



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

**Scuola di
Dottorato**

Strutture e restauro dell'Architettura
e del patrimonio culturale

Tesi di Dottorato

Un sistema di gestione dei dati diagnostici per il progetto di conservazione, Building Information Modeling (B.I.M.)

**I casi studio: Firenze Mura (GIS) e
L' Ex Convento de San Guillermo Abad Totalapan - México (BIM)**

Relatori

Prof. Arch. Roberto Sabelli
Prof. Arch. Giacomo Tempesta

Candidato

Jacopo Giuseppe Vitale

Introduzione	1
1. FI-MU le mura della città e il sistema difensivo di Firenze	4
1.1 Rappresentazione e comunicazione del paesaggio urbano tra tradizione e innovazione	4
1.1.1 Inquadramento generale storico – geografico	6
1.1.2 La nuova cerchia cittadina.....	9
1.1.3 L’Oltrarno	9
1.1.4 Fasi e tracciati della cerchia oltrarnina	10
1.1.5 Le mura urbane in età medicea.....	11
1.1.6 L’ amministrazione lorenese e la riconquista delle mura.....	13
1.2 Finalità del progetto ed acquisizione dati.....	16
1.2.1 Finalità del progetto.....	16
1.2.2 Tipologia delle fonti	19
1.2.3 Strumentazione impiegata.....	20
1.2.4 Tratti superstiti rilevati ed analizzati:.....	20
1.2.5 Rilievi sul posto, acquisizione dei dati geometrici	21
1.2.6 Restituzione dei dati.....	23
1.2.7 Elaborazione dei dati.....	30
1.2.8 Osservazioni sullo stato di conservazione	37
2 La gestione del progetto in GIS	38
2.1. Introduzione.....	38
2.2. Normativa e strumenti di pianificazione	38
2.3. Come funziona GeoScopio_WMS	41
2.4. Tipologia di informazioni a disposizione.....	53
2.5. Il software Q_GIS	57
2.6. La costruzione del modello	58
2.7. Risultati ottenuti	62
2.8. Due casi applicativi	64
2.8.1 Porta San Giorgio	64
2.8.2 Tratto su Via Francesco Petrarca.....	68
3 La gestione del progetto in BIM	73
3.1 Elementi normativi.....	76
3.2.1 Normative di riferimento	79
3.2.2 La normativa Europea.....	79
3.2.3 La normativa italiana	80
3.2.4 UNI 11337.....	82
3.2 BIM e GIS	89

3.3	Progettare in BIM.....	90
3.4.1	Project Management.....	90
3.4.2	Ambiti di applicazione del BIM	92
3.4.3	Gerarchie delle informazioni	93
3.4.4	Conoscere il dato di output	94
3.4.5	Cosa non è il BIM	96
3.4.6	BIM e CAD, quali sono le differenze?	97
3.4.7	Il BIM nella progettazione.....	97
3.4.8	BIM e calcolo strutturale	97
3.4.9	BIM e progettazione impiantistica	98
3.4.10	BIM e computo metrico	98
3.4.11	Gli oggetti parametrici	99
4	Il Bim per l'esistente	99
4.1	HBIM.....	99
4.2	As-Built HBIM	102
4.2.1	Procedure per un corretto "As-Built"	102
5	Il caso studio in BIM.....	104
5.1	Introduzione	104
5.2	L'arrivo degli Spagnoli.....	106
5.2.1	La gestione della popolazione locale	109
5.2.2	L'opera di Evangelizzazione	114
5.2.3	I Conventi Novoispanici	122
5.2.4	Totolapan.....	123
5.3	Il caso studio.....	128
5.3.1	Il Giardino	130
5.3.2	Portico	131
5.3.3	Chiesa	132
5.3.4	Convento	133
5.3.5	Torre dell'orologio	134
5.3.6	Frutteto	134
5.3.7	Rappresentazioni pittoriche.....	134
5.3.8	Date di costruzione del convento	135
5.4	Creazione di un As Built per il progetto di conoscenza.....	143
5.4.1	Workshop sul posto	143
5.4.2	Rilievo geometrico	144
5.4.3	Rilievo del danno	146
5.4.4	Rilievo del degrado	155

5.4.5	Unione delle nuvole di punti per la creazione di un modello 3D BIM	158
5.4.6	Operazioni di verifica sul posto	163
5.4.7	Analisi dei campioni	164
5.4.8	Caratterizzazione del modello BIM.....	166
5.4.9	Considerazioni finali.....	176
6	Conclusioni	177
7	Bibliografia	179
8	Sitografia	186
	Allegati	187

Introduzione

In questo lavoro si presentano i risultati ottenuti attraverso l'applicazione di due metodologie di gestione delle informazioni finalizzate al progetto di conoscenza di un qualsivoglia manufatto architettonico, proponendo per entrambi i casi la creazione di un grande archivio, di facile consultazione, progressivamente aggiornabile ed incrementabile, utilizzabile in ogni momento della vita futura del manufatto stesso, consentendone un livello di conoscenza che risulti al tempo stesso dinamica ed approfondita.

I modelli sviluppati mettono a disposizione, oltre ai dati oggettivi, anche le deduzioni e le ipotesi possibili caratterizzanti le parti inaccessibili e non rilevabili del manufatto che nei modelli sul nuovo non esistono; tutti i dati relativi al materiale storico, documenti, immagini e materiale diagnostico prodotto per l'occasione.

L'indagine storica ed archivistica ha costituito il momento primario del processo di indagine conoscitiva; la molteplicità e l'eterogeneità dei prodotti conservati conferiscono agli archivi un'eredità preziosa e insostituibile. Essi si sono configurati come i veri e propri testimoni di una storia complessa, che ha ospitato il susseguirsi dei cambiamenti e delle "vicissitudini" della vita dei manufatti in esame.

Grazie a questa esperienza ho potuto conoscere ed affrontare dal punto di vista metodologico due realtà profondamente diverse tra loro, caratterizzate da connotazioni diametralmente opposte ma ambedue rappresentative di una cultura radicata nei secoli che, in taluni casi, ha mostrato punti di contatto inaspettati. Le Mura urbiche di Firenze da una parte e l'Ex Monastero di Totolapan, Messico dall'altra si configurano come testimoni di un'epoca di rivoluzioni culturali.

Era il 1526 quando il conte Pietro Navarra e Niccolò Machiavelli ispezionarono le mura fiorentine imponendo di abbassare torri e porte in vista di un nemico proveniente dalla Spagna Carlo V che il 12 agosto 1530, dopo quasi un anno di assedio, privo dei suoi migliori comandati ed avendo perso un elevato numero di truppe e risorse decise di accettare la resa onorevole presso la chiesa di Santa Margherita a Montici. Stiamo parlando del medesimo Carlo V che inviò nella "Nuova Spagna" i missionari incaricati di evangelizzare le terre del mondo appena conquistato, i medesimi missionari che intorno al 1530 iniziarono l'edificazione del Monastero di Totolapan in Messico.

Per ragioni distinte, dopo l'arrivo di Carlo V sia Firenze che il Mesoamerica non furono più gli stessi, dal 1530 Firenze non fu più una repubblica, tornarono i Medici e fu creato il Ducato di Firenze, mentre oltreoceano si stava consumando una delle carneficine più cruente che la storia dell'umanità abbia mai conosciuto, la ferocia degli spagnoli cambiò i

connotati culturali, biologici e storici di una terra con una identità unica ormai perduta descritta dal così detto Codice Fiorentino ad opera di Fra Bernardino de Sahagún. Un'opera addirittura redatta in due lingue, Spagnolo e Nahuatl, che fu vietata in quanto fortemente critica nei confronti del disordine sociale introdotto nella società indigena dalla conquista spagnola nella Nuova Spagna. Il codice è attualmente conservato all'interno della Biblioteca Laurenziana in Firenze.

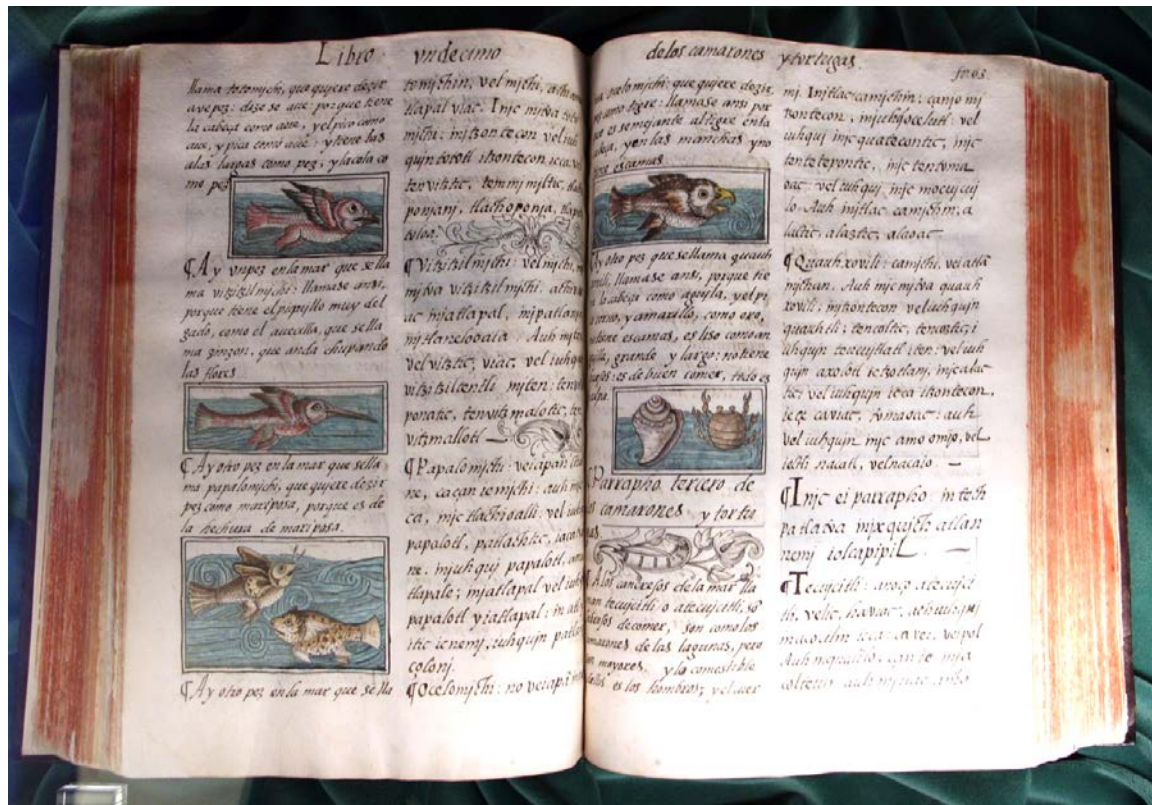


Immagine 1 - Il cosiddetto Codice Fiorentino, l'unica bilingue (spagnolo e nahuatl), della Historia universal de las cosas de Nueva España, scritta da fra' Bernardino de Sahagún. 1569, Biblioteca Medicea Laurenziana, cod. m.p. 220, Firenze.

Il filo conduttore tra i due temi è principalmente rappresentato dalla gestione del dato e dalla conoscenza del manufatto in senso generale, oltre che dall'approccio innovativo finalizzato alla catalogazione della documentazione, vista la grande mole di informazioni che li riguarda. Durante il progredire della ricerca e sono emersi anche altri elementi in comune, dalla storia dei due manufatti, ma anche quella sorta di capacità resiliente che li ha contraddistinti nella loro capacità di adattamento ai cambiamenti.

Entrambi hanno infatti assistito a cambiamenti epocali, hanno subito pesanti trasformazioni, riuscendo tuttavia a resistere all'azione del tempo ed agli interventi dell'uomo diventando patrimonio dell'umanità, riconosciuti dall'UNESCO per la loro importanza storico-monumentale ed il significato che essi rappresentano.

La ricerca qui presentata vuole quindi essere un contributo al servizio proprio della resilienza, proponendosi come un supporto al controllo ed alla testimonianza del processo di cambiamento del manufatto architettonico, finalizzati da un lato alla salvaguardarne in termini di conservazione dei suoi elementi architettonici originali durante il susseguirsi, forse inevitabile, del suo adattamento funzionale alle esigenze future, dall'altro alla gestione corretta e razionale del suo piano manutentivo .

La nostra realtà è lo specchio dell'animo umano ed è quindi caratterizzata da una profonda necessità di *rinnovamento e cambiamento del modo di concepire e gestire l'architettura, esistente e non*. Il termine "Resilienza architettonica" ha attualmente un significato molto legato all'ecologia, inteso come la capacità intrinseca di un sistema di tornare alle condizioni di equilibrio dopo un intervento esterno perturbante. A mio avviso si tratta di un concetto molto vicino all'inerzia dei sistemi fisici e quindi la tendenza di un corpo a conservare il suo stato di quiete o l'equilibrio in un sistema di forze. Non è quindi il ritorno ad uno stato iniziale, bensì di equilibrio, di quiete.

I due sistemi aperti, redatti ed implementati in occasione di questo lavoro di tesi, devono quindi intendersi come un contributo utile alla gestione del cambiamento o dell'adattamento consapevole dei manufatti. Il concetto di manutenzione, in tal senso, anche se per i due casi analizzati costituisce solo uno tra i molteplici aspetti caratterizzanti, è parte intrinseca del concetto di resilienza.



Immagine 2 - L'Assedio di Firenze, 1529–1530i Giorgio Vasari, Palazzo Vecchio, Firenze

1. FI-MU le mura della città e il sistema difensivo di Firenze

1.1 Rappresentazione e comunicazione del paesaggio urbano tra tradizione e innovazione

Le mura urbane di Firenze con le sue porte, le sue torri e le sue 'mancanze' rappresentano, per la loro importanza storica e per il loro fascino, uno degli elementi identitari della città. Nonostante ciò, comunque non hanno sempre ottenuto la meritata considerazione.

La scarsa fruibilità dei tracciati, da quello romano a quello medievale e rinascimentale, è peggiorata, sia con le grandi ristrutturazioni urbane del XIX secolo sia con la più recente destinazione delle aree limitrofe a parcheggi urbani, riducendo la continuità formale e visiva delle compagini murarie.

Rispondendo ad un appello del Comune di Firenze, dal 2012 il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze (DIDA) e l'Ufficio Servizi Tecnici del Comune di Firenze, portano avanti lo studio del complesso delle mura cittadine, con campagne di rilevamento dei tratti murari superstiti e con indagini specialistiche dirette e indirette. Nel 2016 è stato approvato e finanziato dall'Università di Firenze il 'progetto strategico di ricerca di base' dal titolo "*FI-MU – Le mura urbane e il sistema difensivo di Firenze: rappresentazione e comunicazione del paesaggio urbano fra tradizione e innovazione*".

Il progetto interdisciplinare, con la creazione di supporti didattico-tradizionali e didattico-informatici, mira a portare alla conoscenza di un più vasto pubblico il complesso delle mura urbane ed alla creazione di specifici percorsi di visita mediante un articolato sistema di valorizzazione. Una corretta politica di valorizzazione, però, ha l'obbligo di predisporre sistemi di controllo e gestione per il mantenimento dei livelli di sicurezza delle strutture e dei visitatori.

A tal fine il 'Servizio Sviluppo Infrastrutture Tecnologiche della Direzione Sistemi Informativi' del Comune di Firenze ha messo a disposizione le sue competenze e la piattaforma Geonetwork-OpenData del Comune di Firenze, per la creazione di un archivio specifico integrabile, in modo da consentire varie possibilità di interfaccia e la messa a punto di un piano di gestione e manutenzione delle strutture e delle aree di pertinenza delle stesse.

Gli studi ed i rilievi fin qui effettuati hanno permesso l'acquisizione di una cospicua mole di materiale documentario di varia natura: dalla caratterizzazione dei materiali presenti all'individuazione delle alterazioni in atto, da una preliminare analisi delle stratigrafie

murarie all'aggiornamento della visualizzazione dei sistemi viari e delle aree limitrofe non 'saturate'. Una più efficiente archiviazione dei dati, con la possibilità del loro utilizzo per la definizione di un 'Piano di manutenzione e gestione' del complesso delle mura urbane con un alto rapporto tra l'investimento per la conoscenza (costi) e la possibilità del suo utilizzo (benefici) supportata da un *Geographic Information System (sistema informativo geografico o anche sistema informativo territoriale)*, GIS uno strumento di gestione integrato dei dati, alla cui realizzazione hanno collaborato congiuntamente il Comune di Firenze ed il DIDA-UNIFI nella veste di un gruppo di ricerca composto dal Prof. Arch. Roberto Sabelli, Prof. Arch. Fabio Lucchesi, Prof. Francesco Salvestrini, Prof. Geol. Carlo Alberto Garzonio, Prof. Guido Vannini, Prof. Arch. Fabio Lucchesi, Prof. Arch. Paola Puma, Prof. Arch. Giacomo Tempesta, Arch. Carmela Pinto ed il sottoscritto Arch. Jacopo G. Vitale.



1.1.1 Inquadramento generale storico – geografico

Alla base della civiltà cristiana, nella tradizione giudaica e romana, la città costituisce uno spazio sacro e privilegiato. Le mura costituiscono il simbolo e la garanzia di tale civiltà. La corona turrata è passata dall'antichità romana ai giorni nostri a significare la realtà cittadina, sia in quanto fatto urbanistico e architettonico (urbs) che come realtà umana, sociale, istituzionale (civitas). Le figure del cerchio e del quadrato fondendosi manifestano i due aspetti principali di Dio: la perfetta unità e la potenza della manifestazione divina. La fusione di esse ha come simbolo la perfetta realtà dell'Incarnazione, il Dio – Uomo che è circolarmente perfetto e quadrangolarmente sicuro.

La più caratteristica di queste figure di simbolica fusione è l'ottagono, poligono che moltiplica i suoi lati a farsi cerchio e cerchio che indurisce la sua circonferenza in perimetro. L'ottagono infatti è la figura simbolica centrale nell'Immaginario cristiano ed ampiamente rappresentato in Firenze dal Battistero di San Giovanni. La tendenza a rappresentare la città mediante l'immagine della sola cinta muraria, un "cerchio vuoto", idea che durerà a lungo anche nel Medioevo a segnare la diversità qualificante tra fatto urbano e territorio circostante, ma anche il loro rapporto, la dialettica e l'interscambio. Quando i comuni medievali inizieranno a interessarsi al contado, XII sec., le aree conquistate verranno assegnate alle singole circoscrizioni cittadine delle quali saranno concepite come una prosecuzione, una proiezione extra muraria.

La colonia romana di Florentia nacque attorno al 59 a.C. e si trovava nel reticolo della centuriazione a Nord dell'Arno, coordinata sull'asse della via Cassia. Secondo la tradizione urbanistico-sacrale romana, Florentia nasce come Castrum quadrangolare orientato seguendo i punti cardinali. La cinta quadrangolare segnata dal Pomerium è tagliata in croce dalle due direttrici di base, il Cardo nella direzione nord-sud che incardina la città all'asse polare, e il Decumano nella direzione est-ovest, che segue il corso del sole. La croce viaria ha il suo punto d'incontro tra via degli Speciali e via Roma attuali, dove sorgeva il Forum.

La colonia aveva il compito di difendere il guado sull'Arno, cioè il punto in cui il tracciato della Cassia s'intersecava con quello del fiume e dove poco dopo la fondazione della città si costruì un ponte di legno su pile di pietra, nel II sec. d.C. sostituito da un ponte in pietra. Trovandosi a poche decine di metri a nord della sponda del fiume, Florentia ne custodiva ponte e porto e sfruttava il tratto intra urbano della Cassia come Cardo Maximum.

Dai reperti archeologici emerge che il perimetro urbano si sviluppava per circa 1800 metri, con una larghezza media di 450 metri per ciascuno dei quattro fianchi rettilinei della cortina

muraria in laterizi, intervallata da torri cilindriche, che circondava il centro urbano.

A metà di ciascun lato, in corrispondenza dei quattro sbocchi dei due assi viari, si aprivano altrettante porte fiancheggiate da torri cilindriche e troncoconiche. La porta a Nord, contra Aquilomen, era sita lungo l'attuale via Roma (Cassia) all'incrocio con via de' Cerretani; il tracciato murario, orientato a est-ovest, mutava rotta con un angolo di 90 gradi verso la metà di via de' Banchi e correva parallelo al lato orientale di via de' Tornabuoni, dove il Mugnone serviva da fossato. Lì all'incrocio tra le attuali via de' Tornabuoni e via Strozzi era posta la porta occidentale. A nord rispetto al ponte di Santa Trinita le mura andavano in direzione est, fino al lato sud-ovest di piazza San Firenze; la porta Decumana si apriva quindi all'imbocco di via Vacchereccia. Il tratto est seguiva approssimativamente il lato occidentale di via del Proconsole e la relativa porta si apriva all'altezza di via del Corso.

Dalla fine del I sec. d.C. vi erano, oltre il Pomerium, borghi abitati da forestieri. La prosperità segna Florentia fino a tutto il IV sec. d.C. La decadenza comincia col V sec. con l'assedio postole dal goto Radagaiso. La situazione peggiorò nel VI sec. con la guerra greco-gotica; la colonia si riduce notevolmente, è il fenomeno della *Retractio*, che fa recedere l'*urbs* mutandola in *Castrum*. Successivamente ci fu la decadenza della Cassia, che venne spostata verso la Valdelsa, lasciando Florentia decentrata.

Capisaldi della fortezza rimangono il teatro, nell'area più tardi occupata da Palazzo Vecchio, il torrione-cisterna delle terme di Adriano, il Campidoglio, il tempio della Dea Nortia sito nell'area di via dell'Oche. Tra il VIII e il IX sec. Firenze ebbe un'indubbia ripresa: divenne una delle otto città italiane designate nell'825 dall'autorità imperiale come sedi di scuole ecclesiastiche. Dal IX sec. c'è un nuovo ampliamento della città, 2000-2500 abitanti, che recupera le dimensioni della città romana e si espande notevolmente a Sud, verso le sponde dell'Arno. Per i lati di occidente e di oriente venne recuperata la linea bizantina, un po' arretrata rispetto alla romana. A sud invece venivano inclusi anche i sobborghi sviluppatisi verso l'Arno, come detto prima, creando una nuova linea che correva parallela al fiume. Nel corso dell'XI sec. la città si ampliò ulteriormente e si dotò di nuovi edifici; nel 1078 la contessa Matilde, temendo un attacco imperiale contro la sua dimora extraurbana a causa delle lotte per la riforma della Chiesa, la fece rientrare nel perimetro della cinta grazie a un ampliamento con cui veniva recuperato il luogo dell'impianto della porta romana contra Aquilomen. Il perimetro difensivo di Firenze non era più sufficiente all'inizio del XII sec., infatti, lungo le strade radiali rispetto alla cerchia, si andavano addensando fitti sobborghi che generalmente prendevano i loro nomi dalle chiese o dai monasteri del luogo, come il borgo di San Lorenzo e quello di San Remigio. Nel 1170 venne decretata la costruzione di una nuova cinta muraria, finita di costruire

attorno al 1175. Il percorso della quinta cerchia si riconosce dall'impianto viario cittadino e mostra come l'asse della città sia rotato di 45 gradi facendo sì che l'originario impianto sacrale (cardo e decumano) abbia subito una torsione verso nord-est e sud-ovest. Nelle aree più lontane dalle porte non mancavano gli spazi verdi utilizzati a campi, a orti o a giardini, ma pronti a essere urbanizzati. Quando le vecchie mura cominciarono a venir vendute per sezioni e inglobate in nuove costruzioni o utilizzate come cave di materiale da riporto, rimase lo stesso ben evidente la differenza tra il cuore romano della città e la sua ampia fascia più recente. Nel corso del Duecento Firenze crebbe a dismisura; il tono della vita economica e finanziaria, della produzione, delle contese politiche era dato da una "gente nova", che andava scalzando rapidamente la vecchia aristocrazia d'origine feudale o vetero-cittadina, nella quale si affiancavano genti di più umile estrazione sociale. L'ampio movimento immigratorio del contado, la "rivoluzione stradale" che verso la metà del Duecento riuscì ad imporre una deviazione alla vecchia via Francigena reimmettendo così Firenze nell'asse viario portante della penisola, furono cause fondamentali dell'eccezionale sviluppo urbano della città. Ai primi del XIII sec. Firenze contava 50.000 abitanti e vedeva il sorgere di nuovi borghi, come Pinti, la Croce, di Balla, di Porta Faenza, Ognissanti e via dicendo. Gli insediamenti degli ordini mendicanti, i francescani di Santa Croce e i domenicani di Santa Maria Novella, evidenziavano le necessità urbanistiche e sociali e crearono ampi spazi extraurbani per le riunioni di predicazione. Alla fine del secolo, la pressione demografica e i problemi igienici portarono a una "politica di programmazione urbana e territoriale": a partire dalla metà degli anni Ottanta ci fu un periodo di fittizia pace politico-sociale tra le varie fazioni cittadine.



Immagine 3 - la Veduta della Catena, Lucantonio degli Uberti 1472 ca. Incisione cm. 58,5x131,5 (6 fogli)
Berlino, Kupferstichkabinett

1.1.2 La nuova cerchia cittadina

La terza cerchia progettata nel 1284 con la consulenza di Arnolfo di Cambio e conclusa nel 1333 è simmetrica rispetto alla seconda, perché le vie dei nuovi sobborghi racchiusi da queste mura proseguono quelle che si erano staccate a raggiera dal nucleo romano. La quinta e sesta cerchia si riallacciavano all'antico orientamento della centuriazione romana. La cerchia due-trecentesca è rimasta sufficiente a contenere l'intera Firenze; infatti di lì a poco epidemie e conseguente flessione demografica della popolazione, lasciarono spazio a grandi spazi verdi che portarono alla realizzazione di bellissimi giardini rinascimentali. La pianificazione del territorio vide l'apertura di nuove strade, come via Larga, lo sventramento di molte tortuose e strette viuzze e affermazione del nuovo concetto di strada ampia e dritta, la costruzione dei lungarni, la regolamentazione delle misure di strade, piazze, edifici pubblici e privati. "Arnolfo costruisce una città rispetto al magma edilizio preesistente" (Fanelli).

Nel 1291 il comune intervenne duramente contro le costruzioni abusive, imponendo dei canoni ai costruttori abusivi e ai cittadini interessati ad acquistare le porzioni di vecchie mura delle quali si erano illegittimamente appropriati. Le vendite delle vecchie mura andarono dal 1295 in avanti in modo che la demolizione della vecchia cinta andasse di pari passo con l'erezione di quella nuova. A partire dal 1298 chiunque facesse testamento era obbligato a lasciare un contributo alla costruzione delle mura e la costruzione della nuova cerchia, il cui perimetro era stato sostituito dopo il loro abbattimento da quello dei viali di circonvallazione, procedette con lentezza e con irregolarità: motivi economici, politici e militari consigliavano volta per volta la ripresa o ne imponevano l'arresto. Si costruirono prima le porte alla Croce, a San Gallo, al Prato che si collegarono tra loro con difese provvisorie e poi si elevò la cortina muraria tra porta e porta. Un decreto del 1324 prevedeva che per rinforzare tale cortina ci dovessero essere oltre alle torri anche fossati e bastioni, mentre un documento del 1323 proibiva di costruire edifici che si avvicinasero più di quattro metri alle nuove mura. Per quanto riguarda i tempi, dal 1284 al 1298 i lavori restarono fermi, e solo nel 1298 si giunse a concreti provvedimenti di ripresa di essi. La prima pietra della nuova cinta fu posta a porta al Prato nel novembre 1299.

1.1.3 L'Oltrarno

I primi insediamenti lungo il tracciato della Via Cassia Nova e all'incrocio di essa con le strade che venivano da Pisa e da Volterra nacquero per tempo. In età adrianea sorse un folto insediamento grazie ai peregrini siriani, nonché coloro che introdussero a Florentia il cristianesimo. Attorno al IV secolo doveva esistere un'area cimiteriale protocristiana intorno al luogo che sarebbe poi stato occupato da Santa Felicità. Con la fondazione della

chiesa di San Miniato, nel 1018, l'Oltrarno divenne sempre più un'area sacrale fiorentina. Dal caput Pontis partivano a raggera tre direttrici stradali: una volta a oriente, verso la piana di Ripoli; una si allontanava dal fiume perpendicolarmente in direzione di Siena; la terza procedeva parallelamente al fiume, verso occidente. Attorno a tali direttrici viarie si svilupparono altrettanti borghi: borgus pidoliosus (pidocchioso), insediamento poverissimo di immigrati; borgus de Placza, di fronte al caput Pontis, in una zona pianeggiante; attorno a San Frediano sorgeva invece l'insediamento più antico dell'Oltrarno. A partire dal XIII secolo giungono più notizie grazie ad un gruppo di notai che vi operavano. Fra il 1218 e il 1220 fu costruito il ponte alla Carraia, cioè il ponte Nuovo, posto in modo da porre l'Oltrarno in comunicazione diretta con l'angolo ovest della cinta cisarnina del 1172. Simmetricamente nel 1237 fu costruito il ponte alle Grazie (Rubaconte) che poneva in comunicazione la zona con l'angolo sud-est della cinta cisarnina. Questi due ponti si possono considerare come una sorta di Trait d'union della facente parte del recinto murario. Venne ultimo nel 1252 il ponte a Santa Trinita che doveva collegare il vecchio centro al borgo di San Felice. Difatti fu proprio negli anni del Governo del Primo Popolo, fra il 1250 e il 1260, che l'urbanizzazione dell'Oltrarno decollò definitivamente, con una serie di iniziative quali l'organizzazione della nuova via Maggio, che univa il ponte di Santa Trinita alla chiesa di San Felice attraverso l'area del Casellino, il prolungamento di via de'Serragli oltre l'angolo di via Sant'Agostino dove la strada incontrava le mura.

1.1.4 Fasi e tracciati della cerchia oltrarnina

La linea oltrarnina va considerata non come una cortina, bensì come una linea difensiva costituita da elementi diversi: fossati, palizzate, dossi, porte e tratti murati. Di vere e proprie mura si cominciò a parlare in concomitanza con la cerchia del 1172-74; il perimetro precedentemente difeso non serviva più, in quanto l'area di Santo Spirito era ormai densamente urbanizzata e si doveva far in modo che la nuova linea muraria oltrarnina coincidesse con quella cisarnina al livello a valle del fiume, cioè in corrispondenza con il ponte alle Grazie. Dunque, il tratto a ovest dovette decisamente essere cambiato: da piazza Nazario Sauro lungo via Serragli fino all'angolo con via Sant'Agostino e poi lungo e via Mazzetta a ricongiungersi a San Felice in Piazza. Dal 1258-59 si dovette davvero pensare alla fortificazione d'Oltrarno. In nuovi ponti erano stati costruiti e andavano organizzati rispetto al perimetro delle difese; gli ampliamenti del 1258 furono ingenti: un nuovo insediamento religioso nacque immediatamente fuori le mura cittadine, le mura urbane costeggiavano il lato est dell'attuale Piazza del Carmine. L'intero borgo "superiore" di San Niccolò ebbe mura e porte, tra cui la più importante era la porta a San Niccolò. Anche la cinta "arnolfiana" del 1284 -1333 riguardò uno spazio enorme, includendo entro il suo perimetro l'intero colle di San Giorgio e molte chiese tra cui San Pietro in Gattolino,

San Frediano, San Salvatore di Camaldoli. Vennero introdotte delle iniziative quali l'ampliamento di piazza Santo Spirito, rettifiche lungo via Maggio, borgo San Frediano e via di Piazza. Il ventennio tra il 1310 e il 1330 fu un periodo di febbrile attività: tra il 1324-27 fu costruita la nuova porta a San Niccolò e tra il 1328-31 la porta Romana; nel 1333 la porta a San Frediano. La crisi demografica e sociale cominciava a serpeggiare a Firenze; l'alluvione del 1333 si accanì in special modo contro i ponti, la crisi politica del 1324-43, la dittatura del Duca d'Atene, il crac finanziario degli anni Quaranta e la peste del 1348-50. Con la fine del Trecento la città entrava in una fase di involuzione urbanistica.

Nel 1526 il conte Pietro Navarra e Niccolò Machiavelli fecero una generale ispezione alle mura fiorentine: le torri delle porte e delle mura dovevano essere abbassate perché non offrissero un troppo facile bersaglio per il nemico, quella di San Niccolò doveva essere arretrata. I lavori di fortificazione connessi alla guerra della lega di Cognac proseguirono.

1.1.5 Le mura urbane in età medicea

È probabile che le mura abbiano toccato il punto più basso della loro discesa verso lo snaturamento e l'inefficienza già nella prima metà del secolo XVIII. In diverse note dell'epoca, svariati settori delle mura risultano essere franosi e diroccati, cosparsi di torrioni in disfacimento. Anche in settori dove dimostra maggiore stabilità, la struttura appare ormai permeabile e infiltrata da passaggi, cunicoli, percorsi abusivi. Alla metà del Seicento, Vincenzo Viviani stende un referto descrittivo analitico, puntiglioso, una vera e propria ricostruzione della storia clinica delle mura in cui vengono registrati da una parte sintomi e difetti, dall'altra documenti anagrafici e dati che consentono una più completa valutazione dell'eziologia e quindi del decorso della "malattia".

I baluardi si rivelano essere i punti critici delle mura, il loro punto di massima vulnerabilità per quanto riguarda attraversamenti clandestini o il passaggio di contrabbandieri. La relazione di Viviani segna ufficialmente il passaggio delle mura ad un altro ciclo funzionale, quello di barriera doganale. La perdita del significato militare è ormai considerata irreversibile e l'efficienza della struttura è valutata in rapporto non ad un esercito assediante, che affronti la città in campo aperto, ma a quello clandestino e fraudolento dei contrabbandieri e degli evasori; solo episodicamente si accenna ad un "servizio di fortificazione" che dovrebbe essere rispettato. La lotta al contrabbando è legata strettamente al ripristino dell'integrità fisica della struttura. Nel rapporto di Viviani i due temi si sovrappongono e mantengono tuttavia una propria relativa autonomia; il riordino delle mura non è giustificato solo come strumento della lotta al contrabbando: il manufatto possiede infatti una propria rilevanza storica, che lo rende meritevole di cure e di interesse. Il manufatto, ormai decrepito e in rovina, sembra conoscere una nuova fortuna e affacciarsi

ad un nuovo ciclo di esistenza nel ruolo inedito di documento e di testimone della storia della città. Nei referti di Fallani, quasi un secolo successivi rispetto a quelli di Viviani, paiono diradati i problemi strutturali più gravi e sembrano tamponate le falle di natura dolosa che si aprivano nella cortina; non si parla più della vulnerabilità dei bastioni, la struttura sembra essersi risollevata dalla condizione di fragilità denunciata da Viviani e sembra dimostrare una maggiore e migliore tenuta complessiva. La relazione di Fallani segna una svolta decisiva nella vita delle mura: si spezza definitivamente il legame che finora era sopravvissuto con l'origine e le mura diventano un ingombrante recinto doganale installato a fatica in un apparato difensivo che continua a chiudere, ma non più a proteggere l'apparato urbano. E che da ora in poi andrà incontro ad un processo di graduale e inesorabile ridimensionamento e svalutazione che dal piano materiale si proietta e si riflette sulla percezione visiva e sulla rappresentazione iconografica. Gli interventi tendono a penalizzare la parti accessorie che articolavano la funzione difensiva, più soggette a perdere di coesione e a staccarsi, come merli, camminamenti di ronda e mensole, oppure vengono presi di mira i settori ingombranti e inutilmente ostruttivi, come quelli degli antiporti. L'eliminazione di queste appendici comporta una falsificazione e uno snaturamento consapevole del manufatto.

1.1.6 L' amministrazione lorenese e la riconquista delle mura

In età lorenese lo sforzo generale di razionalizzazione e di bonifica amministrativa compiuto su tutto il patrimonio demaniale investe anche la fascia all' interno delle mura, anzi si esercita su di essa con particolare intensità proprio nel tentativo di venire a capo del disordine fisiologico dell'area e di bloccare la spontaneità dei processi paralleli di degrado e di riuso, incanalandoli in un regime di regolarità e di legalità amministrativa. Da una parte si cerca di contenere ed arrestare i fenomeni di decomposizione materiale con opere di manutenzione e di restauro; dall'altra si tende a consolidare e istituzionalizzare il manufatto, cercando di garantire le condizioni di compatibilità con la funzione residua di cinta daziaria.



Immagine 4 - Pianta della Catena 1471 - 1482, Lorenzo Rossell, Kupferstichkabinett Museen, Berlino

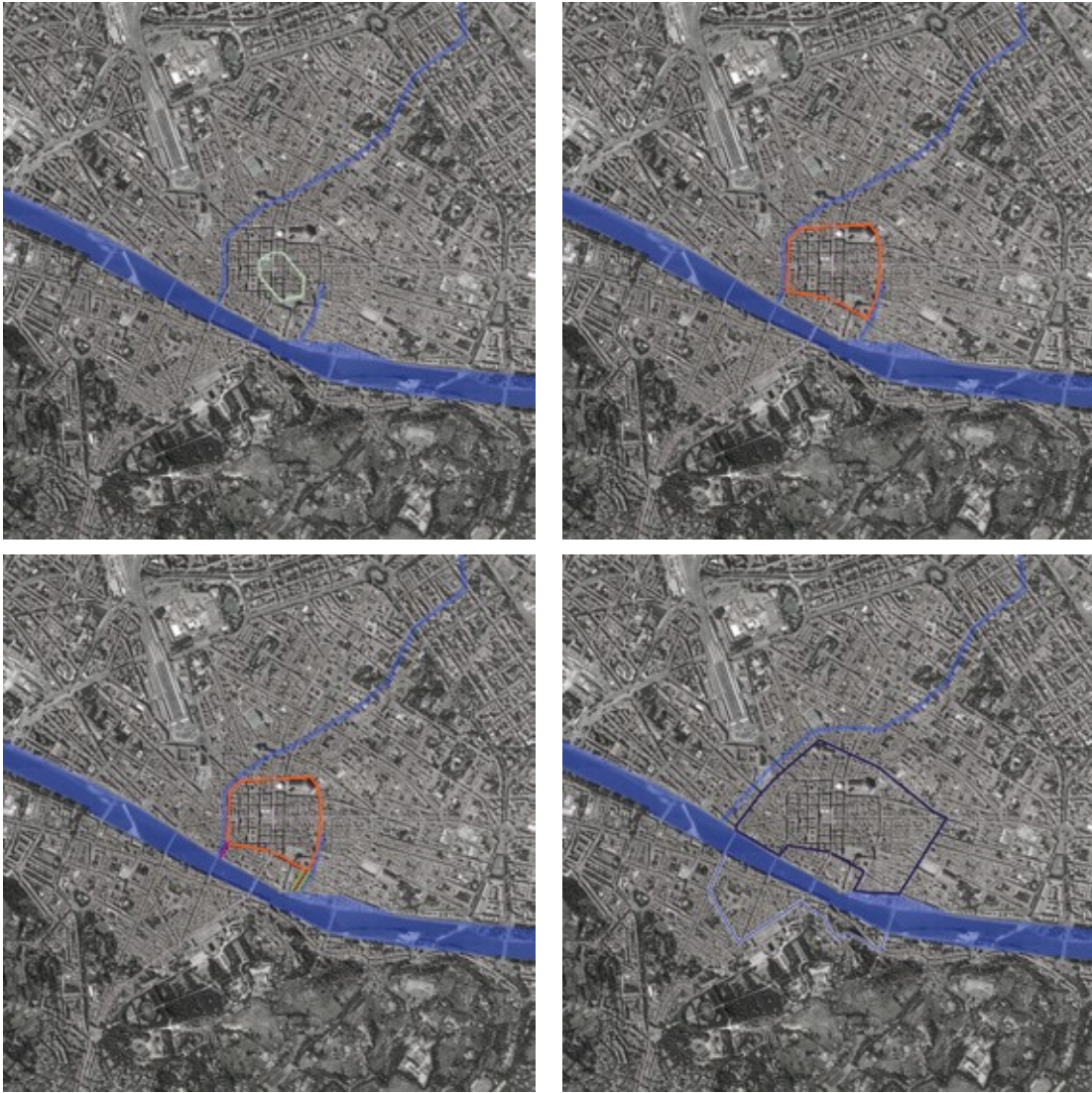


Immagine 5 – Sabelli R., FIMU | Le mura urbane e il sistema difensivo di Firenze in «Restauro Archologico» numero 2 (2016), pp. 102

- Primitivo insediamento villanoviano (X-VIII sec. a.C.) — — — —
- Perimetro della città romana (I sec. a.C.), coincidente con il circuito Carolingio e Matildino — — — —
- Argine in terra di prolungamento del lato orientale delle mura fino all'Arno
(VI sec., ripristinato agli inizi del XI sec.) — — — —
- Prolungamento dei lati orientale e occidentale delle mura fino all'Arno
(fine XI-inizi XII sec.) — — — —
- Prima cerchia comunale (fine XII sec.) — — — —
- Ampliamento della prima cerchia comunale a difesa della popolazione d' Oltrarno
(1258-1260) — — — —
- Seconda cerchia comunale (1284-1333) — — — —

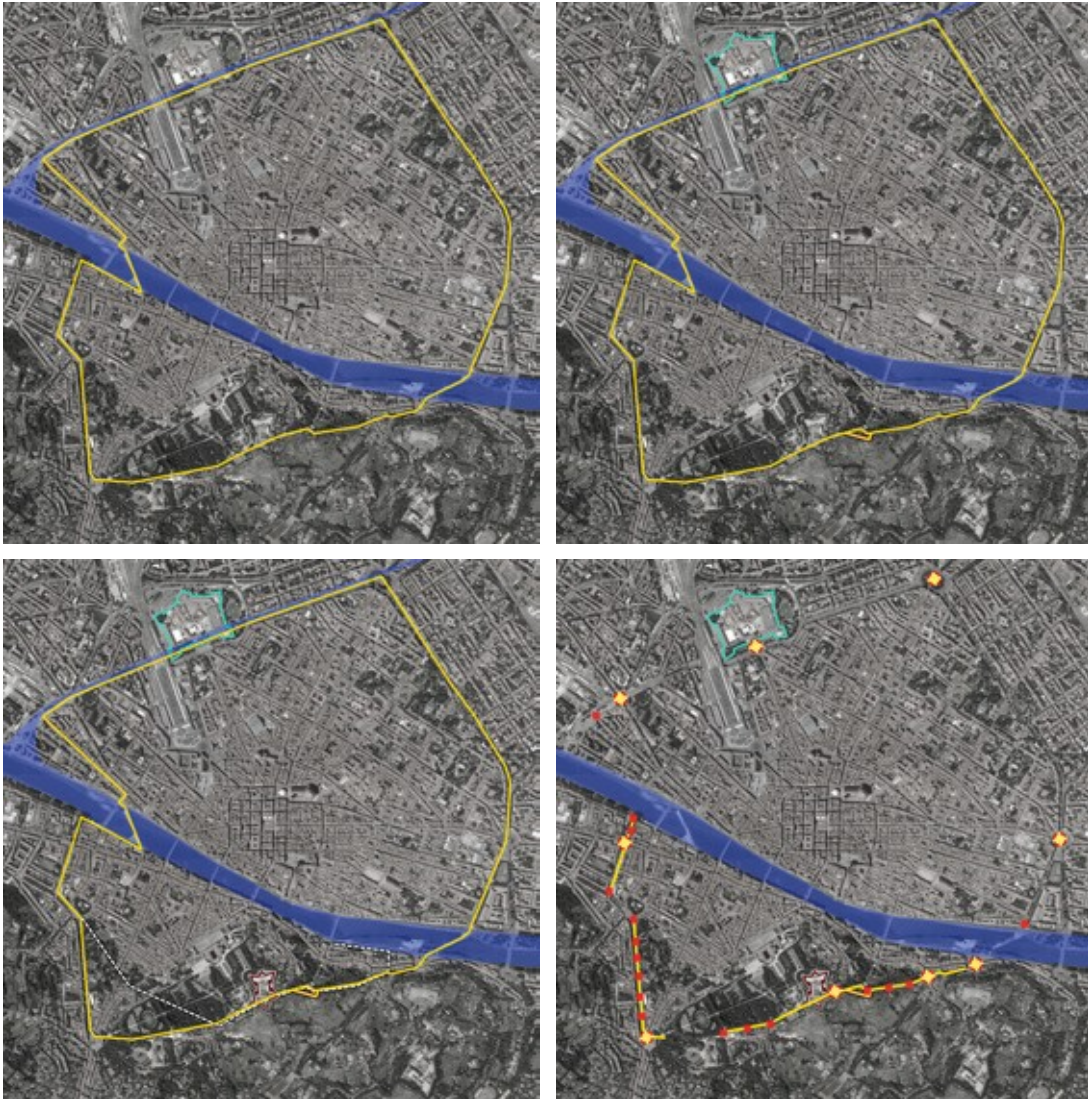


Immagine 6 - Sabelli R., FIMU | Le mura urbane e il sistema difensivo di Firenze in «Restauro Archologico» numero 2 (2016), pp. 103

- Realizzazione del baluardo di S. Giorgio (o della 'Ginevra'), attribuito a Michelangelo Buonarroti (1529) —
- Costruzione della Fortezza da Basso (1534-1537) su progetto di Pier Francesco da Viterbo e Antonio da Sangallo il Giovane. —
- Realizzazione del muro bastionato (1544) da Boboli a porta di S. Frediano, per proteggere la città dall'attacco di Siena. - - - -
- Costruzione di Forte Belvedere (1590-1595) su progetto di Bernardo Buontalenti —
- Porte e mura superstiti alle demolizioni del Piano Poggi (1870) ◉
- Torri e mura superstiti alle demolizioni del Piano Poggi (1870) ■

1.2 Finalità del progetto ed acquisizione dati

1.2.1 Finalità del progetto

Dal 2012 il Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze con il Comune di Firenze porta avanti lo studio del complesso delle mura cittadine con campagne di rilevamento dei tratti murari superstiti e con indagini specialistiche dirette e indirette.

L'interesse dell'amministrazione pubblica unita alla passione del DIDA nella figura del gruppo di lavoro precedentemente citato ha fatto sì che nel 2016 sia stato approvato e finanziato dall'Università di Firenze un progetto strategico di ricerca di base dal titolo "FI-MU – Le mura urbane e il sistema difensivo di Firenze: rappresentazione e comunicazione del paesaggio urbano fra tradizione e innovazione".

Il progetto FI-MU è stato approvato con procedimento di selezione, mediante giudizio di tre valutatori anonimi, per la linea strategica di ricerca di base n. 6: "Storia e società. Spazi, uomini, culture tra Antichità e Modernità. Profili archeologici, storici, culturali" [Bando - D.R. 1374 (prot. 141735) del 27 ottobre 2015 pubblicato sull'Albo Ufficiale (n. 6923)].

La selezione è avvenuta sul giudizio espresso per i seguenti requisiti:

1. Qualità scientifica della ricerca proposta e della sua metodologia;
2. Qualificazione del responsabile scientifico e dei partecipanti con riferimento alle attività degli ultimi cinque anni ed alla congruenza con il settore oggetto della proposta;
3. Congruità fra il finanziamento richiesto e gli obiettivi previsti;
4. Coerenza della proposta con la linea strategica indicata.

le finalità del progetto FI-MU, che come obiettivo si pone la creazione di un modello informativo integrato sul complesso delle mura urbane fiorentine, utile per fini didattici e di studio alle varie categorie di utenti e all'Amministrazione Comunale per valorizzare al meglio il Bene e programmare i necessari interventi manutentivi.

Il progetto mira a coniugare e armonizzare il dato storico con l'innovazione tecnico-scientifica, esprimendo una propria visione del rapporto tra la storia della città di Firenze e la corretta valorizzazione di un suo importante 'landmark'. In sostanza l'intento è quello di colmare una deficienza di divulgazione della conoscenza e di valorizzazione di un complesso architettonico identitario della città, ponendo l'attenzione sulla ricostruzione

della storia del complesso in senso ampio, cioè tramite lo studio delle strategie insediative, delle risultanze del rilievo e della rappresentazione del paesaggio urbano, approfondendo gli aspetti relativi alla conservazione e alle tecniche di comunicazione più innovative.

La convinzione che solo uno sviluppo sostenibile può portare valore ad un territorio, ricco ma oltremodo fragile, ci ha indotto a elaborare un progetto di ricerca che puntasse a valorizzare questo importante elemento urbano mediante strumenti che, nella loro semplicità di fruizione ma con le necessarie sistematizzazioni applicative, rendano agile e poco dispendiosa la promozione del sistema delle mura cittadine. Con il presente progetto si vuole elaborare una fase applicativa di organizzazione e gestione dei dati conoscitivi, per rispondere, secondo una precisa e controllata gerarchia di accesso e di utilizzo dei dati, a molteplici necessità: ricerca, programmazione delle opere di manutenzione e restauro, divulgazione e valorizzazione di tutto il sistema delle mura (tratti murari, porte, torri e spazi urbani collegati). L'obiettivo del progetto è sintetizzabile nella progettazione di un servizio di archiviazione, elaborazione e messa a disposizione delle conoscenze, in accordo con l'Amministrazione Comunale (Settori Belle Arti e Servizio Sviluppo Infrastrutture Tecnologiche della Direzione Sistemi Informativi) sulla piattaforma Geonetwork-OpenData del Comune di Firenze (in collegamento con le piattaforme del DIDA e del SAGAS dell'Università degli Studi di Firenze), con livelli 'Open Access' e/o 'Mandatory Access Control', in funzione delle differenti autorizzazioni di accesso ai dati. Per la realizzazione del progetto, necessariamente interdisciplinare, è prevista la partecipazione di architetti, archeologi, un geologo (per l'analisi dei materiali) e due esperti di web GIS e di archiviazione e gestione dei dati sulla piattaforma del Comune di Firenze³⁹.

I risultati prefissi all'inizio del progetto e raggiunti sono:

- **Selezione ed elaborazione** della documentazione storica-descrittiva dell'evoluzione dei manufatti in relazione allo sviluppo urbano;
- **Elaborazione di una lettura archeologica stratigrafica** integrata nel sistema di documentazione critica del progetto, ottenuta tramite un programma specifico di analisi delle murature e di letture "leggere" del contesto urbano di riferimento⁴⁰;
- **la strutturazione degli archivi** delle mura e la costruzione del 'geodata-base', grazie a servizi web aggiornabili e accessibili, con l'obiettivo di agganciare gli archivi esistenti e quelli di nuova costituzione a una base cartografica

georeferenziata completa delle mura urbane; punti di coordinate note (dal 'database geografico degli spazi pubblici' del Comune di Firenze, rilievo celerimetrico del territorio in scala 1:500, inquadrato nel Sistema di Riferimento UTM-WGS84) costituiranno i capisaldi ai quali riferire la mappa delle mura, base geografica alla quale verranno relazionate tutte le informazioni e i materiali iconografici degli archivi esistenti; l'elaborazione di un Piano di Manutenzione delle strutture;

- **la pubblicazione dei risultati** della ricerca; la progettazione di strumenti divulgativi avanzati, 'Virtual Heritage' applicato alla visualizzazione avanzata del complesso urbano oggetto di studio, abbinati a strumenti di divulgazione tradizionali⁴¹ con una particolare attenzione alla descrizione delle fasi costruttive del circuito murario, che rendano più comprensibili l'evoluzione e le trasformazioni che questo ha subito nei secoli;
- **la proposta di percorsi di visita della città**, fondamentali per lo sviluppo sostenibile di Firenze, che deve pensare a proposte maggiormente estese al territorio, di cui il tracciato delle mura rappresenta non un limite, dentro/fuori la città storica, ma un elemento di connessione tra il congestionato centro storico e alternativi percorsi turistico-culturali e paesaggistici.

1.2.2 Tipologia delle fonti

Il Gruppo di ricerca composto ha collezionato una serie di fonti documentali di varia natura, in particolare:

- **Fonti Storiche**, principalmente provenienti da archivi pubblici e privati come l'Archivio di Stato di Firenze sito in Viale della Giovine Italia, 6, 50122 Firenze FI, l'Archivio storico del Comune di Firenze sito in Via dell'Oriuolo, 33-35, 50122 Firenze FI e la Biblioteca Medicea Laurenziana sita in Piazza San Lorenzo, 9, 50123 Firenze FI;
- **Fonti Iconografiche** provenienti da archivi privati come l'Archivio Storico Fratelli Alinari sito in Largo Fratelli Alinari, 15, 50123 Firenze FI;
- **Fonti geografiche** provenienti dall' Istituto Geografico Militare sito in Via Cesare Battisti, 10/12, 50121 Firenze FI;
- **Rilievi geometrici** sul campo eseguiti grazie alla strumentazione ad hoc fornita dal DIDA - Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze e da DiaCon srl, Spin-off Approvato dall'Università degli Studi di Firenze;
- **Rilievi fotogrammetrici** sul campo eseguiti grazie alla collaborazione degli studenti del corso di Restauro del Prof. Arch. Roberto Sabelli.

Considerata la mole di informazioni, per essere in grado di utilizzare le fonti raccolte abbiamo avuto la necessità di isolarle le une dalle altre. Per alcune ci siamo impersonificati nella figura di raccoglitore delle stesse (ad esempio per quel che riguarda il rilievo diretto).

Il più delle volte le fonti hanno avuto la necessità di un "pretrattamento" per essere fruibili, vale a dire il suo ordinamento in un archivio o in una raccolta sotto forma di per giungere a una sua presentazione accettabile, o quantomeno utilizzabile ed implementabile all'interno del modello GIS.

La critica delle fonti storiche è stata diretta dal prof. Francesco Salvestrini, e dal prof. Guido Vannini col fine di validarle, stabilendo ad esempio se la fonte è autentica, chi l'ha prodotta, dove, e in quale contesto, considerando appunto che una qualsiasi fonte è indispensabile sia per utilizzarla in combinazione con altre fonti e classificarla in rapporto alle stesse, sia per determinarne l'autenticità ed affidabilità, che per costituire un repertorio utile al livello

di conoscenza prefisso.

1.2.3 Strumentazione impiegata

Grazie ai fondi stanziati dall'Università degli Studi di Firenze è stato possibile acquistare la strumentazione necessaria a svolgere le attività di rilievo strumentale in loco ed ottenere una fluida gestione dei dati per una completa restituzione della geometria e dello stato di conservazione dei tratti di mura fiorentine superstiti.

In particolare, abbiamo utilizzato la seguente strumentazione:

- **Laser scanner** Faro Focus M70 in grado di eseguire misurazioni con un raggio di 70 m per scansione con una precision fino ad una distanza di ± 3 mm. Si tratta di una tipologia di laser scanner in grado di acquisire immagini a 360° per ogni singola scansione e sovrapporle in fotomosaici fino a 165 megapixel;
- **Elaboratore dati** composto da processore AMD Ryzen 7 1800X 8-core 3.60 Ghz, 64 GB di memoria ram, scheda grafica nvidia GTX 1080x 8GB;
- **Stazione totale** Leica FlexLine TS02 con precision di 1.5 mm per ogni punto registrato, messa a disposizione di DiaCon;
- **Drone** DJI Phanthom 4 con sensore CMOS 1 da 20 MP messo a disposizione dal Prof. Lorenzo Rossi del Dipartimento di Scienze della Terra;
- **Software Autodesk ReCap** per la gestione delle informazioni provenienti dal laser scanner;
- **Software Autocad 2018** per la gestione delle informazioni provenienti dalla stazione totale.
- **Software Agisoft Photoscan** per ottenere ortofoto ad alta risoluzione georeferenziate e DEM (Modello Digitale di Elevazione) accuratamente dettagliati.

Si tratta di un impianto elaborazione dati di tutto rispetto che garantisce un'ottima fluidità dei flussi di informazioni.

Aspetto critico di questa tipologia di acquisizione dei dati è appunto la gestione degli stessi. La grande mole di informazioni provoca inesorabilmente una problematica di spazi fisici per la gestione e l'impiego di risorse hardware complesse per una buona elaborazione.

1.2.4 Tratti superstiti rilevati ed analizzati:

- **Porta Romana** da Viale Francesco Petrarca al Piazzale di Porta Romana e Piazza della Calza;
- **Giardino di Boboli** tratto di mura superstita all'interno del parco che costeggia

Viale dei Cipressi fino al quartiere di Bobolino includendo parte del Museo delle Porcellane e le abitazioni private sottostanti;

- **Via di Belvedere** da Porta San Giorgio a porta San Miniato, compreso il Baluardo della Ginevra e parte di giardino Bardini includendo anche parte di Via Costa San Giorgio;
- **Torre della Zecca** compreso il suo interno, Piazza Piave e parte di Via Giovane Italia;
- **Porta Beccaria** compresa tutta Piazza Cesare Beccaria, una piccola parte di Via Giovane Italia e Viale Giovanni Amendola.

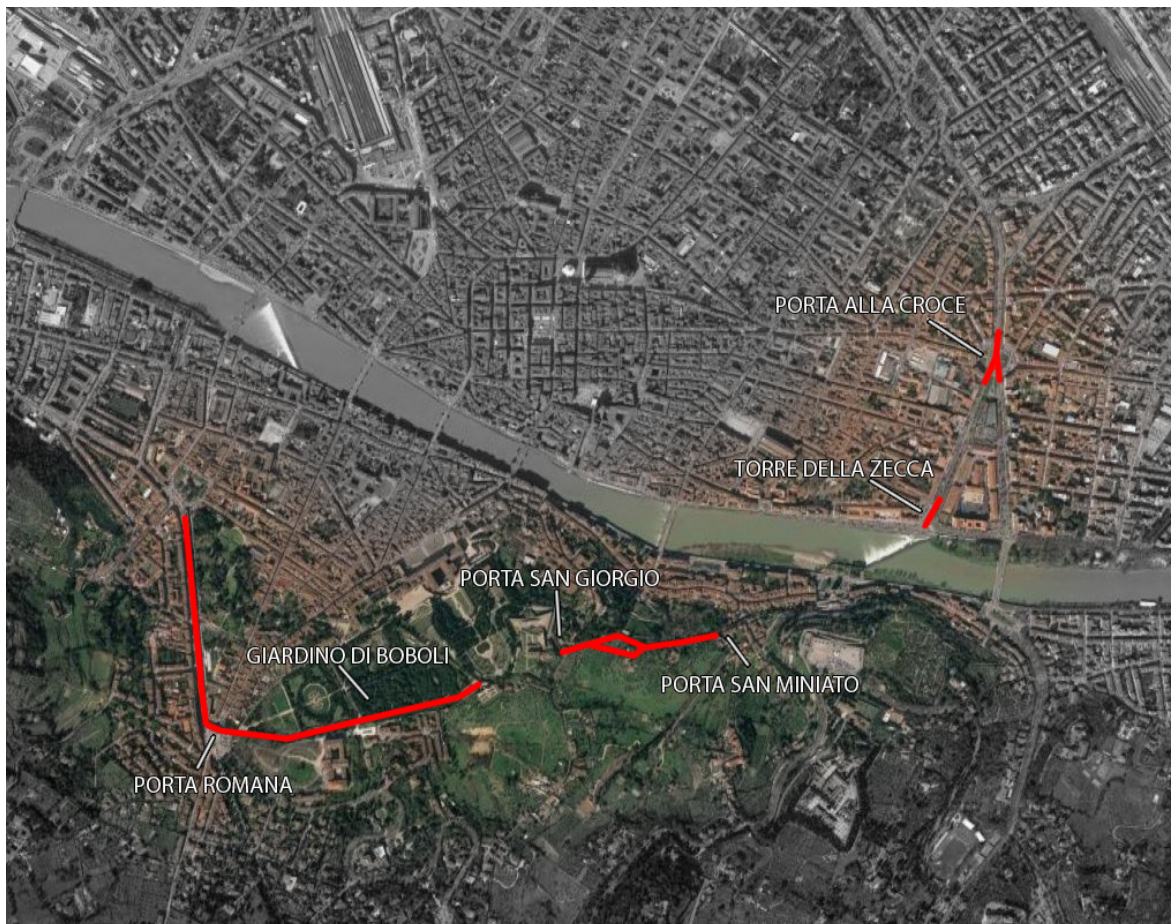


Immagine 7 - Inquadramento tratti murari superstiti interessati dal progetto FI-MU

1.2.5 Rilievi sul posto, acquisizione dei dati geometrici

Prima di tutto abbiamo valutato la tipologia di strumento e i relativi parametri per il rilievo, settando i livelli di risoluzione, precisione e accuratezza, dettata da un'analisi critica di dimensione, geometria, posizione e materiale della porzione del tratto di mura da valutare. Successivamente abbiamo pianificato il rilievo vero e proprio con lo strumento. Tutte queste valutazioni preliminari hanno il duplice vantaggio di ottimizzare il processo e allo stesso tempo prevedere le possibili problematiche ad esso collegate. In occasione dei

tratti murari in esame è stata utilizzata la differenza di fase del laser scanner in nostro possesso. Lo strumento, posizionato in punti specifici adiacenti all'oggetto di studio, raccoglie i dati di radianza dei vari punti scansionati, ottenendo anche informazioni sul colore.

Occorre che le varie stazioni di rilievo, nelle quali viene posizionato il laser scanner, si trovino in vista le une con le altre fino ad una distanza massima di 10 mt l'una da l'altra, in modo che, al momento dell'analisi dei dati, si possano unire in modo automatico tutte le nuvole di punti raccolte, avendo più punti in comune possibile tra una scansione e l'altra, disegnando un percorso lineare e chiuso.

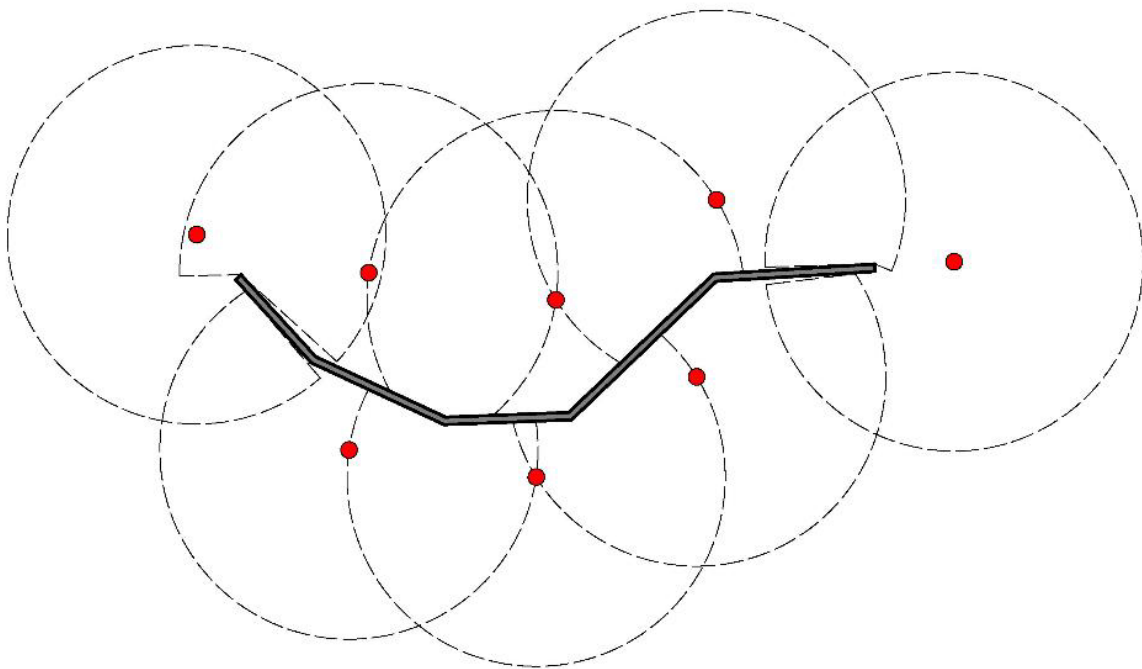


Immagine 8 - Esempio di pianificazione del rilievo con Laser Scanner, in rosso le stazioni, i cerchi tratteggiati l'area di scansione ed in mezzo il tratto murario oggetto del rilievo

Le difficoltà che si riscontrano in questo tipo di rilievo sono legate al fatto che la radiazione luminosa non supera gli oggetti opachi, è riflessa dagli oggetti lucidi e passa attraverso le superfici trasparenti, questo può falsare i dati, gli ostacoli creano zone d'ombra in cui la scansione non prenderà alcun punto, le superfici riflettenti restituiscono una falsa informazione sull'oggetto colpito mentre quelle trasparenti vengono attraversate raccogliendo punti che sarebbero altrimenti nascosti.

Utilizzando un laser scanner 3D con la funzione della differenza di fase, si impiegano circa 7 minuti per completare una stazione di scansione, e i dati così raccolti vengono salvati

sulla memoria dello scanner insieme alle foto scattate da quest'ultimo e all'informazione della radianza.

L'impiego della Stazione totale è stato fondamentale per registrare dei punti noti ed in comune con il sistema di gestione dati della Regione toscana al fine di poter sovrapporre al meglio i nostri dati geometrici col sistema di coordinate della piattaforma "Geoscopio" descritta nei capitoli seguenti.

1.2.6 Restituzione dei dati

Quello che si ottiene con il laser scanner è la pelle, una serie di punti che caratterizzano il manufatto rilevato. Ovviamente non è possibile ottenere informazioni circa la stratigrafia muraria o aree al di fuori della portata dello strumento.

Si tratta quindi di una serie di dati "Grezzi" da elaborare in una fase successiva all'acquisizione grazie a software dedicati.

Dopo aver raccolto i risultati delle scansioni si uniscono le varie nuvole di punti così ottenute in una singola nuvola complessiva dell'intero oggetto che si vuole rilevare cercando di allineare il più possibile le varie stazioni in modo da minimizzare l'eventuale errore di allineamento nelle misurazioni, questa operazione è in parte automatica, ma per la maggior parte dei casi l'allineamento va fatto manualmente.

Una volta ottenuta la nuvola di punti bisogna controllarne la dimensione in GB e la gestibilità, per capire se fosse possibile eliminare delle parti superflue come la chioma della vegetazione o addirittura si può decidere di decimare i punti registrati per rendere più agevole il lavoro di modellazione successivo.

Successivamente si può passare alla fase di "meshing" della nuvola, il programma dedicato Autodesk Recap può creare automaticamente delle superfici composte da triangoli i cui vertici sono i punti stessi della nuvola e i lati sono i segmenti che li collegano, in questo modo si crea una superficie che descrive il più possibile la forma degli elementi che si sono rilevati, la risoluzione di tale superficie è tanto maggiore tanti più punti ci sono ma allo stesso tempo, più triangoli compongono la mesh finale maggiore sarà la potenza di calcolo necessaria per poterla gestire.

L'obiettivo non è tanto quello di ottenere una superficie con un alto grado di dettaglio per una sua restituzione foto realistica, bensì quello di avere un oggetto che possa essere inserito in un software di modellazione e gestione della nuvola di punti come Autodesk Autocad, e che possa conservare tutte le sue caratteristiche geometriche, senza perdere nulla sia in qualità che in precisione.

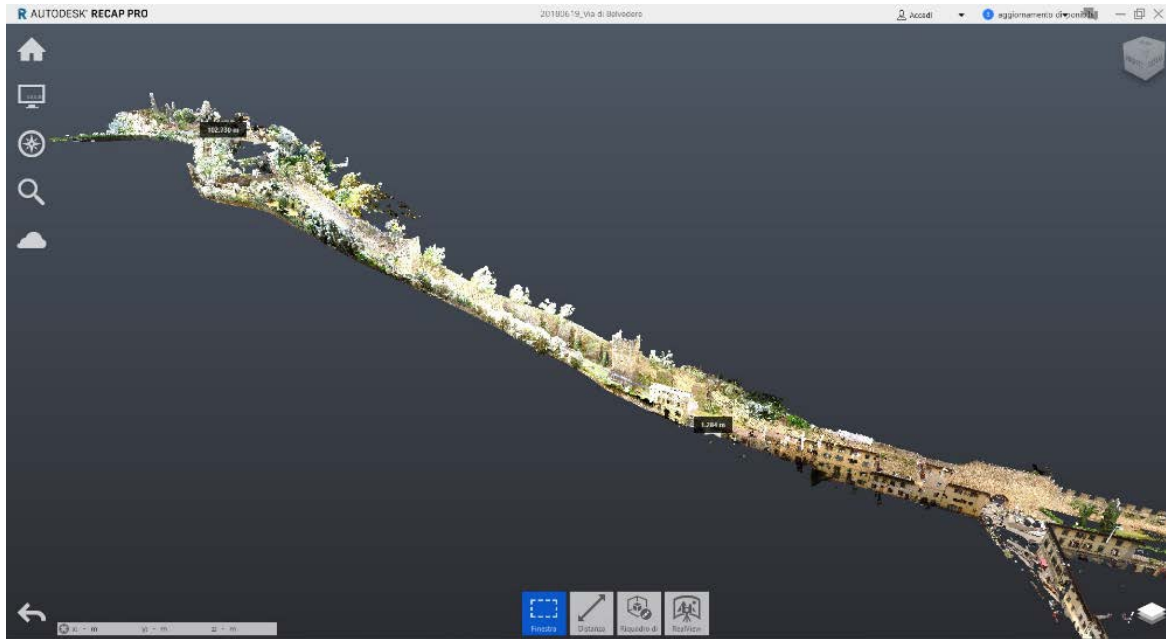


Immagine 9 - Tratto da Porta San giorgio a Porta San Miniato

Per fare un esempio, il solo tratto che va da Porta San Giorgio a Porta San Miniato è stato interessato da ben 115 scansioni che moltiplicate per 7 minuti ciascuna ha comportato 13,4 ore di lavoro strumentale senza considerare gli spostamenti da una stazione all'altra in terreno scosceso. Il tempo per la pianificazione e l'acquisizione dei dati è stato quindi di due settimane, senza considerare il collegamento delle scansioni stesse. Il peso complessivo della scansione unita è di ben 116 GB.

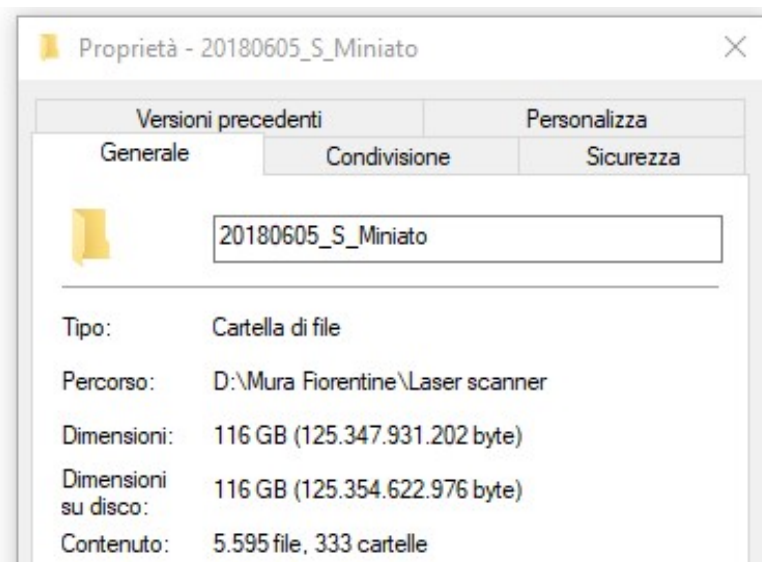


Immagine 10 - Proprietà della cartella contenente il progetto della scansione relativa al tratto murario che va da Porta san giorgio a Porta San Miniato

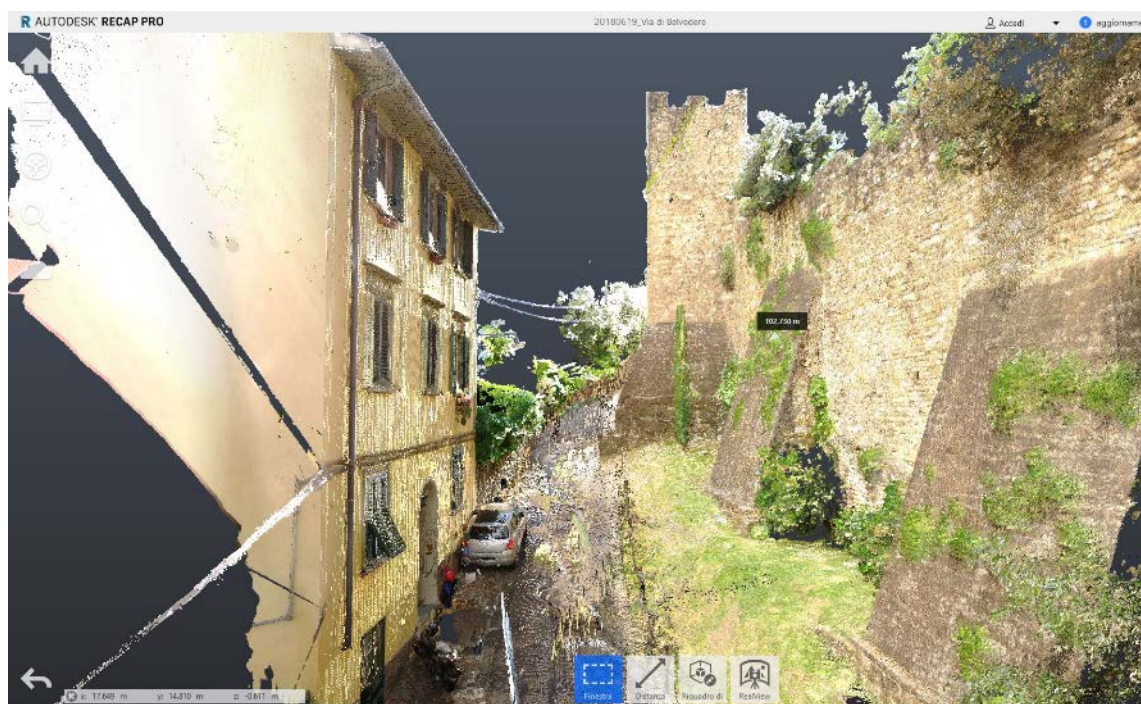


Immagine 11 - Esplorazione del modello ottenuto

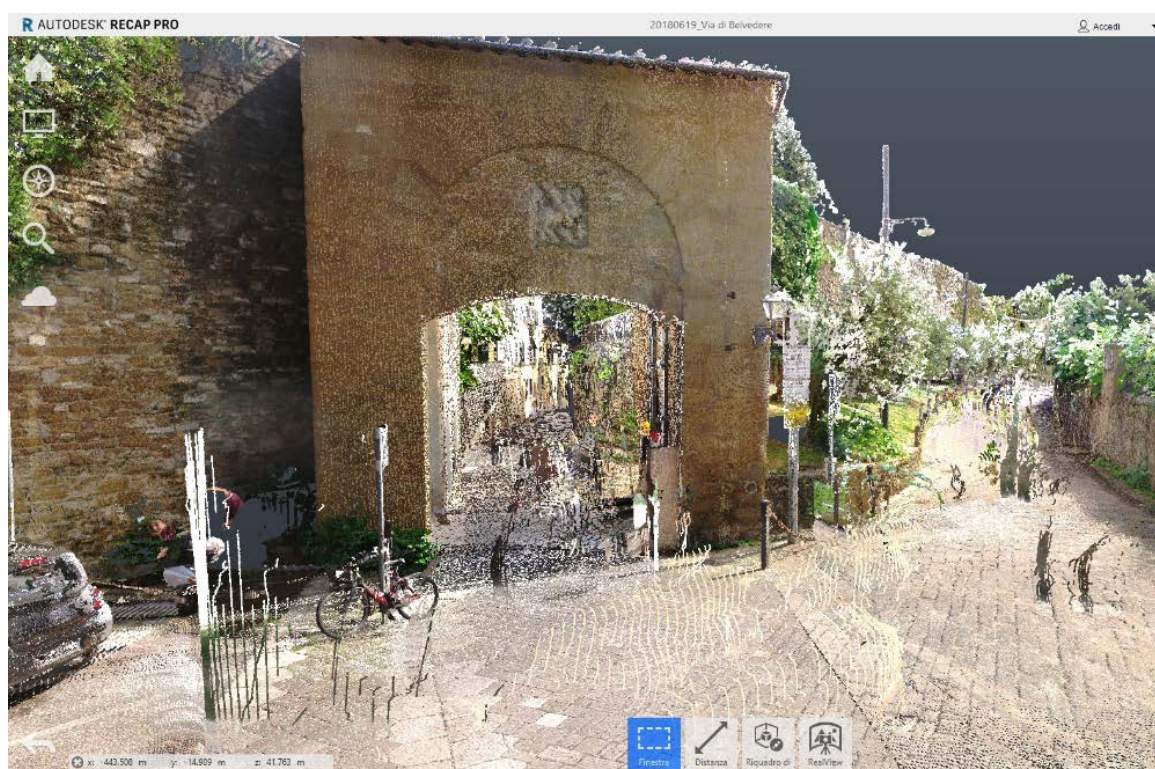


Immagine 12 - Particolare di Porta San Giorgio

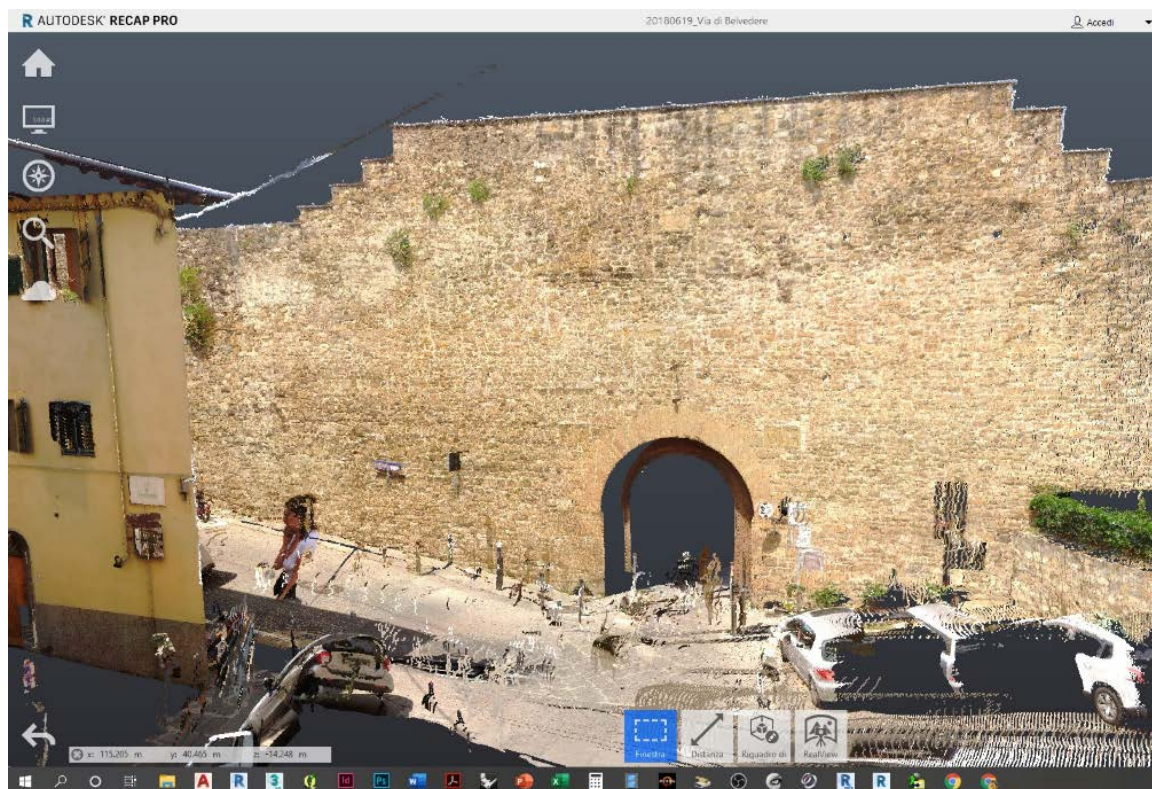


Immagine 13 - Particolare di Porta San Miniato

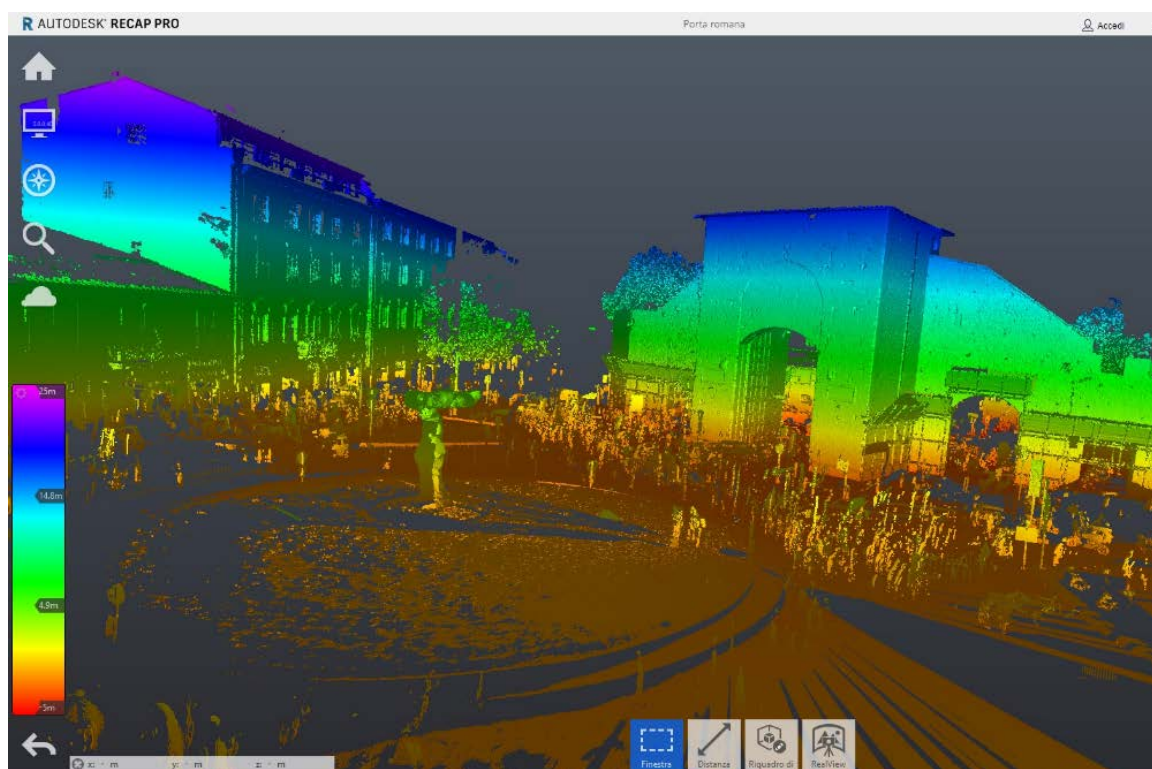


Immagine 14 - Particolare scansione di Porta Romana con in evidenza i dati di elevazione

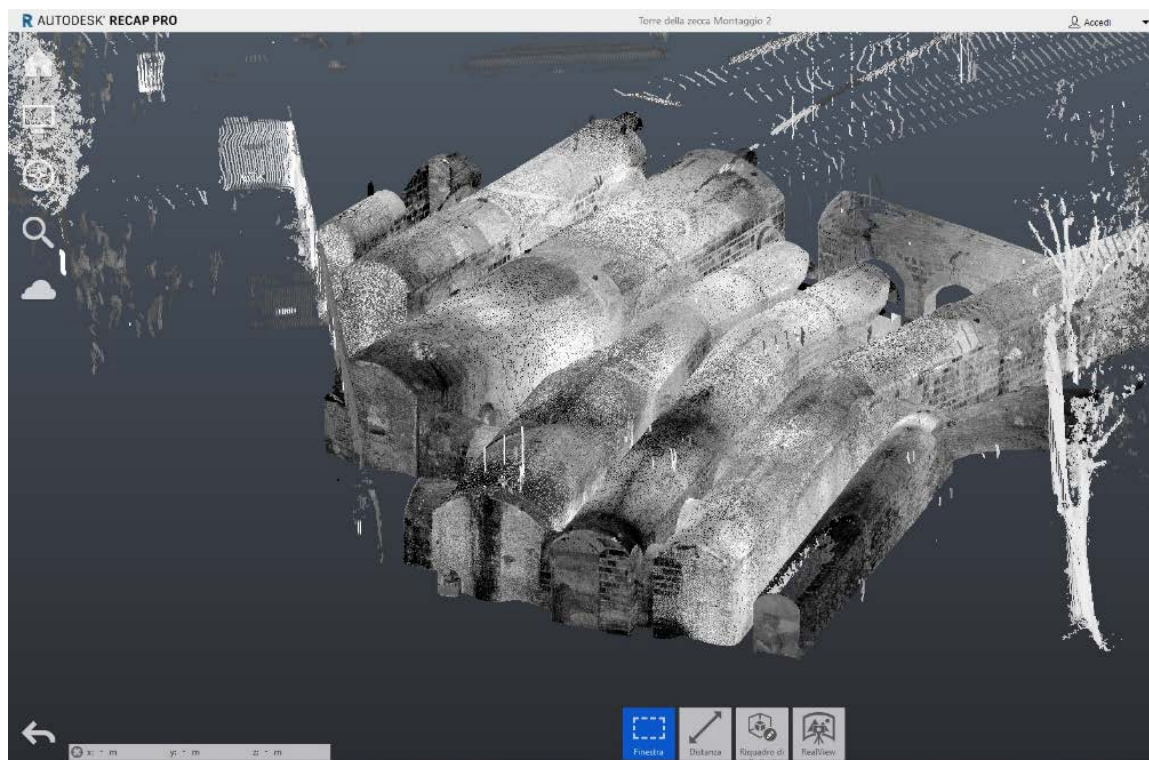


Immagine 15 - Particolare scansione dei sotterranei della torre della Zecca

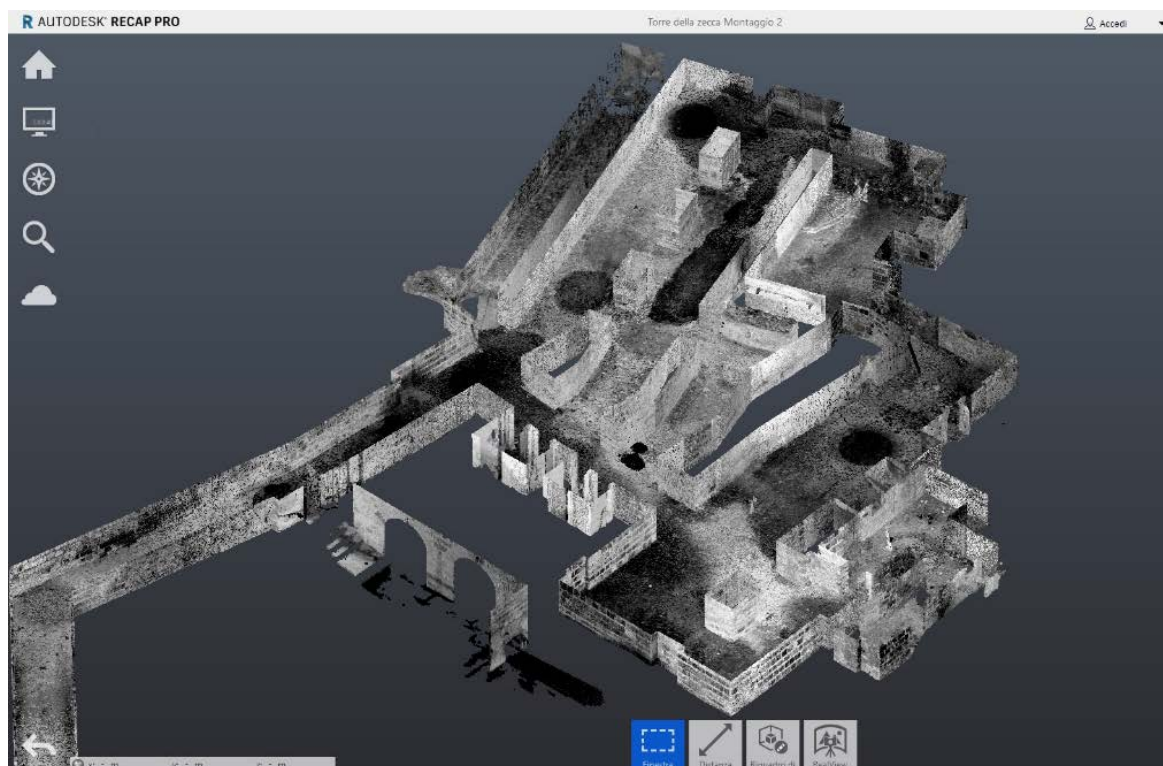


Immagine 16 - Particolare scansione dei sotterranei della torre della Zecca

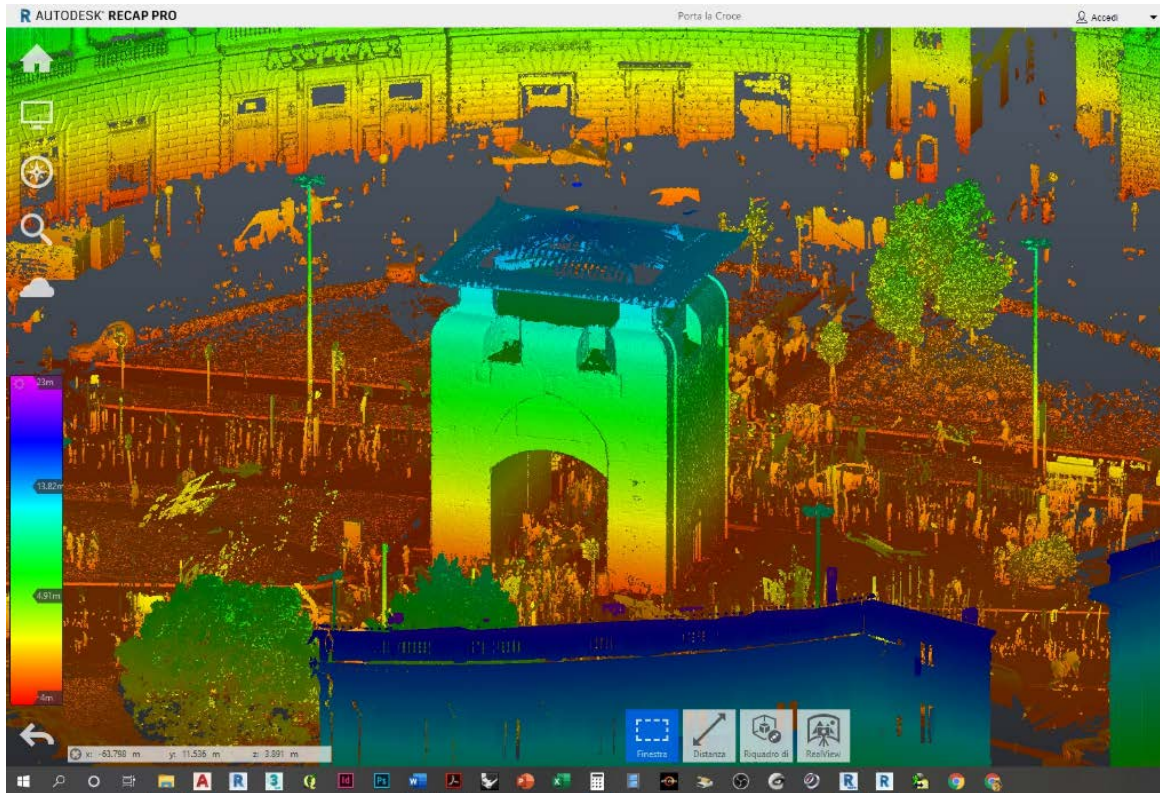


Immagine 17 - Particolare scansione di Porta alla Croce con in evidenza i dati di elevazione

Grazie alla disponibilità del Prof. Lorenzo Rossi del Dipartimento di Scienze della Terra è stato possibile ottenere un modello 3d mesh fotogrammetrico di un tratto di mura all'interno di Villa Bardini. Il grado di precisione ed accuratezza non è minimamente vicino al risultato ottenuto dal rilievo laser scanner ma è stato molto utile per creare una geometria di massima in poco tempo, solo una giornata tra scansione e restituzione, basti pensare che per rilevare il solito tratto con stazione totale e laser ci abbiamo impiegato ben una settimana senza restituzione dei dati.

