

Archeologia XXIV 2019 dell'Architettura

contiene una sezione dedicata a
LA DATAZIONE DELLE MALTE IN ARCHITETTURA TRA ARCHEOLOGIA E ARCHEOMETRIA
a cura di Rita Vecchiattini

ARCHEOLOGIA DELL'ARCHITETTURA

XXIV

2019



All'Insegna del Giglio

In prima di copertina: Micro-fotografie di malte provenienti dalla cappella di Saint-Jean-Baptiste a Périgueux (Francia), dall'alto: immagine al microscopio stereoscopico $\times 1$, catodoluminescenza di una sezione sottile $\times 1$ e immagine al microscopio ottico $\times 2.5$ (site photograph by © Hervé Gaillard, DRAC-SRA).

In quarta di copertina e sullo sfondo: La cripta della chiesa di Sant'Ampelio a Bordighera (Imperia, Italia).

ISSN 1126-6236

e-ISSN 2038-6567

ISBN 978-88-7814-923-6

e-ISBN 978-88-7814-924-3

© 2019 All'Insegna del Giglio s.a.s.

via del Termine, 36; 50019 Sesto Fiorentino (FI)

tel. +39 055 8450 216; fax +39 055 8453 188

e-mail redazione@insegnadelgiglio.it

sito web www.insegnadelgiglio.it

Firenze, luglio 2019

stampa Tecnografica Rossi

INDICE

LA DATAZIONE DELLE MALTE IN ARCHITETTURA TRA ARCHEOLOGIA E ARCHEOMETRIA

a cura di RITA VECCHIATTINI

- 9 RITA VECCHIATTINI
Datate la malta. Alcuni metodi e applicazioni a confronto / Mortar dating. A comparison of some methods and applications
- 11 ALF LINDROOS, JAN HEINEMEIER, ÅSA RINGBOM
Radiocarbon dating of lime mortars. The sequential dissolution method
- 19 GIOVANNI L. PESCE
Radiocarbon dating of lime lumps: current and future challenges
- 27 RITA VECCHIATTINI
Precisione ed esattezza della tecnica di datazione del radiocarbonio applicata ai "grumi di calce" contenuti nelle malte storiche. Una ricerca in corso
- 43 STEFANO ROASCIO, ANNA DECREI, SIMONA SCRIVANO
Il sito di San Calocero di Albenga (SV). Approcci integrati di Archeologia dell'Architettura: dalle indagini minero-petrografiche alla datazione radiocarbonica dei "grumi di calce"
- 55 ANNA BOATO, RITA VECCHIATTINI
Le fasi costruttive medievali della chiesa di Sant'Ampelio a Bordighera (IM). Una nuova proposta di ricostruzione storica in accordo con le datazioni delle malte ¹⁴C
- 67 PAOLA RICCI, CHIARA GERMINARIO, CARMINE LUBRITTO
Mortar Radiocarbon Dating: Cryo2Sonic sample preparation procedure. Method and applications
- 73 FABIO MARZAIOLI, FILIPPO TERRASI, ISABELLA PASSARIELLO, ANTONIO D'ONOFRIO, BRUNELLA DI RIENZO, LUISA STELLATO, GILBERTO ARTIOLI, ANNA ADDIS, MICHELE SECCO, SARA NONNI, MANUELA CAPANO
Investigation of pre-screening and cost-effective tools for Mortar dating at CIRCE and CIRCE: data from the usage of ¹³C in the framework synthetic samples
- 81 PETRA URBANOVÁ
Luminescence dating of mortars by "single grain" procedure and its potential for building archaeology
- 97 JEAN-BAPTISTE JAVEL, PETRA URBANOVÁ, PIERRE GUIBERT, HERVÉ GAILLARD
Chronological study of the Saint-Jean-Baptiste de la Cité chapel in Périgueux, France: the contribution of mortar luminescence dating to the history of local Christianity
- 115 ROBERTO RICCI
L'uso dell'analisi mineralogico-petrografica dell'aggregato per lo studio e la datazione delle malte storiche
- CASI DI STUDIO
- 123 FRANCESCA BONZANO
Dalla cava al (non) finito, al demolito: archeologia di un cantiere. Il caso della c.d. stoà-basilica a Hierapolis di Frigia (Turchia)¹
- 141 GIAN PIETRO BROGIOLO
San Vittore di Brembate Sotto (BG). Una chiesa rupestre della Pianura Padana in un progetto promosso dalla comunità locale
- 157 ANDREA ARRIGHETTI, GIOVANNI PANCANI, MARTA GENTILI
La Pieve di Santa Maria a Buiano in Casentino. Rilievo, lettura archeologica e H-BIM delle architetture
- 177 ANTONELLA FURNO
Domus Domini imperatoris Apicii: indagini archeologiche multidisciplinari nella domus federiciana di Calvi (BN)

- 195 DANIELE FERDANI, EMANUEL DEMETRESCU, ENZO D'ANNIBALE, GIANLUCA BOTTAZZI, PAOLA BIGI
Le fortificazioni del Titano: un progetto di indagine multidisciplinare per la conoscenza e la tutela dell'edilizia medievale sammarinese
- 217 GIANFRANCO PERTOT
Restauri e stratigrafia nel Castello di Milano. Limiti e potenzialità delle letture archeologiche dell'architettura in un contesto radicalmente restaurato
- 233 ALICE VANETTI
Archeologia dell'architettura o Archeologie dell'architettura? Archéologie du bâti, Archeologia dell'architettura e Bauarchäologie a confronto

