pubblico. A supporto di questa attività si è pensato di inserire spazi di degustazione, ristorazione e ricezione per i visitatori.

La seconda, invece, si concentra principalmente sulla funzione dell'edificio come struttura ricettiva, comprensiva di zona ristorazione e di un'area benessere.

Entrambe le proposte sono state pensate e sviluppate parallelamente, nell'ottica di una possibile futura integrazione tra loro; per tale motivo sono state effettuate scelte grafiche simili al fine di facilitare sia la lettura degli elaborati, sia l'eventuale unione delle funzioni.

5.1 Analisi distributiva degli spazi della proposta di riuso come struttura ricettiva

Come prima cosa si è proceduto con un'analisi degli spazi, finalizzata all'inserimento delle attività proposte. Ciò è stato fatto sulla base degli

³⁶ *Il centro storico di Chiuro: Un laboratorio di architettura*, Bando “Emblematici maggiori” 2017 – Fondazione Cariplo - Progetto LE RADICI DI UNA IDENTITA' – TEMI, STRUMENTI E ITINERARI PER LA (RI)SCOPERTA DEL MANDAMENTO DI SONDRIO TRA PREISTORIA E MEDIOEVO.

elaborati bidimensionali, cercando di mantenere quanto più possibile inalterata la preesistenza e allo stesso tempo cercando di rispondere alle nuove necessità funzionali.

In questo elaborato viene trattata una proposta di riuso di Casa Besta De' Gatti volta all'inserimento di un'attività ricettiva con spazio ristorativo e area benessere.

Questa scelta è stata maturata soprattutto a partire dal PGT (Piano di Governo del Territorio) del Comune di Chiuro³⁷. All'interno del documento inerente alla descrizione dello sviluppo del territorio e delle strategie di pianificazione locale infatti, si tracciano gli obiettivi che il Documento di Piano si propone di perseguire. Tali scopi vertono alla corretta gestione del territorio in linea con i principi di partecipazione della popolazione alle scelte strategiche, con l'attenzione per le esigenze socio-culturali e per la sostenibilità e lo sviluppo ambientali.

In particolare viene fatto riferimento al ruolo strategico che Chiuro potrebbe svolgere rispetto al capoluogo e alla Media Valtellina come "Città del vino". Inoltre il piano è volto alla tutela e allo sviluppo delle attività turistiche, esercitata anche attraverso il recupero di edifici dismessi a funzione sociale e turistica.

Da un'analisi delle strutture ricettive del comprensorio della Media Valtellina, e in particolare di Chiuro e delle zone limitrofe, è emersa una scarsa presenza di strutture ricettive di livello, in grado di offrire servizi e di incentivare tutte quelle forme di turismo che il naturale territorio sarebbe in grado di ospitare: dall'escursionismo, al turismo di charme. Proprio per questo motivo la scelta è stata orientata verso un'idea di struttura che potesse essere il più possibile versatile, al fine di offrire insieme ai servizi di base, anche servizi di lusso e benessere.

³⁷Relazione generale del Piano di Governo Territoriale – Comune di Chiuro, PGT approvato con delibera C.C.n.32 dell'8 maggio 2009, settembre 2014

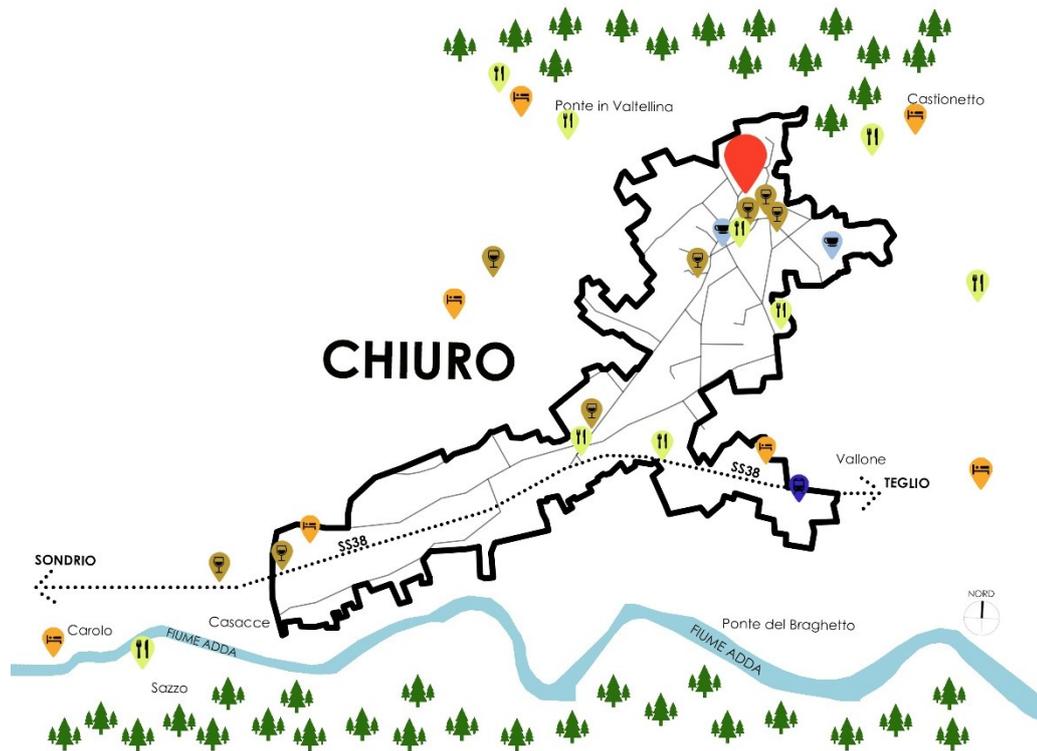


Figura 100. Mappa di Chiuro. In arancione sono segnalate le attività ricettive, in giallo quelle ristorative, in azzurro bar e caffè e in marrone le aziende vinicole presenti nel comune

Per ampliare il più possibile lo spettro dell'utenza, i servizi extra e i luoghi di benessere sono stati pensati per accogliere non solo gli ospiti della struttura ma anche clienti esterni interessati solo a quel particolare servizio (ristorante, caffetteria e SPA).

Tutti i piani dell'edificio sono quindi stati destinati a funzione alberghiera, tranne che per il piano cantine, per il quale è stata pensata la zona ristorativa. È stato inoltre aggiunto un altro piano interamente interrato, comunicante con la cantina al piano -2. Esso sarà opportunamente collegato mediante ascensore con il giardino e con il resto dell'edificio ed ospiterà la zona benessere e un parcheggio attiguo a via Opifici. Il parcheggio avrà anche funzione di ingresso secondario ed accesso per i disabili.

Le funzioni elencate fino ad ora descrivono come gli spazi siano stati riadattati per le varie attività: ciò è stato fatto tenendo sempre come priorità il rispetto della preesistenza. Anche per questo motivo si è scelto di collocare tutti gli spazi accessori come cucine, reception per SPA e spogliatoi, in blocchi aggiuntivi esterni al palazzo al fine di evidenziare la loro giustapposizione alla struttura originale.

Gli interventi di maggiore rilievo previsti all'interno dell'edificio hanno riguardato i collegamenti verticali: è stato rimosso il corpo scale novecentesco per ricavare uno spazio in più in ogni piano ed è stato inserito un ascensore di fronte al vano scala cinque/seicentesco, per collegare tutti i piani.

Per ottimizzare la distribuzione delle camere inoltre, sono stati eliminati solamente i tramezzi aggiunti nel corso dei vari rimaneggiamenti più recenti, al fine di tenere il più inalterata possibile la conformazione originale dello stabile.

5.1.1 Struttura alberghiera

Al piano terra di Casa Besta De Gatti sono state inserite le zone di accoglienza e ristoro sui due ingressi di via Rusca, quali una reception (32m²) e una caffetteria di 53m² (a supporto degli ospiti e clientela esterna). Sullo stesso piano è stata anche posizionata la prima delle quattro suite (58m²).