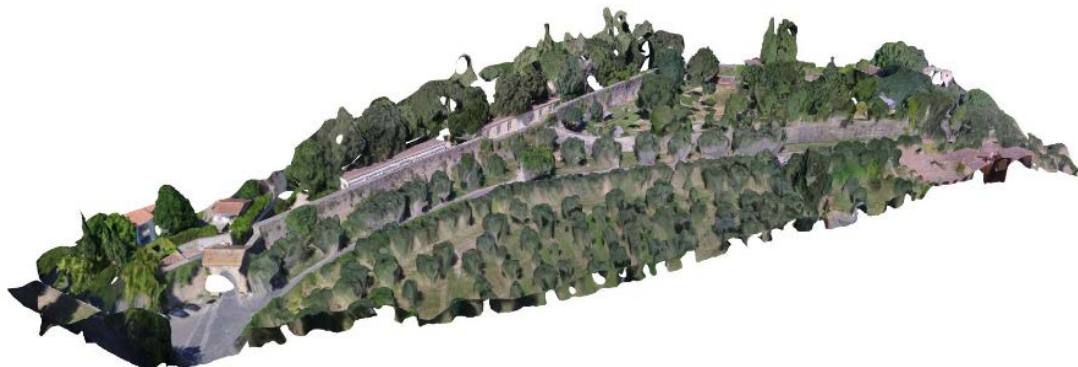
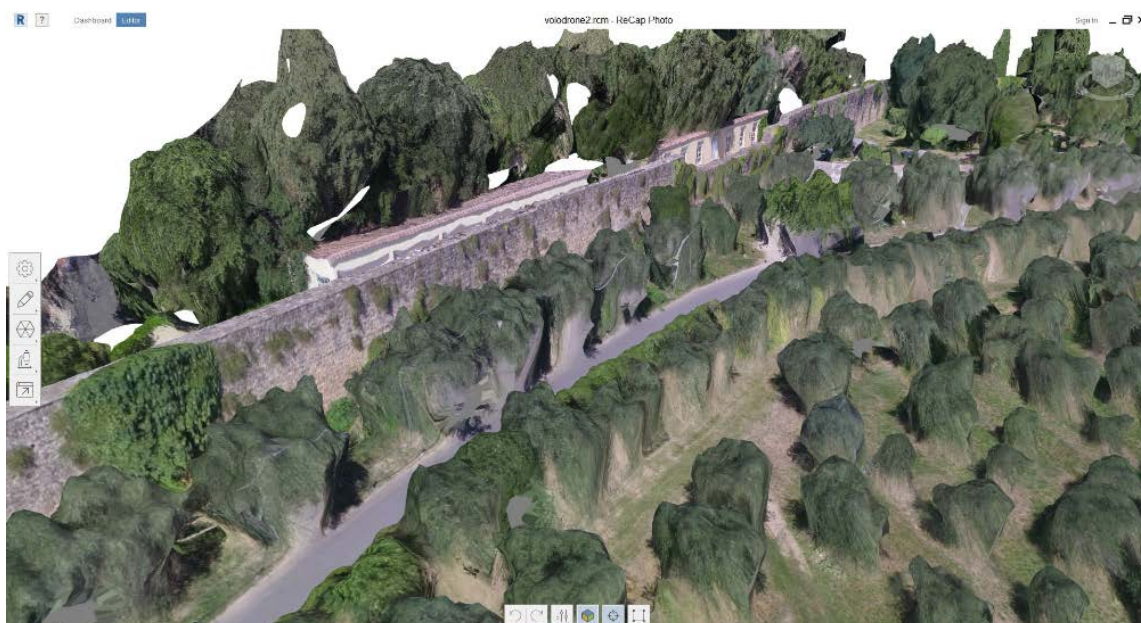


Immagine 18 - Particolari modello 3d ottenuto grazie alla fotogrammetria con drone

1.2.7 Elaborazione dei dati

Per semplicità riporto soltanto uno dei tratti interessati dal progetto a monito di tutti gli altri in quanto contiene le problematiche che accomuna, in generale, tutto il circuito murario in esame.

Si tratta del tratto situato Oltrarno nel quartiere di San Niccolò alle pendici del colle di San Miniato. La porzione di mura parte poco prima Porta di San Miniato ai piedi di Via di Belvedere e prosegue lungo tutta la stessa fino a raggiungere la prima Torre difensiva, per una lunghezza complessiva di circa 110ml. Si tratta di una porzione molto importante della città, nonché molto antica, poiché oltre alla "Scala del Monte alle Croci" citata da Dante nella "Divina Commedia" (Purgatorio, XII, 100-102) e si trova nelle immediate vicinanze della chiesa di San Miniato al Monte. Tutto il tratto è stato rilevato mediante Laser Scanner e Stazione totale con cui è stata realizzata la propedeutica rete plano altimetrica per definire un unico sistema di riferimento per l'intero rilievo e per l'inquadramento catastale.

La rete è stata realizzata come struttura autonoma, intrinsecamente determinata, con misure sovrabbondanti per permettere controlli statisticamente validi.

L'intera linea difensiva nel quartiere di San Niccolò fa parte della Seconda Cerchia Comunale di Firenze, datata 1258-1333, progettata dall'architetto Arnolfo di Cambio. Nel tempo queste mura hanno subito vari processi di trasformazioni, come la sostanziale modifica delle mura nel XVI secolo, poiché l'introduzione delle armi da fuoco portò al ridimensionamento in altezza delle mura, scapitozzando le torri ed eliminando dalle mura gli elementi più fragili, come le creste. Numerose sono inoltre le rappresentazioni iconografiche che sono state realizzate tra il XV e il XVI secolo, che rappresentano la città all'interno delle sue mura in un contesto paesaggistico molto esteso, come la famosa "Pianta della Catena", datata 1471-1482 e realizzata da Francesco di Lorenzo Rosselli, una veduta 'a volo d'uccello' di Firenze, o ancora la Pianta di Stefano Buonsignori, una vista assonometrica dell'intero territorio comunale realizzata nel 1584 e con degli "aggiornamenti" del 1594, che ci fa vedere perfettamente l'evoluzione che la città e le sue mura hanno avuto nel corso del tempo.



Immagine 19 – Indicazione del tratto in esame sulla Pianta del Buonsignori 1584-1594, Palazzo Vecchio, Firenze

Allo sviluppo planimetrico delle murature si affianca l'indicazione dello spessore per i vari segmenti murari, data mediante un numero di sezioni significative adeguato alle caratteristiche dei singoli segmenti. Il grado di dettaglio della planimetria generale e delle sezioni/prospetto complessive è stato rapportato alla scala adottata per la restituzione su formato A0 (da scala 1:500 a 1:50) e alla scala adottata dall' Agenzia del Territorio - Ufficio Tecnico Erariale e Catasto (1:2000 e 1:200).

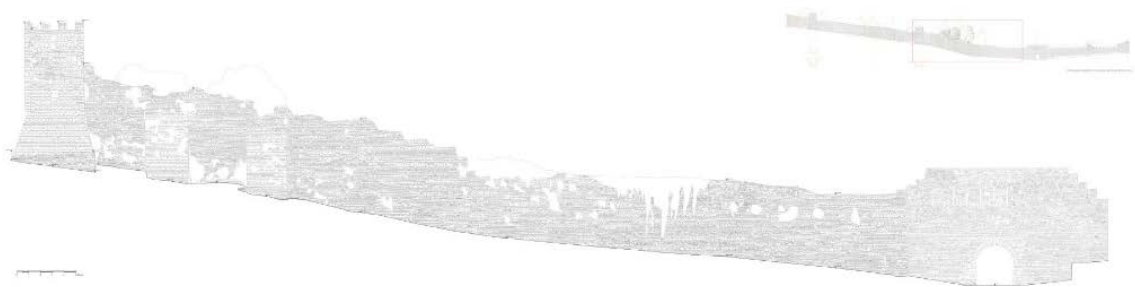


Immagine 20 - Rilievo geometrico, restituzione in formato vettoriale del prospetto su Via Belvedere

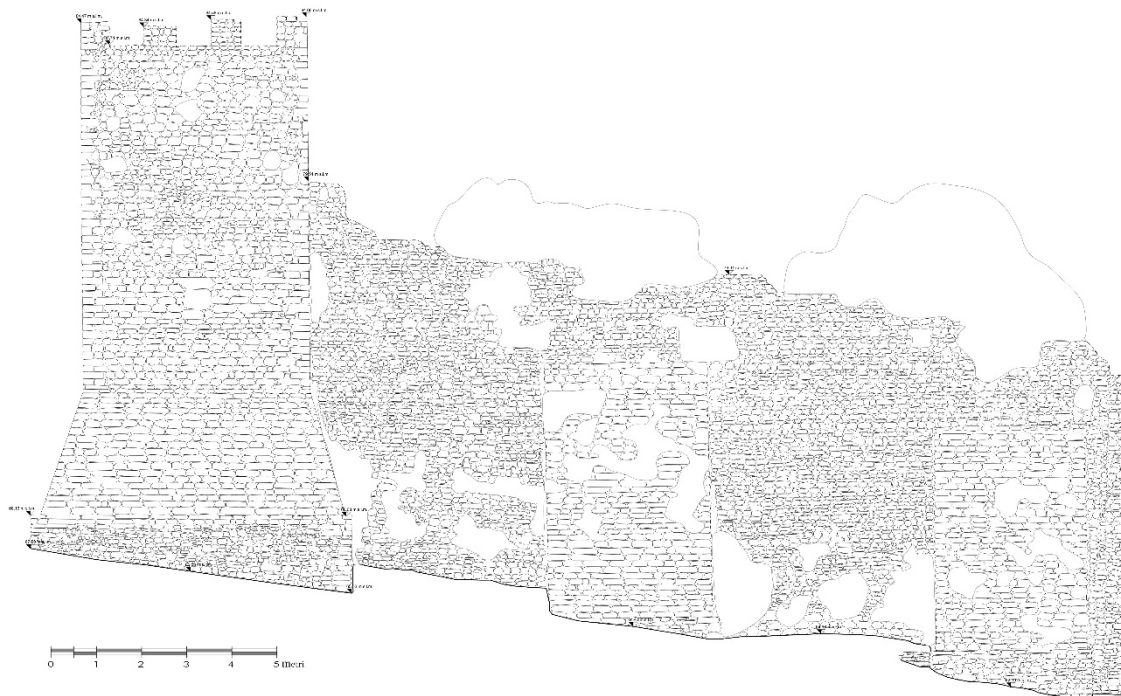


Immagine 21 – Porzione di restituzione in formato vettoriale del prospetto su Via Belvedere

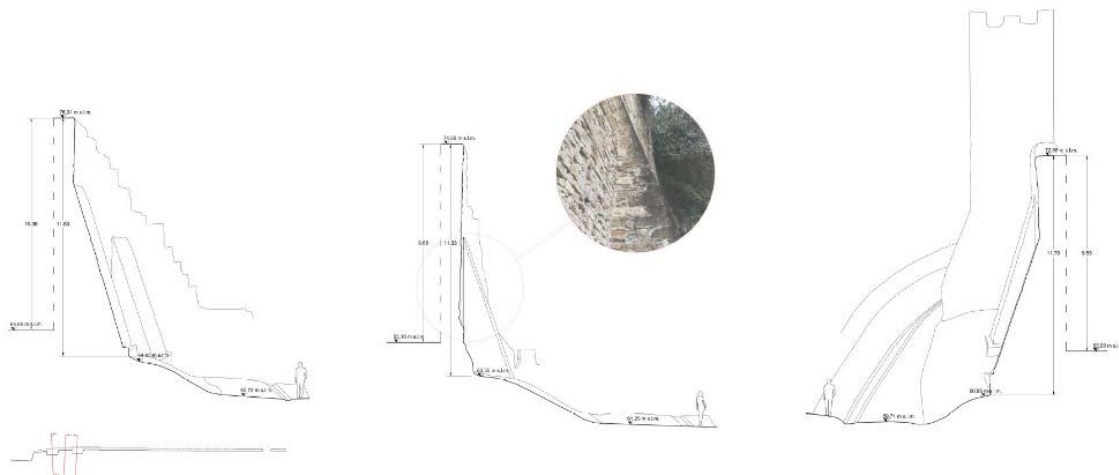


Immagine 22 - Rilievo geometrico, rappresentazione delle sezioni del tratto murario in esame

Il rilievo di dettaglio delle piante e degli alzati dei singoli lotti di suddivisione dell'intero tratto murario è stato restituito nelle scale da 1:100 a 1:20. Sono stati prodotti mosaici di fotopiani, ancorati al sistema di riferimento precedentemente predisposto (i raddrizzamenti eseguiti per via digitale e il calcolo dei parametri della trasformazione proiettiva sono stati effettuati utilizzando punti di controllo in numero maggiore a quello strettamente necessario) in modo da costituire una base metrica attendibile per la redazione di un'appropriata documentazione dei materiali e della consistenza delle strutture murarie, delle tecniche costruttive, delle principali fasi di costruzione e modificazione (stratigrafie)

delle alterazioni in atto con prime proposte d'intervento.



Immagine 23 - Dettaglio nuvola di punti rimontata del tratto in esame



Immagine 24 - Dettaglio nuvola di punti rimontata del tratto in esame



Immagine 25 – Fotopiano del prospetto di mura su Via Belvedere



Immagine 26 - Porzione di Fotopiano del prospetto di mura su via Belvedere

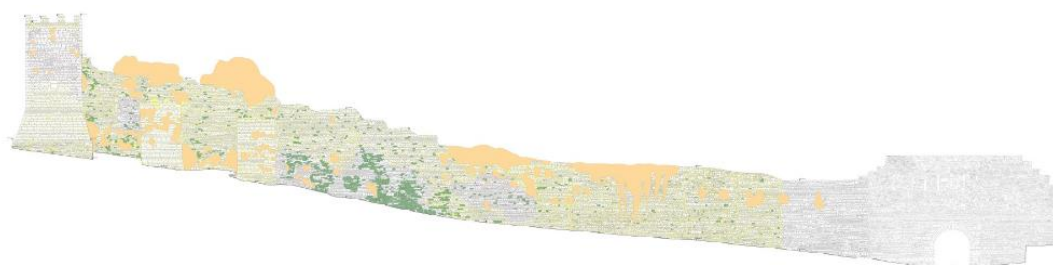


Immagine 27 - Analisi materica del prospetto su Via Belvedere

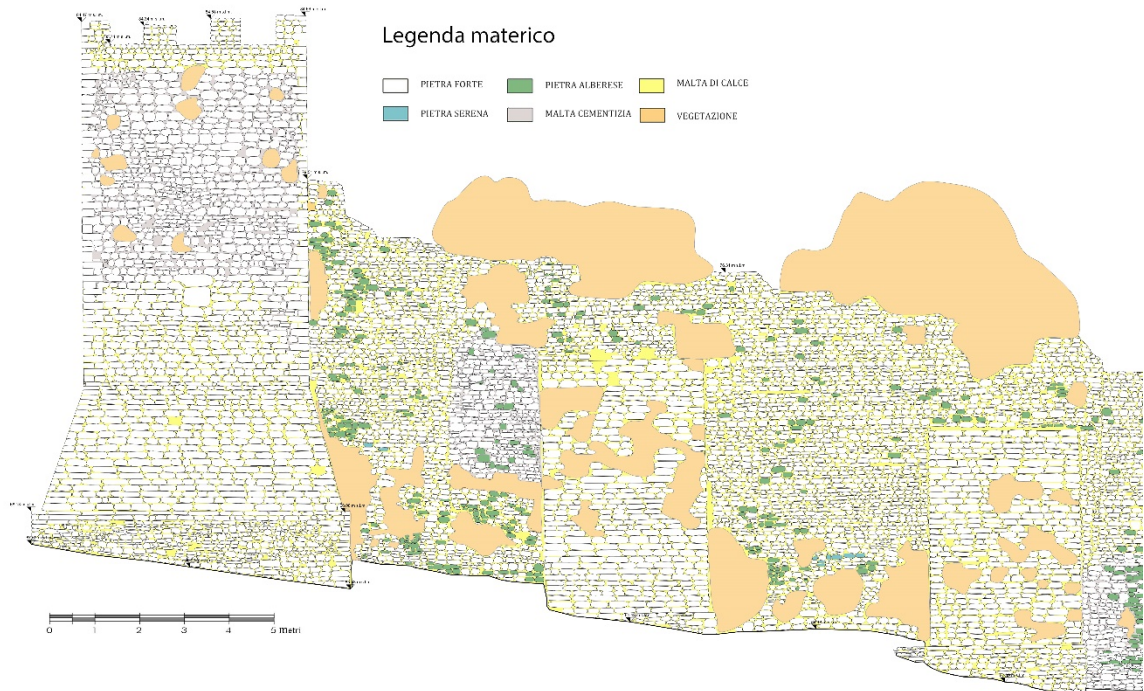


Immagine 28 - Porzione di analisi materica del prospetto su Via Belvedere

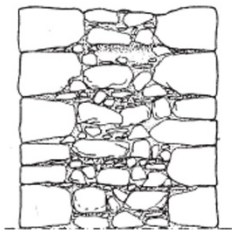
TECNICHE COSTRUTTIVE

TORRE



Nella torre si può notare come i conci posti agli spigoli siano più regolari di quelli posti sui lati della costruzione.

Questi, seppur più piccoli e irregolari, mantengono la regolarità dei filari, evidenziando le conoscenze e l'attenzione della manodopera locale.



Questi elementi lapidei sono legati fra loro attraverso la malta di calce, ma le parti restaurate dopo la costruzione originaria sono legate con la malta cementizia.

MURA URBICHE



Dalla foto laterale di una cresta muraria si può ben notare come la muratura sia realizzata con materiale lapideo quasi del tutto uniforme (Pietra forte), che in alcuni punti potrebbe essere anche di recupero.



Non presenta un taglio completamente regolare, ma comunque mantiene una precisa orizzontalità nei filari. Soprattutto nelle creste c'è una diversificazione del taglio dei conci.

Questi elementi lapidei sono legati fra loro attraverso la malta di calce.

Tipologie costruttive : MURATURE, SEZIONI E FORMA DEI CONCI NELLE ARCHITETTURE DELL'XI-XIV SECOLO
di ANTONELLA MANFREDI

Immagine 29 - Analisi delle tipologie costruttive

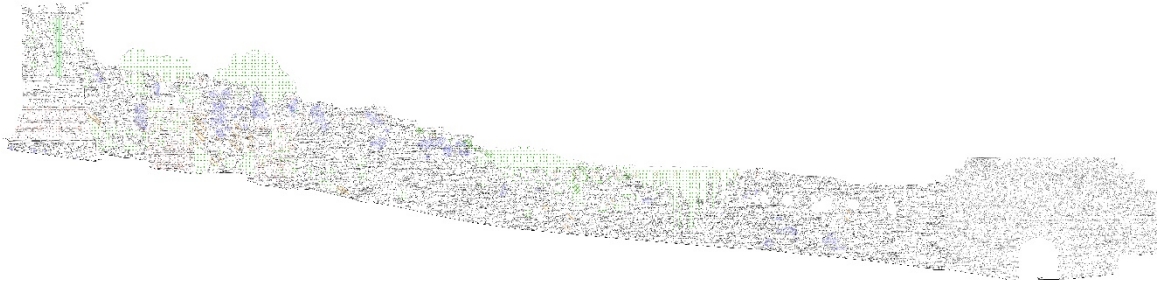


Immagine 30 - Analisi del degrado del prospetto su Via Belvedere

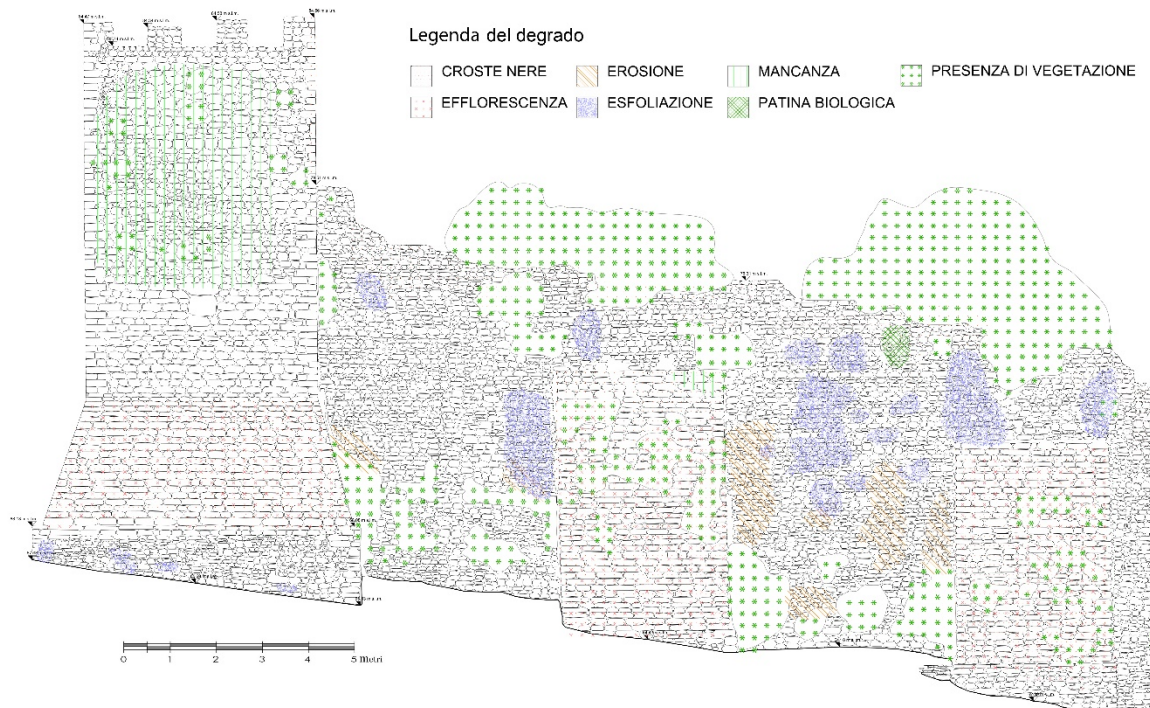


Immagine 31 – Porzione di analisi del degrado del prospetto su Via Belvedere

Tutta la documentazione è stata di supporto per eseguire elaborati grafici sovrapposti, individuando le superfici da sottoporre a interventi di restauro.

È opportuno specificare che l'analisi del degrado è stata condotta grazie alle indicazioni contenute nella norma UNI 11182:2006 - Beni culturali - Materiali lapidei naturali ed artificiali - Descrizione della forma di alterazione - Termini e definizioni.








PULITURA	 CROSTE NERE PU: pulitura-impacchi attraverso AMMONIO CARBONATO, che non lascia prodotti nocivi.	
	 EFFLORESCENZA PU: pulitura-impacchi attraverso Minerali argillosi (silicati di magnesio) con notevole capacità assorbente; come la SEPIOLITE, con la realizzazione di impacchi di acqua deionizzata.	
	 PATINA BIOLOGICA PU1: pulitura-lavaggio attraverso l'utilizzo di ACQUA ATOMIZZATA	
	 PRESENZA DI VEGETAZIONE Dim: Diserbo manuale	
CONSOLIDAMENTO	 EROSIONE CN: consolidamento	Applicazione di prodotti consolidanti a spruzzo, irrorazione continua con ricircolo di prodotto, per l'impregnazione, tramite l'utilizzo di Consolidanti inorganici come il SILICATO DI ETILE
	 ESFOLIAZIONE CN: consolidamento	
	STILATURA DEI GIUNTI	Ripristinare il funzionamento delle murature colmando i vuoti dei letti di malta e sigillare i giunti in modo da prevenire ristagni di acqua e depositi che favoriscano l'instaurarsi di nuovi fenomeni di degrado per tutte le creste del tratto analizzato.
INTEGRAZIONE	 MANCANZA AG2: integrazioni mancanze	

Immagine 32 - Proposta d'intervento in funzione dei degradi evidenziati

1.2.8 Osservazioni sullo stato di conservazione

Ad una prima analisi le mura hanno mostrato una diffusa erosione dei giunti di malta e di alcuni conci, a causa della particolare esposizione agli agenti atmosferici e inquinanti. Le parti inferiori e superiori presentano vegetazione infestante più o meno radicata, causa di fessurazioni nei giunti di malta e di distacchi di materiale del mantello di copertura.

Il prospetto risulta particolarmente umido, con frequente ristagno d'acqua, nonostante l'esposizione a sud e presenta una diffusa alterazione cromatica dei materiali e un diffuso attacco microbiologico, con conseguente formazione di croste ed efflorescenze. Si segnala inoltre la presenza di mancanze sul paramento murario. Sono quindi necessari interventi di pulitura per quanto riguarda le aree interessate dalle croste nere, le efflorescenze, lì dove è presente la patina biologica e la presenza di vegetazione oltre ad opere di consolidamento lì dove è in atto il fenomeno dell'erosione delle porzioni lapidee. Ovviamente lì dove sono presenti delle mancanze è necessario intervenire con delle integrazioni di materiale lapideo e non. Tutte le analisi dei tratti murari analizzati sono state implementate in un sistema di tipo GIS per una più facile fruizione da parte dell'Amministrazione del Comune di Firenze e della Regione toscana.

2 La gestione del progetto in GIS

2.1. Introduzione

Il progetto di conoscenza sullo stato di conservazione della cinta muraria superstite fiorentina aveva la necessità di essere racchiuso all'interno di un "contenitore" fruibile a tutti attraverso una interrogazione diretta.

Abbiamo quindi optato per un database condiviso con l'amministrazione che inizialmente doveva essere BIM – Based e quindi costituito da tutti i dati da noi raccolti collegati ad elementi tridimensionali che portano la geometria, appunto, delle mura superstiti.

Sebbene ci fosse un consenso diffuso da parte di tutti gli attori del progetto, comprese le amministrazioni, viste le potenzialità del sistema BIM, ci siamo resi conto fin da subito che c'erano diversi ostacoli all'apparenza insormontabili, in particolare riferiti a:

- Disponibilità di personale competente in materia di BIM;
- Barriere tecnologiche come ad esempio la compatibilità di software e la potenza di calcolo;
- Paura di un costo informatico elevato;
- Resistenza culturale.

Quest'ultimo punto, un po' provocatorio, si riferisce al fatto che le amministrazioni coinvolte adottano delle metodologie di archiviazione dei dati territoriali in GIS o semplicemente CAD e quindi non è facile tentare un diverso approccio metodologico.

È bene ricordare che esistono diversi studi in merito ai vantaggi dell'utilizzo della metodologia BIM che evidenziano un notevole abbattimento dei tempi di realizzazione dei progetti, sia per riqualificazioni sia per i green field (ex novo) del 50%.¹

Il primo ostacolo che abbiamo incontrato è stata proprio la redazione di un documento condiviso con le linee guida e gli standard di implementazione con cui tutti gli attori potessero catalogare i dati raccolti.

Dopo una serie di tentativi siamo arrivati alla conclusione che sarebbe stato meglio utilizzare una metodologia di tipo GIS nonostante non si potesse avere la piena libertà di rappresentare geometricamente la terza dimensione.

2.2. Normativa e strumenti di pianificazione

Le leggi urbanistiche regionali, come ad esempio in Toscana la Legge regionale 10 novembre 2014, n. 65 avente come oggetto "Norme per il governo del territorio", hanno

¹ <https://www.ediltecnico.it/59895/bim-perche-bisogna-usarlo/>

significativamente mutato l'impostazione tradizionale del governo del territorio introducendo tra gli altri l'obbligatorietà nella redazione dei quadri conoscitivi. Successivamente ha normato le modalità di redazione degli stessi. L'intento della norma è stato quello di poter analizzare dati spaziali di diverso tipo attraverso criteri e metodologie uniformi e standardizzate.

Lo strumento individuato è il Sistema Informativo Territoriale SIT:

- Riferimento principale per tutte le informazioni e gli atti di pianificazione del territorio;
- Rende disponibili, a tutti i cittadini, dati costantemente aggiornati;
- Consente di consultare la cartografia di base per navigare sulle mappe interattive
- Permette di accedere alla normativa e alle schede informative;
- Consente di scaricare i moduli e i documenti ufficiali;
- Riunisce la normativa e tutte informazioni a proposito dell'Assetto del Territorio.

Il SIT è quindi un nuovo strumento per la gestione e l'analisi dei dati geografici, oltre ad un insieme complesso di componenti hardware, risorse software, umane ed intellettive per acquisire, processare, analizzare, immagazzinare e restituire in forma grafica dati riferiti ad un territorio.

Si può intendere anche come uno strumento atto a organizzare ed aggiornare nel tempo di un sistema di conoscenza del territorio, delle risorse e del proprio utilizzo, nonché il supporto alla pianificazione territoriale attraverso la gestione coordinata di archivi di dati condivisi ed il coinvolgimento degli operatori (Pubbliche amministrazioni, cittadini e tecnici) nella pianificazione e realizzazione delle attività che interessano la gestione e la manutenzione di beni a varia scala.

La regione toscana mette a disposizione "GEOscopio" uno strumento on line accessibile da qualsiasi tipologia di utente, si tratta di uno strumento webgis con cui è possibile visualizzare ed interrogare i dati geografici della Regione Toscana provenienti dai WMS della regione stessa. I WMS sono dei servizi di consultazione che consentono di *"eseguire almeno le seguenti operazioni: visualizzazione, navigazione, variazione della scala di visualizzazione (zoom in e zoom out), variazione della porzione di territorio inquadrata (pan), sovrapposizione dei set di dati territoriali consultabili e visualizzazione delle informazioni contenute nelle legende e qualsivoglia contenuto pertinente dei metadati"* (Direttiva 2007/2/CE). Implementati secondo le linee guida INSPIRE per l'implementazione dei Servizi di Consultazione con standard ISO 19128 – Web Map Service (WMS) 1.3.0. Il WMS (Web Map Service), generato secondo lo standard, eroga

una mappa che è la rappresentazione delle informazioni territoriali sotto forma di un file immagine digitale di vario formato e sovrapponibili.

I WMS sono quindi i dati messi a disposizione sotto forma di archivio interrogabile e sono appunto denominati "Servizi". Per il progetto Firenze-Mura abbiamo attinto ai dati condivisi tramite GeoScopio_WMS che sono in parte di proprietà della Regione Toscana, in parte sono prodotti da altri Enti pubblici, disponibili in copia o come elaborazione dei dati originali detenuti dai vari Enti proprietari.

Geoscopio è la denominazione di un insieme di portali, realizzati dalla Regione Toscana mediante il framework Tolomeo (<http://tolomeogis.comune.prato.it/>), che presentano una serie di strati tematici funzionali a fornire in maniera coordinata informazioni di carattere geografico. Tutti i dati visualizzati provengono dai servizi Inspire dell'Infrastruttura Geografica regionale - Geoscopio WMS, richiesti dinamicamente dal portale. Il portale interagisce con il patrimonio di dati (per richiedere mappe, interrogare strati, effettuare ricerche) esclusivamente mediante invocazioni di servizi Web come previsti dalla Direttiva Inspire: in tal modo sarà possibile aggiungere progressivamente strati informativi resi disponibili dai diversi soggetti pubblici tramite l'interrogazione di appositi servizi web interoperabili attivati da tali soggetti, senza necessità di duplicazione dei dati, ma attingendo in tempo reale a quelli mantenuti dal relativo produttore.

Le stesse banche date Web sono fruibili anche da strumenti GIS Desktop come QGIS, il software utilizzato per elaborare i dati immagazzinati durante il progetto FI-MU.

2.3. Come funziona GeoScopio_WMS

All'indirizzo <http://www502.regione.toscana.it/geoscopio/cartoteca.html> è raggiungibile la pagina principale di gestione del sistema.

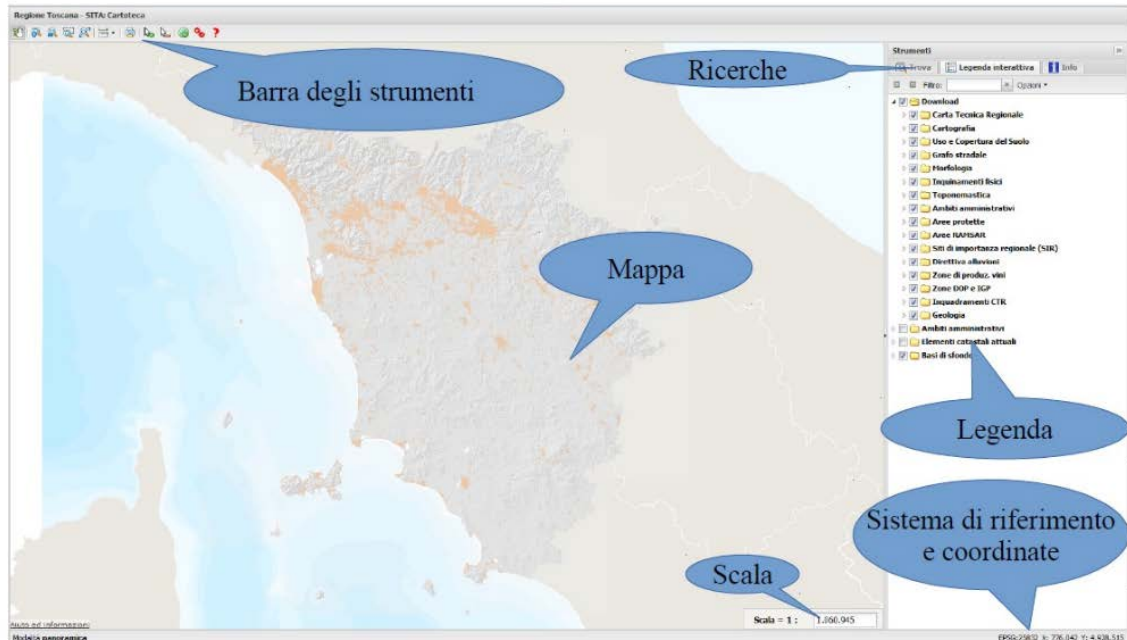


Immagine 33 - Interfaccia

Il portale è caratterizzato dalla presenza di una mappa, da una barra degli strumenti, da una legenda interattiva e da un'ambiente per le ricerche. L'interfaccia è in continua evoluzione e soggetta a miglioramenti, oltre che all'implementazione di database ma almeno da un anno a questa parte è rimasta la medesima. Il sistema di riferimento adottato è denominato: ETRS89 / UTM Zone 32N (codice EPSG: 25832). La legenda interattiva consente di accendere o spegnere specifici strati informativi. L'accensione avviene cliccando sul quadratino accanto al nome dello strato (o layer): la selezione ed interrogazione degli strati opera esclusivamente sugli strati accesi (e, nel progetto del portale predisposto da RT, dichiarati "interrogabili": non tutti gli strati sono interrogabili ed alcuni svolgono esclusivamente un ruolo di sfondo cartografico). Iniziando a digitare del testo nel campo filtro verranno evidenziati gli strati che contengono, all'interno del loro nome, quel testo. Gli strati informativi sono contenuti in apposite cartelle che li raggruppano: una cartella può contenere sottocartelle, o strati informativi (ma non entrambi insieme): nell'immagine si vede la Cartografia catastale che a sua volta contiene Toponimi, Fabbricati, Numero di particelle etc.

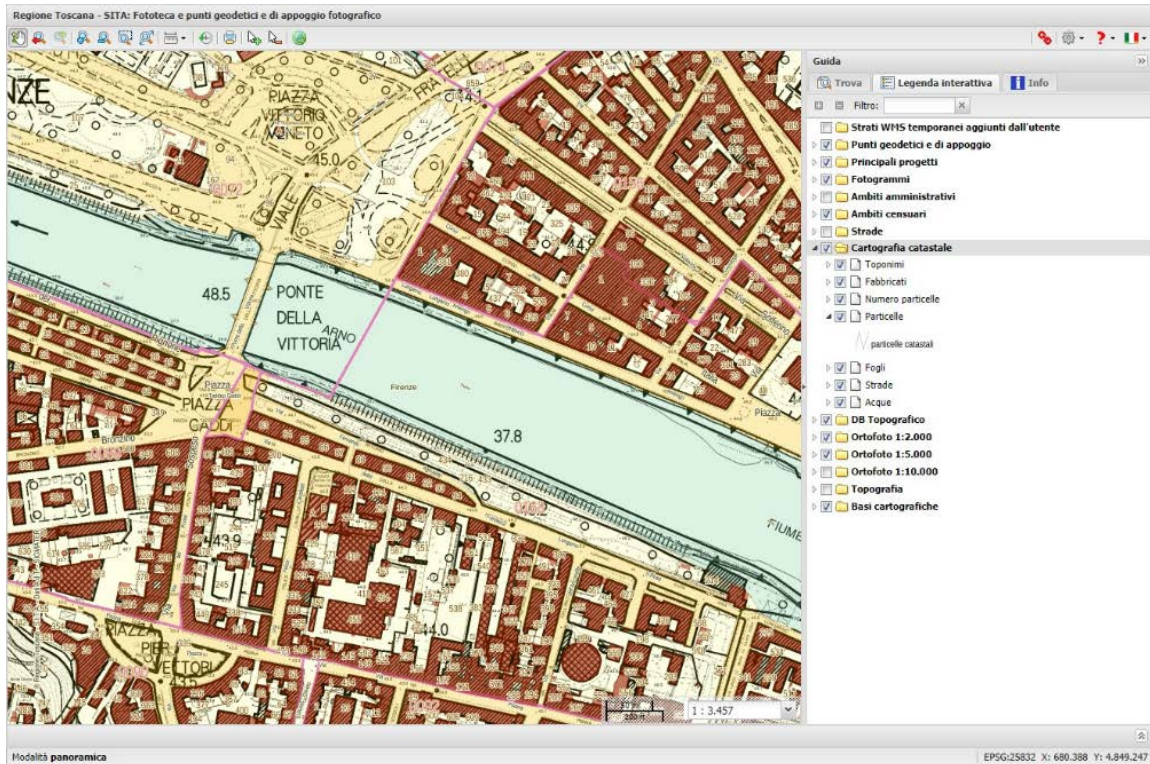


Immagine 34 - Legenda interattiva

Gli strati accesi possono anche non essere visibili (vi sono impostazioni che stabiliscono la scala minima e massima per la visibilità di ciascuno strato, e strati la cui rappresentazione cambia in base alla scala di visualizzazione). Una funzione interessante è la "Time Machine" che provoca l'apertura di una finestra, spostabile trascinandola, che consente la visualizzazione di alcuni layers preimpostati (ad esempio le ortofotocarte disponibili a diversi anni per una visualizzazione delle modifiche territoriali) in corrispondenza della porzione di territorio coperta dalla finestra stessa. Nelle immagini sottostanti è possibile vedere la sovrapposizione di una ortofoto dell'anno 1954 sull'attuale cartografia catastale. Si tratta di una funzione molto utile per controllare diversi parametri come, ad esempio, il rapporto tra il costruito storico ed il nuovo, oppure controllare la crescita della vegetazione col fine di realizzare algoritmi per la previsione della manutenzione del verde in funzione della crescita effettiva in loco o addirittura studiare la portata del fiume Arno e controllare lo stato degli argini e la loro evoluzione geometrica e geomorfologica nel tempo.

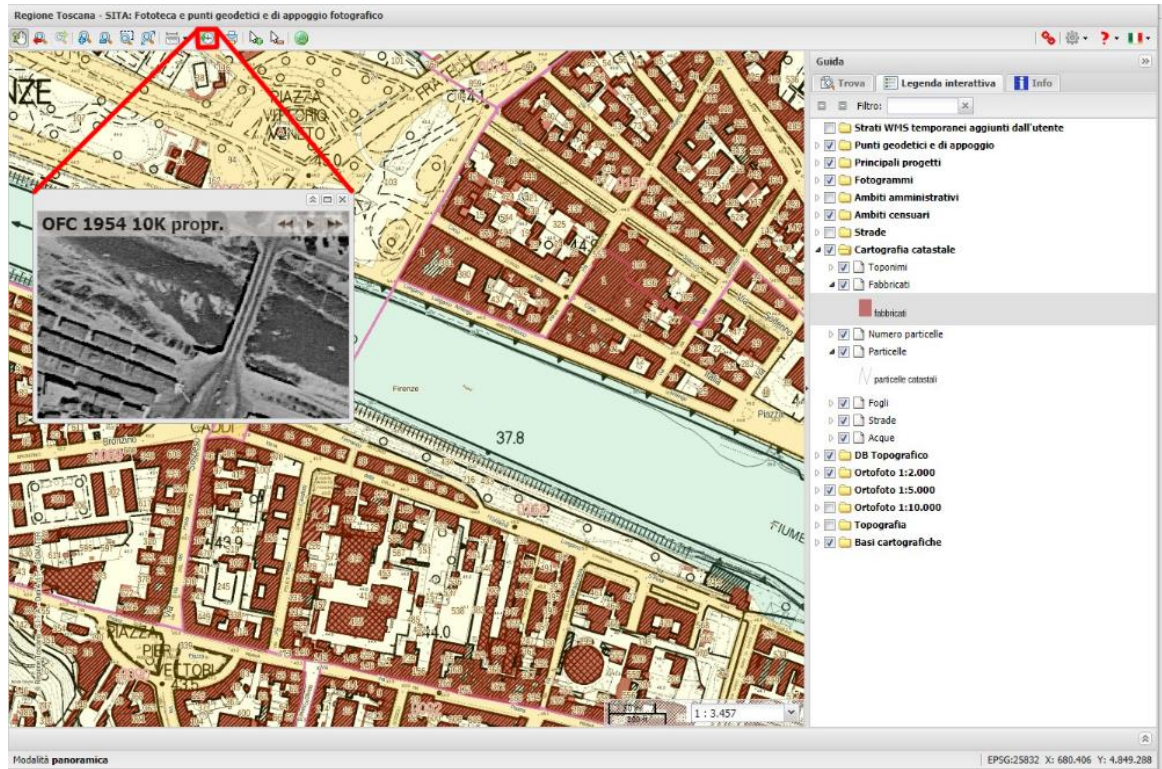


Immagine 35 - Sovrapposizione con ortofoto del 1954.

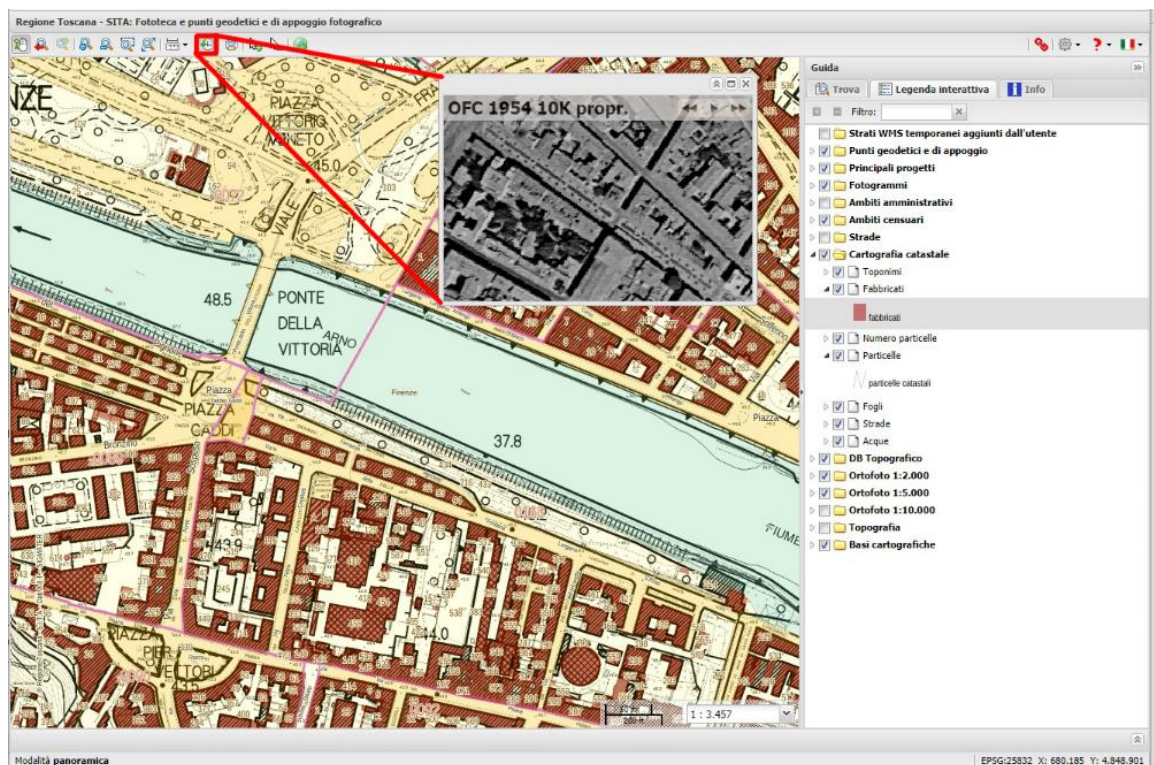


Immagine 36 - Sovrapposizione con ortofoto del 1954

In Firenze possiamo pensare che parlare di nuove costruzioni non sia un tema proprio delle aree limitrofe al circuito murario superstite ma non è così, dalle immagini è possibile

notare che sono stati recentemente realizzati alcuni manufatti che rendono inaccessibile le mura, un bene della comunità.

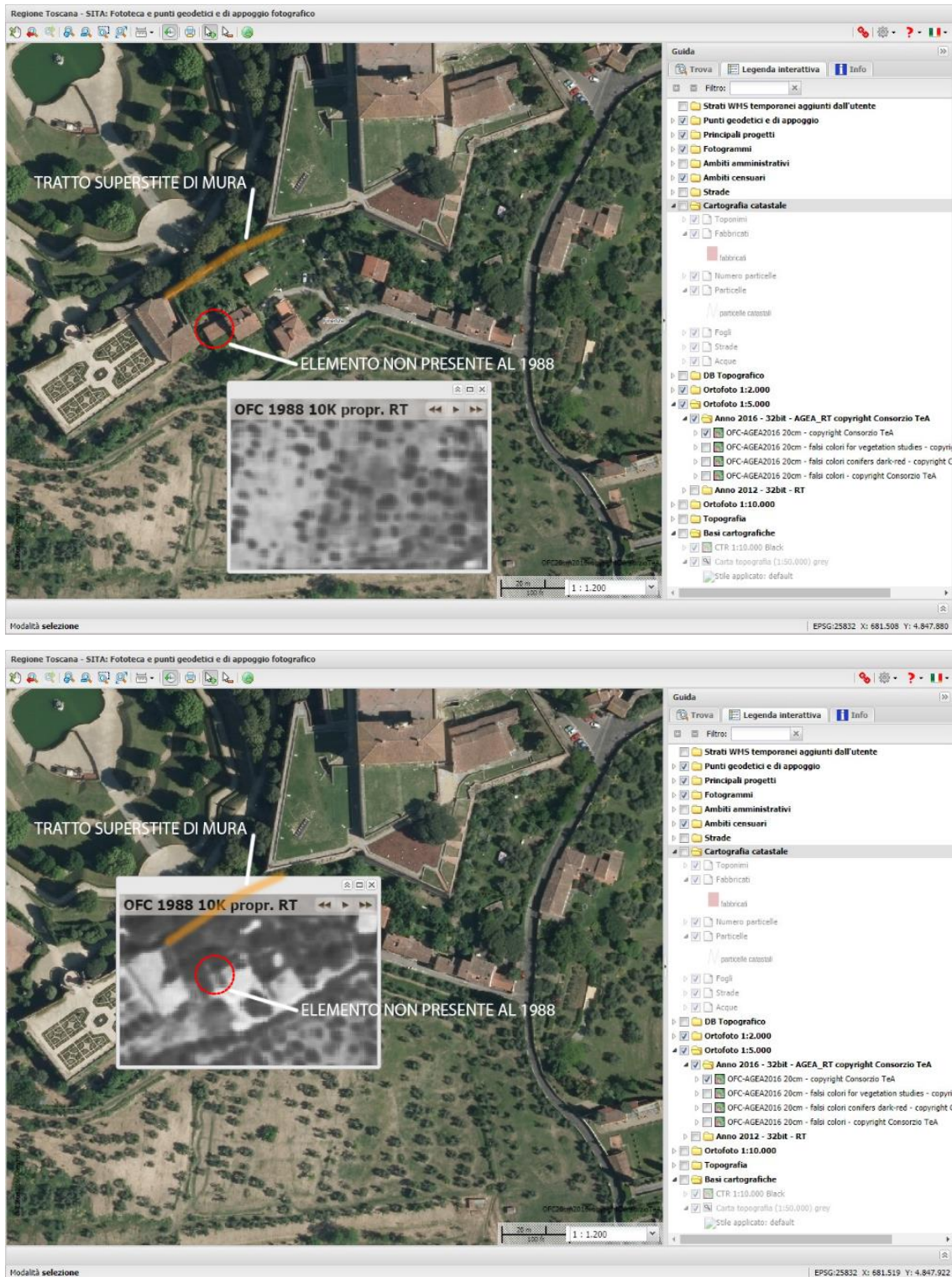


Immagine 37 - Sovrapposizione cartografica

GeoScopio_WMS non consente di implementare direttamente i dati da noi raccolti ma è stato molto utile come fonte principale dei database utilizzati per il sistema di gestione dei dati in GIS del progetto Firenze MUra, considerato che è possibile scaricare qualsiasi tipo di dato visualizzabile sulla piattaforma ed implementarlo nel modello di gestione dei dati da noi creato. Tra i vari servizi WMS offerti e da noi utilizzati, si elencano i principali²:

- **CASTORE – Catasti storici regionali:** Servizio fornito dalla Regione Toscana dedicato specificamente alla pubblicazione delle mappe del Progetto CASTORE (Catasti Storici Regionali). Realizzato in collaborazione con Archivi di Stato toscani, sulla base di un Accordo sottoscritto con il Ministero per i Beni e le Attività Culturali. Il progetto ha riguardato la riproduzione digitale ad alta risoluzione di oltre 12000 mappe catastali ottocentesche, la loro schedatura e la loro georeferenziazione;
- **ORTOFOTO:** Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) dedicato specificamente alla consultazione delle ortofoto mediante clients WMS. I datasets disponibili sono ripartiti per anno di volo. Le annualità disponibili possono non coprire interamente il territorio regionale, per conoscere le zone coperte sono disponibili opportuni strati vettoriali denominati 'quadri di unione'. Le ortofoto possono essere a livelli di grigio o a colori. Il livello di dettaglio può essere a scala 1:10.000 oppure a scala 1:2.000. Per obblighi di licenza gli strati delle ortofoto sono visualizzabili solo in abbinamento ai disclaimer dei rispettivi proprietari del dato.;
- **ORTOFOTO 20cm 2016 AGEA - Consorzio TeA:** Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) dedicato specificamente alla consultazione delle ortofoto mediante clients WMS. I datasets disponibili sono ripartiti per anno di volo. Le annualità disponibili possono non coprire interamente il territorio regionale, per conoscere le zone coperte sono disponibili opportuni strati vettoriali denominati 'quadri di unione'. Le ortofoto possono essere a livelli di grigio o a colori. Il livello di dettaglio può essere a scala 1:10.000 oppure a scala 1:2.000. Per obblighi di licenza gli strati delle ortofoto sono visualizzabili solo in abbinamento ai disclaimer dei rispettivi proprietari del dato.;
- **FOTOTECA:** Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) dedicato specificamente alla consultazione dei dati tematici mediante clients WMS. I vari dataset hanno ciascuno uno specifico intervallo di visibilità stabilito sulla base del dettaglio informativo in esso contenuto, per conoscere gli specifici intervalli di visibilità

² <http://www.regione.toscana.it/-/geoscopio-wms>.

si faccia riferimento all' 'abstract' dello specifico strato.;

- **CARTOTECA:** Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) dedicato specificamente alla distribuzione dei datasets geografici. I dataset possono essere ripartiti per porzioni di territorio oppure a intera regione;
- **CATASTO:** Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) dedicato specificamente alla consultazione dei dati del Catasto Terreni relativi al territorio toscano mediante clients WMS. I datasets sono ripartiti per provincia sulla base delle informazioni catastali. I dati sono derivanti da una serie di elaborazioni che raffinano il dato originale. Su ogni dataset e' disponibile uno specifico campo (DT_ELAB) con la data di elaborazione nel formato 'aaaa/mm/gg'. Tra le elaborazioni effettuate vi e' la riproiezione del dato originale dai vari sistemi di riferimento locali in un unico sistema di riferimento. Inoltre, sempre dal dato catastale sono state rimosse le geometrie che per qualche ragione risultavano incongruenti con la loro posizione o erano geometricamente non corrette. I vari dataset hanno ciascuno uno specifico intervallo di visibilita' stabilito sulla base del dettaglio informativo in esso contenuto, per conoscere gli specifici intervalli di visibilita' si faccia riferimento all' 'abstract' dello specifico strato.;
- **CARTOGRAFIA TECNICA REGIONALE:** Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) dedicato specificamente alla consultazione della Cartografia Tecnica Regionale (CTR) mediante clients WMS. I datasets disponibili sono proposti sia come aggregazione di dataset per la completa copertura del territorio regionale che singolarmente per anno di volo. Ogni annualita' copre una porzione piu' o meno grande del territorio regionale. Per conoscere le annualita' disponibili su una determinata zona sono disponibili specifici dataset denominati 'quadri di unione' (prefisso qu). Questi dataset di tipo poligonale delimitano le aree dove e' disponibile la CTR per tale annualita'. La Cartografia Tecnica Regionale e' una carta a due colori (bianco e nero). Il livello di dettaglio puo' essere scala 1:10.000 (ctr10k) oppure scala 1:2.000 (ctr2k). La cartografia 10K copre interamente il territorio regionale. La cartografia 2k copre le aree piu' urbanizzate oltre a alcune aree ritenute rilevanti a tale dettaglio. L'impiego delle mappe risultanti da questo servizio wms e' subordinato alla citazione della fonte sia nei prodotti che nelle pubblicazioni risultanti.;
- **DB TOPOGRAFICO MULTISCALE:** Servizio della Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) per la consultazione dei dati relativi al DataBase Topografico Multiscala regionale. La scala di impiego del WMS va da 1:1 a 1:5.000.000. I singoli strati possono avere intervalli di impiego piu' ristretti, si veda, percio', le informazioni sui singoli

strati.;

- DB TOPOGRAFICO 1:2.000: Servizio della Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) per la consultazione dei dati relativi al DataBase Topografico Multiscala regionale. La scala di impiego del WMS va da 1:1 a 1:5.000.000. I singoli strati possono avere intervalli di impiego piu' ristretti, si veda, perciò, le informazioni sui singoli strati.;
- BASI TOPOGRAFICHE: Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) dedicato specificamente alla consultazione delle basi dati topografiche mediante clients WMS. I vari dataset hanno ciascuno uno specifico intervallo di visibilità stabilito sulla base del dettaglio informativo in esso contenuto, per conoscere gli specifici intervalli di visibilità si faccia riferimento all' 'abstract' dello specifico strato.;
- AMBITI AMMINISTRATIVI: Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale)
- AMBITI DI PROGRAMMAZIONE: Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale);
- USO E COPERTURA DEL SUOLO: Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale);
- AMBITI CENSUARI: Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale);
- CARSISMO e SPELEOLOGIA: Servizio fornito da Regione Toscana-SITA (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) e dedicato specificamente alla consultazione dei dati geografici inerenti, a vario titolo, il carsismo e la speleologia. Il dato e' consultabile tramite client WMS GIS compatibili con le specifiche OGC 1.1.0, 1.1.1. e 1.3.0. Il servizio wms specifico accetta richieste nel seguente intervallo di scala: 1:1-1:5.000.000. Tuttavia specifici strati (datasets) potrebbero avere un intervallo di scala piu' ristretto. Per questo si deve fare riferimento alla eventuale descrizione (abstract) presente nello specifico strato;
- SENTIERISTICA: Servizio fornito da Regione Toscana-SITA (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) e dedicato specificamente alla consultazione dei dati geografici inerenti, a vario titolo, la sentieristica. Il dato e' consultabile tramite client WMS GIS compatibili con le specifiche OGC 1.1.0, 1.1.1. e 1.3.0. Il servizio wms specifico accetta richieste nel seguente intervallo di scala: 1:1-1:5.000.000. Tuttavia specifici strati

(datasets) potrebbero avere un intervallo di scala piu' ristretto. Per questo si deve fare riferimento alla eventuale descrizione (abstract) presente nello specifico strato. ;

- IDROGRAFIA: fornito da Regione Toscana-SITA (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale);
- INFRASTRUTTURE E PRESIDII: Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) per la consultazione dei dati geografici del progetto ITER.NET per strade, cippi, civici e ferrovie. I dati di MIUR per Scuole. Registro imprese. Dati ARPAT per bonifiche e rifiuti;
- PIT CON VALENZA DI PIANO PAESAGGISTICO - ELABORATI CARTOGRAFICI: fornito da Regione Toscana dedicato specificamente alla consultazione dei dataset cartografici proposti nel portale del Piano Paesaggistico. Il Consiglio regionale della Toscana, con propria deliberazione 27 marzo 2015, n. 37, ha approvato l'atto di integrazione con valenza di piano paesaggistico del piano di indirizzo territoriale (PIT), approvato con deliberazione 24 luglio 2007, n. 72. Ciascun dataset ha uno specifico intervallo di visibilita' stabilito sulla base del dettaglio informativo in esso contenuto, per conoscere gli specifici intervalli di visibilita' si faccia riferimento all' abstract dello specifico strato.;
- GEOLOGIA BANCA DATI INDAGINI GEOTEMATICHE E RISORSE MINERARIE: Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) dedicato specificamente alla consultazione dei dataset della Banca dati geologica 'Indagini Geotematiche (BDIG)' e 'Risorse minerarie (RIMIN)'. Ciascun dataset ha uno specifico intervallo di visibilita' stabilito sulla base del dettaglio informativo in esso contenuto, per conoscere gli specifici intervalli di visibilita' si faccia riferimento all' abstract dello specifico strato.;
- DB GEOLOGICO: Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) per la consultazione dei dati relativi al DataBase Geologico regionale. Gli strati sono organizzati in Elementi Geologici, Elementi Geomorfologici, Elementi Franosi ed Elementi Territoriali. La scala di impiego del WMS va da 1:1 a 1:5.000.000. I singoli strati possono avere intervalli di impiego piu' ristretti, si veda, percio', le informazioni sui singoli strati.;
- DB GEOMORFOLOGICO: Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) preposto alla consultazione dei dati inerenti il 'Database Geomorfologico' della Regione Toscana in scala 1:10.000.;

- **BANCA DATI GEOLOGICO TECNICA DEI DEPOSITI SUPERFICIALI (GEOLTEC_DS) E STIMA DI SUSCETTIBILITA' DA FRANE SUPERFICIALI:** servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) relativo alla Banca dati geologico tecnica dei depositi superficiali (GeoITec_DS) e stima di suscettibilita' da frane superficiali;
- **AREE PROTETTE E SITI NATURA 2000:** servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) dedicato specificamente alla consultazione dei dati tematici di 'Aree protette e Siti Natura 2000' mediante clients WMS. I vari dataset hanno ciascuno uno specifico intervallo di visibilita' stabilito sulla base del dettaglio informativo in esso contenuto, per conoscere gli specifici intervalli di visibilita' si faccia riferimento all' 'abstract' dello specifico strato. I dati condivisi tramite GeoScopio_WMS o forniti in scarico sono in parte di proprieta' della Regione Toscana, in parte sono prodotti da altri Enti pubblici, disponibili in copia o come elaborazione dei dati originali detenuti dai vari Enti proprietari. Lo scopo della loro messa a disposizione e' principalmente divulgativo e, se non diversamente specificato, non ha carattere di ufficialita'. Inoltre, non puo' essere escluso che essi siano parzialmente incompleti o inesatti.;
- **FONTI RINNOVABILI:** servizio fornito da Regione Toscana-SITA (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) e dedicato specificamente alla consultazione dei dati geografici inerenti, a vario titolo, le fonti di energia rinnovabile. Il dato e' consultabile tramite client WMS GIS compatibili con le specifiche OGC 1.1.0, 1.1.1. e 1.3.0. Il servizio wms specifico accetta richieste nel seguente intervallo di scala: 1:1-1:5.000.000. Tuttavia specifici strati (datasets) potrebbero avere un intervallo di scala piu' ristretto. Per questo si deve fare riferimento alla eventuale descrizione (abstract) presente nello specifico strato.;
- **INQUINAMENTI FISICI:** servizio offerto da Regione Toscana-SITA (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) e dedicato specificamente alla consultazione dei dati geografici inerenti, a vario titolo, gli inquinamenti acustici, elettromagnetici e da radioattivita' ambientale e artificiale. Questa tipologia di inquinamento sono comunemente dette 'inquinamenti fisici'. Il dato geografico e' consultabile tramite client WMS GIS compatibili con le specifiche OGC 1.1.0, 1.1.1. e 1.3.0. Il servizio wms specifico accetta richieste nel seguente intervallo di scala: 1:1-1:5.000.000. Tuttavia specifici strati (datasets) potrebbero avere un intervallo di scala piu' ristretto. Per questo si deve fare riferimento alla eventuale descrizione (abstract) presente nello specifico strato.;
- **MAPPE ACUSTICHE:** Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) per la consultazione dei dati relativi alle Mappe Acustiche. La

scala di impiego del WMS va da 1:1 a 1:5.000.000. I singoli strati possono avere intervalli di impiego piu' ristretti, si veda, percio', le informazioni sui singoli strati.;

- **PEDOLOGIA E CAPACITÀ DI USO DEI SUOLI:** DataBase Pedologico in scala 1:10.000 della Regione Toscana. Il dataset e' stato semplificato con l'algoritmo 'Douglas-Peucker' usando la funzione ST_SimplifyPreserveTopology con tolleranza 0,5 metri. Assegnata un'approssimazione lineare a tratti di una curva, lo scopo dell'algoritmo è trovare un'approssimazione di dimensione ridotta, ovvero con meno segmenti, che non sia dissimile dall'approssimazione originale. L'algoritmo definisce la "dissimilarità" come massima distanza tra la curva originale e la curva semplificata. La curva semplificata consiste di un sottoinsieme dei punti della curva originale.;
- **VINCOLO IDROGEOLOGICO:** Servizio fornito da fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) dedicato specificamente alla consultazione di dataset. Ciascun dataset ha uno specifico intervallo di visibilita' stabilito sulla base del dettaglio informativo in esso contenuto, per conoscere gli specifici intervalli di visibilita' si faccia riferimento all' abstract dello specifico strato.;
- **TOPONOMASTICA:** Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) dedicato specificamente alla consultazione di dataset di toponomastica. Ciascun dataset ha uno specifico intervallo di visibilita' stabilito sulla base del dettaglio informativo in esso contenuto, per conoscere gli specifici intervalli di visibilita' si faccia riferimento all' abstract dello specifico strato.;
- **TERRITORI MONTANI:** Servizio fornito da Regione Toscana dedicato specificamente alla consultazione del dataset 'Territori Montani'. Ciascun dataset ha uno specifico intervallo di visibilita' stabilito sulla base del dettaglio informativo in esso contenuto, per conoscere gli specifici intervalli di visibilita' si faccia riferimento all' abstract dello specifico strato.;
- **USI DEL SUOLO E RENDITE CATASTALI NELLA TOSCANA GRANDUCALE (1835):** Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale). Il database riguarda la ripartizione degli usi del suolo e della rendita catastale nel Granducato di Toscana di terraferma (escluse le isole) di inizio Ottocento. Deriva da un documento di sintesi degli esiti delle operazioni catastali eseguite fra il 1817 ed il 1835 conservato presso l'Archivio di Stato di Firenze. I dati alfanumerici contenuti in questa fonte, riferiti come unita' minima territoriale alle singole sezioni catastali, sono stati acquisiti in forma digitale e georeferenziati attraverso il collegamento ad una base geometrica vettoriale poligonale ottenuta attraverso il riadattamento dei poligoni, realizzati nell'ambito

del Progetto CASTORE, relativi all'area cartografata dei fogli catastali.;

- **ZONE SVANTAGGIATE:** Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) dedicato specificamente alla consultazione delle 'Zone soggette a vincoli o altri vincoli specifici'. I vari dataset hanno ciascuno uno specifico intervallo di visibilita' stabilito sulla base del dettaglio informativo in esso contenuto, per conoscere gli specifici intervalli di visibilita' si faccia riferimento all' 'abstract' dello specifico strato.;
- **MORFOLOGIA DEL TERRITORIO:** Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) dedicato specificamente alla consultazione dei datasets morfologici. Usualmente l'intervallo di visibilita' e' da 1:1 a 1:5.000.000, ma alcuni dataset (strati del servizio) potrebbero avere intervalli piu' ristretti stabiliti sulla base del dettaglio informativo in essi contenuto, per conoscere gli specifici intervalli di visibilita' si faccia quindi riferimento all' 'abstract' dello specifico strato.;
- **CENSIMENTI ISTAT:** Servizio offerto da Regione Toscana – SITA al fine di rendere disponibili i dati ISTAT dei censimenti della Popolazione e dell'Industria 2001 e 2011 (scaricabili dal sito ISTAT all' indirizzo [link] con licenza CC-BY - versione 3.0). Sono stati elaborati i dati relativi alle sezioni di censimento e delle localita' abitate, rendendo disponibili quegli indicatori comuni tra i due censimenti. L'elaborazione dei dati ISTAT e' a cura della Regione Toscana, Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale.;
- **ASIA - Archivio Statistico Imprese Attive geolocalizzate:** Servizio fornito da Regione Toscana – SITA e rappresenta l'archivio statistico Istat delle imprese attive (ASIA) e contiene informazioni a partire dal 2012 fino all'ultimo anno disponibile. L'archivio ASIA e' stato successivamente elaborato da Regione Toscana per attribuire alle singole imprese la relativa sezioni di censimento (ISTAT 2011) di appartenenza. Il servizio consente la consultazione di indicatori, elaborati dall'Ufficio di Statistica della Regione, che descrivono la tipologia e la struttura occupazionale delle imprese attive con sede legale in Toscana;
- **ASIA - Archivio Statistico Imprese Attive geolocalizzate:** Servizio fornito da Regione Toscana – SITA e rappresenta l'archivio statistico Istat delle imprese attive (ASIA) e contiene informazioni a partire dal 2012 fino all'ultimo anno disponibile. L'archivio ASIA e' stato successivamente elaborato da Regione Toscana per attribuire alle singole imprese e alle unita' locali la relativa sezioni di censimento (ISTAT 2011) di appartenenza. Il servizio consente la consultazione di indicatori, elaborati dall'Ufficio di Statistica della Regione, che descrivono la tipologia e la struttura occupazionale delle imprese attive con

sede legale in Toscana e delle unita' locali.;

- **EDIFICATO:** Servizio fornito da Regione Toscana (Sistema Informativo Territoriale ed Ambientale) relativo a dataset specifici sull' edificato;
- **TERREMOTI:** Il servizio fornisce layers geografici ricavati dai dati del INGV aggiornati giornalmente e un layer dei terremoti 'storici' ricavato dal Dataset CPTI15. Stante la differente fonte, le licenze sono differenti tra i vari layers;
- **BENI CULTURALI E DEL PAESAGGIO:** Le attivita' di censimento e di georeferenziazione dei Beni culturali e paesaggistici, condotte per conto della Regione Toscana dal Consorzio LaMMA in collaborazione con le Soprintendenze territoriali e la Direzione Regionale per i Beni Culturali e Paesaggistici della Toscana - Ministero per i Beni e le Attivita' Culturali, hanno interessato i beni tutelati ai sensi delle leggi 1089/1939 'Tutela delle cose di interesse artistico e storico' e della legge 1497/1939 'Protezione delle bellezze naturali' (anche se in alcuni casi, per tutte le suddette tipologie di beni e' stato possibile recuperare provvedimenti emanati ai sensi della precedente legge 778/1922 'Tutela delle bellezze naturali e degli immobili di particolare interesse storico'), successivamente abrogate e sostituite prima dal D.Lgs. 490/1999 'Testo unico delle disposizioni legislative in materia di beni culturali e ambientali' e, successivamente, dal D.Lgs. 42/2004 'Codice dei beni culturali e del paesaggio'.

2.4. Tipologia di informazioni a disposizione

Il fine del progetto è la catalogazione di una serie di informazioni da noi raccolte sul campo, sia di tipo geometrico - strumentale che bibliografico o addirittura report di analisi specialistiche sui materiali e le condizioni statiche del circuito murario superstite.

Per semplicità abbiamo creato una scheda di catalogazione speditiva sotto forma di semplice database col fine di riversare i campi d'interesse nel modello di gestione generale.

PROGETTO	rfid x:	rfid y:	rfid z: 53.37	SCHEDA N:
<i>FI-MU</i>	1681619.86	4848770.86		Ar.01
Manufatto d'interesse	Tipologia Documento	Sito Culturale	Rif. Archivio	Istituto Archivistico
Mura Urbiche Fiorentine	Documento scritto	Via Dei Bastioni	Reg. d'Uff. N. VI-1558/68	ASCF (Archivio Storico Comune di Firenze)
Riferimento Specifico	Identità contemporanea	Identità originaria	Cronologia di riferimento	Informazione
Porzione di mura su via dei Bastioni, interno ed esterno	Tratto della cinta muraria urbana su via dei Bastioni,	Tratto di mura della Seconda Cerchia Comunale (1284-1333)	XIII-XIV secolo	Lettera del Dirigente al Consiglio Comunale con informazioni circa il completamento dei restauri eseguiti nel 1968

ELABORATI COLLEGATI				
Tipologia documento	originale/copia	rif. archivio	N. Inv.	Note
<i>doc. scritto dell'ASCF</i>	<i>copia</i>	<i>FI-MU (DIDA-UNIFI)</i>	<i>128</i>	<i>perizia di spesa</i>
<i>rilievo in formato dwg</i>	<i>originale</i>	<i>FI-MU (DIDA-UNIFI)</i>	<i>131</i>	<i>rilievo strumentale effettuato nel 2013</i>
Schedatore	Copyright documento		Doc. Riproducibile	Data Compilazione
Jacopo G. Vitale	NO: su richiesta		SI	21/12/2016

Tabella 1 - Scheda di catalogazione tipo

I campi fanno riferimento alle varie tipologie di informazioni di tipo:

Geometrico:

- **Campi rfid X, rfid Y, rfid Z:** Sono riportate le coordinate globali riferite al manufatto d'interesse in formato Gauss-Boaga.

Nomenclatura ed informazioni generali:

- **Manufatto d'interesse:** Si tratta di un campo univoco ma necessario che fa riferimento al solo progetto in oggetto e porterà quindi sempre il nome di "Mura Urbiche Fiorentine". Si da il caso che l'auspicio di tutti i componenti sia, in futuro, quello di poter implementare il modello di gestione dei dati GIS con altri oggetti di studio.
- **Tipologia Documento:** Come precedentemente accennato, I documenti che abbiamo prodotto ed archiviato o reperito in fase di ricerca, sono di vario genere e possiamo quindi far riferimento a varie tipologie, come ad esempio "Documento scritto" o "tavola grafica" o "Rilievo laser scanner"

- **Sito Culturale:** Per identificare la posizione a cui fa riferimento la fonte documentale è stato inserito un campo che generalmente fa riferimento al nome di una via della città, considerato il fatto che abbiamo spesso a che fare con fonti documentali non puntuali ma di scala più ampia.
- **Rif. Archivio:** Nel caso si faccia riferimento ad una cartografia storica o ad una fonte documentale testuale dobbiamo indicare l'effettiva ubicazione di tale fonte sotto forma di codice identificativo dell'Istituto Archivistico di riferimento in modo da poterla recuperare in qualsiasi momento per eventuale verifica. Se invece si tratta di un rilievo strumentale, ad esempio una nuvola di punti a mezzo di laser scanner, si metterà una ubicazione generica che porta il nome di "Dipartimento Via Micheli, Firenze_Nomefile.estensione", un'ubicazione fisica provvisoria, in attesa di ubicazione definitiva sui server della Regione Toscana o del comune di Firenze.
- **Istituto Archivistico:** Si fa riferimento all'Istituto Archivistico di riferimento
- **Riferimento Specifico:** Con l'intenzione di voler collocare al meglio la porzione di riferimento oggetto di tale fonte, in questo campo è possibile inserire porzioni specifiche del manufatto, come ad esempio interno ed esterno.

Storiografico:

- **Identità contemporanea:** Si tratta di un campo da non sottovalutare in quanto porta delle informazioni di tipo storiografico riguardo il bene oggetto d'interesse. Non è detto infatti che tutti i manufatti mantengano nel tempo la propria funzione, basti pensare alla Ex Chiesa di San Pier Scheraggio in Firenze, in larga parte distrutta nel 1560 quando furono realizzati gli Uffizi per opera di Giorgio Vasari ma su via della Ninna sono ancora visibili i resti della chiesa soprattutto le colonne della navata ed alcuni archi ed all'interno degli Uffizi ed esiste ancora una navata della medesima, ormai non utilizzata come luogo di culto ma come spazio espositivo temporaneo. Si tratta quindi, in questo caso, di un manufatto che volendolo catalogare, in questo campo porterebbe "Porzione degli Uffizi" ma come Identità originaria "Chiesa di San Pier Scheraggio in Firenze"
- **Identità originaria:** Come sopra, si attribuisce un campo specifico ad indicare l'originale identità del manufatto in questione.
- **Cronologia di riferimento:** In questo campo viene riportato il secolo in cui si colloca il manufatto. Questo potrebbe essere un lasso temporale ampio come

breve in quanto dipende molto dalla tipologia di elemento e dalla sua storia (che conosciamo)

- **Informazione:** Qua è possibile riferirci ad informazioni circa l'entità vera e propria della fonte e quindi "Lettera", "Rilievo documentale", "Rilievo strumentale" etc...

La scheda riporta inoltre una sezione relativa agli "Elaborati collegati" in cui è possibile far riferimento ad una serie di informazioni di vario genere relative anche ad aspetti più formali:

- **Tipologia documento:** Qua è possibile specificare il formato del documento implementato, come ad esempio un "Rilievo in formato dwg" o "Scansione PDF"
- **Originale/copia:** Grazie a questo campo possiamo capire se il file che abbiamo a disposizione è esattamente quello originale, oppure una copia. Si tratta di un dato importante sia per le informazioni riprodotte come ad esempio una scansione di un articolo in formato PDF ma anche per le I file vettoriali.
- **Rif. Archivio:** Si tratta anche in questo caso di un campo univoco ma necessario che fa riferimento al solo progetto in oggetto e porterà quindi sempre il nome di "*FI-MU (DIDA-UNIFI)*".
- **N. Inv.:** Man mano che I documenti vengono reperiti gli vengono attribuiti dei numeri univoci sequenziali, a prescindere del loro formato.
- **Note:** Nel caso in cui sia necessario apporre alcune note per una più semplice ed immediata comprensione della fonte.
- **Schedatore:** si riporta il nome di colui/lei abbia compilato la scheda.
- **Copyright documento:** Potrebbe capitare di avere a che fare con della documentazione non riproducibile o soggetta a Copyright come ad esempio tutte le fonti provenienti dall'Archivio Alinari di Firenze.
- **Doc. Riproducibile:** Si tratta di una informazione connessa col campo precedente che ne autorizza o meno la riproducibilità.
- **Data Compilazione:** In questo campo si riporta la data specifica di compilazione della scheda.

2.5. Il software Q_GIS

La piattaforma software utilizzata ai fini della costruzione del modello GIS per contenere tutti i dati a disposizioni organizzati in schede si chiama QGIS 2.8.

La tecnologia alla base di questo software integra le caratteristiche dei database prima citati in un unico ambiente di lavoro e permette di gestire informazioni geo-referenziate, di visualizzare, analizzare, incrociare, interrogare, tematizzare e preparare per la stampa o la pubblicazione web mappe georeferenziate vettoriali e raster a diverse scale. Tali mappe vengono collegate, come layer sovrapposti, in una rappresentazione detta progetto.

In un progetto QGIS le mappe sono collegate e si lavora direttamente sugli originali, che ogni volta il software va a recuperare tramite il percorso, questo rende il tutto più snello ed affidabile in quanto richiama all'occorrenza i dati necessari da un archivio interno al nostro hardware o addirittura in server esterni.

Questi dati possono essere rappresentati sotto varia forma ed essere implementati o aggiornati all'occorrenza. Un Gis difficilmente è un sistema chiuso e per sua natura non "Chiuso". Proprio per queste peculiarità i GIS sono diversi dagli altri sistemi informatici, offrendo infinite possibilità di utilizzo per tutte le esigenze correlate a componenti geografiche e non. Dalla localizzazione di oggetti allo studio dell'evoluzione del territorio nel tempo.

All'interno del software sono, contenute diverse tipologie di informazioni: riferite alla geometria degli oggetti (ad esempio forme, dimensioni e posizionamento geografico), alla relazione tra di loro e riguardo tutti i dati a loro associabili, siano essi numerici o testuali.

Si tratta inoltre di un software open-source in continuo aggiornamento che permettono di realizzare scenari su cui effettuare analisi e lavorazioni secondo specifici temi. Per sua natura ogni elemento vettoriale, simbolo, linea, colore o layer ha un significato e una tabella attributi allegata. Tutte le informazioni sono quindi raccolte in un insieme di dati, gestibili dall'utente. Esistono ovviamente diversi software alternativi open – source e non ma non ugualmente diffusi tra le amministrazioni pubbliche per la sua stabilità, facilità d'uso, compatibilità ed il continuo aggiornamento.

Questi sistemi informatici hanno dunque reso molto più interattivo l'utilizzo di una rappresentazione cartografica, che può così essere interrogata, letta e analizzata secondo diversi criteri.

2.6. La costruzione del modello

Grazie ai dati geometrici precedentemente acquisiti abbiamo potuto iniziare la costruzione di un modello GIS interpolandoli coi dati provenienti dai vari servizi WMS di cui al cap. 2.

Come prima idea eravamo predisposti all'utilizzo dei dati ctr 2K e quindi in scala 1:2000 ma le approssimazioni dei vettori che descrivono l'ossatura del sistema sono troppi approssimati per lo scopo preposto. L'insieme dei dati componenti i CTR è, ovviamente, georeferenziato ma in generale non ha lo scopo di fungere da base precisa per operazioni che richiedono un ordine di precisione prossima al centimetro, come gli strumenti utilizzati durante le fasi di rilievo.

Dopo varie considerazioni riteniamo che la base più affidabile per il nostro caso sia l'ortofoto dell'Istituto Geografico Militare (IGM) messa a disposizione dalla Regione Toscana attraverso il portale Geoscopio. Procediamo quindi con il download e l'importazione.

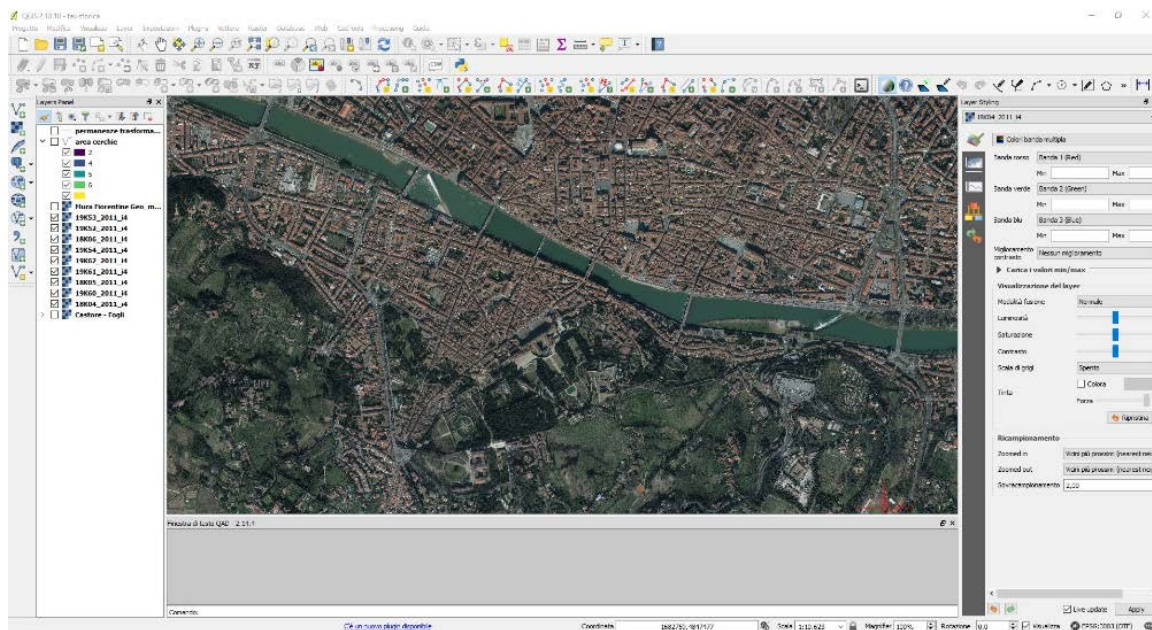


Immagine 38 - Base cartografica IGM

Al fine di avere certezza di un buon posizionamento, secondo i punti di riferimento noti come i grandi edifici storici o le piazze, decidiamo di implementare le mappe storiche messe a disposizione dal CASTORE che dal 2013 al 2016 ha messo le mappe storiche a disposizione di amministratori, tecnici, scuole e studiosi del territorio, attraverso strumenti di diffusione in rete, ad arricchimento del patrimonio cartografico regionale funzionale alla conoscenza, alla fruizione e alla gestione del territorio e del paesaggio toscano. Ciascuna mappa è stata riprodotta digitalmente ad alta risoluzione e valorizzata per quanto

possibile. La fruizione del dato cartografico è contestuale ad ampie schede descrittive sui medesimi documenti.

Le cartografie storiche costituiscono, infatti, strumenti di lavoro largamente utilizzati tanto nella ricerca storico-geografica e territoriale, quanto nella prassi tecnica della pianificazione paesaggistica e territoriale. È evidente, in questo senso, il ruolo fondamentale di supporto al caso specifico in cui, grazie ad una fonte primaria quale la cartografia del passato, che può essere agevolmente confrontata con quella del presente per mettere in evidenza le permanenze storiche e l'articolato mosaico del patrimonio culturale con le trasformazioni intervenute nel tempo nei quadri ambientali e paesistici attuali. Nonostante sia stata digitalizzata a mezzo di scansione raster e quindi non permetta una corretta georeferenziazione, siamo riusciti ad offrire una facile chiave di lettura dell'evoluzione del patrimonio edilizio fiorentino ed il rapporto che hanno avuto le mura con la città.

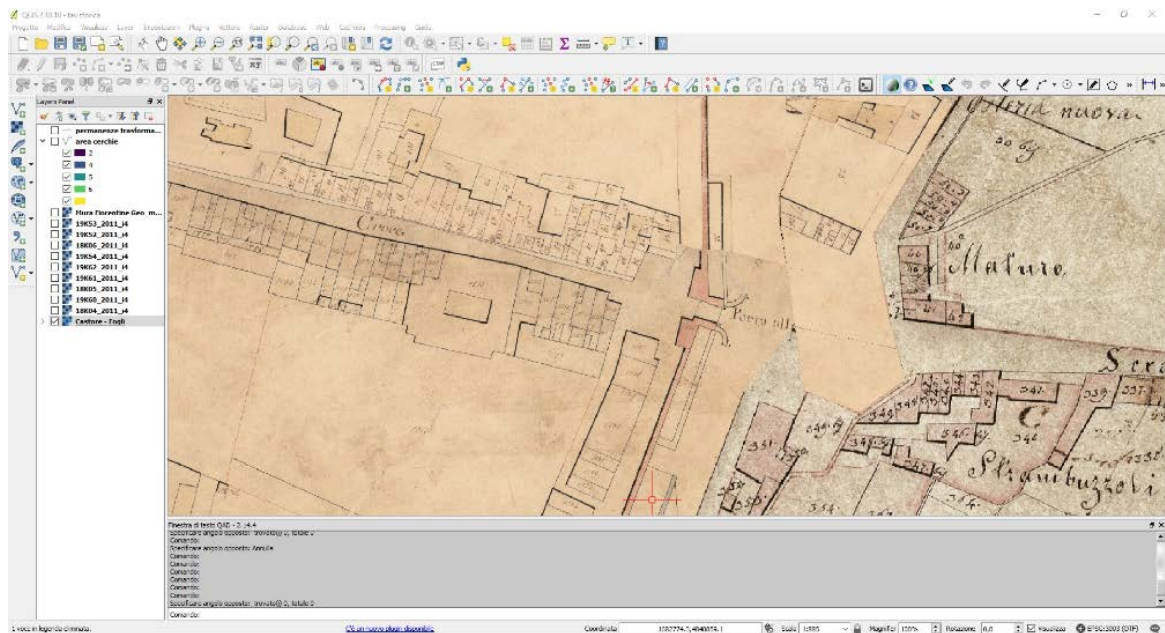


Immagine 39 - Cartografia CASTORE nel modello GIS

Aspetto fondamentale e decisivo che ci ha condotto verso la decisione di implementare la cartografia storica è proprio il fatto che vi siano rappresentate le mura in tutta la sua completezza. Il CASTORE, infatti, contiene alcune mappe risalenti addirittura la catasto Leopoldino promulgato nel 1765 nel Granducato di Toscana da Pietro Leopoldo. Trattandosi in grandissima maggioranza di rappresentazioni non geometriche né geodetiche, ciascuna mappa è stata implementata nel sistema con le coordinate di geolocalizzazioni proprie. Non è stato effettuato un controllo incrociato con dati GPS per vari motivi. Uno di questi è il fatto che il CASTORE, di per sé, è già stato geolocalizzato,

attraverso il riconoscimento di toponimi principali e secondari, con le coordinate geografiche dell'"impronta" territoriale della rappresentazione cartografica, al fine di ottenere risultati ordinati geograficamente.

Predisposte le basi iniziamo a disegnare in vettoriale le porzioni di mura rilevate con gli strumenti ed i software che avevamo a disposizione ed a riversare i dati delle schede sotto forma di attributi in specifici database di semplice organizzazione ma di grande efficacia ai fini di un ambiente di tipo GIS. Gli elementi in un vettore hanno lo stesso tipo di geometria (ad es. sono tutte linee) e gli stessi tipi di attributi (ad es. informazioni sulla composizione specifica di una muratura per un vettore di mura).

Si tratta di un modo semplice per rappresentare gli elementi del mondo reale in un GIS con tutti gli attributi che riteniamo necessari al livello di dettaglio prefisso. Grazie al fatto che un elemento vettoriale può avere una geometria di tipo punto, linea o poligono, siamo in grado di disegnare qualsiasi tipo di geometria con la semplice limitazione di non poter apprezzare il dato della elevazione (Asse Z) come in un modellatore 3D.

A	B	C	D
1	id N.10.0	toponimo C.100	ref. mura C.100
2	1	Via dei Castellani	cerchia comunale
3	2	Canto di Balla	Mura <u>oggettiva</u>
4	3	Via dei Bastioni	1500 Bastioni <u>MichelangeloSanzolo</u>
5	4	Via Campo d'Aringo	assedio 1530
6	6	Borgo La Croce	cerchia
7	7	Via della Fortezza	interventi cinquecenteschi. Fortezza S. Giovanni Battista
8	8	Via delle ghiacciaie	cerchia
9	9	Via del Giglio	cerchia
10	10	Via lungo le mura di Santa Rosa	cerchia
11	11	Via lungo le mura di San Recco	cerchia
12	12	Via Lupo	int. cinquecenteschi per assedio di Firenze
13	12	Canto alle macine	cerchia
14	14	Via dei Malcontardi	cerchia
15	0	Via Verdi, gi. h. Via dei Fossi	cerchia
16	17	Via Martelli	fuori dalla 2 ^a cerchia
17	18	Via della Mattinonia	cerchia
18	18	Borghigianesi	cerchia
19	18	Via Ortolò, gi. h. Via dello Sprone	cerchia
20	19	Via Palazzuolo	cerchia
21	20	Via dei Fossi	cerchia
22	21	Via Panzani	cerchia <u>medievale</u>
23	23	Porta alla Carraia	cerchia
24	24	Por S. Maria	mura romane
25	25	Via Porta Rossa	mura <u>oggettiva</u>
26	26	Via della Porte Nuove	cerchia
27	26	Via il Prato	cerchia
28	27	Borgo la Noce	cerchia
29	27	Via del Dratello	cerchia
30	28	Via Sasuglio	interventi 1552
31	29	Via della Spada, gi. h. Via San Donato	Mura <u>oggettiva</u>
32	30	Borgo Stella	cerchia
33	31	Borgo Tegolaio	cerchia
34	32	Lungano del Tempo	cerchia
35	33	Lungano del Tempo	bastioni 1530
36	33	Via Jaffredo	cerchia
37	36	Piazza di Verzaia	cerchia
38	36	Via della Vigna Nuova	cerchia

Immagine 40 - Compilazione tabella di attributi secondo la scheda di catalogazione del cap. 2

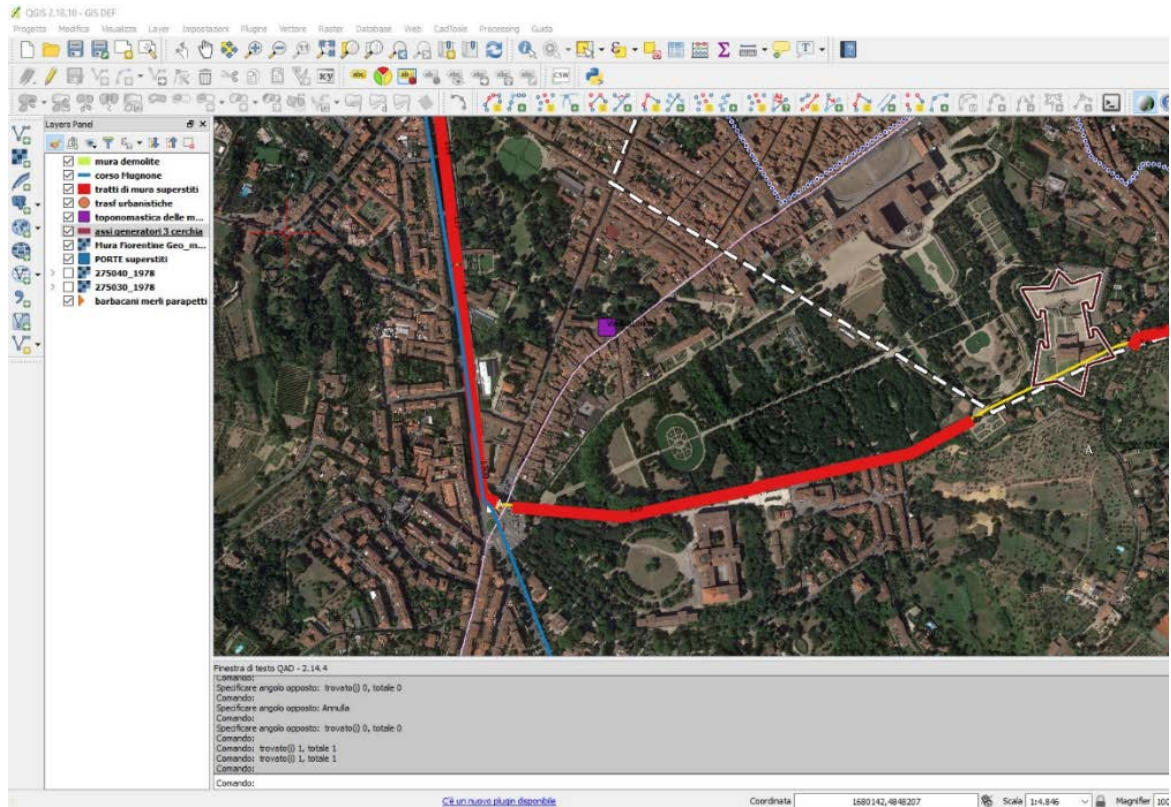


Immagine 41 - Implementazione dei rilievi strumentali a mezzo di vettori a cui collegare le varie tabelle di attributi

id	toponimo	ref. mura	note
1	Via Verdi, già Via dei Fossi	5° cerchia	fossati che correvano lungo la 5° cerchia poi interrati ed oggetto di interventi
2	1 Via dei Castellari	1° cerchia comunale	
3	2 Canto di Bella	Mura mastiline	Porta di Bella, con borgo suburbano di Cafaggio
4	3 Via dei Bastioni	1500 Bastioni MichelangeloSengallo	conservati Bastioni Ginevra, Cavaliere
5	5 Via Campo d'Arrigo	assedio 1530	luogo di accampamento di Arigo VIII riferito da Machiavelli
6	6 Borgo La Croce	6° cerchia	a ridosso della porta alla Croce dove fu rinvenuta la croce del martire S. Miniato 240
7	7 Via della Fortezza	interventi cinquecenteschi, Fortezza S. Giovanni Battista	vicinanza alla Fortezza
8	8 Via delle ghiacciaie	6° cerchia	In vaste vasche sotto il livello stradale si faceva ghiacciare l'acqua dove sorvegliano i fossati
9	9 Via del Giglio	3° cerchia	vi correvano le mura mastiline
10	10 Via lungo le mura di Santa Rosa	6° cerchia	correva lungo le mura e riferibile al monastero presente nei pressi
11	11 Via lungo le mura di San Rocco	6° cerchia	ora Via dell'Orto, prendevano il nome dal monastero di S.Rocco nei pressi
12	12 Via Lupo	int cinquecenteschi per assedio di Firenze	a Lupo vennero affidate nel 1529-30 le artiglierie poste sul campanile di San Miniato
13	12 Canto alle macine	5° cerchia	deviato il corso del Mugnone per alimentare i fossati delle mura
14	14 Via dei Malcontenti	6° cerchia	Via che conduceva alla Porta alla Giustizia
15	17 Via Martelli	fuori dalla 2° cerchia	vi sorgeva un borgo degli spadari fuori dalle mura 2° cerchia
16	18 Via della Mattinona	6° cerchia	esproprio decreto marzo 1865 per pubblica utilità per costruzione quartiere signorie dopo abbattimento mura
17	18 Borgognissanti	5° cerchia	borgo fuori dalla 5° cerchia
18	18 Via Orsola, già Via dello Sprone	5° cerchia	le mura assumevano forma di Sprone e sorgeva la Posteria degli Albertinelli
19	19 Via Palazzuolo	5° cerchia	orti fuori dalla cerchia di muro
20	20 Via dei Fossi	5° cerchia	fossati che correvano lungo le mura
21	21 Via Peruzzi	cerchia mastiline	vie dei Peruzzi fuori dalla 2° cerchia vicino ai fossati

Immagine 42 - Attributi vettoriali da tabella precedentemente compilata

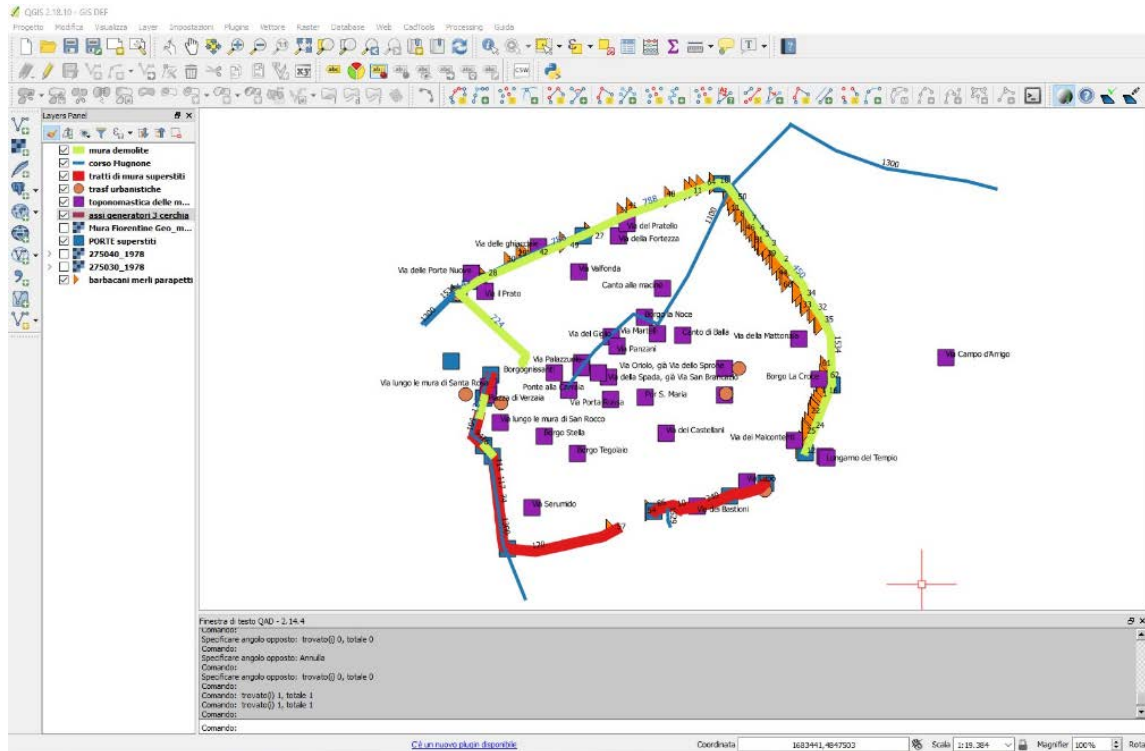


Immagine 43 – Aspetto generale del modello GIS senza Base cartografica IGM

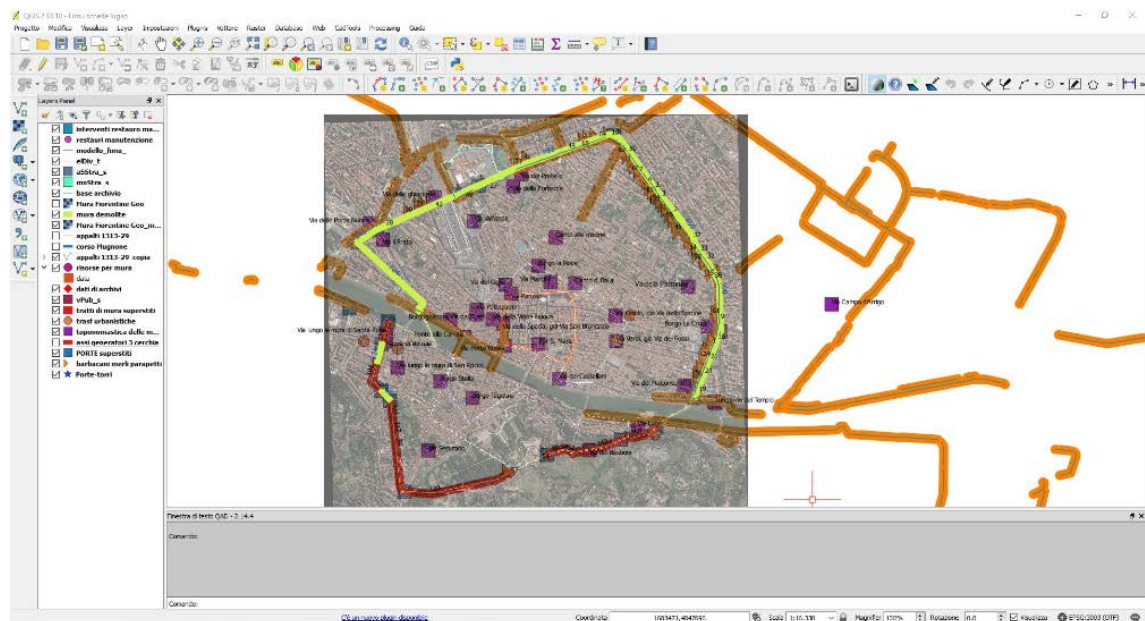


Immagine 44 - Aspetto generale del modello GIS con Base cartografica IGM

2.7. Risultati ottenuti

Il risultato ottenuto è quindi un modello dati di tipo GIS interrogabile in cui a qualsiasi segmento di un elemento geografico rappresentato (puntuale, lineare, poligonale) è associata una griglia di attributi (raccolta di informazioni) la cui manipolazione consente di estrarre carte e analisi tematiche. Attraverso la costruzione di un modello dati logico di

fatto la sovrapposizione delle informazioni non avviene solo sul piano visibile della mappa, ma soprattutto al livello della griglia degli attributi/informazioni che devono essere riportati da un livello informativo all'altro, associando tra loro diversi attributi senza dover alterare la struttura fisica dell'elemento stesso.