Andrea Arrighetti*, Giovanni Pancani**, Marta Gentili**

LA PIEVE DI SANTA MARIA A BUIANO IN CASENTINO. RILIEVO, LETTURA ARCHEOLOGICA E H-BIM DELLE ARCHITETTURE

Introduzione

Il Casentino è un territorio in provincia di Arezzo dove si registra una ricca presenza di pievi e insediamenti religiosi di origine medievale (ARMANDI 1995; BENI 1983; BRACCO 1971; FEDELI *et al.* 2007). Tra questi, secondo il Fatucchi (FATUCCHI 1974), si possono individuare le prime dieci pievi originali della diocesi di Arezzo: Sant'Antonino a Socana, Santi Eleuterio-Rustico e Dionisio a Salutio, Santi Ippolito e Cassiano a Bibbiena, Santa Maria in Partina, Santa Maria a Buiano; nella diocesi di Fiesole: San Martino a Vado presso Strada, Santa Maria in Montemignaio, Santa Maria in Stia e San Pietro in Romena. A queste strutture va infine aggiunta la pieve di Arcena, vicino Bibbiena, presente nei documenti del X secolo ma attualmente non identificabile all'interno del territorio. Le aree dove sorgono le strutture religiose presentano molto spesso caratteri di lunga durata, legati a una viabilità ben radicata sul territorio dall'epoca etrusca (BARGIACCHI 2007; DIRINGER 1933) e testimoniati molto spesso dalla presenza di edifici o complessi più antichi (in particolare di epoca etrusca e romana) al di sotto o in prossimità delle attuali chiese. È possibile citare come esempi i casi della Pieve di Socana (BOCCI PACINI 1973; SCARINI 1996; VERIANI 1934), costruita sulle rovine di un altare etrusco, e la Pieve di Romena e di Buiano, dove nelle rispettive cripte, si attestano strutture architettoniche (una villa e un edificio termale) di epoca romana. Il Casentino rappresenta dunque un territorio eccezionalmente ricco di testimonianze di epoche diverse, attualmente ben conservate e ben leggibili dal punto di vista archeologico.

1. La Pieve di Santa Maria a Buiano

Nella località di Buiano, presso Poppi (Arezzo), si trova l'antica Pieve di Santa Maria. Allo stato attuale la chiesa presenta una lunghezza di circa 18 m, una larghezza di circa 9 m e un'altezza di 7 m e mezzo (esclusa la cripta). Ciò che appare oggi è una piccola parte della struttura originaria che, dai resti ancora visibili della facciata, dai ruderi degli absidi laterali e dai pilastri di fondazione rinvenuti con gli scavi archeologici del 1977, doveva essere una delle pievi più grandi del Casentino, presentandosi di dimensioni stimabili in circa 40 m di lunghezza e 18 m in larghezza. L'edificio religioso antico aveva un aspetto basilicale con una navata principale e due laterali, ciascuna delle quali caratterizzata da 8 pilastri quadrangolari che sorreggevano



fig. 1 – La Pieve di Santa Maria a Buiano vista dal fronte stradale.

archi a tutto sesto. Attualmente ciò che permane della struttura del primo periodo sono parte della navata centrale terminante con un'abside semicircolare, una cripta sotto la zona presbiteriale e i ruderi della facciata originale e di uno degli absidi laterali.

2. Fonti storiche e archeologiche

Sono scarsi i documenti che riportano descrizioni della pieve o interventi operati sulla stessa; risulta quindi molto complesso stilare una cronologia specifica degli eventi e delle trasformazioni subite dall'edificio nel corso del tempo. La data di fondazione è sconosciuta, ma sono note fonti che ne attestano la presenza già nei primi decenni del XI secolo (SALMI 1926 e 1958; GABBRIELLI 1990). Dal 1010 al 1122 la chiesa è citata tra le carte dell'abbazia di Strumi e in quella di Camaldoli relative agli Ubaldini di Valenzano, che ebbero giurisdizione nel piviere (REPETTI 1843). Nel 1161 risulta tra i possedimenti che Federico I Barbarossa assegnò in beneficio all'abbazia di Capolona (PASETTO 2013). Da questo momento i documenti storici che trattano dell'edificio risultano scarsi o irrimediabilmente perduti, portando ad una inevitabile lacuna temporale nelle vicende che caratterizzarono la sua storia. La documentazione torna ad essere presente solo nel XX secolo, più precisamente nel 1931, con la testimonianza di P.R. Bulletti che ne attesta lo stato di fatto in quegli anni (BULLETTI 1931). Da questa fonte possiamo desumere che, negli anni Trenta, la chiesa presentava già le dimensioni attuali ma la struttura era adibita a stalla per gli animali delle abitazioni vicine, mentre la cripta veniva usata come cantina, il cui accesso avveniva attraverso una botola, collocata frontalmente al gradino del presbiterio. Nello stesso periodo, nel corso di

* DSSBC – Università di Siena (andrea.arrighetti@unisi.it).