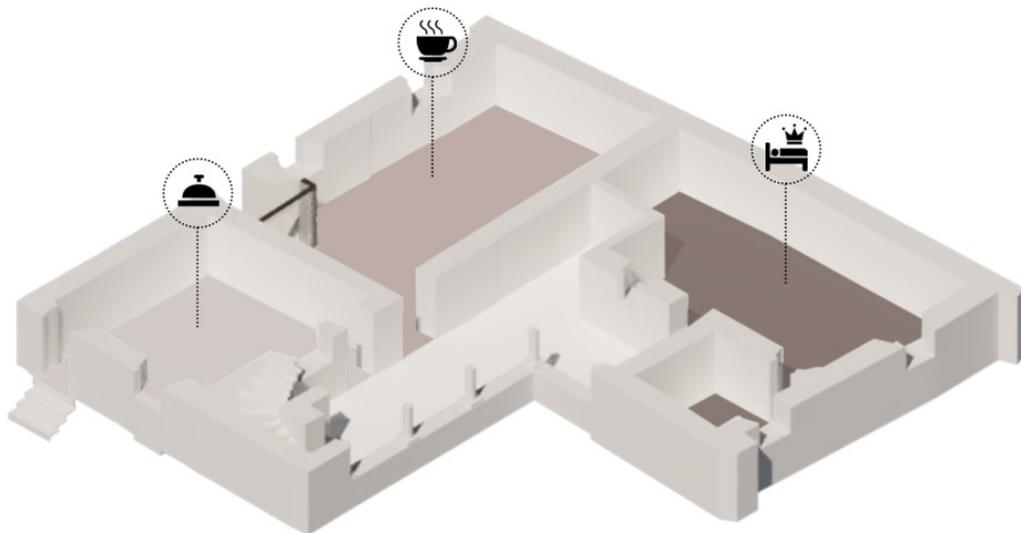


Figura 101. Spaccato assonometrico dello schema distributivo del piano terra

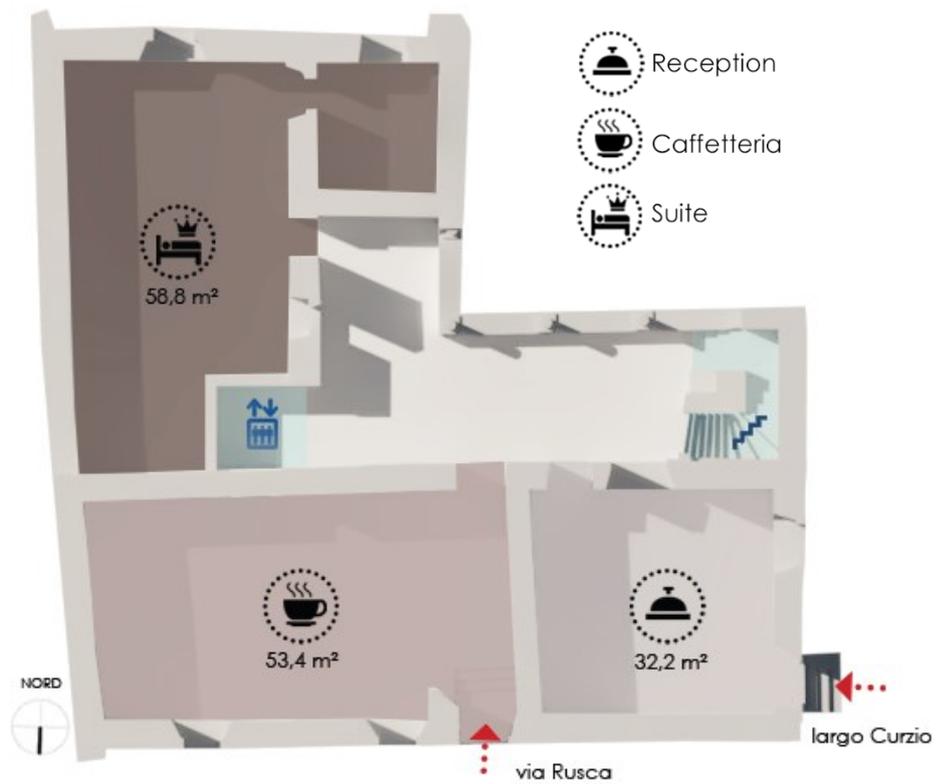


Figura 102. Schema distributivo in pianta piano terra in cui sono evidenziati i due accessi: uno su via Rusca dal quale si accede alla zona caffetteria, l'altro su Largo Curzio dal quale si accede alla reception

Salendo al primo piano si trovano tre camere di circa 30m² ciascuna e una suite/appartamento di 70m².

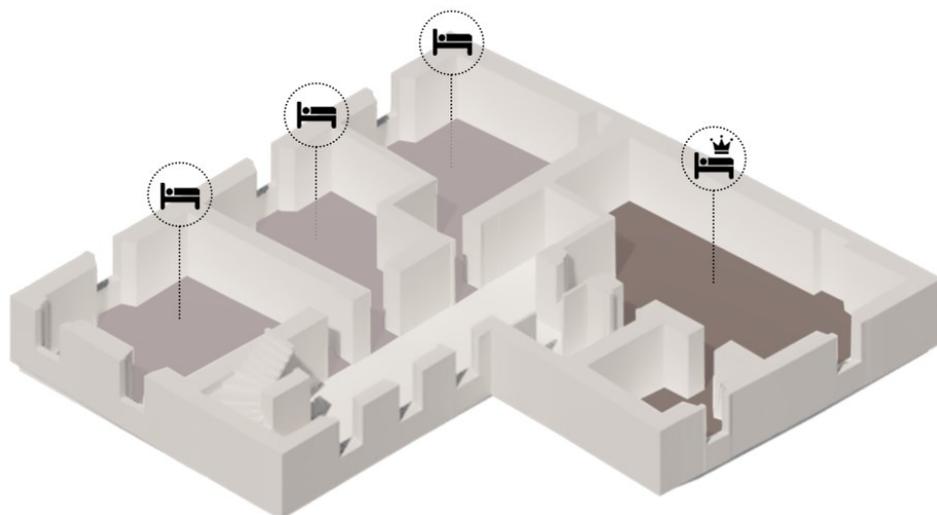


Figura 103. Spaccato assometrico dello schema distributivo del piano primo

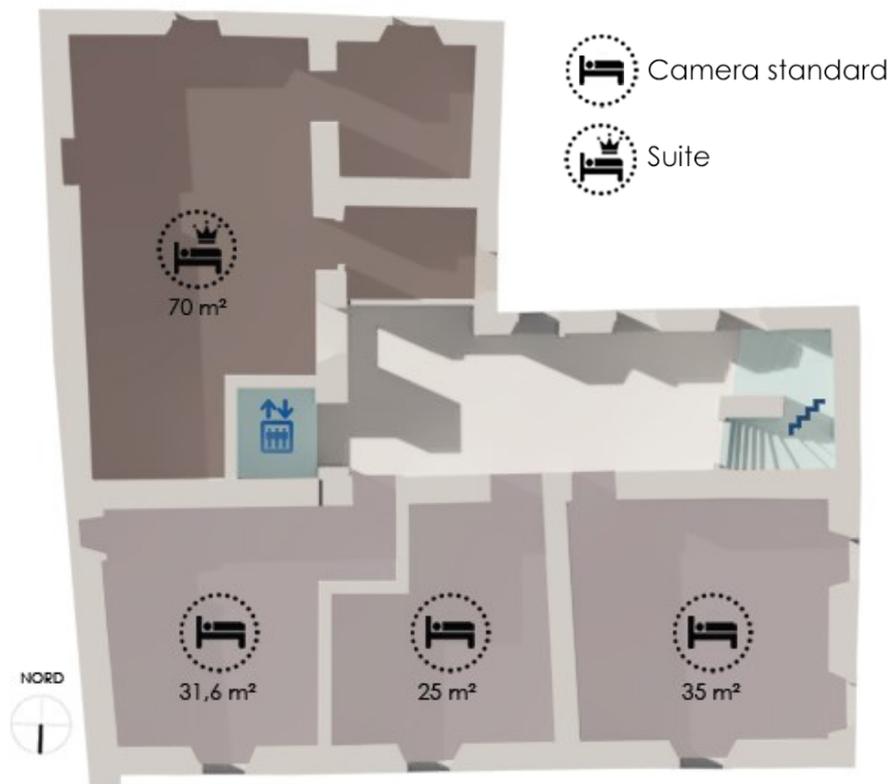


Figura 104. Schema distributivo in pianta del primo piano

Al piano secondo, in affaccio su via Rusca, sono state ricavate tre junior-suite soppalcate, inserendo in ciascuna un corpo scala, che includono all'interno della camera il piano sottotetto, rispettivamente di circa 42 m², 51,8 m² e 58,4 m².

Sempre sullo stesso piano si è ottenuta la terza suite di 72 m² che si affaccia sul giardino: l'ambiente a doppia altezza è stato diviso in due piani in modo tale da consentire di ricavare al piano sottotetto l'abitazione del custode, di circa 82 m².

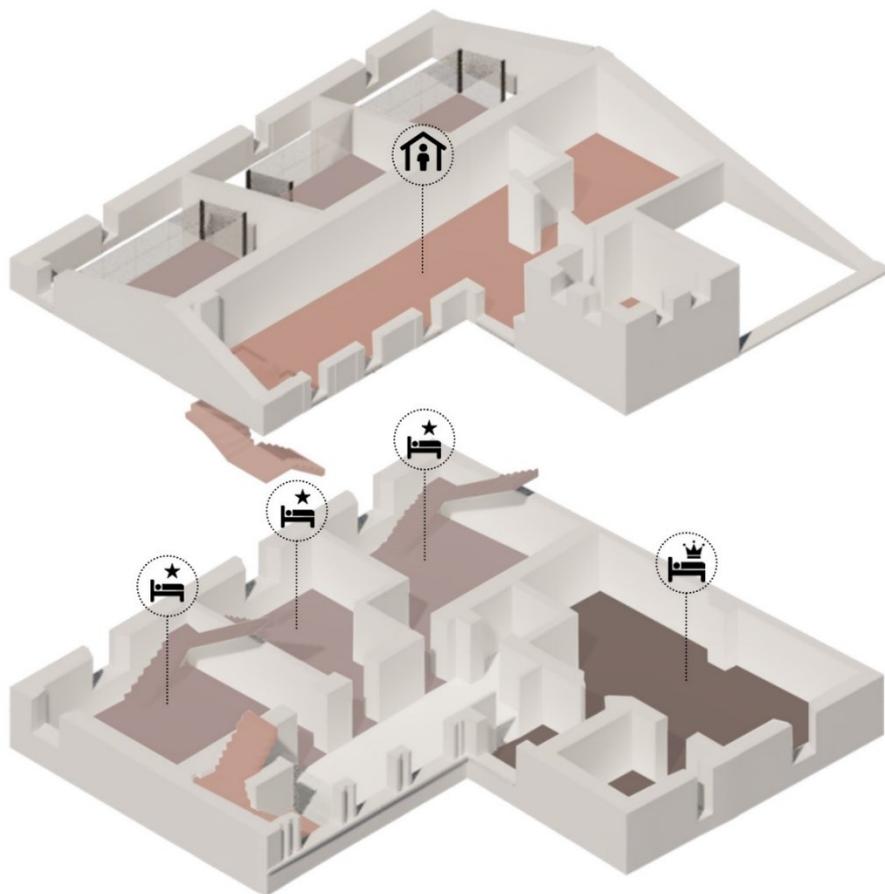


Figura 105. Spaccati assometrici degli schemi distributivi dei piani secondo e sottotetto