Il modello ottenuto e tutti i dati raccolti sono stati consegnati alla Regione Toscana ed al Comune di Firenze per essere a breve implementati all'interno del sistema "Open Data" consultabile on line all'indirizzo <https://opendata.comune.fi.it/>

In questo momento i dati forniti sono al vaglio dell'amministrazione comunale, la quale si è proposta di coordinare, indirizzare e promuovere la conoscenza del patrimonio culturale cercando di comunicare e trasmettere il patrimonio attraverso l'analisi del pubblico, attuale o potenziale, cui ci si rivolge. In tal senso si stanno indirizzando sull'attuare indagini sulle tipologie di utenti al fine di individuare modelli operativi e forme di comunicazione mirate ai diversi pubblici che frequentano i luoghi della cultura "On Line". Elemento prioritario alla valorizzazione di questo tipo di lavoro è infatti attrarre il maggior numero possibile di visitatori attraverso l'analisi delle esigenze e sugli interessi dell'utenza, al fine di creare un valore aggiunto che consenta di rispondere qualitativamente e quantitativamente alle aspettative che i visitatori manifestano nel rapporto con questa "nuova" tipologia di divulgazione culturale.

Di fatto, adesso, il compito delle Amministrazioni coinvolte nel progetto FI-MU è quello di favorire lo sviluppo della cultura, proponendosi come soggetto attivo nel processo di creazione di servizi, nella capacità di favorire la fruizione del patrimonio da parte dei tecnici e di tutti i cittadini, nella possibilità di incrementare circuiti culturali e nel proporre strumenti idonei al raggiungimento della soddisfazione da parte dei fruitori di questo servizio.

2.8. Due casi applicativi

2.8.1 Porta San Giorgio

Durante tutto il processo di acquisizione dati siamo stati a stretto contatto con l'Amministrazione comunale di Firenze e della Regione Toscana. Questo ha portato a dei momenti di scambio di informazioni e idee, oltre ad un vero e proprio scambio di materiale in itinere. L'Architetto Maria Bonelli dell'ufficio tecnico del Comune di Firenze, sempre partecipe durante le fasi di rilievo diretto ed elaborazione dati, ci ha chiesto di effettuare un monitoraggio delle lesioni presenti sulla facciata di Porta San Giorgio, oltre ad una tomografia sismica dell'area.

Negli anni '30 del Novecento, il Comune di Firenze realizzò, sotto la direzione dell'architetto Ezio Zalaffi, l'allargamento delle dimensioni della porta, demolendo la controporta bugnata cinquecentesca.

La porta conserva sul fronte esterno un bassorilievo con San Giorgio e il drago, calco (1953) dell'originale di fine Trecento realizzato da Andrea Pisano (da Pontedera) custodito in Palazzo Vecchio. All'interno, sotto l'arco, sorretto da capitelli duecenteschi, è presente un affresco di Bicci di Lorenzo, staccato nel 1953, raffigurante la Madonna in trono col Bambino e i santi Leonardo e Giorgio (1430 circa).

Gli interventi eseguiti nel XX secolo sui tratti di mura conservati dal Piano Poggi oltre a fornire un chiaro quadro delle evoluzioni culturali sul tema del restauro di manufatti storici, segnalano con evidenza che il tratto da Porta san Giorgio a Porta San Miniato o fino a Porta san Niccolò, è stato interessato da continui lavori manutentivi per il pessimo stato di conservazione in cui versavano dopo secoli di abbandono.



Immagine 45 - Lesioni sui conci costituenti l'arco principale



Immagine 46 - Le decorazioni interne



Immagine 47 - Veduta generale della porta

Grazie al Prof. Arch. Giacomo Tempesta che mi ha guidato spiegandomi le problematiche strutturali presenti e le soluzioni disponibili sul mercato, è stato possibile redigere un piccolo progetto di consolidamento delle lesioni.

Grazie al rilievo strumentale in nostro possesso, in poco tempo abbiamo restituito la geometria necessaria ed ottenuto i dimensionamenti necessari per gli elementi di fissaggio e consolidamento della porzione muraria in esame.

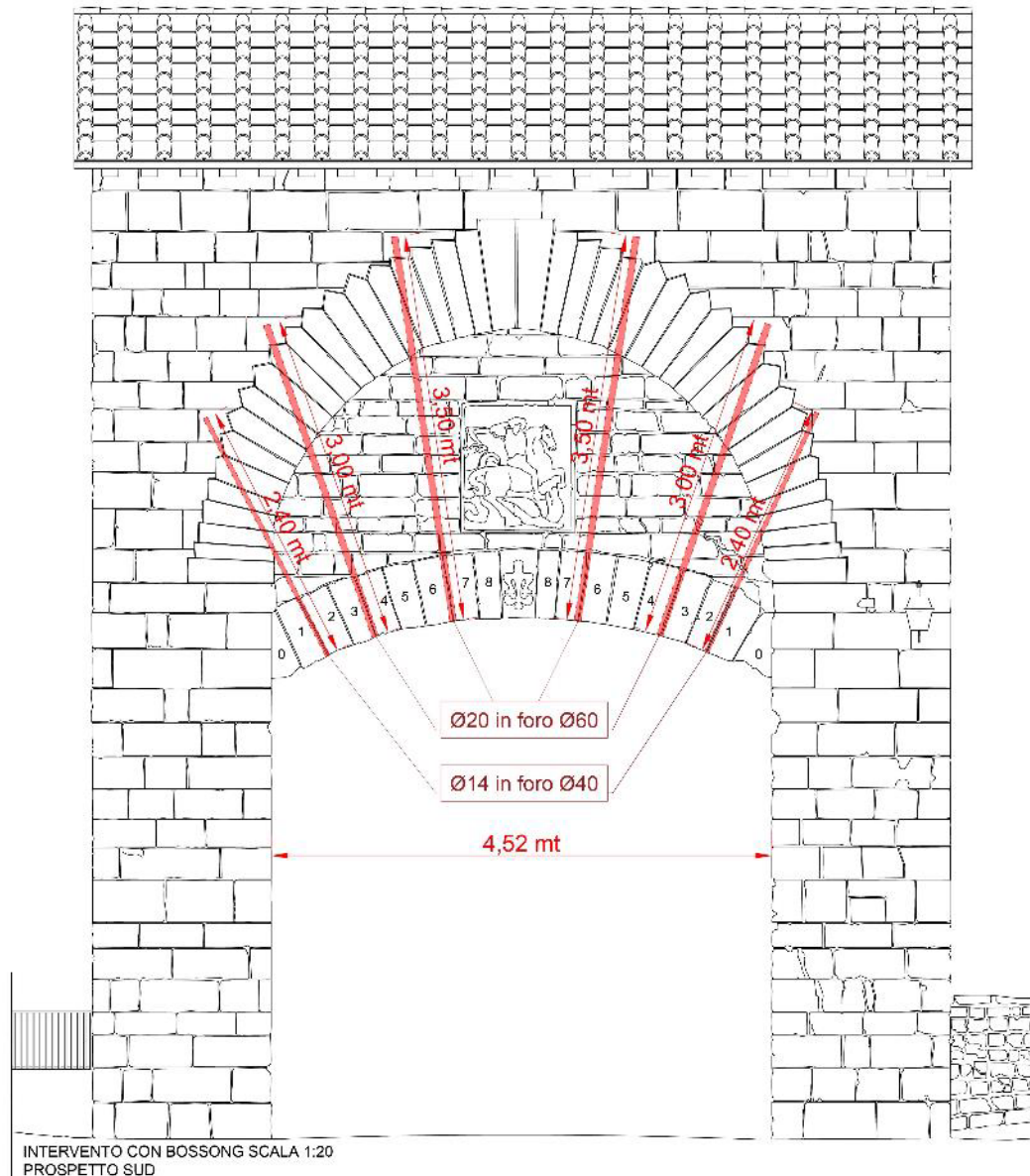
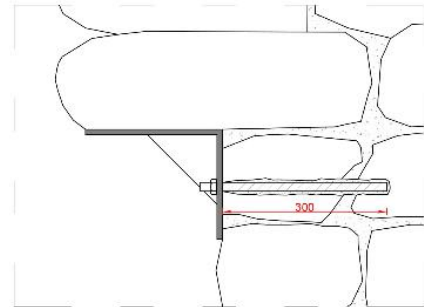
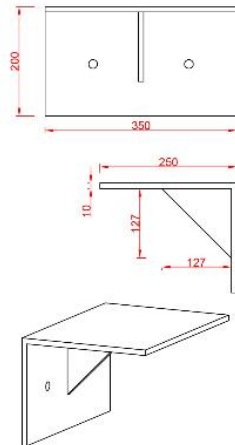
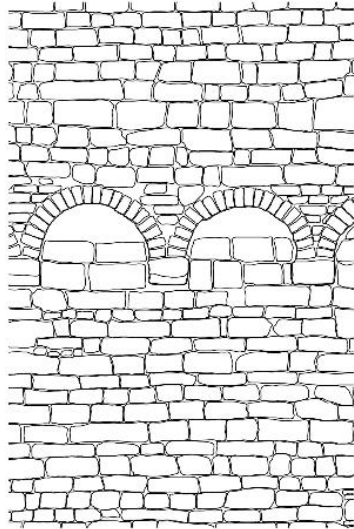
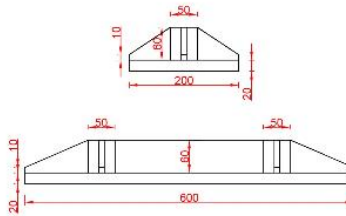
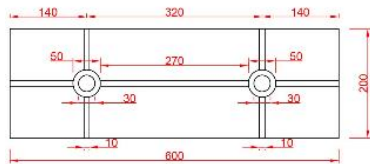


Immagine 48 - Interventi con inserimento di barre elicoidali e Bossong



PARTICOLARE FISSAGGIO SCALA 1:20



- 1 TUBO TONDO GS Øest = 50 mm sp. 10 mm
- 2 SALDATURA MIG/MAG A COMPLETA PENETRAZIONE DEL CORDONE L= 8 mm
- 3 PIASTRA BASE sp. 20 mm
- 4 NERVATURA DI IRRIGIDIMENTO TIPO A sp. 10 mm
- 5 NERVATURA DI IRRIGIDIMENTO TIPO B sp. 10 mm
- 6 NERVATURA DI IRRIGIDIMENTO TIPO C sp. 10 mm

ABACO DEI COMPONENTI SCALA 1:20			
Id_Elemento	Qt.	Rappresentazione grafica (mm)	Sp.
Piastra di base	1		10 mm
Tubo GS Ø est. 70 mm	1		10 mm
Nervatura di irrigidimento A	1		10 mm
Nervatura di irrigidimento B	2		10 mm
Nervatura di irrigidimento C	4		10 mm
Tenditore	2		

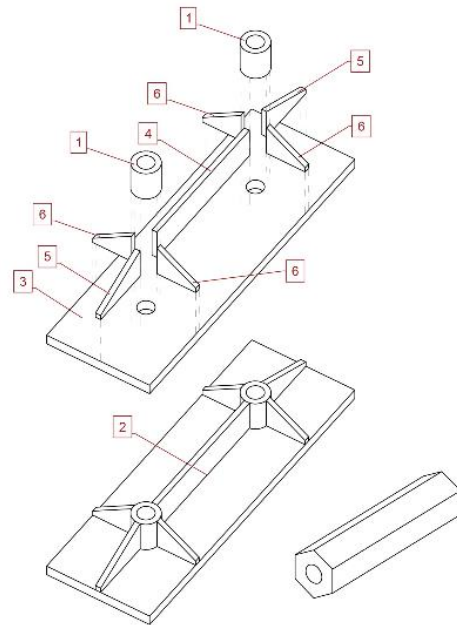


Immagine 49 - Schemi esemplificativi del fissaggio dei piedritti lungo il tratto murario limitrofo



Immagine 50 - Messa in opera delle due catene



Immagine 51 - Messa in opera dei Bossong

2.8.2 Tratto su Via Francesco Petrarca

In occasione del rilievo e la mappatura dei degradi dei tratti murari superstiti analizzati mi sono reso conto di essere di fronte ad un parco archeologico urbano, ovviamente non a

destinazione museale ma integrati all'interno della compagine urbana fiorentina. I manufatti oggetto d'indagine sono stati assorbiti dal costruito in modo così profondo da non permetterne, in rari casi, nemmeno la lettura. Mi riferisco in modo particolare al tratto tra il giardino di Boboli ed il quartiere di Bobolino.

Siamo quindi di fronte ad una archeologia urbana bisognosa di interventi non solo di tipo conservativo ma anche di rifunzionalizzazione o meglio di integrazione col costruito moderno ed in particolare con la proprietà privata. Le indicazioni fornite da questo lavoro di tesi si fermano all'aspetto conservativo, un intervento di restauro archeologico completo sarebbe fortemente condizionato dal contesto urbano e culturale in cui i manufatti sono inseriti, si dovrebbe infatti pensare anche alla valorizzazione ed una possibile rifunzionalizzazione delle mura fiorentine, un tema che purtroppo non è mai stato affrontato in modo esaustivo dalle amministrazioni pubbliche che si sono susseguite nel corso degli ultimi decenni. L'attenzione infatti si è sempre focalizzata sulle porte e la Torre della Zecca con interventi manutentivi e di illuminazione trascurando quasi in toto le porzioni murarie superstiti, anche perché inglobate nel tempo all'interno di proprietà private che ne hanno reso sempre più difficoltosa la manutenzione e l'accesso.

Altro aspetto da considerare è che in occasione della realizzazione di interventi manutentive, al fine di operare speditamente e con il minor "sacrificio" economico possibili sono state messe a punto tecniche d'intervento d'emergenza, basti pensare all'intervento di manutenzione sul tratto di mura in Boboli che si è limitato all'integrazione di porzioni lapidee mancanti o a Porta Romana che ha riguardato la sola messa in sicurezza delle creste e la predisposizione di presidi di protezione da elementi in distacco.



Immagine 52 - Interventi in Porta Romana e Boboli

In accordo con il Comune di Firenze, in particolare con l'Arch. Maria Bonelli del Comune, ho redatto un progetto di restauro e conservazione di una piccola porzione del circuito murario sito in Viale Francesco Petrarca. Si tratta di un tratto con una lunghezza di 50

metri lineari con altezza variabile da 7 metri a 7,30 metri interrotto da una piccola torretta di otto 8 x 7 metri in pianta ed altezza di 7,30 metri, in linea col tratto murario.

La scelta di questo specifico tratto è stata l'accessibilità dei luoghi e la facile installazione dei ponteggi per una futura cantierizzazione, si tratta infatti di una zona fuori dal centro storico relativamente vicina alle principali arterie di comunicazione e con l'area circostante di proprietà esclusivamente comunale.



Immagine 53 - Ubicazione del tratto in esame

Gli elaborati in allegato descrivono lo stato dei luoghi e le tipologie d'intervento, sono composti da tavole esplicative ed altri documenti che possono far parte di un progetto definitivo - esecutivo per una gara di appalto pubblico di lavori, in particolare:

- Elaborati grafici con rappresentazione dello stato dei luoghi e delle proposte d'intervento;
- Capitolato Speciale d'appalto;
- Computo metrico estimativo delle opere previste;
- Costi della sicurezza;
- Cronoprogramma di Gantt;
- Schede operative d'intervento (S.O.I.).

Queste ultime sono state redatte in ottemperanza all'art.147 del nuovo Codice degli Appalti D. Lgs. 50/2016, comma 2 che recita *“Per i lavori aventi ad oggetto beni culturali è richiesta, in sede di progetto di fattibilità, la redazione di una scheda tecnica finalizzata all'individuazione delle caratteristiche del bene oggetto di intervento, redatta da professionisti in possesso di specifica competenza tecnica in relazione all'oggetto dell'intervento. Con il decreto di cui all'articolo 146, comma 4, sono definiti gli interventi relativi a beni culturali mobili, superfici decorate di beni architettonici e materiali storicizzati di beni immobili di interesse storico artistico o archeologico, per i quali la scheda deve essere redatta da restauratori di beni culturali, qualificati ai sensi dalla normativa vigente”*.

L'art.14 del Nuovo regolamento attuativo DM 154/2017 del nuovo Codice degli Appalti D. Lgs. 50/2016 che regola le fasi progettuali ed esecutive dei lavori attinenti i beni culturali parla al comma 2 della scheda tecnica che viene poi ampiamente descritta nel successivo articolo 16.

La scheda tecnica descrive le caratteristiche, le tecniche di esecuzione e lo stato di conservazione del bene oggetto di intervento nonché le eventuali modifiche dovute a precedenti interventi al fine di fornire un quadro esaustivo dello stato di fatto del bene e indicazioni di massima sugli interventi previsti e sulle metodologie da applicare (comma 1). Nel caso di lavori di monitoraggio, manutenzione o restauro del bene, delle superfici decorate e dei materiali storicizzati di beni di interesse storico, artistico o archeologico la scheda tecnica deve essere redatta da un restauratore di beni culturali qualificato, nel caso di lavori di scavo archeologico la scheda tecnica deve essere redatta da un archeologo (comma 3). Si evince, pertanto, che la scheda tecnica deve essere redatta (da operatore specializzato) per tutti i lavori su beni culturali mobili, superfici decorate di beni architettonici e materiali storicizzati di beni immobili di interesse storico.

Le schede operative di intervento rappresentano quindi uno strumento sintetico e puntuale di individuazione degli elementi oggetto di intervento, di analisi delle loro condizioni, di istruzioni operative per il recupero e il mantenimento nel tempo del bene storico-artistico. Per tali ragioni gli esecutori dei lavori (edili, strutturali, di restauro, ecc.) sono tenuti all'osservanza delle prescrizioni contenute nelle schede che, di conseguenza, risulteranno vincolanti al fine di portare a compimento le opere previste secondo la linea d'intervento concordata.

Le S.O.I. contengono, inoltre, le analisi dei prezzi con le indicazioni di carattere economico indispensabile per la valutazione dei costi di ogni intervento e delle azioni necessarie al suo mantenimento. Il fascicolo "Istruzioni di manutenzione", con la "Scheda Operativa d'Intervento", "Analisi dei prezzi" e "Controlli di Cantiere" e il "Piano di Manutenzione", accompagna tutte le attività di redazione del progetto di restauro e le fasi di sua realizzazione, fino a pianificare e programmare l'attività di manutenzione del bene e dell'intervento con lo scopo di mantenere nel tempo la funzionalità, le caratteristiche di qualità, efficienza per un arco temporale di almeno 10 anni. La raccolta di schede allegate si basa su esperienze pratiche di lavorazioni effettuate da restauratori specializzati con cui ho avuto modo di confrontarmi durante il periodo di ricerca. Di seguito l'elenco delle schede operative di intervento oggetto delle opere di restauro:

- 1 Indagini laboratorio malte;
- 2 Indagini laboratorio degrade;

- 3 Diserbo;
- 4 Diserbo patina biologica;
- 5 Preconsolidamento;
- 6 Pulitura croste;
- 7 Pulitura generale;
- 8 Consolidamento malta paramento murario;
- 9 Consolidamento malta passaggio sopraelevato;
- 10 Consolidamento erosione;
- 11 Consolidamento stuccatura e stilatura;
- 12 Consolidamento parapetto;
- 13 Protettivo idrofobizzante;
- 14 Protettivo antigraffiti;
- 15 Ponteggi;
- 16 Restauro scala interna.

Il materiale tecnico prodotto in occasione di questo lavoro di tesi, tangibile testimonianza di una fruttuosa collaborazione tra il Comune di Firenze ed il DIDA, è parte del nuovo Piano Strutturale di Firenze, con l'augurio che preveda una pianificazione territoriale inclusiva del circuito murario Fiorentino. In modo particolare le Schede Operative d'Intervento relative alle lavorazioni previste costituiranno un pratico supporto tecnico-didattico ai progetti di manutenzione futura previsti dalla Amministrazione Comunale.

Quanto consegnato all'Amministrazione Comunale di Firenze dovrà quindi fungere da base di conoscenza indispensabile per la redazione di un progetto il più possibile unitario in modo da trasmettere ai posteri ciò che rimane del passato e creare uno strumento informatico volto alla divulgazione delle informazioni su di un bene sempre meno conosciuto, anche dagli stessi abitanti di Firenze.



Immagine 54 - Particolare della torretta facente parte del tratto murario

3 La gestione del progetto in BIM

Nel luglio 2018 ho partecipato e vinto un bando di selezione per una borsa di parziale rimborso viaggio studio in Messico per partecipare ad un progetto di ricerca patrocinato dal DIDA, Dipartimento di Architettura della Università degli Studi di Firenze, dalla UNAM, Università nazionale autonoma del Messico sotto la guida scientifica del Prof. Arch. Roberto Sabelli (UNIFI), del Prof. Arch. Stefano Bertocci (UNIFI) e del Prof. Reynaldo Esperanza Castro (UNAM).

Il tema era lo studio e la stesura di un progetto di conoscenza di un manufatto denominato “Convento de San Guillermo Abad” sito nella città di Totolapan nello stato di Morelos – Mexico, dichiarato dalla Unesco patrimonio dell’umanità nel 1994.

Per me è stata l’occasione di sperimentare la gestione di un progetto di conoscenza con la tecnica del Building Information Modeling BIM, in italiano: Modellizzazione delle Informazioni di Costruzione.

Prima di entrare nel merito del progetto e delle specifiche utilizzate per la stesura del modello e delle metodologie applicate alla gestione del processo di gestione delle informazioni, mi sembra doveroso fare qualche considerazione sul metodo utilizzato e le motivazioni che spingono lo scenario tecnico globale, non solo a livello edile, ad utilizzare metodologie di gestione dei dati sempre più efficienti ed interoperabili, considerata anche la progressiva ed esponenziale evoluzione tecnologica che permette di gestione una mole di dati sempre più corposa.

Alla base della ricerca di metodologie sempre più efficienti e controllabili c’è sempre una componente pecuniaria, in particolare l’attuale condizione economica vede molte aziende del comparto edile in forte difficoltà; la crisi impone alle imprese la massima attenzione alla programmazione, all’analisi dei preventivi, alla definizione dei tempi e delle risorse, a una quasi assoluta certezza dei costi nei tempi preventivati. Si tratta di porre in atto una concreta e approfondita attività di project management al fine di definire in maniera completa i termini della commessa stessa. Allo stato attuale, inoltre, il margine di utile delle imprese è sempre più ridotto e, quindi, errori nella definizione dei costi da sostenere o nei tempi di realizzazione possono portare a conseguenze significative soprattutto in realtà imprenditoriali medio-piccole.

L’attenzione al tema della previsione e della gestione della commessa è, pertanto, pratica che si va consolidando in maniera sempre più mirata e approfondita all’interno dell’iter progettuale; la presenza sul mercato di un numero sempre maggiore di software specialistici dimostra la crescente attenzione all’aspetto gestionale della fase progettuale

ed esecutiva. L'utilizzo di programmi specifici, tuttavia, anche in questo settore, riscontra una varietà di differenti approcci che spesso determinano lavori a compartimenti stagni e non un reale approccio integrato.

Molte sono le variabili che, sia nella fase di presentazione dell'offerta che in quella di realizzazione dell'opera, possono influire sulla gestione del contratto, come testimonia l'alto livello di contenziosi che si aprono anche in sede di appalti pubblici. Tutte queste variabili si palesano nella fase di cantiere, fase nella quale è di fondamentale importanza la coincidenza delle attività preventivate con quelle effettivamente eseguite, contabilizzate e liquidate.

Questo accade perché, spesso, il livello di progettazione delle varie discipline progettuali non è adeguato alla natura dell'opera o, comunque, non spinto e dettagliato sino ai livelli operativi e di scheduling o, perché la progettazione operativa non prevede sistemi di controllo interni che possano evidenziare scostamenti dalle procedure ipotizzate.

Un altro aspetto critico è da ricercare nel disallineamento dei tempi previsti per le singole attività in fase di progettazione esecutiva rispetto alle reali tempistiche di cantiere e, complessivamente, nel disruption (collasso del cantiere), ovvero, quando si ha una mancanza o insufficiente attività di coordinamento tra le diverse imprese che lavorano nella medesima area di cantiere, caso, questo, che spesso è fonte primaria degli extra-oneri nativi delle attività di cantiere.

Il tema della programmazione operativa e più in generale del rispetto dei tempi e dei costi è argomento storicamente dibattuto e fa parte del complesso di attività che sono assegnate tradizionalmente al project manager e al contract manager.

In particolare, è a quest'ultimo che teoria e prassi affidano molte delle attività di controllo; il contract manager è, infatti, un professionista con competenze multidisciplinari che, affiancato da un suo team di specialisti, opera secondo quattro linee di attività in sede di gara e pre-commessa e quattro in sede di gestione della commessa.

In fase di pre-attività affronta lo studio della documentazione di gara con attenzione ai capitolati, sovrintende la redazione degli elaborati di concorso e cura il coordinamento degli stessi oltre a gestire i rapporti con le altre aziende che partecipano alla gara. In sede di gestione della commessa sovrintende la gestione dei sub appalti, supervisiona le attività di contabilità, monitora gli stati di avanzamento lavori attivi e passivi nella visione globale dei costi di commessa, e affianca i project manager nella gestione dei contenziosi e la direzione aziendale nelle scelte di livello strategico della commessa. È quindi questo

ruolo che appare il più idoneo ad assumere un livello di integrazione con i sistemi e le architetture Bim.

Il modello Bim come supporto alla gestione della commessa. Il tema che si vuole in qualche modo analizzare è, quindi, quello dell'utilizzo della tecnologia Bim nella gestione integrale della commessa sino agli aspetti di controllo e verifica richiesti nel cantiere edile e, soprattutto, nell'individuazione dei vantaggi concreti che porta l'adozione di una tale filosofia di lavoro. L'intero processo edilizio, nella sua accezione più ampia – sequenza delle operazioni, che riguardano la creazione, la realizzazione, l'uso e il mantenimento di un'opera edile dalla sua progettazione iniziale, alla sua costruzione e alla sua gestione per tutto il tempo di vita utile – è, infatti, oggetto di studi sempre più approfonditi e di simulazioni strategiche che mirano ad aumentare gradualmente l'efficienza di filiera.

Ricerche e applicazioni sperimentali condotte su casi studio reali confermano come l'utilizzo di strumenti Bim ben supporta sia la fase a carattere simulativo-valutativa, operazione strategica preliminare nella definizione dei parametri della commessa, sia la fase di gestione e controllo attività che si esplica nell'esecuzione dei lavori. L'attività edilizia è di fatti una attività unica dove eventuali sprechi o errori non possono essere recuperati nel medesimo ciclo produttivo.

La sola individuazione di parametri generali nella stima dei costi e dei tempi rischia di non essere sufficiente nella determinazione del costo complessivo presunto di costruzione, senza la capacità di inglobare nel sistema di controllo le possibili varianti in corso d'opera e la gestione degli imprevisti.

È sicuramente condivisibile che la definizione di uno studio di fattibilità economica, perché sia efficace e possa ridurre i rischi di una operazione, necessiti dell'analisi di tutto il complesso flusso operativo-realizzativo inglobando riflessioni non solo di natura economica, ma anche tecnica-operativa come la corretta sequenza delle fasi costruttive, l'esecuzione secondo procedure preventivamente concordate, le verifiche di qualità e il rispetto delle indicazioni del contratto e dei relativi capitolati prestazionali. Ed è in questa modalità di gestione delle informazioni che il Bim, come concetto generale, come approccio metodologico, offre le migliori opportunità.

Per il Building Information Modeling esistono molte definizioni e declinazioni, tuttavia, quello che meglio spiega l'apporto dello stesso alla gestione di una commessa è quella di database grafico parametrico relazionale, che bene esplica la possibilità di contenere in unico spazio digitale il complesso delle informazioni e dei dati. Dati che, se correttamente inseriti, possono essere interrogati per via di query settoriali che consentono analizzare e valutare i diversi aspetti di una commessa.

I maggiori costi e i ritardi nelle costruzioni sono, spesso, la conseguenza di inadeguati strumenti di pianificazione e controllo, oltre che di una complessiva insufficiente attività di progettazione, che comportano sovente il rifacimento di parte di lavori mal eseguiti. Con una buona e accurata programmazione iniziale dei tempi e dei costi unita a un'efficace attività di controllo dell'avanzamento dei lavori è possibile minimizzare il rischio di impresa. In generale, pianificare una commessa sin dall'inizio mediante la definizione di un idoneo modello Bim consente di isolare e, quindi, evidenziare i problemi che potrebbero influenzare lo sviluppo nel corso dell'esecuzione.

La complessità di una commessa con l'elevato numero di apporti disciplinari così come la necessaria presenza di differenti imprese specialistiche rende necessario per la definizione di un modello condiviso Bim l'utilizzo di tecniche di destrutturazione quali la Work Breakdown Structure Wbs o la Organization Break Down Structure Obs.

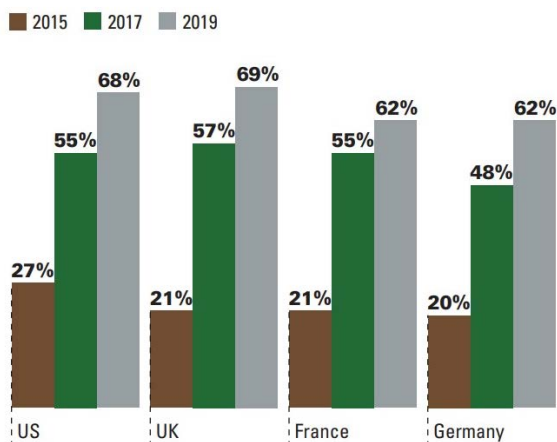
3.1 Elementi normativi

Grazie alla versatilità dei sistemi di gestione dati dei protocolli BIM based, assistiamo sempre più ad un crescendo di paesi che adottano questo sistema di "Classificazione dei dati". Sorge quindi la necessità di normare tali protocolli per un interscambio riconosciuto ed efficace tra i vari attori del progetto, incluso gli apparati statali che gestiscono gli appalti pubblici.

Nei vari paesi del mondo esistono degli enti che monitorano gli effetti dei cambiamenti delle metodologie di gestione dei progetti (pubblici e non), tra i vari possiamo citare il Dodge Data Analytic in collaborazione col National Building Specification (NBS).

Use of BIM on 50% or More Transportation Infrastructure Projects (According to Engineers and Contractors by Country)

Dodge Data & Analytics, 2017



Top Business Benefits of BIM Related to Transportation Infrastructure Projects (Rated High/Very High by All BIM Users)

Dodge Data & Analytics, 2017

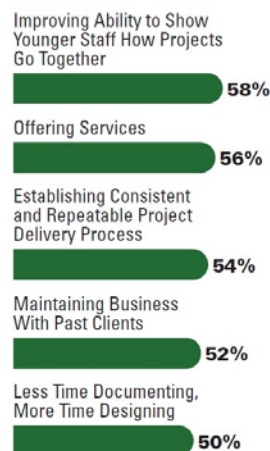


Immagine 55 - The Business Value of BIM for Infrastrutture 2017, Smart Market Report by Dodge Data Analytic

Most Common Use of BIM Models by Those Not Creating Them (According to Engineers and Contractors Using BIM)

Dodge Data & Analytics, 2017

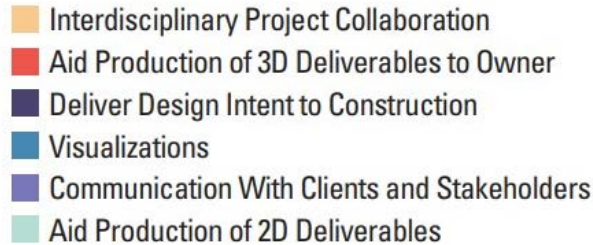


Immagine 56 - The Business Value of BIM for Infrastrutture 2017, Smart Market Report by Dodge Data Analytic

Dalle analisi sopracitate si nota sin da subito come l'Italia non sia inclusa tra i parametri di confronto con le altre potenze mondiali ma anche noi abbiamo una nostra normativa a riguardo ed un portavoce al tavolo di lavoro sul tema BIM, si tratta di Alberto Pavan³ che sta partecipando alla ISO/TC 59/SC 13 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM).⁴

Di seguito si elencano gli standard e/o progetto sotto la diretta responsabilità del Segretariato ISO/TC 59/SC 13 pubblicati:

- ISO 12006-2:2015 Building construction — Organization of information about construction works — Part 2: Framework for classification
- ISO 12006-3:2007 Building construction — Organization of information about

³ Alberto Pavan, Politecnico di Milano, Coordinatore norma Uni 11337 Fonte: https://www4.ceda.polimi.it/manifesti/manifesti/controller/ricerche/RicercaPerDocentiPublic.do?evn_didattica=evento&k_doc=123900&aa=2011&lang=IT&jaf_currentWFID=main

⁴ <https://www.iso.org/committee/49180.html>

construction works — Part 3: Framework for object-oriented information

- ISO/TS 12911:2012 Framework for building information modelling (BIM) guidance
- ISO 16354:2013 Guidelines for knowledge libraries and object libraries
- ISO 16739-1:2018 Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries — Part 1: Data schema
- ISO 16757-1:2015 Data structures for electronic product catalogues for building services — Part 1: Concepts, architecture and model
- ISO 16757-2:2016 Data structures for electronic product catalogues for building services — Part 2: Geometry
- ISO 19650-1:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 1: Concepts and principles
- ISO 19650-2:2018 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 2: Delivery phase of the assets
- ISO 22263:2008 Organization of information about construction works — Framework for management of project information
- ISO 29481-1:2016 Building information models — Information delivery manual — Part 1: Methodology and format
- ISO 29481-2:2012 Building information models — Information delivery manual — Part 2: Interaction framework

Standard e/o progetto sotto la diretta responsabilità del Segretariato ISO/TC 59/SC 13 in via di sviluppo:

- ISO/WD 12006-3 Building construction — Organization of information about construction works — Part 3: Framework for object-oriented information
- ISO/AWI 19650-4 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 4: Information Exchange
- ISO/DIS 19650-3 Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 3: Operational phase of assets
- ISO/DIS 19650-5 Organization and digitization of information about buildings and

civil engineering works, including building information modelling (BIM) — Information management using building information modelling — Part 5: Security-minded approach to information management

- ISO/DIS 21597-2 Information container for data drop — Exchange specification — Part 2: Dynamic semantics
- ISO/FDIS 21597-1 Information container for data drop — Exchange specification — Part 1: Container
- ISO/WD TR 23262 GIS (Geospatial) / BIM interoperability
- ISO/FDIS 23386 Building information modelling and other digital processes used in construction — Methodology to describe, author and maintain properties in interconnected dictionaries
- ISO/DIS 23387 Building Information Modelling (BIM) — Data templates for construction objects used in the life cycle of any built asset — Concepts and principles.

3.2.1 Normative di riferimento

Nel contesto globale esistono diverse normative di riferimento grazie ad esperienze consolidate ormai da anni, frutto di una standardizzazione che ha trovato terreno fertile grazie alle grandi opere di infrastrutture. Col tempo sono diventate delle vere e proprie linee guida di riferimento e sono state adottate come metodo di gestione progetto proprio per avere un controllo superiore in occasione di tutti i cicli di progettazione, esecuzione e mantenimento dell'opera stessa⁵ di seguito l'elenco:

- AIA Document G202™–2013 insieme all' AIA Document E203™–2013;
- New York BIM Guidelines – 2012;
- Singapore BIM guide Vers. 2.0;
- The USA Department of Veteran Affairs BIM guide;
- Norwegian Statsbygg BIM Manual 1.2.1;
- Finland COBIM – Common BIM Requirements 2012;
- Great Britain PAS 1192 part. 1-2-3-4-5.

3.2.2 La normativa Europea

In Europa la direttiva 2014/24/UE del Parlamento europeo e del Consiglio, del 26 febbraio 2014, sugli appalti pubblici e che abroga la direttiva 2004/18/CE Testo rilevante ai fini del SEE fa un riferimento indiretto al BIM non esplicitandolo direttamente all'articolo 22 comma 4:

⁵ Dall' ArcGIS Indoors al GIS 3D & BIM: tutte le novità del mondo delle infrastrutture, convegno organizzato da ESRI Italia l'11 aprile 2019 in Roma <https://www.esriitalia.it/component/event/esri/calendario/464/dall-arcgis-indoors-al-gis-3d-bim-tutte-le-novita-del-mondo-delle-infrastrutture>.

“Per gli appalti pubblici di lavori e i concorsi di progettazione, gli Stati membri possono richiedere l’uso di strumenti elettronici specifici, quali gli strumenti di simulazione elettronica per le informazioni edilizie o strumenti analoghi. In tali casi, le amministrazioni aggiudicatrici offrono modalità alternative di accesso, come previsto al paragrafo 5, fino al momento in cui tali strumenti divengono generalmente disponibili ai sensi del paragrafo 1, primo comma, secondo periodo.”⁶

Di seguito il comma 5:

“Le amministrazioni aggiudicatrici possono, se necessario, prevedere l’uso di strumenti e dispositivi che in genere non sono disponibili, purché le stesse offrano modalità alternative di accesso.”⁷

Ovviamente l'intento della direttiva è quello di garantire la trasparenza in occasione delle procedure d'appalto al fine di ottenere anche un maggior controllo sulla futura commessa riducendo al minimo le varianti in corso d'opera e gli sprechi. Si tende quindi ad un efficientamento sempre più efficace della gestione della commessa a tutti i livelli.

3.2.3 La normativa italiana

L'Italia oggi può vantare un grosso passo avanti sotto l'aspetto normativo volto a disciplinare le commesse BIM-based. Già con l'adozione del nuovo “Codice dei contratti pubblici”, il D.Lgs. n. 50/2016 si tratta il tema dell'interscambio di informazioni ed in questo modo le amministrazioni hanno facoltà di richiedere l'adozione del BIM, non solo come strumento di verifica ma anche di garanzia per la regolare esecuzione del progetto, infatti nell'articolo 23, comma 13 si legge:

“Le stazioni appaltanti possono richiedere per le nuove opere nonché per interventi di recupero, riqualificazione o varianti, prioritariamente per i lavori complessi, l’uso dei metodi e strumenti elettronici specifici di cui al comma 1, lettera h). Tali strumenti utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti. L’uso dei metodi e strumenti elettronici può essere richiesto soltanto dalle stazioni appaltanti dotate di personale adeguatamente formato. Con decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti da adottare entro il 31 luglio 2016, anche avvalendosi di una Commissione appositamente istituita presso il medesimo Ministero, senza oneri aggiuntivi

⁶ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=celex%3A32014L0024>

⁷ <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/?uri=celex%3A32014L0024>

a carico della finanza pubblica sono definiti le modalità e i tempi di progressiva introduzione dell'obbligatorietà dei suddetti metodi presso le stazioni appaltanti, le amministrazioni concedenti e gli operatori economici, valutata in relazione alla tipologia delle opere da affidare e della strategia di digitalizzazione delle amministrazioni pubbliche e del settore delle costruzioni. L'utilizzo di tali metodologie costituisce parametro di valutazione dei requisiti premianti di cui all'articolo 38.”⁸

Il DM stabilisce quindi anche modalità e tempi di implementazione degli strumenti elettronici per la gestione del progetto edile ed infrastrutturale analizzando:

- *Caratteristiche dell'ambiente di condivisione dati;*
- *Condizioni preliminari per la stazione appaltante (art.3);*
- *Fruibilità delle informazioni e gestione dei flussi informativi (art.4);*
- *Scadenze temporali per l'applicazione della metodologia BIM (art 6).*

In merito alle scadenze, la scaletta prevista per l'applicazione della metodologia BIM è la seguente:

- *1° Gennaio 2019 – Lavori relativi ad opere di importo superiore o uguale a 100 milioni di euro;*
- *1° Gennaio 2020 – Lavori relativi ad opere di importo superiore o uguale a 50 milioni di euro;*
- *1° Gennaio 2021 – Lavori relativi ad opere di importo superiore o uguale a 25 milioni di euro;*
- *1° Gennaio 2022 – Lavori relativi ad opere di importo superiore o uguale alla soglia di cui all'art. 35 del Codice dei contratti pubblici;*
- *1° Gennaio 2023 – Lavori relativi ad opere di importo superiore o uguale a 1 milione di euro;*
- *1° Gennaio 2024 – Lavori relativi ad opere di importo inferiore a 1 milione di euro.*

Da ricordare che il termine ultimo oltre il quale il BIM sarà richiesto obbligatoriamente per qualsiasi opera pubblica sarà il 2025.

Si tratta ovviamente di un passo fondamentale per garantire la conoscenza e la gestione ottimale di quelle opere che presentano caratteristiche tecnologiche sofisticate e che

⁸ D.Lgs. n. 50/2016 art 13 comma 3 fonte:https://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/2016_0050.htm
#023

quindi necessitano un elevato livello di conoscenza per una ottimale gestione dei tempi, delle risorse e dei costi.

3.2.4 UNI 11337

Oltre al recente e ampiamente argomentato Decreto BIM (DM 560/2017), la Normativa **UNI⁹ 11337** rappresenta un importante riferimento per l'intera gestione del progetto. Ad oggi sono pubblicate le parti 1,4,5,6 e 7.

Parte 1: Definisce concetti generali legati alla natura e origine delle informazioni, oltre alla gestione digitale del processo informativo, introducendo il concetto che il BIM possa essere utilizzato a qualsiasi livello di progettazione e qualsiasi opera di costruzione definendo dei veri e propri livelli di maturità del processo definite come segue:

- 0 – NON DIGITALE: a differenza di quanto si possa pensare, si tratta del livello raggiunto fino a qualche anno fa per la maggior parte degli appalti, infatti ci si riferisce al trasferimento dei contenuti tramite elaborati non digitali che possono anche essere prodotti con metodi digitali;
- 1 - BASE: Questo è il livello raggiunto ad oggi per la maggior parte degli appalti in quanto lo scambio del materiale e la stessa consegna agli organi competenti avviene attraverso file sia digitali che non. Spesso per contratto viene ancora chiesto il formato cartaceo;
- 2 – ELEMENTARE: a questo livello il trasferimento dei file a mezzo di modelli grafici, qualsiasi attore del progetto trasferisce soltanto elaborate digitali;
- 3 – AVANZATO: I file trasferiti a questo livello sono soltanto digitali e contengono al loro interno informazioni in più oltre alla loro geometria, si definiscono quindi “modelli informativi grafici” ed elaboratedigitali;
- 4 - OTTIMALE: Si tratta dello stadio più avanzato ed il trasferimento degli elaborati è soltanto a mezzo di modelli indormativi che possono eventualmente essere affiancati da elaborate grafici digitali.

In questa parte la normativa fa anche riferimento alla gestione informativa del prodotto e del processo proponendo una struttura di seguito rappresentata:

⁹ Ente Italiano di Normazione fonte: <http://www.uni.com>



Immagine 57 - Struttura informativa definita dalla norma 11337:1 Fonte: <http://biblus.acca.it/il-bim-in-italia-nelle-nuove-uni-11337-1-la-parte-prima-della-norma/>

La norma descrive anche il “Processo informazione di costruzione” come ciclico ed organizzato in 4 stadi suddivisi in:

- Pianificazione;
- Progettazione;
- Produzione;
- Gestione.

Gli stadi a sua volta vengono suddivisi in otto fasi che descrivono la redazione e la gestione dei contenuti informativi all’interno dell’intero ciclo di vita dell’opera. Si tratta di una sequenza logica con stadi e fasi interdipendenti tra loro in cui l’uno inizia non appena è terminato il precedente. Gli stadi corrispondono allo sviluppo di un “modello informativo del progetto, mentre allo stadio di esercizio del bene corrisponde invece il “modello informativo dell’opera”.

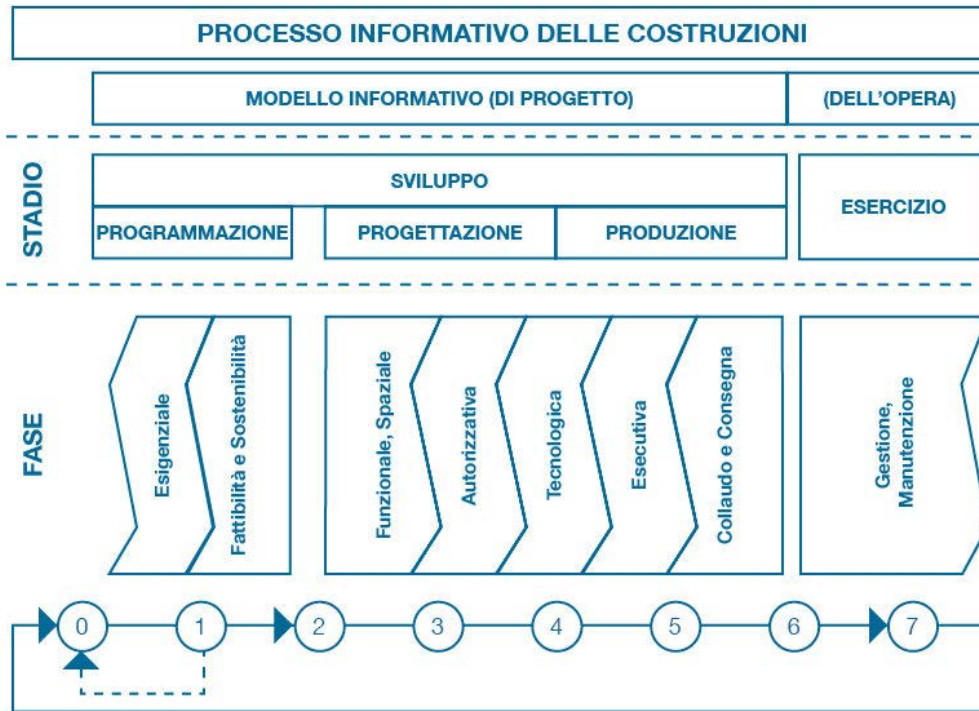


Immagine 58 - Struttura delle fasi e degli stadi Fonte: <http://biblus.acca.it/il-bim-in-italia-nelle-nuove-uni-11337-1-la-parte-prima-della-norma/>

Parte 4. Sono definiti in particolare tutti gli aspetti legati alla quantità e qualità dei contenuti informativi che nell'ambito di una gestione digitalizzata del processo delle costruzioni supportano il processo decisionale specificando:

- Caratteristiche delle fasi del processo (rif. UNI 11337-1)
- Livello di sviluppo (LOD) che nella versione italiana sono l'acronimo di : "Livello di sviluppo degli Oggetti Digitali" indicati con le lettere maiuscole da A a G.

Si tratta di una parte che stabilisce quali siano gli obiettivi e finalità che si devono raggiungere in termini informativi durante ogni singola fase del processo, si è infatti cercato di mantenere l'acronimo ormai utilizzato a livello mondiale: LOD "Livello di sviluppo degli Oggetti Digitali" o LOI "Livello di sviluppo degli Oggetti - attributi Informativi"

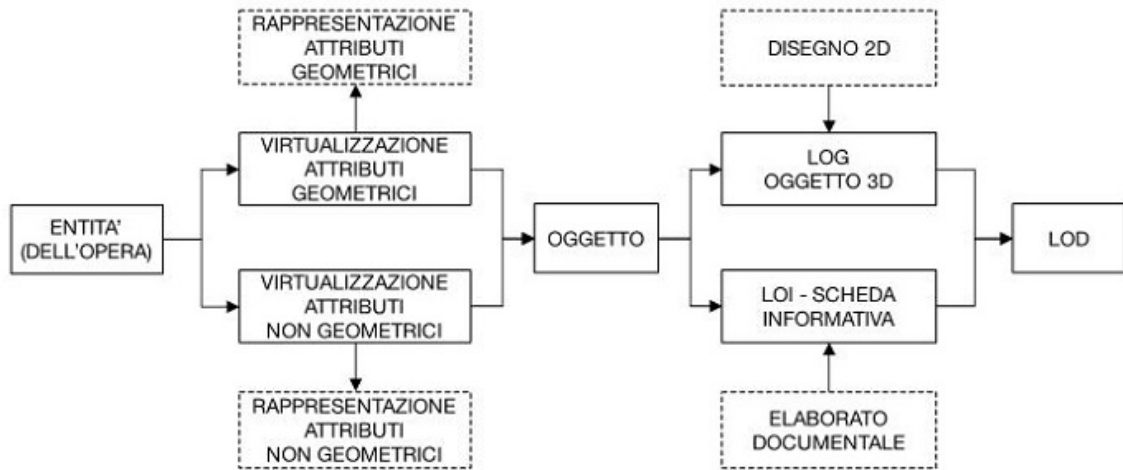


Immagine 59 - Schema di strutturazione dei LOD italiani Fonte: <https://www.ingenio-web.it/18667-sistema-dei-lod-italiano-uni-11337-4-2017>

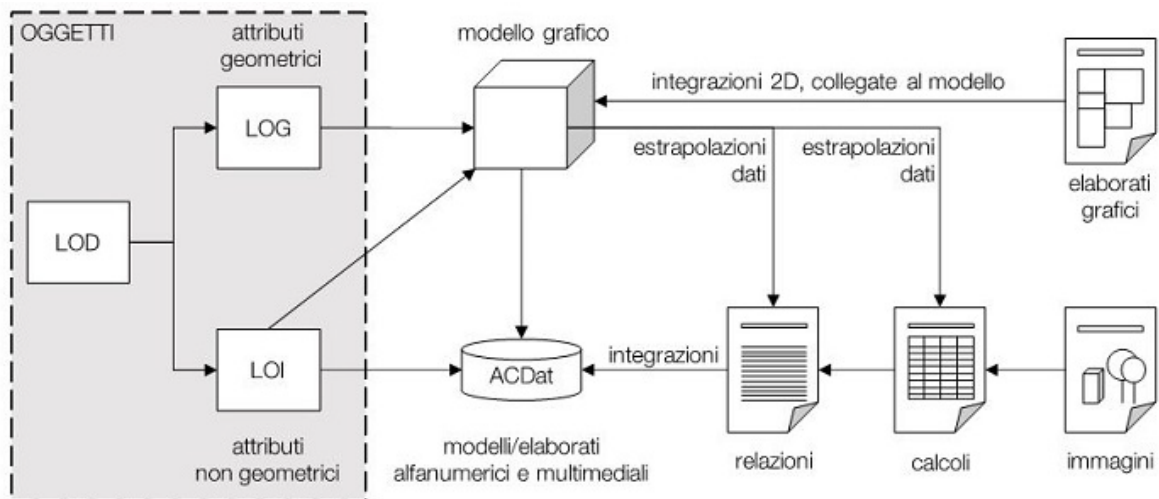


Immagine 60 - Flusso di dati nel processo digitale attraverso i LOD degli oggetti Fonte: <https://www.ingenio-web.it/18667-sistema-dei-lod-italiano-uni-11337-4-2017>

La strada scelta è quella del concetto statunitense di LOD con l'esemplificazione dei sistemi costruttivi più significativi secondo lo schema seguente:

- LOD A oggetto simbolico;
- LOD B oggetto generico;
- LOD C oggetto definito;
- LOD D oggetto dettagliato;
- LOD E oggetto specifico;
- LOD F oggetto eseguito;
- LOD G oggetto aggiornato.




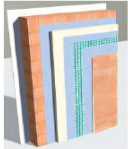
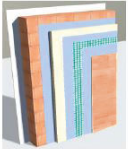
LOD A	LOD B	LOD C	LOD D	LOD E
				
<p>Geometria Elemento architettonico verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un simbolo 2D.</p> <p>Oggetto Grafica 2D (linee e campiture 2D)</p> <p>Caratteristiche Posizionamento di massima</p> <p>Usi consentiti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Semplici ingombri • Studio schemi compositivi 	<p>Geometria Solido generico per rappresentazione elemento architettonico verticale o pseudoverticale con forma, spessore e posizione approssimata</p> <p>Oggetto Solido 3D</p> <p>Caratteristiche Semplici geometrie d'ingombro</p> <p>Usi consentiti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Studio preliminare • Computo metrico • Stima economica preliminare 	<p>Geometria Elemento architettonico (sistema e sottosistema) verticale o pseudoverticale rappresentato con ingombri calcolati secondo la normativa tecnica</p> <p>Oggetto Solido 3D strutturato</p> <p>Caratteristiche Definizione del sistema architettonico</p> <ul style="list-style-type: none"> • Spessore • Lunghezza • Larghezza • Volume • Definizione materiali • Definizione stratigrafie principali <p>Usi consentiti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Dimensioni esecutive • Utilizzo per computo metrico estimativo • Verifica interferenze con altre discipline 	<p>Geometria Elemento architettonico verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono modellate tutte le stratigrafie.</p> <p>Oggetto Solido 3D complesso</p> <p>Caratteristiche Dettaglio dei componenti per gruppi e senza riferimenti a singoli prodotti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Definizione stratigrafie dettagliate • Spessori componenti • Struttura • Isolamento • Camera d'aria • Sottofondo supporto • Finitura • Dettagli costruttivi <p>Usi consentiti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Previsioni di scheduling di cantiere 	<p>Geometria Elemento architettonico verticale o pseudoverticale rappresentato mediante un solido avente dimensioni pari alle dimensioni reali. Sono incluse tutte le stratigrafie, i dati specifici del fornitore dei materiali e le finiture.</p> <p>Oggetto Solido 3D complesso</p> <p>Caratteristiche Dettaglio dei componenti con singolo prodotto. Informazioni di montaggio Materiale di supporto Schede tecniche singoli prodotti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Tipo finitura interna • Superficie finitura interna • Tipo finitura esterna • Superficie finitura esterna • Composizione Materiale/Componente • Presenza certificazioni • Capacità strutturale • Trasmissione vapore • Valore R • Valore U • Valore assorbimento • Trasmissione acustica <p>Usi consentiti</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cantierizzazione • Produzione • Manutenzione

Immagine 61 - LOD Italiani in merito ad un pacchetto murario Fonte:
http://www.sportelloappaltimpreses.it/media/cms_page_media/169/Slide%20BIM%204_5%20luglio%202017.pdf

Considerato il contesto socio economico e territoriale italiano, le categorie specifiche sono state individuate in merito a particolari tipologie di progetti che vertono su:

- La nuova costruzione ed il recupero;
- Il territorio e le infrastrutture;
- I mezzi e le attrezzature;
- Il restauro dei beni vincolati.

Parte 5. Definisce i ruoli, le regole ed i flussi necessari alla produzione, gestione e trasmissione delle informazioni e la loro connessione e interazione nei processi di costruzione digitalizzati. Introduce per la prima volta nel settore delle costruzioni italiane le definizioni e le terminologie specifiche per il processo di gestione del progetto BIM based, definendo ruoli specifici, requisiti e flussi di lavoro richiesti per la gestione ed interconnessione delle informazioni nei processi di progettazione, realizzazione e gestione del manufatto.

Per quanto riguarda la terminologia specifica viene introdotto:

- Coordinate delle informazioni;
- Gestore delle informazioni;
- Modellatore delle informazioni;
- Capitolato informativo;
- Offerta per la Gestione Informativa (OGI);
- Piano per la Gestione Informativa (PGI);
- Analisi delle incoerenze (Code Checking)
- Analisi delle interferenze Geometriche (Clash Detection)

Mentre per le figure informative e gli attori della gestione delle informazioni si definiscono 3 figure professionali con ruoli e compiti ben precisi. A queste figure fa riferimento anche l'ICMQ¹⁰, organismo di certificazione indipendente attivo nel settore delle costruzioni, rilascia le prime certificazioni per professionisti che operano in ambito BIM dividendoli in tre profili.

- **BIM Specialist:** Si occupa dell'utilizzo del software per la realizzazione di un progetto in BIM e dello sviluppo del modello 3D. Elabora ed eventualmente modifica in corso d'opera i modelli grafici e gli oggetti a essi correlati e le loro librerie ed esegue l'estrazione dei dati. Si tratta quindi di una persona con vasta esperienza nel campo della modellazione 3d e 2d, nonché dei software di gestione del progetto BIM.
- **BIM Coordinator:** Deve coordinare tutti i BIM Specialist coinvolti nel progetto per garantire l'applicazione degli standard e dei processi. Utilizza i software necessari per il coordinamento delle attività di redazione, controllo e gestione del progetto BIM. Può partecipare all'elaborazione del BIM Execution Plan in collaborazione con il BIM Manager e cura la formazione dei ruoli operativi. Deve occuparsi anche delle problematiche di condivisione e aggregazione dei contenuti informativi. Riporta al BIM Manager ogni dettaglio dello sviluppo del progetto favorendo il processo informativo.
- **BIM Manager:** Si tratta di una figura di coordinamento e gestione, a lui l'onere di gestire ed aggiornare il modello BIM per tutte le discipline mettendo in relazione le attività delle altre figure operative. Generalmente garantisce il coordinamento generale del progetto, gestendo i ruoli e le fasi previste ed individua le interferenze riassegnando all'interno del team di progetto la loro correzione. Suo è anche il compito di elaborare il capitolato informativo per il committente e verifica

¹⁰ Istituto Certificazione e Marchio di Qualità Fonte: <https://www.icmq.it/>

l'applicazione operativa ed il rispetto degli standard stabiliti con i BIM coordinator occupandosi via via anche della modifica dei contenuti informativi.

Parte 6. Definisce un possibile esempio di capitolato informativo strutturato nella logica definita nella parte 5. Il Capitolato è strutturato in quattro parti:

- 1 Premesse;
- 2 Riferimenti Normativi;
- 3 Sezione tecnica;
- 4 Sezione Gestionale.

Nelle prime due sono esplicitati i dati relativi alla identificazione del progetto, in particolare il nome del committente, titolo progetto, tipologia intervento, descrizioni varie, localizzazione etc...Inoltre, come ogni capitolato che si rispetti, riporta informazioni come acronimi utilizzati e terminologie specifiche, mentre nelle sezioni tecniche saranno descritte le caratteristiche tecnico prestazionali della infrastruttura hardware e software minima da impiegare e le dotazioni tecniche messe a disposizione dal committente.

Il capitolato può essere molto specifico e stabilire dei formati di fornitura dati dedicati e particolari, a seconda della tipologia di commessa o addirittura specificando nomenclature ad hoc per un inserimento dei dati compatibile con un progetto pregresso.

Parte 7. Questa ultima parte stabilisce le professionalità non regolamentate relative alla gestione delle informazioni in conformità alla Legge 4/2013¹¹ chiarendo, di fatto, gli aspetti legati alle competenze, la professionalità, abilità e conoscenze necessarie per la gestione del processo. Che si rifà al Quadro Europeo delle Qualifiche EQF¹² individuando le seguenti figure chiave:

- CDE Manager – Gestore dell'ambiente di condivisione dei dati;
- BIM Manager – Gestore dei processi digitalizzati;
- BIM Coordinator – Coordinatore dei flussi informativi;
- BIM Specialist – Operatore avanzato della gestione e della modellazione informativa.

¹¹ Legge 14 gennaio 2013, n. 4i Disposizioni in materia di professioni non organizzate Fonte: http://www.bosettiegatti.eu/info/norme/statali/2013_0004.htm

¹² European Qualificacion Framework Fonte: <https://ec.europa.eu/ploteus/en/content/descriptors-page>

3.2 BIM e GIS

La tecnologia a disposizione dei tecnici è sempre più avanzata e vanta una rete man mano più fitta di elementi tecnologici di supporto ed interconnessi tra loro. Stiamo parlando di dispositivi atti al rilievo, la diagnostica ed il monitoraggio. L'interoperabilità di questi strumenti può trovare un punto di contatto grazie ad un numero sempre maggiore di satelliti in orbita sul nostro pianeta.

Grazie a questi dispositivi infatti siamo in grado di collocare con buona affidabilità qualsiasi tipologia di dato proveniente dagli strumenti di rilievo e diagnostica, basti pensare che i Laserscanner sono dotati di sensore GPS, come le stazioni totali ed anche le ultime termocamere (non direttamente ma collegabili ad uno smartphone dotato appunto di GPS). Per non parlare dei droni e delle fotocamere di ultima generazione.

Questo permette di avere una rete di dati con in comune la geolocalizzazione, un dato che appunto diventa fondamentale per la gestione univoca del progetto e l'implementazione della documentazione che man mano si va ad aggiungere alla conoscenza del manufatto.

In occasione del progetto FI-MU è stato appunto possibile collegare tutta la mole di dati grazie ai dati geografici e GPS generati da ogni singolo strumento (Laser scanner, drone, stazione totale e fotocamera).

Il GIS è uno strumento capace di gestire al meglio i dati geografici di vaste aree e fornire analisi geospaziali molto accurate, nonché di collegare dati di vario tipo all'interno di un modello gestionale ben definito e aperto, per di più interrogabile in itinere o una volta concluso. Mancano però di molte peculiarità proprie dei software di modellazione BIM (Barazzetti, L et al., 2017). Entrambe le tecnologie contengono nei rispettivi nomi la "I" di "informazione". Entrambi i sistemi infatti sono connessi ad un database che contiene anche dati geometrici, generalmente bidimensionali per il GIS e tridimensionali per il BIM.

Ovviamente gli elementi rappresentati si trovano a scale diverse e sono gestiti in modo diverso, sia nel tipo di informazioni raccolte che nel loro utilizzo. Possiamo fare un esempio con una semplice entità "muro" per come viene intesa nel GIS e nel BIM.

I due sistemi sono comunque implementabili tra loro ed un progetto interconnesso BIM e GIS permette l'estrazione di dati ed informazioni geospaziali da archivi già disponibili (Geoscopio ad esempio).

Nel GIS abbiamo una rappresentazione basica a scala geometrica connessa a dati georeferenziati che ovviamente non può restituire l'elemento in questione in tutta la sua complessità, generalmente abbiamo una entità che contiene dati geometrici di tipo

bidimensionale con informazioni collegate magari tramite link che fanno riferimento a degli attributi talvolta non modificabili in quanto non parametrici. In un BIM invece i dati possono essere georeferenziati e parametrizzati con caratteristiche di interdipendenza le une dalle altre, a differenza del GIS, possiamo creare delle entità che portano il nome di “Famiglia” alle quali è possibile creare parametri di interdipendenza con oggetti fittizi che in fase di modellazione possono assumere dei connotati fisici reali, ad esempio è possibile creare delle famiglie finestra a cui è possibile attribuire le dimensioni dell’imbotte e collocarlo all’interno del vano creato all’interno dell’elemento tridimensionale muro. È possibile quindi esplicitare un parametro che espliciti la caratteristica essenziale che l’imbotte sia in aderenza al muro nonostante in fase di pre-modellazione non si sappia effettivamente dove sia collocato il foro che ospita la finestra nell’oggetto muro.

È possibile affermare che le soluzioni basate sull’integrazione BIM – GIS apportano vantaggi significativi ai metodi di gestione, al coordinamento, al controllo della qualità dei sistemi edilizi contemporanei e non con l’applicazione del “Retro -BIM” ma anche delle fasi progettuali stesse riducendo notevolmente tempi e costi, oltre a migliorare significativamente la gestione delle risorse.

3.3 Progettare in BIM

3.4.1 Project Management

Questi modelli classici del Project Management ben si coordinano con la logica dell’architettura del Building Information Modeling consentendo così non solo di assegnare le responsabilità operative ma permettendo di visualizzare graficamente le operazioni singolarmente assegnate a ogni componente operativa. Questa opportunità, in sede di realizzazione, permette di misurare in maniera oggettiva e graficamente visualizzabile il reale avanzamento del progetto, di individuare le criticità di processo e di assegnare di volta in volta i carichi e i compiti da svolgere.

L’integrazione dei modelli della teoria del management con i software basati su tecnologia Bim può avvenire attribuendo agli oggetti del modello parametri identificativi della fase temporale, della sequenza operativa o dell’area logica di appartenenza.

La commessa gestita attraverso questo tipo di modelli permette, inoltre, un controllo anche visuale dell’avanzamento dei tempi e soprattutto nella individuazione dei tempi residui di lavorazione. Forse, l’aspetto più interessante di un possibile utilizzo del Bim nella gestione delle commesse è il contributo che si può avere nel controllo dei costi; infatti, sempre utilizzando la possibilità di attribuire parametri identificativi e caratterizzanti agli oggetti è possibile affiancare ai tradizionali documenti della contabilità dei lavori aspetti grafici

relazionali che permettono nella evoluzione, sia progettuale che realizzativa, un controllo efficace limitando gli extra costi. In generale, quindi, un approccio Bim alla formalizzazione e gestione di una commessa pone anche l'obiettivo di anticipazione ed eliminazione del possibile contenzioso attraverso la previsione grafica di possibili situazioni di conflitto con i sub-appaltatori «claim prevention» mediante incontri preventivi in ambiente digitale Bim.

Il controllo di commessa attraverso i bim assembler. In conclusione, si deve sottolineare che, abbracciando la filosofia Building Information Modeling, non vi è distinzione tra il modello previsionale di gestione della commessa e il modello di gestione in itinere della commessa stessa. Il modello Bim, infatti, è un modello dinamico; il prototipo gestionale di partenza, pertanto, viene calibrato con un criterio previsionale che esperienza e confronto tra i vari operatori consentono di estrapolare come più probabile dell'andamento di produzione.

Il modello di controllo della commessa è lo stesso modello di partenza sul quale vengono costantemente monitorati e aggiornati i parametri fondamentali di riferimento che si erano inizialmente ipotizzati. Ecco, allora, che in questa rivoluzione metodologica del Bim una commessa va preventivamente analizzata e successivamente monitorata anche tramite l'ausilio di nuove figure professionali come i Bim Assembler che, coincidendo o affiancando i ruoli classici del Management, siano in grado, con le proprie specifiche competenze, di fondere i vari aspetti di una progettazione finalmente integrata.

“BIM not only changes how buildings drawings and visualisation are created, also dramatically alters all of the key processes involved in putting a building together”¹³

"Il BIM non cambia solo il modo in cui vengono creati i disegni e la visualizzazione degli edifici, ma modifica drasticamente tutti i processi chiave coinvolti nel mettere insieme un edificio"

A dirlo è uno dei maggiori esperti e fondatori di questa metodologia di gestione del processo di realizzazione del progetto e dell'opera. Si tratta di A.M. Eastman. Come anticipato si tratta di un processo di gestione che perdura per tutta la durata di vita dell'opera e vede impiegati una moltitudine di attori tra cui progettisti architettonici, strutturali, impiantistici e tutto ciò di cui il progetto ha necessità.

Si prevede infatti, nel processo di gestione del progetto e della realizzazione dell'opera, la partecipazione attiva anche dell'impresa esecutrice che dovrà implementare nel modello

¹³ Eastman, C.M. et al. (2011)

non solo le metodologie realizzative effettivamente eseguite ma anche i prodotti impiegati con relative certificazioni.

3.4.2 Ambiti di applicazione del BIM

La definizione di collaborazione è la situazione di due o più persone che lavorano insieme per creare o ottenere il medesimo fine ed all'interno di questa definizione si trovano gli elementi chiave per il compimento dell'opera architettonica e non.

Il BIM ha infatti la necessità di creare una rete di collaborazione tra i partecipanti al progetto tramite, ad esempio, la condivisione di cluster di dati coordinati tra gruppi di lavoro multidisciplinari mettendo in relazione tra loro il committente, i progettisti ed i futuri appaltatori grazie ad un vero e proprio scambio delle informazioni.

Secondo le considerazioni precedentemente effettuate possiamo quindi intendere il BIM come processo in grado di permettere una migliore rappresentazione con monitoraggio delle attività durante la costruzione ed offrire un ampio e veloce accesso a tutte le informazioni provenienti dalle varie discipline coinvolte con un controllo attento della qualità e la tipologia delle informazioni condivise al fine di ottenere un processo decisionale che valuti gli investimenti e la gestione delle risorse nel tempo, anche per integrare i sistemi di manutenzione e gestione per tutto il ciclo di vita del bene. Altro aspetto fondamentale è la gestione tecnologica di tutto l'apparato connesso al coordinamento, la gestione e la progettazione dei piani di sicurezza dell'opera sia in fase di progettazione che di esecuzione.

Parte integrante e fondamentale del processo BIM è il Modello, composto da una serie di componenti che caratterizzano l'edificio e sono rappresentati digitalmente e contenere una serie di informazioni grafiche computabili con attributi univoci e non. Tutti questi componenti sono caratterizzati da regole parametriche a cui i singoli elementi sono connessi garantendone una manipolazione geometrica "intelligente" in grado di mettere in relazione tra loro proprietà fisiche, geometriche di qualunque tipo. Con questi presupposti il modello risulta snello e facilmente gestibile, grazie anche al controllo della ridondanza che un software dedicato può controllare, oltre ad essere in grado di aggiornare automaticamente le varie istanze di dati a seguito di modifiche, anche sostanziali. Il tutto, ovviamente, trova una sintesi nella rappresentazione vera e propria del modello grazie a viste planimetriche, 3d assonometriche e prospettiche in grado di aggiornarsi in tempo reale.

Uno dei punti di forza della progettazione BIM è quindi l'aggiornamento in tempo reale dei vari processi di progettazione a seguito di qualsiasi modifica di ogni tipo. L'interoperabilità

del processo e quindi del modello, garantisce una rapida ed univoca rappresentazione del progetto per ogni disciplina d'interesse. Per fare un esempio:

In fase di rilievo un muro portante viene rappresentato con uno spessore di 50cm ma i progettisti delle strutture hanno necessità di prevedere un betoncino armato di spessore 10cm su ambo i lati. I progettisti degli arredi stanno già creando delle proposte per ottenere la migliore soluzione di distribuzione interna e destinazione degli ambienti con un arredo ad hoc. Nel momento in cui i progettisti strutturali avranno messo a punto la loro soluzione e l'avranno riversata sul modello, coloro che si occupano della distribuzione interna e degli arredi vedranno istantaneamente il loro modello aggiornarsi e di conseguenza tutti gli arredi in quanto saranno precedentemente collegati con gli attributi del muro in questione (ad esempio un divano distaccato dal muro 50 cm). Anche i progettisti degli impianti potranno vedere la modifica e fare le loro considerazioni, come anche il cliente e l'impresa esecutrice che si riserveranno di accettare o meno la modifica con le dovute giustificazioni.

3.4.3 Gerarchie delle informazioni

Per la complessità dell'organizzazione delle informazioni legate a molteplici professionalità e tutti gli attori coinvolti, è opportuno suddividere gerarchicamente la struttura delle informazioni all'interno del BIM come segue (Eastman, C.M. et al.,2011)

BIM tool:

Si tratta di uno strumento specifico utilizzato in un determinato settore (come ad esempio l'Architettura) in grado di produrre un risultato grafico sotto forma di disegni tecnici, modello geometrico tridimensionale, rappresentazione fotorealistica ma anche analisi energetica, dei costi, programmazione delle attività di progetto e delle fasi di cantiere e tutte le tipologie di elaborati connessi alle esigenze del progetto specifico.

BIM platform:

In questo caso facciamo riferimento ad un software in grado di generare dati per gli usi necessari, produce un modello con gestionale in grado di contenere le informazioni di tutti gli attori coinvolti nel processo. Spesso parliamo di una BIM collaboration platform che possiede una serie di funzionalità in grado di incrementare la produttività individuale e quella dell'interno team di lavoro e quindi di ottenere i seguenti vantaggi:

- l'automazione del coordinamento informativo;
- la trasparenza informativa dei processi, della paternità e della disponibilità temporale delle informazioni;
- la gestione automatizzata delle revisioni e degli aggiornamenti dei dati;

- la riduzione della ridondanza e dei rischi connessi alla duplicazione dei dati;
- la comunicazione tra le parti interessate.
- BIM Environment:

Per “Ambiente BIM” s’intende l’integrazione le applicazioni sopracitate (Tool e Platform) in grado di gestire i flussi di informazione provenienti dai vari BIM tool (si fa riferimento all’esempio precedente del muro portante col betoncino). Il BIM environment quindi racchiude molteplici fonti di dati e li organizza in un modello gestionale senza ridondanze fornendo ai progettisti delle librerie di oggetti univoche per tutti gli attori, in grado di interfacciarsi con le applicazioni in uso. Le librerie son composte da oggetti di qualsiasi tipo caratterizzati da materiali, tipologie di stratigrafie e di sezioni, blocchi di oggetti di arredo da interni e da esterni, etc. sono assimilabili ai “lego” del nostro ambiente di progettazione. Fornendo a tutti i soliti “lego” sarà possibile implementare una parte di progetto in un’altra.

3.4.4 Conoscere il dato di output

Aspetto fondamentale dell’utilizzo dei dati in qualsiasi applicazione BIM, è il fatto che si debba conoscere il dato di output che vogliamo ottenere. Solo in questo modo sarà possibile sapere quali sono le tipologie di informazioni che ci interessano e che quindi andremo ad utilizzare con la migliore strategia di modellazione.

Gli scopi e l’obiettivo di ciascun progetto e di ciascun tipo di organizzazione delle informazioni determineranno di fatto il tipo di dati richiesto, inoltre raccogliere più informazioni di quelle che sono importanti può essere deleterio ed è spesso controindicato. Per questo il processo BIM viene definito a doppio senso:

La committenza deve definire chiaramente le richieste e quindi gli obiettivi, i risultati e le informazioni in suo possesso e quelle di cui non è a conoscenza;

Il progettista deve definire una strategia per ottenere le richieste della committenza e consegnare le informazioni richieste nei tempi ed i costi precedentemente concordati.

Nella pratica possiamo citare la normativa italiana UNI 11337 in cui si fa riferimento al “capitolato informativo” che sembra essere concepito come una sezione o un allegato del capitolato previsto dal Codice Appalti e non come un documento indipendente, così come è concepito in numerosi paesi tra cui la Gran Bretagna, in cui prende il nome di **Employer’s Information Requirement (EIR)**.

La formulazione dei suoi contenuti, però, appare alquanto sintetica e generica per un documento dalla vocazione fortemente operativa e destinato a in-formare tutta l’opera a realizzarsi.

Qui, allora, appare più evidente la necessità di un rimando a linee guida o ad una norma tecnica, quale è certamente la UNI 11337 che diffusamente ha trattato del Capitolato Informativo, predisponendone anche un esempio guidato che possa definire delle specifiche quali:

- Livello di dettaglio richiesto;
- Modalità di gestione del modello;
- Nomenclatura dei componenti;
- Software da utilizzare;
- Formato dati da consegnare;
- Protocolli da seguire;
- Standards da ottenere ed a cui far riferimento;
- Lista degli attori coinvolti.
- BIM Execution Plan (BEP):

Al fine di definire le strategie di attuazione del progetto ci riferiamo al BIM Execution Plan (BEP): stratta di un documento redatto dall'appaltatore che illustra nel dettaglio come gli aspetti del modello informativo del progetto saranno portati in conto nello svolgimento delle fasi progettuali e realizzative. In altri termini, il BEP è la risposta dell'appaltatore ai requisiti contenuti nell'EIR (Capitolato informativo).

Operativamente, nel caso di appalto pubblico, dovranno essere redatte due tipologie di BEP:

- BEP precontratto a cura di ciascun offerente
- BEP post-contratto a cura del vincitore della gara d'appalto

Il BEP contiene quindi le informazioni riguardanti gli approcci di gestione definendone le regole e le responsabilità al fine di concordare le scadenze.

Le “stringhe del BIM”

Facendo riferimento alla teoria delle stringhe, chiamata anche la “teoria del tutto” in grado di fornire un modello unico per la gravità quantistica, insieme alle altre interazioni fondamentali contemplate dal Modello standard mettendo in connessione al modello fisico i costituenti a due dimensioni (membrane) o ad un numero D di dimensioni maggiore di due (D -brane) o una dimensione (le stringhe), invece che a dimensione nulla (i punti), anche il BIM possiede molteplici “dimensioni” in grado di fornire un modello unico di gestione del progetto, ovvero:

- Prima dimensione: disegno manuale;
- Seconda dimensione: disegno vettoriale (CAD);

- Terza dimensione: modello tridimensionale;
- Quarta dimensione: gestione temporale degli interventi e delle risorse;
- Quinta dimensione: computo metrico;
- Sesta dimensione: gestione dell'intero ciclo di vita del bene;
- Settima dimensione: Sostenibilità del progetto e del rendimento del bene;
- Ottava dimensione: Analisi dei rischi e prevenzione.

3.4.5 Cosa non è il BIM

Col termine BIM si intende una metodologia che può comprendere più software o uno unico adatto alla progettazione ed anche alla costruzione, utilizzato per le sue varie fasi di sviluppo. Il BIM quindi non è un software ma una metodologia complessa ed innovativa, essenziale per il settore edile ed ovunque ci sia necessità di una progettazione consapevole, architettonica ed infrastrutturale prevalentemente pubblica, perché di interesse strategico per i governi ma anche per i privati e per tutti quei progetti di grandi dimensioni. Quando parliamo di BIM nel mondo delle pubbliche amministrazioni ci riferiamo ad un settore altamente innovativo che metterà alla prova la capacità di gestione da parte delle stazioni appaltanti, dei progettisti le imprese intente all'esecuzione e la manutenzione dell'opera.

In sostanza, il BIM non serve solo per la pianificazione della costruzione di un edificio ma è anche un metodo essenziale per il controllo, la verifica e la riduzione degli errori in fase di esecuzione per un metodo di controllo preventivo del progetto.

Spesso il BIM viene confuso con un software di modellazione specifico o un sistema CAD ma è opportuno ricordare che gli strumenti ed i software che non usano tecnologia BIM generano dei modelli che contengono esclusivamente dati di tipo geometrico e limitati attributi agli oggetti modellati ai fini della rappresentazione grafica. Inoltre, generalmente non permettono di fare operazione di tipo parametrico come, ad esempio, il riposizionamento degli elementi modellati a seguito di una variazione dei parametri attribuiti all'oggetto rendendo quindi molto complessa la gestione del progetto tra i vari attori non avendo un modello univoco.

Altro aspetto fondamentale è il fatto di poter lavorare su un file unico e non una moltitudine di file di riferimento 2D CAD da unire tra i vari progettisti e modelli 3D parziali provenienti da software talvolta non compatibili tra loro al 100%.

3.4.6 BIM e CAD, quali sono le differenze?

Il BIM non è semplicemente l'evoluzione del CAD. Si tratta di un modo completamente nuovo di guardare la progettazione e la realizzazione di un edificio.

I progettisti che utilizzano ancora il CAD per la rappresentazione dei propri progetti disegnano una quantità notevole di linee e polilinee per rappresentare gli oggetti (porte, finestre, muri, balconi) all'interno degli elaborati grafici (piante, sezioni, prospetti e assonometrie).

3.4.7 Il BIM nella progettazione

Durante la fase di progettazione architettonica, il progettista che usa software *BIM oriented* è in grado di realizzare un modello virtuale 3D e visualizzare ogni aspetto legato alla progettazione, tenendo necessariamente conto di tutte le componenti fondamentali costituenti l'edificio, dalla mera forma architettonica alla progettazione impiantistica, strutturale e della distribuzione interna fino ad arrivare agli arredi. Il vantaggio di questo tipo di progettazione è proprio l'utilizzo di un software specifico che permette di eseguire automaticamente delle operazioni che utilizzando un CAD richiederebbero una tempistica di gran lunga più impegnativa.

Dal semplice disegno di oggetti architettonici parametrici (travi, pilastri, muri, finestre, ecc..) è possibile ottenere automaticamente piante, prospetti, sezioni, assonometrie e viste 3d generiche. Inoltre, ad ogni variazione del modello virtuale BIM corrisponde una variazione automatica e dinamica di tutti gli elaborati del progetto ed ovviamente questo si traduce in un aumento della produttività, in quanto si annulla completamente la possibilità di incorrere in situazioni di incompatibilità progettuale tra i vari attori del progetto grazie alla condivisione dell'ambiente di lavoro.

3.4.8 BIM e calcolo strutturale

Anche in ambito strutturale il BIM dimostra i notevoli vantaggi dati dalla metodologia di gestione delle proprietà dei singoli elementi e spesso i software dedicati hanno delle librerie con i principali elementi già modellati.

Nel campo del restauro difficilmente abbiamo a che fare con elementi standard prestabiliti ma cercando di ampliare il concetto generale di modellazione alla base del software a disposizione possiamo comunque rendere praticamente qualsiasi cosa sotto forma parametrica in modo da poter aggiungere man mano le informazioni di cui abbiamo necessità e che andranno via via a caratterizzare il modello.

I consolidamenti strutturali sono comunque sempre più standardizzati e quindi costituiti da elementi noti in grado di offrire appunto caratteristiche e comportamenti in linea con le

normative di riferimento. Siamo quindi di fronte ad una casistica di interventi sempre più catalogata e descritta sotto qualsiasi aspetto e forma e le ditte produttrici di elementi per il consolidamento strutturale hanno già predisposto vaste librerie con i loro prodotti che distribuiscono gratuitamente.

In ogni caso il calcolo strutturale diventa gestibile già con il software base utilizzato in quanto siamo liberi di modellare ed aggiungere tutte le informazioni di carattere strutturale (pilastri, travi, materiali, armature, ecc.) ed eseguire il calcolo, fino ad ottenere tutti gli elaborati necessari.

Nei software BIM, infatti, sono sempre presenti degli strumenti specifici che si presentano sottoforma di interfacce separate a seconda della disciplina d'intervento e nel caso della progettazione strutturale abbiamo la possibilità di gestire la geometria e le informazioni relative ad una grossa casistica di elementi come plinti, platee, travi, solai, etc.

3.4.9 BIM e progettazione impiantistica

Grazie all'integrazione BIM con l'impiantistica, è possibile arricchire il modello 3D con tutti gli elementi impiantistici: corrugati, percorsi di cavi, fasci di cavi, scatole, cassette di derivazione, quadri elettrici, ecc.

In questo modo diventa agevole avere sotto controllo tutto il progetto dell'impianto e visualizzare se ci sono possibili conflitti con il progetto architettonico o strutturale rendendo in questo modo più comprensibile ai tecnici e tutti gli attori coinvolti, non solo appunto per la condivisione delle informazioni e del modello ma anche per la visualizzazione sotto forma di modello 3d. In questo modo risulta quindi più chiaro mostrare il progetto impiantistico e renderlo più fruibile e capibile.

Detto ciò, se l'iter progettuale è tutto impostato con tecnologia BIM, la progettazione impiantistica resta fine a sé stessa in quanto non è possibile avere una visione d'insieme col resto del progetto.

3.4.10 BIM e computo metrico

Progettando con il BIM è possibile ottenere il computo metrico in maniera del tutto automatica. I vantaggi anche in questo caso sono vari, a partire dal fatto che il computo che si ottiene è dinamico, ossia ad ogni variazione del progetto corrisponde una variazione in tempo reale del computo metrico e degli importi del progetto. Tutto ciò, ancora una volta, impedisce al tecnico di commettere errori di sovrapposizione degli elaborati e dei calcoli in quanto il modello alla base è uno solo e condiviso.

3.4.11 Gli oggetti parametrici

“Bim can be described as the assembling of parametric objects within a virtual environment, these objects which represent building components are then used to create or form an entire building. The parametric building objects are not defined singularly but as systems using interaction with other objects and their own values (Shape, texture, etc.) within a bim”¹⁴.

“il Bim può essere descritto come l'assemblaggio di oggetti parametrici all'interno di un ambiente virtuale, questi oggetti che rappresentano i componenti dell'edificio vengono quindi utilizzati per creare o formare l'intero edificio. Gli oggetti di costruzione parametrici non sono definiti singolarmente ma come sistemi che utilizzano l'interazione con altri oggetti e i loro valori (forma, trama, ecc.) All'interno di un sistema di gestione dei dati bim”

Nella modellazione diretta il modello viene creato attraverso una serie di operazioni manuali e se una volta completato vogliamo apportare modifiche occorre ricostruirlo almeno in parte. Nella modellazione parametrica il modello viene creato con una “storia di costruzione” che rimane accessibile in ogni momento ed è quindi possibile apportare modifiche variando uno o più parametri, ottenendo in tempo reale il nuovo modello aggiornato. Questo tipo di modellazione presenta ovviamente molti vantaggi tra cui:

- Possibilità di creare geometrie anche molto complesse mantenendo la possibilità di modificarle attraverso la semplice implementazione di alcuni parametri numerici;
- Possibilità di testare in poco tempo diverse soluzioni;
- Possibilità di creare in modo molto efficiente diversi oggetti appartenenti alla stessa “famiglia”;
- Possibilità di riutilizzare gli “schemi di costruzione” (detti algoritmi o definizioni) per progetti simili, con un notevole vantaggio in termini di tempi di progettazione;
- 5 Possibilità di accedere ad una serie di strumenti di analisi e controllo non possibile con altre metodologie.

4 Il Bim per l'esistente

4.1 HBIM

Questo lavoro di tesi si occupa dell'interazione tra tecnologie BIM ed i processi gestionali dei progetti che riguardano i fabbricati esistenti ed il patrimonio edilizio storico in generale.

¹⁴ Murphy, M. et al. (2013)

Convenzionalmente viene fatta una distinzione tra l'utilizzo della metodologia BIM per le nuove realizzazioni edilizie ed il patrimonio edilizio esistente, per i siti di importanza artistica e culturale, il restauro e la manutenzione.

Come riportato alla voce "B come BIM", il Building Information Modeling è un processo immaginato originariamente per le costruzioni ex-novo, per le quali la produzione industriale dei componenti edilizi riveste un ruolo importante nell'integrazione informativa delle parti. Tuttavia, in ragione di una congiuntura economica particolarmente sfavorevole che ancora stenta a volgere in ripresa, è ad oggi il mercato dell'esistente a catturare l'interesse delle stazioni appaltanti, sia pubbliche che private.

È quindi una prospettiva strategica o di sopravvivenza professionale l'applicazione della metodologia BIM nel contesto del costruito esistente.

È però vero che sono necessari approcci e strumenti differenti, oltre ad una metodologia ad hoc di gestione dei dati, a partire dal rilievo sia della geometria che dello stato di conservazione del bene.

HBIM, la H sta per Heritage ovvero manufatti di grande valore storico o artistico, di conseguenza si rendono necessari dei modelli informativi che richiedono la definizione di livelli di conoscenza che spesso non è possibile individuare con rapidità, dacché spesso mancano di documenti, dati certi o rilievi aggiornati e affidabili. Pur nell'incertezza, la sperimentazione di approcci BIM sull'esistente si è avviata, complici anche le definizioni dei LoD sul restauro delle norme UNI 11337:2017.

Ultimamente quindi, per delineare questo preciso ambito di intervento, si è pian piano diffuso l'acronimo HBIM. Il termine deriva da un contributo scientifico del 2009 ad opera del Prof. Murphy, del Politecnico di Dublino, ripreso poi nel suo lavoro di dottorato¹ : "Historic Building Information Modelling (HBIM) is a novel prototype library of parametric objects, based on historic architectural data, in addition to a mapping system for plotting the library objects onto laser scan survey data". L' HBIM si riferisce quindi ad un processo molto tecnico di modellazione geometrica prima e d'informazione poi: gli edifici esistenti, indipendentemente dalla loro funzione, vengono rilevati tramite strumenti accurati come i laser scanner, così che il risultato delle misurazioni (le note nuvole di punti) è poi comparato a librerie di oggetti software che sono sovrapposti alla nuvola attraverso una modellazione parametrica. E' chiaro che il processo mira ad astrarre le geometrie per avere modelli snelli ai quali associare dati per documentazione o per simulazioni numeriche. HBIM quindi non significa (come molti equivocano) applicare il BIM a edifici già costruiti, ma applicare un metodo per ottenere dei modelli semplificati a partire da un rilievo. Esiste poi un altro approccio (definito Scan-to-BIM) secondo il quale i componenti

geometrici derivati dal rilievo vengono ricavati localmente senza ricorrere a librerie di oggetti già precompilati.

Resta l'importanza di ricorrere alle peculiarità del BIM anche per l'esistente, per il quale la documentazione dei luoghi, delle tecnologie e dei materiali è sempre più importante per la salvaguardia del patrimonio.

Nel mondo del lavoro, ed in modo particolare con le amministrazioni, troviamo spesso due tipologie di HBIM, ovvero:

- Heritage Building Information Modeling
- Historic Building Information Modeling

Si tratta di due tipologie spesso accomunate tra loro ma portano significati diversi e non intercambiabili tra loro.