** DIDA – Università di Firenze (giovanni.pancani@unifi.it; gentili.mart@gmail.com).



fig. 2 – Planimetria del piano terra della pieve di Santa Maria a Buiano ottenuta dalla digitalizzazione del rilievo laser scanner.



fig. 3 – Prospetto Ovest della Pieve.



fig. 4 – Prospetto Est della Pieve.

una visita svolta dallo stesso Bulletti presso la cripta della chiesa, emersero resti di pavimentazione risalenti al periodo romano (elemento che portò a presupporre la presenza di una *domus* romana sotto le fondazioni dell'edificio). Agli inizi del Novecento, dunque, la fisionomia della chiesa doveva apparire simile all'attuale.

Se la documentazione scritta appare lacunosa, risultano invece molto interessanti e puntuali le informazioni emerse dalle indagini archeologiche operate nell'area circo-

stante all'attuale edificio. Lo spoglio della documentazione reperita negli archivi della Soprintendenza Archeologia, Belle Arti e Paesaggio per la Città Metropolitana di Firenze e le Province di Pistoia e Prato ha permesso di delineare specifici tratti storici relativi alle frequentazioni antecedenti alla costruzione della chiesa, testimoniati dal ritrovamento di alcuni manufatti nel corso delle operazioni di scavo eseguite nel 1977. In questa occasione vennero infatti scoperti resti di un sito termale romano che si estendeva al di sotto dell'attuale edificio. Oltre alle testimonianze di periodo classico, nelle operazioni di scavo emersero sepolture databili all'XI secolo, ubicate sotto il livello dell'antico pavimento della chiesa, quest'ultimo riemerso solo per piccole porzioni nella parte posteriore della cripta. Nel corso degli scavi sono state inoltre messe in luce le basi dei pilastri di fondazione della chiesa originale, chiara testimonianza della sua antica monumentalità¹.

¹ Alcune notizie sugli scavi archeologici condotti nella Pieve di Buiano sono state pubblicate all'interno del Notiziario del Gruppo Archeologico Casentino (GAC 1989 e 1999). Inoltre altre informazioni sulle indagini archeologiche utili sono state reperite presso l'Archivio storico del Comune di Poppi, anni 1971-1980, posizione 9, Arezzo 3.10, "Relazioni di scavo – Pieve di Santa Maria a Buiano".

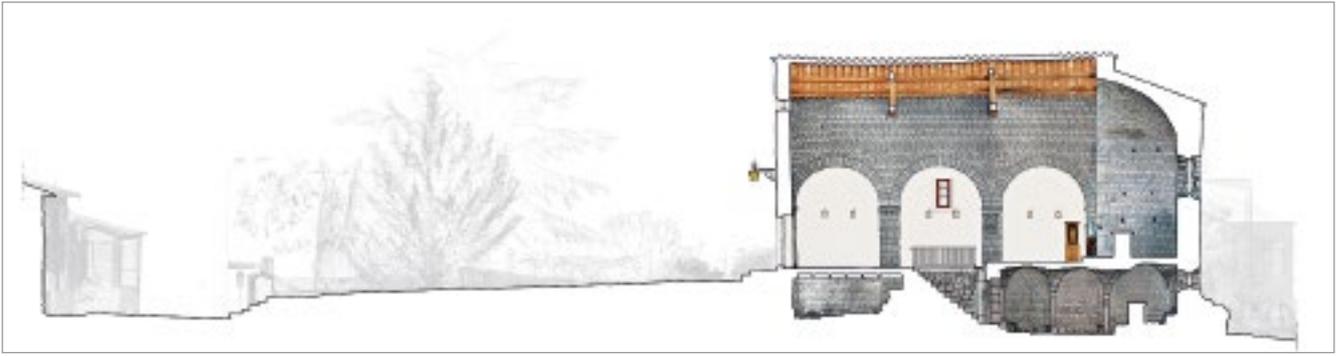


fig. 5 – Sezione longitudinale Ovest-Est della Pieve.

Negli anni Novanta furono infine effettuati piccoli interventi di restauro che non hanno però influito sull'aspetto attuale della pieve (MASSAINI 2015).

3. Rilievo dell'edificio

La campagna di rilievo che ha interessato la pieve di Santa Maria a Buiano è stata svolta nel marzo 2017 mediante l'ausilio di tecnologia laser scanner. La fase di acquisizione ha previsto la realizzazione di circa 100 scansioni dell'interno e dell'esterno del complesso architettonico, dalle quali è stata elaborata una nuvola di punti dell'intero edificio. Quest'ultima, opportunamente inserita in un sistema di riferimento basato sulla geometria degli alzati, ha permesso di esportare sezioni e planimetrie ad alta risoluzione relative alle porzioni più significative dell'edificio. Questo materiale, una volta digitalizzato, ha permesso di realizzare il rilievo architettonico della struttura.