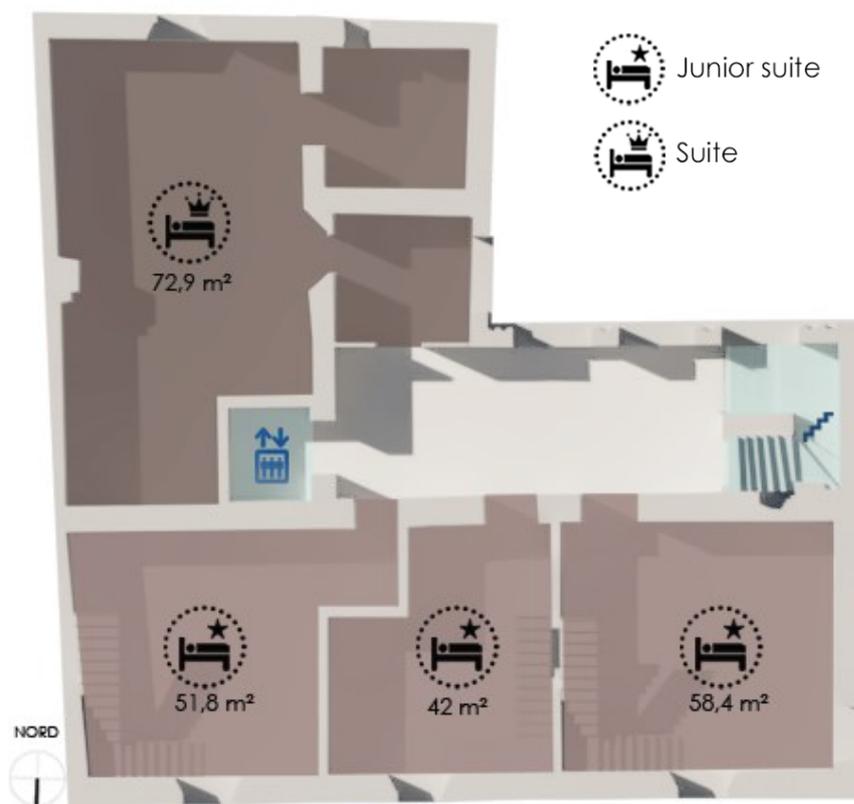


Figura 106. Schema distributivo in pianta del secondo piano

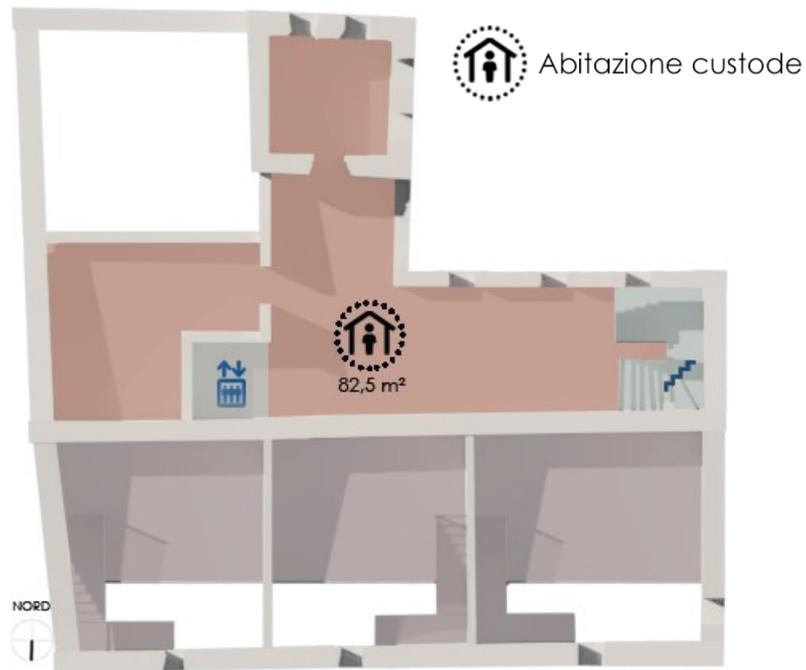


Figura 107. Schema distributivo in pianta del piano sottotetto

5.1.2 Il ristorante

L'attività ristorativa è stata pensata nell'intero piano cantine, sfruttando tutti gli ambienti come sale ricevimento, in cui son stati ricavati circa 20 m² di servizi. Il comparto cucine (34 m²), è stato pensato come blocco esterno di nuova costruzione e reso comunicante con una delle sale. Questo è stato leggermente sovradimensionato al fine di offrire servizio per circa 60 persone e di comprendere gli spazi di servizio per il personale.

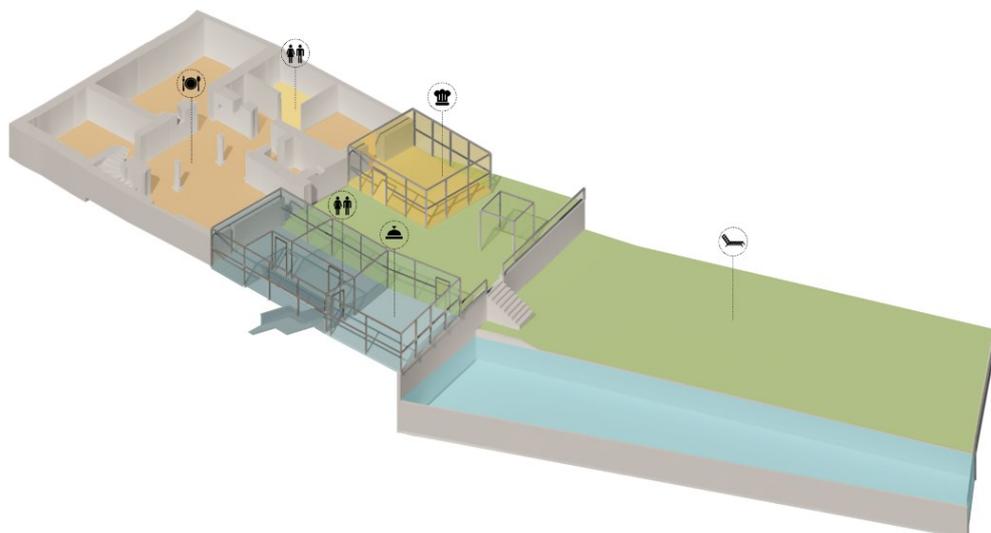


Figura 108. Schema distributivo analisi funzionale piano cantine. In giallo e arancione è evidenziata l'area dedicata alla ristorazione

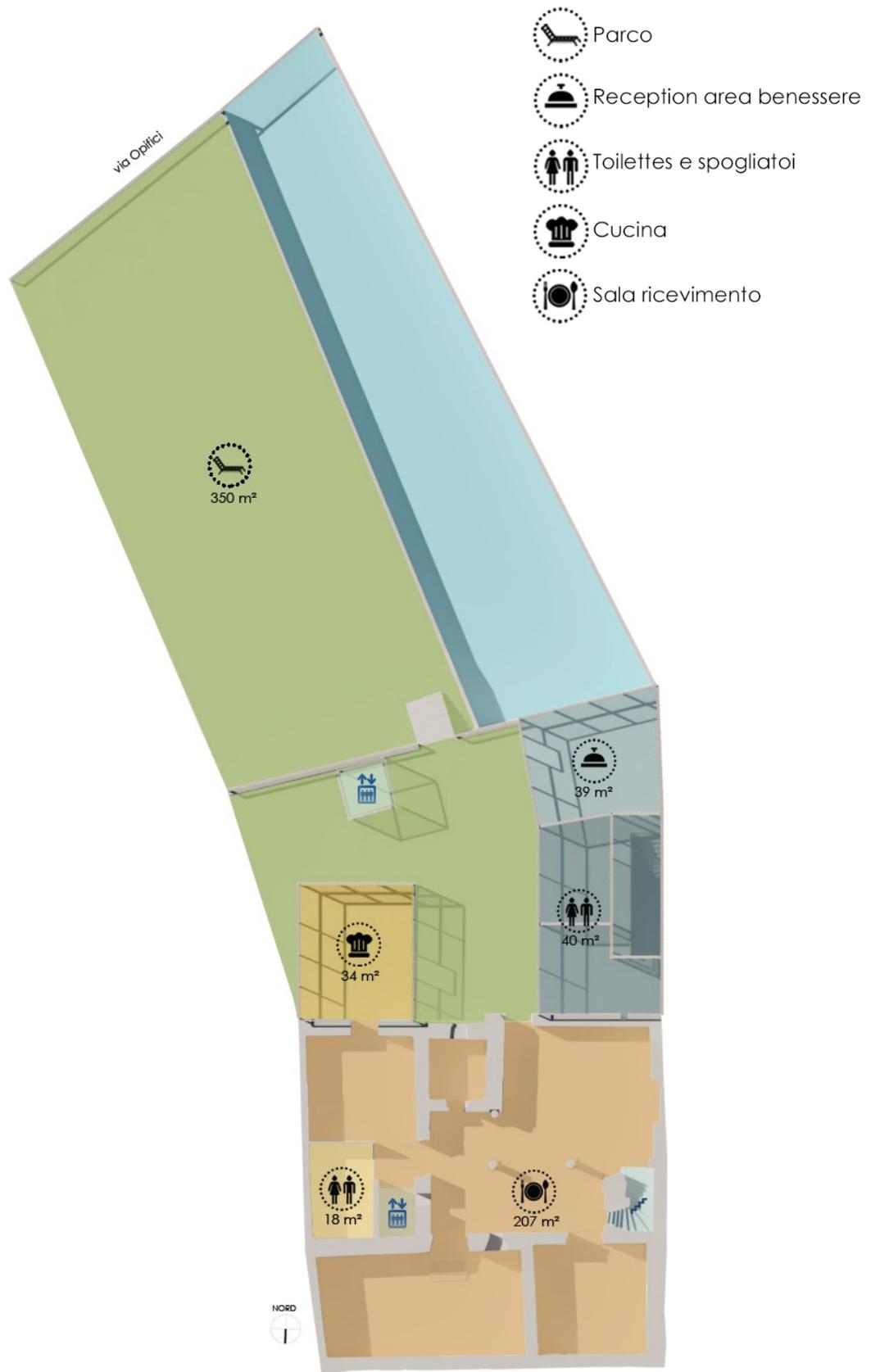


Figura 109. Schema distributivo in pianta del piano cantine con area ristorante, spa e giardino con piscina

5.1.3 Area benessere

Alla zona benessere, di 300 m², situata nel nuovo piano interrato, si accede o mediante ascensore comunicante con l'albergo oppure mediante scala dal secondo blocco collocato in giardino (come si può vedere nelle figure 108 e 109): questo comprende uno spazio reception di 39 m² e un comparto spogliatoi e servizi di 40 m², pensato per accogliere circa 30 persone.