In generale per Heritage s'intende il patrimonio edilizio con un valore aggiunto, ovvero l'interesse storico culturale, mentre per Historic s'intende il patrimonio edilizio storico in senso lato e riferito quindi all'"esistente".

In letteratura troviamo anche altre tipologie di BIM con acronimi differenti in relazione alla disciplina d'interesse, inoltre è opportuno considerare che questo metodo di gestione dei dati non è applicabile soltanto al mondo dell'edilizia, bensì ad esempio anche per la gestione di un sito archeologico o persino ad un processo produttivo. Rimanendo nel campo dell'edilizia, gli acronimi che generalmente si incontrano sono:

- **BHIMM**: Built Heritage Information Modeling/Management (Della Torre, S.,2016)
- **EBIM**: Existing Building Information Modeling (Edwards, J.,2017)
- **B(H)IM**: Built (Heritage) Information Modeling (Simeone, D. et al.,2004)
- **BrIM**: Bridge Information Modeling (Costing, A. et al.,2018)
- **GBIM**: Green Building Information Modeling (Edwards, J.,2017)

La ricerca proporrà in futuro altri acronimi in relazione alla categoria d'intervento. Le categorie devono, però, essere fluide in modo che uno stesso oggetto possa passare da una categoria all'altra. Per fare un esempio possiamo riferirci a Ponte Vecchio in Firenze, un progetto sicuramente inquadrato nel campo dell' HBIM ma anche nel BHIMM e del BrIM. Resta comunque il fatto che la metodologia alla base sarà in ogni caso il BIM.

È importante tener presente il concetto di fluidità degli oggetti di studio nelle categorie, perché se vediamo le categorie in maniera rigida e non più fluida, riusciremo a vedere le categorie solo per come le abbiamo standardizzate e c'è il rischio di incorrere in una sorta di "pregiudizio tecnico".

“Il pregiudizio è un processo che porta ad attribuire a una persona sconosciuta, i tratti e le caratteristiche ritenute tipiche del suo gruppo di appartenenza” (Brown, 1990).

È quindi poco utile categorizzare le procedure d'intervento, se non per macrocategorie come, ad esempio, l'HBIM che ovviamente prevede il rilievo del manufatto esistente a differenza del BIM inteso come nuovo intervento.

4.2 As-Built HBIM

Per un corretto approccio al metodo di gestione del progetto in BIM del patrimonio edilizio esistente è opportuno utilizzare correttamente una sequenza di dispositivi informatici e sistemi che garantiscano una corretta registrazione e catalogazione dei dati.

Dobbiamo in pratica ottenere una fotografia dello stato di fatto in più rappresentazioni, sia dal punto di vista prettamente geometrico, storico o conservativo.

Con software di gestione appropriati possiamo generare modelli “as built” che fotografano lo stato di fatto dell'immobile e rendono gestibili tutte le informazioni relative agli oggetti che lo costituiscono. Successivamente, con una buona gestione dei dati, possiamo ottenere una gestione dinamica del bene in continuo aggiornamento con le modifiche che si susseguono nel tempo.

Questo tipo di approccio permette di superare molte delle problematiche e delle resistenze oggi presenti sul tema, a partire anche dalla gestione tramite software dedicato (Autodesk Revit ad esempio) che in realtà permette una fluida gestione del processo generando anche tutti gli elaborati necessari in formati gestibili da altri programmi di utilizzo comune (Autodesk Autocad ad esempio).

4.2.1 Procedure per un corretto “As-Built”

Per ottenere una corretta rappresentazione dell'esistente è opportuno pianificare diverse fasi, a partire dal livello geometrico fino alla vera e propria rappresentazione grafica e catalogazione dei dati, in particolare:

- Ricerca storica ed indagine delle fasi costruttive;
- Rilievo a mezzo di laser scanner del manufatto sul posto;
- Unione delle nuvole di punti ed estrazione di planimetrie in formato immagine in scala appropriata;
- Verifica della nuvola sul posto con le planimetrie precedentemente estratte;
- Decimazione (all'occorrenza della nuvola) per renderla gestibile dai principali software di modellazione e disegno automatico;
- Restituzione del rilievo con modello 3d su software che permettano una

progettazione tipo BIM based con particolare attenzione alle varie fasi costruttive;

- Indagini stratigrafiche sulle murature e tutti gli elementi modellati con l'acquisizione della composizione interna degli elementi modellati;
- Caratterizzazione del modello 3d con le informazioni contenute nelle indagini stratigrafiche.

5 Il caso studio in BIM

5.1 Introduzione

L'importanza dello studio degli ordini mendicanti del XVI secolo in Messico si radica nella particolarità, originalità e concezione dello spazio tra due culture. Da una parte i conquistadores che si sono adattati ad un luogo alieno ai loro costumi in cui hanno imposto la loro religione, dall'altra gli indigeni che sono stati costretti a perdere la loro tradizione culturale ancestrale dovuta all'imposizione di un'idea talmente opposta alla loro che però, a loro volta, se ne appropriano creando così una nuova tradizione.

L'ex Convento di San Guillermo Abad è ubicato al nord dello Stato di Morelos nel Comune di Totolapan, è uno dei più antichi del Messico. Si tratta del secondo convento edificato dall'ordine degli Agostiniani nella metà del secolo XVI come centro di evangelizzazione.

Nel 1994 è stato dichiarato patrimonio dell'umanità in quanto si tratta, senza dubbio, di un immobile di grande valore storico culturale.

Durante il corso del tempo l'immobile ha subito diversi interventi, spesso non in linea con le ormai riconosciute e diffuse regole base del restauro e della conservazione, per non parlare di alcuni annessi funzionali di epoca molto recente che non si integrano in alcun modo con l'immobile ma bensì lo hanno deturpato inficiandone l'attenzione alla conservazione per interventi futuri.

Per fare un esempio, i bagni pubblici inizialmente costruiti in continuità del muro esterno o la grande quantità di decorazioni parietali, principalmente nell'atrio e nel chiostro, che sono state deturpate per favorire una probabile futura applicazione di intonaco.

Il 19 settembre 2017 un sisma caratterizzato dal fenomeno di subduzione tra placche tettoniche, colpì il Messico centrale con una magnitudo di 7,1 della scala Richter con epicentro localizzato in Morelos a circa 55 chilometri a sud della città di Puebla ed una profondità di 51 chilometri. Il caso volle che fosse il giorno del 32° anniversario del terremoto di Città del Messico del 1985 che provocò la morte di oltre 10.000 persone.

Questa particolare tipologia di sisma è un fenomeno geologico con un ruolo chiave nella teoria della tettonica a placche, in sostanza si è verificato lo scorrimento di una placca litosferica sotto un'altra in corrispondenza delle dorsali medio-oceaniche, lungo i margini convergenti delle stesse placche.

Purtroppo, gli eventi sismici in Messico sono molto frequenti ma questo in particolare, considerata la sua natura, ha dimostrato un potere distruttivo nettamente superiore ai precedenti provocando innumerevoli danni al patrimonio edilizio storico e non.

Le autorità locali competenti stanno cercando di correre ai ripari promulgando nuovi e più efficienti protocolli di evacuazione, norme più restrittive sulle nuove costruzioni ed hanno iniziato ad interrogarsi sul quale possa essere la migliore soluzione per una ricostruzione consapevole del patrimonio edilizio esistente col fine di garantire un approccio congruo con le linee guida del restauro contemporaneo, l'estetica la funzionalità degli immobili tenendo conto della loro attuale conformazione funzionale e destinazione d'uso.

Grazie alla una collaborazione tra il DIDA - Università degli Studi di Firenze, la UNAM - Universidad Nacional Autónoma de México e l'INAH - Instituto Nacional de Arqueología e Historia, dal marzo del 2018 fino al maggio 2019 sono stati effettuati 2 workshop internazionali che hanno coinvolto studenti e professori italiani e messicani. Il fine ultimo di questa esperienza è stato quello di restituire un piano delle conoscenze affidabile costituito da un rilievo digitale del manufatto con particolare attenzione all'analisi delle deformazioni e le lesioni provocate dal sisma, accompagnato ad uno studio dei degradi dei principali materiali costituenti l'edificio ed alcune indagini non invasive come termografia e prelievo di piccoli campioni.

Grazie al LAM - Laboratorio materiali lapidei e geologia dell'ambiente e del paesaggio dell'Università degli Studi di Firenze, è stato inoltre possibile condurre delle analisi mineralogiche.

“Nel progredire allora dallo schema preconettuale di restauro al concetto, è inevitabile che la concettualizzazione avvenga riguardo alla varietà di prodotti dell'attività umana a cui deve applicarsi quel particolare intervento che si chiama restauro”¹⁵.

Mi ha sempre affascinato il modo in cui Cesare Brandi parla di “Prodotti dell'attività umana”, Il caso studio è stato infatti il frutto di una intensa attività umana che ha sradicato una cultura sostituendone un'altra con connotati nettamente diversi che si sono ovviamente manifestati anche nel mondo dell'architettura.

Trovo quindi opportuno fare un breve excursus della storia che ha interessato la “Nuova Spagna” con una particolare attenzione al sito di Totolapan.

¹⁵ Cesare Brandi, *Teoria del Restauro*, Piccola Biblioteca Einaudi, Torino 1963, pp 1

5.2 L'arrivo degli Spagnoli

Per capire al meglio le vicissitudini che hanno interessato le terre della “Nuova Spagna” ritengo cito diverse fonti autorevoli locali e non che hanno raccontato e riportato quanto accaduto in occasione di un cambiamento epocale nei modi di pensare e di agire, oltre alla distruzione di una cultura plurisecolare radicata in un territorio che ha visto la disfatta di un impero e la nascita di un altro.

El encuentro del español con el mundo urbano mesoamericano hizo de la ciudad el escenario idóneo para desplegar la empresa de la evangelización, de la educación y de la transmisión de los valores hispanos, mezclándose con los valores indígenas en un proceso de sincretismo cultural [...] dando lugar a una nueva concepción reflejada en la propia ciudad: la ciudad novohispana. Ésta presenta diferencias regionales, locales, culturales y geográficas¹⁶.

“L'incontro dello spagnolo con il mondo urbano mesoamericano ha reso la città lo scenario ideale per avviare l'impresa di evangelizzazione, educazione e trasmissione dei valori ispanici, mescolandosi con i valori indigeni in un processo di sincretismo culturale [...] dando vita a una nuova concezione riflessa nella città stessa: la città novo ispanica. Ciò presenta differenze regionali, locali, culturali e geografiche”

La missione dei primi frati fu quella di aprire strade ed esplorare le terre dove avrebbero dovuto condurre una vera e propria opera di evangelizzazione accompagnando i conquistadores e gli esploratori spagnoli. La dedizione dei missionari è ben descritta da Frate Diego de Valadés, un missionario francescano, storico, linguista poliglotta, disegnatore ed incisore nella Nuova Spagna. In “Retorica Cristiana”, la sua opera di teologia più importante scritta in latino e pubblicata nel 1579, descrive i missionari itineranti con queste parole:

“...que van por los montes, rocas y peñascos, en busca de los falsos ídolos, y para conducir a los infieles, a la fe de Cristo...En ese lugar es donde duermen por la noche [los misioneros], después de haber calentado las piedras y de colocar encima de ellas algo de paja... Recorrían [los misioneros], sin temor alguno, por los montes y cañadas, cien o doscientas

¹⁶ Arvizu, *Urbanismo Novohispano en el Siglo XVI*, 17.

*millas, predicando, demoliendo los templos, y derribando sus ídolos; catequizando, bautizando*¹⁷”.

“...atraversano le montagne, le rocce ed i dirupi, alla ricerca di falsi idoli per condurre gli infedeli, alla fede di Cristo ... quel luogo è dove [i missionari] dormono di notte, dopo aver riscaldato le pietre con sopra un poco di paglia ... Viaggiarono [i missionari], senza paura, attraverso le montagne e i burroni, per cento o duecento miglia, predicando, demolendo i templi e demolendo i loro idoli; catechizzando, battezzando. “

Nella storia di Morelos, realizzata da Valentín López González chiamato anche “El Campesino”, ovvero “Il Contadino”, si legge che Cortes dovette attraversare Totolapan per arrivare a Tenochtitlán, così facendo conquistò i villaggi che trovò sul suo cammino, che in seguito avrebbero fatto parte del Marchesato spagnolo.

*“A la entrada de los españoles en tierras mexicanas, por el año 1519, gobernaba en Huaxtepec Tizapapalotzin, y en Cuernavaca, Itzcohuatzin. Sin embargo, el Códice Municipal de Cuernavaca menciona que a la caída de esta ciudad en manos de los españoles el 13 de octubre de 1521, era gobernada por el cacique Yoatzin, que posiblemente era el mismo Itzcohuatzin*¹⁸.

All'ingresso degli spagnoli nelle terre messicane, nel 1519, Itzcohuatzin governò a Huaxtepec Tizapapalotzin e a Cuernavaca. Tuttavia, il Codice Comunale di Cuernavaca menziona che alla caduta di questa città nelle mani degli spagnoli il 13 ottobre 1521, fu governato dal Capo Yoatzin, che probabilmente era lo stesso Itzcohuatzin.”

Hernán Cortés, condottiero e nobile spagnolo, racconta nella terza relazione inviata al re di Spagna Carlo V, come i popoli Tlaxcaltecas e i Texcocan si unirono a lui, poiché hanno ricevuto notizie da Chalco, dove Moctezuma, l'attuale imperatore Azteco, minaccia di distruggerli. Cortes manda Gonzalo Sandoval con ventidue cavalli e trecento soldati che passarono dalle città di Chalco e di Texcoco.

¹⁷ Fray Diego de Valadés, *Retórica Cristiana*, traduzione di Tarsicio Herrera Zapién, (México: Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica, 1989, Biblioteca Americana), 509.

¹⁸ Valentín López González, *Morelos: Historia de su integración política territorial*, (México: Partido Revolucionario Institucional-Comité Ejecutivo Nacional de Morelos, 1988), 10.

“Una población que se dice Guastepeque, donde estaba la gente de Culúa en guarnición”¹⁹.

"Una popolazione chiamata Guastepeque (dalla città di), dove la popolazione di Culúa era in guarnigione."

Frate Diego Durán, storico spagnolo e frate domenicano, conosciuto principalmente per essere l'autore di uno dei primi libri occidentali sulla storia e la cultura degli Aztechi, riferisce che Cuauhtémoc, undicesimo e ultimo sovrano azteco, non solo sapeva dell'invasione, ma anche che i Calci, i Tepanecas, gli Xochimilcas e i Texcocanos si erano uniti agli spagnoli e chiese a tutto l'impero di inviare rinforzi per mantenere la città di Tenochtitlan, una delle città che rispose alla richiesta di aiuto fu proprio Totolapan:

“Y enviando por socorro a unas partes y a otras hinchó su ciudad de mucha y muy valerosa, toda gente de Cuauhtlalpan y de sus ciudades que caían a la parte de Cuauhtitlan, que sólo aquella estaba contra los españoles, juntamente con la Tlahuica, que es la del Marquesado y tierra caliente, conviene a saber Yecapichtlan, Huaxtepec, Yauhtepec, Tepoztlan, Cuahunahuac y Tlayacapan y Totolapan con todos sus sujetos²⁰.”

“E inviarono soccorsi da alcune città fornendo la sua città (Tenochtitlan) di uomini valorosi, tutte persone provenienti da Cuauhtlalpan e le città limitrofe, insieme a Tlahuica, parte del Marchesato (spagnolo) e le città della terra calda (le terre interessate dall'invasione), come Yecapichtlan, Huaxtepec, Yauhtepec, Tepoztlan, Cuahunahuac e Tlayacapan e Totolapan che inviarono i loro uomini.”

Cortes afferma che il conquistatore spagnolo e per breve tempo co-governatore della colonia “Nuova Spagna” Gonzalo de Sandoval, mentre Hernán Cortés era a Guastepeque, lontano dalla capitale, gli abitanti di Culúa si erano già schierati contro di loro, approfittando dei soldati spagnoli più distratti, si narra infatti che li attaccavano mentre davano da mangiare agli animali. Ma i loro "alleati", ovvero i locali che parteggiavano per gli spagnoli, li inseguivano fino ai territori al di fuori della città.

Cortés sottolinea inoltre nel suo resoconto che gli spagnoli stavano per essere sconfitti a causa di un terreno aspro e poco praticabile a causa della presenza di una conformazione

¹⁹ Hernán Cortés, *Cartas de Relación de la Conquista de México*, (México, Fernández Editores, 1975), 132.

²⁰ Durán, *Historia de las Indias de la Nueva España e Islas de la Tierra Firme*, vol. 2, 559.

rocciosa dove i nemici potevano nascondersi ma grazie all'aiuto degli alleati indigeni riuscirono ad avere la meglio.

“Estos estaban hechos fuertes en los peñascos de Tlayacapan y Totolapan”²¹.

“Questi sono stati resi forti dalle rocce di Tlayacapan e Totolapan.”

Uno dei commenti che Cortés aggiunge ai suoi racconti è che il fiume limitrofo era colmo di sangue e rimaneva tale per oltre un'ora a seguito dell'atroce battaglia.

Frate Bernardino de Sahagún, missionario spagnolo dell'Ordine francescano che svolse la sua opera in Messico tra il popolo azteco, afferma che prima di essere a Yecapixtla, gli abitanti di Huexotzinco, Quauhquecholan e Tezcoco, comandati dal loro leader e principe Ixtlilxúchitl, si unirono agli spagnoli, insieme agli Aculhuas, e andarono a Huaxtepec, dove combatterono e sconfissero gli indigeni che, sapendo del loro arrivo, li stavano attendendo. Dopo due giorni, partirono alla volta di Yecapixtla ²².

La storia dell'invasione, raccontata anche da Bernal Díaz del Castillo, esploratore spagnolo e il principale cronista della Conquista del Messico ²³ e dallo stesso Cortés²⁴, descrive oltre alle atrocità anche la bellezza dei luoghi. Gli spagnoli infatti rimangono colpiti dalla varietà di alberi, fiori, frutti, pozzi d'acqua e persino odori. La rapidità della conquista fu giustificata dal fatto che la Corona reale spagnola avrebbe concesso le terre conquistate a colui che fosse riuscito per primo ad impadronirsene.

5.2.1 La gestione della popolazione locale

Una volta conquistati i territori dovevano occuparsi della popolazione locale e misero in atto il sistema della schiavitù.

Il Dott. Silvio Zavala, storico messicano della seconda metà del XX secolo, afferma che la forza lavoro durante la colonizzazione della Nuova Spagna, ovvero fino alla metà del XVI secolo, fu la schiavitù degli indigeni che furono impiegati principalmente nelle miniere:

“[...] la esclavitud de los indios, que se empleaban de preferencia en las minas y otras faenas duras, y los servicios personales que se daban por concepto de tributación en las encomiendas. Ambas eran formas de trabajo

²¹ Durán, *Historia de las Indias de la Nueva España e Islas de la Tierra Firme*, vol. 2, 573.

²² Sahagún de, *Historia General de las cosas de la Nueva España*, 832.

²³ Bernal Díaz del Castillo, *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España*, (Madrid: Edición crítica por Carmelo Saenz de Santa María, Instituto Gonzalo Fernández de Oviedo- Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 1982), 339.

²⁴ Cortés, *Cartas de Relación de la Conquista de México*, 138.

gratuito, porque al esclavo no había ordinariamente que pagarle salario; y, por otra parte, aquellos servicios que en un principio recibieron los encomenderos, estaban fundados en la idea de que los indios de sus encomiendas, por ser vasallos, debían pagar tributo, y como parte de él daban su trabajo personal²⁵.”

“[...] la schiavitù degli indiani, che erano preferibilmente utilizzati nelle miniere e per svolgere altri duri compiti e servizi che venivano intesi come tasse da versare agli spagnoli sotto forma di tempo personale. Si trattava di forme di “lavoro libero” (per celare lo stato di schiavitù) e giustificare il fatto di non dover pagare i salari allo schiavo. Quei servizi che gli “encomenderos” (coloni spagnoli) ricevevano da parte degli indigeni, erano basati sull’idea che gli indiani erano obbligati, proprio come dei vassalli dovevano rendere omaggio al padrone, sotto forma di prestazione lavorativa personale.”

La vita degli indigeni cambiò radicalmente, gli abusi e la crudeltà decimarono la popolazione e la forza lavoro su cui facevano affidamento gli spagnoli venne quasi meno.

A metà del XVI secolo con il regio decreto del 22 febbraio 1549, i servizi dovuti ai coloni spagnoli furono aboliti, gli schiavi furono liberati e da allora in poi sarebbero stati assunti dal sistema di distribuzione del lavoro. Questa riforma però non portò niente di buono, né per gli spagnoli che videro gli introiti di denaro diminuire sempre più, né per gli indigeni che subirono ancora una volta gli abusi e le angherie dei coloni spagnoli.

Luis de Velasco, secondo viceré della Nuova Spagna, fu investito dalla Corona spagnola del compito di rendere gli indigeni più produttivi, garantendogli il giusto salario e di infliggere loro delle punizioni solo nel caso in cui si fossero rifiutati di svolgere le loro mansioni.

El virrey ordenaría que el jornal se pagase a los mismos indios trabajadores y no a los principales ni a otras personas. El trabajo sería moderado y los que se excediesen en esta materia serían gravemente castigados [...]. Los susodicho se haría por mano de la justicia real, y los españoles no podrían compeler a los indios al trabajo, aunque fuesen de sus encomiendas²⁶.

²⁵ Silvio Zavala, *Estudios acerca de la historia del trabajo en México, Homenaje del Centro de Estudios Históricos a Silvio Zavala*, Edición preparada por Elías Trabulse, (México: El Colegio de México, 1988), 27.

²⁶ *Ibíd.*, 27.

Il viceré avrebbe ordinato che il salario fosse pagato agli stessi indiani che lavoravano e non a presidi o ad altre persone. Il lavoro sarebbe moderato e coloro che non avessero rispettato le mansioni lavorative sarebbero stati severamente puniti [...]. In ogni caso la giustizia reale e gli spagnoli non potevano costringere gli indiani a lavorare, anche se era un loro compito.

Lo stesso dottor Zavala spiega la difficoltà di mettere in atto questa riforma che aspirava al lavoro libero, con retribuzioni e compiti moderati, ma l'ambizione e le esigenze economiche degli spagnoli si scontrarono con questi ideali "più liberali" e si spiega l'origine così l'origine del "cuatequil":

"Las justicias o los jueces repartidores llaman imperativamente a los trabajadores indios y los reparten por tandas de trabajo en las labores mineras, agrícolas, de obras públicas, y trabajos domésticos de la sociedad colonial. Es así como se organiza lo que se llamó en Nueva España el cuatequil o alquiler forzoso²⁷."

I coloni spagnoli si occupavano della distribuzione del lavoro e obbligavano gli indigeni a lavorare nelle miniere, nell'agricoltura, nelle opere pubbliche e nelle mansioni domestiche della società coloniale. Ciò fu chiamato nella Nuova Spagna "l'affitto caratteristico o forzato".

Sappiamo che uno degli scopi principali dell'arrivo dei conquistatori e soprattutto dei frati mendicanti era di evangelizzare gli indiani, convertire gli infedeli nella vera religione e quindi la posizione dei loro luoghi di culto doveva essere lì dove la demografia era abbastanza vasta da permettere un buon bacino di potenziali fedeli. ²⁸.

Le fonti documentarie mostrano che Totolapan era uno dei più importanti impianti agostiniani dove presiedevano diverse personalità dell'ordine e di tutta l'organizzazione monastica. La città era il polo di coordinamento della somministrazione del lavoro a tutti i nativi della regione.

Al giorno d'oggi ci sono dei monasteri che hanno assunto maggiore rilevanza, come Tlayacapan, Yecapixtla e Atlatlahucan, tuttavia dalle cronache si evince che Totolapan era a capo di tutto il sistema monastico agostiniano locale e probabilmente questo è un monito del fatto che fosse una località di grande importanza anche prima dell'arrivo degli

²⁷ *Ibid.*, 27.

²⁸ *Ibid.*, 27.

spagnoli. Anche valutando i registri demografici e fiscali pervenuti dell'epoca, si evince che Totolapan aveva più abitanti delle città limitrofe.

A proposito degli Agostiniani e del loro lavoro nelle terre della Nuova Spagna, si può far riferimento ad alcune opere librarie di diversi autori contemporanei e non, ad esempio:

- Maestro Carlos Martínez Marín: *“Tetela del Volcán. su historia y su convento”*²⁹;
- Dr. Antonio Rubial: *“El Convento Agustino y la Sociedad Novohispana”*³⁰
- *“Santiago de Ocuituco: la organización económica de un convento rural agustino a mediados del siglo XVI”*³¹;
- Dr. Alejandra González Leyva: *“Los Agustinos en Chalma: una devoción agustina”*³²
- Robert Ricard: *“La Conquista espiritual de la Nueva España”*³³

Nel decimo libro, dei vizi e delle virtù del Codice fiorentino ³⁴ (Unica redazione bilingue: spagnolo e nahuatl, della Historia universal de las cosas de Nueva España, scritta da fra' Bernardino de Sahagún.), viene menzionata la capacità degli indigeni di svolgere i compiti loro affidati.

Nella parte che ne descrive le virtù, le capacità con cui le diverse specialità di il lavoro, furono infatti addestrati e collocati dove sarebbero stati più utili a seconda delle loro abilità mentre, nella parte che ne descrive i vizi, vengono menzionate le caratteristiche dei cattivi lavoratori e le conseguenze della loro indolenza. Pertanto, possiamo osservare i lavori relativi alla costruzione dei conventi, grazie a queste incisioni di seguito riportate e nelle letture dei cronisti possiamo sapere che i responsabili dell'edificio non erano, di fatto, improvvisati, avevano esperienza in ciascuna delle aree in cui hanno lavorato.

²⁹ Carlos Martínez Marín, “El desarrollo histórico del pueblo. Tetela en la historia regional prehispánica” cap. 1, in *Tetela del Volcán. Su historia y su convento*, (México: Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Históricas, 1968)

³⁰ Antonio Rubial García, *El Convento Agustino y la Sociedad Novohispana (1533-1630)*, (México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1989)

³¹ “Santiago de Ocuituco: la organización económica de un convento rural Agustino a mediados del siglo XVI” en *Estudios de Historia Novohispana*, (México: Universidad Nacional Autónoma de México, 1981)

³² Alejandra González Leyva, *Los Agustinos en Chalma: una devoción agustina*, tesis de Licenciada En Historia, (México: Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Filosofía y Letras 1982)

³³ Robert Ricard, *La Conquista Espiritual de la Nueva España*, (México: Fondo de Cultura Económica, 1995)

³⁴ Sahagún de, Códice Florentino en *Historia general de las cosas de la Nueva España. Libro X: del pueblo, sus virtudes y vicios, y otras naciones*, [versione digitalizzata in 12 compact disc], (Italia: Biblioteca Laurenziana, Firenze, 2007), disco 9, fs. 17-21.

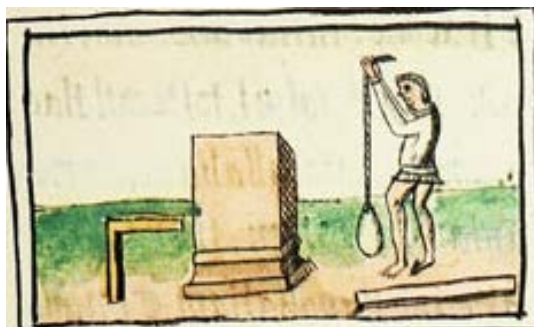


Immagine 62 - Códice Florentino, Libro décimo de los vicios y virtudes, carpinteros en las láminas 44 y 45, México, 2002.



Immagine 63 - Códice Florentino, Libro décimo de los vicios y virtudes, carpinteros en las láminas 44 y 45, México, 2002.

5.2.2 L'opera di Evangelizzazione

Dobbiamo considerare che nel quattordicesimo e quindicesimo secolo la Chiesa cattolica proveniva da una grande crisi dovuta dalla Riforma presieduta da Calvino e Lutero che trasformarono la percezione stessa della religione, rimettendo in discussione molti degli aspetti che la chiesa aveva adottato come fondamenti per la salvezza dell'uomo cristiano.

Questo, per certi aspetti, portò ad una decadenza della vita monastica ed un impoverimento dei valori cristiano cattolici. Ana Luisa Sohn Raeber, nel suo testo a proposito dei conventi agostiniani, parla proprio di questo:

*La decadencia se manifestó sobre todo en la vida religiosa del pueblo cristiano, en la relajación de la disciplina eclesiástica del alto y bajo clero, y en la observancia religiosa en el seno de los monasterios y conventos de ambos sexos*³⁵.

La decadenza si manifestò soprattutto nella vita religiosa del popolo cristiano, nel rilassamento della disciplina ecclesiastica dell'alto e basso clero e nell'osservanza religiosa all'interno dei monasteri e dei conventi di entrambi i sessi.

L'autrice fa inoltre presente che era un periodo di mancanza di vocazioni e per cercare di ovviare a questo problema furono tollerati alcuni atteggiamenti precedentemente proibiti, in modo particolare la proprietà personale. Altra questione che portò ad un impoverimento dell'ordine monastico fu anche l'accettazione di persone senza vocazione inclini ad infrangere le regole, oltre che a concedersi vari privilegi.³⁶

La riforma monastica ed in particolare la riforma degli ordini mendicanti costituiti al tempo di Carlo V e Filippo II, proviene dal pensiero umanista di padre Erasmo da Rotterdam che attraverso le sue opere ha rinnovato l'ideale cristiano sposato da alcuni settori dell'Ordine di Sant'Agostino. Inoltre, era un'epoca in cui Carlo V si prefisse il compito di portare nel regno di Dio un mondo intero unificato dal cristianesimo e questo, ovviamente, avrebbe giustificato la conquista di nuovi territori.

I primi ordini mendicanti che arrivarono nella Nuova Spagna, su richiesta dello stesso Cortés, furono i francescani nel 1524 e i domenicani due anni dopo. I due si suddivisero le prime province per l'opera di evangelizzazione.

³⁵ Ana Luisa Sohn Raeber, *El Convento Agustino de Atotonilco*, (México: Universidad Iberoamericana, Departamento de Arte, 1993), 16.

³⁶ *Ibíd*, 16.

Nel 1533, otto religiosi dell'Ordine di Sant'Agostino furono scelti per essere inviati nella Nuova Spagna a fondare un monastero a difesa della santa fede cattolica basata sui precetti e gli ideali di Sant'Agostino di Ippona nei luoghi precedentemente stabiliti dai francescani.

Federico Gómez de Orozco, storico e filosofo messicano del XX secolo, racconta la selezione dei frati agostiniani che sarebbero stati inviato in Nuova Spagna:

“1533. Pasada la Pascua de Navidad ese año, reunidos en el monasterio agustiniano de San Esteban de Toledo y hecha ya la elección de los religiosos que debían pasar a la Nueva España, el Padre Provincial de Castilla, fray Francisco de Nieva, después de cantar la misa del Espíritu Santo, congregó a la comunidad en la sala capitular del convento, procediendo a la elección entre los padres que pasaban a las Indias, del Prelado que había de conducirlos. Fue electo el Venerable fray Francisco de la Cruz y como sus compañeros y súbditos: los ilustres agustinos fray Jerónimo de San Esteban (Jiménez), fray Juan de San Román, fray Agustín de Coruña (e Gormaz), fray Juan de Oseguera, fray Jorge de Ávila, fray Alonso de Borja (de Aranda) y fray Juan Bautista de Moya, quien teniendo que despachar un negocio no alcanzó la flota en que vinieron sus compañeros a la Nueva España³⁷.”

“1533. Dopo Natale, la Pasqua di quell'anno, si radunò nel monastero agostiniano di San Esteban de Toledo e fece l'elezione dei religiosi che dovevano recarsi nella Nuova Spagna, il padre provinciale di Castiglia, Frate Francisco de Nieva, dopo aver cantato Messa dello Spirito Santo, ha riunito la comunità nella sala capitolare del convento, procedendo all'elezione tra i genitori che sono passati alle Indie, il Prelato che li avrebbe guidati. Venerabile fratello Francisco de la Cruz e eletto come compagno e soggetto: l'illustre fratello agostiniano Jerónimo de San Esteban (Jiménez), il fratello Juan de San Román, il fratello Agustín de Coruña (e Gormaz), il fratello Juan de Oseguera, il fratello Jorge de Ávila, P. Alonso de Borja (di Aranda) e Fray Juan Bautista de Moya, che, dovendo inviare un'attività, non raggiunsero la flotta in cui i suoi compagni arrivarono nella Nuova Spagna.”

³⁷ Federico Gómez de Orozco, “Monasterios de la Orden de San Agustín en Nueva España, Siglo XVI en *Revista Mexicana de Estudios Históricos*, núm. 1, (México: 1927), 505.

Il vescovo di Santo Domingo, scrisse alla Corona, informandolo dell'arrivo dei 7 religiosi dell'ordine di Sant'Agostino e facendogli anche sapere che gli era stato dato un sito a Cuisco (Ocuituco) per costruire un monastero tredici leghe da Città del Messico. Sottolinea anche il fatto che a suo avviso gli Agostiniani non avevano un comportamento corretto, infatti si erano impossessati di diversi siti senza consultare gli ordini già presenti sul posto.

"[...] fundan conventos en dos regiones, que habrán de ser los dominios fundamentales de su actividad apostólica: el valle de México y la región de Puebla"³⁸.

"[...] Hanno fondato conventi in due regioni, che saranno i domini fondamentali della loro attività apostolica: la valle del Messico e la regione di Puebla".

Le attività dei francescani furono inizialmente svolte tra queste due città e i loro dintorni, Hidalgo, Morelos, Michoacán e Nueva Galicia.

Nel 1526 arrivarono i domenicani o "fratelli predicatori", che coprirono regioni meno estese dei francescani e all'inizio stabilirono le loro missioni nella Valle del Messico, Puebla e Morelos.

Per quanto riguarda l'arrivo degli Agostiniani e il territorio in cui avrebbero predicato, padre Ricard dice quanto segue:

"Los agustinos no llegaron a Nueva España hasta 1533. Para estas fechas los franciscanos habían fundado ya muchos conventos alrededor de México y en la región de Puebla, se habían instalado en Toluca, Cuernavaca y Michoacán y habían emprendido la evangelización de la Nueva Galicia. Los dominicos habían fundado también varias casas en las cercanías de México, estableciéndose en Oaxtepec (Morelos) y en Oaxaca. No quedaban ya libres grandes vías de la evangelización"³⁹.

"Gli Agostiniani non arrivarono nella Nuova Spagna fino al 1533. A quel tempo i Francescani avevano già fondato molti conventi in Messico, in modo particolare nella regione di Puebla e si erano infatti stabiliti a Toluca, Cuernavaca e Michoacán e avevano intrapreso l'evangelizzazione della Nuova Galizia. I domenicani avevano anche fondato diversi luoghi di culto

³⁸ Ricard., *La conquista espiritual de la Nueva España*, 139.

³⁹ *Ibíd.*, 152.

nelle vicinanze del Messico, stabilendosi a Oaxtepec (Morelos) e Oaxaca.

Adesso le grandi vie dell'evangelizzazione non erano più libere.”

Rimanevano però diverse aree da evangelizzare tra le regioni occupate dal resto degli ordini mendicanti. Le prime azioni missionarie degli agostiniani furono come menziona padre Ricard, verso l'estremità orientale dello stato di Guerrero, compreso il sud di Morelos e il sud-ovest di Puebla; dalla parte settentrionale, tra le otomie di Hidalgo, San Luis Potosí e Veracruz, ed infine, a ovest Michoacán, Tiripitio, Charo e Yuririapúndaro⁴⁰.

Per i missionari il compito dell'evangelizzazione non fu facile, si trovarono ad affrontare problemi geografici, linguistici, climatici, etnici e soprattutto di mentalità ed idiosincrasie diverse. Non dobbiamo nemmeno dimenticare che la popolazione da catechizzare era troppo vasta per così pochi predicatori.

Il sacerdote Lauro López Beltrán disse che dal 1533 Fra Jorge de Ávila e Fra Jerónimo de San Esteban, quando si recarono ad Ocuituco, passarono per Totolapan in cui i Domenicani avevano già iniziato l'indottrinamento. Gli indigeni gli chiesero di rimanere a Totolapan ma continuarono verso Ocuituco per continuare l'opera di evangelizzazione.

Este noble gesto de los indios de Totolapan que espontáneamente les pedían la fundación de una casa para ellos y de una iglesia para adorar al verdadero Dios que ellos venían predicando, y la amable recepción que les hicieron, como si ya fueran cristianos de verdad, cuando apenas eran unos pobres neófitos, le llamó la atención al P. Ávila y simpatizó con ellos.

En 1535, según afirma en su Itinerario el Sr. Vera, Fr. Jorge fundó el convento y erigió la iglesia, o por lo menos la empezó, y como lo hicieran primer Prior de esta Casa, desde aquí visitaba las demás que por entonces tenía Totolapan, Tlayacapan, Atlatlahucan, Yecapixtla, Ocuituco, Jonacatepec, Jumiltepec, Zacualpan y Jantetelco⁴¹.

Questo nobile gesto degli indiani Totolapan che chiesero spontaneamente di fondare una casa di culto per la popolazione ed una chiesa per adorare il vero Dio che stavano predicando. Padre Avila simpatizzò con loro e fu molto colpito dalla gentile accoglienza che davano loro, come se fossero già veri cristiani, quando invece erano solo poveri neofiti.

⁴⁰ *Ibíd.*, 152-153.

⁴¹ López, *Fray Antonio de la Roa, taumaturgo penitente*, 66.

Alla fine del 1533, padre Francisco de la Cruz "El Venerable", fu nominato vicario provinciale, mandò il fratello Jerónimo de San Esteban e il fratello Jorge de Ávila a evangelizzare la regione di Tlapa e Chilapa, a est di Guerrero passando per Ocuituco; ma si fermarono a Città del Messico e a Mixquic, da lì andarono a Totolapan, che era stato fondato prima dai domenicani e ceduto poi all'ordine di Sant'Agostino.

Fra Jorge de Ávila rimase ad Ocuituco, in seguito affiancato da Fra Juan de San Román; spiega che nel 1534 il primo capitolo dell'ordine fu eseguito a Ocuituco:

“1534. El primer Capítulo de la Congregación Agustiniiana de Nueva España nombre con que se designaba a la Misión, se efectuó en el Convento de Ocuituco el Jueves de Corpus (7 de junio) y fue nombrado Vicario Provincial el Padre fray Francisco de la Cruz, llamado el Venerable⁴². “

“1534. Il primo Capitolo della Congregazione Agostiniana della Nuova Spagna, nominato dalla Missione, si tenne al Convento di Ocuituco il Giovedì del Corpus (7 giugno) e Padre Fra Francisco de la Cruz fu nominato Vicario Provinciale, chiamato il Venerabile.”

Per comprendere l'importanza del capitolo provinciale, è opportuno citare il lavoro del Dr. Antonio Rubial García:

“El capítulo provincial era la columna vertebral de la organización monástica. En él no solamente se reunían los representantes de la orden para elegir provincial y definidores, sino también se discutían los principales problemas que afectaban a la congregación. En base a las discusiones del capítulo, el defensorio pleno –que estaba formado a fines del siglo XVI por el provincial, los cuatro definidores electos, el provincial anterior (llamado absoluto), el presidente del capítulo y dos visitadores-, emitía las actas capitulares. Estas, así como los mandatos de los definidores intermedios que se reunían entre un capítulo y otro, formaban un corpus que aplicaba las constituciones generales de la orden a los casos concretos⁴³.”

“Il capitolo provinciale fu la spina dorsale dell'organizzazione monastica. In essa non solo si riunirono i rappresentanti dell'ordine per eleggere ispettori e controllori ma furono anche discussi i principali problemi che interessavano

⁴² Gómez, *Revista Mexicana de Estudios Históricos*, 505.

⁴³ Rubial, *El Convento agustino y la Sociedad Novohispana (1533-1630)*, 44.

la congregazione. Sulla base delle discussioni sul capitolo, la definizione completa - che è stata formata alla fine del XVI secolo dal provinciale, dai quattro eletti, dall'ex provinciale (chiamato assoluto), dal presidente del capitolo e da due visitatori che hanno pubblicato i verbali del capitolo. Questi, così come i mandati dei definitori intermedi riuniti tra un capitolo e l'altro, formavano un corpus che applicava le costituzioni generali dell'ordine a casi specifici.”

In questo capitolo di Ocuituco, furono dettate le regole per la vita missionaria degli Agostiniani nella Nuova Spagna, padre Grijalva trascrive gli undici precetti di seguito elencati:

1. Che la liturgia sia praticata nella comunità e nel coro, anche se presente un solo credente;
2. Che la Messa sia sempre celebrata in luoghi decenti e puliti,
3. In ogni villaggio deve esistere una chiesa appropriata con guardiani che non permettano l'ingresso ai pagani;
4. Che nel battesimo tutte le cerimonie ecclesiastiche siano tenute e celebrate nei tempi ordinati dalla chiesa;
5. Le preghiere devono essere effettuate alla mattina e alle viglie;
6. Dopo la Messa devono essere predisposti indiani qualificati e sufficienti per insegnare ai nativi la dottrina secondo il libro di Fra Pedro de Ghent,
7. Sono necessarie almeno due ore di preghiera mentale ogni giorno,
8. Fra Francisco de la Cruz e Fra Juan de Oseguera restano nel convento di Ocuituco e amministrano i sacramenti degli indiani gratificando chi ha svolto tutte le mansioni a lui assegnate;
9. Fra Jerónimo de San Esteban e Fra Jorge de Ávila risiederanno a San Agustín de México,
10. Che il fratello Juan de San Román e il fratello Agustín de la Coruña vadano a Chilapa;
11. Che Fra Alonso de Borja ritorni a Santa Fe⁴⁴.

La Congregazione del Santissimo Nome di Gesù (come fu chiamato l'ordine degli Agostiniani dipendente dalla Castiglia che arrivarono nella Nuova Spagna), aveva un'organizzazione gerarchica piramidale formata dai priori di provincia.

⁴⁴ Grijalva, *Crónica de la orden de nuestro padre San Agustín en las provincias de la Nueva España, en cuatro edades desde el año 1533 hasta el del 1592*, 45.

“... una unidad socio-jurídica que tenía como base una comunidad humana que habitaba bajo el mismo techo, unida por una espiritualidad común y por una serie de normas que reglamentaban su vida y sus relaciones con el resto de la sociedad, regida por un prior y dotada de una cierta autonomía económica y del derecho a intervenir en la dirección de la orden por medio del voto en el capítulo. El priorato constituía por tanto el núcleo básico de la organización monástica. En él se plasmaban y hacían concretos los ideales de la congregación y se aplicaban las normas abstractas de las constituciones a la vida comunitaria⁴⁵.”

“... Un'unità socio-giuridica basata su una comunità umana che viveva sotto lo stesso tetto, unita da una spiritualità comune e da una serie di norme che regolavano la loro vita e le loro relazioni con il resto della società, governata da un precedente e dotato di una certa autonomia economica e di diritto regolato dal voto del capitolo. Il priorato era quindi il nucleo base dell'organizzazione monastica. Rifletteva e concretizzava gli ideali della congregazione e applicava le norme astratte dell'ordine alla vita della comunità.”

La congregazione nella Nuova Spagna non funzionava allo stesso modo del continente europeo poiché le circostanze affrontate dagli ordini mendicanti, in alcuni casi, erano a loro avverse e la missione di evangelizzazione era un compito molto vasto e complesso.

Sin dal loro arrivo, gli Agostiniani furono talvolta inadempienti ai mandati ricevuti dalla Corona, gli fu infatti commissionata la costruzione di un centro di evangelizzazione a Città del Messico, poiché nell'attuale stato di Morelos c'erano troppi siti di evangelizzazione ma ignorarono quel mandato e costruirono il tempio di San Agustín e il suo convento a Totolapan.

Padre Juan de Grijalva, nella sua Cronaca dell'Ordine di Nostro Padre Sant'Agostino, nelle province della Nuova Spagna, dal 1533 al 1592, menziona che arrivarono Fra Bartolomé de Olmedo ed il chierico Juan Díaz per iniziare l'opera di l'evangelizzazione in Totolapan.

46.

Totolapan apparteneva alla diocesi di Cuernavaca, Padre Alipio Ruiz Zavala, afferma che fu catechizzato dopo Mixquic, prima della fondazione del convento di Ocuituco, dai frati

⁴⁵ Rubial, *El Convento agustino y la Sociedad Novohispana (1533-1630)*, 49.

⁴⁶ Grijalva, *Crónica de la orden de nuestro padre San Agustín en las provincias de la Nueva España*, 15-16.

Jerónimo de San Esteban e Jorge de Ávila, sotto il mandato del primo padre Francisco de la Cruz "Il Venerabile" menzionando la data del 1535.

Il 15 dicembre 1537 gli amministratori della Confraternita del Nome di Gesù, chiesero all'imperatore Carlo V una città che potesse ospitare la prima scuola pubblica per indigeni⁴⁷, fu allora che decisero di stabilirsi a Totolapan in quanto vi avevano già fondato una casa di culto.

Nel 1548, gli agostiniani presero in mano l'amministrazione economica delle zone limitrofe a Totolapan, si occuparono di amministrare le entrate, le decime, le eredità e le donazioni ricevute per il loro sostegno ed il lavoro missionario. Tutto ciò avvenne sotto la supervisione di un incaricato della corona spagnola ⁴⁸.

I conventi Agostiniani avevano un grande potere economico, infatti, oltre ad autosostenersi erano in grado di costruire edifici per la loro comunità e luoghi di culto per svolgere la loro missione di evangelizzazione⁴⁹.

Altro frate Francescano che descrive l'operato dei missionari fu Frate Toribio de Benavente noto anche come Motolinia (Benavente, 1482 – Città del Messico, 1568) è stato un missionario francescano, uno dei primi 12 missionari a giungere in Nuova Spagna nel maggio del 1524. "Motolinia", che in lingua nahuatl significa "Colui che si affligge" o "Egli è povero", fu la prima parola che imparò in lingua nahuatl, e lo adottò come proprio nome. Fu nominato guardiano del convento di San Francesco a Città del Messico, dove risiedette dal 1524 al 1527. Nella sua opera "Memoriales o Libro de las Cosas de la Nueva España y de los naturales de ella" si legge:

"En cualquier parte hallan estos indios con que cortar, con que atar, con que coser...si la noche les toma en el camino, luego hacen sus ranchos o chozas de paja, especial cuando van con españoles o con señores naturales⁵⁰."

"Ovunque questi indiani trovano cosa tagliare, cosa legare, cosa cucire ... se la notte li porta sulla strada, allora fanno i loro ranch o capanne di paglia, specialmente quando vanno con gli spagnoli o con signori naturali"

⁴⁷ Alonso, *Monumenta Agustiniiana Americana*, I, 5.

⁴⁸ *Ibid.*, 11-12.

⁴⁹ Rubial, *El Convento agustino y la Sociedad Novohispana (1533-1630)*, 171.

⁵⁰ Fray Toribio de Benavente, *Memoriales o Libro de las Cosas de la Nueva España y de los naturales de ella*, (México: Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigación Históricas, 1971), p. 235.

L'appellativo "Signori naturali" fa ben capire l'atteggiamento che i cosiddetti missionari avevano nei confronti della popolazione indigena. Convinti di essere investiti di un potere divino sovranaturale, dimostravano la loro supremazia distruggendo i loro simboli ed imponendo usi, costumi e valori diametralmente opposti a quelli propri della cultura preispanica. Tutto ciò si ripercuote inevitabilmente nell'architettura, diventando un vero e proprio faro della cultura conquistatrice e monito di una presenza "aliena" su grande scala adattando la tradizione architettonica europea alle tecniche costruttive locali.

5.2.3 I Conventi Novoispanici

Il Prof. Arch. Carlos Chanfón (22 maggio 1928 - 27 febbraio 2002), architetto messicano e professore all'Università Nazionale Autonoma del Messico (UNAM), nel suo libro "Monasterios mendicantes virreinales del Estado de Morelos" descrive gli adattamenti degli spazi che caratterizzano i conventi novo ispanici:

"Al desaparecer la estructura indígena inspirada en el ceremonialismo pagano, que cubría todos los aspectos de la vida diaria, era necesario crear una nueva estructura, dando satisfacción a las necesidades religiosas, políticas, sociales y económicas de la población.

La acción mendicante pues, tiene una primera etapa pre-conventual durante la cual ejerció su ministerio misional en forma itinerante, en un amplísimo escenario geográfico organizado bajo claves de comprensión indígena: así surgieron los grandes atrios, las capillas abiertas, los catecismos jeroglíficos, los motivos de decoración llamada tequitqui. Durante este periodo inicial, los misioneros habitaron en casas adaptadas provisionalmente y crearon enclaves en puntos estratégicos para estructurar su acción. Lograda la conversión del mundo indígena, los enclaves evolucionaron hasta transformarse en sede de los conventos que conocemos y conservaron muchas de las claves de la cultura indígena, que habían hecho comprensible el mensaje mendicante⁵¹."

"Con la scomparsa della struttura indigena ispirata al ceremonialismo pagano, che copriva tutti gli aspetti della vita quotidiana, era necessario creare una nuova struttura, soddisfacendo i bisogni religiosi, politici, sociali ed economici della popolazione.

⁵¹ Chanfón, *Monasterios mendicantes virreinales del Estado de Morelos*, México, Universidad Nacional Autónoma de México, 1994, p. 23.

L'azione mendicante, quindi, ha una prima fase pre-conventuale durante la quale esercitava il suo ministero missionario in modo itinerante, in uno scenario geografico molto ampio organizzato secondo gli stereotipi della comprensione indigena: sorsero così i grandi atri, le cappelle aperte, i catechismi geroglifici, i motivi decorativi chiamati tequitqui. Durante questo periodo iniziale, i missionari vivevano in abitazioni provvisorie e creavano enclavi in punti strategici per strutturare la loro missione. Raggiungendo la conversione del mondo indigeno, le enclavi si sono evolute per diventare il quartier generale dei conventi che conosciamo e hanno conservato molti degli stereotipi della cultura indigena, che avevano reso comprensibile il messaggio dei mendicanti. “

Sostanzialmente furono costruiti due tipi di conventi: quelli per gli spagnoli, solitamente nei centri urbani e quelli rurali, che erano per l'evangelizzazione dei nativi.

Il Dr. Antonio Benigno Rubial García, noto storico messicano del XX secolo descrive quelli che erano i conventi nelle città spagnole e poi continua con quelli che furono eretti nei villaggi degli indiani⁵². Le due tipologie differivano proprio per la loro organizzazione interna e le funzioni espletate.

I conventi destinati agli spagnoli avevano il compito di ricevere e distribuire gli ordini che impartiti dalla Spagna, oltre ad essere un fulcro accademico per i frati che arrivano dall'Europa che venivano istruiti sulle tecniche di evangelizzazione.

Quelli invece destinati agli indigeni erano molto più parchi e necessitavano di spazi molto più grandi in quanto dovevano essere in grado di ospitare molti fedeli o potenziali tali. Nel convento di Totolapan notiamo infatti dei grandi spazi con la funzione di veri e propri collettori sociali tra la chiesa e gli indigeni. Basti pensare al grande giardino d'ingresso.

5.2.4 Totolapan

Gli studiosi collocano le popolazioni preispaniche in un quadro che le delimita cronologicamente e spazialmente denominato Mesoamerica, una regione alla quale appartengono il gruppo fondatore di Totolapan e altre culture marginali o periferiche, che condividono comportamenti culturali simili tra loro. Possiamo quindi dire che Totolapan detiene le caratteristiche culturali più rappresentative del Mesoamerica.

L'area geografica in cui si trova Totolapan confina ad est con lo stato di Puebla, e si trova nelle vicinanze del Popocatepetl (un vulcano in attività, situato nella regione di Puebla) e

⁵² *Ibid.*, 136

della Iztaccihuatl (la terza montagna più alta del Messico, dopo il Pico de Orizaba ed il Popocatepetl e anche la quinta più alta del Nord America).

Si tratta di una regione molto fertile e ricca di acqua con un clima costante per quasi tutto l'anno, tanto da attribuirgli il nome di "Primavera perenne"

*"La tierra es sana y de buen temple, donde no hace excesivo frío ni calor"*⁵³

"La terra è sana e di buon tempio, dove non fa né freddo né caldo eccessivo"

Nei documenti coloniali trovati nell'Archivio Generale della Nazione (AGN), si evince che veniva verificata l'adeguatezza delle terre prima di conquistarle con particolare attenzione alla possibilità di praticare l'agricoltura e l'allevamento del bestiame. Come anticipato Totolapan è un sito molto fertile ma ovviamente i frutti di queste terre non possono essere condivise con gli indigeni. Nell'anno 1583 l'ordine generale impone ai precetti di Totolapan e Tlayacapan di:

*"que no se consienta en atención a las ordenanzas, vendan los naturales de dichos pueblos carne de vaca"*⁵⁴

"Non è consentito, vendere carne di vacca ai nativi di questi villaggi"

Dai documenti a noi pervenuti si evince che furono portate molte tipologie di sementi dall'Europa che furono impiegate nei terreni limitrofi di Totolapan favorendo la crescita commerciale della zona. Ovviamente questo ebbe notevoli conseguenze sull'intero ecosistema del luogo provocato dall'abbattimento di notevoli porzioni di foreste e lo sfruttamento improprio di vaste aree di terreno. Tutto ciò ha portato ad una mutazione irreversibile della biosfera che ha radicalmente cambiato il paesaggio della regione.

Attualmente osserviamo un habitat di nuove specie, che sostituisce gran parte della flora mancante del Totolapan conosciuta dai conquistatori.

A conferma di quanto sopra si trova solo una breve menzione in "La storia generale delle cose nella Nuova Spagna", di Fra Bernardino de Sahagún, quando parla di "Diversos nombres de ríos y fuentes"

Nel libro XI il cronista descrive inoltre i fiumi dell'area Popocatepetl, uno di questi si chiama Nexatl, che si trova tra Huexotzinco e Acapetlauacan, ed in seguito afferma che:

⁵³ Acuña, *Relaciones Geográficas del Siglo XVI*: México, 162.

⁵⁴ Archivo General de la Nación (AGN), "Al corregidor de Totolapan y Tlayacapan; no consienta que en atención a las ordenanzas, vendan los naturales de dichos pueblos carne de vaca", (Morelos, pueblo de Totolapan, 1583), Ramo de Indios, vol. 2 exp. 979, foja 225 v.

“hay un río que se llama Totólatl, que quiere decir, río donde beben las gallinas silvestres”⁵⁵.

"C'è un fiume chiamato Totolatl, che significa fiume dove bevono galline selvatiche."

Questa citazione corrisponde all'analisi etimologica del termine Totolapan. Attualmente i giovani abitanti del posto non ricordano alcun fiume o rio ma esiste una traccia di un fiume completamente secco e pieno di vegetazione incolta, solo gli anziani mi hanno potuto indicare dove fosse.



Immagine 64 - Traccia del Totólatl Foto: Laura Moyers

Sfortunatamente non sono presenti documenti del periodo preispanico traccia urbana preispanica ma la città di Totolapan appare in due mappe dell'era coloniale che si trovano nell'Archivio Generale del Messico (Agn). Nella prima, datata 1578 (Immagine 51) si vedono solo le strade che conducono da Mezquique alle città di Totolapan e Guacocongo, lungo la strada per Guastepeque, alla fine si osserva in una triplicazione delle strade per Totolapa e Guacongo a sinistra, a Guastepeque dalla parte anteriore e Xochimilco a destra.

⁵⁵ Fray Bernardino de Sahagún, *Historia General de las cosas de la Nueva España*, (México: Editorial Porrúa, 1992), 700.

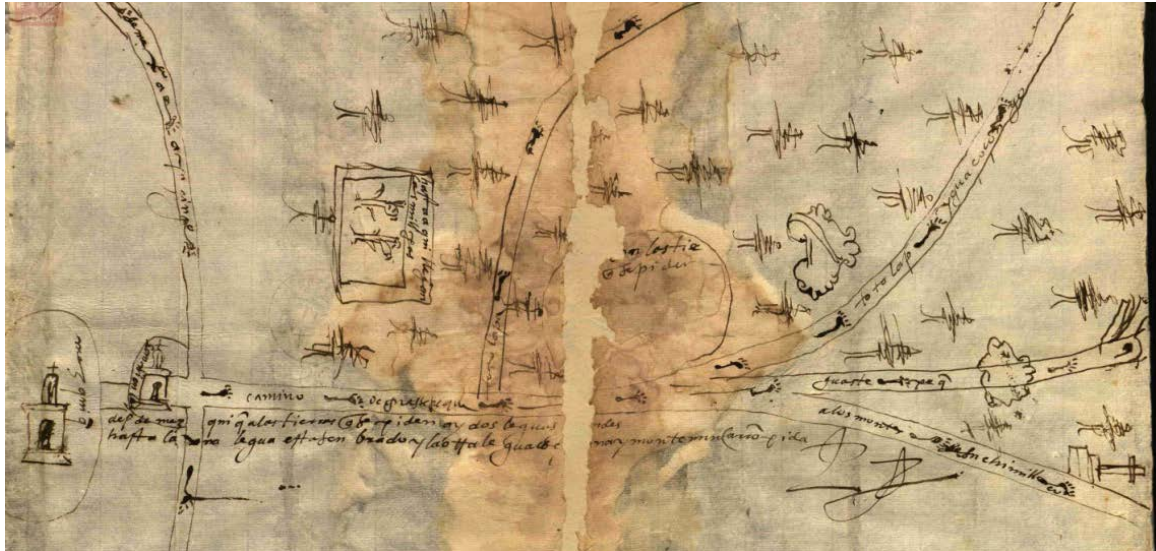


Immagine 65 - "Tierras que pide Cristobal Pérez Bocanegra en Mezquique"⁵⁶, Morelos, pueblo de Totolapan, Archivo General de la Nación, Tierras, vol. 183, exp. 3, f. 219. Reproducción digital autorizada. Pedro de Palencia

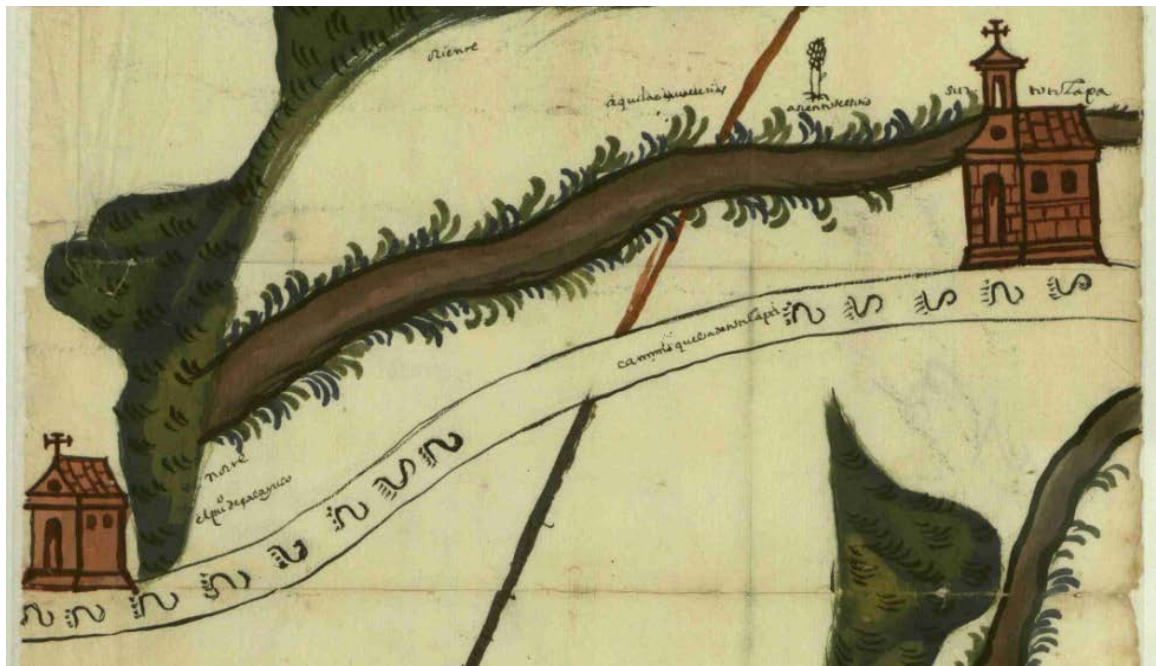


Immagine 66 - "Mapa Totolapan y Calacayuco, año 1606", Morelos, pueblo de Totolapan, Tierras, vol. 183, exp. 3, f. 219⁵⁷
Archivo General de la Nación, Riproduzione autorizzata.

⁵⁶ Archivo General de la Nación, *Tierras que pide Cristóbal Pérez Bocanegra en Mezquique*, GD280 Mapas, planos e ilustraciones, no. 1835, Chalco, Edo de Méx. [sic] y D.F. Año: 1578. Autore Pedro de Palencia, escribano de Su Magestad (rúbrica). Chalco, Estado de México y Distrito Federal. Ad ovest Mezquique oltre a due strade: quella che va dal Messico ad Ajozingo e quella di Huastepac, quest'ultima è quella che si unisce alle vie verso le montagne di Xochimilco, nonché a Totolapan e Guacocongo. Número de pieza 1835. Clasificación: 978/0470. Fuente: Tierras, vol. 2721, exp. 20, f. 204.

⁵⁷ Archivo General de la Nación, (AGN), "Mapa, totolapa y Calayuco", Morelos, pueblo de Totolapan, 1606 Autore Anonimo. Sulla destra (lato sud) si nota la città di Totolapan vicino alla strada che porta alla città di Calayuco situata a nord, ad est ed ovest sono presenti delle colline senza nome, mentre a sud-est sono identificate delle terre destinate all'edificazione di un ospedale. N°identificativo: 0647. Classificazione: 977/0846. Fonte: Tierras, vol. 183, exp. 3, f. 219.

È Possibile quindi dedurre che Totolapan esistesse già prima dell'arrivo dei conquistadores e che, sicuramente, ha subito pesanti trasformazioni nel tempo dovute al cambio del modo di utilizzare la città e gli spazi in generale. La dott.ssa Martha Fernández (Universidad Nacional Autónoma de México), analizzando le città di novo ispaniche, parla della piazza come l'origine delle città facendo riferimento alla Gerusalemme celeste:

“no sólo los conventos en sí mismos, sino que, desde el principio, en los pueblos evangelizados se fue adoptando la idea de la centralidad de Dios al convertir esos edificios, así como las capillas de visitas, en el centro de las poblaciones. Tal fue el arranque de un proceso de concepción de las ciudades y pueblos de la Nueva España en la reproducción terrena de la Jerusalén celestial 58”.

“non solo i conventi stessi, ma, fin dall'inizio, anche nei popoli indigeni soggetti alla evangelizzazione fu veicolata l'idea della centralità di Dio che si è poi manifestata nella conversione degli edifici esistenti (di culto e non). Tale fu l'inizio di un processo di concezione delle città e delle città della Nuova Spagna nella riproduzione terrena della Gerusalemme celeste”.

Viene quindi spontaneo convenire che il convento sia diventato il fulcro della Totolapan della Nuova Spagna. Analizzando la situazione attuale possiamo notare come lo spazio destinato al convento sia sproporzionato rispetto al resto della città e che la sua posizione di predominanza fosse un motivo di grande attenzione per la vita della popolazione locale.

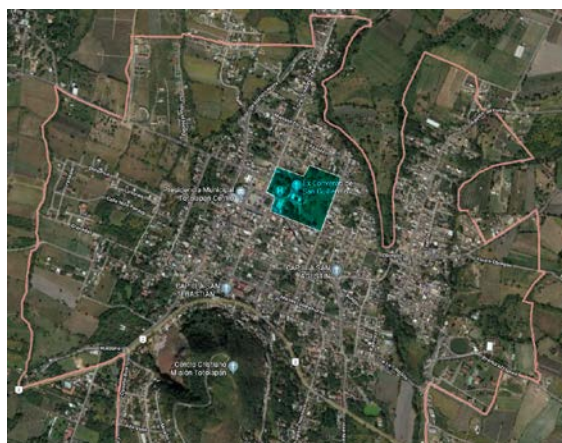


Immagine 67 - La città di Totolapan con individuazione del convento

⁵⁸ Martha Fernández, “La Jerusalén celeste. Imagen barroca de la ciudad novohispana”, en Actas III Congreso Internacional del Barroco Americano: Territorio, Arte, Espacio y Sociedad, España, [en línea], Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, 2001, p. 1016, disponible in internet: <https://www.upo.es/depa/webdhuma/areas/arte/3cb/documentos/080f.pdf> (consultato il 27/09/2019).

5.3 Il caso studio

Il Convento di San Guillermo Abad è considerato dal popolo messicano monumento storico dall'anno 1946 quando il 26 agosto fu compreso all'interno della "Ley Federal sobre Monumentos y Zonas Arqueológicas, Artísticas y Históricas".

È stato inoltre decretato patrimonio dell'umanità dall'UNESCO nel 1994 insieme agli altri 14 monasteri facenti parte dei "Primeros Monasterios del Siglo XVI en las Laderas del Popocatepetl" che vennero costruiti all'inizio del XVI secolo dagli ordini Francescano, dei Frati Predicatori e di Sant'Agostino e si trovano nei comuni di Atlatlahuacán, Cuernavaca, Hueyapan, Tetela del Volcán, Yautepec, Ocuituco, Tepoztlán, Tlayacapan, Totolapan, Yecapixtla e Zacualpan de Amilpas nello stato di Morelos; ed in quelle di Calpan, Huexotzingo e Tochimilco nello stato di Puebla.

Furono edificati allo scopo di evangelizzare un folto numero di indigeni cercando di fondere alcuni degli elementi sacri locali col progetto architettonico, primo tra tutti il vulcano Popocatepetl che risulta visibile da ogni monastero.

Dal punto di vista distributivo e formale è caratterizzato da elementi che richiamano l'architettura ecclesiastica del XVI secolo come il chiostro alto e basso inscritto in un quadrato perfetto, l'atrio e gli spazi esterni, il giardino dedicato alle attività che coinvolgono anche la popolazione locale ed il frutteto con la sua funzione non solo di luogo di meditazione ma anche di lavoro e sussistenza. Può addirittura venire spontaneo, non per stile architettonico ma per proporzioni, fare un parallelismo con l'Ex Convento di Sant'Agostino a Fano che sorprende per la sintassi architettonica degli spazi e la geometria regolare del rinascimentale chiostro interno risalente al 1560: quadrato perfetto di 30 metri di lato, esattamente 10 mt in più del chiostro di San Guillermo Abad.

Prima del sisma era interamente aperto al pubblico e custodito dal frate Salvador Fernandez Ayala dell'ordine dei frati Francescani Conventuali Minori (O.F.M. Conv.) ed era adibito al noviziato ed alle funzioni parrocchiali.

Ad oggi è rimasto attivo soltanto il giardino esterno utilizzato per le attività del catechismo del sabato mattina, il resto dell'immobile è inaccessibile in quanto interessato dai lavori di messa in sicurezza e ripristino. Le altre attività ecclesiastiche non si sono interrotte grazie all' aiuto della comunità locale che ha organizzato uno spazio provvisorio poco distante che attualmente ospita anche tutti i beni mobili che erano contenuti all'interno del convento.

Dal punto di vista dimensionale tutto il complesso, incluso gli esterni, misura approssimativamente 31.000 mq mentre la sola area costruita di circa 3.700 mq. La

tecnologia costruttiva è una sola, si tratta di una muratura semplice di grande spessore in materiale lapideo vulcanico locale e calce spenta a mortaio, anche le volte sono costituite dallo stesso materiale delle murature come si evince dalle lesioni provocate dal sisma che danno una buona lettura stratigrafica degli elementi costituenti. Gli intonaci sono tutti a calce, anche quelli integrati in epoca recente e sono presenti molte pitture policrome geometriche a tempera, oltre ad una serie di rappresentazioni di passi biblici, santi dell'ordine Agostiniano e Francescano e figure fitomorfiche varie.

Il convento attuale consta di diversi spazi con funzioni diverse tra loro che hanno subito molte modifiche nel corso del tempo. In particolare, si identifica: Il giardino-ingresso, il portico, la Chiesa, il Convento, la Torre dell'orologio con un totale di 3 accessi, due dei quali sul giardino: il principale che affaccia su via Emiliano Zapata, uno a sud su Via della Costituzione de 1910 e l'ultimo sempre a sud su Via Alvaro Obregon ma con ingresso nel frutteto.



Immagine 68 - Layout del complesso

Il piano terra si sviluppa intorno al chiostro centrale che funge da collegamento con i tre principali ambienti costituenti il corpo di fabbrica: la Chiesa, il Portico ed il Convento grazie ad una zona pavimentata centrale cruciforme immessa direttamente dentro i bracci voltati

del chiostro. Fortunatamente il piano terra non ha riportato gravi lesioni o crolli, diverso è per il piano primo in cui si nota chiaramente il crollo di una porzione di volta del braccio ovest del chiostro e di una parte della volta della chiesa in corrispondenza dell'altare.

Attualmente sono presenti diversi presidi provvisionali di puntellamento in occasione di lesioni importanti o porzioni con rischio imminente di crollo come nei locali della zona est, non sono però presenti nella scalinata centrale di collegamento tra piani nonostante si siano attivati tutti i canonici meccanismi di collasso.

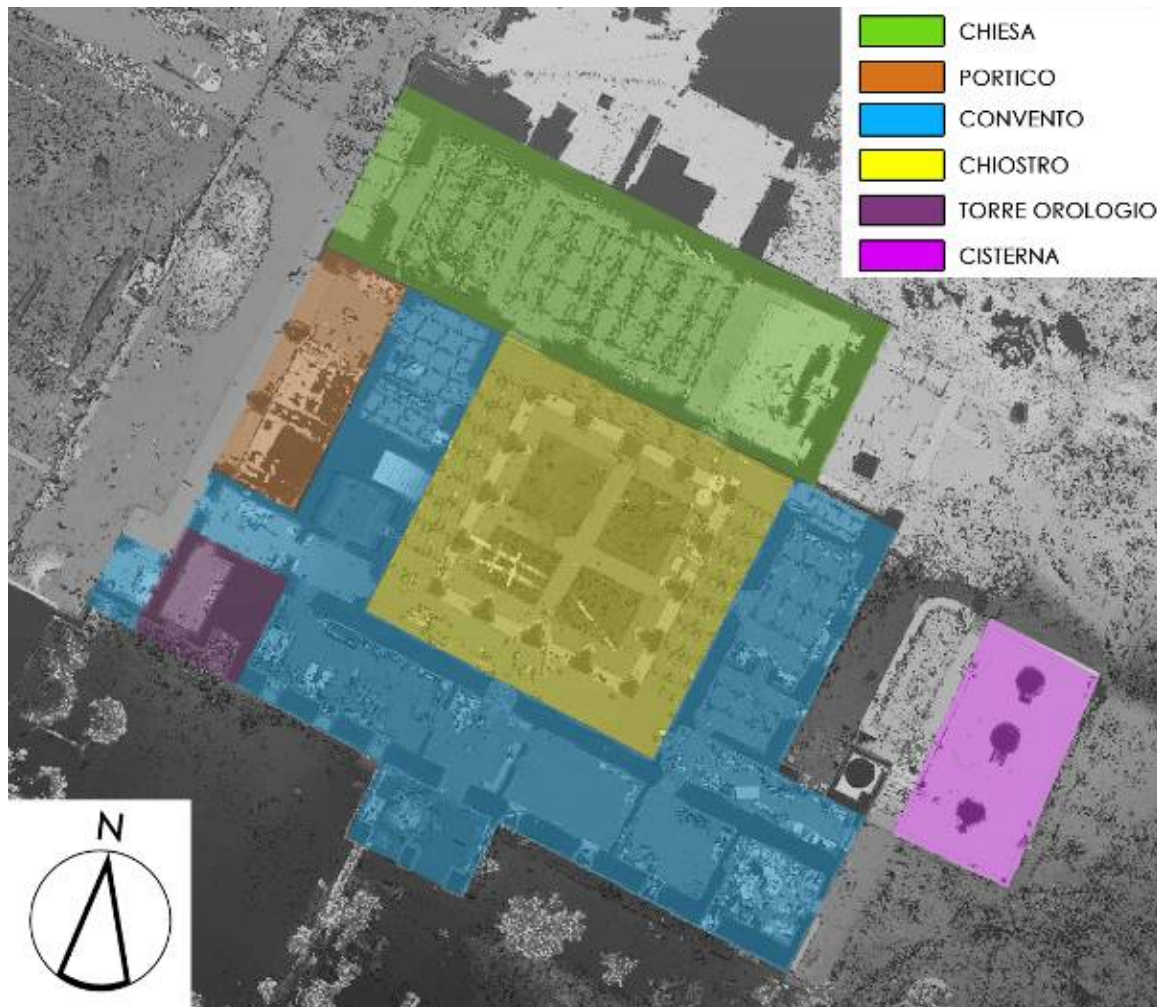


Immagine 69 - Rappresentazione del piano terra

5.3.1 Il Giardino

Si tratta di un grande spazio di forma quadrangolare delimitato da mura di recinzione con un percorso interno in pietra costeggiato da cipressi che porta dall'ingresso di Via Emiliano Zapata direttamente alla chiesa. Le generose dimensioni e le proporzioni rispetto al costruito danno l'idea di uno spazio filtro tra il sacro ed il profano (il paese) introducendo pian piano il visitatore verso la chiesa che, avvicinandosi, appare sempre più grande e

maestosa. Attualmente questa è l'unica porzione aperta al pubblico per le attività di catechismo e ricreazione per i bambini.

Si nota da subito un grande rispetto da parte della popolazione che utilizza questo spazio, oltre ad un senso di orgoglio nel mostrarlo ai visitatori.

5.3.2 Portico

Il portico è formato da 3 archi ribassati supportati da colonne a sezione poligonale e coperto da un'unica volta a botte costituita conci di pietra lavica di dimensione variabile. Anticamente gli archi furono tamponati per impedire l'accesso diretto al convento ma furono riaperti in occasione di un restauro nel 1964. Secondo la popolazione locale si tratta della prima cappella aperta utilizzata dagli Agostiniani per iniziare il processo di evangelizzazione mentre stavano edificando la chiesa ed il resto dei locali. Sarebbe quindi da considerarlo come il primo impianto, la "fase 0" del complesso.

Le superfici intonacate interne della volta sono caratterizzate da decori policromi e non con scritte in greco e latino ed una porzione di decorazione parietale raffigurante Gesù Cristo.



Immagine 70 - Particolare dei decori parietali dell'atrio



Immagine 71 - Particolare dei decori parietali dell'atrio con porzione superstite della raffigurazione di Gesù

5.3.3 Chiesa

La Chiesa dedicata a San Guillermo Abad è ad unica navata sovrastata da una volta a botte lunettata in corrispondenza del presbiterio. La navata è suddivisa in 3 arcate che scaricano su colonne a sezione quadrata addossate ai muri perimetrali e si nota l'interruzione della stessa in corrispondenza del presbiterio, gerarchizzato ed elevato alla vista del fedele. Tra le colonne di scarico delle arcate si trovano delle nicchie incassate a muro in quota con le finestre, con piccoli altari utilizzati tra la fine del XVII secolo e l'inizio del XVIII.

L'ingresso è in corrispondenza del Coro, collocato al piano superiore, al quale si può accedere soltanto attraverso una scala esterna alla chiesa. Si entra quindi in un ambiente ribassato rispetto al resto della navata, aumentando la consapevolezza di entrare in un ulteriore spazio filtro che cela le effettive dimensioni interne fino al momento in cui ci troviamo nella vera e propria navata in cui è possibile apprezzare l'altezza totale.

La facciata è semplice ma ben bilanciata, si costituisce di un arco centrale che funge da accesso principale, incorniciato da due colonne circolari sottili che poggiano su basi quadrate. Appena sopra, in corrispondenza del Coro interno, si trova un rosone circolare con conci a vista e la figura di S. Agostino. Prima del sisma la facciata terminava con una vela purtroppo crollata, attualmente è in fase di discussione la tecnologia costruttiva per ricostruirla in opera con sicurezza e presidi antisismici.

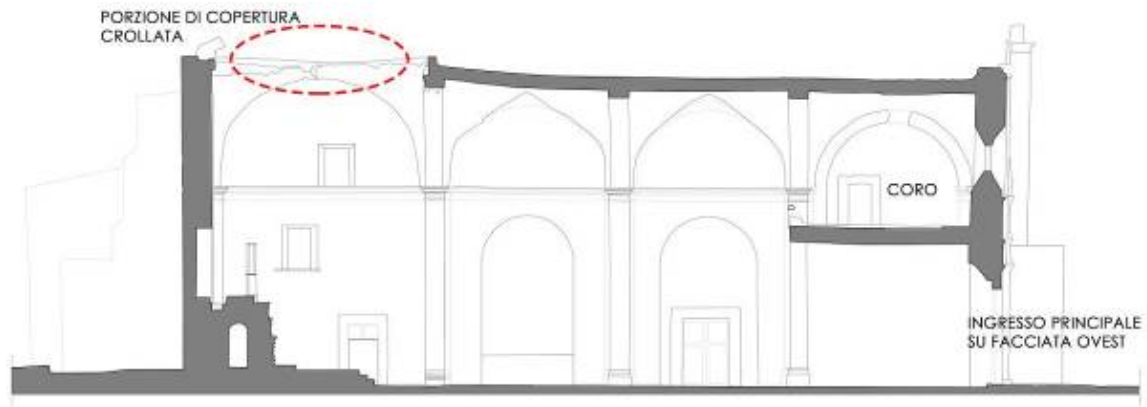


Immagine 72 - Sezione della chiesa

5.3.4 Convento

Al convento è possibile accedere grazie a 3 accessi, i primi due ad ovest di cui uno dal portico, l'altro dal giardino in prossimità della torre dell'orologio, e l'ultimo ad est direttamente dal frutteto. Gli ambienti conventuali del piano terra sono: Il refettorio, la cucina, la sacrestia, l'oratorio, la cantina e la "stanza profonda" così denominata in quanto probabilmente dedicata alla meditazione. Tutto il piano terra era quindi utilizzato per le attività operative ma allo stesso tempo anche per svolgere alcune funzioni religiose come si evince dalla presenza di una fonte battesimale. Al livello superiore si trovano i bagni, la biblioteca, una sala da pranzo ed i dormitori dei novizi e dei superiori, attualmente inagibili in quanto fortemente lesionati. La potenza distruttiva del sisma ha innescato il ribaltamento della facciata est provocando una netta separazione delle murature.



Immagine 73 - Particolare ambiente del piano primo

5.3.5 Torre dell'orologio

All'angolo sud del complesso si trova la Torre dell'orologio, un manufatto a pianta quadrata suddiviso in elevato in tre distinti corpi: il primo a base quadrata che ospita un ambiente interno voltato a botte, attualmente utilizzato come locale operativo dai tecnici della impresa, su cui poggia il secondo caratterizzato da colonne a base quadrata con un ampio spazio aperto interno che ospita la struttura di sostegno dell'orologio collocato nel terzo corpo soprastante durante il XVII secolo. Quest'ultimo termina con una volta a vela con sopra un sistema di tre campane ancora presenti nonostante l'evento sismico. Attualmente sono presenti delle strutture provvisorie a sostegno del secondo e del terzo corpo costituente la torre.



Immagine 74 - Secondo e terzo corpo della Torre dell'Orologio

5.3.6 Frutteto

Nella porzione ovest del complesso si trova il frutteto delimitato da muri perimetrali in pietra che negli anni hanno subito diversi interventi di consolidamento, integrazione e ripristino. Si tratta di uno spazio costituito da diversi alberi da frutto ed una ampia cisterna di raccolta delle acque piovane nelle immediate vicinanze della facciata est in grado di accogliere i pluviali delle coperture del convento per far fronte a periodi di siccità.

5.3.7 Rappresentazioni pittoriche

Nei bracci voltati del chiostro, sia al piano terra che al piano primo, si trovano delle decorazioni geometriche policrome molto complesse che enfatizzano l'andamento della volta con disegni floreali al centro di forme romboidali che simulano un cassettonato, oltre ad una fascia dipinta di colore rosso alta circa 1,20 mt lungo gran parte del piano terra.

Nel convento sono inoltre presenti molte raffigurazioni religiose e paesaggi che simulano delle nicchie sostenute da colonne classiche ed archi con scritte in latino a memoria del “vecchio continente”.



Immagine 75 - Particolare decorazioni interne.

5.3.8 Date di costruzione del convento

Sono presenti alcuni resti ritrovati nel 2002 che possono essere ricondotti ad un precedente edificio preispanico successivamente distrutto.



Immagine 76 - Porzione di un edificio preispanico, Totolapan, Mor. 2002. Foto: Laura Moyers Ruiz



*Immagine 77 - Riutilizzazione di "elementos coloniales en los muros del convento", Totolapan, Mor. 2002.
Foto. Laura Moyers Ruiz*

La consacrazione dell'ex Convento dei frati agostiniani fu in onore di San Guillermo de Malavalle. Il Santo fu un Anacoreta che nel 1155 si stabilì in una valle chiamata Malavalle, nel territorio di Siena, vescovato di Grosseto, da cui prende il nome; quando morì il 10 febbraio 1157; un anno dopo, il discepolo Alberto Trascrisse i suoi insegnamenti e grazie a questi, insieme ai suoi seguaci, fondarono l'ordine degli Eremiti di San Guglielmo. Nel 1202 fu canonizzato da papa Innocenzo III e nel 1256 papa Alessandro IV integra l'ordine di San Guglielmo a quello degli Eremiti di Sant'Agostino. La festa del santo è il giorno della sua morte, il 10 febbraio.

Gli attributi del santo di Aquitania, con cui è spesso confuso con quello di Malavalle, sono molto diversi, per molti anni infatti nello stesso convento hanno sostenuto che fosse dedicato a San Guillermo di Aquitania, di cui però non vi è alcun riferimento con l'Ordine di Sant'Agostino. Ulteriore dimostrazione del fatto che il Santo di riferimento sia San Guglielmo di Malavalle è il fatto che in Totolapan, la festa del paese in onore del santo del convento sia proprio il 10 febbraio. In questa occasione il sacerdote offre una messa, che culmina con la partecipazione dei locali incaricati di portare la sua scultura in una processione commemorativa. Tutta la città vi partecipa, le donne si organizzano e mettono i tavoli nell'atrio del tempio, dove danno da mangiare a tutti coloro che vogliono prendere parte al raduno.



Immagine 78 - 10 Febbraio 2019 Festa di Totolapan nel giardino del convento lesionato dal sisma

Il sito del convento di Totolapan appartiene alle caratteristiche dell'architettura monastica del 16 ° secolo, distinguendosi per la sua monumentalità.



Immagine 79 - Facciata principale del convento

Lo storico Federico Gómez de Orozco nel Journal of Historical Studies, trascrive il rapporto instaurato dal frate agostiniano Fra Francisco de la Cruz "El Venerable", nominato vicario provinciale nel 1534, dove descrive i cinque monasteri agostiniani che l'ordine aveva edificato al 1536:

“I. Monasterio de Ocuituco. - Fundado en una casa que servía de parroquia al cura clérigo, el mismo año se empezó el monasterio en forma muy suntuosa, lo que dio lugar a graves sucesos.

II. Monasterio de México. -

III. Monasterio de Chilapa. -

IV. Monasterio de Santa Fe. -

V. Monasterio de Totolapan. - Costeó Don Hernando Cortés su construcción, por ser villa suya⁵⁹.”

“I. Monastero di Ocuituco. - Fondato in una casa che fungeva da parrocchia per il sacerdote chierico, lo stesso anno il monastero fu avviato in modo molto sontuoso, provocando gravi eventi.

II. Monastero del Messico -

III. Monastero di Chilapa. -

IV. Monastero di Santa Fe. -

V. Monastero di Totolapan. - Don Hernando Cortés finanziò la sua costruzione, in quanto è il suo villaggio.”

George Kubler, noto storico di arte precolombiana e ibero-americana del Messico, nella sua opera “Arquitectura mexicana del siglo XVI”, afferma che il convento di Totolapan fu costruito tra il 1536 ed il 1545. Facendo riferimento ai rapporti di Frate Francisco de la Cruz "El Venerable", si dice che la costruzione del monastero Totolapan fu finanziata dal condottiero e nobile spagnolo Don Hernán Cortés (Medellín, 1485 – Castilleja de la Cuesta, 2 dicembre 1547) poiché a lui fu affidato il territorio di Totolapan.

Valentín López González (1928-2006) scrittore e politico messicano, cronista della città di Cuernavaca e dello stato di Morelos, nella sua opera “Morelos: historia de su integración política y territorial” afferma invece che il territorio di Totolapan non era direttamente controllato da Cortés ed è quindi probabile che non abbia finanziato lui direttamente l’opera:

⁵⁹ Federico Gómez Orozco, “Monasterios de la orden de San Agustín en Nueva España, siglo XVI” en *Revista Mexicana de Estudios Históricos*, México, 1927, núm. 1, p. 46.

“El 6 de julio de 1529, estando Cortés en España, recibió del Rey la Merced, que consistió en la donación de 23,000 vasallos y las concesiones del Título de ‘Marqués del Valle de Oaxaca’ y de Capitán de Nueva España, convirtiendo la encomienda de Cortés en un Señorío Jurisdiccional. La Cédula de donación señaló los pueblos de ‘Coyoacán’, Tacubaya, Matalcingo, Toluca, Calimaya, Cuernavaca, Oaxtepec, Acapichtla, Yautepec, Tepoztlán, Oaxaca, Cuilapan, Etlá, Texquilabacoya, Tehuantepec, Jalapa, Utlatepec, Atrayestán, Cataxtla, Tuxtla, Tepeca e Ixcálpán, que son de la dicha Nueva España. La Audiencia pretendió limitar el establecimiento de su dominio señorial a Cuernavaca, Tuxtla, Cojoxtla y Tehuantepec. Cortés lejos de conformarse, como la Audiencia hubiese querido con ser un simple encomendero en Toluca, Coyoacán y Oaxaca, tomó posesión de las 23 villas...En 1535, Cortés estableció su mayorazgo en todos sus bienes y posesiones, título y el Marquesado[...] Así quedaron fusionados Cuernavaca, Oaxtepec y Acapixtla. De la cabecera de Cuernavaca, dependían numerosas poblaciones[...] Las antiguas heredades de los indios, vinieron a formar las tierras realengas, es decir, las propias del rey, y en la época de la creación del Marquesado del Valle de Oaxaca, quedaron como realengas las de Totolapan, Atlatlahucan, Jumiltepec, Ocuituco, Tetela del Volcán y Hueyapan, así como también las de Huautla⁶⁰.”

“Il 6 luglio 1529, mentre Cortes era in Spagna ricevette la misericordia del Re che consisteva in una donazione di 23.000 vassalli e la concessione del titolo di "Marchese della Valle di Oaxaca" e del Capitano della Nuova Spagna, convertendo la commissione di Cortés in un Señorío Jurisdiccional. La carta di donazione indicava i villaggi di 'Coyoacán', Tacubaya, Matalcingo, Toluca, Calimaya, Cuernavaca, Oaxtepec, Acapichtla, Yautepec, Tepoztlán, Oaxaca, Cuilapan, Etlá, Texquilabacoya, Tehuantepec, Jalapa, Utlatepecest? →), Cataxtla, Tuxtla, Tepeca e Ixcálpán, che appartengono alla Nuova Spagna. La Comunità ha cercato di limitare l'istituzione del suo dominio di dominio a Cuernavaca, Tuxtla, Cojoxtla e Tehuantepec. Cortés lungi dall'essere conforme, poiché La Comunità avrebbe voluto essere un semplice encomendero (Istituzione spagnola introdotta nelle colonie d'America all'indomani dell'arrivo dei conquistadores e vigente fin dal

⁶⁰ López, Morelos: *Historia de su integración política y territorial*, 12-13.

Medioevo nei territori iberici riconquistati ai mori⁶¹) a Toluca, Coyoacán e Oaxaca, prese possesso delle 23 ville ... Nel 1535, Cortés stabilì il suo mayorazgo in tutti i suoi beni e possedimenti, titolo e Marchese [...] Pertanto, Cuernavaca, Oaxtepec e Acapixtla sono stati fusi. Sulla testa di Cuernavaca, numerose popolazioni dipendevano [...] Le antiche eredità degli indiani, arrivarono a formare le terre dei realengas, cioè quelle del re, e al momento della creazione del Marchesato della Valle di Oaxaca, rimasero come terreni quelli di Totolapan, Atlatlahucan, Jumiltepec, Ocuituco, Tetela del Volcán e Hueyapan, nonché quelli di Huautla.”

Nel 2012 furono condotti degli scavi proprio nel convento di San Guillermo dal gruppo INAH-Morelos (Istituto Nacional de Antropología e Historia), sotto la responsabilità dell'archeologo Mario Córdova, a seguito di alcune indagini effettuate nel 1999 che avevano portato alla luce i resti di una stanza sul lato sud del tempio facendo pensare alla possibilità che fosse la sagrestia di un edificio primitivo. L'ipotesi non fu confermata e le date reali di edificazione risultano ancora vaghe. Dai reperti nelle immagini 54 e 55 possiamo ipotizzare alcune fasi di costruzione del convento in quanto è possibile riconoscere delle lavorazioni a mezzo di utensili di un'epoca specifica:

“La gran diferencia entre instrumentos metálicos y neolíticos, eliminó para el prehispánico la posibilidad del sistema de talla por escuadría, siendo la talla directa su única solución práctica [...].

El sillar prehispánico tiende a adoptar la forma cúbica, con ajustes rectangulares verticales, excepto cuando la naturaleza misma de la piedra usada, exige otra forma [...].

La posición del cantero prehispánico ante la pieza presenta en la línea de los hombros una paralela al paramento, y sus golpes con el instrumento adoptan una forma radial, utilizando la mano libre como apoyo para controlar el golpe que es directo [...].

La cantería indígena anterior a la conquista utilizó instrumentos con una dureza mayor que la del material labrado: pedernal y no obsidiana como suele creerse [...].

El pequeño sillar cúbico de aproximadamente una cuarta de lado debió ser rastreado a golpe y pulido directamente sin labrado intermedio [...].

Los pulidores de tezontle o esmeril son abundantes en los alrededores de las grandes construcciones y ofrecen una gran cantidad de formas.

⁶¹ <http://www.treccani.it/enciclopedia/encomienda/>

Otro instrumento importante cuyo rastro es visible en muchas piezas labradas es la broca de arco, usada con agua y algún abrasivo [...].

Es muy interesante comprobar la existencia de ensambles en piedra del tipo macho y hembra, usados en los tambores de columnas⁶².”

“La grande differenza tra strumenti metallici e neolitici, eliminò per il preispanico la possibilità del sistema di forma per quadrato (elementi squadriati), essendo la forma diretta la sua unica soluzione pratica [...].

Il bugnato preispanico tende ad adottare la forma cubica, con aggiustamenti rettangolari verticali, tranne quando la natura stessa della pietra utilizzata richiede un'altra forma [...].

La posizione dello scalpellatore preispanico di fronte all'elemento lapideo ha una linea parallela alla parete delle spalle e i suoi colpi con lo strumento adottano una forma radiale, usando la mano libera come supporto per controllare il colpo diretto [...].

Prima della conquista degli spagnoli, gli indigeni per modellare le pietre, utilizzavano strumenti con una durezza maggiore di quella del materiale scolpito: pietra focaia e non ossidiana come comunemente si crede [...].

Il piccolo bugnato cubico di circa un quarto del lato doveva essere seguito e lucidato direttamente senza lavoro intermedio [...].

I lucidatori di tezontle o smerigliati sono abbondanti nei dintorni di grandi edifici e offrono un gran numero di forme.

Un altro strumento importante la cui traccia è visibile in molti pezzi intagliati è il trapano ad arco, utilizzato con acqua e alcuni abrasivi [...].

È molto interessante verificare l'esistenza di assemblaggi in pietra di tipo maschile e femminile, utilizzati nei tamburi a colonna.”

Una volta che i missionari si stabilirono a Totolapan, continuarono l'attività di evangelizzazione nelle comunità limitrofe andando sempre in coppia ed in alcuni casi eressero un piccolo tempio o una cappella con una stanza annessa dove potevano soggiornare per brevi periodi. Queste erano conosciute come "case dei visitatori", che in alcuni casi erano la prima traccia dell'impianto conventuale. Esistono due città in cui sono ancora conservati i resti di due cappelle aperte, si tratta di Neopualco e Ahuatlán, per George Kubler, il rapporto tra “*visitas*” e la dimensione della cappella aperta corrispondeva alla proporzione esistente tra il numero di frati e la comunità:

⁶² Carlos Chanfón Olmos, *Estereotomía, para el curso de Restauración*, (México: INAH, 1975), s/n

“La capilla abierta era indispensable cuando existían pocos frailes que comprendían varios asentamientos aislados, con el aumento del número de religiosos, cada ‘visita’ pudo contar con su propio templo y ministros del clero. Este proceso, que culminó en el siglo XVII, volvió obsoletas las capillas abiertas”⁶³,

"La cappella aperta era indispensabile quando c'erano pochi frati che si occupavano di diversi insediamenti isolati, con l'aumento del numero di religiosi, ogni" visita "potrebbe avere un suo tempio e ministri del clero. Questo processo, culminato nel XVII secolo, rese obsolete le cappelle aperte”,



Immagine 80 - Cappella aperta in Tlayacapan (città limitrofa a Totolapan) eretta in seguito al sisma

È interessante osservare come dopo il sisma siano state erette delle vere e proprie cappelle aperte per accogliere i fedeli, una sorta di ritorno alle origini.