Per rendere il prodotto adattabile anche alle esigenze imposte da analisi di tipo archeologico, oltre all'impiego dei prodotti derivati dalla nuvola di punti ottenuta mediante laser scanner, era quanto mai necessario avere a disposizione un rilievo fotografico ad alta risoluzione dei prospetti e delle planimetrie dell'edificio. Per questo motivo è stato progettato un rilievo eseguito attraverso tecniche Structure for Motion, che ha permesso di integrare ai prodotti ottenuti dalla digitalizzazione del rilievo laser, una texture di riferimento per i prospetti interni ed esterni. Attraverso l'utilizzo di specifici software che hanno permesso di gestire simultaneamente il rilievo laser scanner con quello SfM, sono stati dunque elaborati e integrati i dati delle due campagne di rilievo, andando a creare i fotopiani necessari alle analisi archeologiche e realizzando inoltre un modello 3D digitale dell'oggetto, in scala reale e texturizzato. Il modello ha costituito infine la base per la modellazione delle fasi evolutive dell'edificio, presentate nel par. 4.3.

M.G.

4. Lettura archeologica dell'edificio e caratterizzazione delle tecniche costruttive

La lettura archeologica dell'edificio si è basata sulle metodologie proprie dell'Archeologia dell'Architettura (BROGIOLO, CAGANA 2012). Il lavoro ha previsto una prima osservazione e documentazione del complesso religioso,

utilizzando come base gli elaborati di rilievo realizzati mediante strumentazione laser scanner. La restituzione a fil di ferro e la realizzazione di fotopiani ad alta risoluzione degli alzati della fabbrica, descritti nel paragrafo precedente, ha facilitato il compito di trascrivere le analisi archeologiche direttamente su un'immagine fotorealistica dei prospetti. La lettura stratigrafica ha avuto una duplice funzione: da un lato determinare USM e fasi costruttive di riferimento, dalle quali sono stati successivamente elaborati i periodi che hanno caratterizzato l'evoluzione storico-costruttiva del manufatto, trattati nel par. 4.3; dall'altro lato, mediante l'analisi archeologica, è stato possibile effettuare una caratterizzazione delle principali Tecniche Costruttive Murarie (TCM), successivamente confrontate con altre murature relative a edifici presenti nei pressi dell'area oggetto di studio che presentavano datazioni assolute, al fine di elaborare tipologie di riferimento a livello comprensoriale.

4.1 Lettura archeologica del Complesso Architettonico

La lettura archeologica del Complesso Architettonico ha previsto un'analisi delle murature esterne e interne della chiesa e della cripta. In particolare sono state analizzate le murature esterne ovest, nord e sud e tutte quelle interne ad eccezione delle porzioni di mura coperte da intonaco. La cripta ha previsto ovviamente un'analisi delle sole murature interne. Nella descrizione delle evidenze riscontrate si fa spesso riferimento alle Tecniche Costruttive Murarie (TCM) decritte all'interno del par. 4.2.

Esterno

L'attuale facciata dell'edificio è orientata a ovest. L'analisi archeologica del prospetto esterno ha permesso di identificare la presenza di due macro-fasi costruttive, corrispondenti ad altrettante tipologie di muratura: una prima fase interessa i costoloni laterali dell'alzato fino alla metà dell'altezza del prospetto (fig. 12, Fase 1) corrispondente agli antichi pilastri in Pietra Serena che dividevano la navata centrale da quella laterale della chiesa di primo periodo (TCM4); una seconda fase riguarda la quasi totalità della muratura restante (fig. 12, Fase 3), la cui messa in opera è imputabile a un probabile intervento di totale ricostruzione della facciata, da mettere in stretta connessione alla volontà di conferire all'impianto del complesso le fattezze odierne, di dimensioni molto più contenute rispetto a quelle originarie (fig. 7). La porta d'ingresso e il rosone collocati al centro della facciata risultano co-

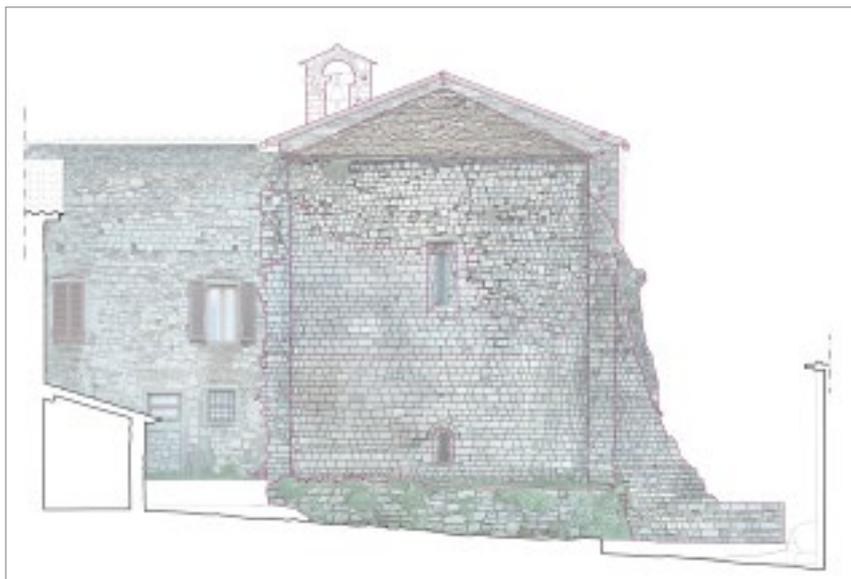


fig. 6 – Lettura archeologica per USM del prospetto Est esterno e interno.



fig. 7 – Particolare di uno dei pilastri che divideva la navata centrale da quella laterale, ad oggi parte della facciata della chiesa.