Quest'area è stata concepita per contenere piscina con idromassaggio, percorso cardiovascolare, il classico bagno turco (100% di umidità), caldarium (medio-alta umidità), sauna finlandese (sauna secca), sanarium (sauna umida), un'ampia zona relax e un'area massaggi.

A supporto di questa attività si è previsto di collocare nel giardino un'ampia piscina interrata, utilizzabile sia in estate che in inverno (con acqua calda).

5.1.4 Parcheggio

Il parcheggio (350 m²) è stato dimensionato per contenere una decina di auto e, come anticipato sopra, rende accessibile le varie attività anche da via Opifici. Tramite ascensore si può quindi raggiungere il giardino in prossimità dei vari accessi a SPA e ristorante.

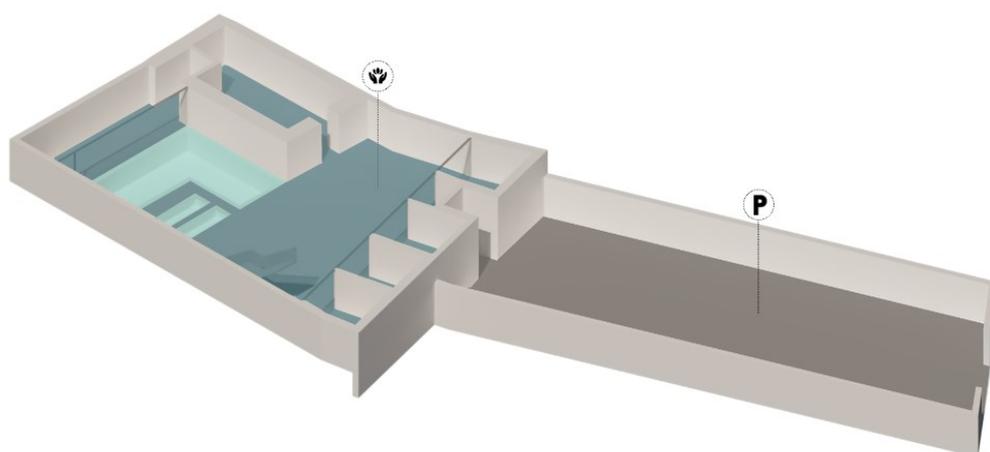


Figura 110. Schema distributivo analisi funzionale piano interrato. In blu la zona SPA e in grigio l'area parcheggio.

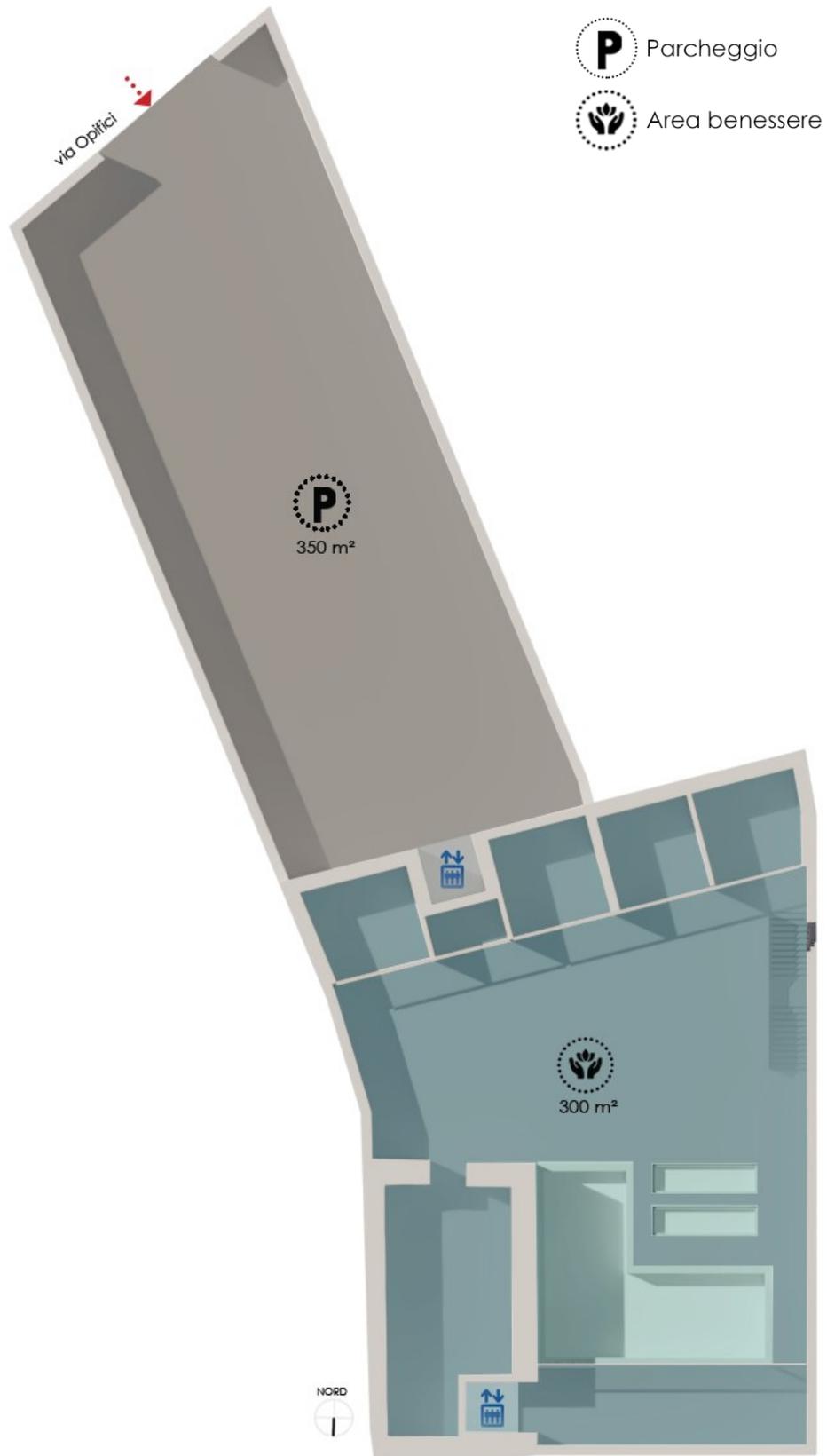


Figura 111. Schema distributivo in pianta del piano interrato con zona SPA e parcheggio. La freccia rossa sta ad indicare il punto d'accesso su via Opifici

5.2 Dal 2D al 3D: modellazione degli schemi distributivi

Gli schemi distributivi appena mostrati sono stati realizzati attraverso una modellazione 3D mediante il software Revit di Autodesk, un programma CAD e BIM che consente la progettazione con elementi di modellazione parametrica e di disegno.

Uno dei punti di forza di Revit è quello di poter generare con estrema facilità viste prospettiche o assonometriche, che richiederebbero notevoli sforzi nel disegno manuale, come ad esempio spaccati prospettici ombreggiati. Altra caratteristica di estrema importanza è quello di costruire il modello utilizzando elementi costruttivi, mentre in altri software analoghi la creazione delle forme è svincolata dalla funzione costruttiva e strutturale.

La possibilità di modellare attraverso diversi livelli di quota ha facilitato notevolmente l'inserimento dei nuovi spazi e dei nuovi elementi costruttivi, come ad esempio il piano interrato che ospita parcheggio e area benessere. Si è deciso di rappresentare gli schemi di analisi funzionale tramite spaccati assonometrici dei vari piani, che consentono una lettura più facile sia degli ambienti che delle proporzioni tra le varie dimensioni. La modellazione è stata effettuata a partire dalle piante dei vari piani dell'edificio, che sono state importate all'interno del software in formato .dwg. In questo modo è stato possibile rappresentare le irregolarità degli elementi costruttivi, ricalcando ed estrudendo le linee degli elaborati bidimensionali al fine, non solo di restituire un modello il più vicino possibile alla realtà, ma anche di riutilizzarlo nella fase successiva di elaborazione di viste renderizzate.

I vari piani così modellati e completati dei nuovi elementi costruttivi, sono poi stati renderizzati per ottenere il modello finale, visibile nelle figure 129 e 133.