Si presume quindi che in principio vi fosse una cappella aperta e nel XVII secolo siano iniziati i lavori per la costruzione di un luogo di culto stabile nei pressi dell'attuale chiesa, considerato le ben visibili preesistenze. I locali annessi, compreso il chiostro centrale, sarebbero successivi.

⁶³ Kubler. *Arquitectura mexicana del siglo XVI*. 369.

5.4 Creazione di un As Built per il progetto di conoscenza

5.4.1 Workshop sul posto

In occasione del workshop sul posto è stato condotto un rilievo digitale a mezzo di laser scanner al fine di ottenere una base univoca su cui è stato possibile apprezzare tutti i fenomeni causati dall'evento sismico come i fuori piombo delle principali murature ed i meccanismi di collasso, oltre a mettere in evidenza alcune problematiche progettuali dovute sicuramente alla stratificazione nel tempo degli interventi di frazionamento degli alloggi e degli spazi del piano superiore.

Si sono anche potuti apprezzare tutti quei degradi dei materiali che in realtà erano attivi già prima del sisma e sono dovuti all'incuria e la mancanza di manutenzione, oltre a cause prettamente antropiche come le decorazioni incise per aumentare la superficie di adesione di un futuro strato di intonaco.

In generale si riscontrano in modo diffuso fenomeni come presenza di umidità, attacco biologico, croste, presenza di vegetazione, macchie ed ovviamente lesioni provocate dal sisma.

In particolare, sulle facciate esterne si notano diversi degradi dovuti al percolamento delle acque piovane che, col passare degli anni, hanno favorito la formazione diffusa di attacchi biologici e rigonfiamenti dello strato di intonaco provocandone in alcuni casi il distacco

Grazie alla collaborazione con DiaCon S.r.l., Spin - off della Università degli Studi di Firenze, è stato possibile condurre una estesa indagine termografica che ha "portato alla luce", per usare un eufemismo, alcune problematiche non visibili ad occhio nudo, come ad esempio un concio dislocato del rosone sopra l'accesso della facciata principale della chiesa, oltre ad altre problematiche legate alla tecnologia muraria più avanti riportate e disponibili in allegato.

5.4.2 Rilievo geometrico

Lo studio per la creazione di un modello digitale sfrutta la tecnologia laser scanner, si tratta di un rilievo per la documentazione e la conservazione del manufatto in oggetto ed è quindi lo strumento più appropriato per lo scopo prefisso.

Insieme al gruppo che ha preso parte al workshop sul posto abbiamo effettuato un rilievo massivo sul campo del convento e dell'intorno componendo un archivio digitale tridimensionale di coordinate spaziali in grado di descrivere la morfologia delle superfici architettoniche rilevate. Lo strumento utilizzato è stato il medesimo impiegato nel progetto FI-MU e quindi il Faro Focus M70.

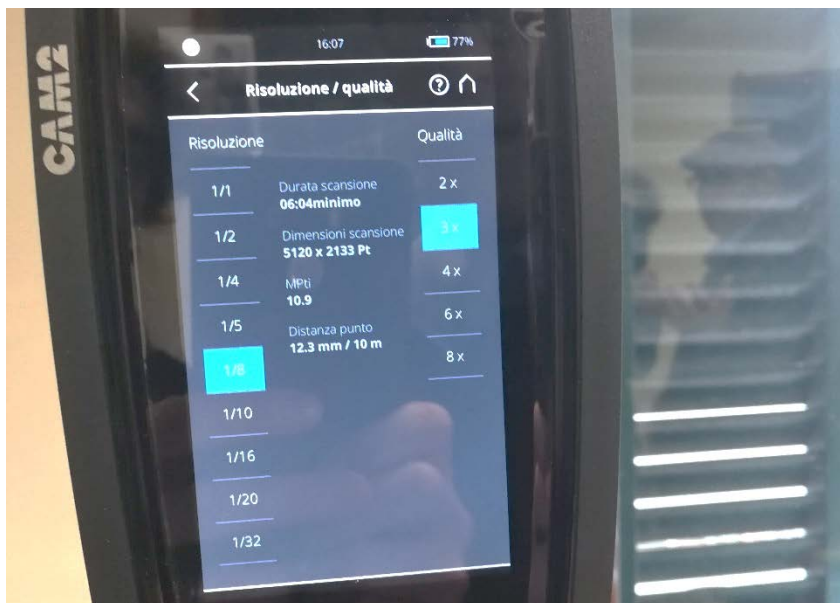


Immagine 81 - Settaggi del laser scanner

Le tempistiche purtroppo non hanno permesso di pianificare una dettagliata campagna di rilievo ed è stato quindi necessario ottenere il massimo nel poco tempo a disposizione. Procedendo con una campagna "a tappeto", in una sola settimana abbiamo immagazzinato una quantità di dati enorme:

- 407 scansioni (di cui 37 acquisite da parte di INAH Morelos) considerata una tempistica di circa 6 minuti l'una stiamo parlando di oltre 40 ore di lavoro macchina senza considerare gli spostamenti;
- Circa 3.000 foto;
- 200 punti battuti con stazione totale.

L'interpolazione dei dati ottenuti a mezzo di laser scanner e stazione totale è stata fondamentale per garantire l'affidabilità geometrica superiore al cm dell'interno manufatto, mentre il dato fotografico è stato fondamentale per la mappatura delle lesioni e dei principali dissesti.

Trovandoci di fronte ad un edificio fortemente lesionato dal sisma con forte presenza di opere provvisorie post-sisma non è stato semplice accedere a tutte le aree ed abbiamo incontrato non poche difficoltà nell'effettuare il rilievo e le indagini necessarie.

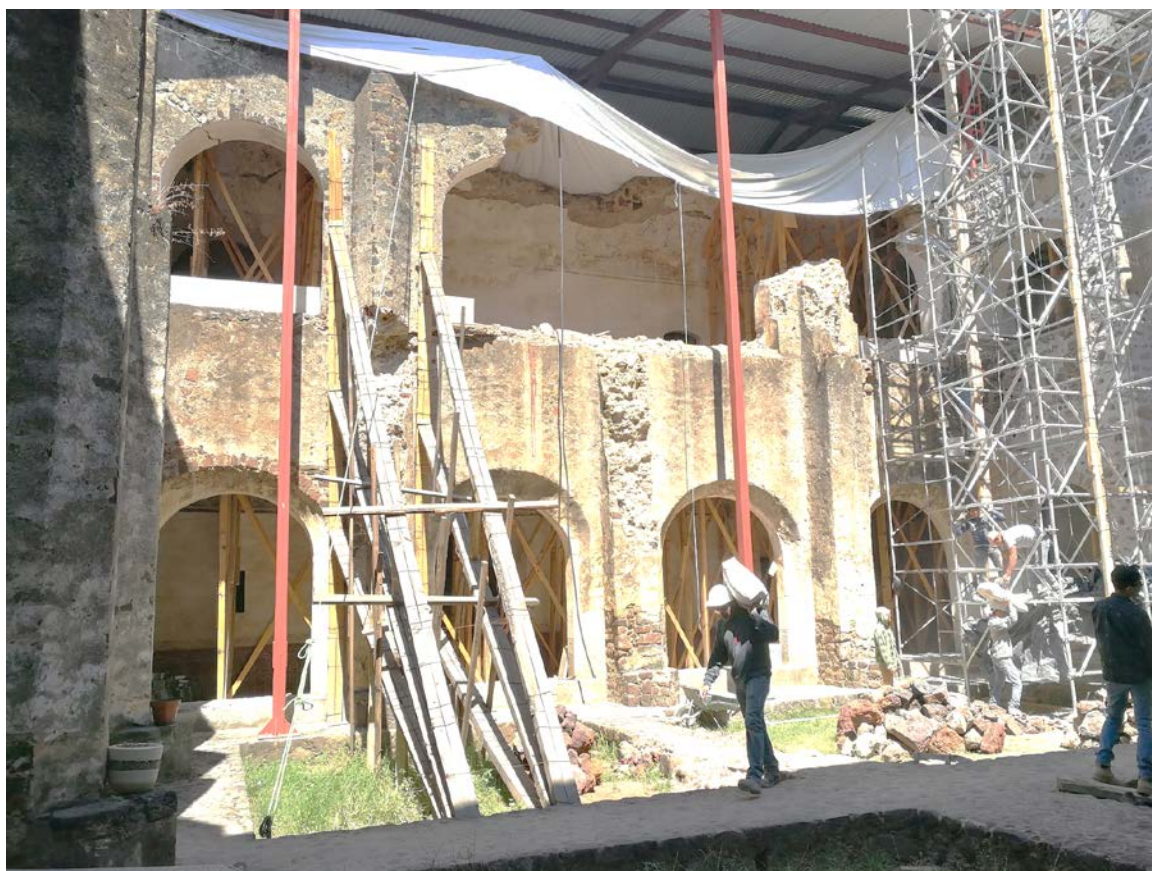


Immagine 82 - Chostro centrale



Immagine 83 - Strutture provvisionali nella chiesa

5.4.3 Rilievo del danno

Durante le fasi preparatorie in Firenze del workshop, il gruppo di lavoro si è confrontato molto sulla metodologia di rilievo speditivo dei sistemi strutturali, in particolare sull'osservazione delle murature e degli elementi dell'apparecchiatura muraria.

Rifacendoci alle Linee Guida IQM (Indice di Qualità Muraria) proposto dagli autori (Borri, De Maria, 2001) abbiamo stilato una metodologia ad hoc riassunta nel seguente elenco:

- Osservazione delle murature e degli elementi l'apparecchiatura:

1. Annotare, misurandoli anche solo manualmente in modo speditivo, i valori degli spessori di tutti i setti murari appartenenti all'ossatura portante dell'edificio, tenendo in considerazione della presenza effettiva di intonaci (che ne potrebbero definire un aumento significativo);
 2. Ove possibile osservare con attenzione eventuali fronti sezionati (fig.1), per la presenza di crolli parziali, in modo da individuare la tipologia e la qualità di apparecchiatura degli elementi, la loro dimensione;
 3. Annotare la presenza o la mancanza di eventuali elementi in grado di costituire un possibile ingranamento trasversale, assimilabili a diatoni, la percentuale approssimativa di legante, la presenza o meno evidente di vuoti e/o cavità;
 4. Verificare l'eventuale presenza di filari orizzontali di regolarizzazione dell'apparecchiatura;
 5. Prelevare campioni di malta e di leganti in genere per analisi successive;
 6. Valutare e verificare, ove possibile, la tipologia e la profondità degli apparecchi di fondazione (o perlomeno percepire se le murature proseguono o meno, sotto il piano di campagna, con uguale apparecchiatura e spessore).
- Osservazione delle relazioni tra elementi murari:
 1. In corrispondenza delle intersezioni tra murature, verificare con attenzione la presenza o meno di ammorsamenti efficaci, segnalandone, ove individuata, l'eventuale assenza totale;
 2. Nelle connessioni angolari di perimetro osservare se vi siano o meno eventuali elementi cantonali;
 3. In corrispondenza di lesene o contrafforti, cercare di assicurarsi se vi sia continuità di apparecchiatura con la muratura ortogonale di appoggio, o se tali elementi risultino indipendenti e quindi eseguiti in tempi diversi rispetto alla costruzione originaria.
 - Osservazione degli apparati strutturali di copertura:
 1. Individuare con attenzione la tipologia delle volte (non lasciandosi ingannare da intonaci che ne possano modificare la percezione visiva): ove vi siano distacchi che mettano in luce porzioni di apparecchiatura, annotare la disposizione degli elementi e la loro dimensione;
 2. Attraverso misura anche speditiva, valutare la geometria degli intradossi, curvature, altezza in chiave e altezza delle imposte;
 3. Ricavare, per misura diretta o indiretta, lo spessore effettivo delle volte;
 4. Valutare, osservando porzioni parzialmente crollate, la qualità e la natura dei riempimenti o rinfianchi.

- Osservazione dei dissesti e dei quadri fessurativi:
 1. Per le strutture murarie in elevazione valutare la presenza di fuori piombo evidenti, spanciate, ingobbature e ogni altra irregolarità che non appaia preesistente rispetto alla comparsa dei dissesti,
 2. Individuare e riportare graficamente su un elaborato di riferimento la presenza di lesioni e fratture ben distinguibili, tralasciando gli screpoli, valutandone l'ampiezza e l'eventuale variazione dell'ampiezza stessa (se ad esempio questa aumenti verso l'alto o viceversa);
 3. In corrispondenza della singola frattura (evidentemente di ampiezza non trascurabile), annotare se vi sia una semplice dislocazione orizzontale degli elementi o se vi siano traslazioni verticali o oblique;
 4. In presenza di archi o architravi, oltre quelle presenti sugli elementi stessi, annotare se vi siano lesioni sulle murature soprastanti che si configurino come "archi di scarico";
 5. Per le strutture voltate, individuare e annotare la presenza di lesioni verificandone l'andamento rispetto alle direttici o alle generatrici della geometria della volta stessa.



Immagine 84 - Lesioni in un ambiente del convento

L'analisi stereometrica ha evidenziato una composizione della muratura caratterizzata da elementi lapidei di dimensione e colore variabile, nello specifico si tratta di pietra vulcanica locale di pezzatura abbastanza grande (30 cm di lunghezza e 20 di altezza circa) non molto porosa e "tezontle", sempre una pietra vulcanica locale ma più porosa e di pezzatura più piccola (7/9 cm di lunghezza e 5/7 di altezza circa). Gli archi e di cantonali sono invece costituiti da pietra vulcanica squadrata con faccia liscia di pezzatura variabile a seconda del caso specifico. Si notano talvolta degli elementi abbastanza squadrati all'interno della muratura che suggeriscono l'inserimento volontario di conci più regolari.

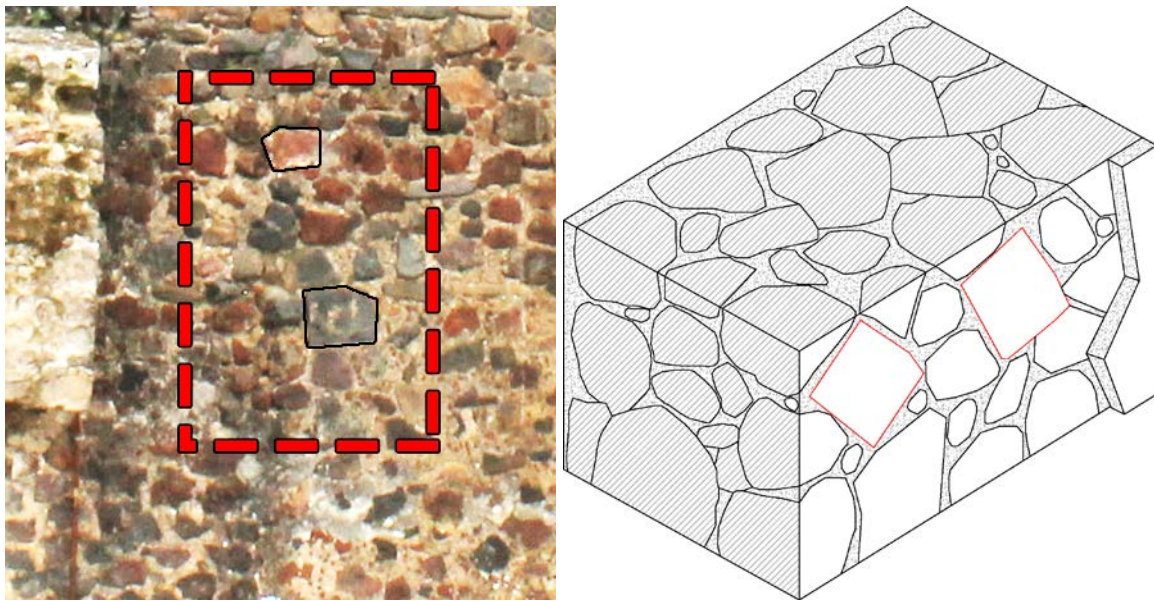


Immagine 85 - Dettaglio disposizione dei conci con individuazione di quelli più regolari

Il rilievo del danno e del dissesto è stato quindi svolto in situ, sulla base delle planimetrie a disposizione ed è stato opportunamente documentato fotograficamente. Il quadro fessurativo che ne risulta è caratterizzato da lesioni significative. Le lesioni risultano passanti per tutto lo spessore degli elementi della struttura (murature e volte) in moltissimi casi. Diversi sono anche gli ambienti che hanno manifestato la presenza di crolli di intere porzioni. Trattandosi di un aggregato edilizio composto da più elementi, la lettura del dissesto permette inoltre di fare delle ipotesi sulla sua evoluzione storica grazie alla messa in evidenza di porzioni non ammassate tra loro individuate come discontinuità costruttive e quindi, unendo questo dato con la ricerca ed analisi storica possiamo mettere in evidenza le principali fasi costruttive.

Il rilievo del quadro fessurativo è stato redatto in pianta in pianta ed in elevato su un supporto grafico concordato tra DIDA ed UNAM, come di seguito riportato:



Instituto Nacional
de Antropología
e Historia

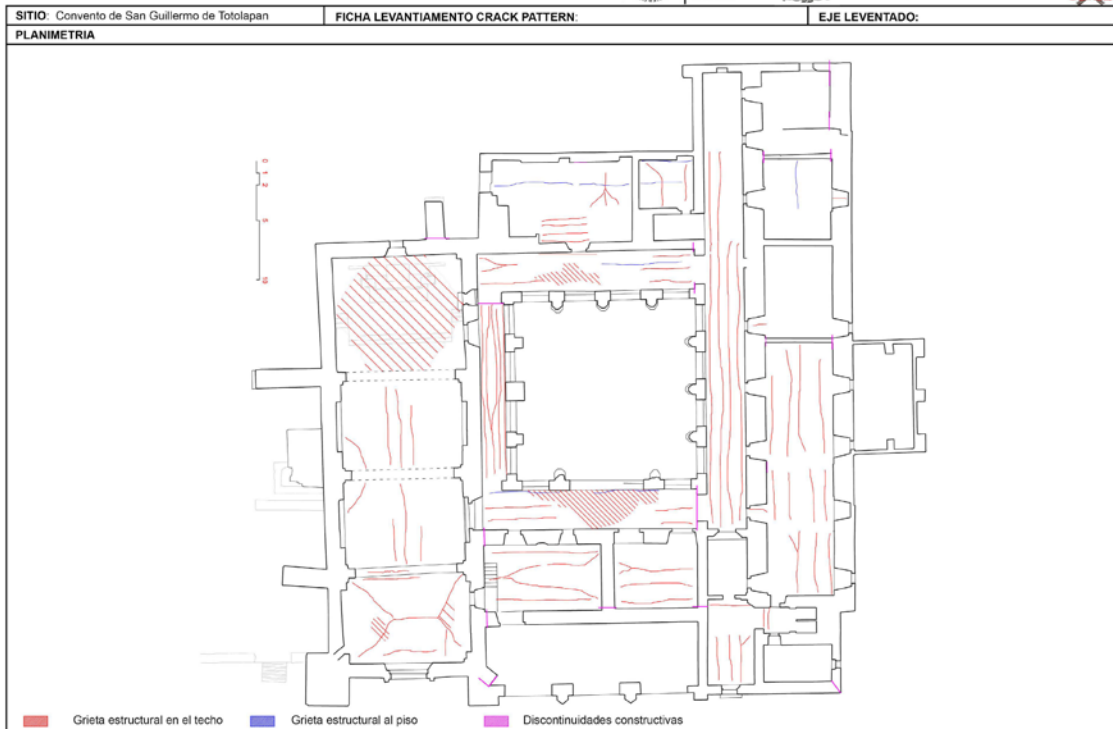


Immagine 86 - Rilievo del quadro fessurativo delle volte al piano terra



Instituto Nacional
de Antropología
e Historia

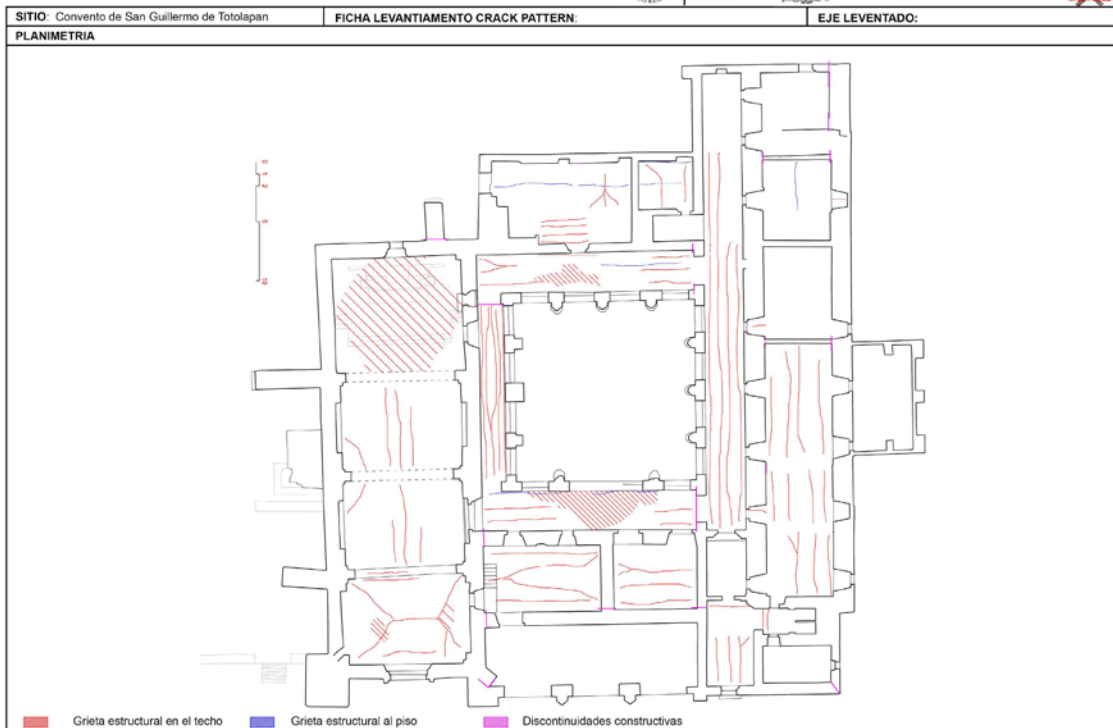


Immagine 87 - Rilievo del quadro fessurativo delle volte al piano primo

Come concordato tra DIDA ed UNAM, la squadra del workshop ha condotto in loco una schedatura per la valutazione del rischio sismico allineata alle nuove Norme tecniche per le costruzioni (d.m. 14 gennaio 2008). La scheda fa parte delle Linee Guida MIBACT 2010 per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale. Si tratta di una tipologia di catalogazione più specificamente rivolta agli edifici storico-monumentali e fornisce indicazioni di dettaglio per affrontare anche i problemi più specifici legati a specifiche tipologie.

La Norma dedica un intero capitolo al percorso della conoscenza e fornisce un vademecum relativo alle fasi da affrontare per l'acquisizione di tutte le conoscenze preliminari che consentono la messa a punto di un modello affidabile per le successive verifiche numeriche.

La prima schedatura che è stata effettuata in sito ha riguardato l'applicazione della Scheda per il rilievo del danno ai beni culturali, modello Chiese al corpo della struttura di San Guillermo de Totolapan (Modello A-DC). Tale schedatura permette in maniera speditiva di redigere una prima lettura dei danni che hanno investito l'edificio, permettendo una diagnosi preliminare della risposta sismica del manufatto.

La metodologia in questione deriva dall'analisi dei danni subiti dalle chiese in occasione dei principali eventi sismici italiani degli ultimi decenni. Gli studi condotti hanno evidenziato come il comportamento sismico di questa tipologia di manufatti possa essere interpretato attraverso la loro scomposizione in porzioni architettoniche (denominate macroelementi), caratterizzate da una risposta strutturale sostanzialmente autonoma rispetto alla chiesa nel suo complesso (facciata, aula, abside, campanile, cupola, arco trionfale, ecc.).

La scheda per il rilievo del danno e della vulnerabilità delle chiese è stata utilizzata nelle emergenze sismiche a partire dal 1995, oltre 4000 strutture sono state catalogate e la ingente mole di dati raccolti ha consentito, attraverso elaborazioni statistiche, di stabilire una relazione tra l'azione sismica ed il danno, in funzione di un parametro di vulnerabilità. La metodologia considera 28 meccanismi di danno, associati ai diversi macroelementi che possono essere presenti in una chiesa.

La scheda risulta suddivisa in 3 sezioni; la prima riguarda contenuti di carattere generale circa la denominazione e localizzazione del manufatto, contesto urbano ecc. La seconda sezione rappresenta la parte del rilievo del danno vero e proprio. Oltre a informazioni di carattere manutentivo generale in questa sede vi è l'identificazione dei cinematismi che si sono attivati (selezionati da un abaco suddiviso in 28 cinematismi di collasso possibili catalogati in seguito alla lettura del comportamento degli edifici ad aula su territorio italiano

in seguito a sisma. I cinematismi sono corredati da una stima del livello di danneggiamento graduato su cinque livelli in continuità con le classificazioni delle scale macrosismiche europee EMS98 (0 - danno nullo; 1-danno lieve; 2-danno moderato; 3- danno grave; 4-danno molto grave; 5-crollo).

La compilazione della scheda permette di giungere ad un indice di danno compreso tra 0 e 1 ottenuto tramite una media normalizzata dell'indice di danno rilevato per i diversi meccanismi.

$$i_d = \frac{d}{5n}$$

Dove

n = numero di meccanismi possibili ($n \leq 28$)

$$d = \sum_{k=1}^n d_k$$

L'applicazione della scheda in un immediato scenario post-sismico ha anche la funzione di stabilire l'agibilità o meno del bene in funzione della lettura effettuata tramite la schedatura. In ogni caso la compilazione permette di giungere a una stima dei costi preliminare per il recupero tramite metodologie standardizzate.



Immagine 88 - Particolare del sottocoro subito dopo il sisma, in questo momento sono presenti le strutture provvisionali

Si riporta di seguito la schedatura effettuata in sito. L'indice di Danno evidenziato per la struttura di San Guillermo de Totolapan normalizzato tra 0 e 1 risulta pari a 0,74. Si tratta ovviamente di un risultato non confortante ma già da una prima analisi speditiva ci aspettavamo un risultato del genere.

14	CUPOLA – TAMBURO/TIBURIO	<input checked="" type="checkbox"/>
danno	LESIONI NELLA CUPOLA (AD ARCO) CON EVENTUALE PROSECUZIONE NEL TAMBURO	■ ■ ■ ■ ■ ■
15	LANTERNA	<input type="checkbox"/>
danno	LESIONI NEL CUPOLINO DELLA LANTERNA – ROTAZIONI O SCORRIMENTI DEI PIEDRITTI	□ □ □ □ □ □
16	RIBALTAMENTO DELL'ABSIDE	<input checked="" type="checkbox"/>
danno	LESIONI VERTICALI O ARCUATE NELLE PARETI DELL'ABSIDE – LESIONI VERTICALI NEGLI ABSIDI POLIGONALI – LESIONE AD U NEGLI ABSIDI SEMICIRCOLARI	■ ■ ■ ■ ■ □
17	MECCANISMI DI TAGLIO NEL PRESBITERIO O NELL'ABSIDE	<input checked="" type="checkbox"/>
danno	LESIONI INCLINATE (SINGOLE O INCROCIATE) – LESIONI IN CORRISPONDENZA DI DISCONTINUITÀ MURARIE	■ ■ □ □ □ □
18	VOLTE DEL PRESBITERIO O DELL'ABSIDE	<input type="checkbox"/>
danno	LESIONI NELLE VOLTE O SCONNESSIONI DAGLI ARCONI O DALLE PARETI LATERALI	□ □ □ □ □ □
19	MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA – PARETI LATERALI DELL'AULA	<input type="checkbox"/>
danno	LESIONI VICINE ALLE TESTE DELLE TRAVI LIGNEE, SCORRIMENTO DELLE STESSE – SCONNESSIONI TRA CORDOLI E MURATURA – MOVIMENTI SIGNIFICATIVI DEL MANTO DI COPERTURA	□ □ □ □ □ □
20	MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA – TRANSETTO	<input type="checkbox"/>
danno	LESIONI VICINE ALLE TESTE DELLE TRAVI LIGNEE, SCORRIMENTO DELLE STESSE – SCONNESSIONI TRA I CORDOLI E MURATURA – MOVIMENTI SIGNIFICATIVI DEL MANTO DI COPERTURA	□ □ □ □ □ □
21	MECCANISMI NEGLI ELEMENTI DI COPERTURA – ABSIDE E PRESBITERIO	<input type="checkbox"/>
danno	LESIONI VICINE ALLE TESTE DELLE TRAVI LIGNEE, SCORRIMENTO DELLE STESSE – SCONNESSIONI TRA I CORDOLI E MURATURA – MOVIMENTI SIGNIFICATIVI DEL MANTO DI COPERTURA	□ □ □ □ □ □
22	RIBALTAMENTO DELLE CAPPELLE	<input type="checkbox"/>
danno	DISTACCO DELLA PARETE FRONTALE DALLE PARETI LATERALI	□ □ □ □ □ □
23	MECCANISMI DI TAGLIO NELLE PARETI DELLE CAPPELLE	<input type="checkbox"/>
danno	LESIONI INCLINATE (SINGOLE O INCROCIATE) – LESIONI IN CORRISPONDENZA DI DISCONTINUITÀ MURARIE	□ □ □ □ □ □
24	VOLTE DELLE CAPPELLE	<input type="checkbox"/>
danno	LESIONI NELLE VOLTE O SCONNESSIONI DALLE PARETI LATERALI	□ □ □ □ □ □
25	INTERAZIONI IN PROSSIMITÀ DI IRREGOLARITÀ PLANO-ALTIMETRICHE (CORPI ADIACENTI, ARCHI RAMPANTI)	<input checked="" type="checkbox"/>
danno	MOVIMENTO IN CORRISPONDENZA DI DISCONTINUITÀ COSTRUTTIVE - LESIONI NELLA MURATURA PER MARTELLAMENTO	■ ■ ■ ■ ■ □
26	AGGETTI (VELA, GUGLIE, PINNACOLI, STATUE)	<input checked="" type="checkbox"/>
danno	EVIDENZA DI ROTAZIONI PERMANENTI O SCORRIMENTO – LESIONI	■ ■ ■ ■ ■ □
27	TORRE CAMPANARIA	<input checked="" type="checkbox"/>
danno	LESIONI VICINO ALLO STACCO DAL CORPO DELLA CHIESA – LESIONI A TAGLIO O SCORRIMENTO – LESIONI VERTICALI O ARCUATE (ESPULSIONE DI UNO O PIÙ ANGOLI)	■ ■ ■ ■ ■ ■
28	CELLA CAMPANARIA	<input checked="" type="checkbox"/>
danno	LESIONI NEGLI ARCHI – ROTAZIONI O SCORRIMENTI DEI PIEDRITTI	■ ■ ■ ■ ■ ■

A₁₇ - INDICE DI DANNO

$n = 14$ (numero dei meccanismi possibili) $d = 52$ (punteggio totale di danno) $i_d = d / 5n = 0,74$

Tabella 2 - Particolare schedatura con indice del danno

5.4.4 Rilievo del degrado

Il team si è anche occupato del rilievo sul posto del degrado superficiale con particolare attenzione alle indicazioni Normal – 1/88 alterazioni macroscopiche dei materiali lapidei, oltre ad una estesa indagine termografica al fine di evidenziare le problematiche non visibili ad occhio nudo.

Questa fase è stata condotta sotto la mia supervisione e del Prof. Arch. Roberto Sabelli con l'aiuto di una studentessa del corso di restauro dell'Università degli Studi di Firenze ed un'altra del corso di restauro della UNAM.

L'indagine è stata condotta attraverso una ricognizione degli spazi stanza per stanza ed è stato mappato lo stato del degrado del bene riportando in pianta per motivi di tempo le principali patologie che affliggono il bene. Di seguito sono elencate le patologie riscontrate:

- Attacco biologico;
- Croste;
- Degrado antropico;
- Lacune di porzioni decorate;
- Mancanze;
- Presenza di umidità;
- Umidità di risalita;
- Presenza di vegetazione.

Negli elaborati successivi sono riportate anche alcune lesioni per poter incrociare i dati con quanto registrato in occasione della mappatura del quadro fessurativo. In questa fase abbiamo registrato anche gli ambienti in cui era presente del materiale apparentemente incongruo, ovvero tutti quei materiali che all'apparenza sono moderni o contemporanei e non in linea col resto dell'edificio, come ad esempio delle porzioni in amianto per la copertura dei dormitori.

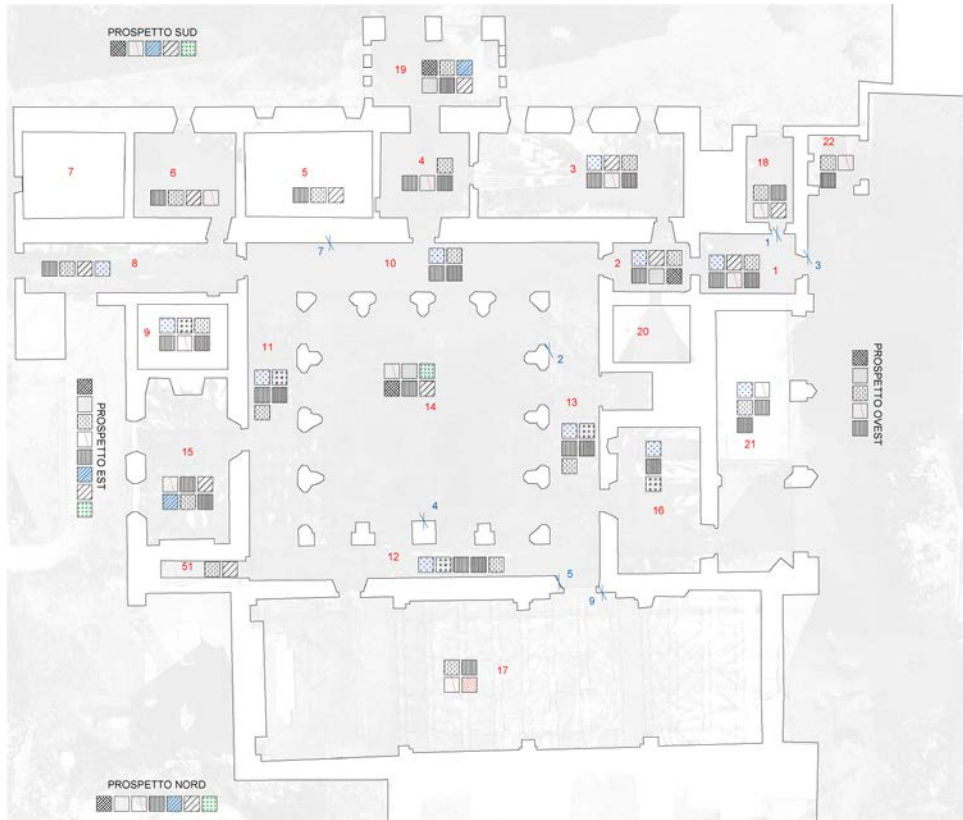
È stato inoltre riscontrato che in certo periodo storico sono state grattate tutte le decorazioni parietali interne per favorire l'applicazione di un intonaco a copertura delle stesse. L'intervento evidentemente non si è concluso in quanto non è presente alcun intonaco contemporaneo e/o moderno applicato sopra le stesse decorazioni. A conferma o meno di supposizioni maturate in loco sulla presunta integrazione di materiali contemporanei sulla facciata principale, in particolare il rifacimento completo dell'intonaco della facciata principale, sono stati prelevati diversi campioni di malta ed elementi lapidei da poter analizzare in Italia al LAM (Laboratorio Materiali lapidei e Geologia applicata, dell'ambiente e del paesaggio della Università degli studi di Firenze)

INDICAZIONE DEI DEGRADI
PRESENTI E DELLE ZONE
DI PRELIEVO DEI SAGGI



- LEGENDA
- 00 Numero ambienti
 - M0 Prelievo di malta
 - 00 Prelievo di campioni

- LEGENDA DEGRADI
- Attacco biologico
 - Croste
 - Degrado antropico
 - Distacco di intonaco
 - Lacune di porzioni decorate
 - Lesione
 - Mancanze
 - Strutture provvisorie
 - Presenza di umidità
 - Umidità di risalita
 - Presenza di vegetazione
 - Colasso della volta
 - Materiali moderni incongrui



INDICAZIONE DEI DEGRADI
PRESENTI E DELLE ZONE
DI PRELIEVO DEI SAGGI



- LEGENDA
- 00 Numero ambienti
 - M0 Prelievo di malta
 - 00 Prelievo di campioni

- LEGENDA DEGRADI
- Attacco biologico
 - Croste
 - Degrado antropico
 - Distacco di intonaco
 - Lacune di porzioni decorate
 - Lesione
 - Mancanze
 - Strutture provvisorie
 - Presenza di umidità
 - Umidità di risalita
 - Presenza di vegetazione
 - Colasso della volta
 - Materiali moderni incongrui



Immagine 89 – Pianta piano terra e primo con rappresentazione per ogni ambiente i principali fattori di degrado secondo Normal 1/88

Il prelievo dei campioni è stato effettuato tramite esportazione di piccole porzioni di elementi che non hanno in alcun modo procurato danno ai paramenti o gli intonaci. Come anticipato, grazie alla collaborazione con DiaCon S.r.l., Spin - off della Università degli Studi di Firenze, è stato possibile condurre una estesa indagine termografica che ha permesso di mettere in evidenza diverse problematiche strutturali e non, a partire dal concio presente sulla facciata principale non visibile ad occhio nudo.

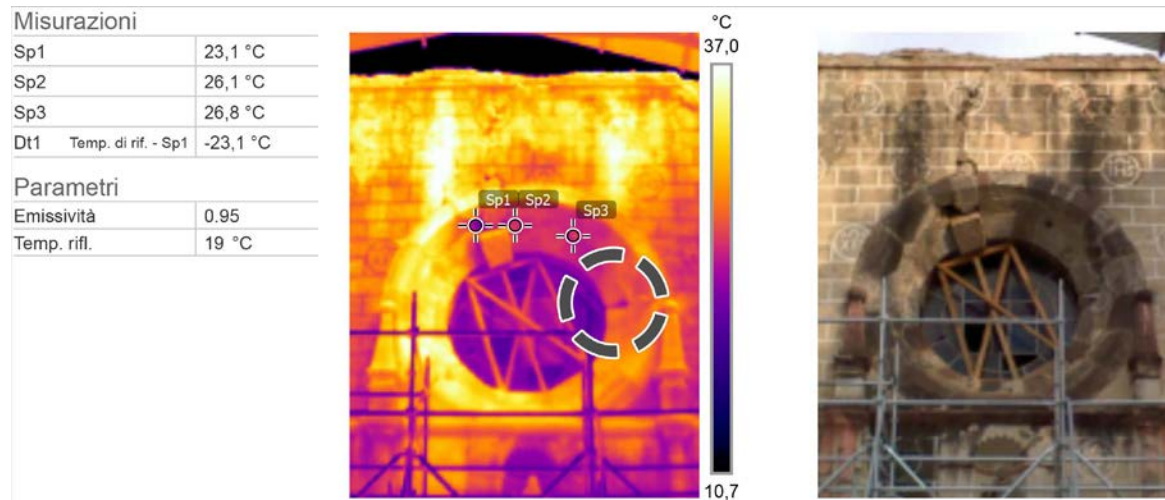


Immagine 90 - Analisi termografica su ingresso della chiesa, in evidenza il concio dislocato

L'impresa locale è stata ben disposta a prendere provvedimenti a seguito della nostra segnalazione implementando dei puntelli lignei a sicurezza del suddetto concio. Nell'analisi termografica seguente è possibile confermare quanto visibile ad occhio nudo, ovvero una vera a propria discontinuità nella muratura caratterizzata dalla presenza di elementi di pezzatura nettamente differente rispetto alla media dell'apparato murario. Si tratta di un punto debole della facciata est che però non è stato un motivo di cedimento o collasso dell'apparato murario di appartenenza

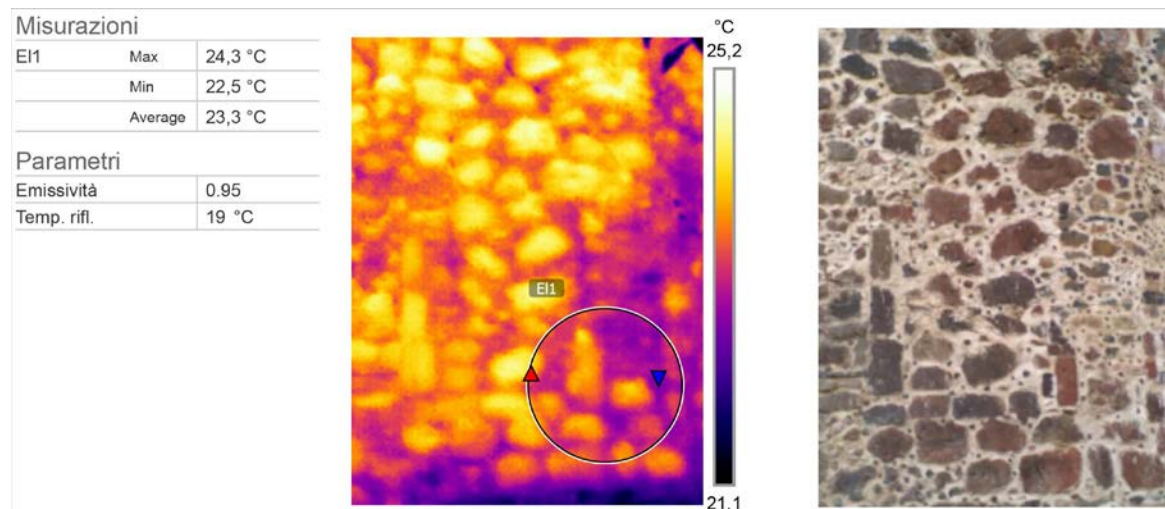


Immagine 91 - Analisi termografica su ingresso della chiesa, in evidenza il concio dislocato.

Tutto il materiale raccolto servirà per accrescere il livello di conoscenza del manufatto per implementare successivamente le informazioni sul modello di gestione di dati in BIM.

5.4.5 Unione delle nuvole di punti per la creazione di un modello 3D BIM

Una volta tornati in Firenze ci siamo occupati di mettere in ordine ed unire i dati raccolti sul campo. Per prima cosa abbiamo raggruppato le nuvole di punti in un modello unico e condivisibile. La problematica principale era proprio l'interscambio della stessa in formato leggibile senza la necessità di software specifici. L'Architetto Matteo Bigongiari, dottorando del curriculum Rilievo della Università degli studi di Firenze e supervisore della fase di acquisizione dati e montaggio, ha utilizzato una metodologia di restituzione dati a lui nota non compatibile con la strumentazione a disposizione di tutti.

Il software utilizzato è stato Leica Cyclone 3D ed è stato possibile generare una nuvola di punti unica in un formato (.imp) di proprietà Leica e non interscambiabile se non con programma dedicato o plug-in. Il problema è sorto quando ci siamo resi conto del costo del programma o del plug-in anche nella versione educativa, stiamo parlando di circa un migliaio di euro per un anno.

Dopo una serie di tentativi di conversione della nuvola nei vari formati di interscambio leggibili dai software Autodesk Recap ed Autodesk Revit (Programmi messi a disposizione da Autodesk a titolo completamente gratuito nella versione educativa) arriviamo alla conclusione che per i miei scopi, ovvero ottenere un modello 3D Bim – Based, devo rimontare le singole scansioni in Autodesk Recap e, successivamente importare la nuvola in Autodesk Revit.

La fase di montaggio delle varie nuvole è durata circa due settimane sullo stesso hardware utilizzato per il progetto FI-MU. La nuvola ottenuta dall'unione di circa 250 scansioni per un peso di oltre 160gb era a dir poco ingestibile, stiamo parlando di 1.087.830 punti per ogni scansione, oltre 271.950.000 punti in totale importati in Autodesk Autocad prima ed In Autodesk Revit dopo.

Decido quindi che la soluzione migliore sia "decimare" la nuvola in Autodesk Recap per renderla più snella con un livello di definizione accettabile. La metodologia di rilievo utilizzata si basa sul concetto della ridondanza ed è ovvio che molti dei punti tra una scansione e l'altra si sovrappongano anche al 60 - 70%. Questo genera un peso complessivo del file di svariati gb e lo rende ingestibile. Gli algoritmi di decimazione eliminano appunto questa ridondanza pur mantenendo la stessa risoluzione globale senza alterarne la geometria complessiva di nostro interesse con una differenza complessiva tra nuvola decimata e non nell'ordine di millimetri.

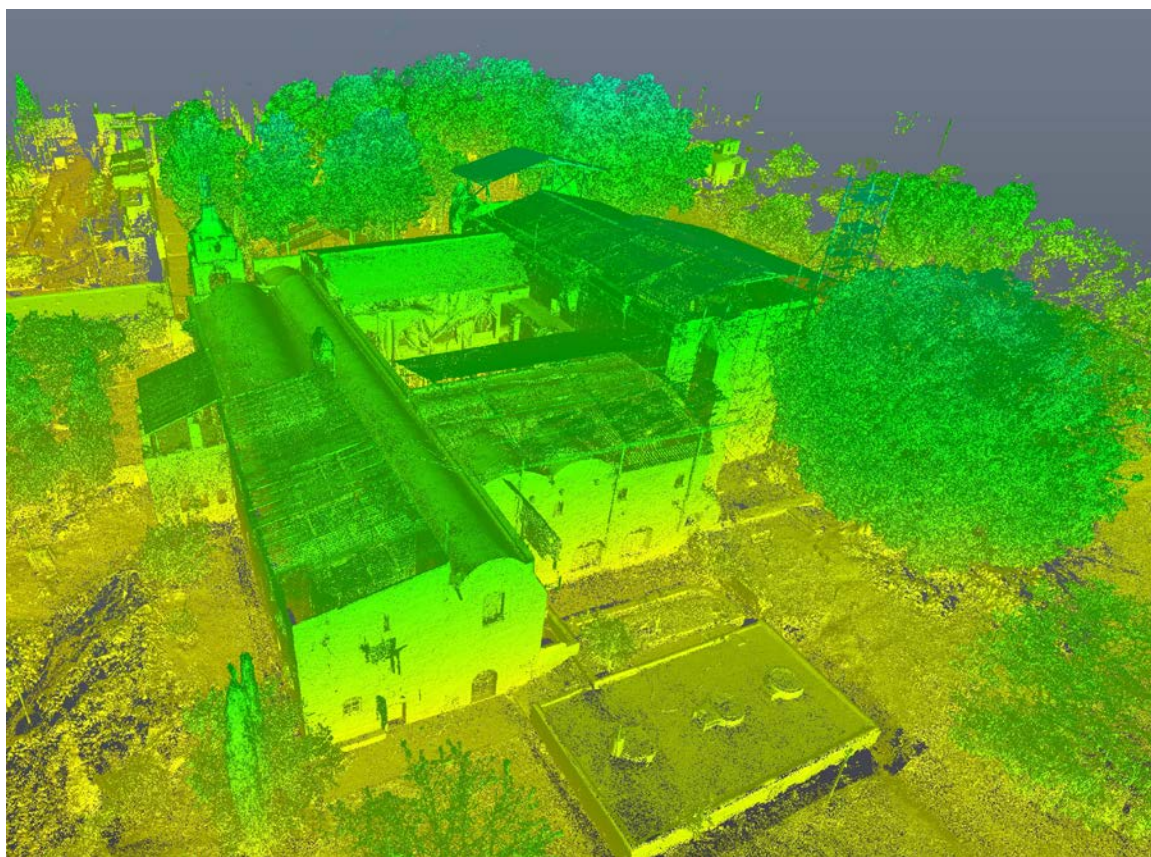


Immagine 92 - Restituzione grafica prospettica della nuvola di punti prima della decimazione

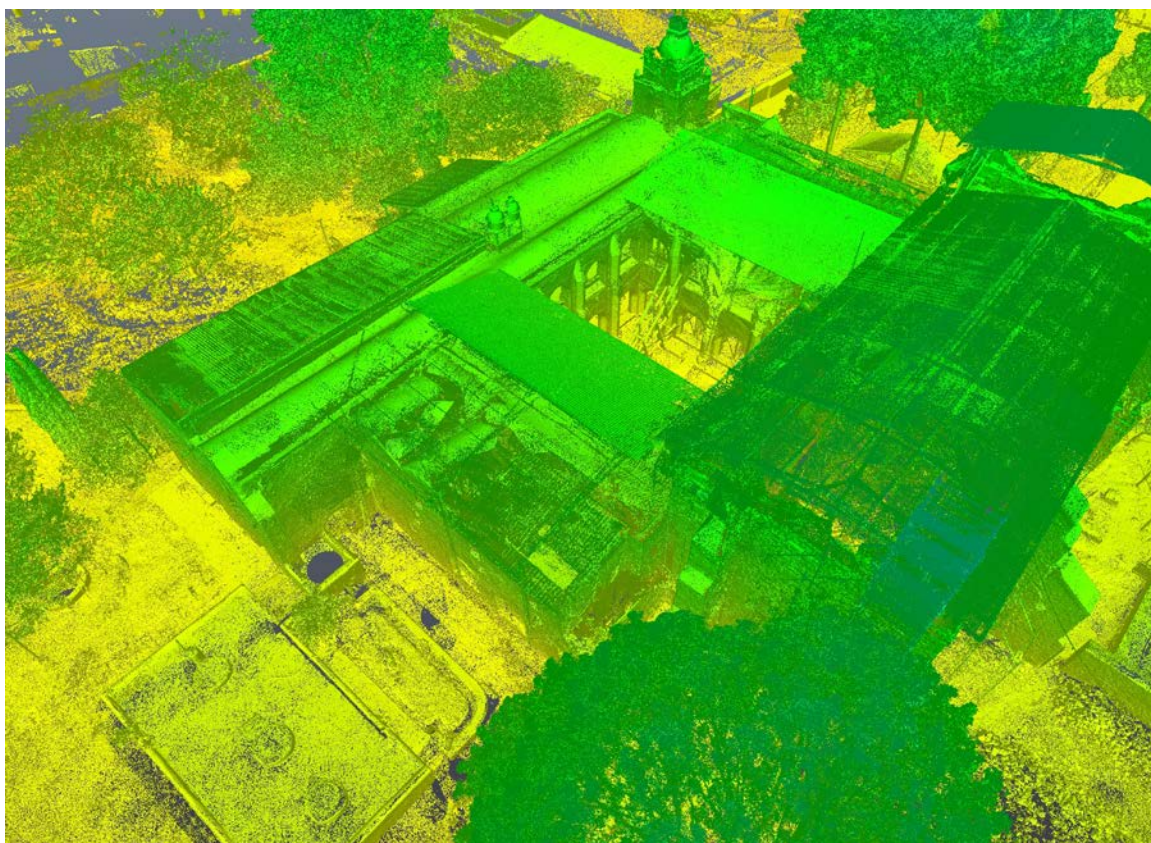


Immagine 93 - Restituzione grafica prospettica della nuvola di punti prima della decimazione

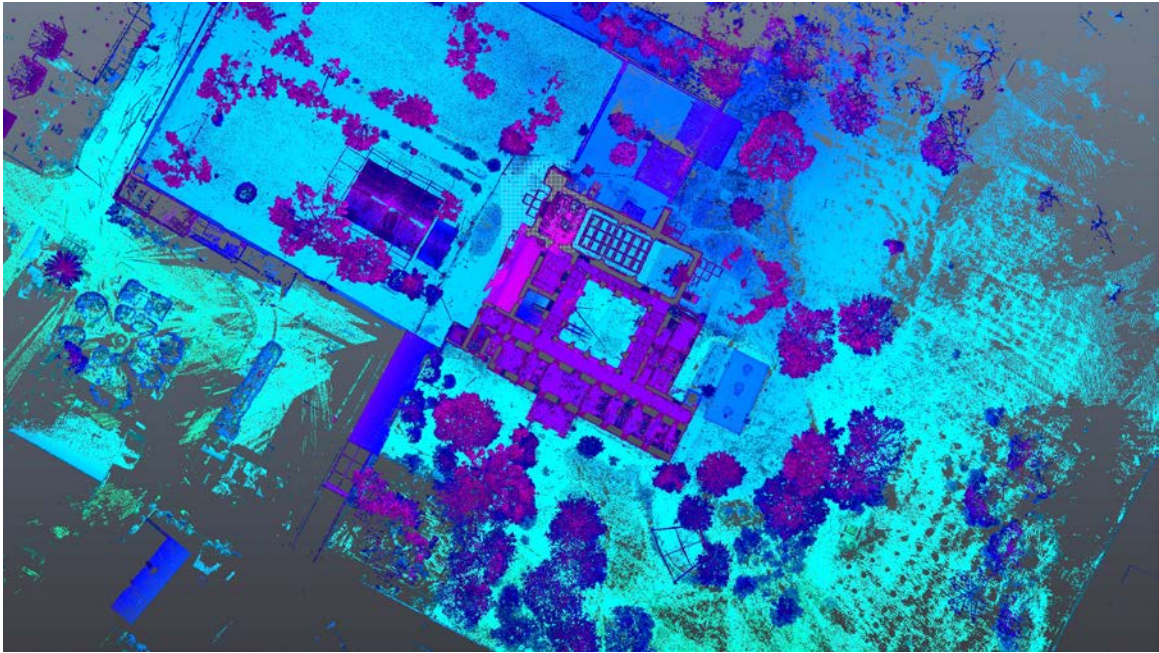


Immagine 94 - Restituzione grafica della nuvola di punti prima della decimazione, piano primo

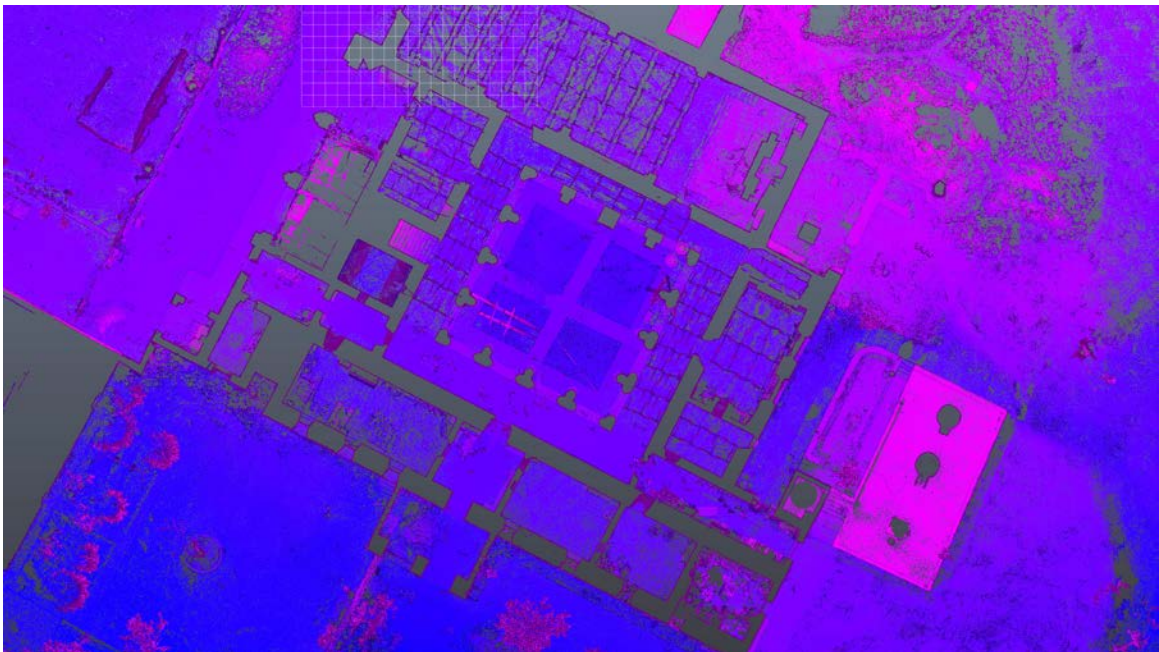


Immagine 95 - Restituzione grafica della nuvola di punti prima della decimazione, piano terra

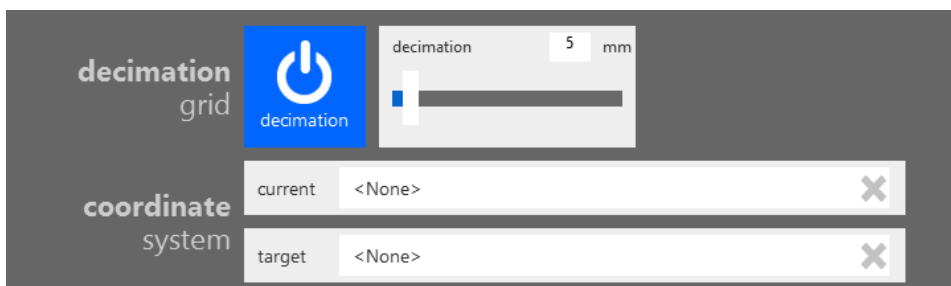


Immagine 96 - Parametri di decimazione della nuvola di punti

Per “decimazione” s’intende diminuire la densità spaziale dei punti effettuando un vero e proprio ricampionamento di tutta la nuvola per eliminare il dato ridondante rendendo la nuvola congruente rispetto alla scala nominale del rilievo da svolgere. Nel mio caso, dopo diversi tentativi, ho optato per una decimazione a 5 mm ovvero un punto ogni 5mm³ che mi ha permesso di ottenere un file molto snello e facilmente gestibile con una ottima scala di dettaglio. Il peso del file ottenuto è di 891 MB, decisamente meno del modello di partenza.

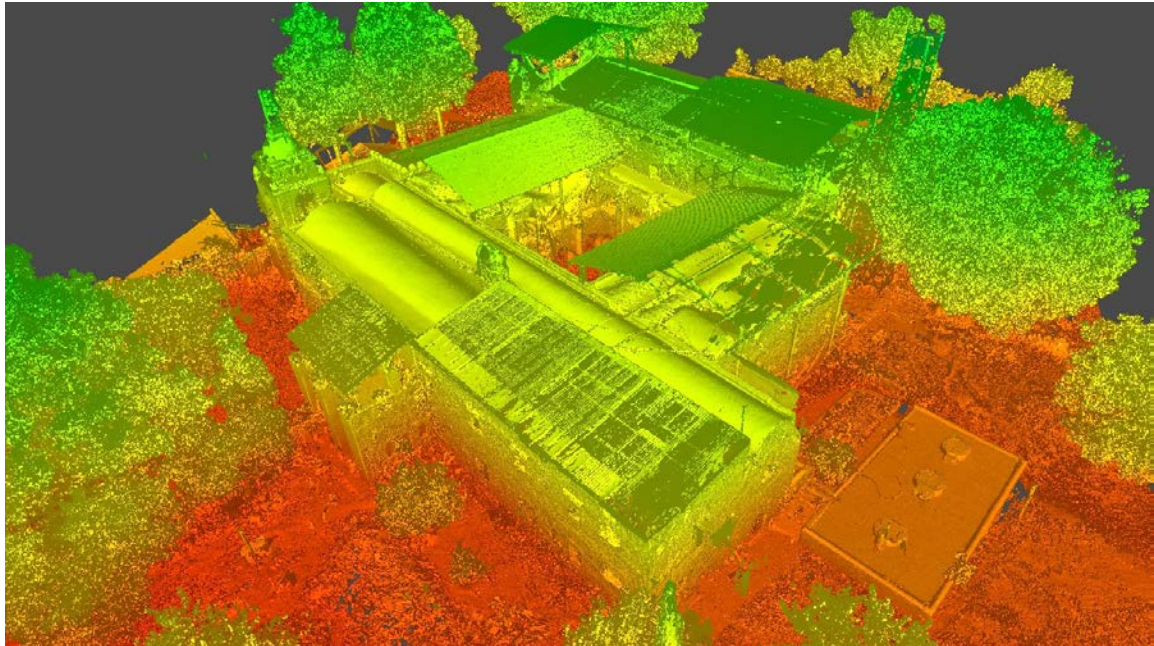


Immagine 97 - Vista prospettica della nuvola decimata

Prima di utilizzare la nuvola di punti ottenuta è necessario effettuare un attento controllo di congruità con la realtà. Il metodo da me utilizzato è stato il medesimo:

- Implementazione della nuvola in Autodesk Autocad per estrazione di piante, prospetti e sezioni;
- Verifica con punti noti ottenuti dalla stazione totale e misure dirette prese manualmente sul campo;
- Aggiustamento degli eventuali errori eliminando i punti sul file della nuvola;
- Restituzione in formato vettoriale delle piante, prospetti e sezioni d’interesse per avere una base di una futura verifica sul campo.

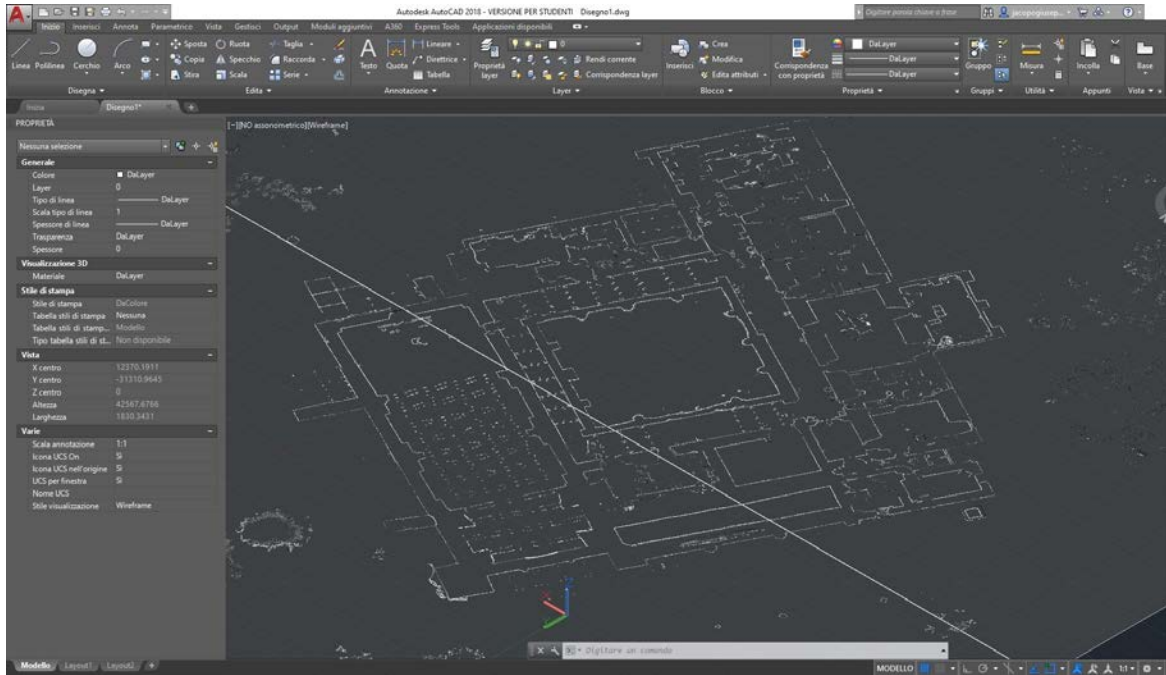


Immagine 98 - Estrazione della pianta del piano terra in Autodesk Autocad

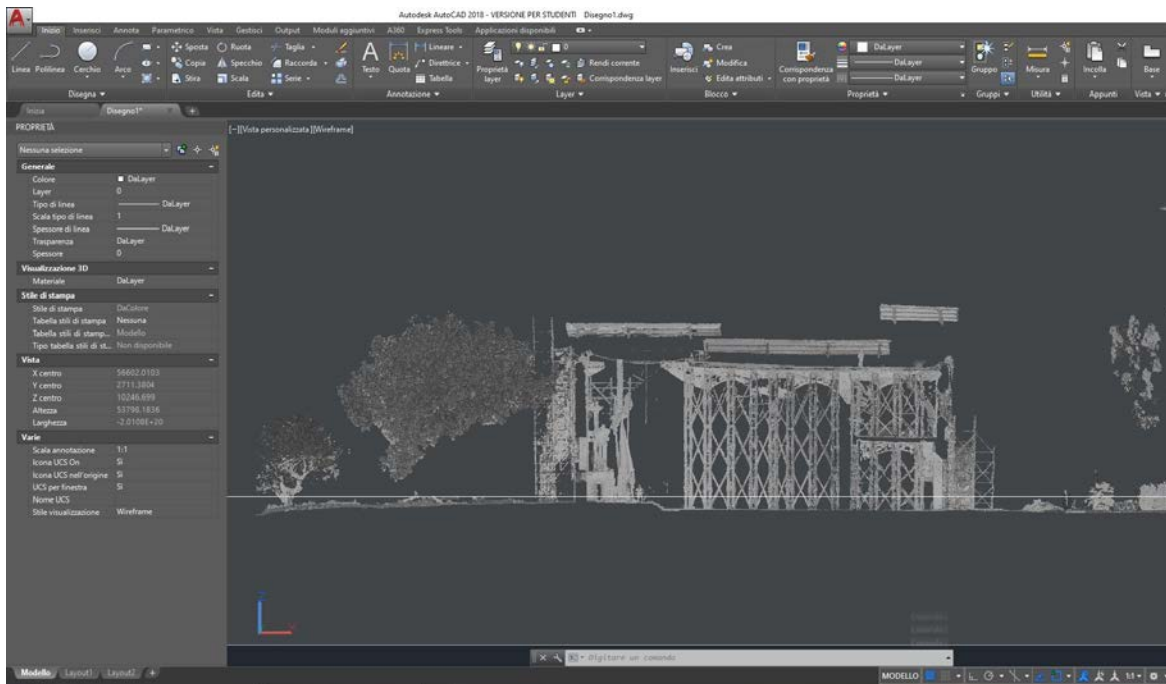


Immagine 99 - Estrazione della pianta della sezione sulla chiesa in Autodesk Autocad

5.4.6 Operazioni di verifica sul posto

Nel maggio 2019 sono tornato sul posto per effettuare le verifiche dimensionali necessarie del rilievo precedentemente acquisito e rimontato, oltre ad approfondire il livello di conoscenza prelevando ulteriori campioni da analizzare in Firenze ed effettuando ulteriori termografie i cui risultati nel dettaglio si trovano nella sezione “Allegati” della presente tesi.

In linea generale l'indagine termografica ha confermato quanto già si evince ad occhio nudo, ovvero che la maggior parte delle lesioni è di tipo passante, lo si nota dalla differenza di temperatura tra l'interno della lesione ed il resto del muro. Nell'immagine sottostante è possibile notare che la temperatura riportata dalla lesione è di circa 18.8°C, di solo 1°C superiore rispetto alla temperatura interna all'edificio.

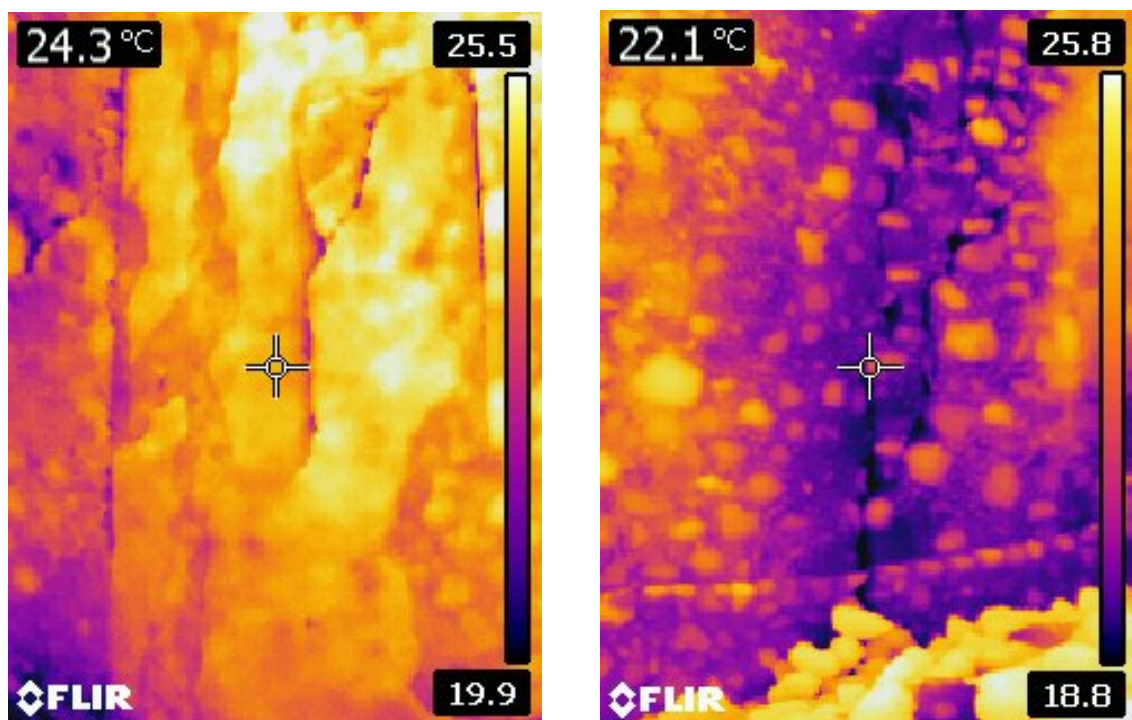


Immagine 100 - Analisi termografica di due lesioni sulla facciata nord in corrispondenza della chiesa

L'utilizzo della termocamera si è rivelato di grande utilità per comprendere l'entità delle lesioni e la stessa natura della muratura.

Interfacciandomi con l'impresa presente sul posto ho potuto ricevere informazioni utili sulla stratigrafia degli elementi costruttivi che ho successivamente riversato nel modello di gestione dei dati BIM. Per quanto riguarda le murature, la tecnologia muraria è una sola, ovvero una muratura in pietra vulcanica a pezzatura variabile con conci che vanno dai 20x20 cm ai 30x10 ed altri elementi più piccoli di circa 5x5 cm



Immagine 101 - Dimensioni dei conci dei maschi murari della chiesa e del chiostro centrale

La mappatura dei materiali, delle lesioni e dei degradi è riportata nella sezione “Allegati” della presente tesi.

5.4.7 Analisi dei campioni

I risultati di laboratorio delle malte e degli inerti hanno evidenziato la presenza dei seguenti elementi:

- **Calcite:** Si tratta di un minerale costituito da carbonato di calcio neutro, nel campione analizzato potrebbe significare la presenza di un legante simile ad un legante cementizio recente;
- **Albite:** Componente essenziale di molte rocce, si trova anche nei graniti ed in alcune argille;
- **Quarzo:** insieme alla magnesio orneblenda potrebbe suggerire la presenza di tonalite, una roccia magmatica intrusiva intermedia che si trova anche a livello locale;
- **Diopside:** molto comune in Messico e presente in una tipologia di pietra denominate “Geoidi del Messico” con una pezzatura di circa 6-9 cm;
- **Magnesio orneblenda:** un minerale appartenente al sottogruppo degli anfiboli di calcio che si può ritrovare negli scisti e nel grabbo ma anche in alcuni graniti e nella tonalite in associazione con il quarzo e potrebbe essere questo il caso;
- **Mica:** Le miche sono un gruppo di minerali appartenente ai fillosilicati, spesso utilizzati per ottenere diverse tonalità cromatiche per decorazioni parietali e non.

Di seguito si riporta una delle analisi condotte dal LAM di Firenze di uno dei campioni di intonaco esterno della facciata ovest. Il campione è composto da uno strato di intonaco superficiale di colore avana, di spessore di 3 mm. Lo strato sottostante malta di colore chiaro bianco con aggregato di composizione variabile di dimensioni millimetriche fino a

centimetriche. Ad una prima analisi visiva sembrerebbe calce originale. Il rapporto L/A (legante/aggregato), calcolato mediante osservazione con stereomicroscopio, è di 1/2. Grazie ad una indagine diffrattometrica (XRD), specifica per il riconoscimento e la quantificazione delle specie mineralogiche presenti in un campione, è stato inoltre possibile osservare che i principali componenti del campione sono la calcite e la albite. La prima potrebbe essere sintomo di una minima presenza di cemento, mentre la seconda alla possibile presenza di argilla. Questo confermerebbe quanto riferito dagli abitanti del posto in merito ad un recente intervento di ripristino della facciata.

I risultati di tutte le analisi sono riportati nella sezione “Allegati” della presente tesi.


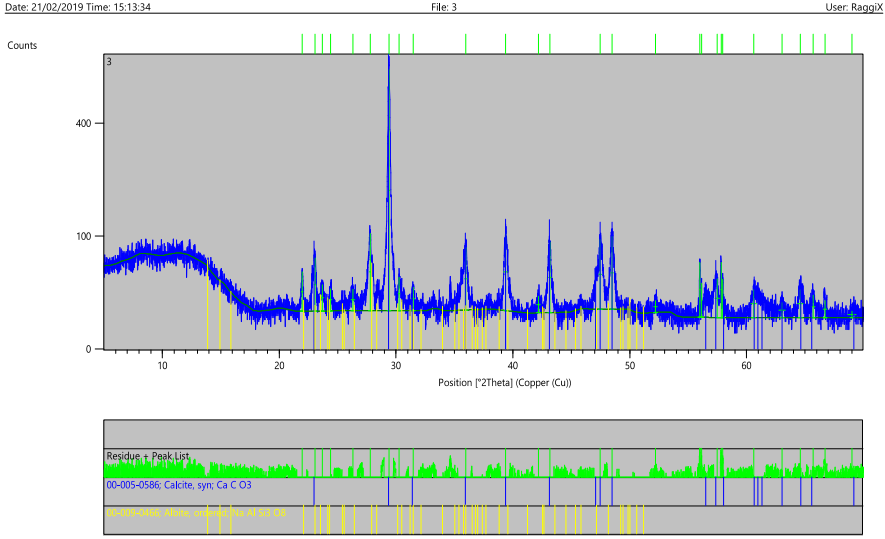
NOME CAMPIONE	3 – Intonaco Esterno Facciata Ovest
FOTO	
DESCRIZIONE DELLA MALTA	<p>Il campione è composto da uno strato di intonaco superficiale di colore avana, di spessore di 3 mm. Lo strato sottostante malta di colore chiaro bianco con aggregato di composizione variabile di dimensioni millimetriche fino a centimetriche. Ad una prima analisi visiva sembrerebbe calce originale.</p> <p>Rapporto L/A (legante/aggregato) 1/2</p>
ANALISI DIFFRATTOMETRICA (XRD) Calcite, albite.	 <p>Date: 21/02/2019 Time: 15:13:34 File: 3 User: RaggiX</p> <p>Counts</p> <p>Position [2Theta] (Copper (Cu))</p> <p>Residue + Peak List</p> <p>00-005-0586; Calcite, sym; Ca C O3</p> <p>Page: 1 of 1</p>

Tabella 3 - Analisi di un campione di intonaco esterno sulla facciata principale

5.4.8 Caratterizzazione del modello BIM.

L'integrazione dei metodi di rilievo classici con scansioni 3D permette di creare un archivio interrogabile di dati dal quale ricavare le informazioni necessarie. È però di fondamentale importanza referenziare i dati a nostra disposizione.

L'obiettivo prefisso da questo modello non è quindi un mero esercizio geometrico di modellazione, bensì la creazione di un modello il più possibile corrispondente alla realtà con al suo interno tutte le informazioni raccolte durante le fasi di acquisizione dati, in particolare:

- Nuvola di punti con caratterizzazione del dato geometrico;
- Immagini fotografiche da me raccolte sul posto;
- Immagini fotografiche storiche provenienti dall'archivio dell'INAH di Città del Messico e della città di Cuernavaca (Morelos)
- Indagini termografiche;
- Mappature del degrado e delle lesioni;
- Indagini di laboratorio con composizione dei materiali;
- Fasi storiche;
- Stratigrafia degli elementi costruttivi.

La modellazione parametrica degli elementi costituenti il manufatto ha richiesto uno studio delle interdipendenze tra le dimensioni per rendere un oggetto adattabile alla maggior parte dei casi. Sono partito da un componente denominato "Famiglia" con dei "Tipi" a caratterizzazione della stessa, per fare un esempio una famiglia potrebbe essere rappresentata da una porta vetrata e i tipi potrebbero essere rappresentati dalle tre diverse dimensioni di tale stile di porta.

Autodesk Revit 2018 già integra al suo interno dei componenti per creare elementi di costruzione di base quali muri, pavimenti, porte ed aperture in generale e sono potuto partire proprio da questi elementi per ottenere delle famiglie specifiche.

Facendo l'esempio banale di un muro, sono partito con la semplice modellazione di un elemento esistente nel programma e successivamente l'ho caratterizzato con le informazioni a mia disposizione, come nell'immagine di seguito riportata.

Modifica assieme

Famiglia: Muro di base
 Tipo: setto - 150 cm
 Spessore totale: 1.5400 Altezza esempio: 6.0000
 Resistenza (R): 0.5172 (m²·K)/W
 Massa termica: 321.91 kJ/K

Strati

LATO ESTERNO					
	Funzione	Materiale	Spessore	Ripiegature	Materiale strutturale
1	Contorno del nucleo	Strati sopra ripiegatura	0.0000		
2	Finitura 1 [4]	Intonaco - Bianco	0.0200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3	Struttura [1]	Muro	1.5000	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	Finitura 1 [4]	Intonaco - Bianco	0.0200	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5	Contorno del nucleo	Strati sotto ripiegatura	0.0000		

Immagine 102 - Composizione dimensionale della stratigrafia

Browser dei materiali - Muro

Cerca

Materiale progetto: Tutti

Nome
Materiale per il rendering 82-165-0
Materiale per il rendering 82-165-103
Materiale per il rendering 82-165-124
Materiale per il rendering 88-19-88
Materiale per il rendering 95-127-0
Metallo - Acciaio - 345 MPa
Metallo - Acciaio inox, levigato
Muro
Muro di default
Muro esterno massa di default
Muro interno massa di default
Ombra massa di default
Pavimento di default
Pavimento massa di default
Pino

Identità Grafica Aspetto Fisico Termico

Nome Muro

Informazioni descrittive

Descrizione: Struttura muraria in pietra vulcanica a pezzatura variabile con conci che vanno dai 20x20 cm ai 30x10 ed altri elementi più piccoli di circa 5x5

Classe: Stone

Commenti

Parole chiave

Informazioni sul prodotto

Produttore

Modello

Costo

URL: \\SERVER_DIACON\Server\SCAMBIO\Jaco...

Informazioni sull'annotazione di Revit

Nota chiave

Contrassegno

Immagine 103 - Descrizione generica della porzione strutturale

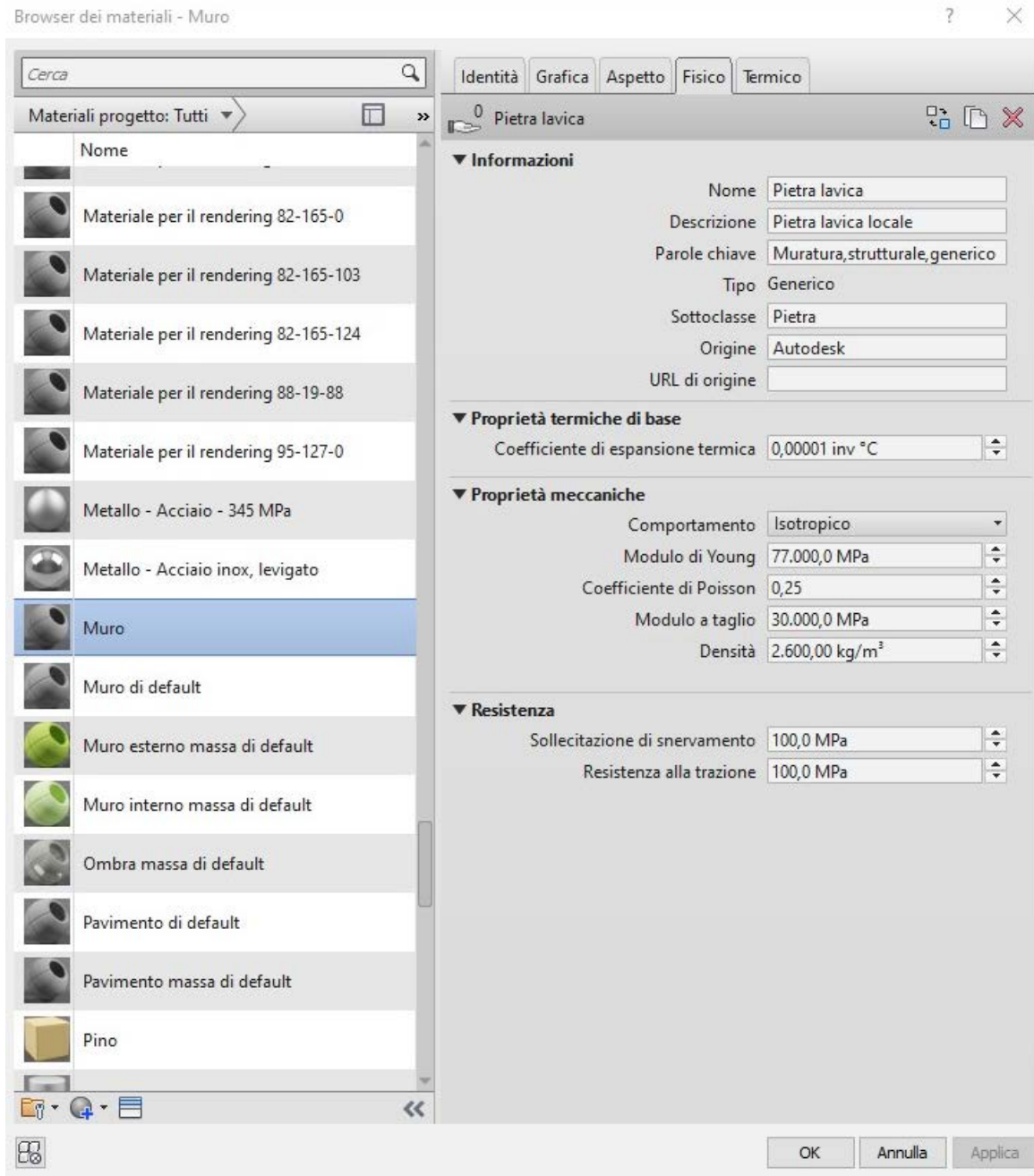


Immagine 104 – Implementazione delle caratteristiche fisiche

Le caratteristiche meccaniche dei materiali impiegati nella struttura esistente mi sono state comunicate dall' impresa presente sul posto incaricata di eseguire gli interventi di ricostruzione ed adeguamento sismico del manufatto.

Per ottenere dei dati certi sono state effettuate delle prove su porzioni murarie prelevate dai crolli a seguito dell'evento sismico.

Per quanto riguarda invece i dati fisici mi sono riferito alle tabelle disponibili on line al sito http://fisicatecnica.altervista.org/tabelle/tab_conduc.htm.

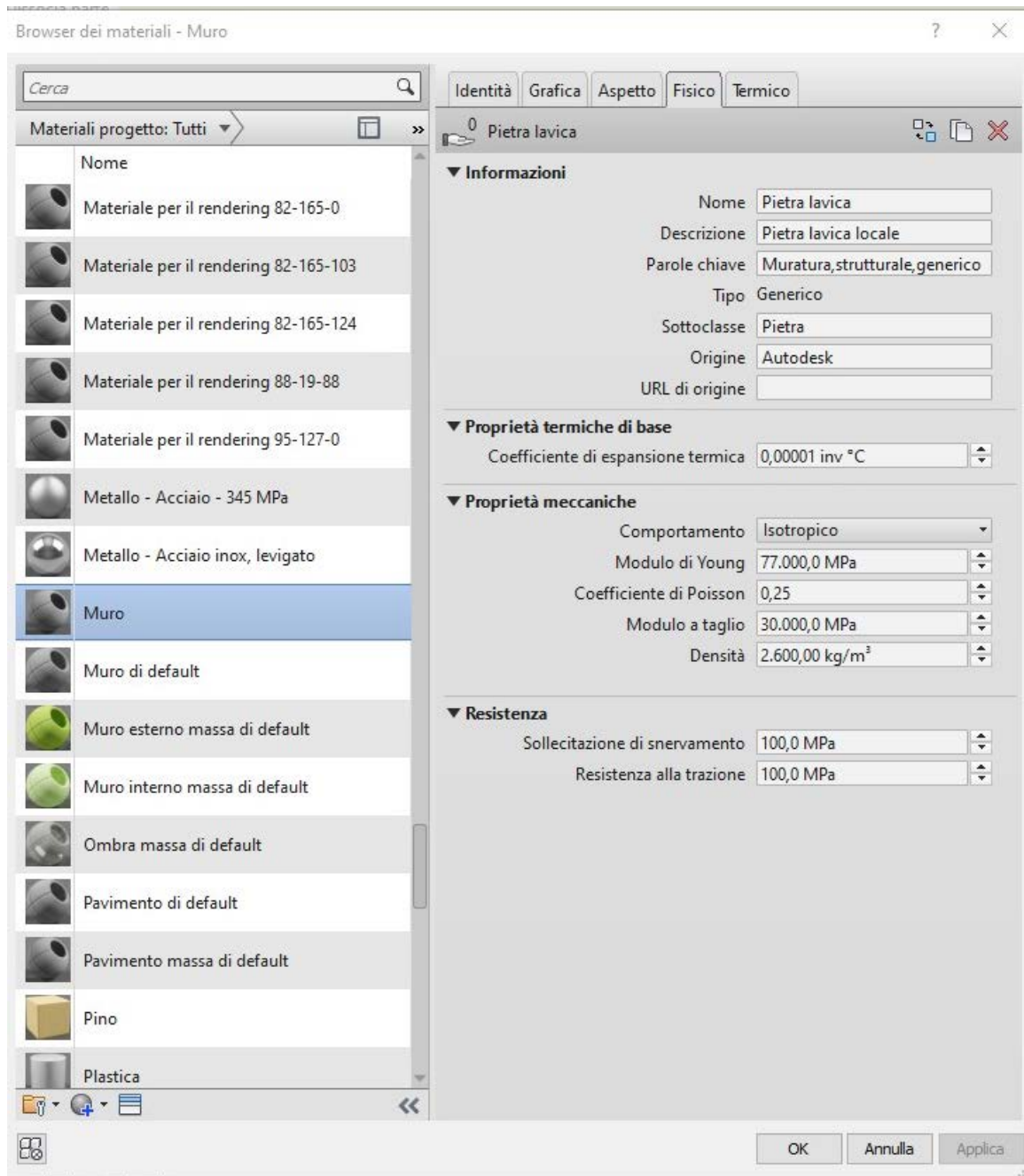


Immagine 105 - Caratteristiche termiche del materiale componente lo strato di muratura portante

Una volta terminata la fase di implementazione delle caratteristiche fisico meccaniche degli elementi costituenti il manufatto in esame (muri e solai) mi sono occupato della modellazione geometrica vera e propria creando tutte le interdipendenze dimensionali degli elementi al fine di ottenere una vera e propria modellazione parametrica basandomi sulla geometria della nuvola di punti ottenuta dalla decimazione di quella originale.

Di seguito propongo l'esempio della modellazione parametrica di un arco rastremato al suo interno.

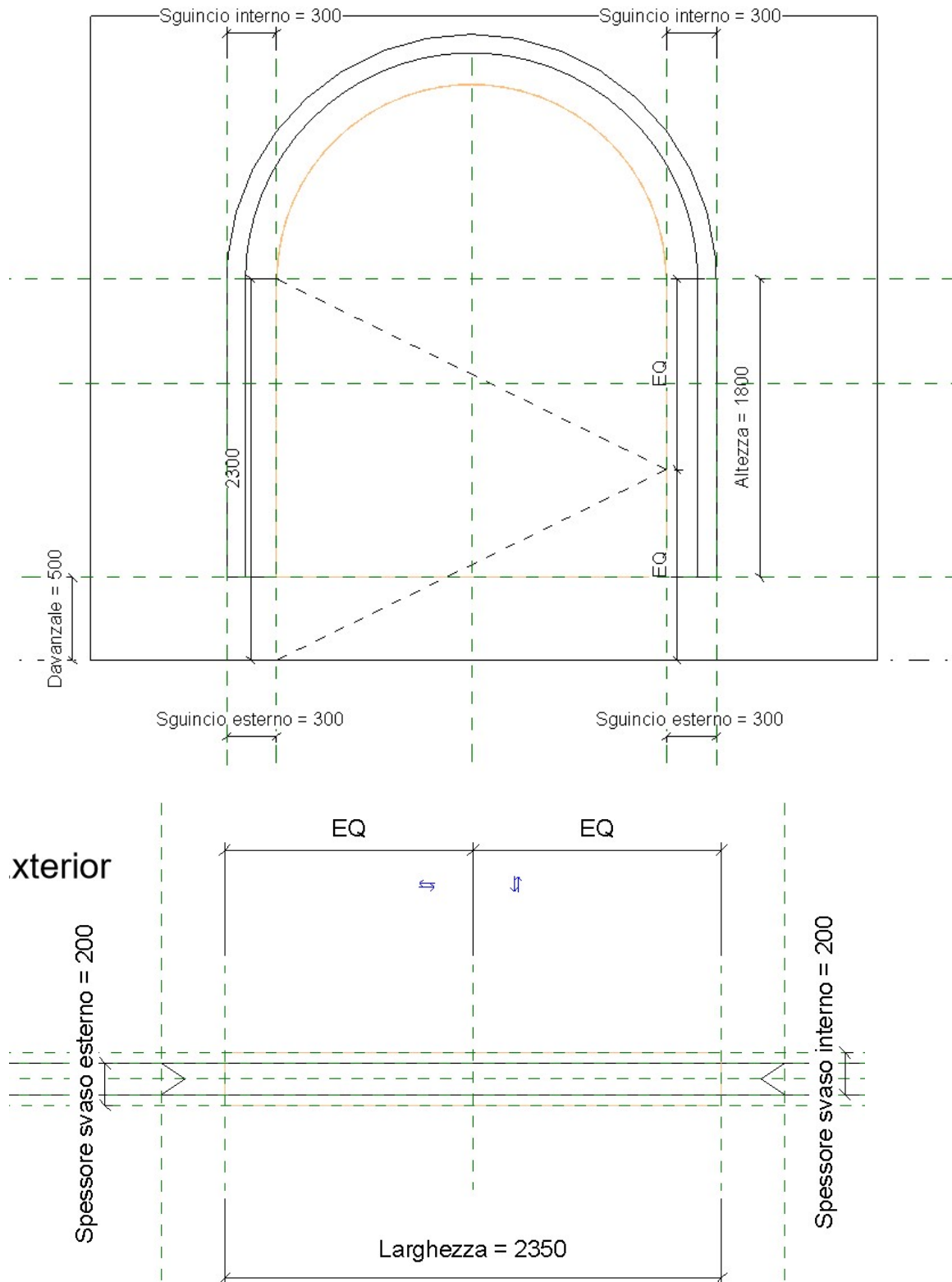


Immagine 106 - creazione delle interdipendenze geometriche per la modellazione parametrica

Nell'immagine sopra sono rappresentate le interdipendenze tra le misure fondamentali che descrivono un arco con all'interno una rastremazione. I parametri numerici

rappresentati fanno riferimento ad un arco tipo successivamente associabile ad un arco reale.

Costruzione	
Funzione	Interno
Chiusura muro	Per host
Tipo di costruzione	
Dimensioni	
Altezza	1.8000
Davanzale	0.5000
Larghezza	2.2300
Larghezza approssimativa	
Altezza approssimativa	
Sguincio esterno	0.4000
Sguincio interno	0.4000
Spessore	
Spessore svaso esterno	0.2000
Spessore svaso interno	0.2000

Immagine 107 - Parametri dimensionali modificabili per ottenere il modello reale

Una volta settati i parametri geometrici del caso possiamo modellare un elemento reale semplicemente misurandolo nei punti da noi ritenuti opportuni, in questo caso:

- Altezza totale;
- Spessore davanzale;
- Larghezza totale;
- Sguincio esterno: (misura relativa alla rastremazione verso l'esterno del davanzale);
- Sguincio Interno: (misura relativa alla rastremazione verso l'interno del davanzale);
- Spessore svaso interno (misura relativa alla rastremazione verso il centro dal lato destro del davanzale)
- Spessore svaso esterno (misura relativa alla rastremazione verso il centro dal lato sinistro del davanzale)

Quello che possiamo ottenere è un modello geometrico locale molto fedele alla realtà, come rappresentato nell'immagine seguente.