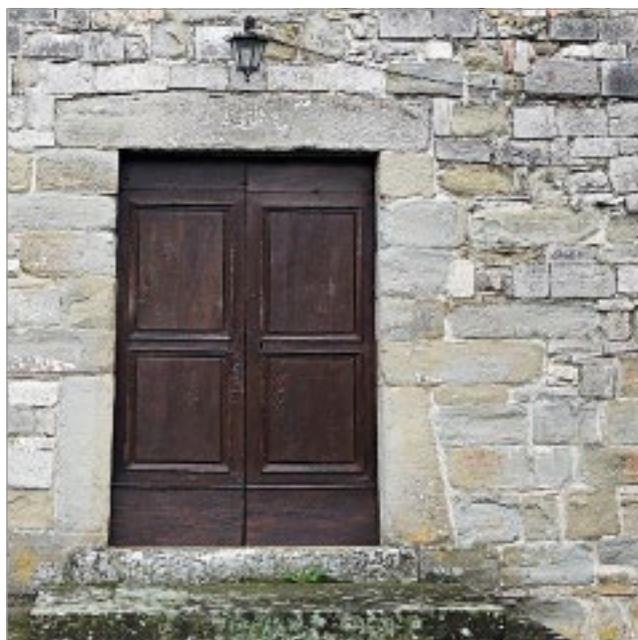


fig. 8 – L'attuale porta di accesso alla chiesa.

struttivamente in continuità con la circostante muratura (TCM3) e dunque, con tutta probabilità, realizzati nello stesso periodo (fig. 8).

Il prospetto nord si presenta in continuità con quanto già evidenziato in facciata. La muratura si caratterizza per la presenza di quattro pilastri di Pietra Serena a sezione quadrata (TCM4), riconducibili alla prima fase costruttiva (fig. 10, Fase 1), sormontati da tre arcate a tutto sesto che alternano conci di arenaria con altri di calcarenite, la cui luce risulta tamponata. L'arenaria, così come visibile in altri contesti casentinesi (es. Pieve di Sant'Anonino a Socana), viene impiegata nella prima fase costruttiva per la realizzazione di pilastri, archi e angolate, in concomitanza alla Pietra Alberese utilizzata invece per le murature. La prima fase costruttiva appare terminare all'imposta degli arconi, questi ultimi caratterizzati dall'impiego di conci

in Pietra Serena talvolta alternati da pietre squadrate in calcarenite, lavorate e finite in modo simile agli elementi che compongono la muratura di seconda fase costruttiva ad esse circostanti (TCM2) e costruttivamente legata a questi ultimi. Tali elementi, impiegati irregolarmente e dunque senza finalità decorative, sono stati inseriti in sostituzione di precedenti conci in Pietra Serena danneggiati a seguito di un probabile crollo delle arcate, cronologicamente avvenuto fra prima e seconda fase costruttiva (fig. 10, Fase 2). Un terzo periodo costruttivo (fig. 10, Fase 3), realizzato con la stessa tecnica riscontrata nel rifacimento della facciata (TCM3) e con la messa in opera di numerosi elementi di reimpiego provenienti dalla seconda fase di costruzione, viene invece localizzata nella porzione di muratura che riempie la parte interna delle arcate dove si apre, in continuità con questa muratura, una piccola monofora (fig. 9).



fig. 9 – Prospetto Nord esterno. A sinistra, un particolare delle arcate che dividevano la navata centrale da quella laterale e della muratura in blocchetti di calcarenite impiegata durante la seconda fase di costruzione della chiesa utilizzata anche nella sostituzioni alcuni cunei dell'arco. A destra, il tamponamento dell'arcata centrale mediante l'utilizzo di materiale misto e di riempigio con la messa in opera di una monofora.