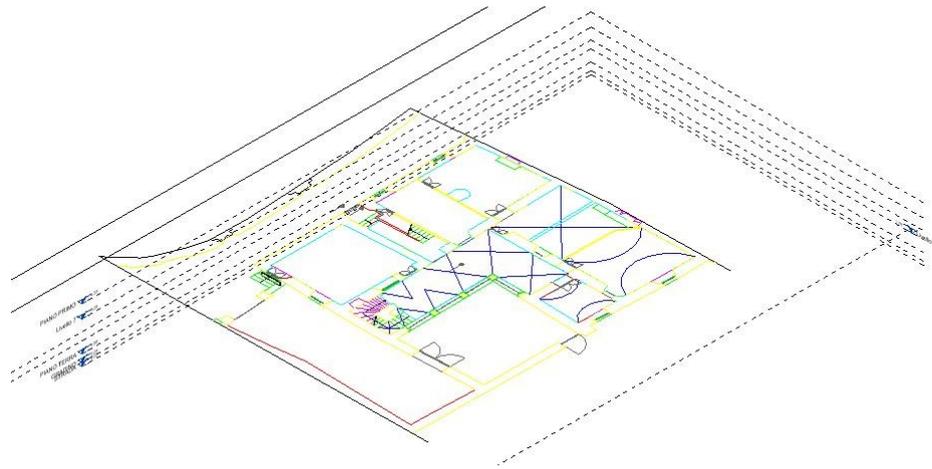


Figura 112. Esportazione delle piante nel software Revit di Autodesk

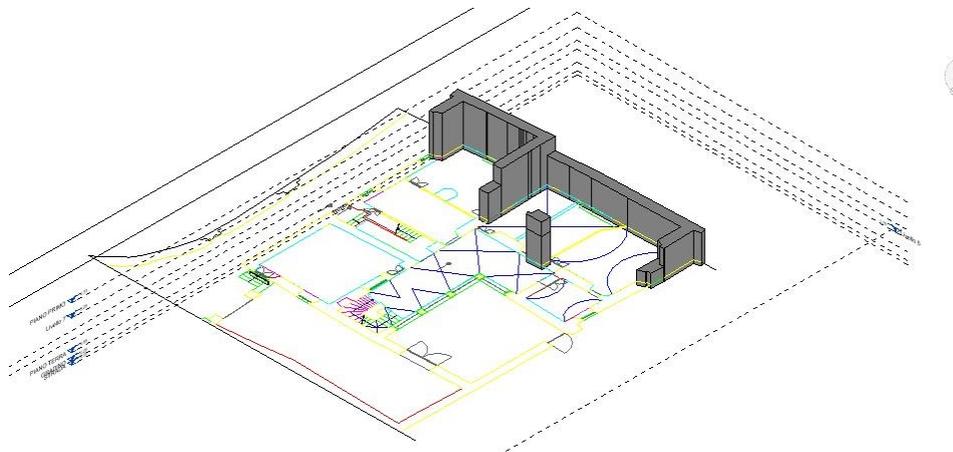


Figura 113. Modellazione dei muri mediante estrusione delle linee di pianta.

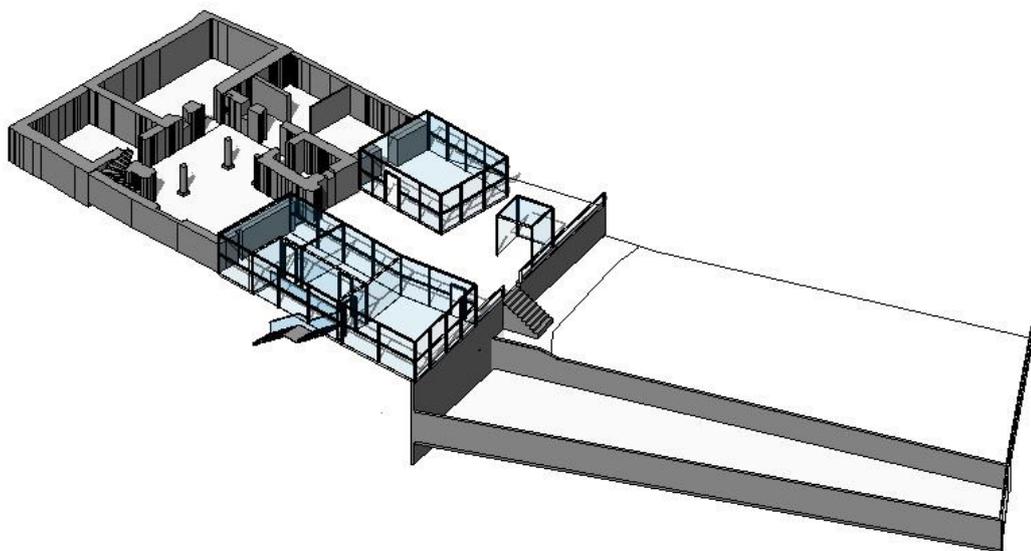


Figura 114. Aggiunta dei collegamenti verticali, dei pavimenti e dei nuovi elementi costruttivi.

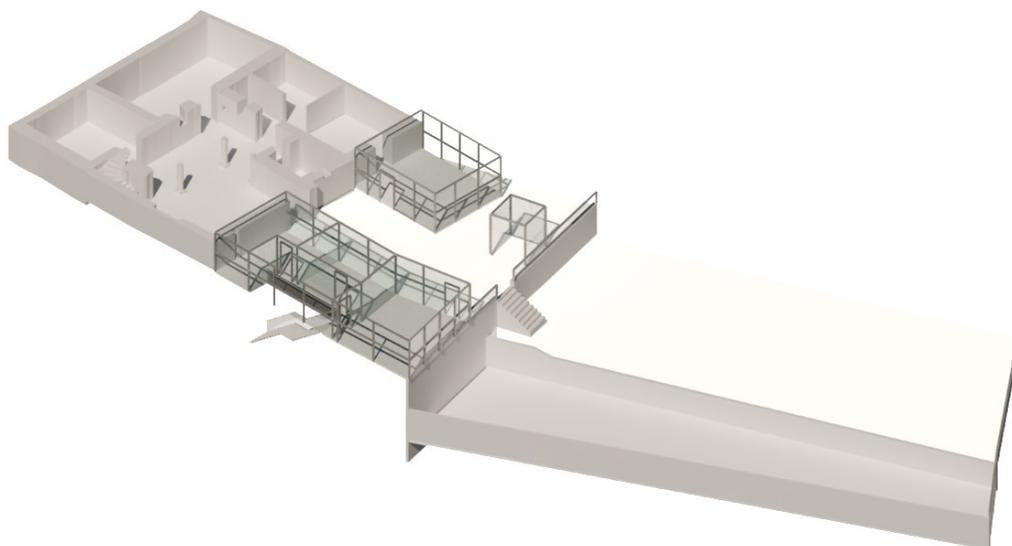


Figura 115. Render piano cantine

5.3 3D: modellazione di viste renderizzate

Come ultima fase di elaborazione grafica si è deciso di realizzare due viste renderizzate degli ambienti più significativi della proposta di riuso, cercando di sfruttare il più possibile il modello 3D ottenuto dalla nuvola di punti, al fine di integrarlo nella nuova vista realistica.

In questo caso si è scelto di rappresentare una vista di un prototipo di camera standard e una di un prototipo di suite.



Figura 116. In figura sono rappresentati gli ambienti che sono stati studiati per le viste render: a sinistra la suite del piano terra, a destra un prototipo di camera standard del primo piano

La scelta di produrre queste immagini è dovuta al fatto che la rappresentazione con qualità fotorealistica consente di passare, dal punto di vista del progettista, dal tradizionale processo “penso, rappresento ed infine (al massimo) pre-vedo” al concetto “mano a mano che lo concepisco, vedo l’oggetto che sto creando come apparirà nella realtà”. Dal punto di vista del fruitore finale invece, la visualizzazione ombreggiata in tempo reale, consente di percepire l’immagine della scena digitale esattamente come una scena reale. Questo tipo di realizzazione rende rapidamente un insieme di dati scientifici un mezzo efficace per la loro comunicazione e disseminazione, anche all’utente meno esperto.³⁸

5.3.1 Dalla nuvola di punti alle mesh poligonali

Per sfruttare la nuvola di punti nella modellazione delle viste renderizzate, si è reso necessario estrapolare alcune parti della nuvola di punti quali, le volte, alcune pareti e alcuni ambienti interni, al fine di integrarli con il modello realizzato con il software Revit. Le esportazioni degli elementi originali dal programma Cyclone hanno previsto una precedente “pulitura” della nuvola stessa, volta alla selezione delle sole parti di interesse.

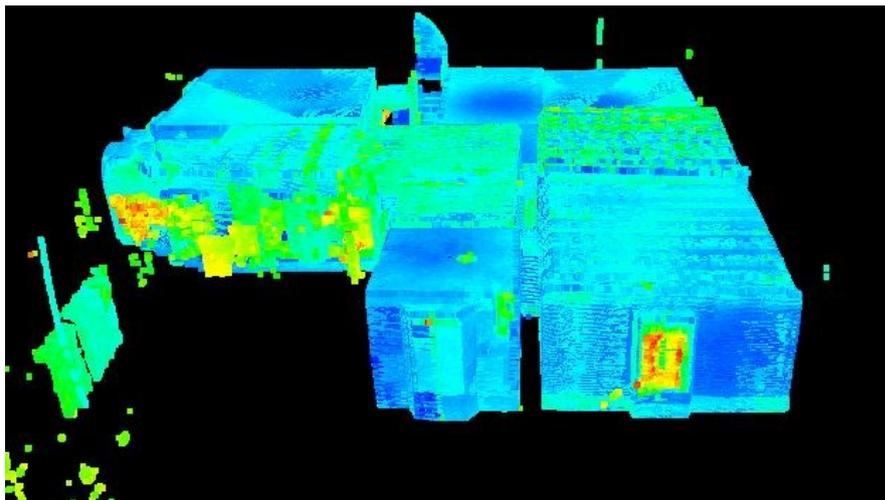


Figura 117. Nuvola di punti da laser scanner terrestre prima della pulitura

³⁸ M. Gaiani, *Metodi di fruizione di modelli 3D digitali dalla scala dell’oggetto a quella della città con dispositivi a differente livello di iconicità e facilità di interazione*, Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell’architettura e della città, Gangemi editore, 2007