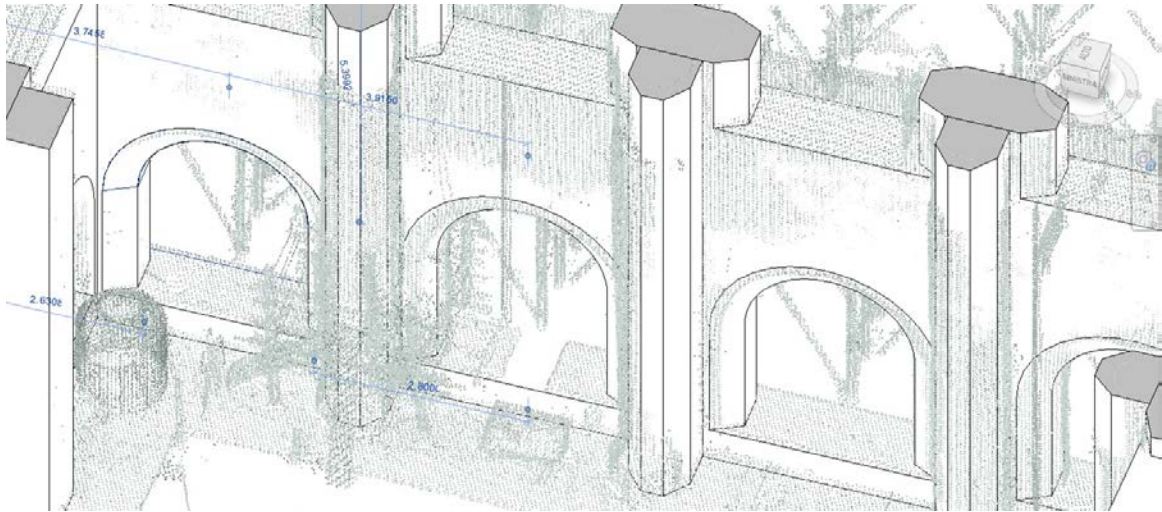


Immagine 108 - Rappresentazione degli archi modellati, si noti la perfetta aderenza alla nuvola di punti

Questo tipo di modellazione non permette una fedele riproduzione della geometria in quanto il fine non è una modellazione fedele al 100% alla realtà, per quello abbiamo i dati del laser scanner, in ogni caso sempre presenti nel modello per garantire l'affidabilità dimensionale di tutto il modello.

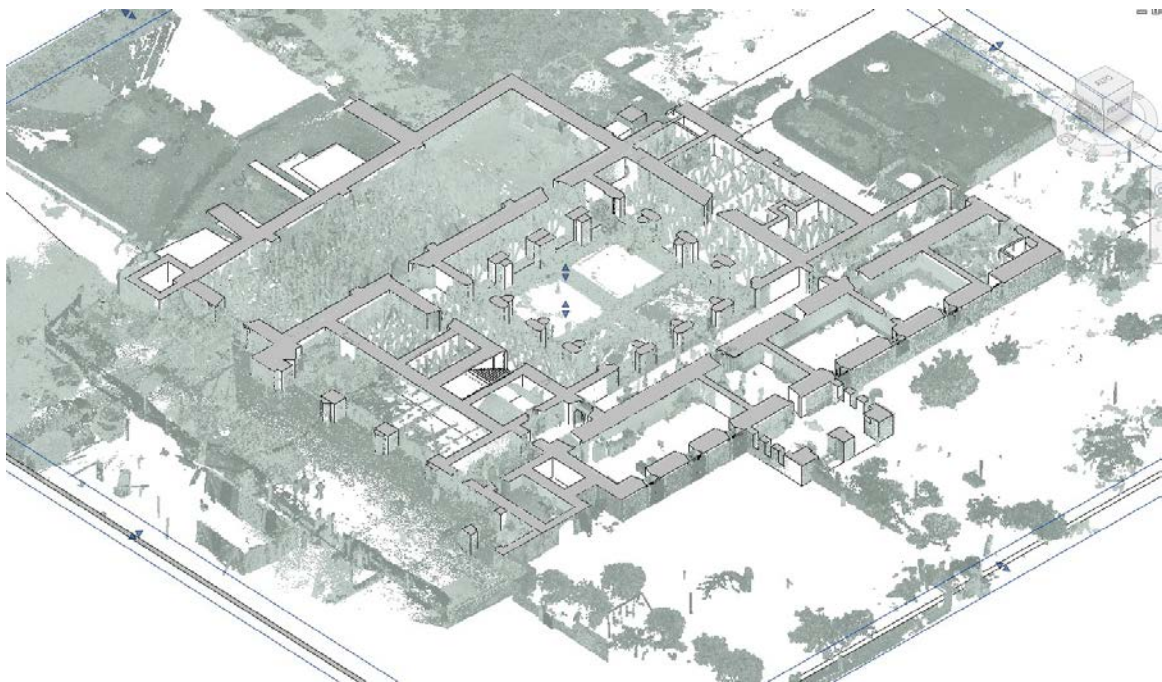


Immagine 109 - sovrapposizione del modello 3d su nuvola di punti

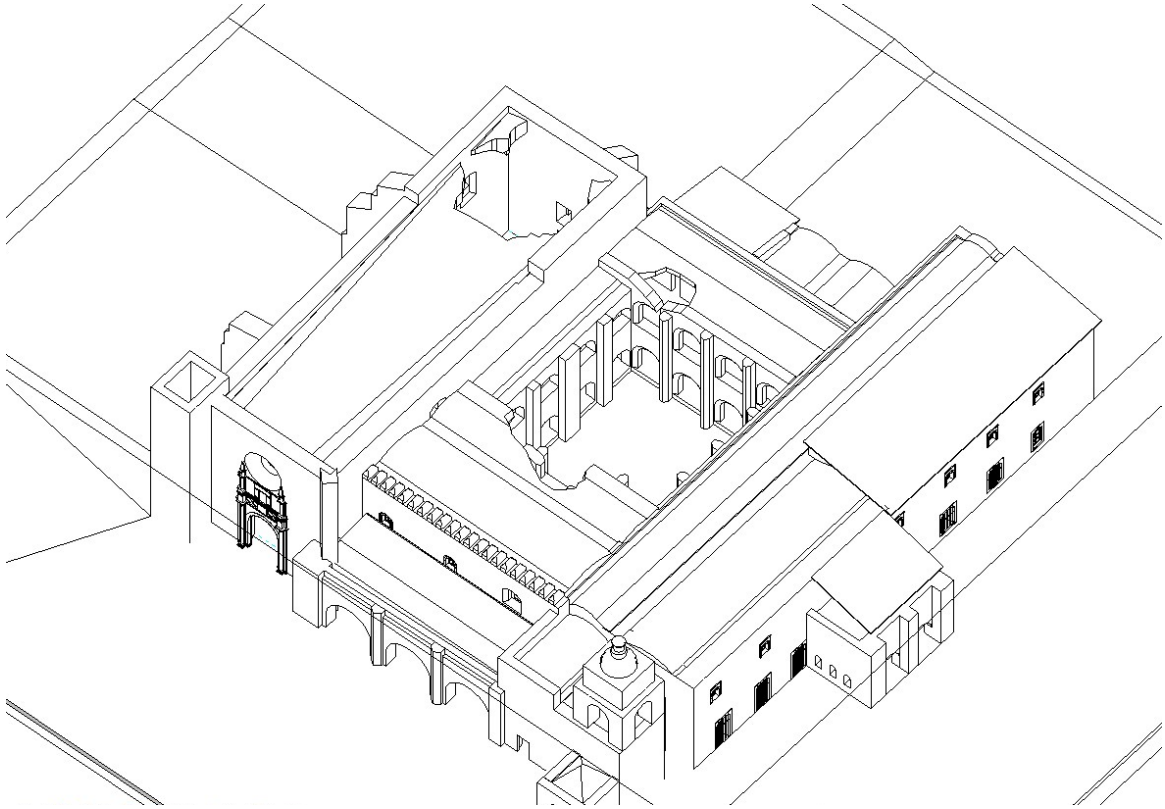


Immagine 110 - Modello completo di geometria e caratteristiche fisico meccaniche degli elementi

Una volta concluso il modello geometrico con tutte le caratteristiche fisico meccaniche ho implementato i dati relativi alle mappature delle lesioni e dei degradi che ho avuto modo di approfondire nella mia ultima visita in maggio 2019. Nella sezione “Allegati” di questa tesi sono presenti delle tavole tematiche estratte dal modello di Gestione dei dati in BIM.

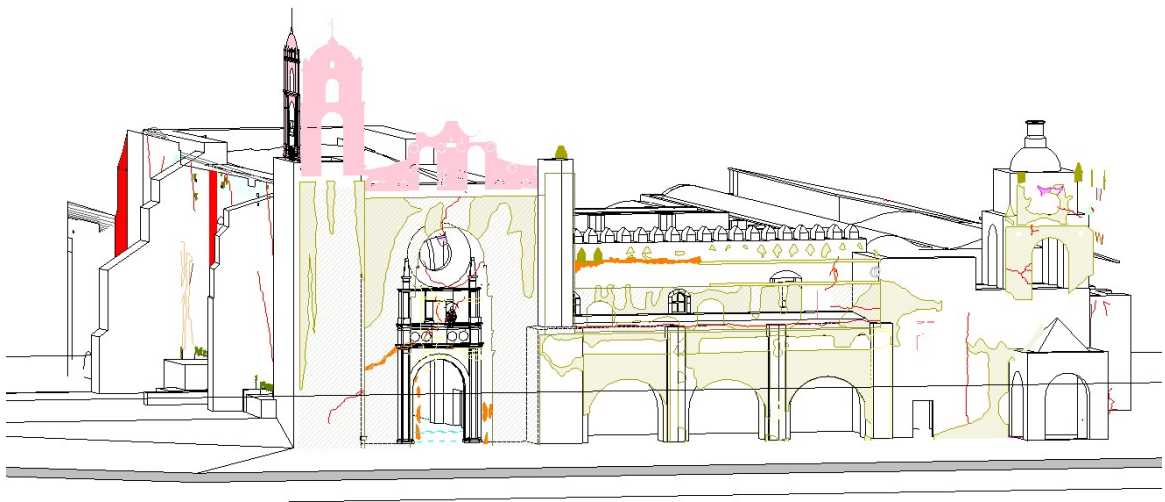


Immagine 111 - Caratterizzazione del modello con lesioni e degradi dei materiali

La fase successiva mi ha visto impegnato nel collegamento al modello di tutto il materiale fotografico ed archivistico raccolto e catalogato nelle varie missioni sul posto.

Le potenzialità offerte dal modello di gestione BIM sono molteplici, una di queste è la creazione degli “Abaci”. Il modello viene arricchito con una nomenclatura degli ambienti interni secondo una numerazione arbitraria ed una descrizione della loro destinazione d'uso. Nel caso specifico sono stati richiamati anche dei dati dimensionali che fanno riferimento ai metri quadrati ed i volumi dei singoli locali. Per collegare i dati raccolti ho inserito un altro campo che fa riferimento ad un link che indirizzato ad una cartella specifica in cui, per ogni locale, sono presenti delle immagini storiche ed attuali, oltre alle indagini termografiche e le analisi dei campioni in essi prelevati.

Questa metodologia permette quindi di gestire le informazioni delle istanze muro/pavimento/soffitto/tetto, affinché vengano riconosciuti e calcolati in automatico Area, Volume, e qual si voglia parametro dimensionale del locale attraverso delle specifiche famiglie producendo in automatico delle sommatorie che ci fanno apprezzare al meglio le dimensioni dell'immobile. Nel caso specifico possiamo osservare che:

- 57 Locali interni totali;
- La totalità dei m² calpestabili è pari a 2.267,8 m²;
- Il volume totale delle porzioni interne è pari a 5.523,0 m³.

<Abaco dei locali>

A	B	C	D	E
Numero	Destinazione d'uso	Superficie del locale	Volume Netto (h 2.70 m)	Documenti collegati
	Locale	Non posizionato	Non posizionato	\\SERVER_DIACO
2	Sottocoro	71.4 m ²	174.1 m ³	\\SERVER_DIACO
3	Navata principale	258.5 m ²	630.4 m ³	\\SERVER_DIACO
4	Portico Ovest	89.0 m ²	217.1 m ³	\\SERVER_DIACO
5	Locale	37.4 m ²	91.2 m ³	\\SERVER_DIACO
6	Corridoio Ovest	61.5 m ²	150.0 m ³	\\SERVER_DIACO
7	Corridoio Nord	33.7 m ²	82.3 m ³	\\SERVER_DIACO
8	Corridoio Est	58.8 m ²	143.5 m ³	\\SERVER_DIACO
9	Locale	10.9 m ²	26.6 m ³	\\SERVER_DIACO
10	amministrazione	55.4 m ²	135.0 m ³	\\SERVER_DIACO
11	Guadalupanos	24.1 m ²	58.7 m ³	\\SERVER_DIACO
12	Ingresso Sud	46.3 m ²	112.9 m ³	\\SERVER_DIACO
13	Corridoio Sud	76.2 m ²	185.9 m ³	\\SERVER_DIACO
14	Chiostro	219.7 m ²	535.7 m ³	\\SERVER_DIACO
15	Locale	14.7 m ²	35.8 m ³	\\SERVER_DIACO
16	Locale	24.6 m ²	59.9 m ³	\\SERVER_DIACO
17	Ufficio	17.6 m ²	42.9 m ³	\\SERVER_DIACO
18	Cappella	10.7 m ²	26.1 m ³	\\SERVER_DIACO
19	Salone Azzurro	74.8 m ²	182.5 m ³	\\SERVER_DIACO
20	Vestibolo	32.7 m ²	79.7 m ³	\\SERVER_DIACO
21	Salone giallo	46.8 m ²	114.2 m ³	\\SERVER_DIACO
22	Magazzino	39.4 m ²	96.1 m ³	\\SERVER_DIACO
23	Laboratorio di carpenteria	30.3 m ²	73.9 m ³	\\SERVER_DIACO
24	Locale	3.1 m ²	7.7 m ³	\\SERVER_DIACO
25	Oratorio	20.2 m ²	49.3 m ³	\\SERVER_DIACO
26	Locale	14.2 m ²	34.5 m ³	\\SERVER_DIACO
27	Locale	38.9 m ²	94.9 m ³	\\SERVER_DIACO
28	Locale	6.8 m ²	16.5 m ³	\\SERVER_DIACO
29	Biblioteca	56.0 m ²	134.9 m ³	\\SERVER_DIACO
30	Corridoio Ovest	61.5 m ²	150.0 m ³	\\SERVER_DIACO
31	Locale	38.1 m ²	93.0 m ³	\\SERVER_DIACO
32	Corridoio Nord	33.7 m ²	82.3 m ³	\\SERVER_DIACO
33	Corridoio Est	60.5 m ²	147.4 m ³	\\SERVER_DIACO
34	Corridoio Sud	46.3 m ²	112.9 m ³	\\SERVER_DIACO
35	Corridoio sud	76.2 m ²	185.9 m ³	\\SERVER_DIACO
36	Disimpegno	14.7 m ²	35.8 m ³	\\SERVER_DIACO
37	Camera 1	24.6 m ²	59.9 m ³	\\SERVER_DIACO
38	Camera 2	17.6 m ²	37.8 m ³	\\SERVER_DIACO

Immagine 112 - Abaco dei locali

A questo punto tutti i dati raccolti e catalogati sono stati implementati nel modello di conoscenza. Il risultato ottenuto è quindi un archivio implementabile con qualsiasi dato futuro disponibile. Per interesse personale sto catalogando alcune fasi salienti delle opere di cantiere, con particolare attenzione alla ricostruzione degli elementi perduti in occasione del sisma.

5.4.9 Considerazioni finali

Parlando in termini di LOD “Livello di sviluppo degli Oggetti Digitali” riferirti alla norma UNI 11337 parte 4, possiamo affermare che il modello ottenuto è configurabile in un “LOD D” in quanto:

- Sono stati rappresentati tutti gli elementi architettonici e strutturali esistenti mediante un solido avente dimensioni pari a quelle reali e quindi il più possibile corrispondente alla realtà;
- Sono state modellate tutte le stratigrafie dei principali componenti;
- L’oggetto è configurabile in un solido 3D complesso;
- Il dettaglio dei componenti è stato effettuato per gruppi senza riferimenti ai singoli prodotti impiegati (in quanto non presenti).

Una volta discusse le migliori soluzioni tecnologiche sarà possibile implementarle nel modello di conoscenza per verificarne la congruità non solo dimensionale ma anche dal punto di vista della compatibilità dei materiali in modo da ottenere la previsione di scheduling di cantiere.

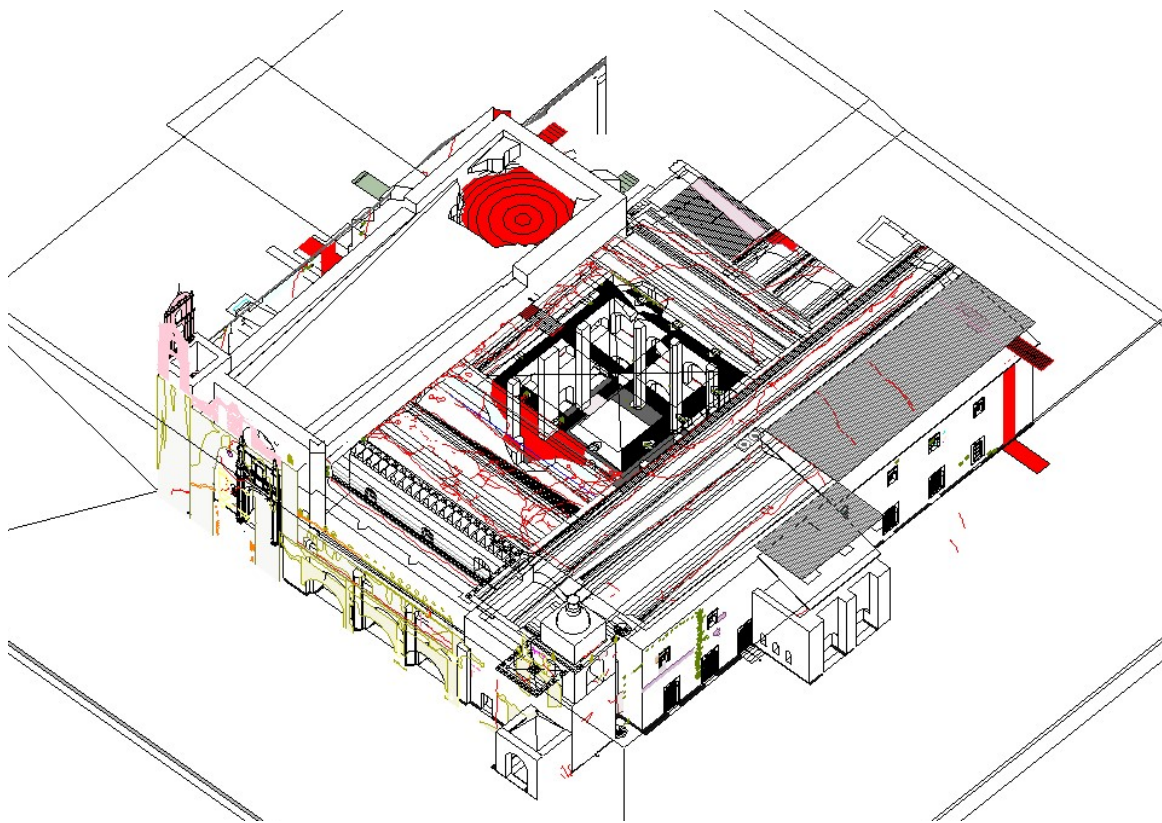


Immagine 113 - Il modello finale rappresentato in assonometria

6 Conclusioni

Il progetto della conoscenza applicato nello studio dei due manufatti oggetto di studio, ha messo in evidenza le potenzialità, ma anche le criticità, dei due metodi di gestione dei dati identificabili come BIM e GIS, dimostrando che si tratta di due metodologie integrabili e non sostituibili. Il GIS si mostra come una risorsa ottima per la gestione di dati territoriali come nel caso del circuito murario di una città come Firenze, mentre il BIM sembra essere la soluzione ideale per la gestione di database nidificati, applicabili ad un contesto architettonico a scala più ridotta e dotato di forte unicità. Entrambi i progetti di conoscenza non avevano una vasta bibliografia al riguardo: la gestione del BIM applicato al costruito esistente è spesso controverso con una gestione dei dati mai univoca, a conferma del fatto che sia ancora un campo di studio in continua evoluzione in quanto molto connesso col progresso tecnologico di software ma soprattutto hardware dedicati.

È stato inoltre interessante vedere come realtà diverse, con un oceano in mezzo, abbiano in comune storia ed esigenze, non solo di conservazione ma anche di utilizzo dei beni culturali, con atteggiamento critico ed attento alla manutenzione. Le due realtà si mostrano adatte alla definizione di un sistema univoco per la gestione dei dati di conoscenza in quanto si tratta, in entrambi i casi, di un archivio interrogabile, consultabile ed implementabile che ha permesso di snellire un sistema di gestione dei dati talvolta farraginoso o addirittura inesistente. Il Comune di Firenze ha infatti espresso l'intenzione di utilizzarlo in occasione dell'aggiornamento del Piano strutturale.

Le esperienze relative ai progetti in esame si sono concluse con la consegna del materiale prodotto alle rispettive amministrazioni competenti. Per quanto riguarda Firenze Mura il sottoscritto e l'Architetto Carmela Pinto, dottoranda del curriculum Strutture e Restauro della Università degli studi di Firenze, nella veste di rappresentanti del gruppo di lavoro del progetto abbiamo consegnato il sistema di gestione dei dati GIS al Comune di Firenze nella veste del Dott. Emanuele Geri, Istruttore Direttivo Informatico del Comune di Firenze. Per lo studio inerente Totolapan, ho personalmente presentato a Città del Messico presso l'Ambasciata d'Italia, in rappresentanza del gruppo di lavoro che prese parte al I workshop organizzato per le prime fasi di studio, lo stato di avanzamento della mia ricerca, interfacciandomi con la Dott.ssa Emilia Giorgetti (Scientific and Technological Bilateral Cooperation del Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale) oltre che alla UNAM - Universidad Nacional Autónoma de México nella veste del Prof. Arch. Reynaldo Esperanza Castro.

Rimango però con l'amaro in bocca, avverto la sensazione di avere qualcosa di fermo in gola che in realtà non c'è. Si tratta di un sintomo reale e non lo esprimo semplicemente

per lamentarmi. Purtroppo, il Prof. Arch. Roberto Sabelli, tutor di questa tesi, amico da oltre dieci anni e collega (a questo punto posso anche dirlo) non ha potuto vedere compiuto non solo questo lavoro ma nemmeno il Progetto FIMU ed i risultati ottenuti dal lavoro espletato in Italia a seguito del workshop in Messico. Mi rimane un vuoto che non so bene come esprimere, voglio solo pensare che in qualche modo sia riuscito a guidarmi nonostante non potesse.

Mi rivolgo a lui direttamente nella speranza che in qualche modo possa leggere quanto segue:

Con la sua dedizione, pazienza e gentilezza è riuscito a trasmettermi la passione per il Restauro, le parole non possono esprimere la mia gratitudine per tutto quello che ho imparato grazie a lei. Voglio pensare che mi abbia istruito per fare la differenza.

Arch. Jacopo Giuseppe Vitale

7 Bibliografia

- [1] Atkinson, D., Campbell-Bell, D., Lobb M. (2019). The Conservation and Management of Historic Vessels and the Utilization of 3D Data for Information Modelling J. K. McCarthy et al. (eds.), 3D Recording and Interpretation for Maritime Archaeology, Coastal Research Library 31, Springer
- [2] Astudillo, L.C.L. (2006) Analisis de las etapas constructivas del convent de San Guillermo del siglo XVI en Totolapan, Morelos. Ed. UAEM, Cuernavaca, Morelos, Mexico
- [3] Azhar, S., Khalfan, M., Maqsood, T. (2012). Building information modeling (BIM): now and beyond.
- [4] Australasian Journal of Construction Economics and Building, 12 (4). Pp. 15-28
- [5] Barazzetti, L., Banfi, F., Bruman, R., Previtali, M. (2015b). Creation of Parametric BIM Objects from Point Clouds Using Nurbs. The Photogrammetric Record, The Remote Sensing and Photogrammetry Society and John Wiley & Sons Ltd. Pp. 339-362
- [6] Barazzetti, L., Banfi, F., Brumana, R., Previtali M., Ronconi, F. (2016). Integrateci Modeling and Monitoring of the Medieval Bridge Azzone Visconti. 8th European Workshop On Structural Health Monitoring (EWSHM 2016), 5-8 July 2016, Spain, Bilbao. Pp. 5-8
- [7] Barazzetti, L., Banfi, F., (2017a). Bim and Gis: When Parametric Modeling Meets Geospatial Data. ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume IV-5/W1, 2017 Geospace 2017, 4-6 December 2017, Kyiv, Ukraine
- [8] Bartoli, G., Betti, M., Biagini, P., Borghini, A., Ciavattone, A., Girardi, M., Lancioni, G., Marra, A.M., Ortolani, B., Pintucchi, B. (2017). Epistemic uncertainties in structural modelling: a blind benchmark for seismic assessment of slender masonry towers. ASCE's Journal of Performance of Constructed Facilities; 31(5)
- [9] Becker, R., Falk, V, Honen, S , Loges, S., Stumm, S., Blankenbach, J., Brell-Cokcan, S., Hildebrand, L., Valée, Dirk. (2018). BIM -- Towards the entire lifecycle. International Journal of Sustainable Development and Planning. 13. 10.2495/SDP-V13-N1-84-95.
- [10] Betti, M., Galano, L., Vignoli, A (2014). Comparative analysis on the seismic behaviour of unreinforced masonry buildings with flexible diaphragms. Engineering Structures, 61. Pp. 195-208
- [11] Bitelli, G., Castellazzi, G., D'Aitri, A.M., De Miranda, S., Lambertini, A, Selvaggi, I. (2016). Automated voxel model from point clouds for structural analysis of cultural heritage. Int. Arch. Photogramm Remote Sens. Spatial Inf. Sci., XLI-85. Pp. 191-197
- [12] Bertolini, F. (2017). HBIM per il restauro della ex chiesa di San Quirico all'Olivo a Lucca, Tesi di laurea presso Università degli Studi di Pisa.
- [13] Bertocci, S. Sabelli, R. Esperanza, R. (2018). Il rilievo digitale di strutture del patrimonio a rischio sismico in Messico: il centro di Città del Messico e il sistema

- delle missioni del XVI secolo sulle pendici del Popocatepetl. In: Simposio dei docenti della rappresentazione per lo sviluppo dei programmi multidisciplinari orientati all'internazionalizzazione, Didapress, pp. 67-72
- [14] Bonanomi, M., Talamo, C., Paganin, G. (2016). La gestione delle informazioni per i processi manutentivi in ambiente BIM. Convegno Modellazione e gestione delle informazioni per il patrimonio edilizio esistente Built Heritage Information Modelling/Management BHIMM, Politecnico di Milano, 21-22 giugno 2016.
- [15] Bonduel, M., Verhaegen, M., Pauweis, P., Klein, R. (2017). Scan-to-BIM Output Validation: Towards a Standardized Geometrie Quality Assessment of Building Information Models Based on Point Clouds. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W8, 2017 Sth International Workshop Low Cost 3D- Sensors, Algorithms, Applications, 28-29 November 2017, Hamburg, Germany. Pp. 45-52
- [16] Brandi, C. (1963) Teoria del Restauro, Piccola Biblioteca Einaudi, Torino. Italia.
- [17] Brumana, R., Della Torre, S., Oreni, D., Previtali, M., Cantini, L., Barazzetti, L., Franchi, A., Banfi, F., (2017). Hbim Challenge Among The Paradigm Of Complexity, Tools And Preservation: The Basilica Di Collemaggio 8 Years After The Earthquake (L'Aquila). The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W5, 2017 26th International CIPA Symposium 2017, 28 August-01 September 2017, Ottawa, Canada. Pp. 97-104
- [18] Bruno, N. (2017). From survey to analysis for Cultural Heritage management: a new proposal for database design in BIM. Tesi di Dottorato in Ingegneria Civile e Architettura. Coordinatore: A Carpinteri. Relatori: R. Roncella. Tutor: C. Achille, A. Zerbi.
- [19] Bruno, N., Roncella, R. (2018). A restoration oriented HBIM system for cultural heritage documentation: the case study of Parma Cathedral. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Volume XLII-2, 2018 ISPRS TC II Mid-term Symposium "Towards Photogrammetry 2020", 4-7 June 2018, Riva del Garda, Italy. Pp. 4-7
- [20] Chanfón, S. (1994). Monasterios mendicantes virreinales del Estado de Morelos. Universidad Nacional Autónoma de México. México pp. 23.
- [21] Caputi, M., Odorizzi, P., Stefani, M., (2015). Building Information Modelling - BIM Valore, gestione e soluzioni operative. Maggioli Editore Santarcangelo di Romagna, Italia.
- [22] Carneiro, T. M., Lins, D. M. O., Neto, J. P. B. B. (2012). Spread of BIM: a comparative analysis of scientific production in Brazil and Abroad. 20th Conference of the International Group for Lean Construction (IGLC 2012), San Diego, California.
- [23] Castellazzi G., D'Aitri A. M., De Miranda S., Ubertini F. (2017). An innovative numerical modeling strategy for the structural analysis of historical monumental buildings, Engineering Structures,
- [24] Centofanti, M., Brusaporci, S., Maiezza, P. (2016). Tra "Historical BIM" ed "HeritageBIM": Building Information Modeling per la Documentazione dei Beni

- Architettonici. ReUSO 2016, Contributi per la documentazione, conservazione e recupero del patrimonio architettonico e per la tutela paesaggistica. Edifir, Edizioni Firenze. Pp. 1-7
- [25] Ciribini, A. L. C., Tagliabue, L. C., Mastrolembo Ventura, S. (2016). Elux Lab: digitalizzazione dei comportamenti delle utenze all'interno del cognitive campus. Convegno Modellazione e gestione delle informazioni per il patrimonio edilizio esistente Built Heritage Information Modelling/Management BHIMM, Politecnico di Milano, 21-22 giugno 2016.
- [26] Consiglio Nazionale delle Ricerche, 2014. CNR-DT 212/2013, Istruzioni per la Valutazione Affidabilistica della Sicurezza Sismica di Edifici Esistenti, Roma. Online: www.cnr.it/documenti/norme/IstruzioniCNR_DT212_2013.pdf
- [27] Coppola, M. (2019). Ramesside Architecture. Stone Buildings & Decoration Knowledge & Conservation. In: Saverio Mecca. DiDA research week book 2018. A walk through the research paths of the Department of Architecture of Florence, , Firenze. pp. 588-589
- [28] Coppola, M. (2018). Le indagini tipologiche in architettura, leggere il costruito con metodi non strumentali. Carocci editore. Roma.
- [29] Costin, A., Adibfar, A., Hu, H., Chen, S. S., (2018). Building Information Modeling (BIM) for transportation infrastructure - Literature review, applications, challenges, and recommendations, Automation in Construction, Volume 94. Pp 257-281
- [30] Counsell, J., Arayici, Y. "Introduction". Capitolo 1, Heritage Building Information Modelling, London, Routledge, 2017. Pp. 1-5
- [31] Counsell, J., Nagy, G. "Participatory sensing for community engagement with HBIM". Capitolo 17, Heritage Building Information Modelling, London, Routledge, 2017. Pp. 190-202
- [32] De Amicis, R., Riggio, M., Badr, A. S., Fick, J., Sanchez, C. A., Prather, E. A., (2019). Cross-reality environments in smart buildings to advance STEM cyberlearning. International Journal on Interactive Design and Manufacturing (IJIDeM). Pp. 331-348
- [33] Del Giudice, M., Osello, A. (2016). Bim Methodology for Historical Buildings. Convegno Modellazione e gestione delle informazioni per il patrimonio edilizio esistente Built Heritage Information Modelling/Management - BHIMM, Politecnico di Milano, 21-22 giugno 2016.
- [34] Della Torre, S. (2016). Un Bilancio del Progetto BHIMM. Convegno Modellazione e gestione delle informazioni per il patrimonio edilizio esistente Built Heritage Information Modelling/Management - BHIMM, Politecnico di Milano, 21-22 giugno 2016.
- [35] Diaz del Castillo, B. (1996) Historia verdadera de la conquista de la nueva españa. Instituto Gonzalo Fernández de Oviedo. Madrid, Spagna
- [36] D.M. 10/05/2001 Atto di indirizzo sui criteri tecnico-scientifici e sugli standard di funzionamento e sviluppo dei musei GU Serie Generale n.244 del 19-10-2001 - Suppl. Ordinario n. 238. Online: https://www.beniculturali.it/mibac/multimedia/MiBAC/documents/1310746917330_

DM10_5_01.pdf

- [37] Dore, C., & Murphy, M. (2015). Historic building information modelling (HBIM). In Handbook of Research on Emerging Digital Tools for Architectural Surveying, Modeling, and Representation. IGI Global. Pp. 233-273
- [38] Dore, C., Murphy, M. (2017). Current State of the Art Historic Building Information Modelling. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-2/W5, 2017 26th International CIPA Symposium 2017, 28 August-01 September 2017, Ottawa, Canada. Pp. 185-192
- [39] Dorninger, P. Nutmegger, C. (2007). 3D segmentation of unstructured point clouds for building modelling. International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Vol 35. Pp 191-196
- [40] Durán, D. (2005). Historia de las Indias de Nueva España y islas de Tierra Firme. : Tomo II / por ... Diego Durán. Biblioteca Virtual Miguel de Cervantes. México.
- [41] Edwards, J. "It's BIM-but not as we know it!". Capitolo 2, Heritage Building Information Modelling, London, Routledge, 2017. Pp. 6-14
- [42] Ekosaari, M., Pekkola, S. (2019). Pushing the Limits beyond Catalogue Raisonné: Step 1. Identifying digitalization challenges in museums. In Proceedings of the 52nd Hawaii International Conference on System Sciences. Pp. 3171-3180
- [43] Fai, S., Graham, K., Duckworth, T., Wood, N. and Attar, R. (2011). Building Information Modelling and Heritage Documentation, XXIII CIPA International Symposium, Prague, Czech Republic, 12th- 16th September.
- [44] Fernández, M. (2001). La Jerusalén celeste. Imagen barroca de la ciudad novohispana, en Actas III Congreso Internacional del Barroco Americano: Territorio, Arte, Espacio y Sociedad, España,. Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, 2001, p. 1016, disponible al sito: <https://www.upo.es/depa/webdhuma/areas/arte/3cb/documentos/080f.pdf>
- [45] Fray Diego de Valadés (1989). Retórica Cristiana, traducción de Tarsicio Herrera Zapién. Universidad Nacional Autónoma de México-Fondo de Cultura Económica, Biblioteca Americana. CDMX, México
- [46] Fray Toribio de Benavente. (1971). Memoriales o Libro de las Cosas de la Nueva España y de los naturales de ella, Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigación Históricas, Mexico. Pp. 235.
- [47] Garagnani, S. (2015b). HBIM nell'esistente storico. Potenzialità e limiti degli strumenti integrati nel recupero edilizio. In Ingegno Web, Settembre 2015
- [48] Greco A., Lombardo G., Pantò B., Famà A., (2018). Seismic Vulnerability of Architectural Heritage.
- [49] Grijalva, J. (1924) Crónica de la orden de nuestro padre San Agustín en las provincias de la Nueva España, en cuatro edades desde el año 1533 hasta el del 1592. Imp. Victoria CDMX, México. Pp 45.
- [50] Glick, S., Guggemos, A. (2009). IPD and BIM: Benefits and Opportunities for Regulatory Agencies. Proceedings of the 45th ASC National Conference,

Gainesville, Florida, April 2-4

- [51] Gómez de Orozco, F. (1927). Monasterios de la Orden de San Agustín en Nueva España, Siglo XVI en Revista Mexicana de Estudios Históricos, núm. 1, México.
- [52] González Leyva, A. (1982). Los Agustinos en Chalma: una devoción agustina, tesis de Licenciada En Historia. Universidad Nacional Autónoma de México-Facultad de Filosofía y Letras. CDMX, México
- [53] González, V. (1988). Morelos: Historia de su integración política territorial. Partido Revolucionario Institucional-Comité Ejecutivo Nacional de Morelos. Morelos, México
- [54] Historic England (2017). BIM for Heritage: Developing a Historic Building Information Model. Swindon. Historic England.
- [55] Ibrahim, M., Krawczyk, R. (2004). The level of knowledge of cad objects within the building information model, CAADRIA 2004 Conference, Seoul, South Korea, pp. 173-177
- [56] Ibrahim, M. M., Krawczyk, M., Krawczyk, R. (2019). The Level of Knowledge of CAD Objects within the Building Information Model. Connecting Crossroads of Digital Discourse [Proceedings of the 2003 Annual Conference of the Association for Computer Aided Design In Architecture, Indianapolis (Indiana) 24-27 October 2003. Pp. 173-177
- [57] ICOM, (2017) ICOM Code of Ethics for Museums. Disponibile dal sito: <https://icom.museum/wp-content/uploads/2018/07/ICOM-code-En-web.pdf>
- [58] Jordan-Palomar, I., Tzortzopoulos, P., Garcia-Valdecabres, J., Pellicer, E. (2018). Protocol to Manage Heritage-Building Interventions Using Heritage Building Information Modelling (HBIM). Special Issue Cultural Heritage Conservation and Sustainability. Pp. 1-19
- [59] Josephson, P. E., Hammarlund, Y. (1999). The causes and costs of defects in construction A study of seven building projects. Automation in Construction 8, Volume 8, Issue 6, August 1999, Pp. 681-687
- [60] Kensek, K. (2015). BIM Guidelines Inform Facilities Management Databases: A Case Study over Time. Buildings 2015, 5. Pp. 899-916
- [61] Khalil, H. B. "HBIM and environmental simulation. Possibilities and challenges". Capitolo 13, Heritage Building Information Modelling, London, Routledge, 2017. Pp. 190-202
- [62] Kubler, G. (2012) Arquitectura Mexicana del siglo XVI. Fondo de Cultura Economica. Mexico. Pp 369.
- [63] Littlefield, D. "Heritage and time". Capitolo 4, Heritage Building Information Modelling, London, Routledge, 2017. Pp. 32-44
- [64] Lo Furno, F., Pietrucci, F., Tommasi, C., Mandelli, A. (2016). Un modello Informativo parametrico per il Duomo di Milano, test e sperimentazioni. Rivista Archeomatica N°4 dicembre 2016. Pp. 22-25

- [65] Lopez, F. J., Lerones, P. M., Llamas, J., Gomez-García-Bermejo, J., Zalama, E. (2018). A Review of Heritage Building Information Modeling (H-BIM). *Multimodal Technologies Interact.*, 2, 21.
- [66] Martínez Marín, C. (1968) El desarrollo histórico del pueblo. Tetela en la historia regional prehispánica, en Tetela del Volcán. Su historia y su convento, Universidad Nacional Autónoma de México-Instituto de Investigaciones Históricas, CDMX, Mexico. Cap. 1
- [67] Marzouk, M., and M. Hisham, "Planning of Sustainable Bridges using Building Information Modelling". Capitolo 10, *Heritage Building Information Modelling*, London, Routledge, 2017. Pp. 114-132
- [68] Meireles, A. R., Salavessa, B., Gonçalves, F. (2019). Coordination of Work on the Coach Museum Supported by BIM Methodology. *International Association of Geodesy Symposia*, 133-139.
- [69] MIBAC, (2008). Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale allineate alle nuove Norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008). Disponibile sul sito:

https://www.beniculturali.it/mibac/export/MiBAC/sito-MiBAC/Contenuti/Awisi/visualizza_asset.html_1141304737.html
- [70] Murphy, M. (2018). Historic Building Information Modelling (HBIM) Innovation in Intelligent Management of Heritage Buildings (i2MHB)-TD Cost Action TD1406. Disponibile al sito:
https://www.researchgate.net/publication/323019399_Historic_Building_Information_Modelling_HBIM_Innovation_in_Intelligent_Management_of_Heritage_Buildings_i2MHB-TD_Cost_Action_TD1406
- [71] Pavan, A., Mirarchi, C. (2017). Le piattaforme di gestione dei dati, il BIM che verrà oltre le geometrie 3D. In *Ingenio Web*, Settembre 2017
- [72] Pepper D. W., Kassab A. J., Divo E. A. (2014). *An Introduction To Finite Element, Boundary Element, And Meshless Methods With Applications To Heat Transfer And Fluid Flow*, ASME Press.
- [73] Portilla, M.L., Garibay A.M., Beltran A. (2018) *Vision de los Vencidos, Relaciones indigenas de la conquista* Ed. UNAM, CDMX, Mexico
- [74] Ricard, R. (1947). *La conquista espiritual de Mexico*. Fondo de cultura economica, CDMX, Mexico pp.139
- [75] Rubial, A. (1989). *El convento agustino y la sociedad colonial (1533-1630)*, México, Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM. pp 44
- [76] Russo, M., Remondino, F., Guidi, G. (2011). Principali tecniche e strumenti per il rilievo tridimensionale in ambito archeologico. *Archeologia e Calcolatori*. 22. 169-198.
- [77] Sabelli R., FIMU | Le mura urbane e il sistema difensivo di Firenze in «*Restauro Archologico*» numero 2 (2016), pp. 102 - 103

- [78] Sabelli, R. (2018). Strutture della Villa romana di Giannutri (Isola del Giglio - GR): Lavori di restauro, valorizzazione e fruizione. In: ReUSO 2018, Messina, 11-13 ottobre 2018, Gangemi Editore international, vol. Unico, pp. 2161-2172
- [79] Sabelli, R. (2017). The safeguarding of Mixed Sites: from recognition to enhancement. RESTAURO ARCHEOLOGICO, vol. Speciale 2017, pp. 182-198,
- [80] Sabot L. (2008). Challenges in Cost Estimating with Building Information Modeling. Pp. 1-16 Disponibile da sito: <https://navigator.bim-institute.org.za/wp-content/uploads/2018/08/Understanding-Estimating-in-BIM.pdf>
- [81] Sacks, R., (2004). Evaluation of economic impact of three-dimensional concrete modeling in engineering. Journal of Computing in Civil Engineering, 18. Pp. 301-312
- [82] Sattanino, E. (2018). I LOD NELLE SCALE DI LOD USA, UK, ITA: Analisi comparata degli attributi informativi non geometrici. In Ingenio Web, Febbraio 2018
- [83] Sahagún, D. Códice Florentino en Historia general de las cosas de la Nueva España. Libro X: del pueblo, sus virtudes y vicios, y otras naciones. Versione digitalizzata in 12 compact disc, (2007). Biblioteca Laurenziana, Firenze, Italia: disco 9, fs. 17-21.
- [84] Santiago, D. (1981). La organización económica de un convento rural Agustino a mediados del siglo XVI en Estudios de Historia Novohispana, Universidad Nacional Autónoma de México, Mexico
- [85] Simeone, D., Cursi, S., Tolda, I., Carrara, G. (2014). B(H)IM Built Heritage Information Modelling. Extending BIM to historical and archeological heritage representation. In Fusion, Proceedings of the 32nd International Conference on Education and research in Computer Aided Architectural Design in Europe, eCAADe: Conferences 1. Newcastle upon Tyne, UK: Northumbria University. Vol. 1. Pp. 613-622
- [86] Sohn Raeber, A. (1993). El Convento Agustino de Atotonilco, Universidad Iberoamericana, Departamento de Arte, Mexico. Pp 16
- [87] Song, Y., Wang, X., Tan, Y., Wu, P., Sutrisna, M., Cheng, J. C. P., Hampson, K. (2017). Trends and Opportunities of BIM-GIS Integration in the Architecture, Engineering and Construction Industry: A Review from a Spatio-Temporal Statistical Perspective. ISPRS International Journal of Geo- Information, Volume 6, Issue 12. Pp. 397-429
- [88] UKRG, (2015) Uniteci Kingdom Registrars' Group. Standard Facilities Report Disponibile al sito: https://www.ukregistrarsgroup.org/wp-content/uploads/2015/12/UKRG_facilities_report.pdf
- [89] Volk, R., Stengel, J., Schultmann, F. (2014). Building Information Modeling (BIM) for existing buildings-Literature review and future needs. Autom. Constr., 38. Pp. 109-127
- [90] Zavala, S. (1988). Estudios acerca de la historia del trabajo en México, Homenaje del Centro de Estudios Históricos a Silvio Zavala, Edición preparada por Elías Trabulse, El Colegio de México. CDMX, Mexico.

8 Sitografia

www.acca.it

www.accademia.org

www.bim.acca.it

www.bimforum.org

www.biminnz.co.nz

www.bimportale.com

<https://www.bosettiegatti.eu/>

www.icqm.it

www.iso.org

www.regionetoscana.it

<http://www.regione.toscana.it/-/geoscopio>

<http://qgis.it/>

<https://www.qgis.org/it/site/>

http://www.reluis.it/images/stories/divulgazione/WP1_1-1_2015UNIPG_IQM_Allegati%20.pdf

www.smartheritage.com

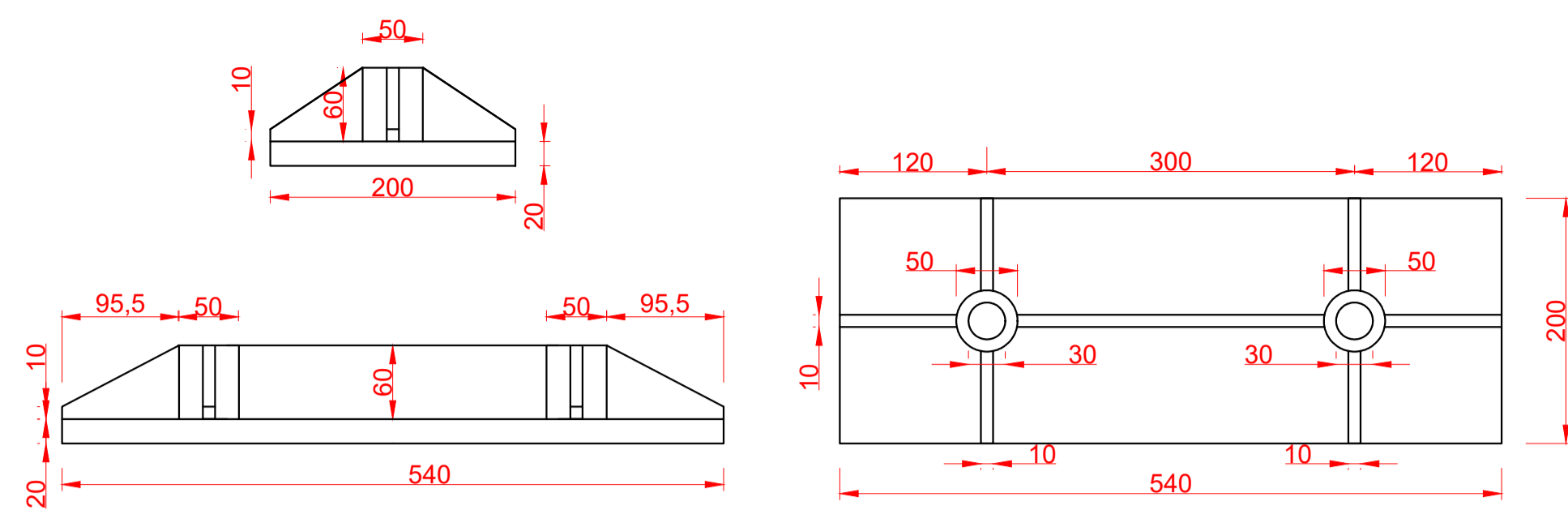
www.steps.mottmac.com

www.uni.com

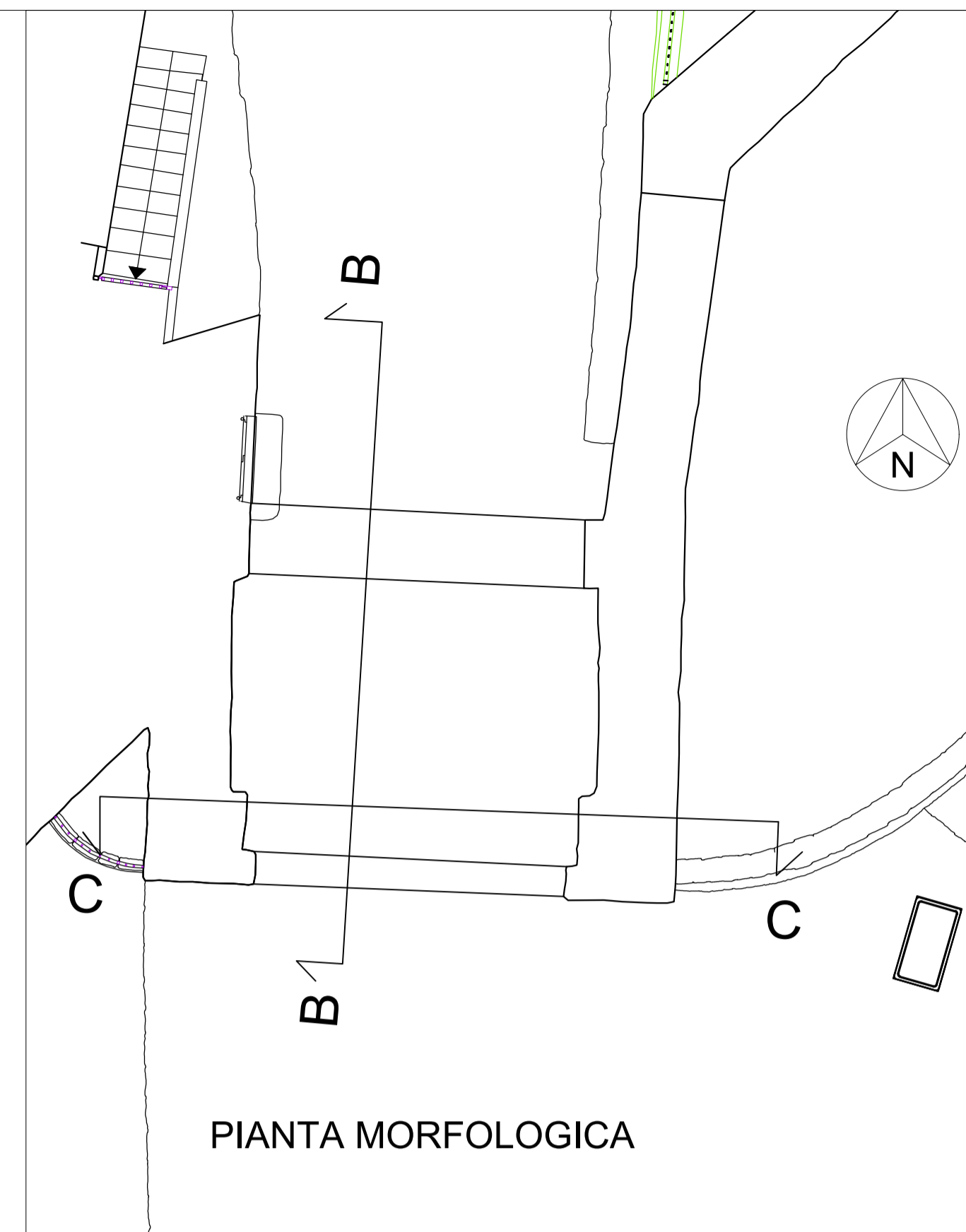
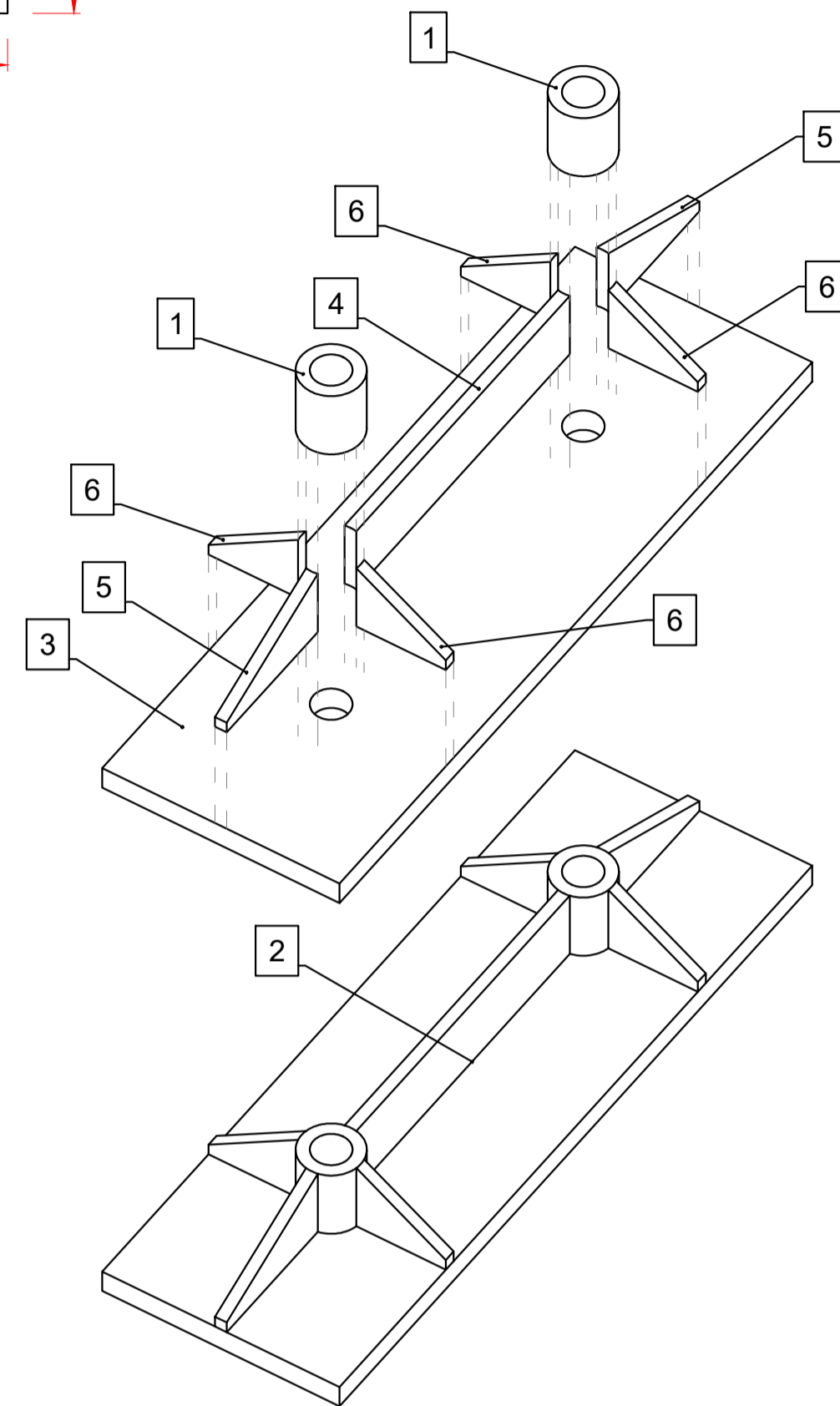
whc.unesco.org

www.wmf.org

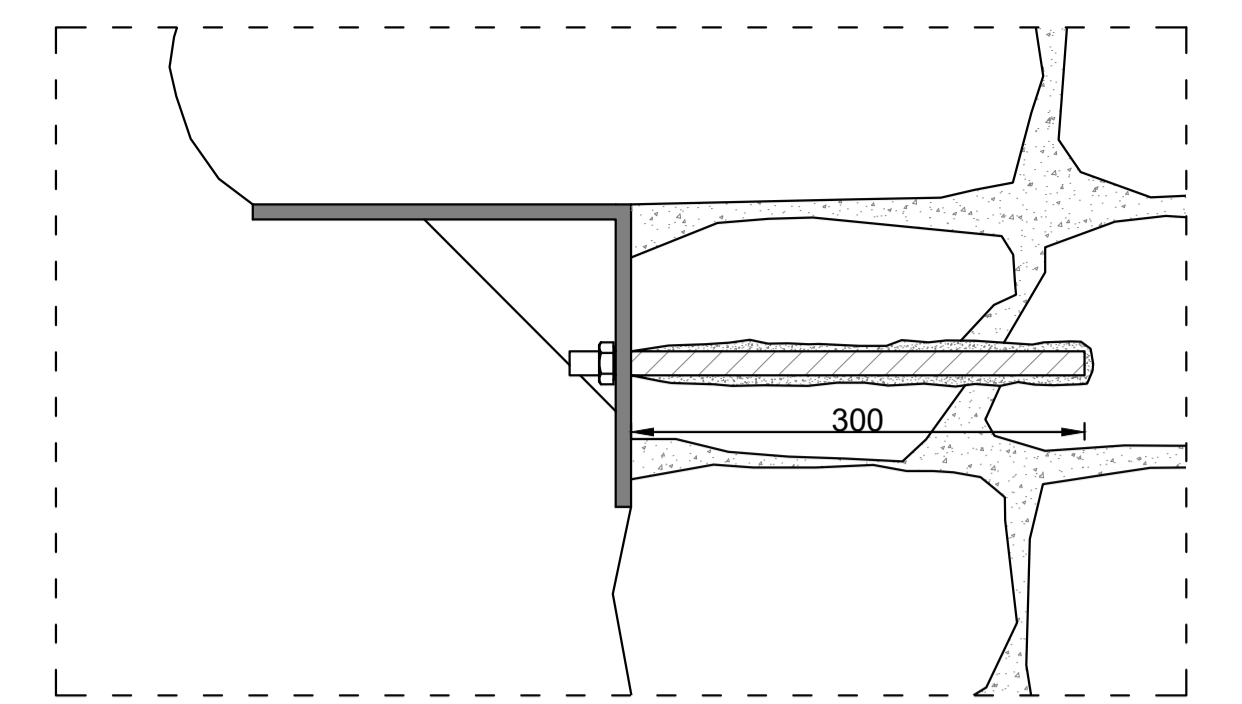
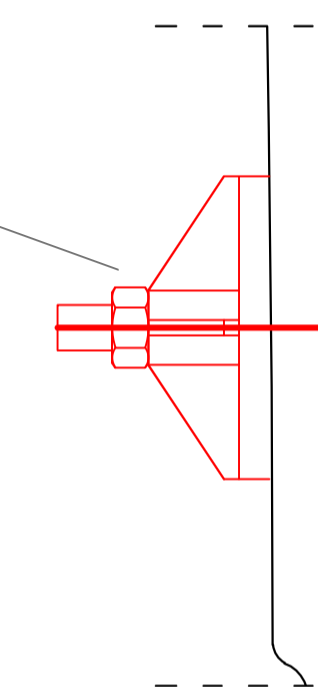
ALLEGATI



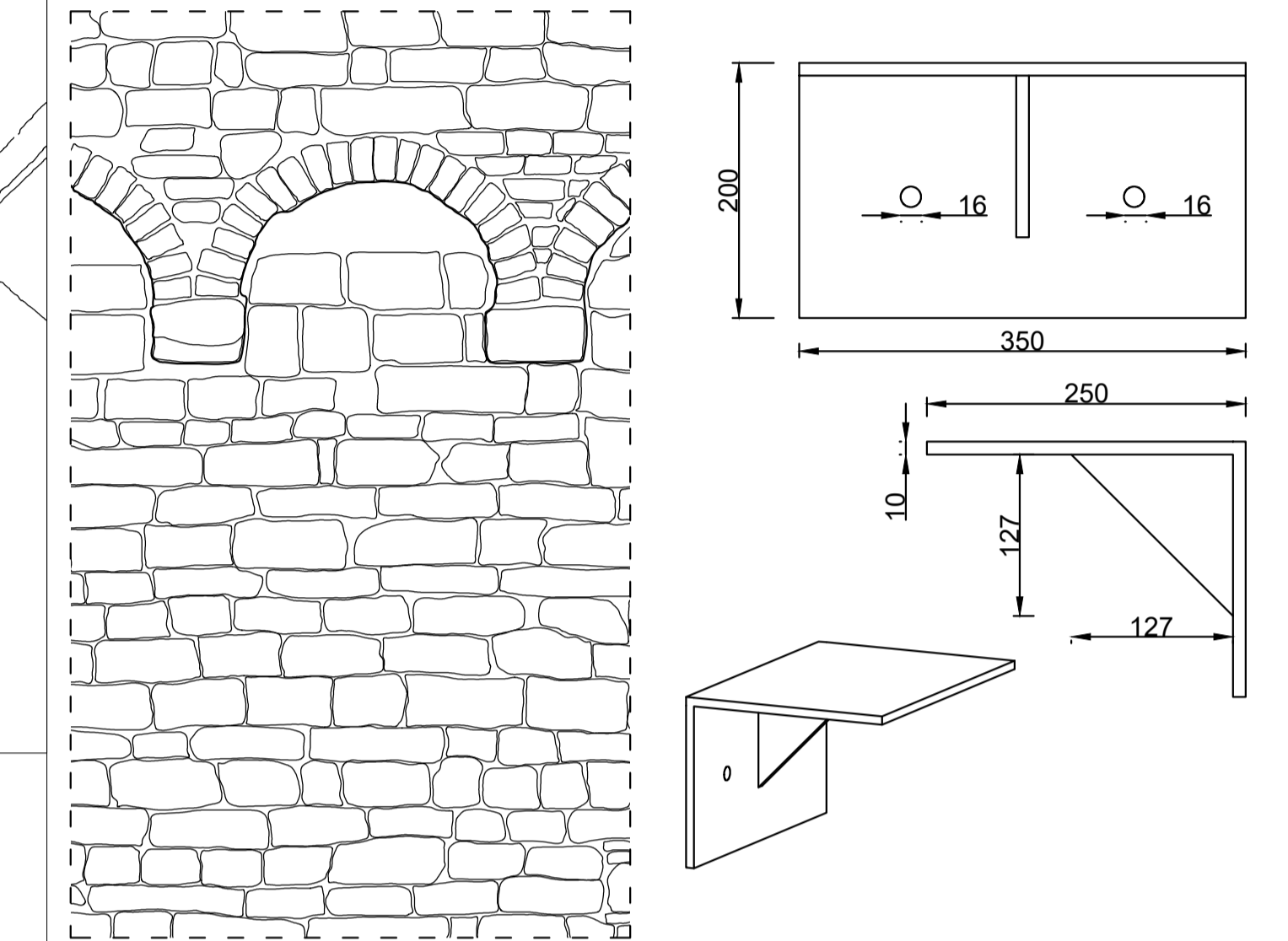
- 1 TUBO TONDO GS Øest = 50 mm sp. 10 mm
- 2 SALDATURA MIG/MAG A COMPLETA PENETRAZIONE DEL CORDONE L= 8 mm
- 3 PIASTRA BASE sp. 20 mm
- 4 NERVATURA DI IRRIGIDIMENTO TIPO A sp. 10 mm
- 5 NERVATURA DI IRRIGIDIMENTO TIPO B sp. 10 mm
- 6 NERVATURA DI IRRIGIDIMENTO TIPO C sp. 10 mm



PARTICOLARE FISSAGGIO CATENA. BULLONE M30

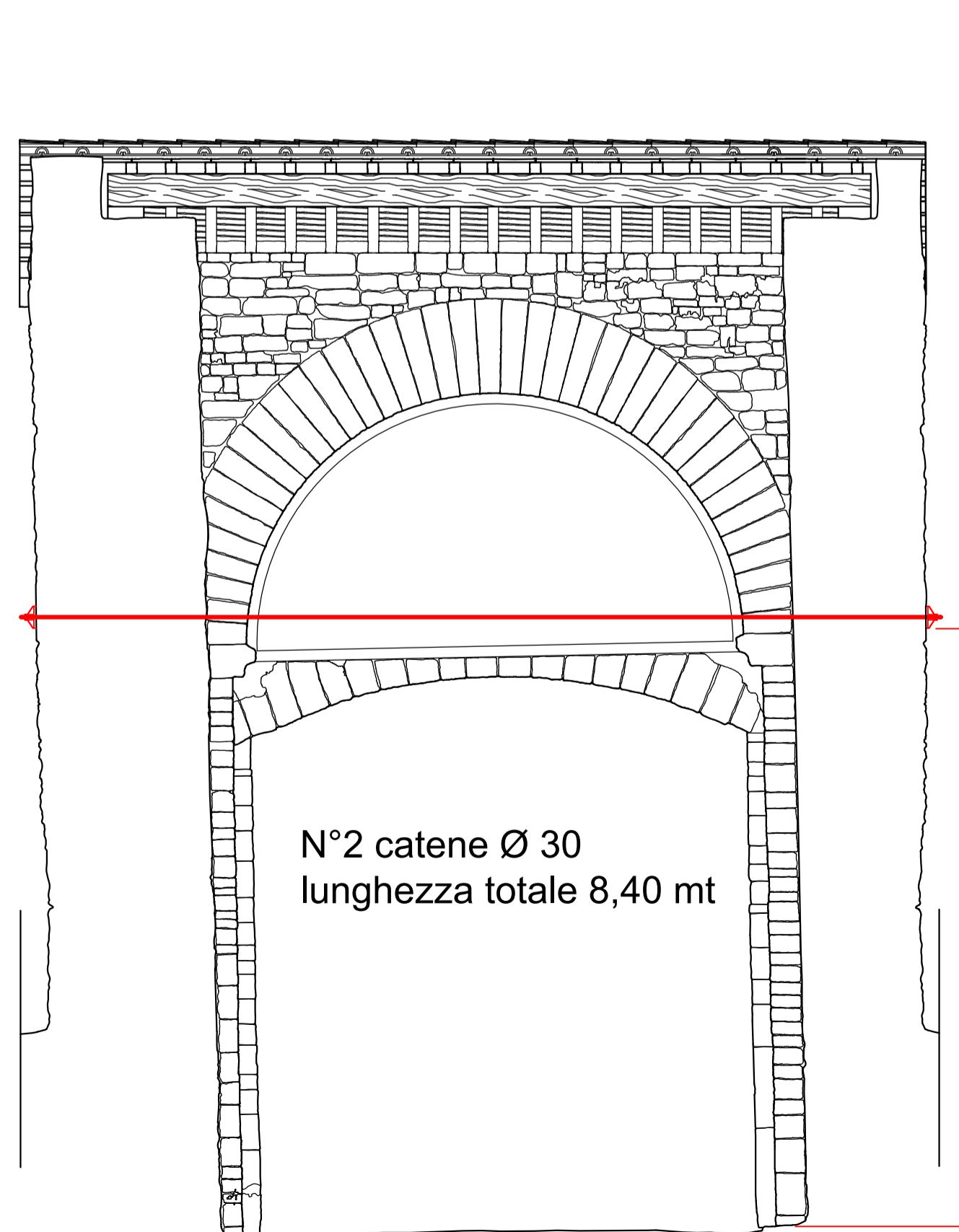


PARTICOLARE FISSAGGIO SCALA 1:20 CON BULLONI M16

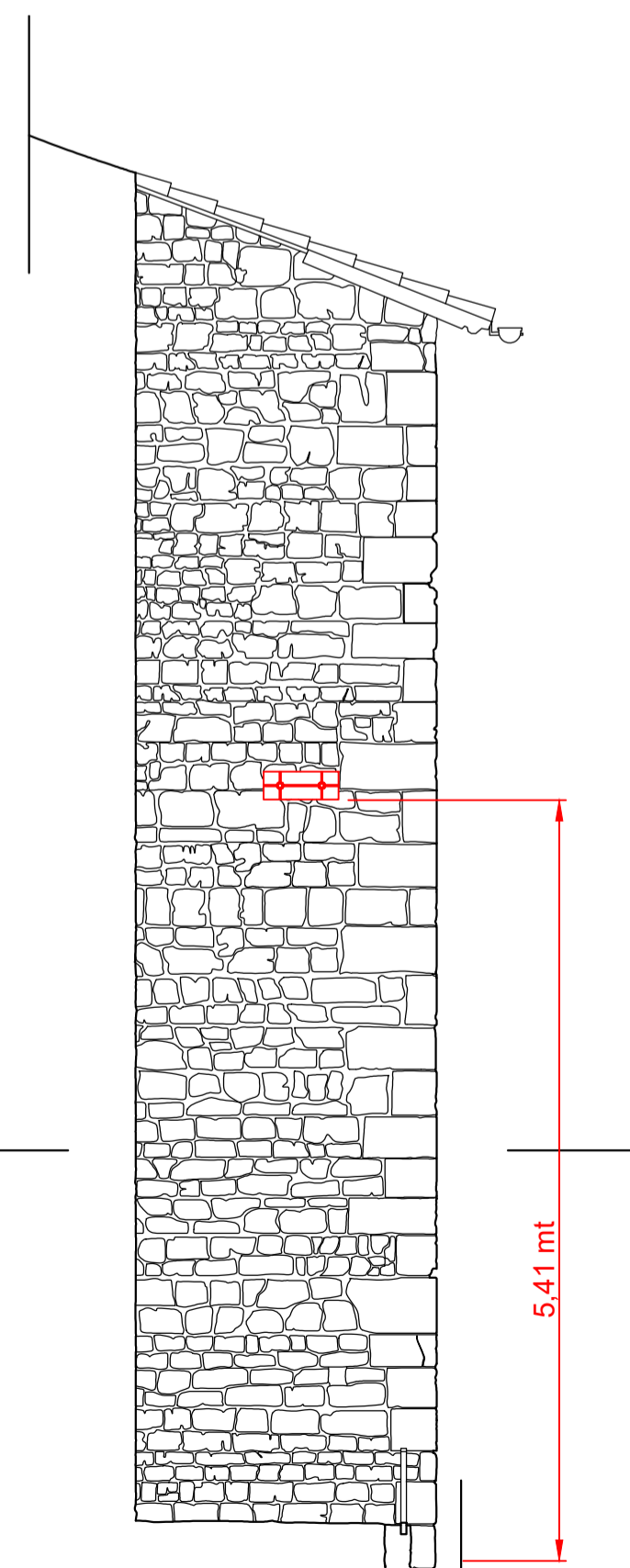


PIASTRA DI SOSTEGNO PER PIEDRITTI IN ACCIAIO CORTEN DI TIPO B

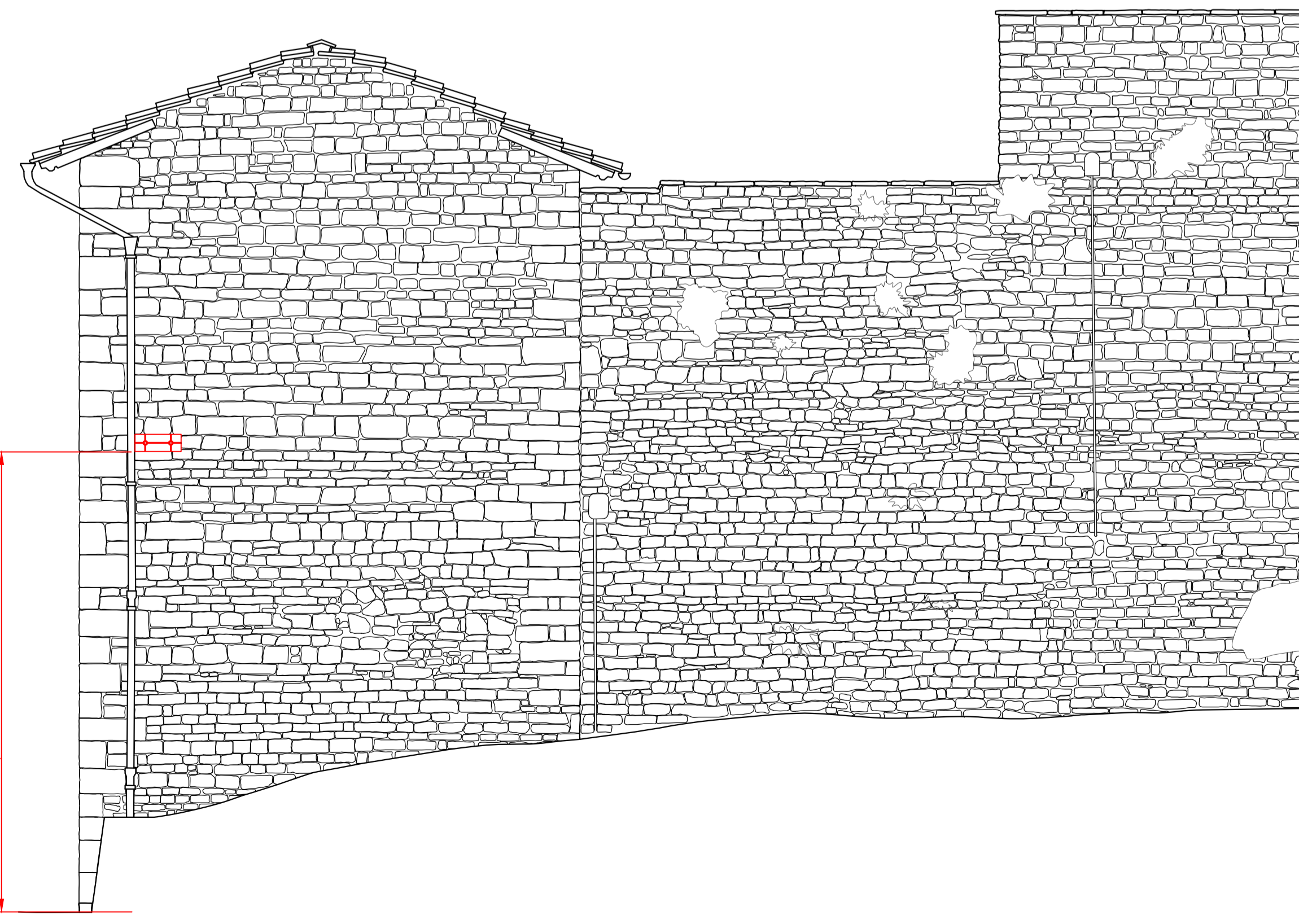
ABACO DEI COMPONENTI SCALA 1:20			
Id_Elemento	Qt.	Rappresentazione grafica (mm)	Sp.
Piastra di base	2		20 mm
Tubo GS Ø est 70 mm	4		10 mm
Nervatura di irrigidimento A	2		10 mm
Nervatura di irrigidimento B	4		10 mm
Nervatura di irrigidimento C	8		10 mm



SEZIONE CC Scala 1:50



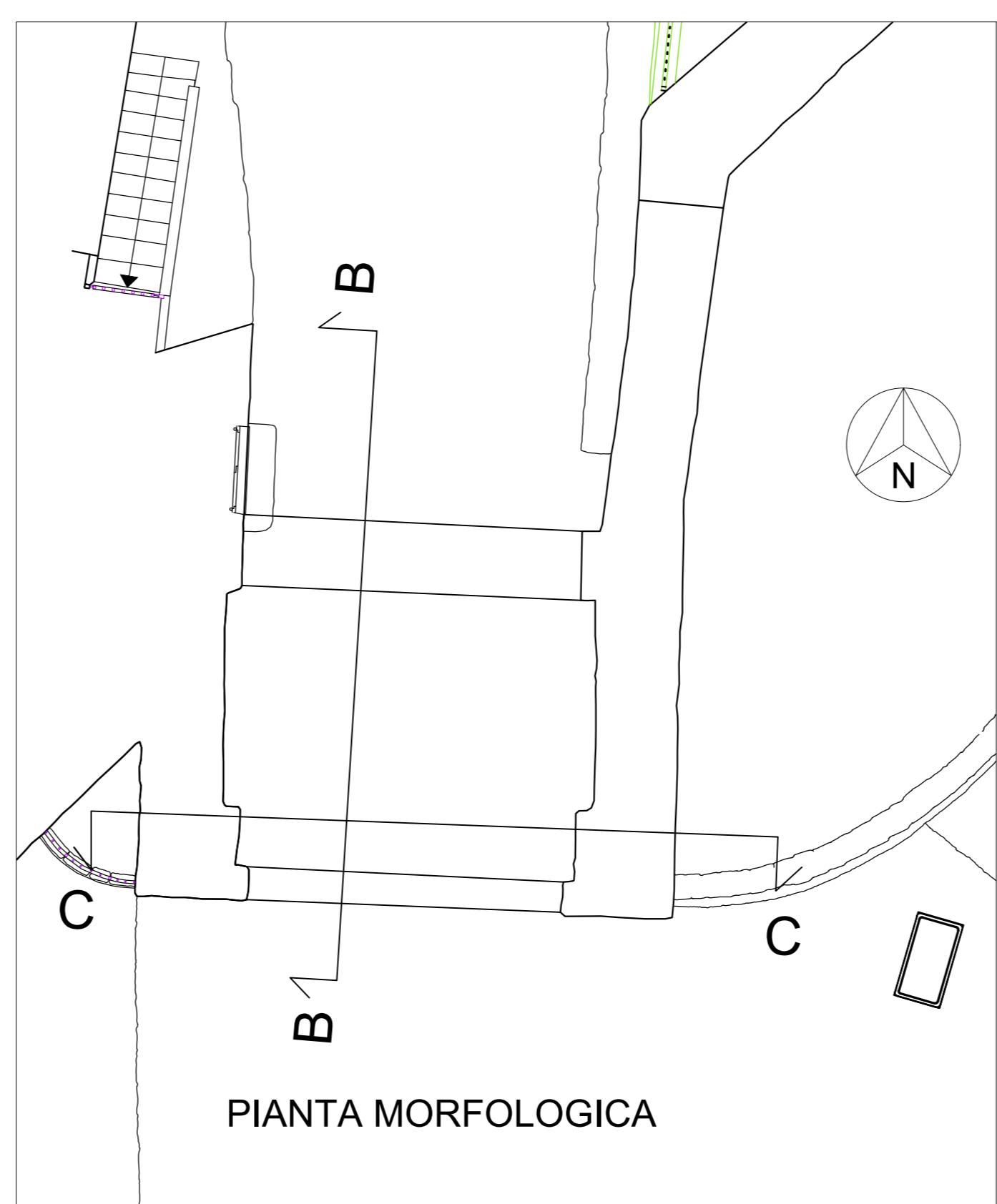
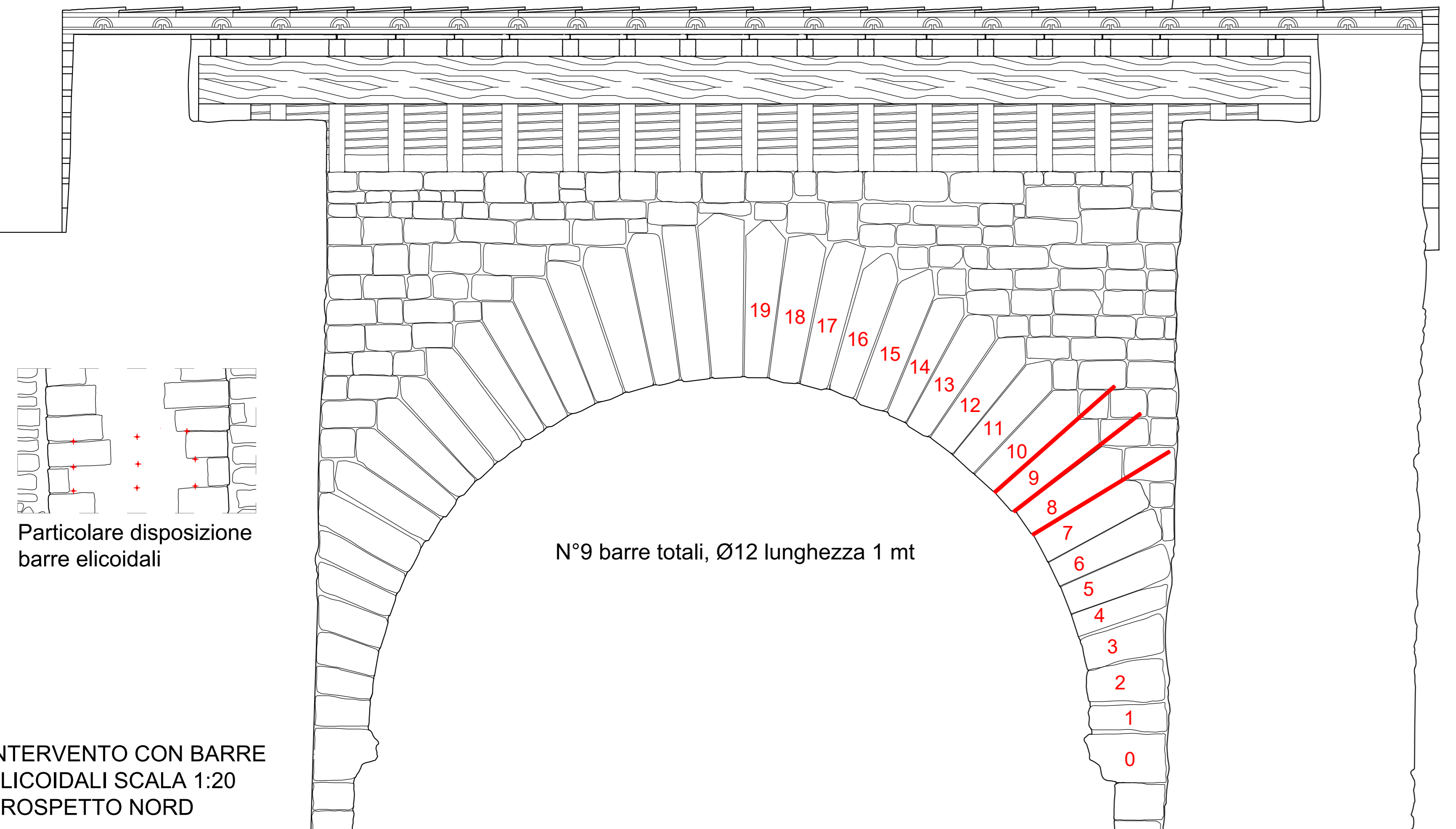
PROSPETTO OVEST Scala 1:50



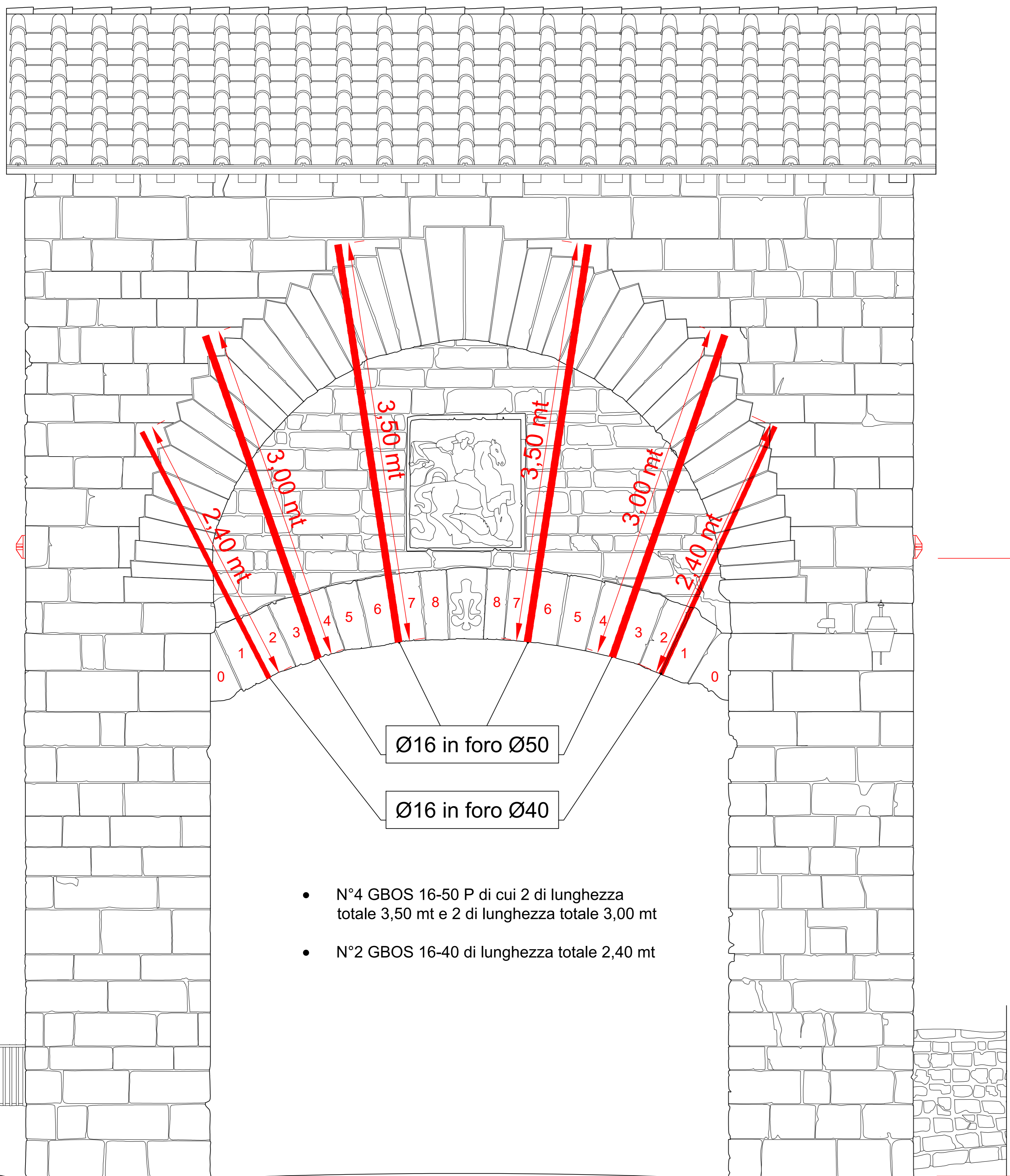
PROSPETTO EST Scala 1:50



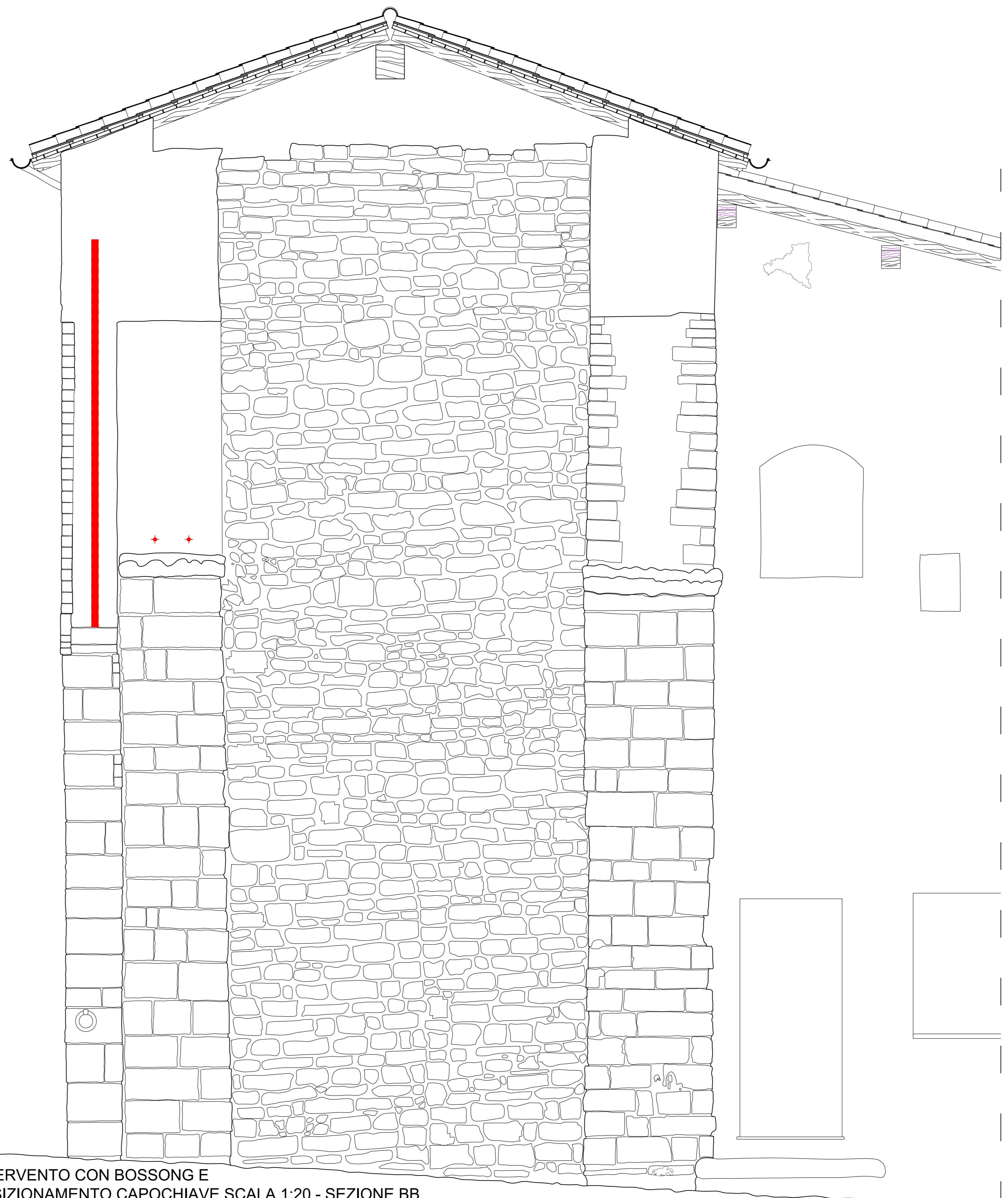
Fi - Mu Firenze Mura
Prof. Arch. Giacomo Tempesta
Arch. Jacopo G. Vitale



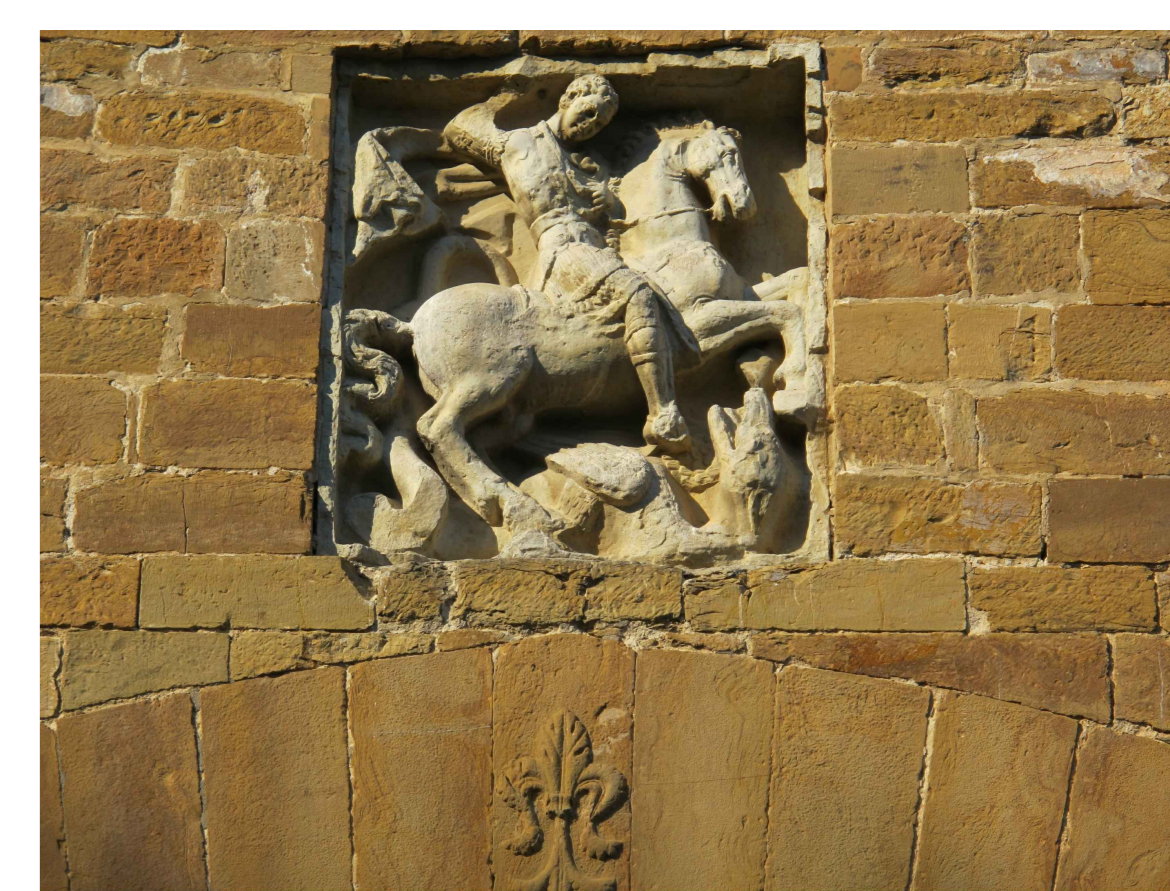
INTERVENTO CON BARRE ELICOIDALI SCALA 1:20 PROSPETTO NORD