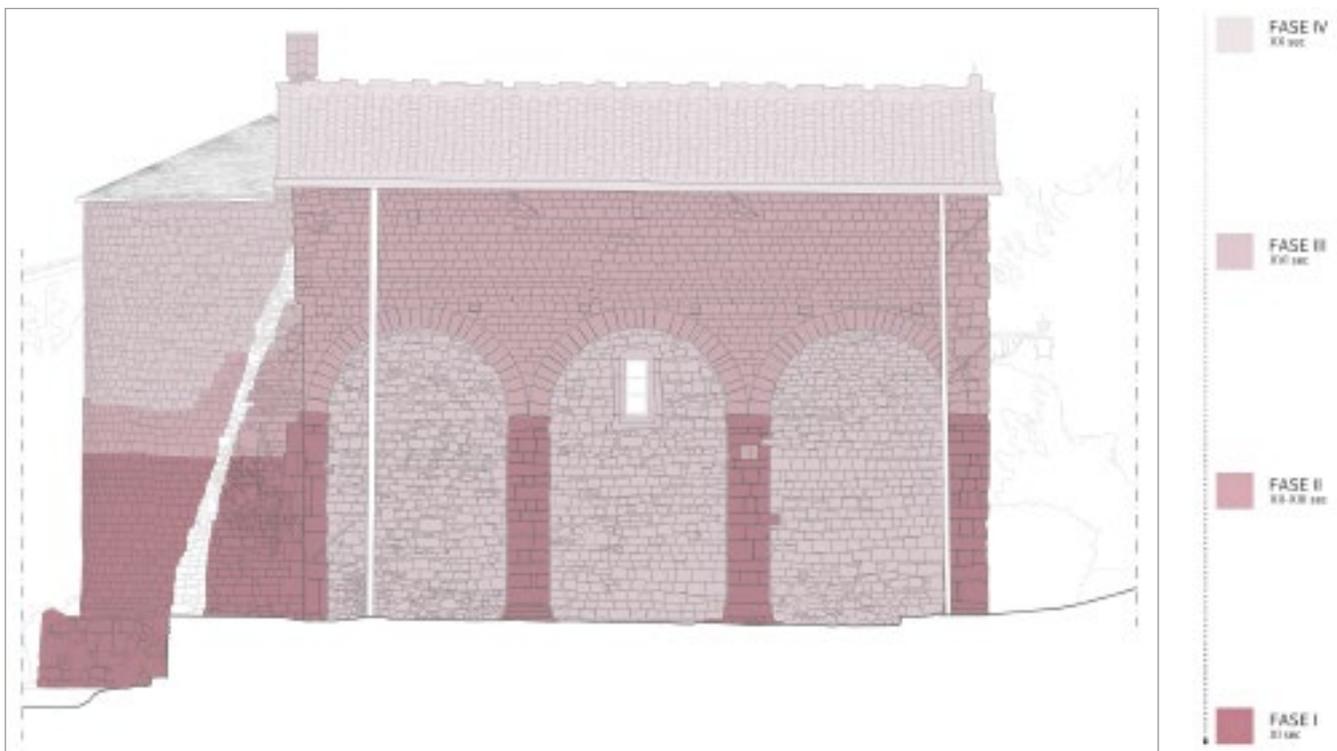


fig. 10 – Fasi costruttive del prospetto Nord.

Il prospetto esterno dell'abside riporta una netta divisione collocata circa a metà del prospetto con una parte inferiore (fig. 12, Fase 1) caratterizzata da una muratura in pietra alberese impostata direttamente sulla risega di fondazione (TCM1), quest'ultima attualmente fuori terra di un metro, su cui si innesta una porzione di muratura intermedia (fig. 12, Fase 2), caratterizzata da corsi regolari

di conci squadrati con lavorazione superficiale a scalpello (TCM2); all'interno di quest'ultima è presente, in continuità costruttiva con la muratura circostante, una monofora che riporta nella sua conformazione alcune parti ricostruite, frutto di una risistemazione postuma. Sulla seconda muratura citata in precedenza si colloca la parte inferiore dell'attuale monofora della chiesa di

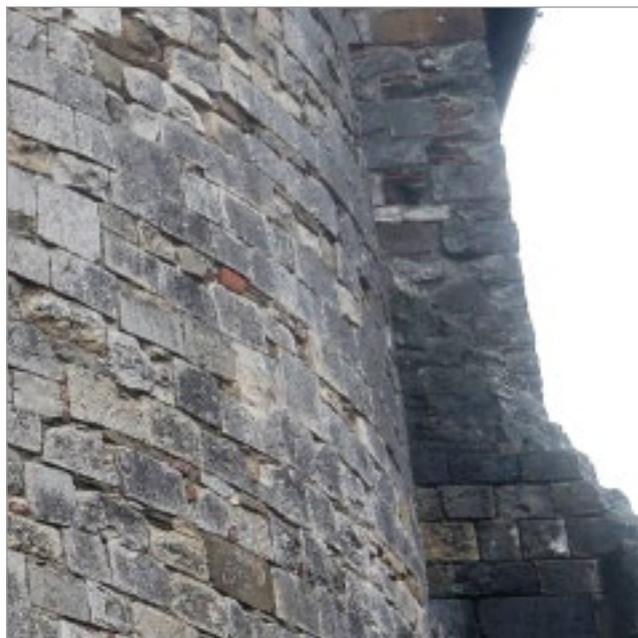


fig. 11 – Prospetto Est esterno. A sinistra, la monofora messa in opera durante la seconda fase di costruzione dell'abside e parzialmente interessata dall'esteso dissesto avvenuto prima delle ricostruzioni di terza fase. A destra, un particolare delle murature crollate che costituivano gli absidi della navata laterale nord.



fig. 12 – Fasi costruttive dei prospetti Ovest ed Est.

secondo periodo, fino a due terzi della sua altezza. Nella parte superiore è presente invece una tecnica costruttiva mista (TCM3) sulla quale si imposta la copertura e che comprende anche la parte restante della monofora absidale (fig. 12, Fase 3). Ai lati dell'abside sono visibili i pilastri con lavorazione a subbia corrispondenti a quelli presenti all'interno della chiesa. Su questi si impostano nel lato nord i resti di una seconda abside che terminava l'antica navata laterale nord (fig. 11). Anche l'abside laterale presenta una netta suddivisione orizzontale fra due fasi di costruzione assimilabili a quelle individuate nell'abside maggiore, caratterizzate da due tecniche costruttive murarie molto simili ma diversificabili per alcuni piccoli particolari nella finitura e nella lavorazione dei materiali costruttivi. A sud dell'abside maggiore, alla base del pilastro, sono presenti

alcune pietre allineate identificabili come una terza abside, ad oggi completamente scomparso, che testimonia in modo inequivocabile la presenza di una seconda navata laterale e dunque di una chiesa originariamente costruita a tre navate.