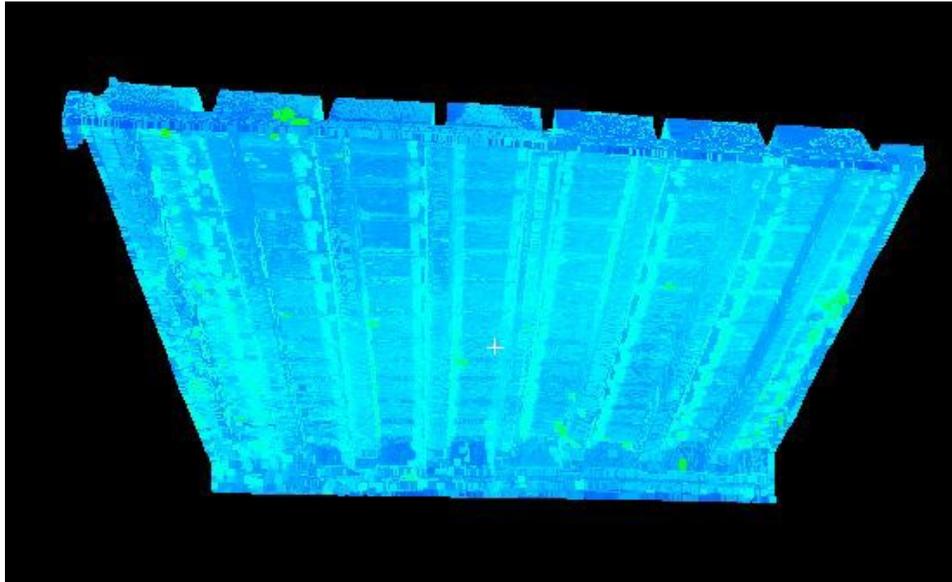


Figura 118. Nuvola di punti pulita del soffitto a cassettoni

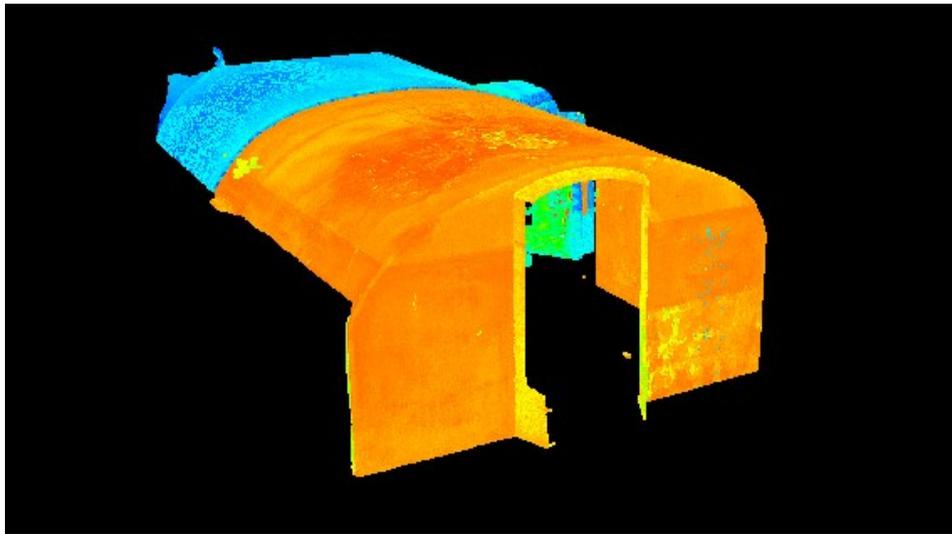


Figura 119. Nuvola di punti pulita dell'ambiente con soffitto voltato al piano terra

Successivamente le selezioni sono state esportate in formato .ptx ed importate nel software Geomagic Design: questo programma tra le sue varie funzioni comprende quella di trasformare una nuvola di punti in modelli poligonali 3D, attraverso un processo di triangolazione dei punti stessi. Una volta avvenuta l'importazione, si è proceduto ad un affinamento della pulitura della nuvola, che è stata poi esportata dopo aver impostato il numero di poligoni della geometria da ottenere.

Poi è stato settato un valore di campionamento pari a 1/16, compreso in un range che va da 1/64 a 1/1 (rispettivamente il valore più basso e più alto di precisione): così è stato possibile lavorare con file, da elaborare successivamente, che fossero allo stesso tempo precisi e non troppo pesanti. In seguito è stata costruita una mesh HD ed esportata in formato .dxf, compatibile con il software Rhinoceros utilizzato per la fase successiva.

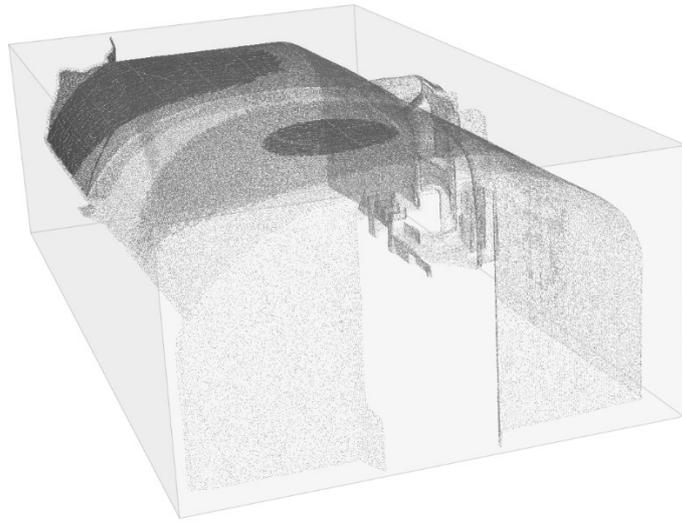


Figura 120. Nuvola di punti importata sul programma Geomagic Design

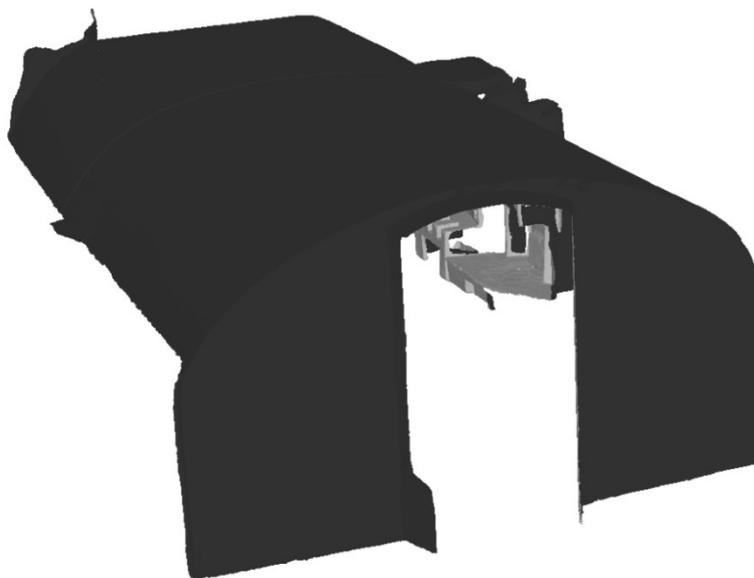


Figura 121. Mesh costruita con il software Geomagic Design

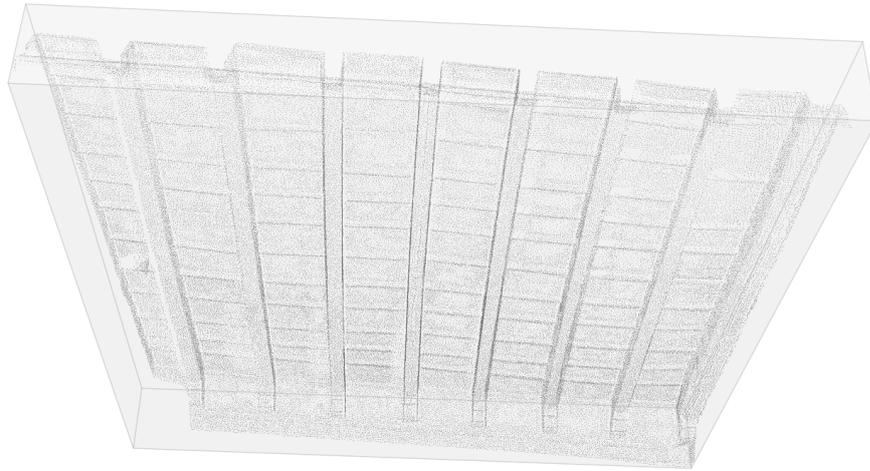


Figura 122. Nuvola di punti soffitto a cassettoni esportata su Geomagic Design

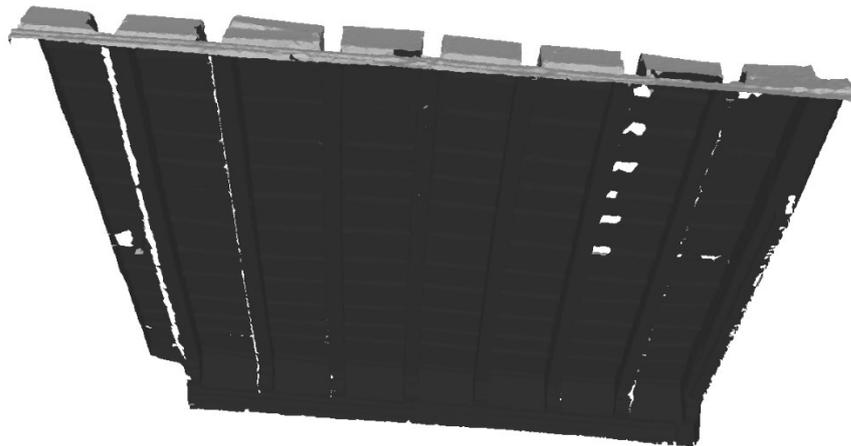


Figura 123. Mesh del soffitto a cassettoni costruita con Geomagic Design

5.3.2 Unione delle mesh e realizzazione delle viste

Una volta esportati le mesh poligonali degli elementi appartenenti al modello originale dal software Geomagic e il modello tridimensionale della proposta di riuso realizzato con il programma Revit, essi sono stati uniti e integrati all'interno del software Rhinoceros 6: un programma molto versatile nella modellazione di geometrie 3D.

A partire dall'unione di queste due importazioni si è proceduto con la modellazione delle varie scene da rappresentare.

Infine, attraverso il programma V-Ray, sono stati assegnati i materiali ai vari elementi all'interno delle viste e studiate le condizioni di illuminazione: la suite è stata renderizzata in orario notturno, mentre la camera standard con scenario diurno.