INTERVENTO CON BOSSONG SCALA 1:20 PROSPETTO SUD



INTERVENTO CON BOSSONG E POSIZIONAMENTO CAPOCHIAVE SCALA 1:20 - SEZIONE BB



















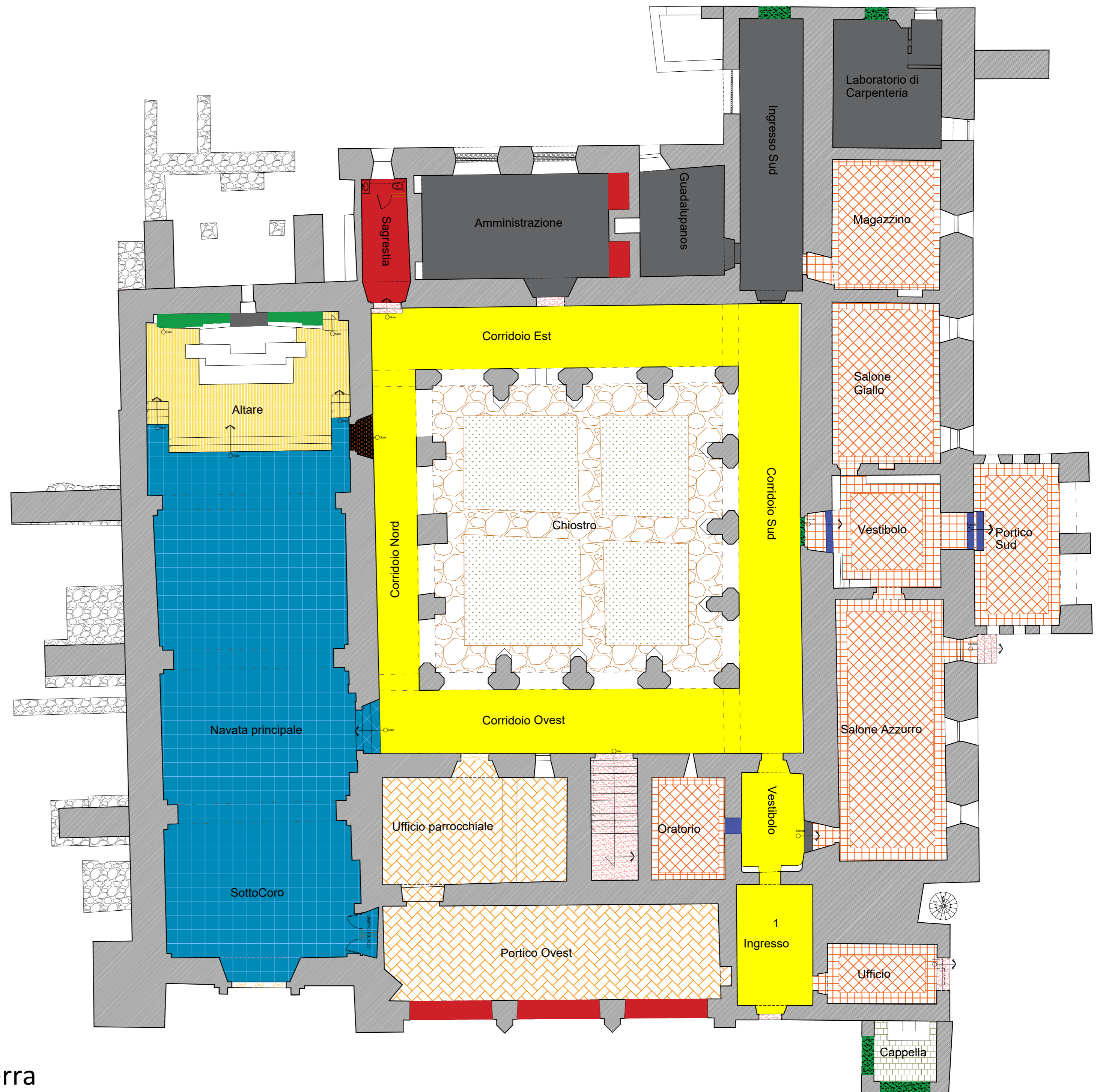
Fi - Mu Firenze Mura
 Prof. Arch. Giacomo Tempesta
 Arch. Jacopo G. Vitale

ALLEGATI A1 – A7

MAPPATURA DEI MATERIALI

SIMBOLOGIA
























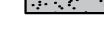
-  Pavimentazione in cotto di dimensioni 30x30 cm con aspetto rustico
-  Pavimentazione in cotto di dimensioni 13,5 x 27 cm con aspetto rustico
-  Pavimentazione in cotto di dimensioni 25,5 x 40 cm con aspetto rustico
-  Pavimentazione cementizia con finitura rossa
-  Pavimentazione cementizia con finitura gialla
-  Pavimentazione cementizia con finitura grigia naturale
-  Pavimentazione 30 x 30 situata nel terrazzo
-  Guaina di rivestimento color ocra
-  Scale in pietra rosa
-  Scale in pietra
-  Scale in pietra locale
-  Soglia di accesso in pietra
-  Soglia di accesso in pietra grigia
-  Pietra locale
-  Terreno
-  Elemento in muratura lapidea, probabile preesistenza

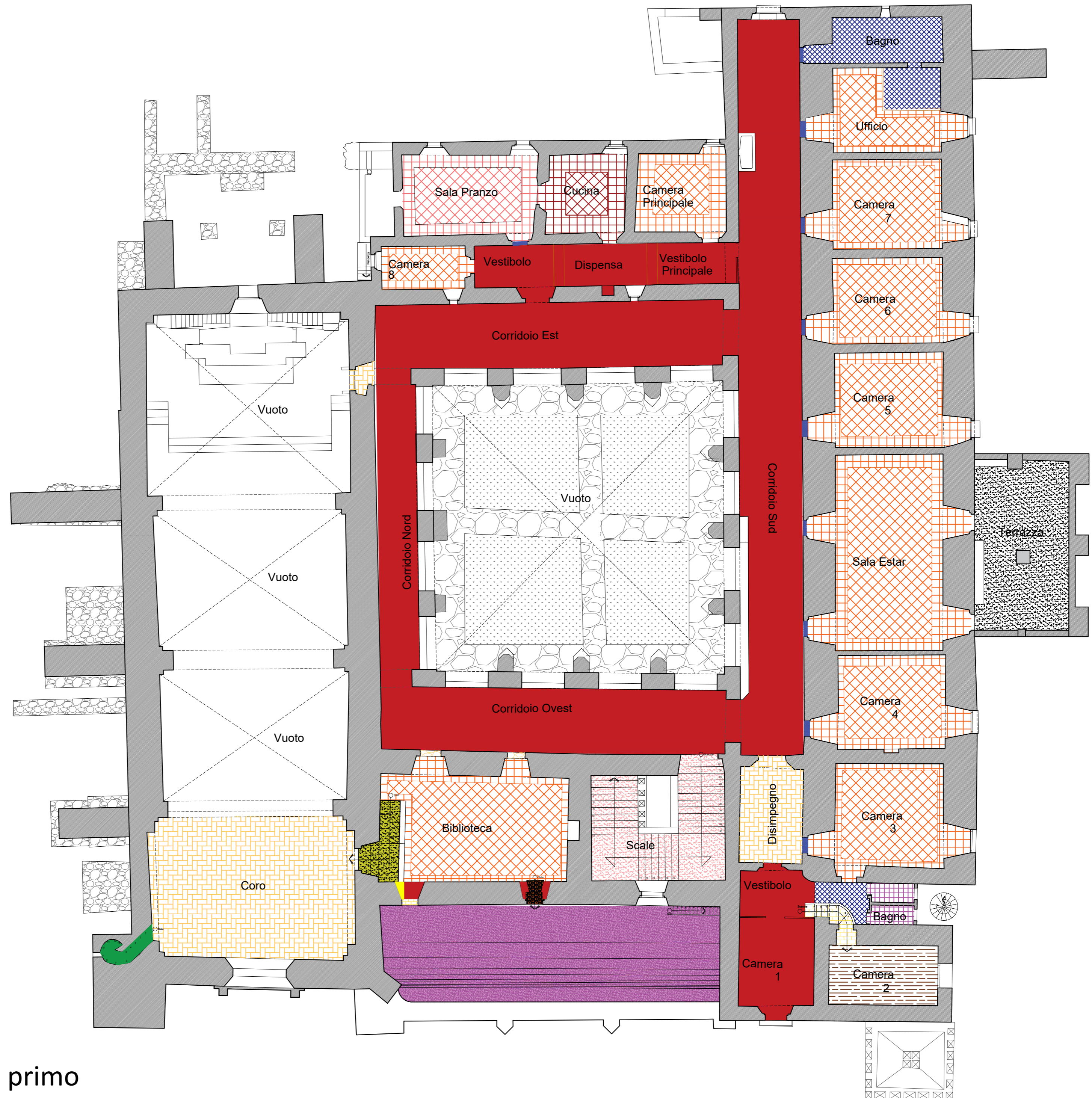


0 1 5 10 mt

Pianta piano terra








SIMBOLOGIA

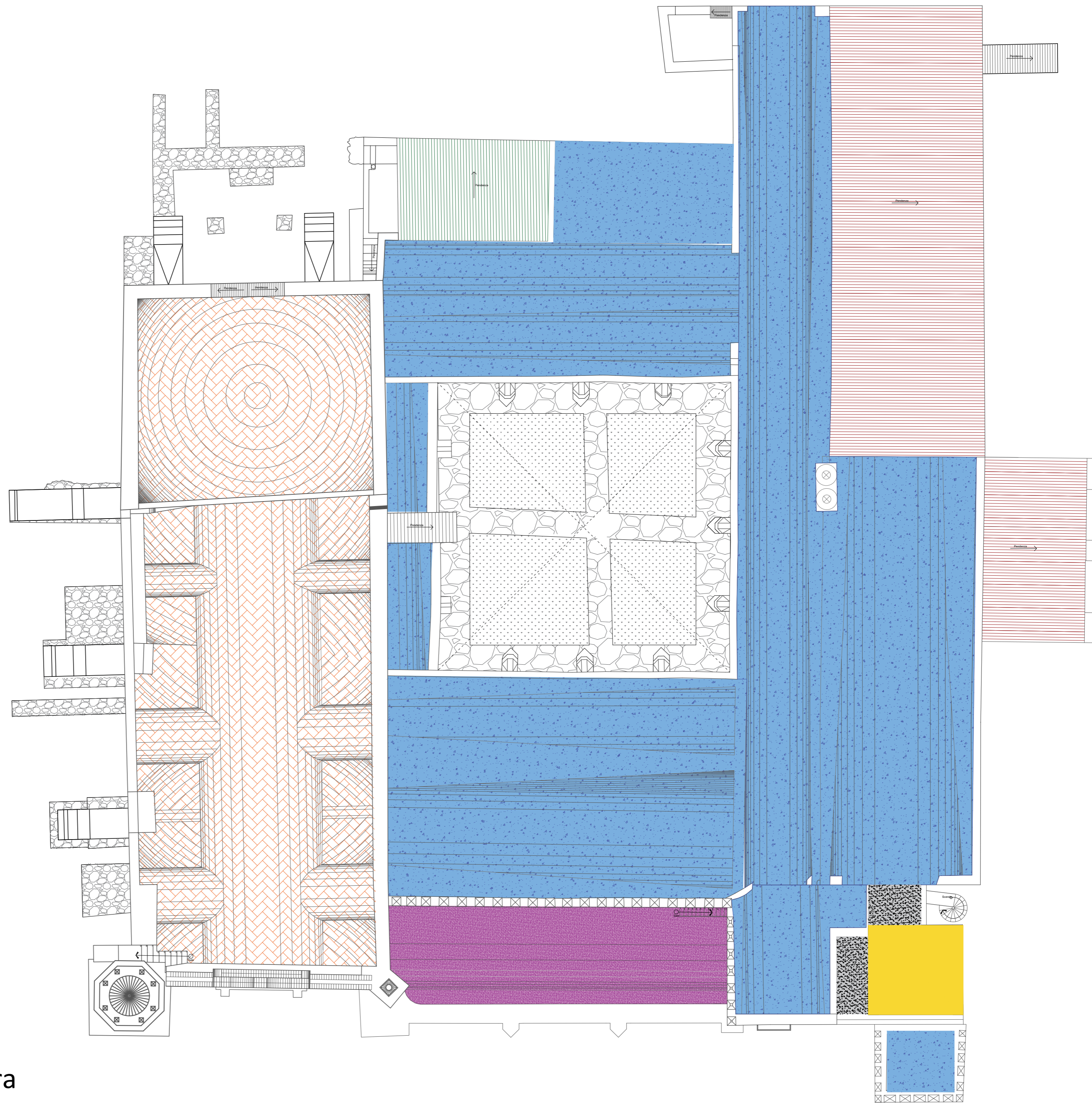
-  Pavimentazione in cotto di dimensioni 30x30 cm con aspetto rustico
-  Pavimentazione in cotto di dimensioni 13,5 x 27 cm con aspetto rustico
-  Pavimentazione in cotto di dimensioni 25,5 x 40 cm con aspetto rustico
-  Pavimentazione cementizia con finitura rossa
-  Pavimentazione cementizia con finitura gialla
-  Pavimentazione cementizia con finitura grigia naturale
-  Pavimentazione 30 x 30 situata nel terrazzo
-  Guaina di rivestimento color ocra
-  Scale in pietra rosa
-  Scale in pietra
-  Scale in pietra locale
-  Soglia di accesso in pietra
-  Soglia di accesso in pietra grigia
-  Pietra locale
-  Terreno
-  Elemento in muratura lapidea, probabile preesistenza
-  Pavimentazione in cotto di dimensioni 14 x 27 cm con aspetto rustico
-  Pavimentazione in cotto di dimensioni 30x30
-  Pavimentazione di dimensioni 30x30 di colore beige
-  Pavimentazione in ceramica dimensioni 20 x 20 cm di colore carminio
-  Scala in pietra grigia
-  Pavimentazione Ligna
-  Pavimentazione in conglomerato di calce e rena
-  Calcestruzzo con finitura rustica



Pianta piano primo

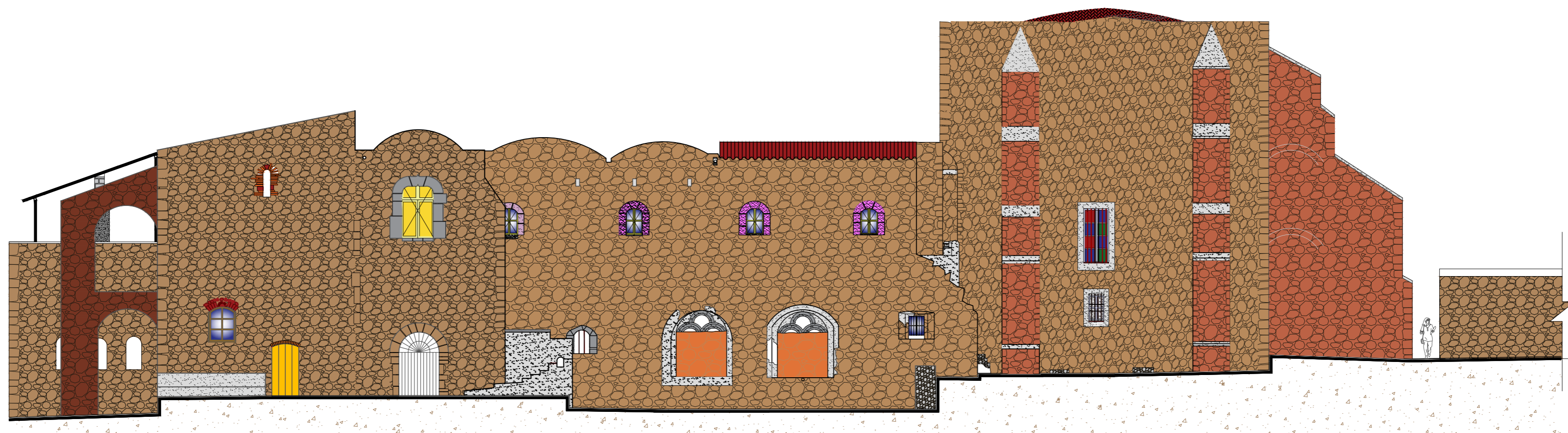
SIMBOLOGIA

-  Lamina di fibrocemento finto piastrella
-  Lamina di fibrocemento grigia
-  Conglomerato misto calce
-  Conglomerato misto calce e terra
-  Conglomerato cementizio
-  Intonaco a base di calce
-  Pavimentazione in cotto dimensione 26,5 X 13 X 3cm



0 1 5 10 mt






























Pianta copertura

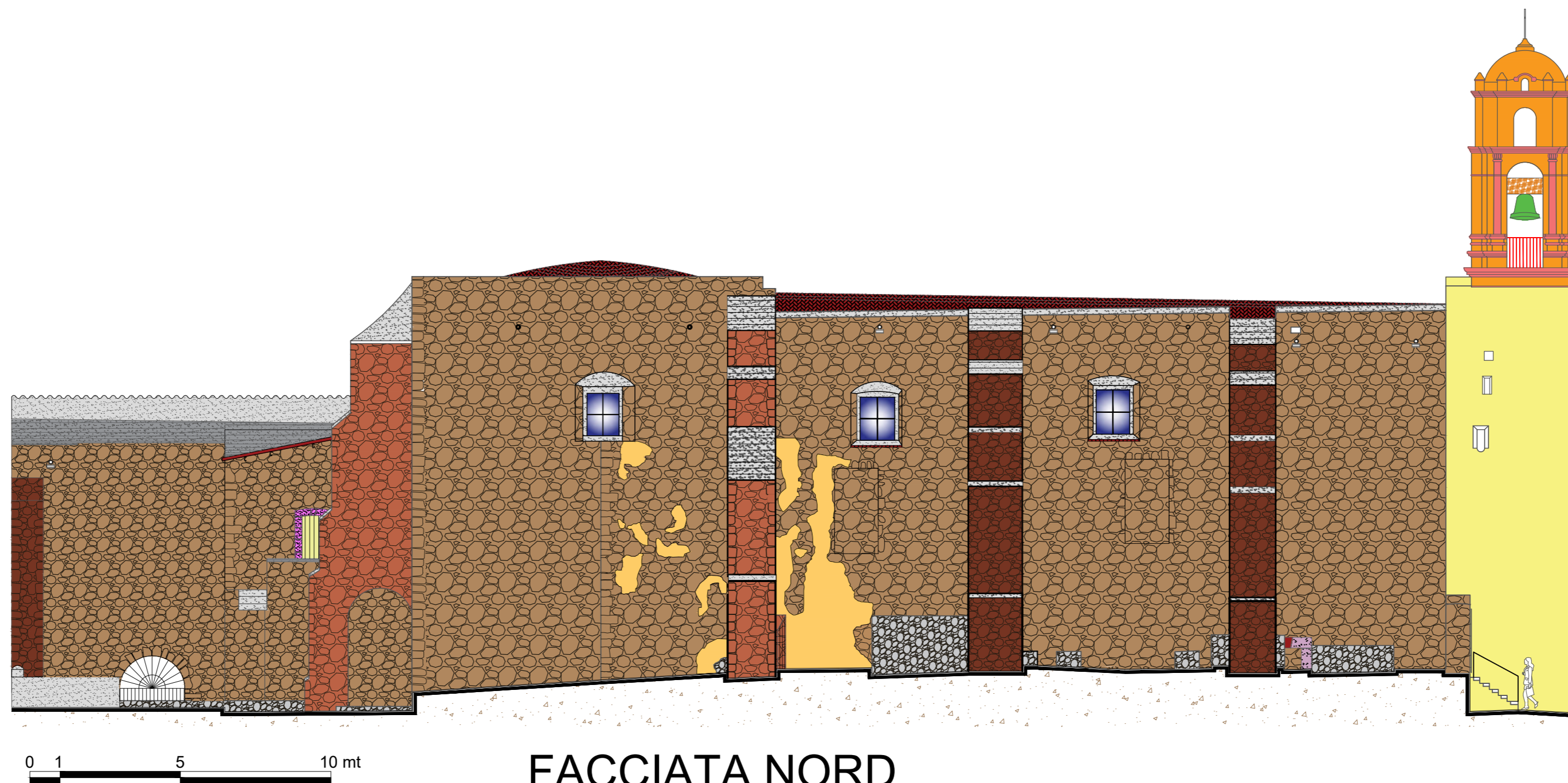


0 1 5 10 mt

FACCIATA EST































SIMBOLOGIA

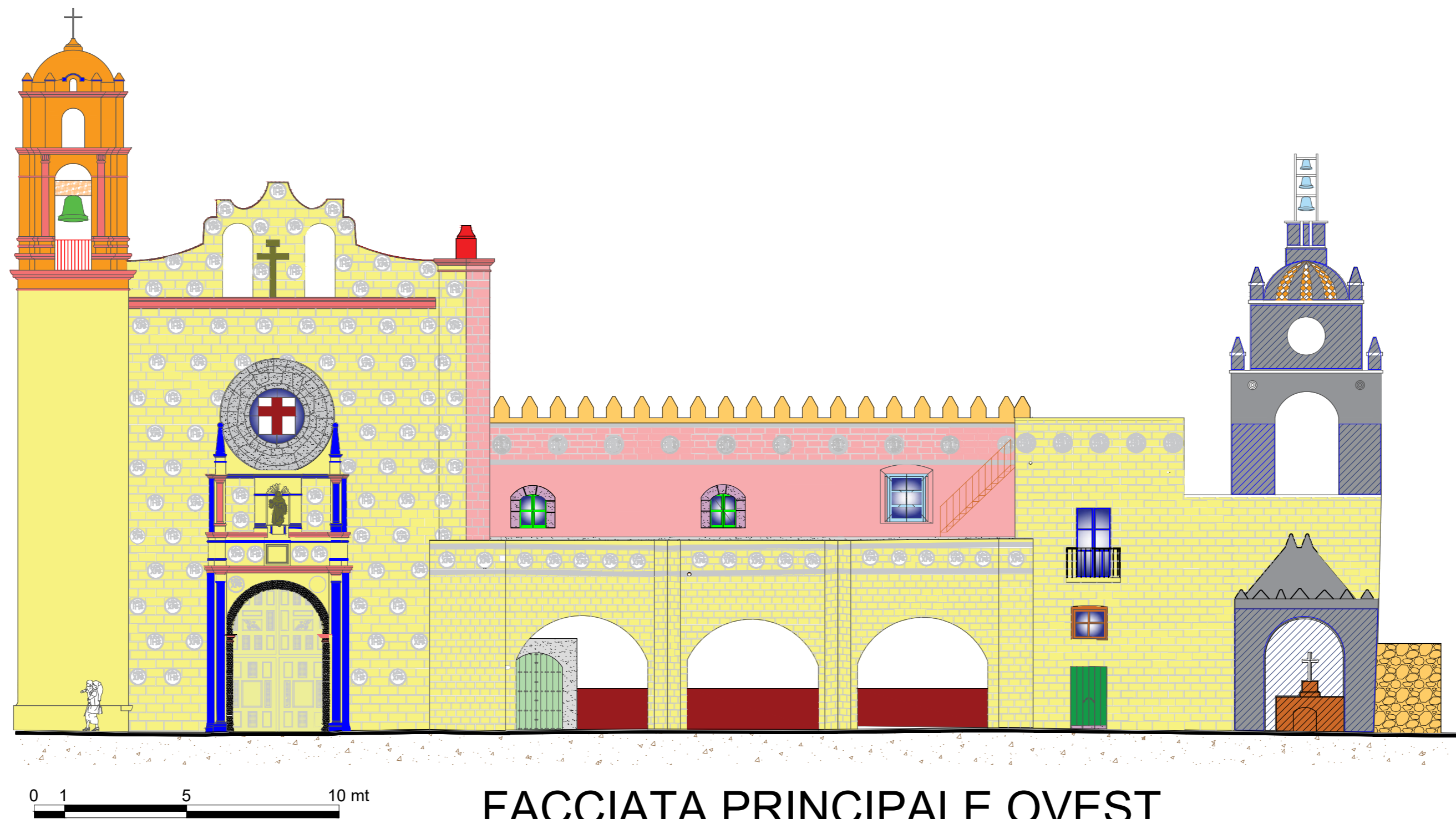
 Parete in muratura mista (tezontle e pietra rotondeggiante) con disposizione regolare e finitura	 Porta di metallo	 Muro di materiale misto (mattone rosso ricotto, pietra, adobe, pietra rotondeggiante, tezontle, resti di piastrelle) allestito con malta.
 Parete in muratura mista (tezontle e pietra rotondeggiante) con disposizione regolare a vista	 Finestra in legno con cornice, due ante pieghevoli e vetro colorato texturizzato.	 Finestra angolare metallica
 Contrafforte in muratura mista (tezontle, piedra bola) con disposizione regolare poggiato su terreno ed apparentemente privo di fondazione. Finitura a intonaco	 Intonaco a base di calce	 Intonaco su finestra con malta di calce, con record storico dell'anno 1546.
 Contrafforte in muratura mista (tezontle, piedra bola) con disposizione regolare poggiato su terreno ed apparentemente privo di fondazione. Finitura a vista	 Decorazione cementizia su finestra	 Finestra con elemento in metallo forgiato manualmente
 Porzione decorativa in laterizio	 Pietra di cava grigia della regione, in alcuni casi intagliati e scolpiti seduti con malta per formare la cornice delle finestre.	 Finestra con elemento in metallo forgiato semi manualmente
 Dettaglio decorativo in tezontle.	 Pietra di cava rosa della regione, in alcuni casi intagliato e scolpito seduto con malta per formare la cornice della finestra.	 Vetro colorato texturizzati, montati su una finestra di legno e fissati con mastice.
 Finestra in legno con telaio fisso, fortemente compromessa, presenza di vetro trasparente.	 Riempimento con malta colorata in pasta per simulare i conci in finestre e porte.	 Finestra fissa in legno con solo telaio.
 Porta in legno con telaio a due ante a libro, fortemente compromessa	 Finestra in legno con cornice, due ante pieghevoli e vetro trasparente.	 Decorazione su finestra con malta di calce
 Elemento di riempimento in muratura	 Lastre di pietra scolpite	 Tegole in fibrocemento
 Elemento in muratura lapidea, probabile preesistenza		 Pluviale di diversi materiali (cemento-amianto, piastrelle) incastonati in pareti di muratura con sporgenze dal muro da 26 cm a 85 cm di lunghezza.



FACCIATA NORD

SIMBOLOGIA

- | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
|  | Parete in muratura mista (tezontle e pietra rotondeggiante) con disposizione regolare e finitura |  | Porta di metallo |  | Muro di materiale misto (mattoni rosso ricotti, pietra, adobe, pietra rotondeggiante, tezontle, resti di piastrelle) allettato con malta. |
|  | Parete in muratura mista (tezontle e pietra rotondeggiante) con disposizione regolare a vista |  | Finestra in legno con cornice, due ante pieghevoli e vetro colorato texturizzato. |  | Finestra angolare metallica |
|  | Contrafforte in muratura mista (tezontle, pietra bola) con disposizione regolare poggiato su terreno ed apparentemente privo di fondazione. Finitura a intonaco |  | Intonaco a base di calce |  | Intonaco su finestra con malta di calce, con record storico dell'anno 1546. |
|  | Contrafforte in muratura mista (tezontle, pietra bola) con disposizione regolare poggiato su terreno ed apparentemente privo di fondazione. Finitura a vista |  | Decorazione cementizia su finestra |  | Finestra con elemento in metallo forgiato manualmente |
|  | Porzione decorativa in laterizio |  | Pietra di cava grigia della regione, in alcuni casi intagliati e scolpiti seduti con malta per formare la cornice delle finestre. |  | Finestra con elemento in metallo forgiato semi manualmente |
|  | Dettaglio decorativo in tezontle. |  | Pietra di cava rosa della regione, in alcuni casi intagliato e scolpito seduto con malta per formare la cornice della finestra. |  | Finestra con elemento in metallo forgiato semi manualmente |
|  | Finestra in legno con telaio fisso, fortemente compromessa, presenza di vetro trasparente. |  | Riempimento con malta colorata in pasta per simulare i concii in finestre e porte. |  | Vetro colorato texturizzati, montati su una finestra di legno e fissati con mastice. |
|  | Porta in legno con telaio a due ante a libro, fortemente compromessa |  | Finestra in legno con cornice, due ante pieghevoli e vetro trasparente. |  | Finestra fissa in legno con solo telaio. |
|  | Elemento di riempimento in muratura |  | Lastre di pietra scolpite |  | Decorazione su finestra con malta di calce |
|  | Elemento in muratura lapidea, probabile preesistenza | | |  | Tegole in fibrocemento |
| | | | |  | Pluviale di diversi materiali (cemento-amianto, piastrelle) incastonati in pareti di muratura con sporgenze dal muro da 26 cm a 85 cm di lunghezza. |



FACCIATA PRINCIPALE OVEST

SIMBOLOGIA

Parete in muratura mista (tezontle e pietra rotondeggiante) con disposizione regolare a vista	Elemento religioso in pietra grigia	Merli realizzati con materiale misto a base di pietra vulcanica, tezontle e laterizio	Porta in legno con telaio a due ante a libro, dogata situata nel portico della facciata ovest.
Intonaco con malta di calce-sabbia, rinforzato con rete zincata pitturato con vernice a base calce con pigmento minerale. Tipo 1	Oculo di elementi misti in pietra	Riempimento con malta simil conchi di cava rosa in finestre e porte.	Pittura murale (Rodapie)
Intonaco con malta di calce sabbia, pitturato con vernice a calce a base di pigmento minerale. Tipo 2	Elementi metallici tipo T a supporto di elemento religioso	Finestra in legno con cornice e due ante pieghevoli	Porta in legno con telaio a due ante a libro, dogato situato su un balcone rivolto a ovest.
Portone di accesso alla navata principale in legno	Pinnacolo in pietra tezontle	Finestra in legno con telaio pieghevole e vetro trasparente da 5 mm.	Finestra in legno e vetro trasparente da 5 mm.
Intonaco con malta di calce sabbia, pitturato con vernice a calce a base di pigmento minerale. Tipo 3	Elemento ornamentale in pietra vulcanica	Elemento metallico protettivo anticaduta	Porta in legno con due telai a battente, a doghe situata su un balcone esposto a ovest.
Cornice in laterizio	Medaglioni in alto rilievo realizzati con calce	Pluviale in laterizio con sporgenze dal muro da 26 cm a 85 cm di lunghezza.	Resti di pittura murale su intonaco nella parete di elementi misti.
Campana di bronzo	Medaglioni in basso rilievo realizzati con calce	Campanas de metal, ubicadas sobre torre de reloj.	Pietra non identificata
Intonaco spazzolato insieme a base sabbia calcarea nel perimetro del campanile.	Arco che incornicia la porta principale del tempio formata da pietra tezontle con un giunto di calce.		Elemento metallico con profilo quadrato senza protezione, situato nel campanile.
	Scala metallica		



FACCIATA SUD








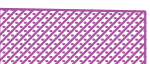
SIMBOLOGIA

Parete in muratura mista (tezonte e pietra rotondeggiante) con disposizione regolare e finitura ad intonaco	Gradini di cava rosa con finitura quadrata posati con malta, cemento, sabbia e giunzione tra ogni elemento.	Elemento metallico di protezione. Tipo 1	Finestra in legno con cornice a due ante pieghevoli e vetro trasparente. Tipo 2	Elemento di protezione in metallo. Tipo 2
Intonaco con malta di calce-sabbia, rinforzato con rete zincata pitturato con vernice a base calce con pigmento minerale. Tipo 1	Calcestruzzo solido con finitura rustica	Elemento metallico di protezione. Tipo 2	Pietra di cava grigia per formare cornici in finestre e porte.	Finestra in legno con cornice e due ante pieghevoli e vetro trasparente. Tipo 3
Finestra fissa con telaio in legno e vetro trasparente. Tipo 1	Scala in metallo trattata con vernice anticorrosiva e smalto nero.	Finestra in legno con cornice e due ante pieghevoli con parte superiore fissa e vetro trasparente.	Pietra di cava rosa per formare cornici in finestre e porte.	Finestra in legno con cornice e due ante pieghevoli e vetro trasparente. Tipo 4
Finestra in legno con telaio e due lame pieghevoli e vetro trasparente.	Intonaco cementizio su parete divisoria.	Porta in legno con anta a ribalta con piano fisso e vetro trasparente.	Intonaco cementizio	Finestra in legno con cornice e due ante pieghevoli e vetro trasparente. Tipo 5
Finestra fissa con telaio in legno e vetro trasparente. Tipo 2	Finestra in ferro con telaio e anta a soffietto, rifinita con vernice a smalto nero, con vetro trasparente strutturato.	Intonaco con malta di calce a finitura rustica, su una parete di muratura mista.	Colonna in materiale misto (tabique, pietra)	Contrafforte con doppio arco ad arco in pietra vulcanica
Pietra di cava rosa per inquadrare apertura esistente situata nella parte inferiore della torre dell'orologio.	Elemento di laterizio	Cornice scolpita in pietra di cava grigia.	Porta in legno con anta a ribalta, situata nella terrazza del portico esposta a sud.	Lamina in fibrocemento grigio
Porta in legno con anta a ribalta e pannelli laterali fissi, situato nella parte inferiore della torre dell'orologio.	Intonaco con malta di calce pitturato con vernice a calce a base di pigmento minerale, su muro in muratura mista.	Finestra in legno con cornice e due ante pieghevoli e vetro trasparente. Tipo 1	Colonna in cemento	
Resti di pittura murale	Intonaco a base di calcepitturato con vernice vinilica bianca, su parete in muratura mista.		Elemento di protezione in metallo. Tipo 1	

ALLEGATI B1 – B9

MAPPATURA DEI DEGRADI

SIMBOLOGIA

-  Lesione
-  Elemento ammalorato
-  Perdita di elemento strutturale
-  Perdita parziale di elemento e rischio di collasso
-  Mancanza
-  Presenza di vegetazione infestante
-  Pavimentazione danneggiata a seguito dell'impatto di materiale crollato a seguito del sisma
-  Presenza di croste
-  Frattura di elemento strutturale

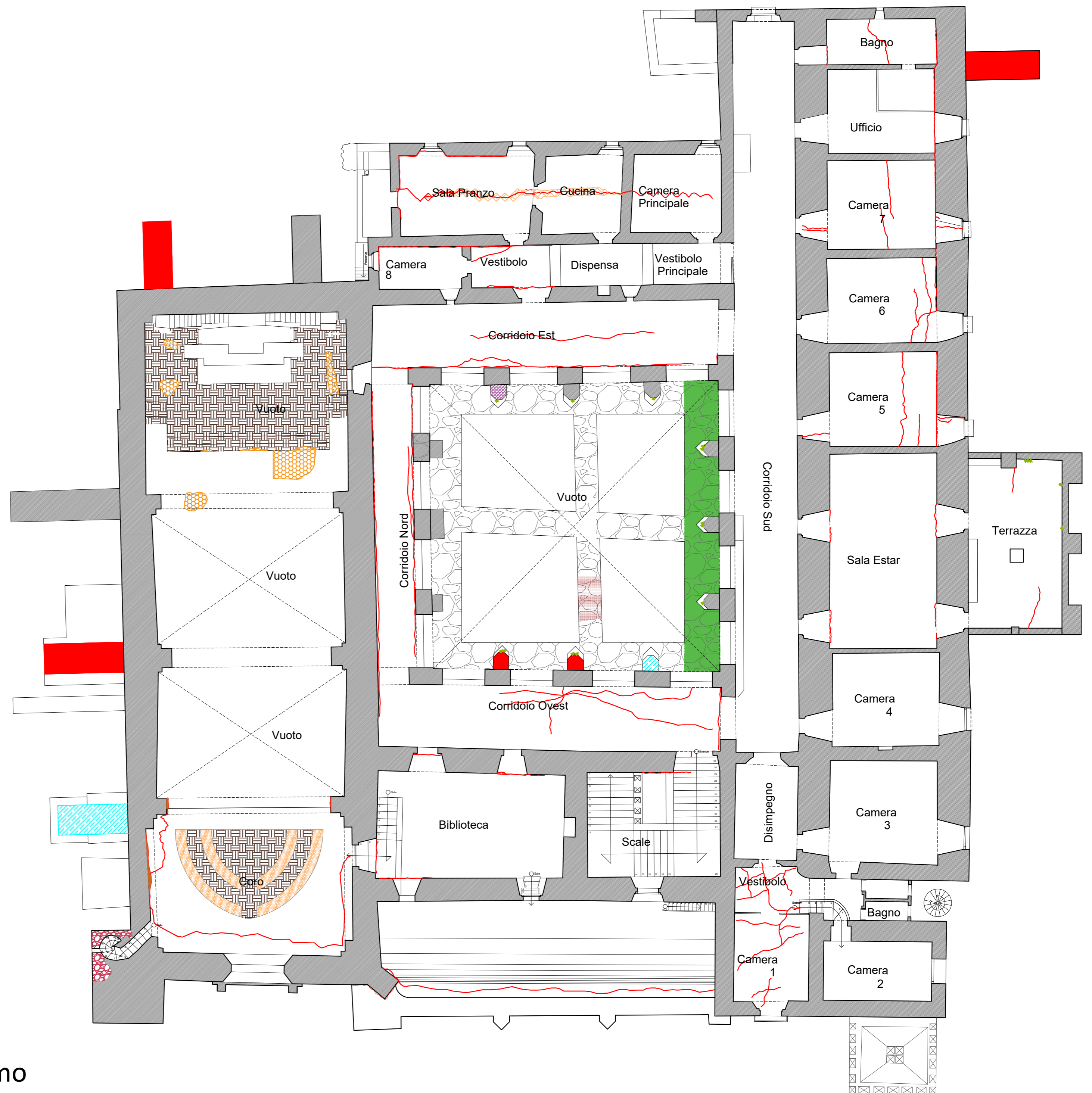


0 1 5 10 mt

Pianta piano terra

SIMBOLOGIA

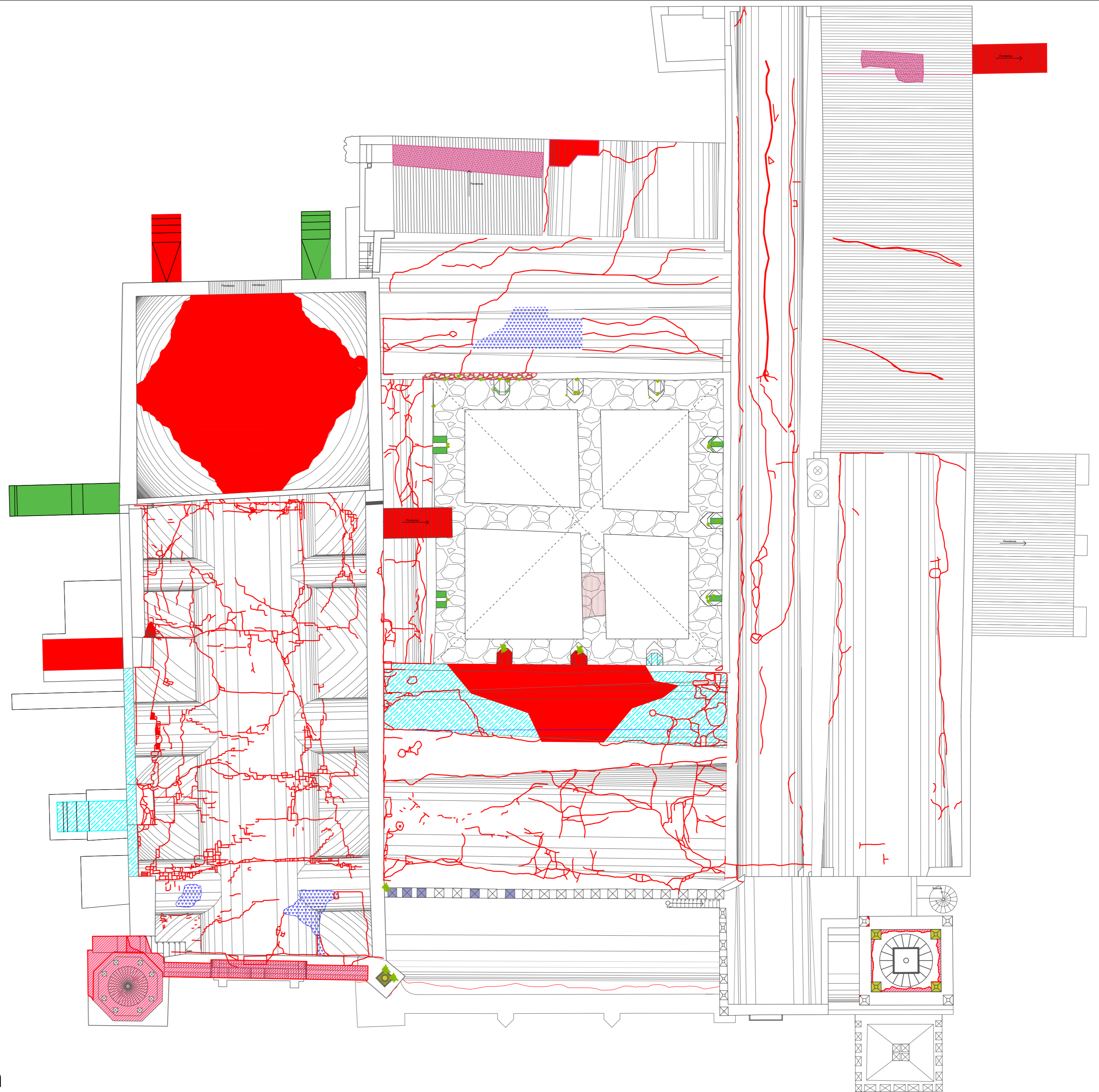
-  Lesione
-  Elemento ammalorato
-  Perdita di elemento strutturale
-  Perdita parziale di elemento e rischio di collasso
-  Mancanza
-  Presenza di vegetazione infestante
-  Pavimentazione danneggiata a seguito dell'impatto di materiale crollato a seguito del sisma
-  Presenza di croste
-  Frattura di elemento strutturale
-  Perdita di mobilio fisso
-  Perdita di pavimentazione
-  Collasso parziale di muratura



Pianta piano primo

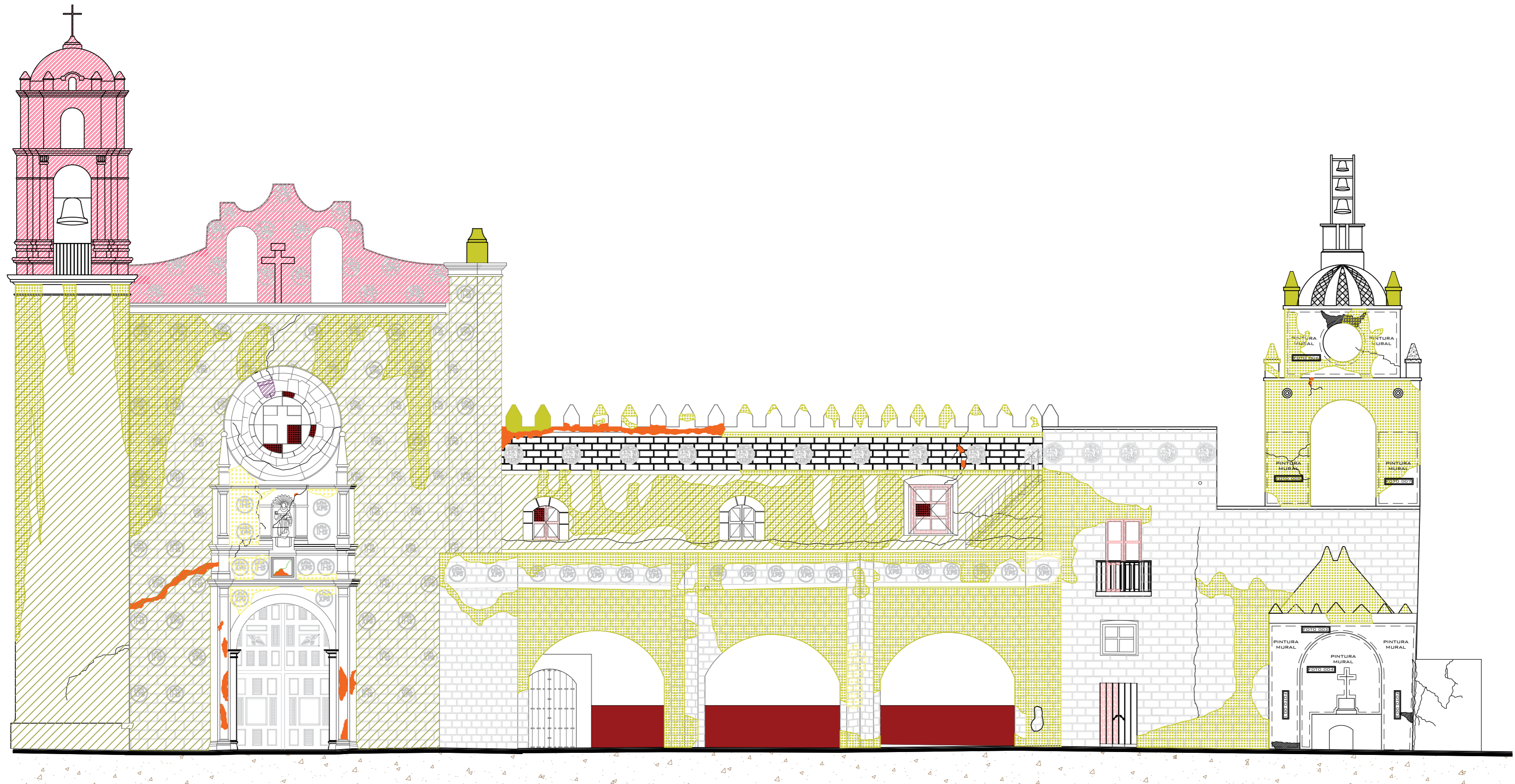
SIMBOLOGIA

-  Lesione
-  Elemento ammalorato
-  Perdita di elemento strutturale
-  Perdita parziale di elemento e rischio di collasso
-  Mancanza
-  Presenza di vegetazione infestante
-  Pavimentazione danneggiata a seguito dell'impatto di materiale crollato a seguito del sisma
-  Presenza di croste
-  Frattura di elemento strutturale
-  Perdita di mobilio fisso
-  Perdita di pavimentazione
-  Collasso parziale di muratura



0 1 5 10 mt

Pianta copertura



0 1 5 10 mt

FACCIATA OVEST

SIMBOLOGIA

 Lesione profonda

 Perdita di intonaco decorato

 Distacco di intonaco

 Distacco di pinnacolo decorativo

 Lesione superficiale


 Presenza di umidità

 Intonaco ammalorato

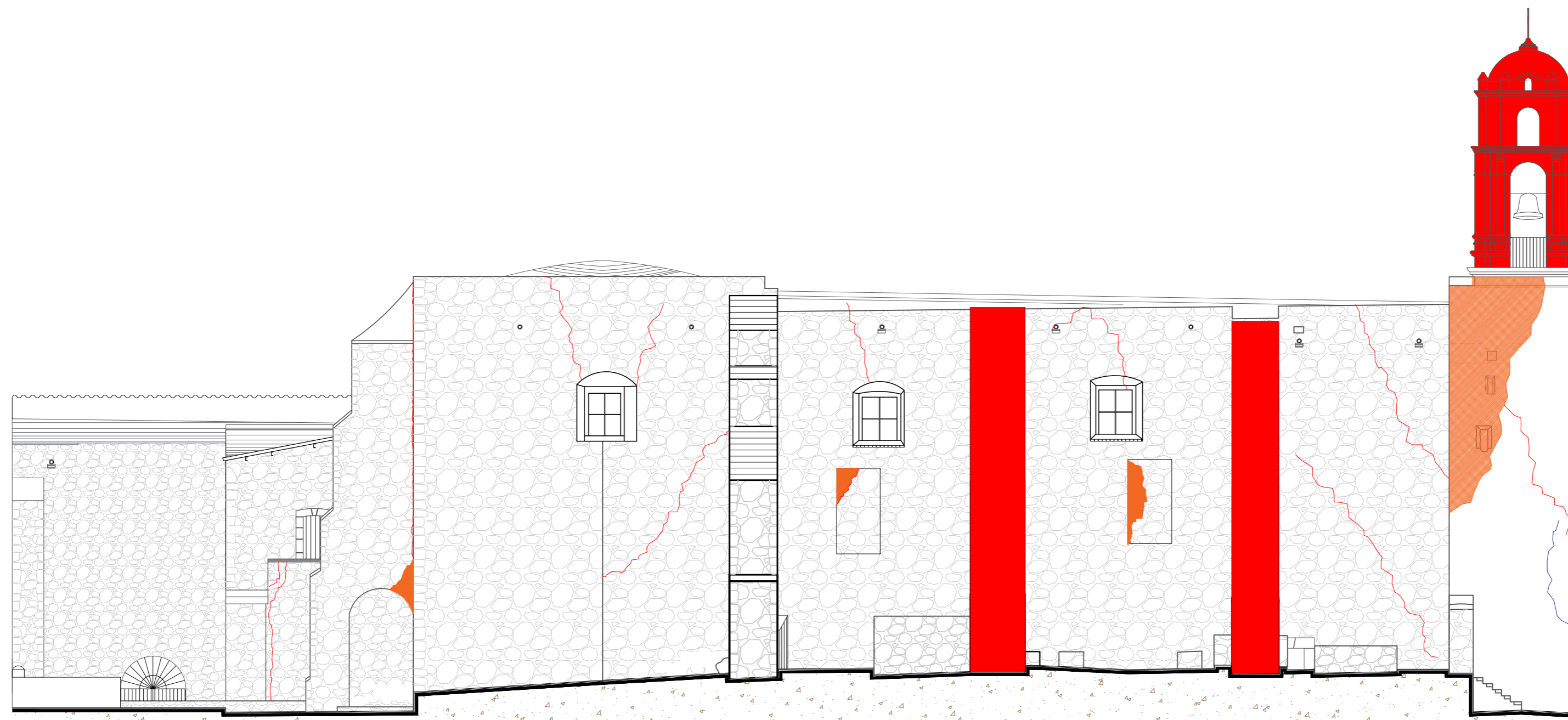
 Perdita o danno di cristallo

 Perdita elemento architettonico

 Attacco biologico

 Porte e finestre in legno ammalorate

 Perdita di porzioni di materiale lapideo



0 1 5 10 mt

FACCIATA NORD

SIMBOLOGIA

 Lesione profonda

 Perdita di intonaco decorato

 Distacco di intonaco

 Distacco di pinnacolo decorativo

 Lesione superficiale


 Presenza di umidità

 Intonaco ammalorato

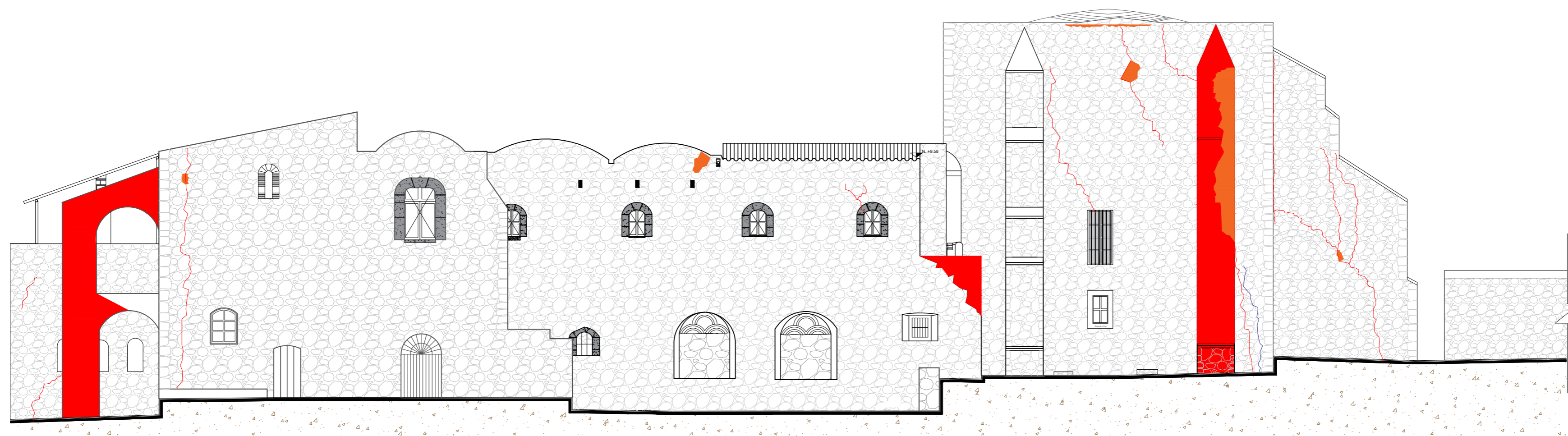
 Perdita o danno di cristallo

 Perdita elemento architettonico

 Attacco biologico

 Porte e finestre in legno ammalorate













 Perdita di porzioni di materiale lapideo



FACCIATA EST

0 1 5 10 mt

SIMBOLOGIA













 Lesione profonda	 Perdita di intonaco decorato	 Distacco di intonaco	 Distacco di pinnacolo decorativo
 Lesione superficiale	 Presenza di umidità	 Intonaco ammalorato	 Perdita o danno di cristallo
 Perdita elemento architettonico	 Attacco biologico	 Porte e finestre in legno ammalorate	 Perdita di porzioni di materiale lapideo

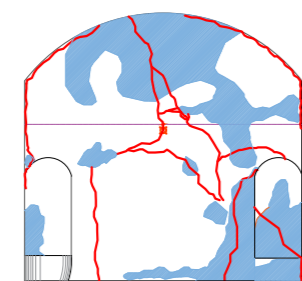
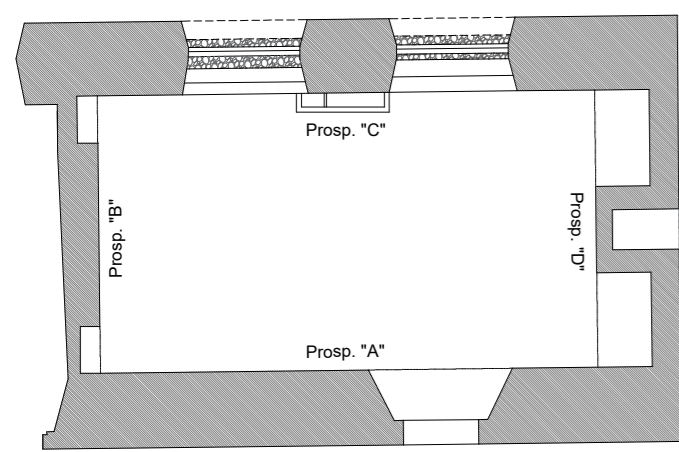


0 1 5 10 mt

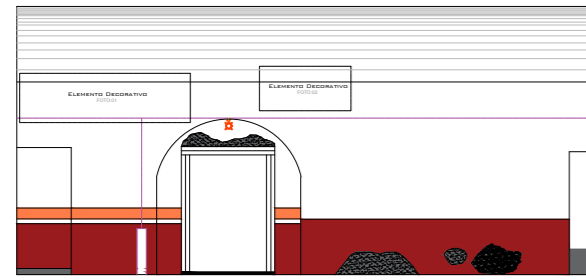
FACCIATA SUD

SIMBOLOGIA

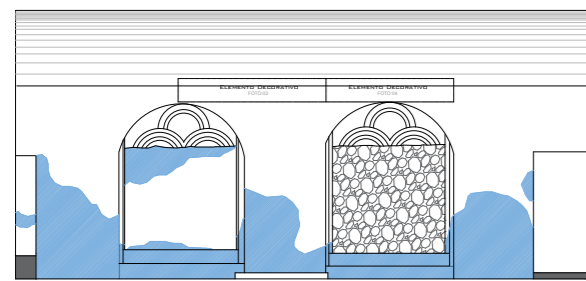
 Lesione profonda	 Perdita di intonaco decorato	 Distacco di intonaco	 Distacco di pinnacolo decorativo
 Lesione superficiale	 Presenza di umidità	 Intonaco ammalorato	 Perdita o danno di cristallo
 Perdita elemento architettonico	 Attacco biologico	 Porte e finestre in legno ammalorate	 Perdita di porzioni di materiale lapideo



Prosp. "B"



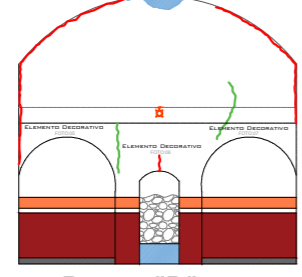
Prosp. "A"



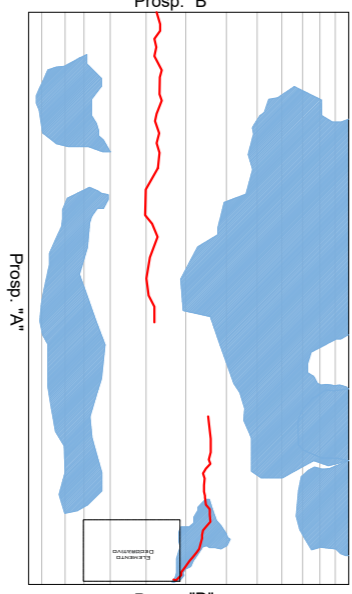
Prosp. "C"

Amministrazione

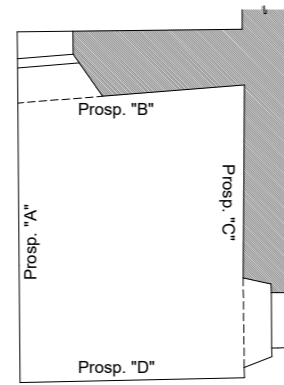
Piano Terra



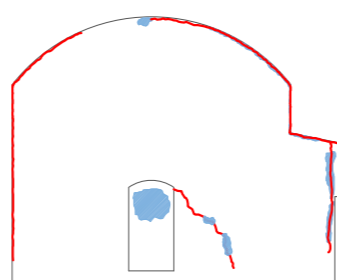
Prosp. "D"



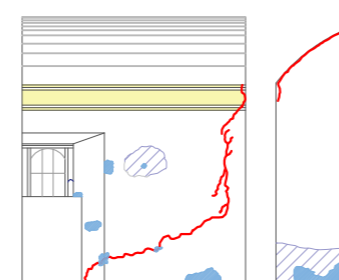
Intradosso della volta



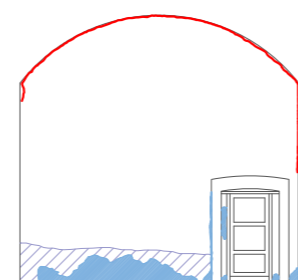
Pianta



Prosp. "A"



Prosp. "B"

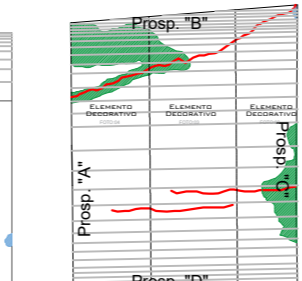


Prosp. "C"

Guadalupanos

Piano Terra

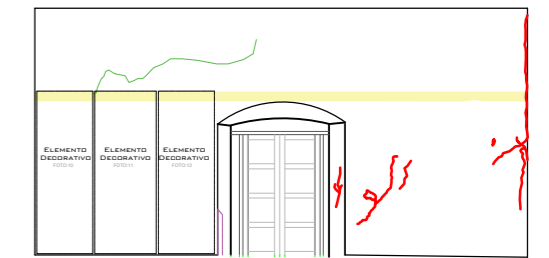
Prosp. "D"



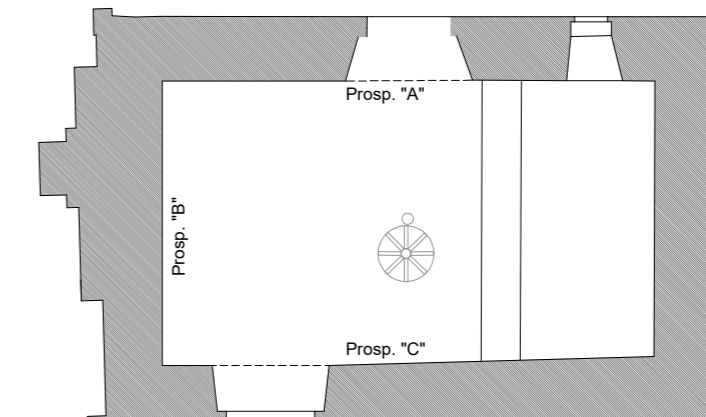
Intradosso della volta

Ufficio Parrocchia

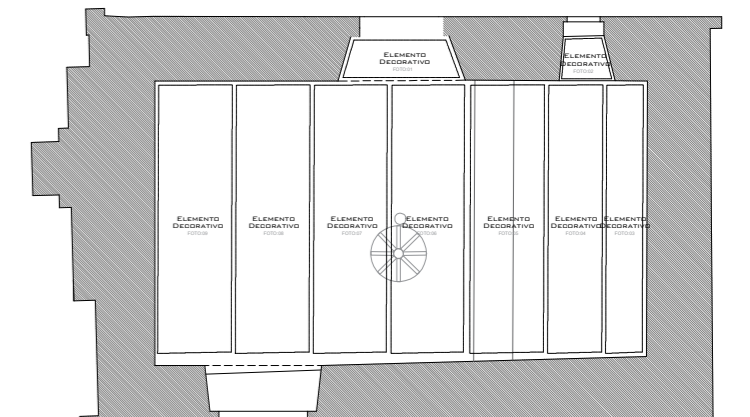
Piano Terra



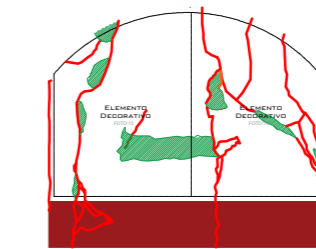
Prosp. "A"



Pianta



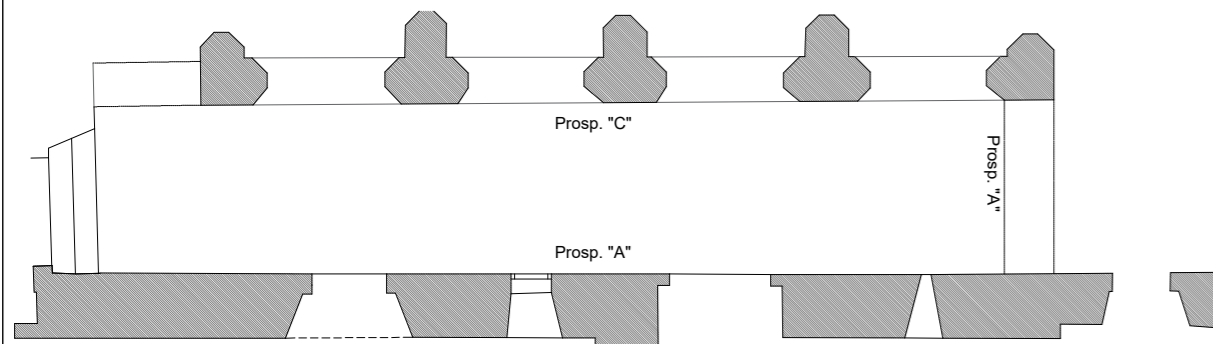
Intradosso della volta



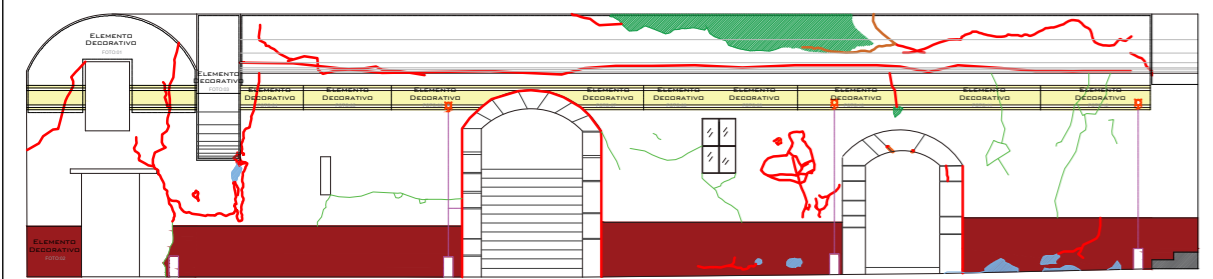
Prosp. "B"



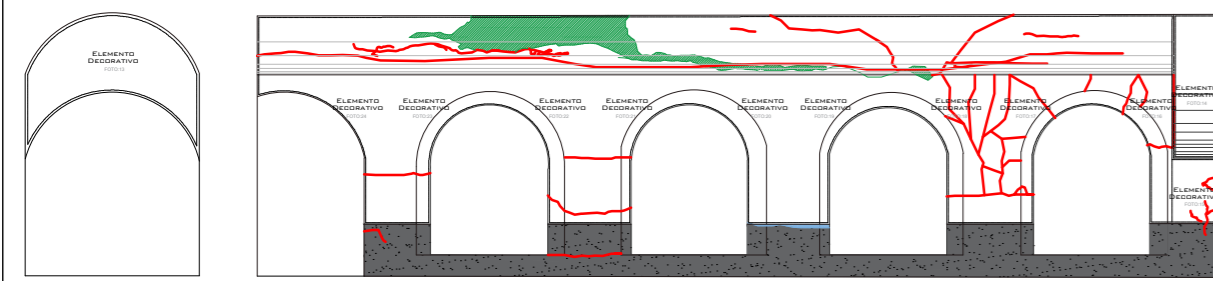
Prosp. "C"



Pianta

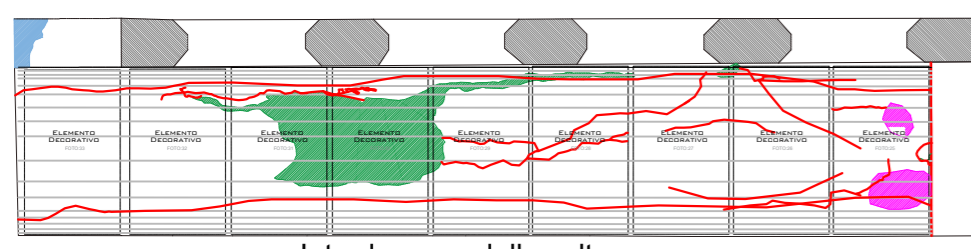


Prosp. "A"



Prosp. "B"

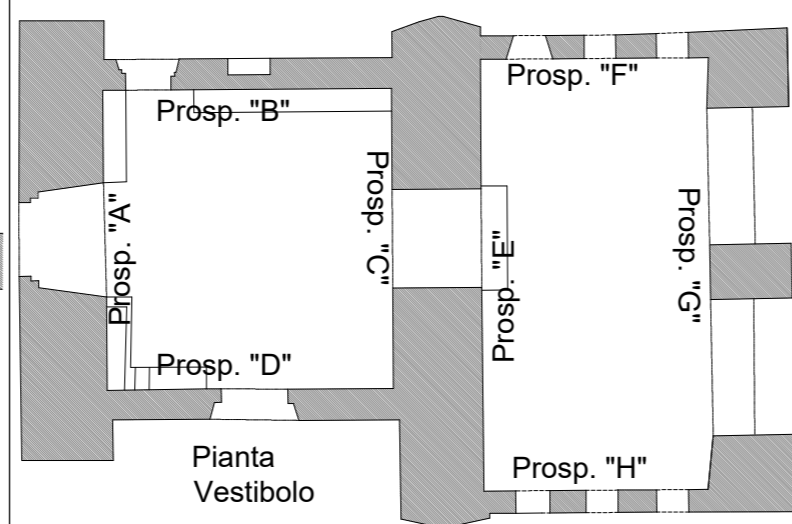
Prosp. "C"



Intradosso della volta

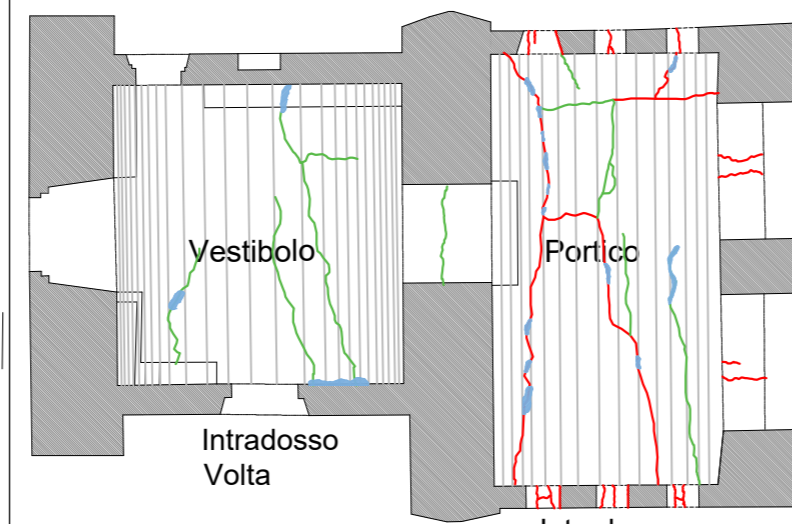
Corridoio ovest

Piano Terra



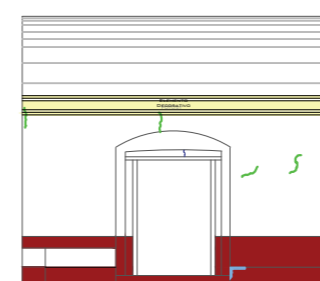
Pianta Vestibolo

Pianta Portico Sud

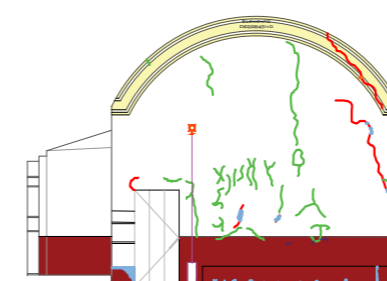


Vestibolo Portico Sud

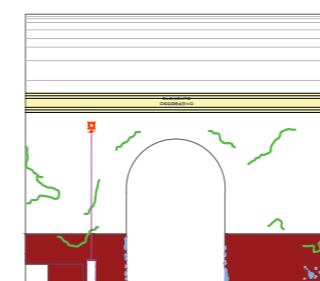
Piano Terra



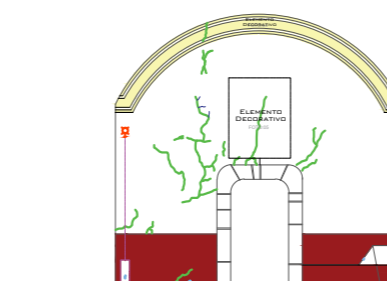
Prosp. "A"



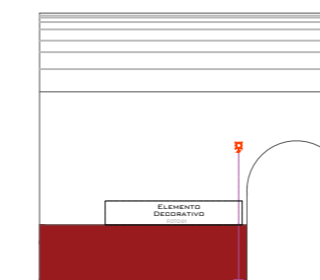
Prosp. "B"



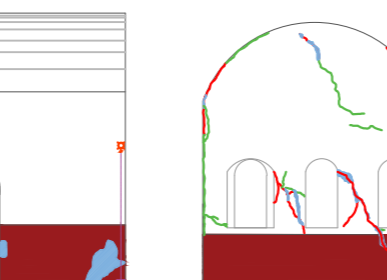
Prosp. "C"



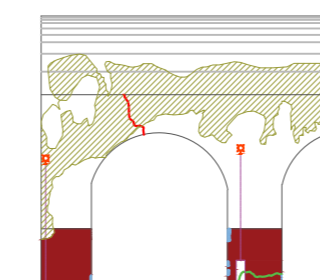
Prosp. "D"



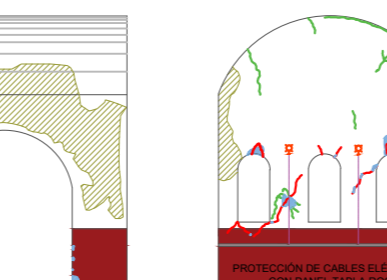
Prosp. "E"



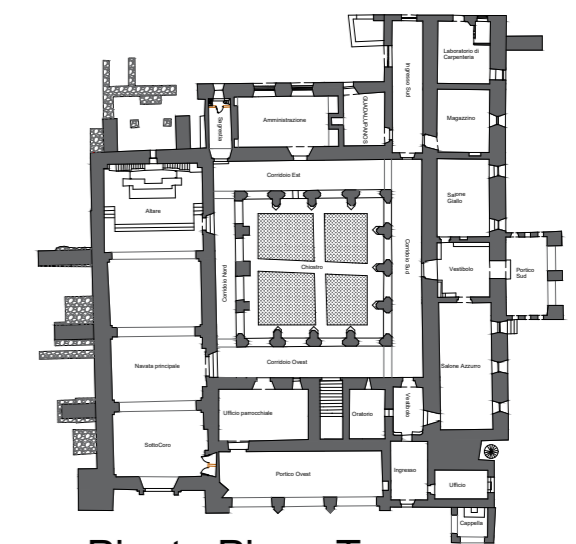
Prosp. "F"



Prosp. "G"



Prosp. "H"

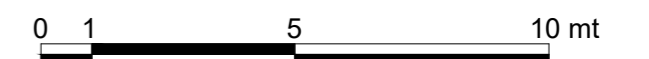
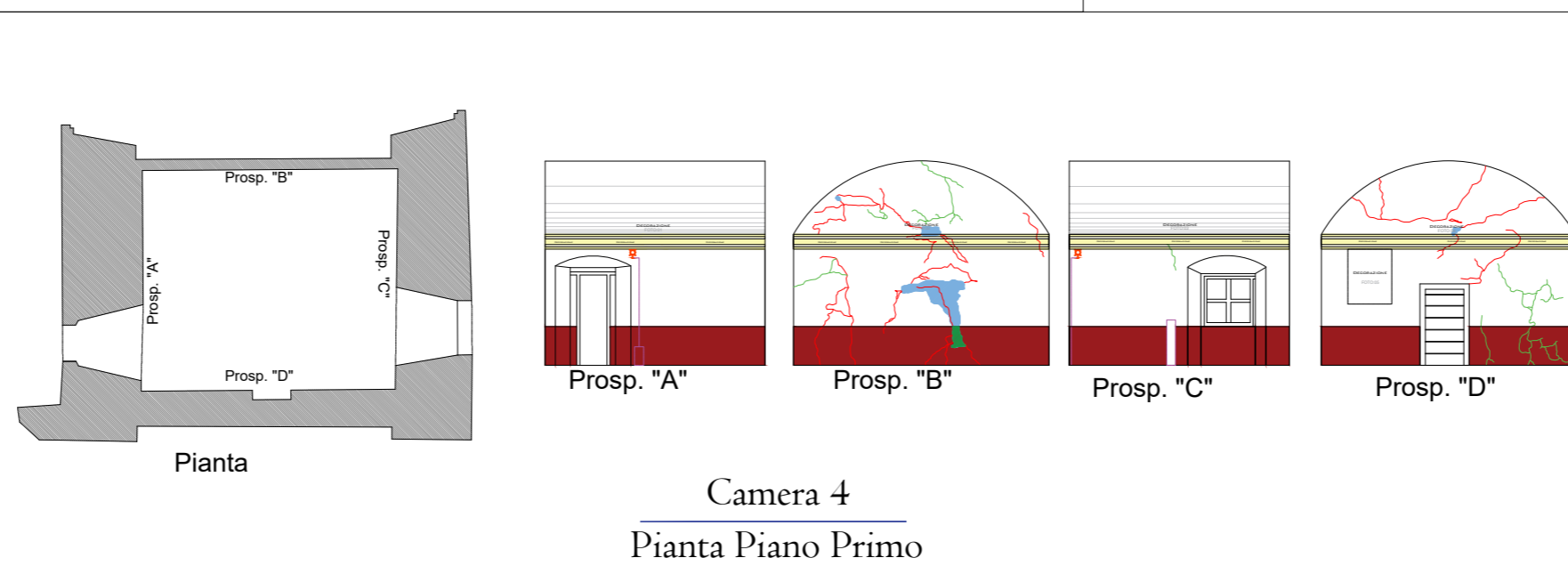
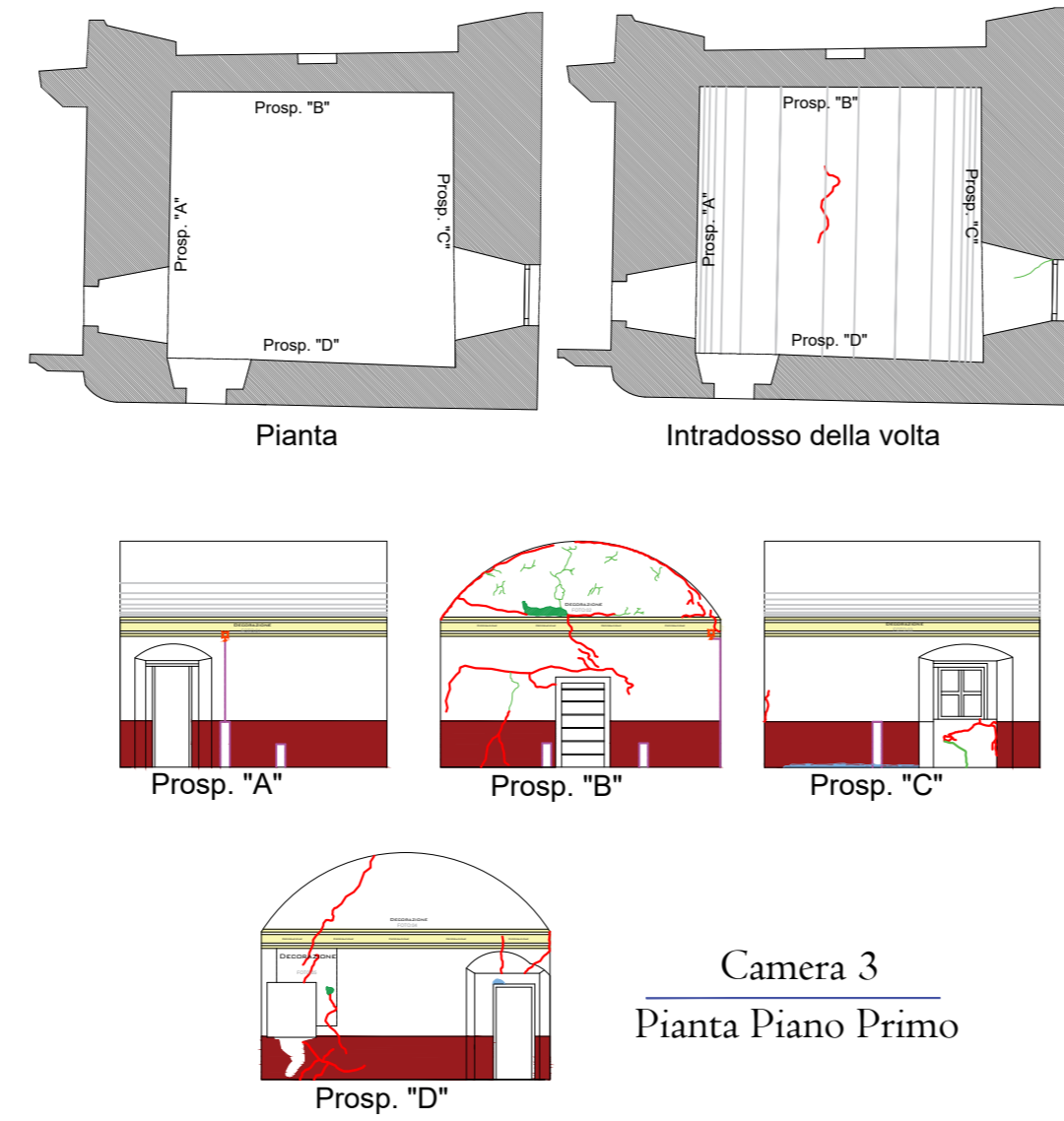
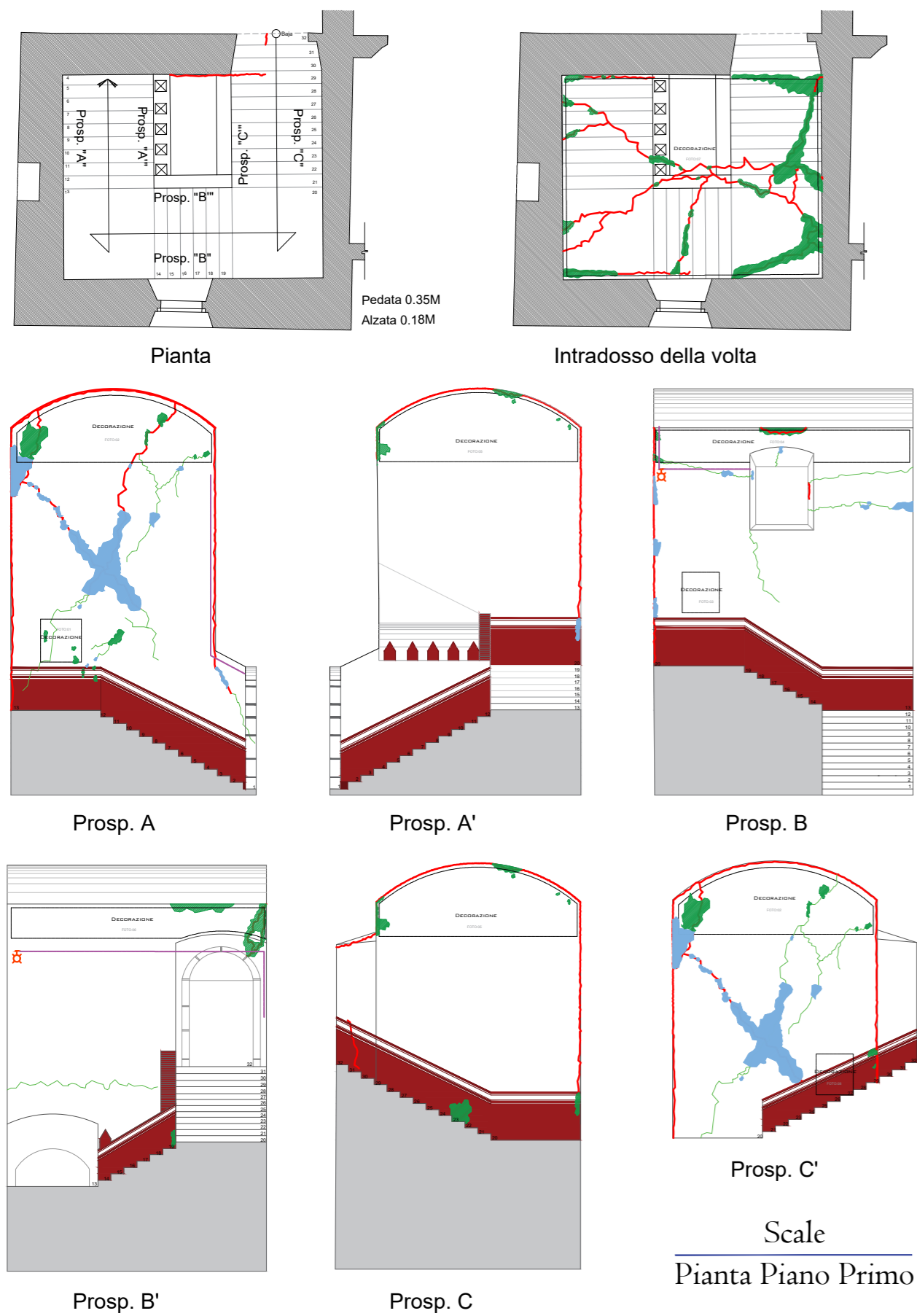
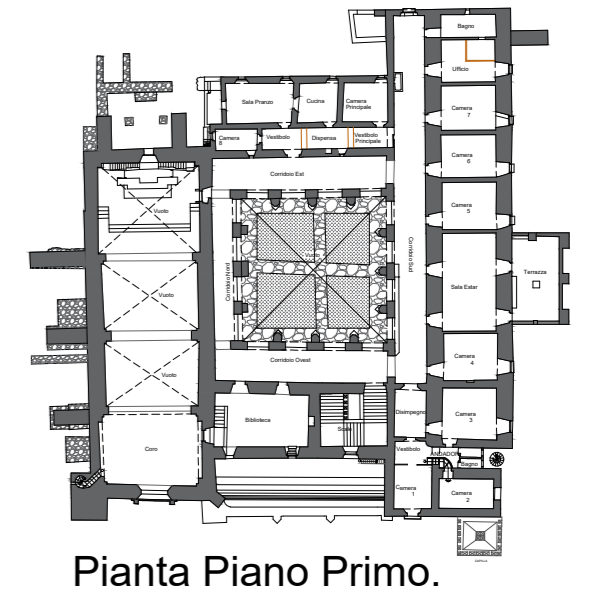
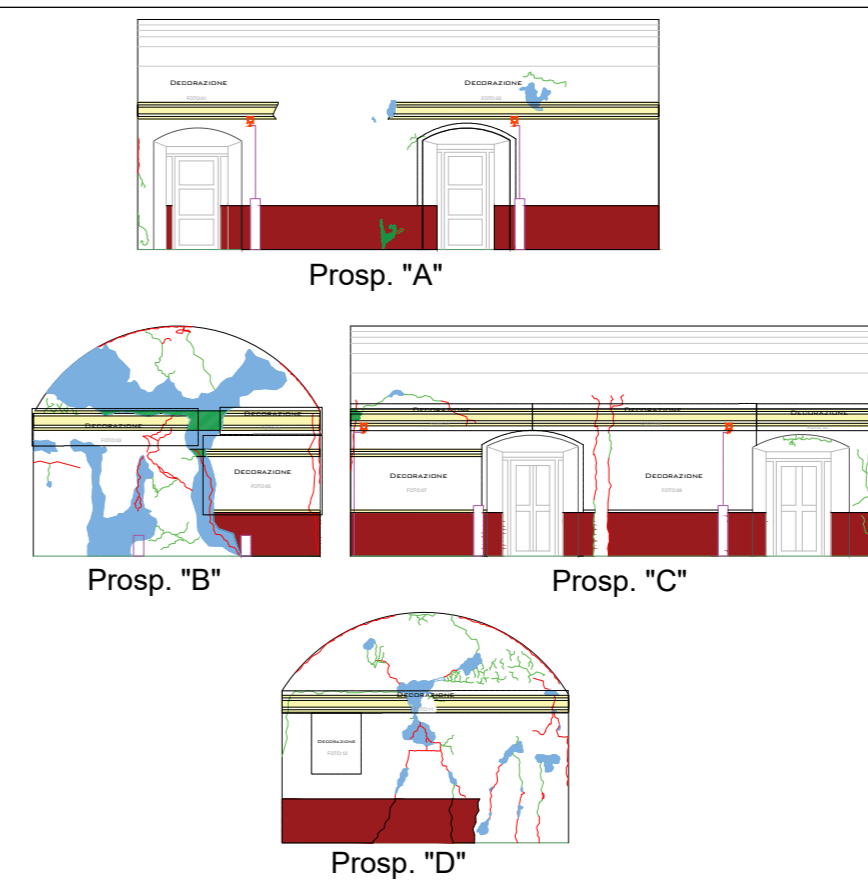
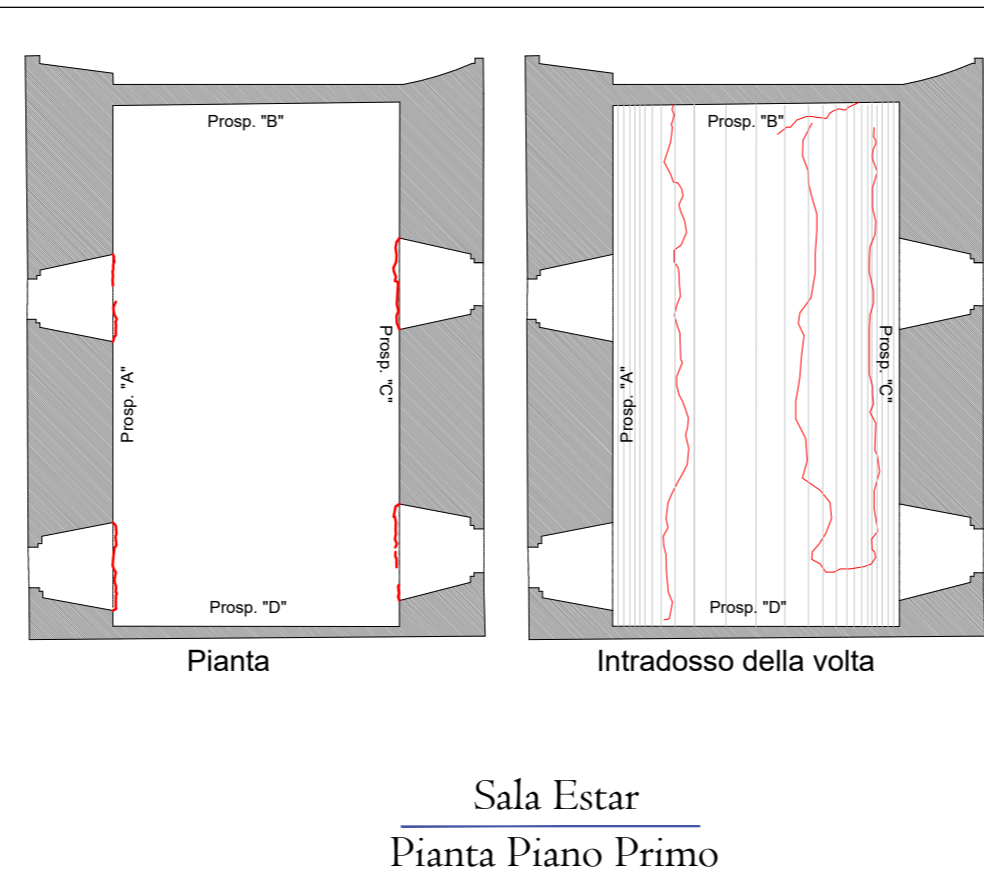
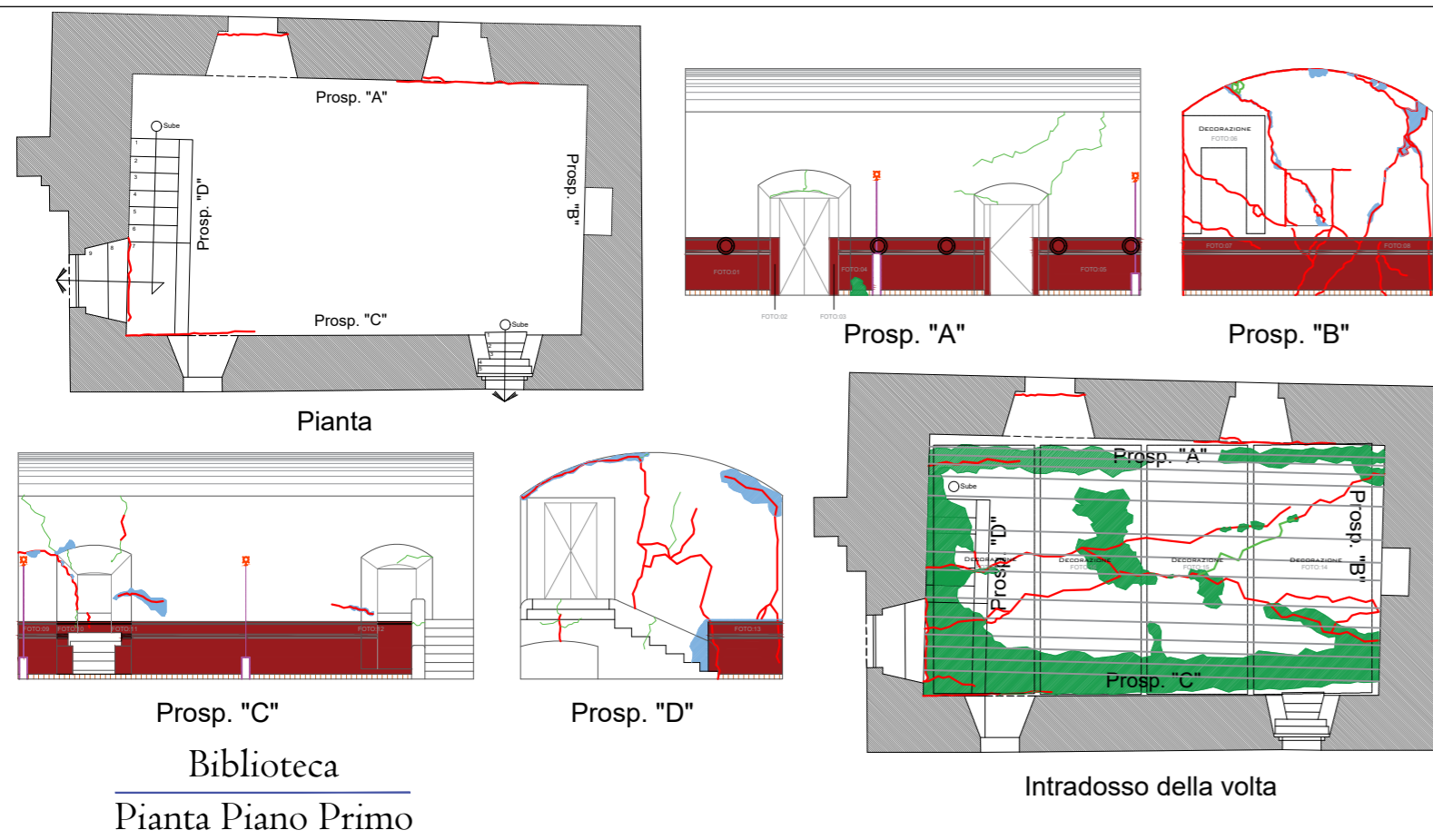


Pianta Piano Terra.