Interno

L'analisi effettuata nei prospetti esterni nord e ovest trova un esatto riscontro anche dalla lettura archeologica dell'interno della struttura, dove i pilastri portanti in muratura lapidea (TCM4), realizzati in corsi regolari con filari orizzontali e paralleli di conci, presentano una lavorazione e finitura superficiale dei materiali costruttivi operata con subbia e scalpello e risultano sormontati da arcate che presentano le sostituzioni in conci squadrati nelle medesime posizioni riscontrate nel corrispettivo



fig. 13 – A sinistra: conci utilizzati nella prima fase di costruzione dell’edificio dove si nota un impiego della sabbia per la finitura esterna della superficie delle pietre. A destra: un concio della seconda fase costruttiva che presenta una lavorazione (con presenza del nastrino) e una finitura eseguita con scalpello.



fig. 14 – Particolare della volta absidale

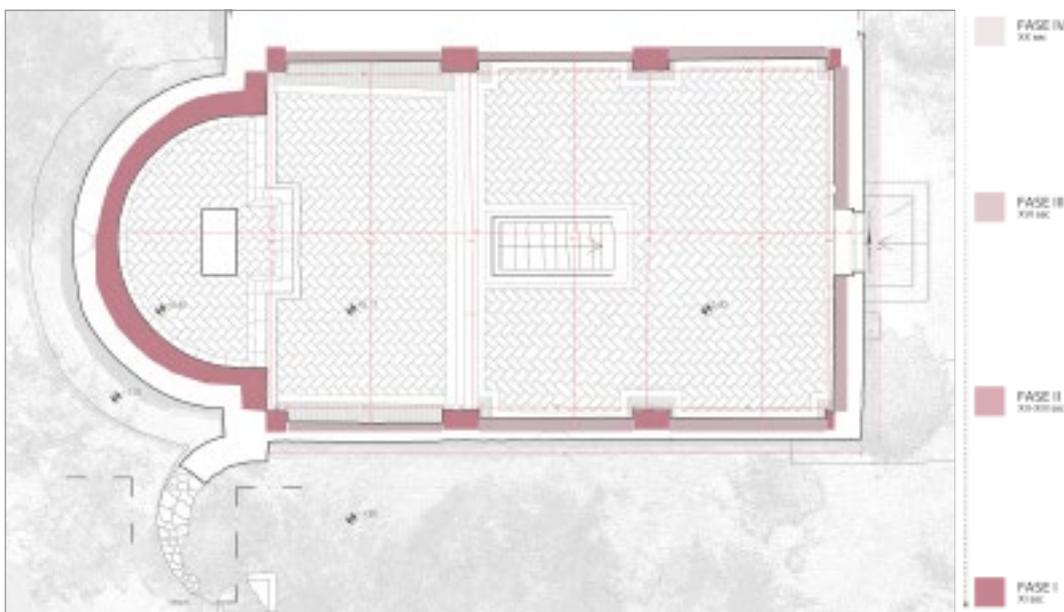


fig. 15 – Pianta periodizzata in fasi costruttive del primo piano della chiesa

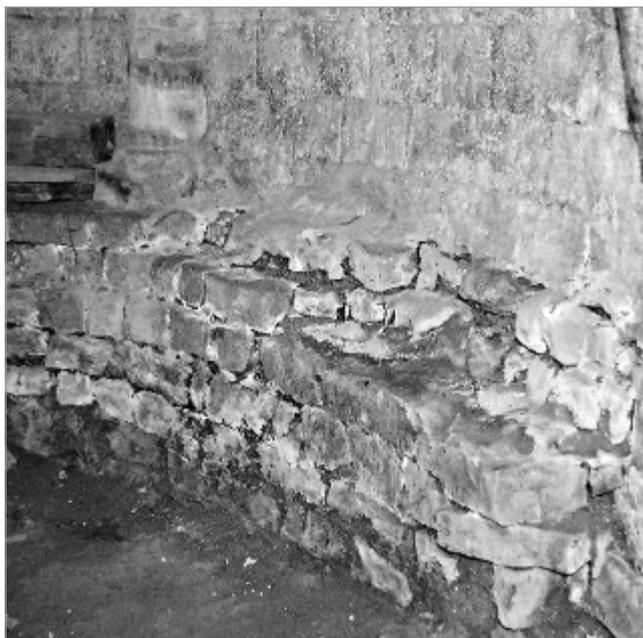


fig. 16 – La risega di fondazione a vista con le tracce di intonaco che documentano l’attacco del pavimento presente prima della costruzione della cripta e la monofora presente nell’abside di prima fase