Figura 124. Importazione su Rhino della mesh

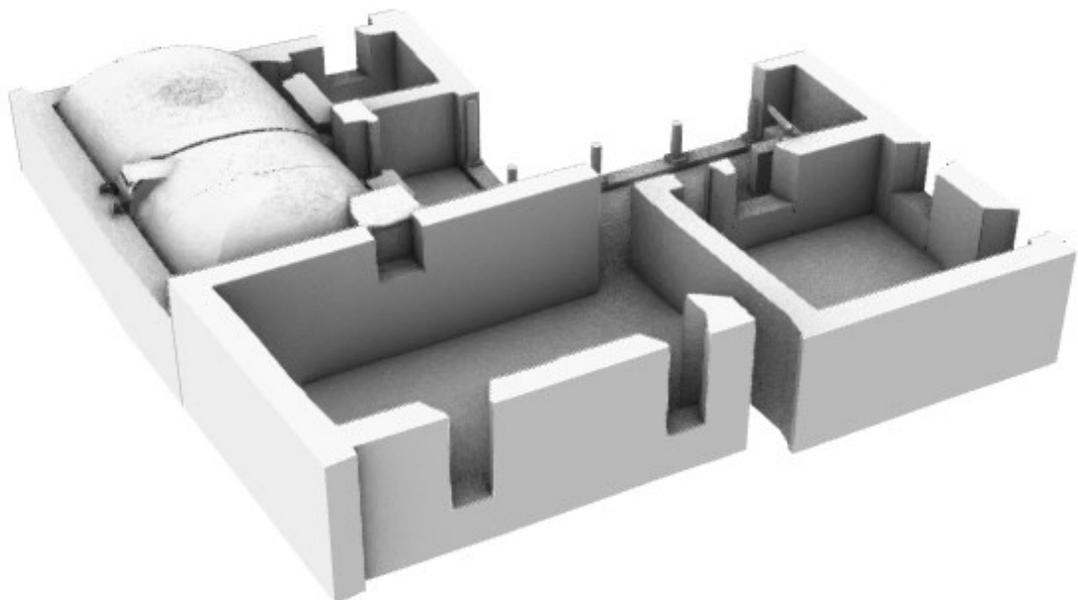


Figura 125. Unione mesh e modello 3d modellato con Revit

PROTOTIPO DI SUITE:



Figura 126. Vista interna del prototipo di suite da renderizzare con Rhinoceros



Figura 127. Pianta arredata dell'ambiente



Figura 128. Vista prospettica di modellazione della suite comprensiva dei nuovi elementi costruttivi e degli arredi texturizzati



Figura 129. Vista finale renderizzata con scenario notturno del prototipo di suite al piano terra

PROTOTIPO CAMERA STANDARD:

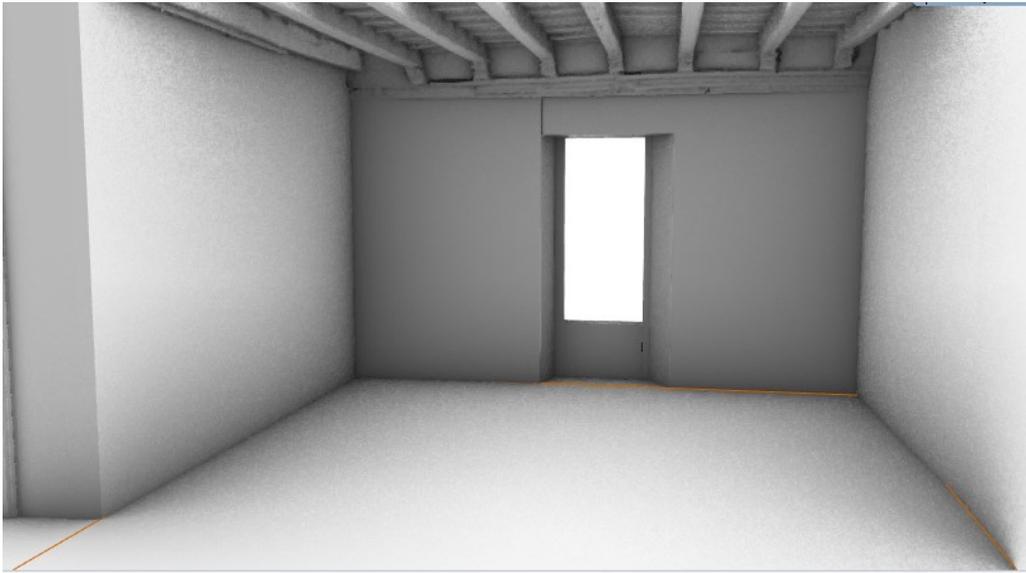


Figura 130. Vista interna del prototipo di camera da renderizzare

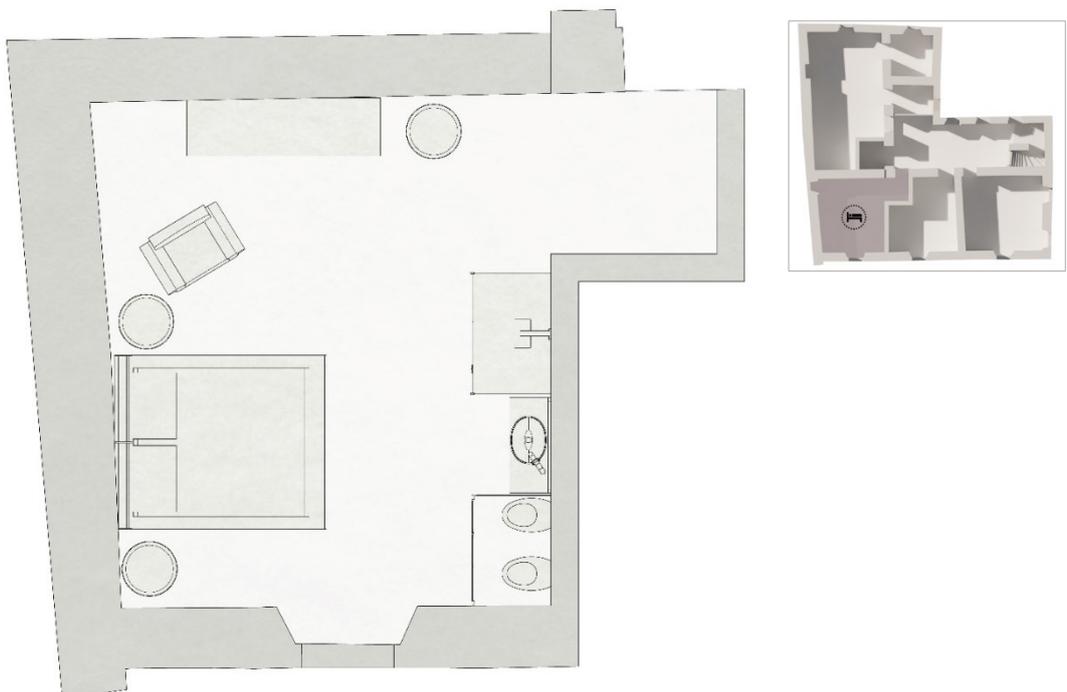


Figura 131. Pianta arredata dell'ambiente camera standard



Figura 132. Vista prospettica di modellazione della camera comprensiva dei nuovi elementi costruttivi e degli arredi texturizzati



Figura 133. Vista finale renderizzata del prototipo di camera al primo piano

6. CONCLUSIONI

Il laser a scansione è uno strumento efficace in numerosi ambiti applicativi, soprattutto in quei casi in cui è richiesta rapidità e completezza nella raccolta di misure tridimensionali e informazioni geometriche. Ciò è favorito anche dalla molteplicità di strumenti disponibili sul mercato, diversificati per risoluzione, portata, tecnologia di misura con diversi tempi di scansione e accuratezze.

Il lavoro di rilievo svolto in questa tesi ha così consentito di ottenere il modello 3D dell'intero edificio, comprensivo degli spazi interni ed esterni: in questo modo si sono potuti consultare in ogni momento tutti i dati del rilievo senza la necessità di recarsi nuovamente sul luogo.

Il modello 3D ha permesso non solo di ricavare precisi elaborati 2D dello stato di fatto, ma è stato lo strumento di partenza e (soprattutto) di confronto per la produzione di tutti gli elaborati tridimensionali.

La modellazione in tre dimensioni e la continua analisi del progetto rappresentato hanno consentito di lavorare direttamente con il volume dei corpi dello spazio geometrico, di avere una coscienza globale di quanto progettato e di osservare e studiare gli oggetti da ogni possibile punto di vista e angolazione.

In particolare la fase di produzione di viste renderizzate ha permesso di progettare gli spazi nello stesso momento in essi cui son stati concepiti e di vederli direttamente come sarebbero apparsi in realtà.

Tali caratteristiche, proprie di questo tipo di modellazione, rendono l'insieme di dati scientifici un mezzo efficace per la loro comunicazione e disseminazione, anche per gli utenti meno esperti.

Tuttavia un limite che si è riscontrato con l'utilizzo di questa tecnologia è rappresentato dalla fase di gestione dei dati e dalla produzione degli elaborati finali. Infatti durante le operazioni di rilievo e di data processing, nonostante si siano potute sperimentare l'enorme velocità di acquisizione dei dati (rispetto alle normali tecniche di rilievo) e la quantità di informazioni raccolte proprie di questa strumentazione, è risultata evidente la necessità di un pesante intervento da parte dell'operatore nella gestione dei dati in presenza

delle geometrie più complesse. A conseguenza di ciò si sono riscontrati un allungamento dei tempi di elaborazione e la necessità di hardware e software che fossero in grado di gestire tale mole di informazioni.

Inoltre ai fini di una rappresentazione del manufatto con strumenti standard, come ad esempio il CAD per la produzione di piante, prospetti e sezioni, l'acquisizione dei dati ottenuti mediante il laser scanner risulta sovradimensionata, con una conseguente "perdita" di dati in fase di elaborazione.