0 1 5 10 mt

SIMBOLOGIA

- Lesione profonda
- Lesione superficiale
- Distacco di Intonaco
- Distacco di intonaco e perdita di elemento decorativo
- Aplanado cal - arena sobre Elemento Decorativo.
- Intonaco cementizio
- Impianto di illuminazione a vista
- Canalina di impianto a vista





SIMBOLOGIA

- Lesione profonda
- Lesione superficiale
- Distacco di Intonaco
- Distacco di intonaco e perdita di elemento decorativo
- Aplanado cal - arena sobre Elemento Decorativo.
- Intonaco cementizio
- Impianto di illuminazione a vista
- Canalina di impianto a vista

ALLEGATO C

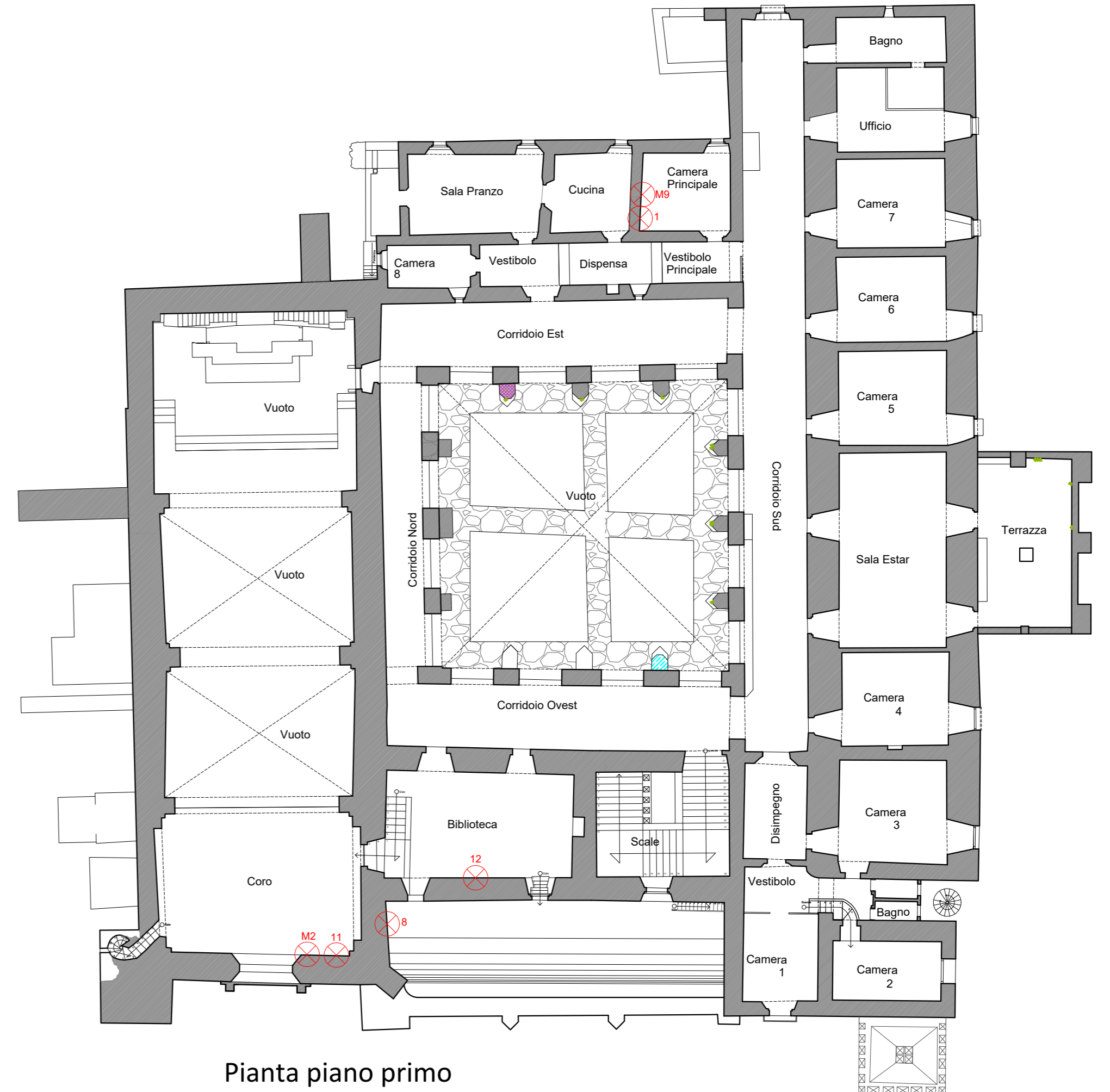
REPORT TERMOGRAFICI ED ANALISI DI LABORATORIO

SIMBOLOGIA

-  Prelievo di campioni
-  Termografia



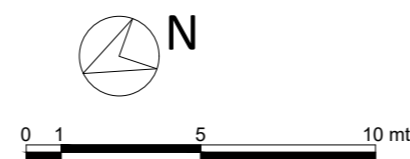
Pianta piano terra



Pianta piano primo

T3 T4 T5

T1 T2



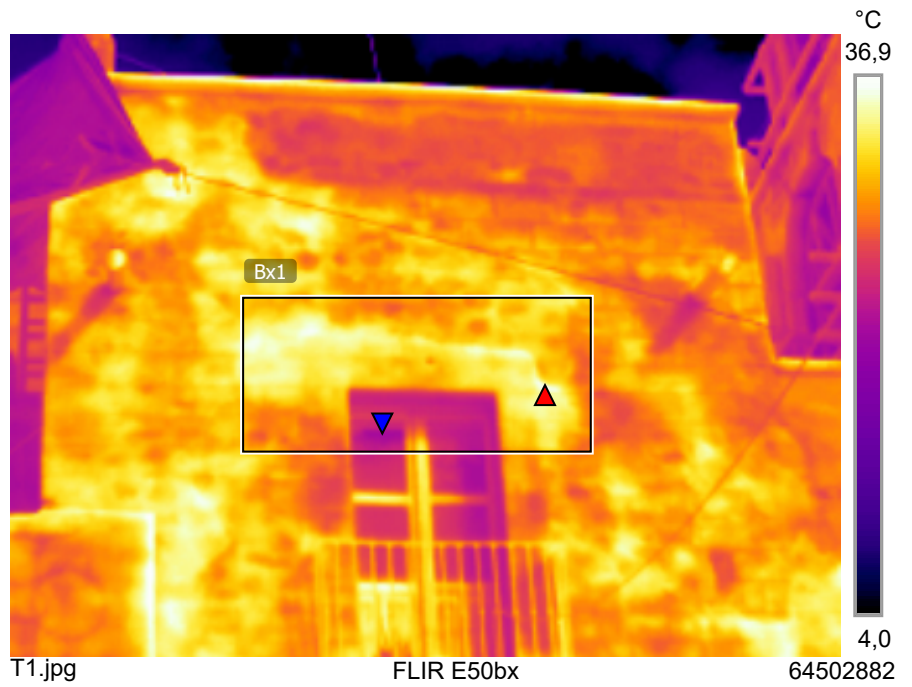
REPORT TERMOGRAFICO

Misurazioni

Bx1	Max	36,5 °C
	Min	22,6 °C
	Average	31,0 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C



Misurazioni

Bx1	Max	33,7 °C
	Min	27,5 °C
	Average	29,5 °C
Sp1		27,8 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

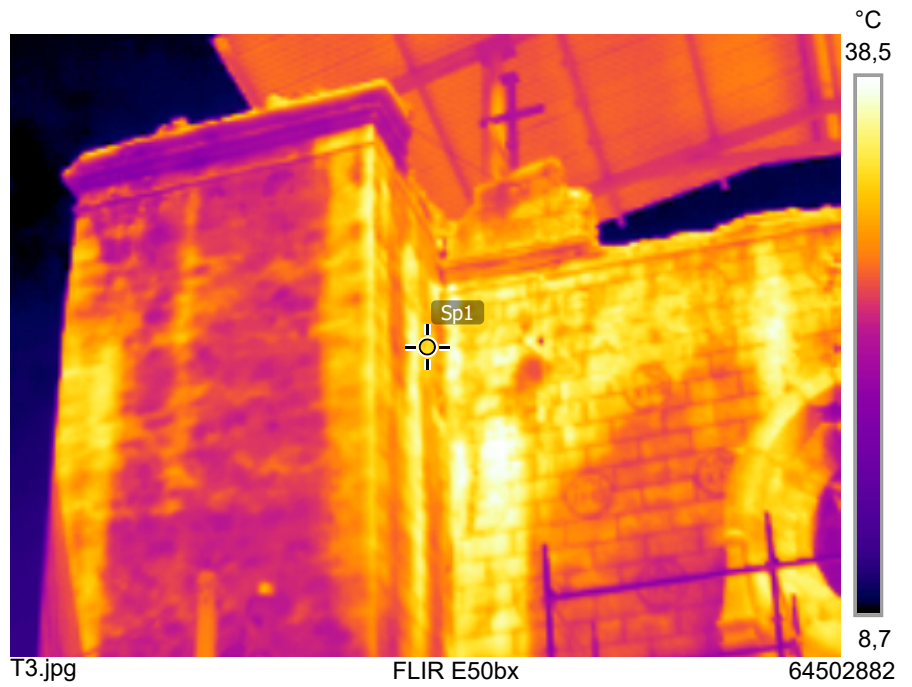


Misurazioni

Sp1	33,9 °C
-----	---------

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

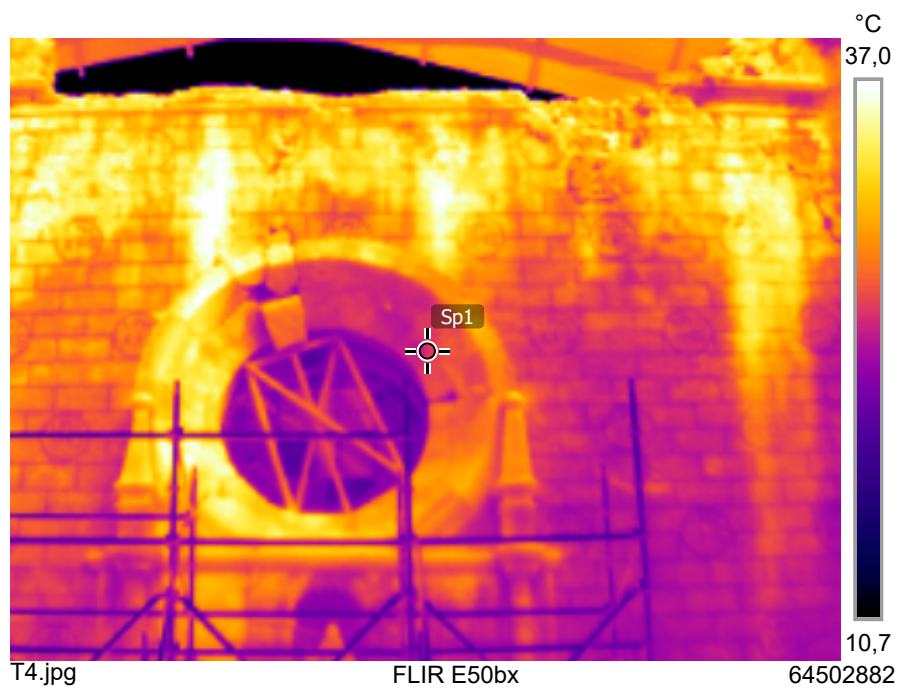


Misurazioni

Sp1	26,2 °C
-----	---------

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C



Misurazioni

Sp1	26,8 °C
-----	---------

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

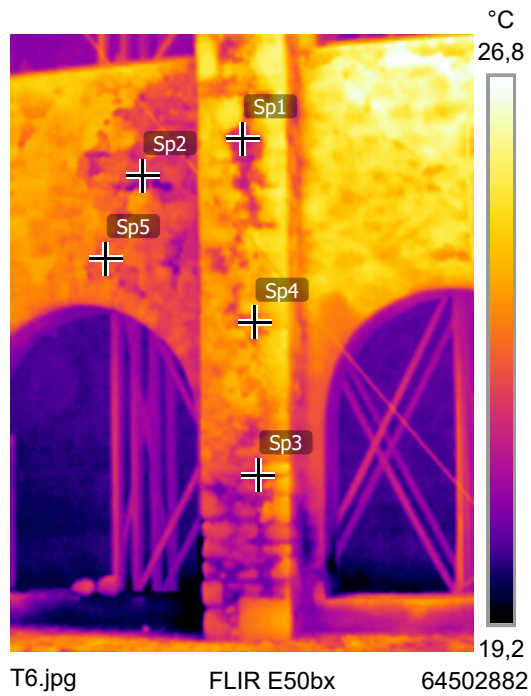


Misurazioni

Sp1	22,3 °C
Sp2	22,7 °C
Sp3	22,0 °C
Sp4	23,6 °C
Sp5	23,2 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

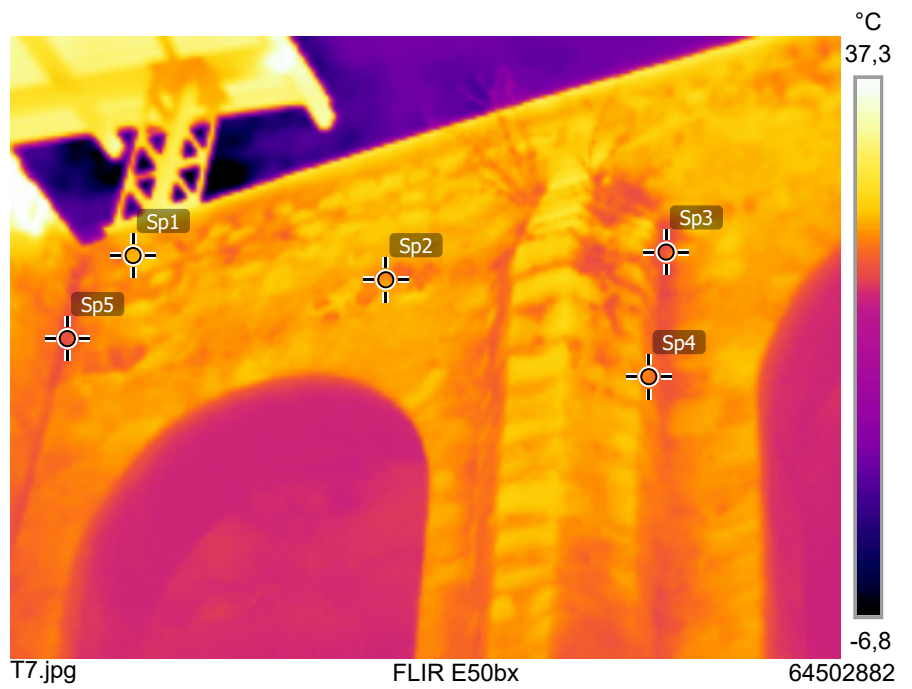


Misurazioni

Sp1	27,4 °C
Sp2	26,8 °C
Sp3	24,5 °C
Sp4	25,4 °C
Sp5	23,6 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

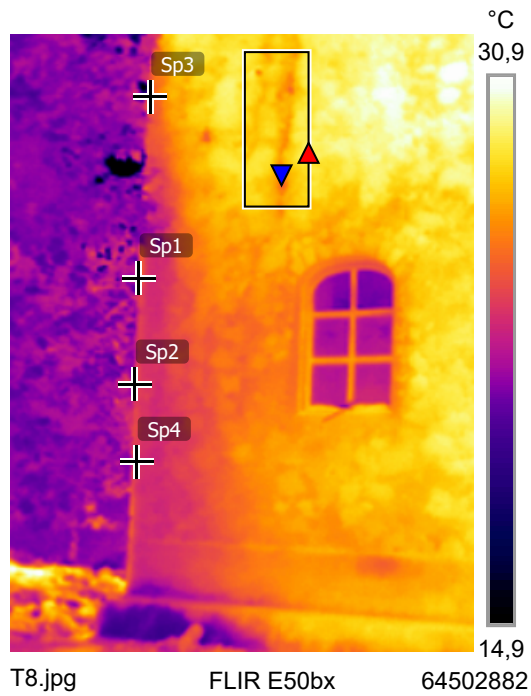


Misurazioni

Bx1	Max	29,5 °C
	Min	25,7 °C
	Average	28,2 °C
Sp1		24,5 °C
Sp2		24,0 °C
Sp3		26,0 °C
Sp4		24,3 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

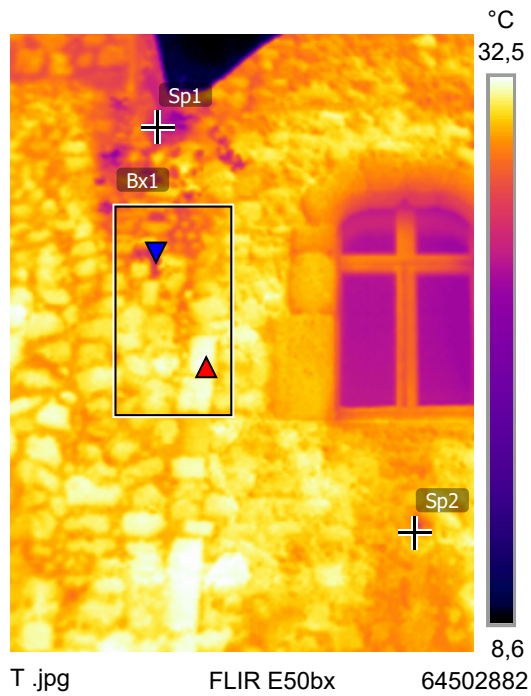


Misurazioni

Bx1	Max	32,3 °C
	Min	25,5 °C
	Average	30,7 °C
Sp1		25,4 °C
Sp2		30,4 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

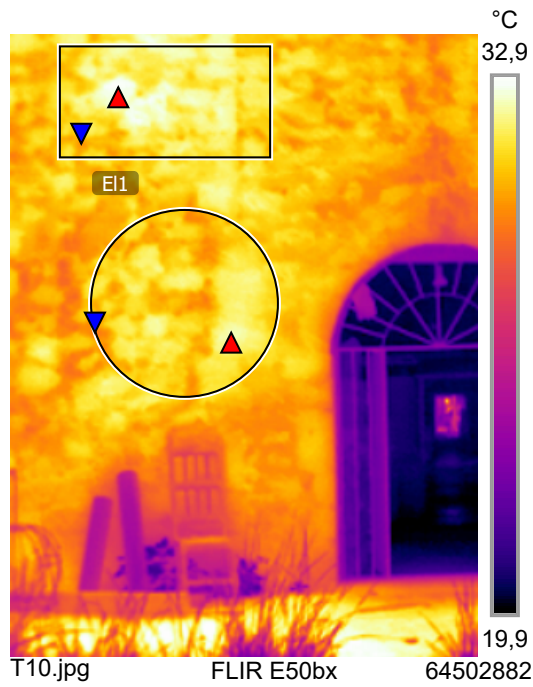


Misurazioni

Bx1	Max	32,9 °C
	Min	29,9 °C
	Average	31,5 °C
E11	Max	32,3 °C
	Min	29,4 °C
	Average	31,0 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

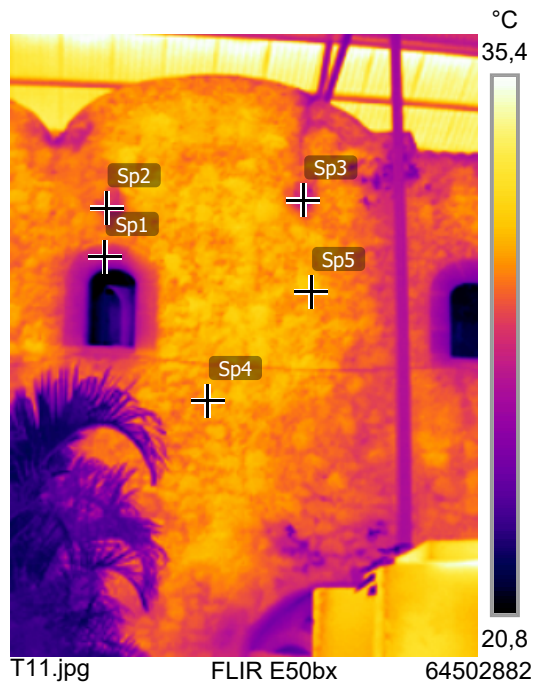


Misurazioni

Sp1	28,0 °C
Sp2	28,3 °C
Sp3	26,7 °C
Sp4	31,1 °C
Sp5	31,3 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

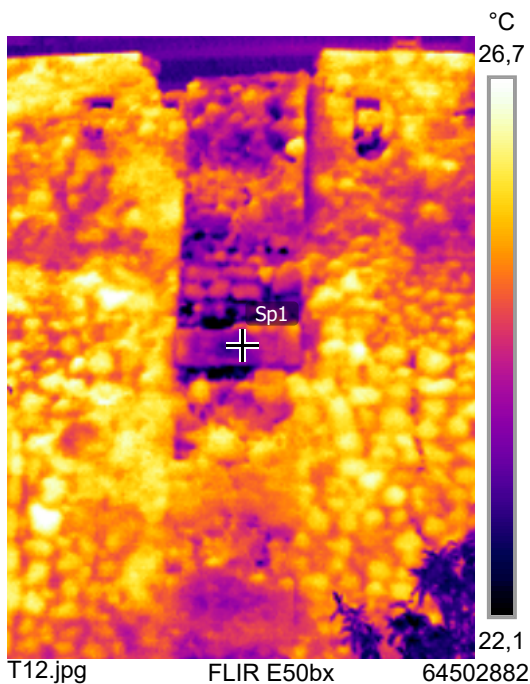


Misurazioni

Sp1	23,7 °C
-----	---------

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

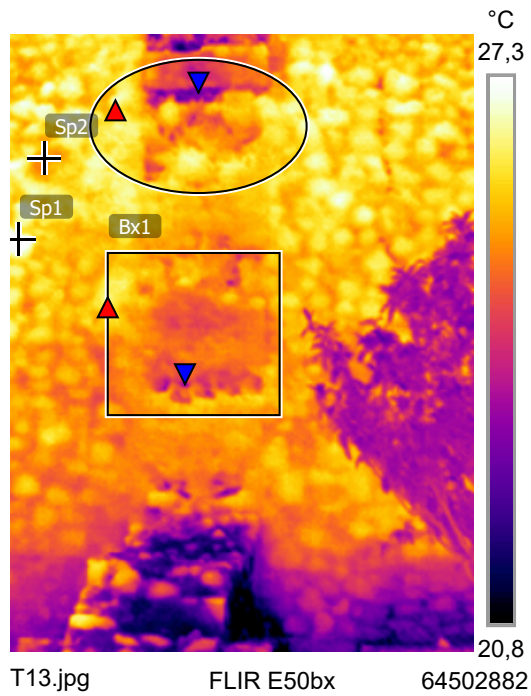


Misurazioni

Bx1	Max	26,6 °C
	Min	23,1 °C
	Average	25,2 °C
El1	Max	27,0 °C
	Min	22,3 °C
	Average	25,6 °C
Sp1		27,8 °C
Sp2		25,3 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

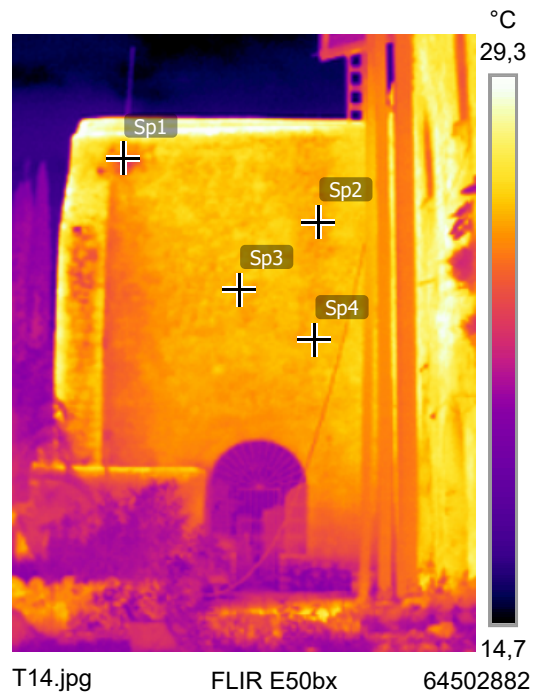


Misurazioni

Sp1	25,6 °C
Sp2	25,7 °C
Sp3	25,6 °C
Sp4	25,9 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

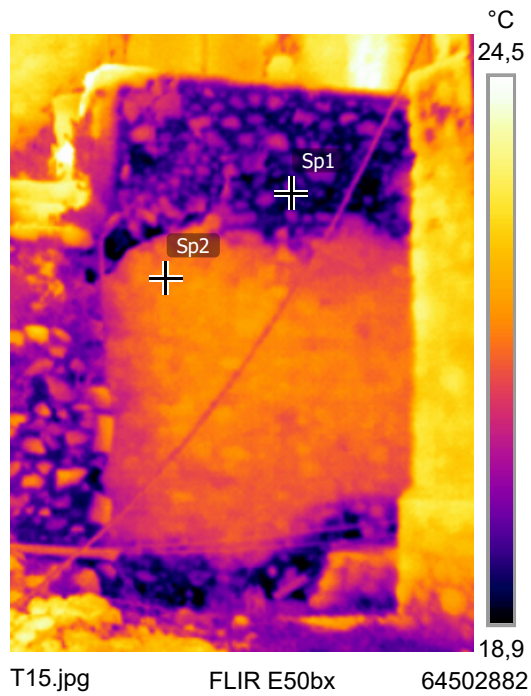


Misurazioni

Sp1	19,3 °C
Sp2	22,0 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

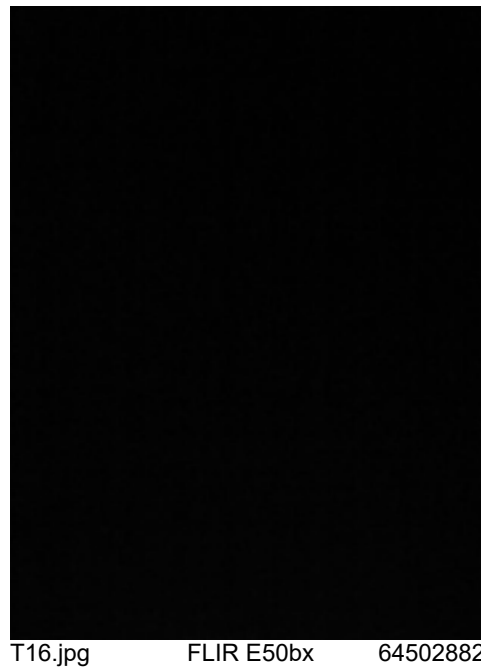
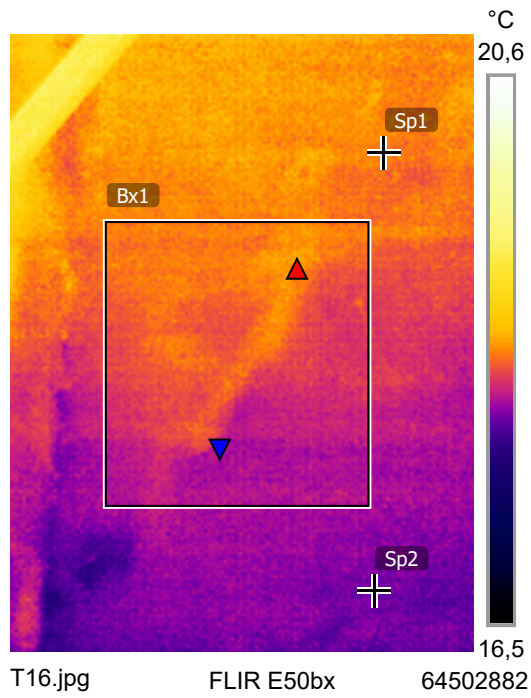


Misurazioni

Bx1	Max	18,8 °C
	Min	18,1 °C
	Average	18,4 °C
Sp1		18,5 °C
Sp2		18,1 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

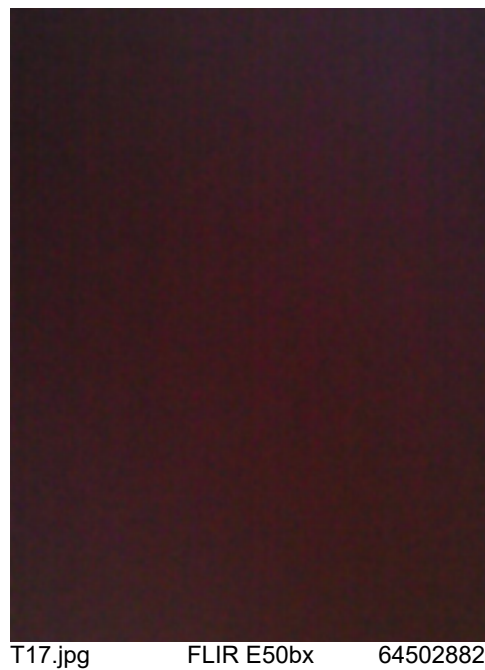
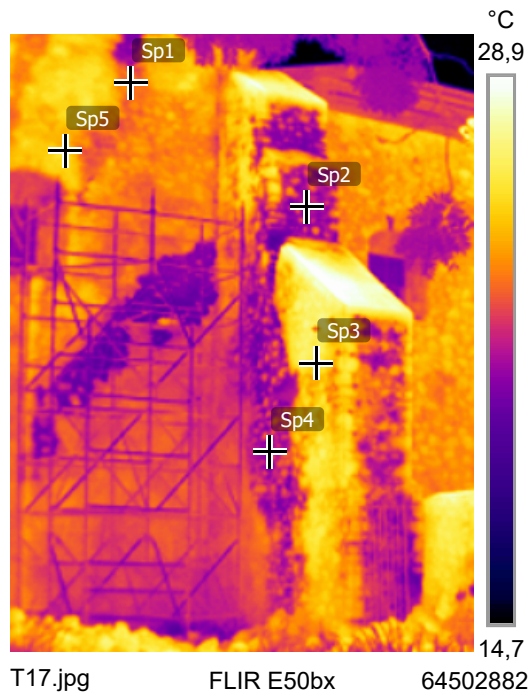


Misurazioni

Sp1	23,6 °C
Sp2	21,7 °C
Sp3	26,6 °C
Sp4	21,8 °C
Sp5	25,6 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

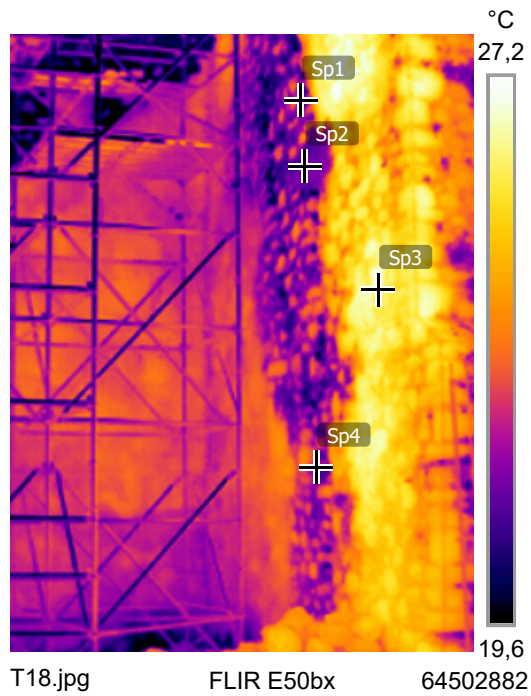


Misurazioni

Sp1	21,4 °C
Sp2	21,4 °C
Sp3	26,2 °C
Sp4	21,6 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

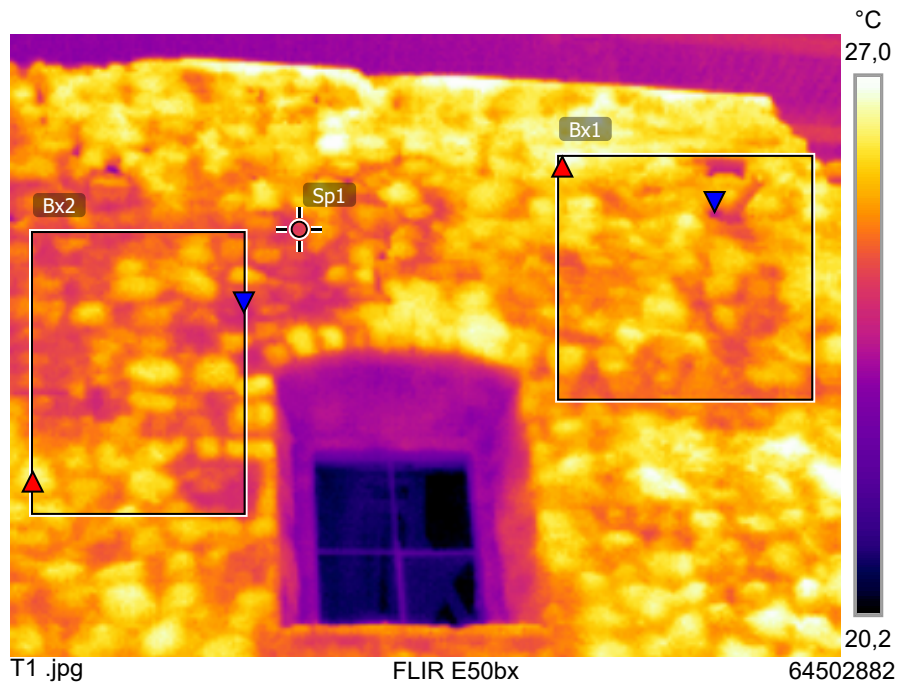


Misurazioni

Bx1	Max	26,9 °C
	Min	23,5 °C
	Average	25,5 °C
Bx2	Max	26,5 °C
	Min	23,9 °C
	Average	25,1 °C
Sp1		24,4 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

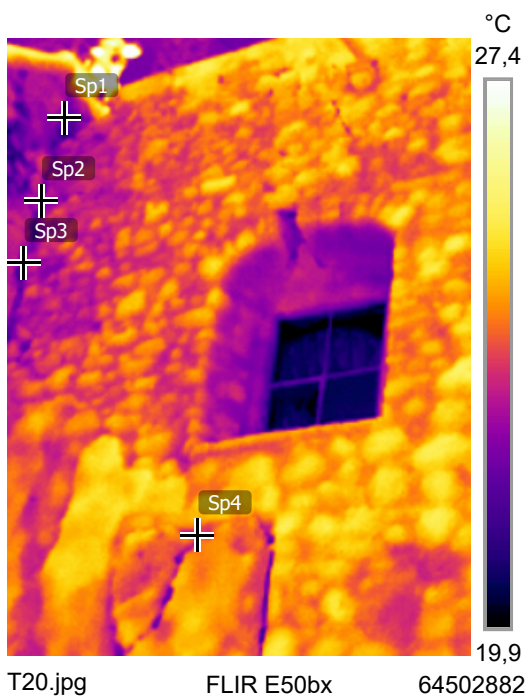


Misurazioni

Sp1	22,5 °C
Sp2	22,9 °C
Sp3	21,7 °C
Sp4	23,6 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C

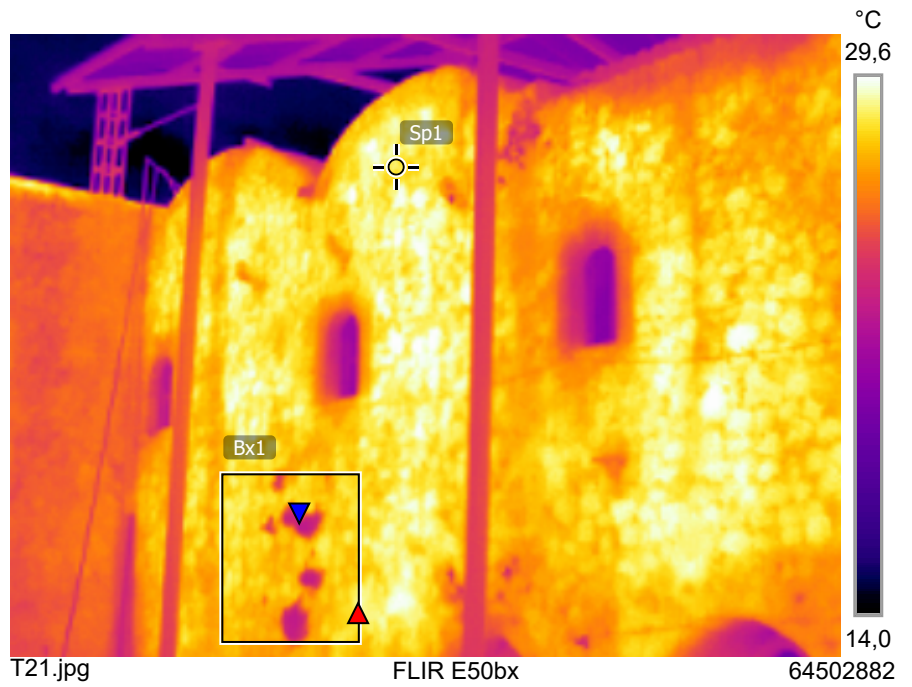


Misurazioni

Bx1	Max	28,9 °C
	Min	23,0 °C
	Average	27,4 °C
Sp1		28,6 °C

Parametri

Emissività	0.95
Temp. rifl.	19 °C




REPORT ANALISI DI LABORATORIO


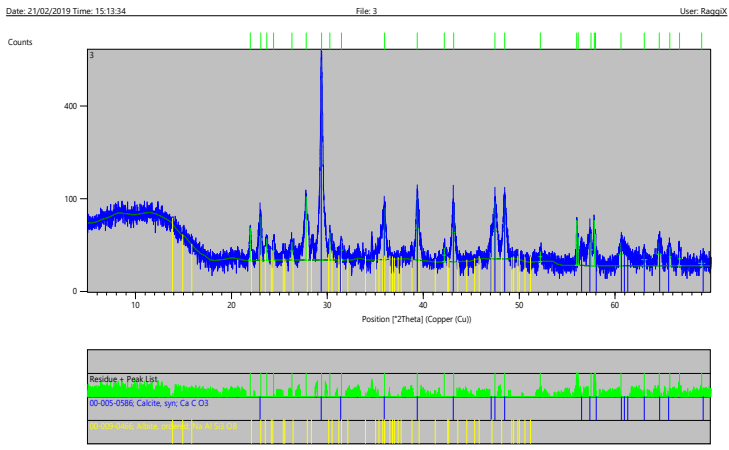


UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DST
DIPARTIMENTO DI
SCIENZE DELLA TERRA

LAM Laboratorio materiali lapidei
e geologia dell'ambiente e del paesaggio

NOME CAMPIONE	1
FOTO	
DESCRIZIONE DELLA MALTA	<p>Il campione è composto da uno strato di intonaco superficiale di colore bianco rosato di spessore di 2-3 mm.</p> <p>Lo strato sottostante malta di colore avana con aggregato di composizione variabile di dimensioni millimetriche. Ad una prima analisi visiva sembrerebbe originale.</p> <p>Rapporto L/A (legante/aggregato) 1/1</p>

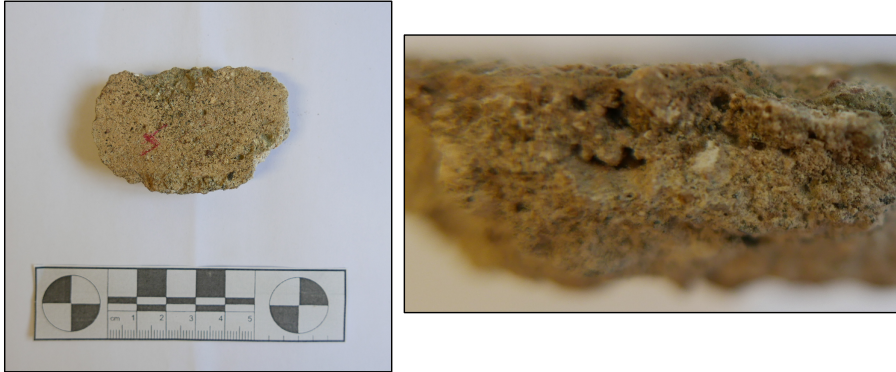
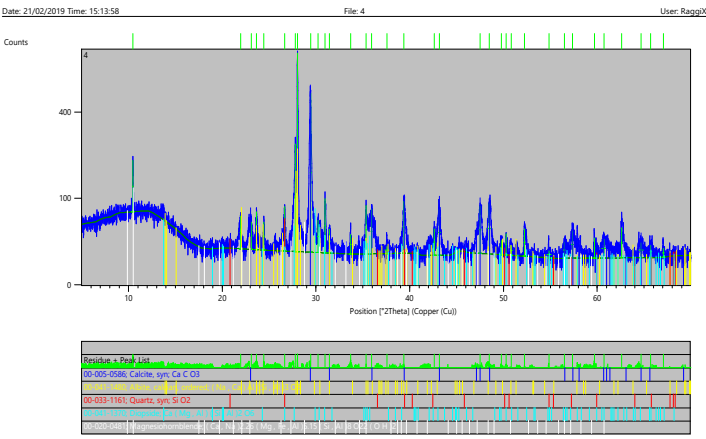
NOME CAMPIONE	3
FOTO	
DESCRIZIONE DELLA MALTA	<p>Il campione è composto da uno strato di intonaco superficiale di colore avana, di spessore di 3 mm.</p> <p>Lo strato sottostante malta di colore chiaro bianco con aggregato di composizione variabile di dimensioni millimetriche fino a centimetriche. Ad una prima analisi visiva sembrerebbe calce originale.</p> <p>Rapporto L/A (legante/aggregato) 1/2</p>
ANALISI DIFFRATTOMETRICA (XRD)	<p>Calcite, albite</p>  <p>Date: 21/02/2019 Time: 15:13:34 File: 3 User: Ragozi</p> <p>Counts</p> <p>Position [2Theta] (Copper (Cu))</p> <p>Residual + Peak 191 00-005-0586, Calcite, syn, Ca C O3</p> <p>Page: 1 of 1</p>



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DST
DIPARTIMENTO DI
SCIENZE DELLA TERRA

LAM Laboratorio materiali lapidei
e geologia dell'ambiente e del paesaggio


NOME CAMPIONE	4
FOTO	
DESCRIZIONE DELLA MALTA	<p>Non c'è la presenza dello strato superficiale d'intonaco, ma c'è uno strato di alterazione superficiale di colore avana-giallo.</p> <p>La malta si presenta di colore avana con aggregato di composizione variabile di dimensioni millimetriche e sub-millimetriche. Ad una prima analisi visiva sembrerebbe calce originale.</p> <p>Rapporto L/A (legante/aggregato) 1/2</p>
ANALISI DIFFRATTOMETRICA (XRD)	<p>Calcite, albite, quarzo, diopside, magnesioorneblenda (questa molto incerta abbiamo un picco solo).</p>  <p>Date: 21/02/2019 Time: 15:13:58 File: 4 User: RaggiX</p> <p>Counts</p> <p>Position [2Theta] (Copper (Cu))</p> <p>Residue + Peak List</p> <ul style="list-style-type: none">01-075-0586; Calcite; sym; Ca C O301-073-1161; Quartz; sym; Si O2 <p>Page: 1 of 1</p>



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DST
DIPARTIMENTO DI
SCIENZE DELLA TERRA

LAM Laboratorio materiali lapidei
e geologia dell'ambiente e del paesaggio

NOME CAMPIONE	5
FOTO	
DESCRIZIONE DELLA MALTA	<p>Il campione è composto da uno strato di intonaco superficiale di colore bianco, di spessore di 1 mm.</p> <p>Lo strato sottostante malta di colore grigio con aggregato di composizione variabile di dimensioni sub-millimetriche. Ad una prima analisi visiva sembrerebbe un legante moderno.</p> <p>Rapporto L/A (legante/aggregato) 2/1</p>



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DST
DIPARTIMENTO DI
SCIENZE DELLA TERRA

LAM Laboratorio materiali lapidei
e geologia dell'ambiente e del paesaggio



NOME CAMPIONE	6
FOTO	
DESCRIZIONE DELLA MALTA	<p>Il campione è composto da uno strato superficiale di colore bianco e rossa, sembra solo dipinto.</p> <p>Lo strato sottostante malta di colore avana con aggregato di composizione variabile di dimensioni millimetriche e sub-millimetriche. Ad una prima analisi visiva sembrerebbe un legante originale.</p> <p>Rapporto L/A (legante/aggregato) 1/2</p>



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DST
DIPARTIMENTO DI
SCIENZE DELLA TERRA

LAM Laboratorio materiali lapidei
e geologia dell'ambiente e del paesaggio


NOME CAMPIONE	7
FOTO	
DESCRIZIONE DELLA MALTA	<p>Il campione è composto da uno strato superficiale di colore rosso, sembra solo dipinto.</p> <p>Lo strato sottostante malta di colore avana con aggregato di composizione variabile di dimensioni millimetriche e sub-millimetriche. Ad una prima analisi visiva sembrerebbe un legante originale.</p> <p>Rapporto L/A (legante/aggregato) 1/2</p>
ANALISI DIFFRATTOMETRICA (XRD)	<p>calcite, albite, diopside, magnesioorneblenda (questa molto incerta abbiamo un picco solo).</p>  <p>Date: 21/02/2019 Time: 15:14:21 File: 7 User: RaqqX</p> <p>Counts</p> <p>Position [2Theta] (Copper Kα)</p> <p>Residue + Ref List</p> <p>00-005-0546 Calcite, sym Ca C O3</p> <p>00-005-0546 Calcite, sym Ca C O3</p> <p>00-005-0546 Calcite, sym Ca C O3</p> <p>00-005-0546 Calcite, sym Ca C O3</p> <p>Page: 1 of 1</p>



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DST
DIPARTIMENTO DI
SCIENZE DELLA TERRA

LAM Laboratorio materiali lapidei
e geologia dell'ambiente e del paesaggio


NOME CAMPIONE	8
FOTO	
DESCRIZIONE DELLA MALTA	<p>Il campione è composto da uno strato superficiale di intonaco di colore rosato, di spessore 3 mm.</p> <p>Lo strato sottostante malta di colore grigio con aggregato di composizione variabile di dimensioni eterogenee millimetriche. Ad una prima analisi visiva sembrerebbe un legante moderno.</p> <p>Rapporto L/A (legante/aggregato) 1/1</p> <p>Lo strato ancora più sottostante malta di colore grigio chiaro con aggregato di composizione variabile di dimensioni eterogenee centimetriche. Ad una prima analisi visiva sembrerebbe un legante moderno.</p> <p>Rapporto L/A (legante/aggregato) 1/1</p>



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DST
DIPARTIMENTO DI
SCIENZE DELLA TERRA

LAM Laboratorio materiali lapidei
e geologia dell'ambiente e del paesaggio

NOME CAMPIONE	9
FOTO	
DESCRIZIONE DELLA MALTA	<p>Il campione è composto da uno strato superficiale di intonaco di colore giallo chiaro, di spessore 1 mm.</p> <p>Lo strato sottostante malta di colore grigio con aggregato di composizione variabile di dimensioni eterogenee sub-millimetriche. Ad una prima analisi visiva sembrerebbe un legante moderno.</p> <p>Rapporto L/A (legante/aggregato) 2/1</p> <p>Lo strato ancora più sottostante malta di colore avana marrone con aggregato di composizione variabile di dimensioni eterogenee centimetriche. Ad una prima analisi visiva sembrerebbe un legante originale.</p> <p>Rapporto L/A (legante/aggregato) 1/1</p>



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DST
DIPARTIMENTO DI
SCIENZE DELLA TERRA

LAM Laboratorio materiali lapidei
e geologia dell'ambiente e del paesaggio


NOME CAMPIONE	11
FOTO	
DESCRIZIONE DELLA MALTA	<p>Il campione è composto da uno strato superficiale di alterazione di colore scuro.</p> <p>Lo strato sottostante malta di colore grigio con aggregato di composizione variabile di dimensioni da sub-millimetriche a centimetriche. Non si capisce se è un legante originale o moderno.</p> <p>Rapporto L/A (legante/aggregato) 1/1</p>



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DST
DIPARTIMENTO DI
SCIENZE DELLA TERRA

LAM Laboratorio materiali lapidei
e geologia dell'ambiente e del paesaggio


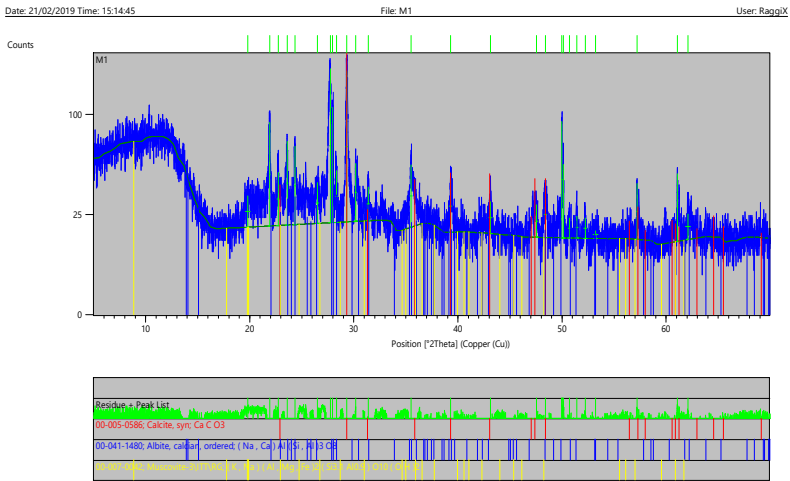
NOME CAMPIONE	12
FOTO	
DESCRIZIONE DELLA MALTA	<p>Il campione è composto da uno strato superficiale di colore rosato sottilissimo.</p> <p>Lo strato sottostante malta di colore avana chiaro-rosato di circa 7 mm, presenta un aggregato di composizione variabile di dimensioni da millimetriche a sub-millimetriche. Ad una prima analisi visiva sembrerebbe un legante originale.</p> <p>Rapporto L/A (legante/aggregato) 1/2</p> <p>Lo strato ancora più sottostante malta di colore grigio con aggregato di composizione variabile di dimensioni eterogenee anche centimetriche. Ad una prima analisi visiva sembrerebbe un legante originale.</p> <p>Rapporto L/A (legante/aggregato) 1/1</p>



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DST
DIPARTIMENTO DI
SCIENZE DELLA TERRA

LAM Laboratorio materiali lapidei
e geologia dell'ambiente e del paesaggio


NOME CAMPIONE	M1
FOTO	
DESCRIZIONE DELLA MALTA	Non si capisce se è una terra o una malta, forse un mix, si presenta di colore marrone con piccoli aggregati all'interno di colore bianco, avana chiaro.
ANALISI DIFFRATTOMETRICA (XRD)	Calcite, albite, mica (nella macinazione ho trovato frustoli).  <p>Date: 21/02/2019 Time: 15:14:45 File: M1 User: RaggiX</p> <p>Counts</p> <p>Position [2theta] (Copper (Cu))</p> <p>Residual Peak List</p> <ul style="list-style-type: none">00-005-0586; Calcite, sym; Ca C O300-041-1480; Albite, calc; ordered; (Na, Ca) Al3 Si3 O800-001-0606; Mica, 2M1; (Ca, Mg, Al)2 (Si, Al)4 O10 (OH)2 <p>Page: 1 of 1</p>



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DST
DIPARTIMENTO DI
SCIENZE DELLA TERRA

LAM Laboratorio materiali lapidei
e geologia dell'ambiente e del paesaggio

NOME CAMPIONE	M2
FOTO	
DESCRIZIONE DELLA MALTA	<p>La malta di colore avana, presenta un aggregato di composizione variabile di dimensioni da millimetriche a centimetriche. Ad una prima analisi visiva sembrerebbe un legante originale.</p> <p>Rapporto L/A (legante/aggregato) 1/1</p>

ALLEGATO B8E

IMMAGINI FOTOGRAFICHE RELATIVE AL LOCALE

“VESTIBOLO CORPO SUD”

NUMERAZIONE SECONDO INDICAZIONE DELL'ELABORATO
PLANIMETRICO B8 – MAPPATURA DEGRADO E LESIONI
AMBIENTI INTERNI

PIANO TERRA



FOTO 1



FOTO 2



FOTO 3



FOTO 4



FOTO 5

ALLEGATO B8D

IMMAGINI FOTOGRAFICHE RELATIVE AL LOCALE

“CORRIDOIO OVEST”

NUMERAZIONE SECONDO INDICAZIONE DELL'ELABORATO
PLANIMETRICO B8 – MAPPATURA DEGRADO E LESIONI
AMBIENTI INTERNI

PIANO TERRA



FOTO 1

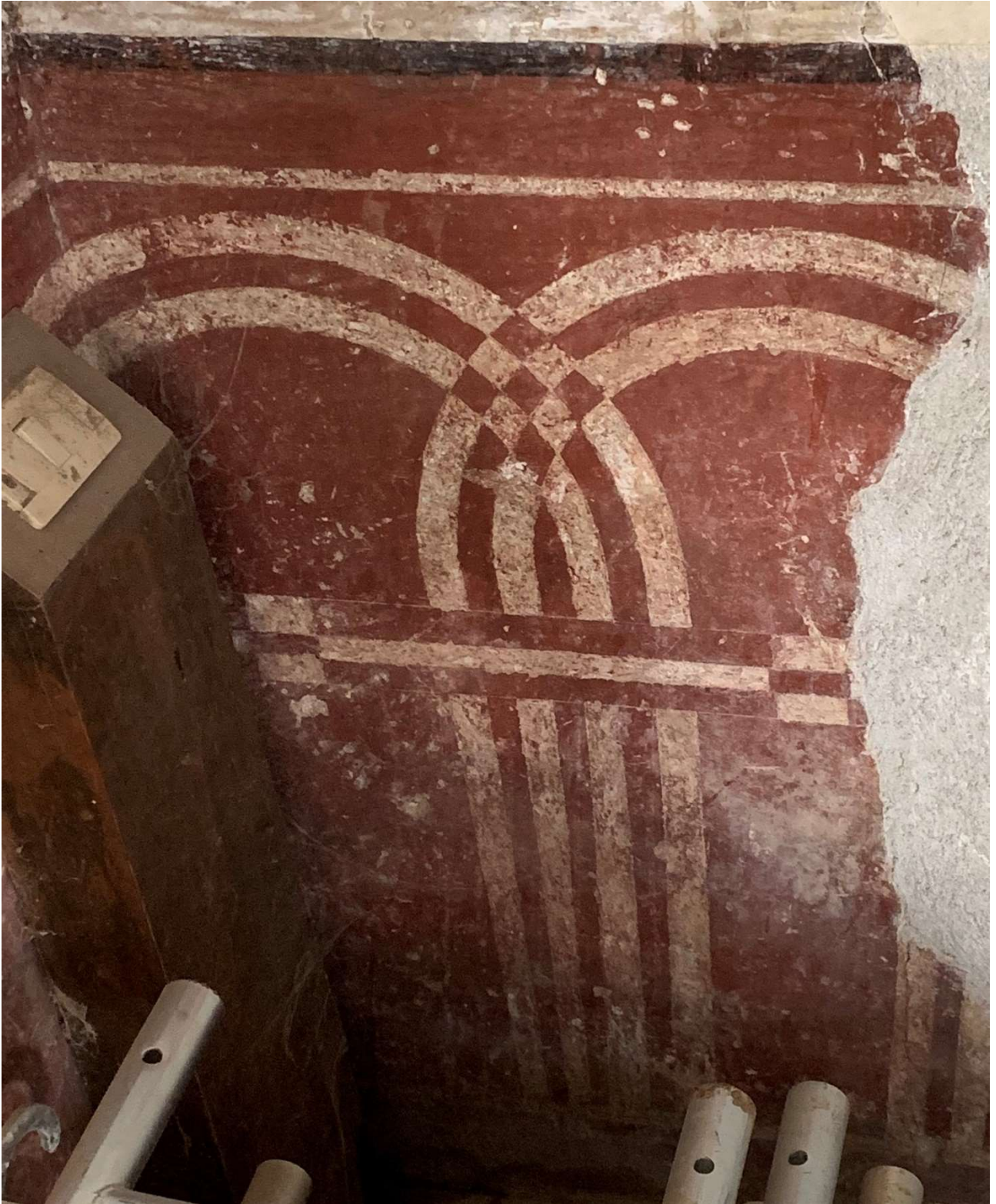


FOTO 2



FOTO 3



FOTO 4



FOTO 5



FOTO 6



FOTO 7



FOTO 8



FOTO 9



FOTO 10



FOTO 11



FOTO 12



FOTO 13



FOTO 14

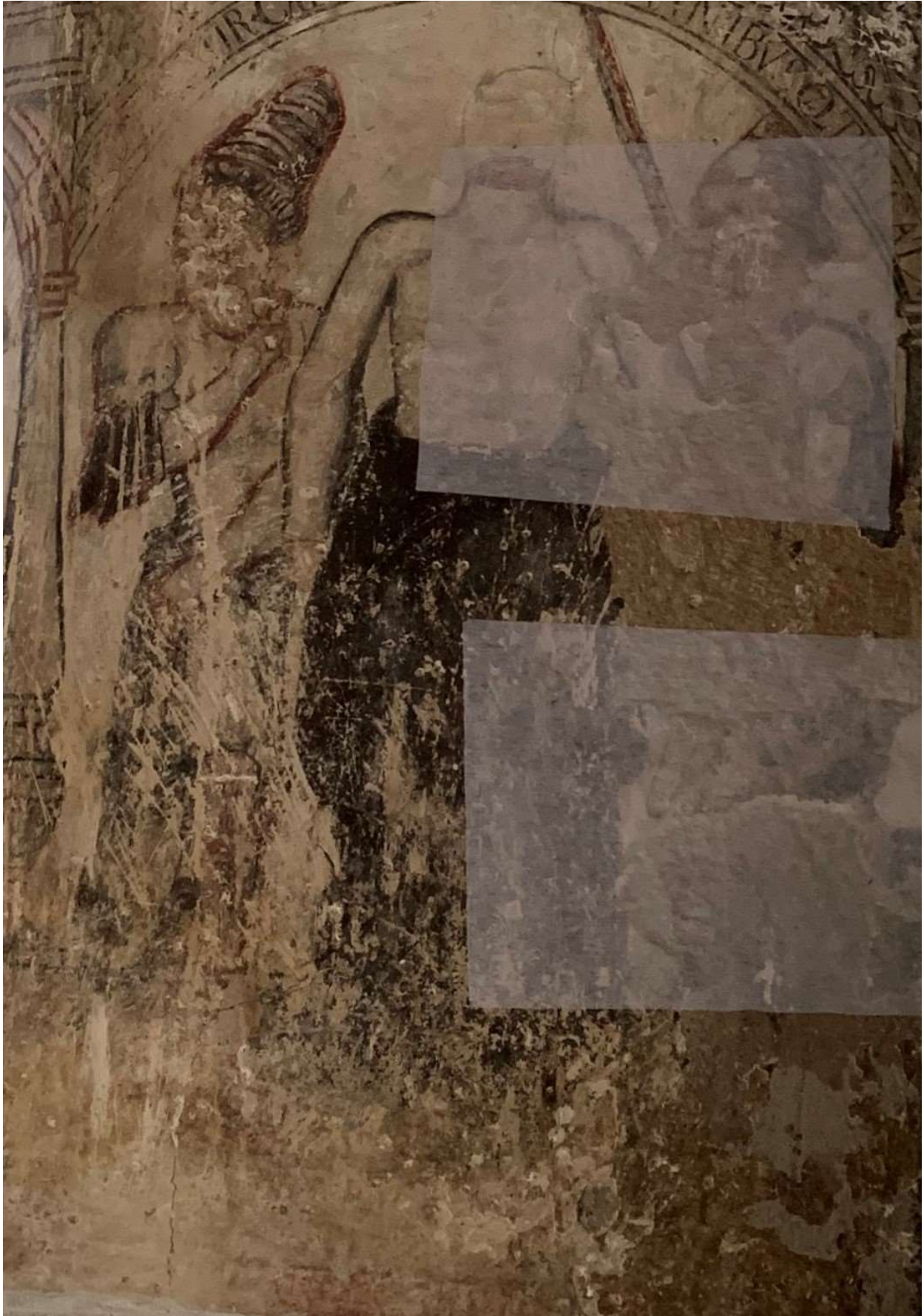


FOTO 15



FOTO 16

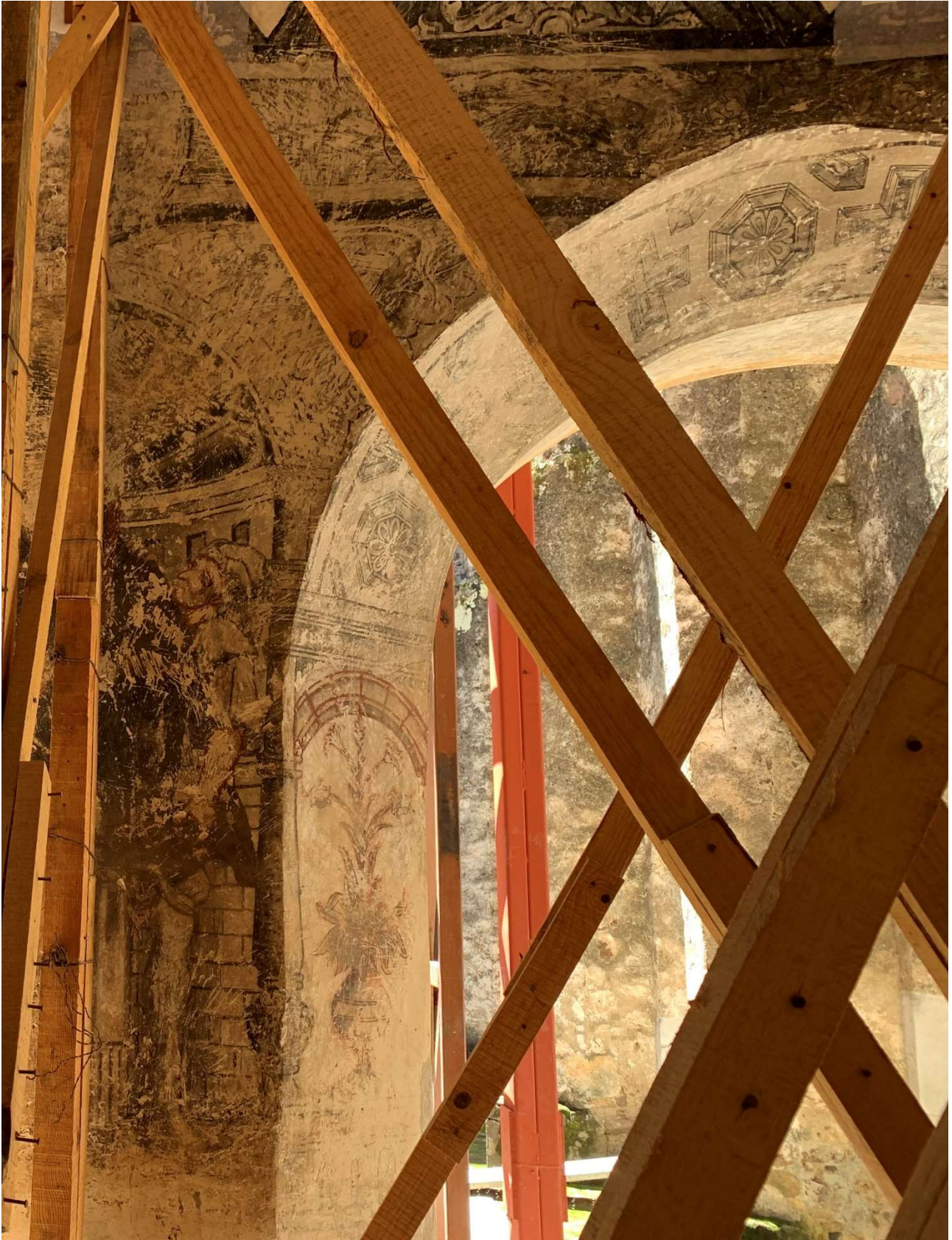


FOTO 17



FOTO 18



FOTO 19



FOTO 20



FOTO 21



FOTO 22



FOTO 23



FOTO 24



FOTO 25



FOTO 26



FOTO 27



FOTO 28



FOTO 29

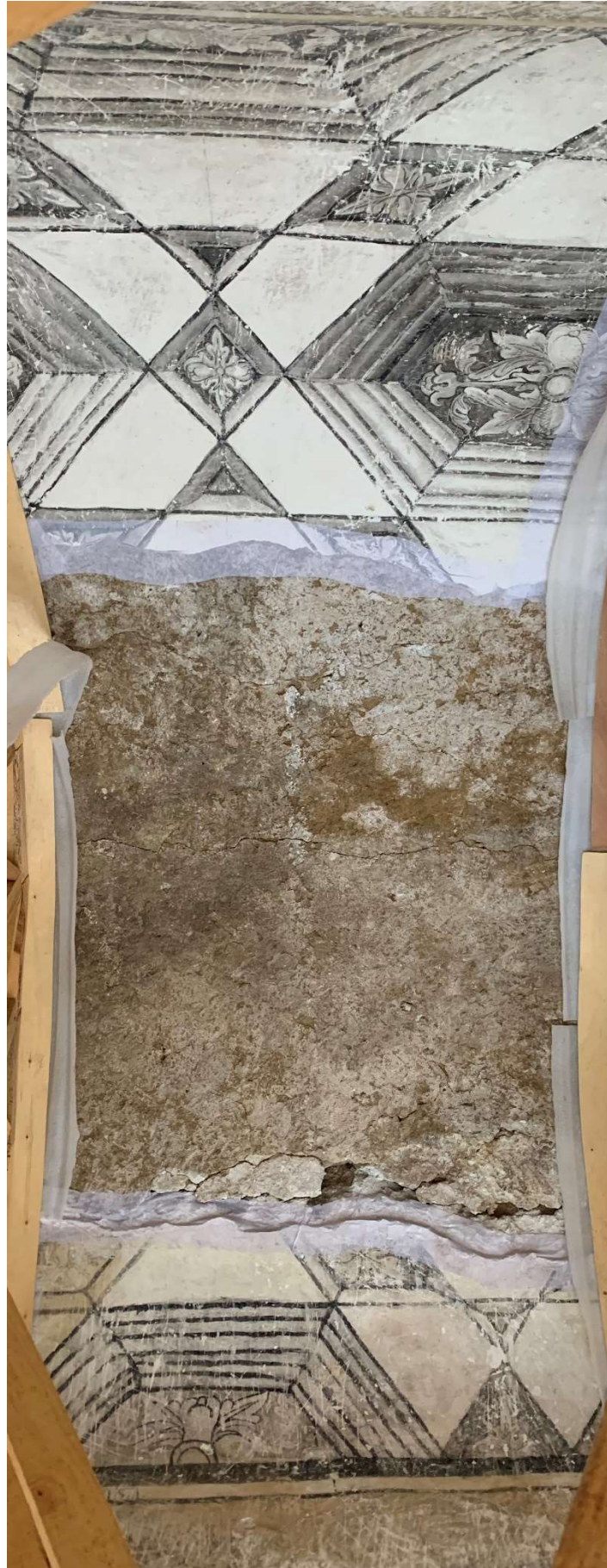


FOTO 30



FOTO 31

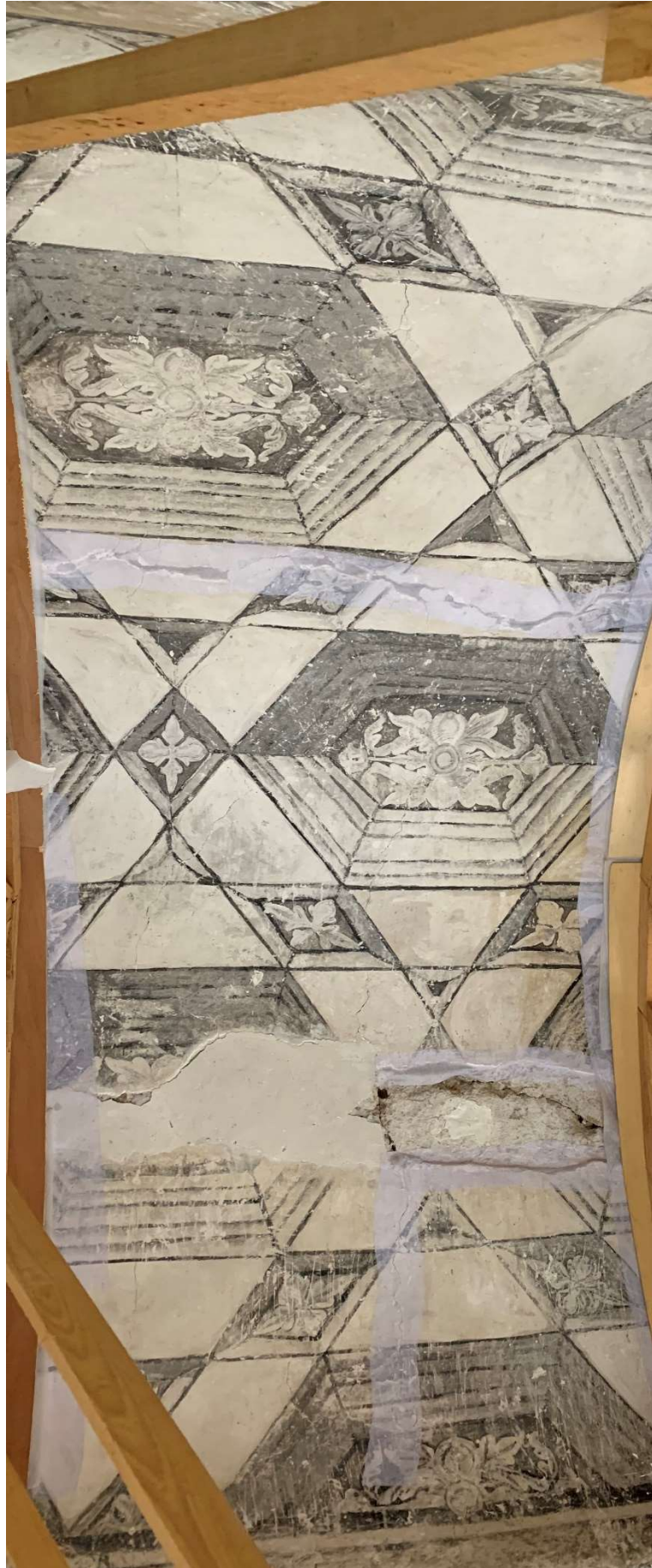


FOTO 32



FOTO 33

ALLEGATO B8C

IMMAGINI FOTOGRAFICHE RELATIVE AL LOCALE

“UFFICIO PARROCCHIA”

NUMERAZIONE SECONDO INDICAZIONE DELL'ELABORATO
PLANIMETRICO B8 – MAPPATURA DEGRADO E LESIONI
AMBIENTI INTERNI

PIANO TERRA



FOTO 1



FOTO 2



FOTO 3



FOTO 4



FOTO 5



FOTO 6



FOTO 7



FOTO 8



FOTO 9

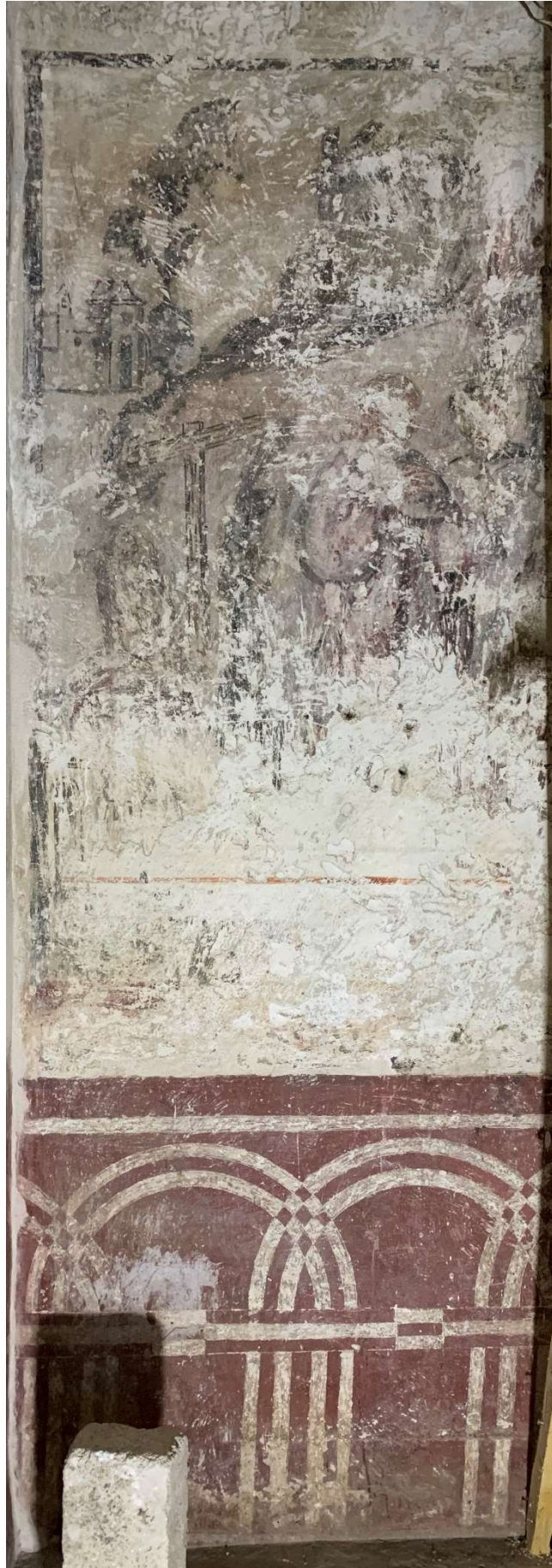


FOTO 10



FOTO 11



FOTO 12



FOTO 13



FOTO 14



FOTO 15

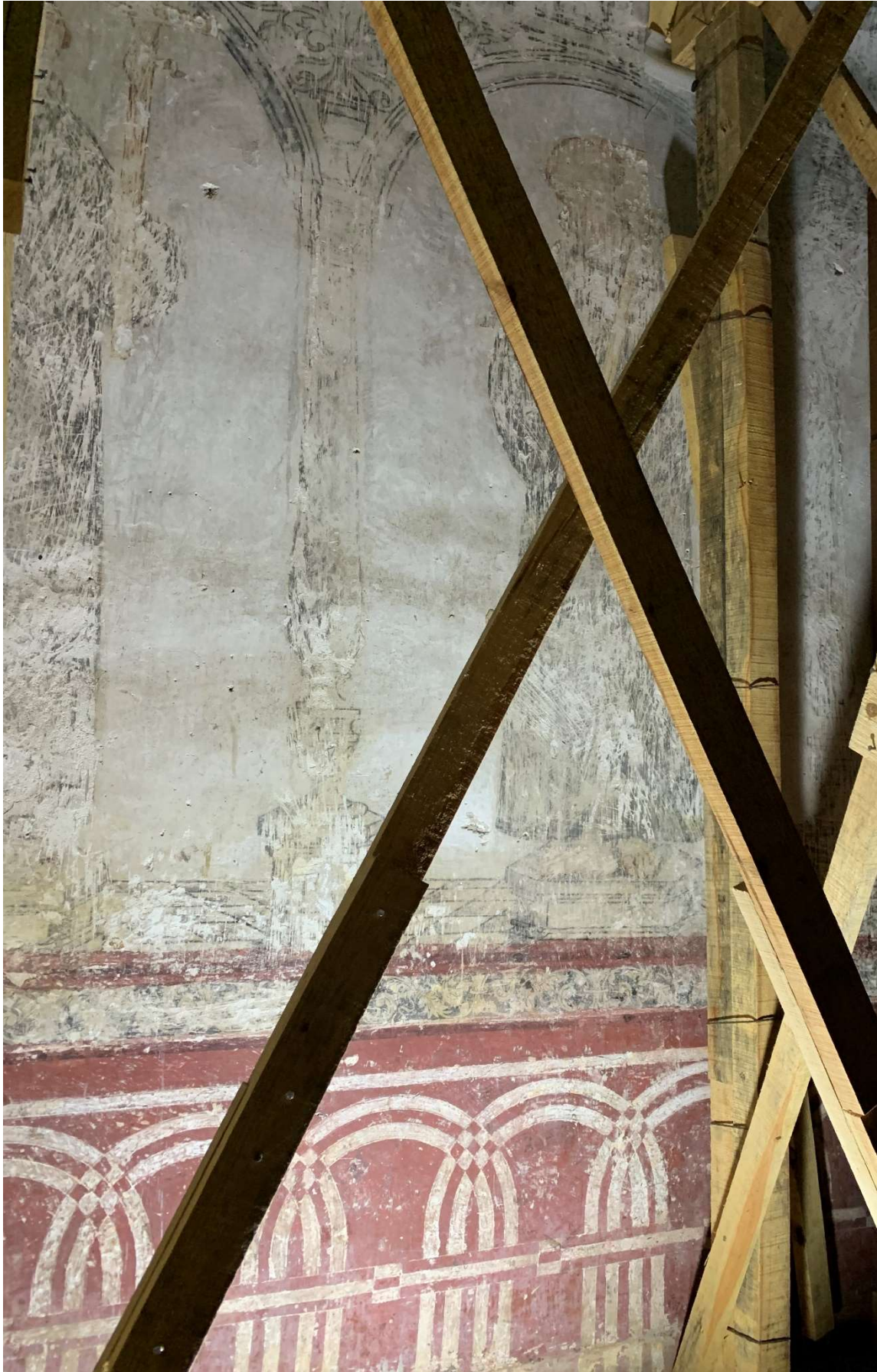


FOTO 16

ALLEGATO B8B

IMMAGINI FOTOGRAFICHE RELATIVE AL LOCALE

“GUADALUPANOS”

NUMERAZIONE SECONDO INDICAZIONE DELL'ELABORATO
PLANIMETRICO B8 – MAPPATURA DEGRADO E LESIONI
AMBIENTI INTERNI

PIANO TERRA



FOTO 1



FOTO 2



FOTO 3



FOTO 4

ALLEGATO B8A

IMMAGINI FOTOGRAFICHE RELATIVE AL LOCALE

“AMMINISTRAZIONE”

NUMERAZIONE SECONDO INDICAZIONE DELL'ELABORATO
PLANIMETRICO B8 – MAPPATURA DEGRADO E LESIONI
AMBIENTI INTERNI

PIANO TERRA



FOTO 1



FOTO 2



FOTO 3



FOTO 4



FOTO 5



FOTO 6



FOTO 7



FOTO 8

ALLEGATO B9E

IMMAGINI FOTOGRAFICHE RELATIVE AL LOCALE

“CAMERA 4”

NUMERAZIONE SECONDO INDICAZIONE DELL'ELABORATO
PLANIMETRICO B9 – MAPPATURA DEGRADO E LESIONI
AMBIENTI INTERNI

PIANO PRIMO



FOTO 1



FOTO 2



FOTO 3



FOTO 4



FOTO 5

ALLEGATO B9D

IMMAGINI FOTOGRAFICHE RELATIVE AL LOCALE

“CAMERA 3”

NUMERAZIONE SECONDO INDICAZIONE DELL'ELABORATO
PLANIMETRICO B9 – MAPPATURA DEGRADO E LESIONI
AMBIENTI INTERNI

PIANO PRIMO



FOTO 1



FOTO 2

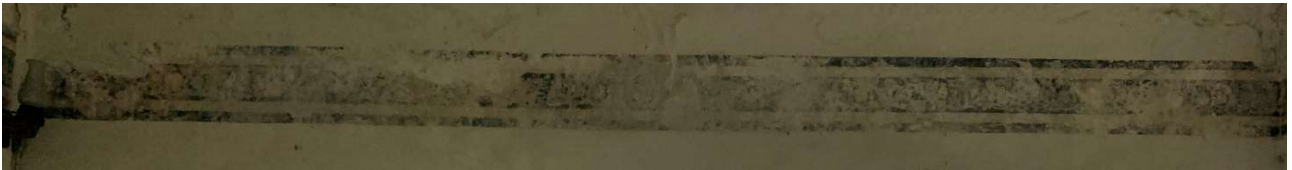


FOTO 3



FOTO 4



FOTO 5

ALLEGATO B9C

IMMAGINI FOTOGRAFICHE RELATIVE AL LOCALE

“SCALE”

NUMERAZIONE SECONDO INDICAZIONE DELL'ELABORATO
PLANIMETRICO B9 – MAPPATURA DEGRADO E LESIONI
AMBIENTI INTERNI

PIANO PRIMO



FOTO 1



FOTO 2



FOTO 3



FOTO 4



FOTO 5



FOTO 6



FOTO 7



FOTO 8

ALLEGATO B9B

IMMAGINI FOTOGRAFICHE RELATIVE AL LOCALE

“SALA ESTAR”

NUMERAZIONE SECONDO INDICAZIONE DELL'ELABORATO
PLANIMETRICO B9 – MAPPATURA DEGRADO E LESIONI
AMBIENTI INTERNI

PIANO PRIMO



FOTO 1



FOTO 2

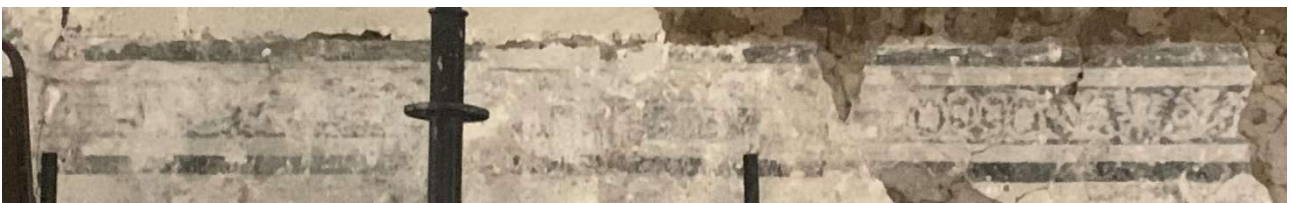


FOTO 3



FOTO 4



FOTO 5

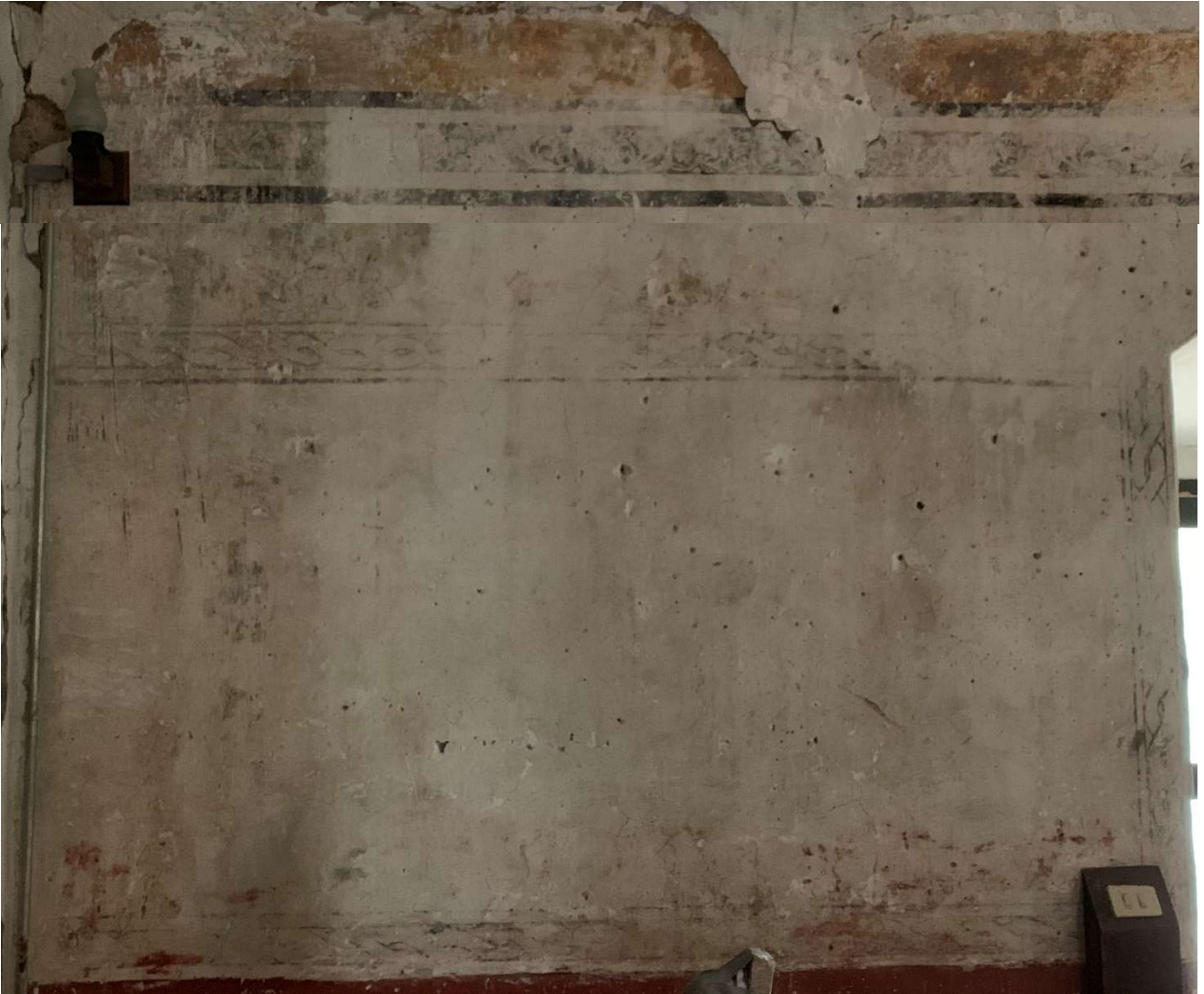


FOTO 6



FOTO 7



FOTO 8

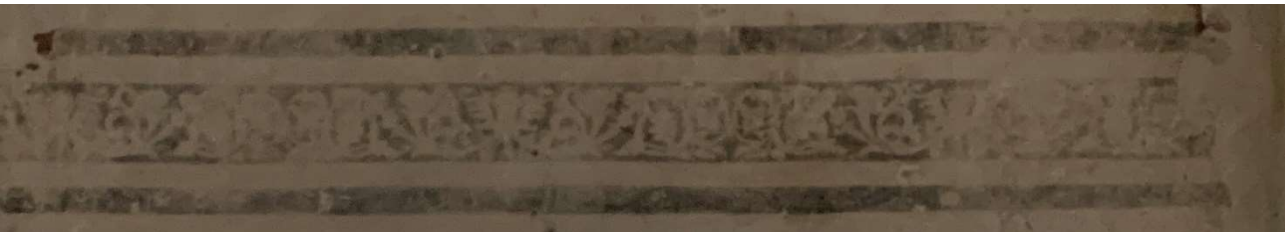


FOTO 9



FOTO 10



FOTO 11

ALLEGATO B9A

IMMAGINI FOTOGRAFICHE RELATIVE AL LOCALE

“BIBLIOTECA”

NUMERAZIONE SECONDO INDICAZIONE DELL'ELABORATO
PLANIMETRICO B9 – MAPPATURA DEGRADO E LESIONI
AMBIENTI INTERNI

PIANO PRIMO



FOTO 1



FOTO 2



FOTO 3



FOTO 4



FOTO 5



FOTO 6



FOTO 7



FOTO 8



FOTO 9



FOTO 10



FOTO 11



FOTO 12



FOTO 13

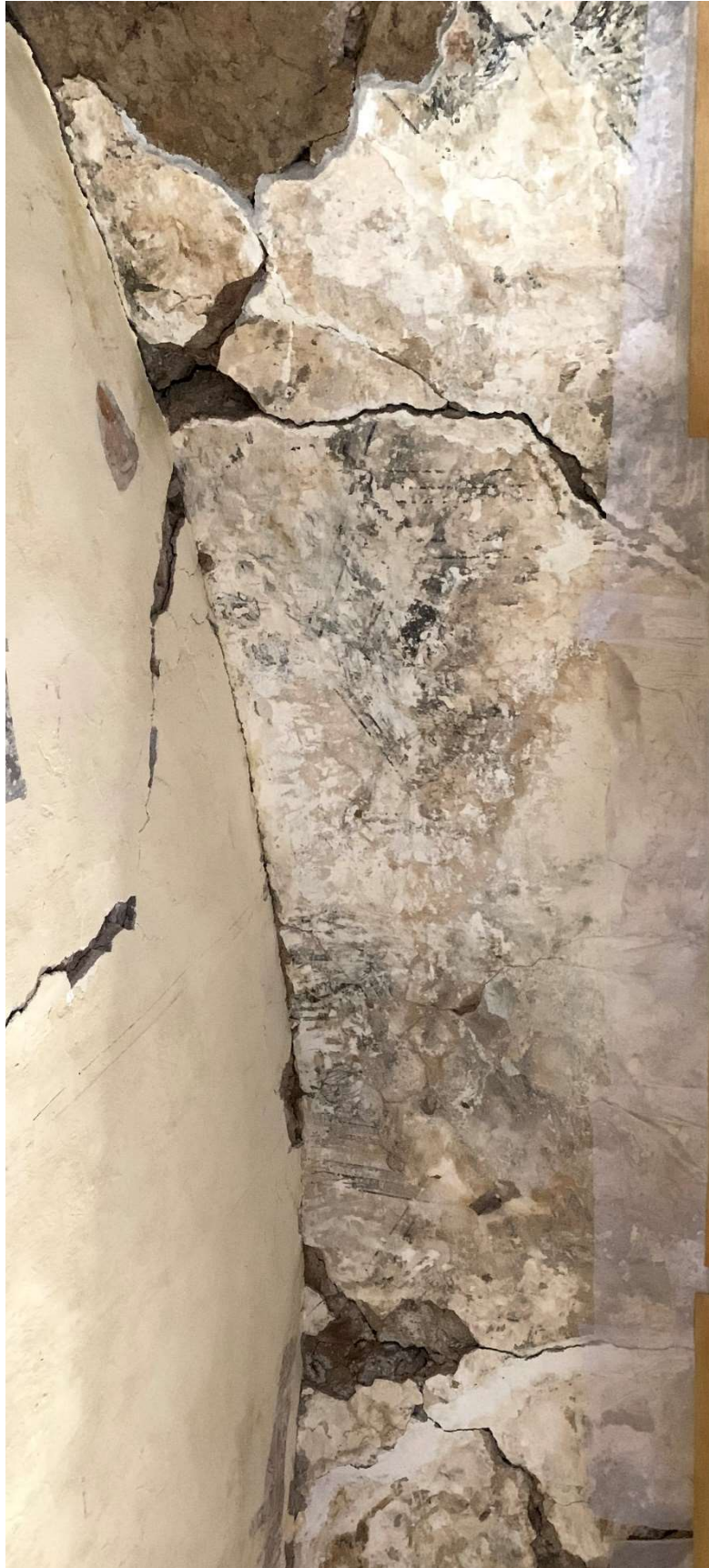


FOTO 14



FOTO 15

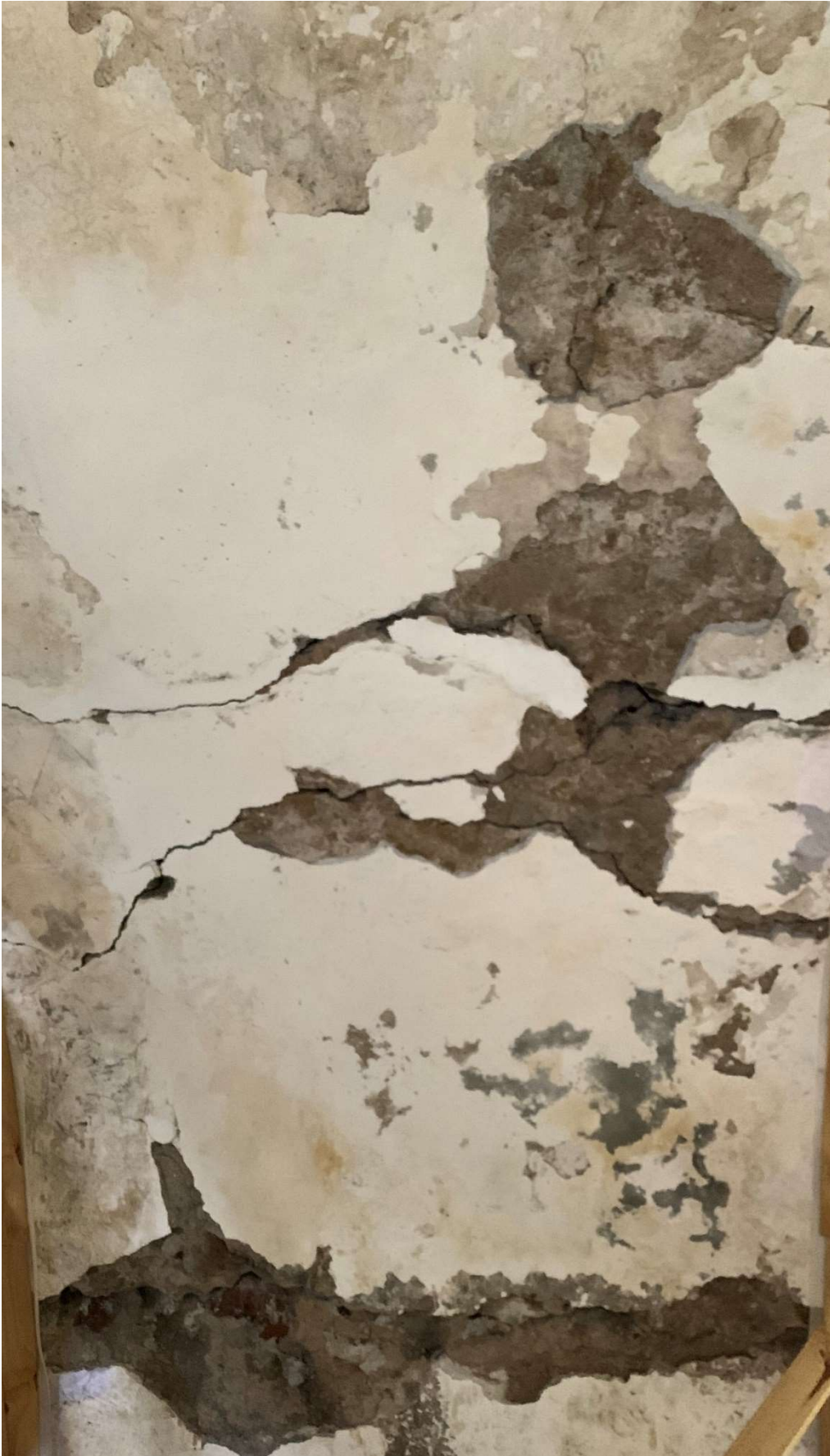


FOTO 16



FOTO 17