La seconda parte di questo lavoro si è concentrata sull'elaborazione di una proposta di riuso di Casa Besta De' Gatti, come struttura ricettiva, comprensiva di area ristorazione e zona benessere. Tale proposta è stata studiata in una fase preliminare di elaborazione grafica, nonostante ne sia stata verificata la fattibilità sia con i proprietari dello stabile che con i ricercatori che collaborano al progetto. Infatti sia le attività proposte in questo elaborato che quella trattata dalla tesista che ha collaborato al rilievo del palazzo, si inseriscono fra le azioni volte al perseguimento degli obiettivi che il Comune di Chiuro si propone di conseguire, per quanto concerne il ruolo strategico del paese come "Città del vino" e la tutela e lo sviluppo delle attività turistiche attraverso il recupero degli edifici dismessi.

A seguito di queste considerazioni, lo sviluppo successivo di questa proposta dovrebbe tenere in considerazione lo studio e l'analisi di tutti quei fattori di cui non si è tenuto conto nella redazione di questo elaborato, per portare il progetto preliminare ad una fase più approfondita: come ad esempio i costi di realizzazione e di gestione, l'insieme degli interventi strutturali e di impiantistica e di tutte le soluzioni tecnologiche innovative da adottare rispondenti alle nuove esigenze espresse dalle direttive europee in materia di prestazioni energetiche.

BIBLIOGRAFIA

- A.Bombardieri Della Ferrara, *Chiuro*, Biblioteca comunale Luigi Faccinelli, 1989
- U. Cavallari, *L'estimo di Chiuro nel 1504* in Bollettino della Società Storica Valtellinese, Sondrio, 1961
- M.A. Carugo, *Cenni storici su Chiuro (dalle origini alla dominazione grigiona)*, Ed. Banca Piccolo credito valtellinese, Sondrio, 1982
- G.Baruta, *Correva l'anno 1816: a Chiuro arrivò la patata*, BSSV N-69, 2016, pag.137-143
- G.Giacomoni, *Alla scoperta del borgo storico di Chiuro*, in Rassegna Economica della provincia di Sondrio, settembre 1968
- G.Origgi, A. Gelmini, C. Del Barba, *Cultura del costruire e dell'abitare in Valtellina*, Alpinae Space, Ente Regionale Per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste
- G. Menini, *Valtellina e Valchiavenna. Ricorrenze e discontinuità per un'architettura in cerca di identità*
- G.Origgi, A. Gelmini, C. Del Barba, *Cultura del costruire e dell'abitare in Valtellina*, Alpinae Space, Ente Regionale Per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste
- D.Benedetti, *Il segno dell'uomo nel paesaggio: Società e ambiente di Valtellina e Valchiavenna*, Sondrio, Cooperativa editoriale Quaderni valtellinesi, 2000
- T.Forni, *La dimora rurale e le sue testimonianze*, in *Beni culturali della Comunità Montana Valtellina di Sondrio*, a cura della Comunità Montana Valtellina di Sondrio, Sondrio, Comunità Montana Valtellina di Sondrio, 2004
- D.Benedetti, *Cenni sui paesaggi e le dimore rurali in Valtellina e Valchiavenna*, in *La dimora rurale alpina: le baite: atti del convegno tenuto a Bormio il 12-13 giugno 1992*, s.l., s.n., 1993

- G. Angelini, *I palazzi, in Beni culturali della Comunità Montana Valtellina di Sondrio, a cura della Comunità Montana Valtellina di Sondrio*, Sondrio, Comunità Montana Valtellina di Sondrio, 2004
- G.Galletti, G.Mulazzani, *Il Palazzo Besta di Teglio, una dimora rinascimentale in Valtellina*, Banca Piccolo Credito valtellinese, tipolitografia Mevio Washington & Figlio, Sondrio, 1983
- *Il Rinascimento in Valtellina e Valchiavenna*, Quaderni valtellinesi, 1999
- *Chiuro*, Biblioteca Comunale “Luigi Faccinelli”, 1989
- G.Bascape, C.Perogalli, *Torri e Castelli della Valtellina e Valchiavenna*, edizioni Banca Piccolo credito valtellinese, Sondrio
- Peter Murray, *L’architettura del Rinascimento italiano*, Economica Laterza, Bari, 1998
- Angela Weyer et al. (a cura di), EwaGlos, *European Illustrated Glossary Of Conservation Terms For Wall Paintings And Architectural Surfaces*. English Definitions with translations into Bulgarian, Croatian, French, German, Hungarian, Italian, Polish, Romanian, Spanish and Turkish, Petersberg, Michael Imhof, 2015
- V. Bonora, A. Nobile, G. Tucci, *Modulo D11 – Scansione laser terrestre*, Dispense dei corsi per Operatore Geomatico, Corsi di specializzazione pratica GeoCampus, Leica Geosystems, 2011, pp 40
- L. Bornaz, *Principi di funzionamento e tecniche di acquisizione*, atti del Convegno nazionale ASITA, 2003.
- M. Sgrenzaroli, G.P.M. Vassena, *Tecniche di rilevamento tridimensionale tramite laser scanner, Volume 1 – Introduzione generale*, Starrylink Editrice, Brescia, 2007
- S. Gonizzi Barsanti, F. Remondino, B. Jiménez Fenández-Palacios and D. Visintini, *Critical factors and guidelines for 3D surveying and modelling in Cultural Heritage*, in International Journal of Heritage in the Digital Era, vol 3 n 1, 2014, pp 142-145

- *M. Russo, F. Remondino, G. Guidi, Principali tecniche e strumenti per il rilievo tri- dimensionale in ambito archeologico*, in *Archeologia e Calcolatori*, 22, 2011, pp 169-198
- F. Remondino, S. El-Hakim, *Image-based 3D modelling: a review*, in *The Photogram- metric Record*, 21, settembre 2006, pp 269-291
- E. Bertacchini, A. Capra, C. Castagnetti, M. Dubbini, R. Rivola, I. Toschi, *Utilizzo del laser scanner per i beni culturali: analisi dell'assetto geometrico strutturale e di specifiche anomalie geometriche*, in *Atti 15ª Conferenza Nazionale ASITA*, Reggio di Colorno, 15-18 novembre 2011
- A. Angelini, R. Gabrielli, *Laser scanning e photo scanning. Tecniche di rilevamento per la documentazione 3D di beni architettonici ed archeologici*, in *Archeologia e Calcolatori*, 24, 2013, pp 379-385
- R. Cantoni, G. Vassena, C. Lanzi, *Integrazione tra laser scanning e metodologie di rilievo tradizionali nella ricostruzione 3D*, in *Atti VI Conferenza Nazionale ASITA - Perugia*, 5-8 novembre 2002
- *Interfaccia e uso di software per il processamento di nuvole di punti*, Accademia Adrianea di Architettura e Archeologia ONLUS, Alma Mater Studiorum Università di Bologna
- F. Remondino, *Accurate and Detailed Image-Based 3D Documentation of Large Sites and Complex Objects*, in *Digital Imaging for Cultural Heritage Preservation*, Series Editor Rastislav Lukac, 2011, pp 74-76
- A. Selvini, *Principi di fotogrammetria*, CittàStudiEdizioni, 1994, Milano
- Cannarozzo, Cucchiarini, Meschieri, *Fotogrammetria in Misure, Rilievo, Progetto*, Zanichelli editori, Bologna, 2012
- Pesci, D. Conforti, M. Fabris, F. Loddo, *Quaderni di geofisica n.40, GPS, fotogrammetria e laser scanner: un sistema integrato di rilevamento*, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, 2006
- A. Palladio, *Dell'ordine Toscano*, libro I capitolo XIV, I quattro libri dell'architettura, 1790

- M. Gaiani, *Metodi di fruizione di modelli 3D digitali dalla scala dell'oggetto a quella della città con dispositivi a differente livello di iconicità e facilità di interazione*, Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città, Gangemi editore, 2007
- M. Docci, *Metodologie integrate per il rilievo, il disegno, la modellazione dell'architettura e della città*, Gangemi Editore, 2007.
- *Relazione generale del Piano di Governo Territoriale* – Comune di Chiuro, PGT approvato con delibera C.C.n.32 dell'8 maggio 2009, settembre 2014

RINGRAZIAMENTI

Ringrazio sentitamente l'Ing. Luca Cipriani (relatore di questa tesi di laurea) e gli architetti Silvia Bertacchi e Filippo Fantini per l'aiuto fornitoci e per la loro disponibilità e cordialità durante il periodo di rilevamento e di stesura del lavoro.

Tengo a ringraziare per l'assistenza e il supporto nella progettazione di questo elaborato di tesi l'Arch. Gianna Bertacchi e l'Ing. Simone Rostellato, per averci dimostrato continuo sostegno, disponibilità, per nulla scontati ed estremamente preziosi! Ciò non è stato da meno rispetto alla loro umanità, che ha fatto sì che oltre che ad ottimi maestri incontrassimo anche degli amici. Un ringraziamento va inoltre all'Arch. Rosella Trillo che ci ha aperto le porte di Casa Besta De' Gatti.

Colgo inoltre l'occasione per ringraziare Giorgio Baruta e gli architetti Barbara Paruscio e Paolo Agostini, che collaborano al progetto *“Le radici di una identità - Temi, strumenti e itinerari per la (ri)scoperta del mandamento di Sondrio tra preistoria e medioevo”* e che ci hanno aiutato nelle fasi di rilievo e di studio della proposta di riuso.

Poi ringrazio la persona che è stata la mia coinquilina per quest'ultimo mese, ovvero la mia compagna di tesi e amica Sarah Hochstetter: senza di te sarei ancora sul treno da Sondrio a Milano a pensare “non mi laureerò mai”! Grazie per le lunghe chiacchierate, le serate passate a disegnare cantando Patty Pravo, ma soprattutto per vedere sempre il bicchiere mezzo pieno, quando io invece tendo a berlo fino all'ultima goccia. E scusami se ti ho fatto mangiare solo pomodori e mozzarelle per un mese intero!