esterno; anche in questo caso le evidenze presenti nella parte superiore della muratura dei prospetti laterali e gli archi a tutto sesto sono rapportabili con le osservazioni fatte sugli esterni, denotando una ricostruzione della muratura dall’altezza dell’imposta degli archi fino alla copertura. All’interno, la parete che costituisce il riempimento delle arcate risulta intonacata e dunque non visibile e leggibile dal punto di vista archeologico; tenendo conto però della fedele corrispondenza tra interno e esterno del resto dell’alzato, è ragionevolmente ipotizzabile che la parte nascosta sotto l’intonaco presenti una muratura lapidea corrispondente alla TCM3. L’intervento, caratterizzato dal tamponamento delle arcate che dividevano la navata centrale da quella laterale, sembra dunque correlabile alla volontà di ridurre la larghezza dell’edificio fino a un terzo delle dimensioni originarie. Anche la zona absidale interna presenta le stesse caratteristiche di quella esterna, riportando una netta divisione tra una parte inferiore che presenta una tecnica costruttiva con conci regolari di dimensione inferiore rispetto a quelli dei pilastri laterali ma caratterizzati dalla stessa finitura superficiale a subbia e scalpello (TCM1). Su questa linea netta e orizzontale, probabilmente una rasatura della muratura della prima fase costruttiva, si imposta una seconda muratura in calcarenite apparecchiata in corsi regolari di conci con finitura a scalpello (TCM2), dove si presenta in continuità costruttiva, una monofora al centro del prospetto. In questa parte dell’edificio risulta dunque evidente un intervento di grandi proporzioni, probabilmente assimilabile alla ricostruzione dell’abside da un’altezza di un metro e venti fino alla copertura, avvenuto a seguito di un probabile crollo che ha coinvolto, viste le analisi dei fronti laterali e del prospetto posteriore e come evidenziato all’interno delle conclusioni, l’intero edificio (fig. 14).

Cripta

Scendendo nella cripta la muratura presente nella parte inferiore dell’abside continua nella parete sottostante, dove si attesta una seconda apertura a monofora nella zona centrale, e si nota la presenza della risega di fondazione per un metro fuori terra (fig. 16). Su quest’ultima appaiono evidenti alcune tracce di intonaco che presentano un bordo di appoggio testimonianza della presenza di un pavimento collocato fra la risega di fondazione e l’attacco della muratura perimetrale. La quota pavimentale della prima fase costruttiva risulta dunque più alta rispetto a quella attuale, frutto di una risistemazione e di abbassamento al momento della costruzione della cripta in seconda fase. Le pareti laterali della cripta presentano una muratura in pietra alberese apparecchiata in corsi regolari con filari orizzontali e paralleli di conci con finitura a scalpello e subbia (TCM1), del tutto simili a quelli presenti nella parte bassa dell’abside e sui pilastri della navata centrale, segno di una probabile continuità costruttiva fra questi elementi (fig. 23, Fase 1).

L’ambiente della cripta si presenta voltato. L’innesto delle volte e dei peducci risulta per una parte tagliato nella muratura dei prospetti absidali, indicando la sua appartenenza ad una fase successiva rispetto al primo impianto, e in un’altra parte legato alle murature perimetrali in blocchetti di seconda fase (TCM2) costruite in appoggio agli spigoli (fig. 18) che delineavano le antiche navate laterali (fig. 23, Fase 2). Se tutto ciò fosse confermato potremmo dunque affermare con sufficiente ragionevolezza che l’assetto originario della chiesa non prevedeva la presenza di una cripta, ma probabilmente si sviluppava su un unico livello, molto più basso rispetto a quello attuale e corrispondente all’attuale imposta dei pilastri e, conseguentemente, di poco più alto rispetto alle fondazioni presenti nella cripta.

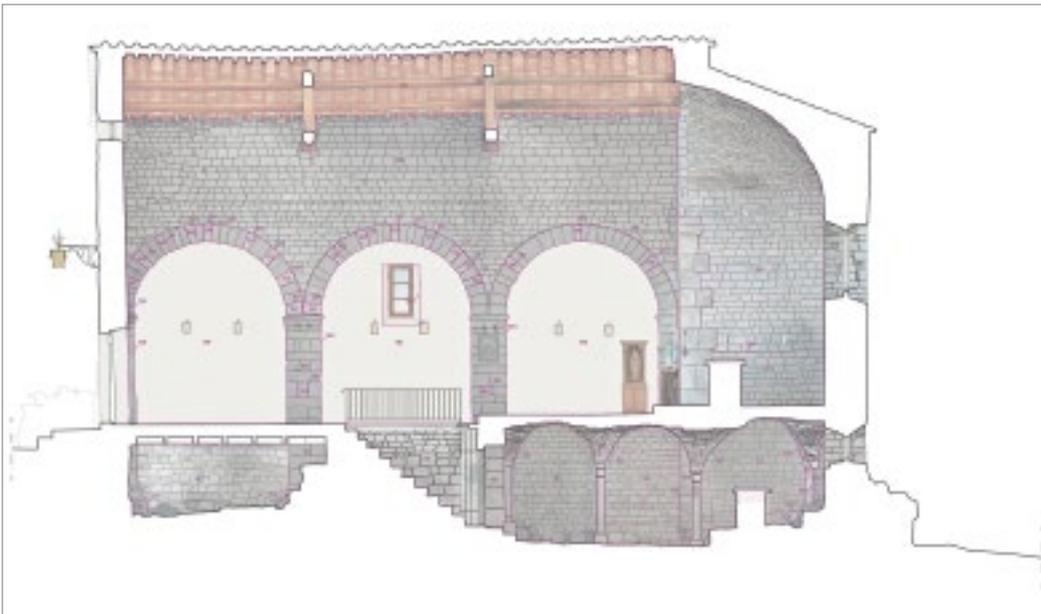
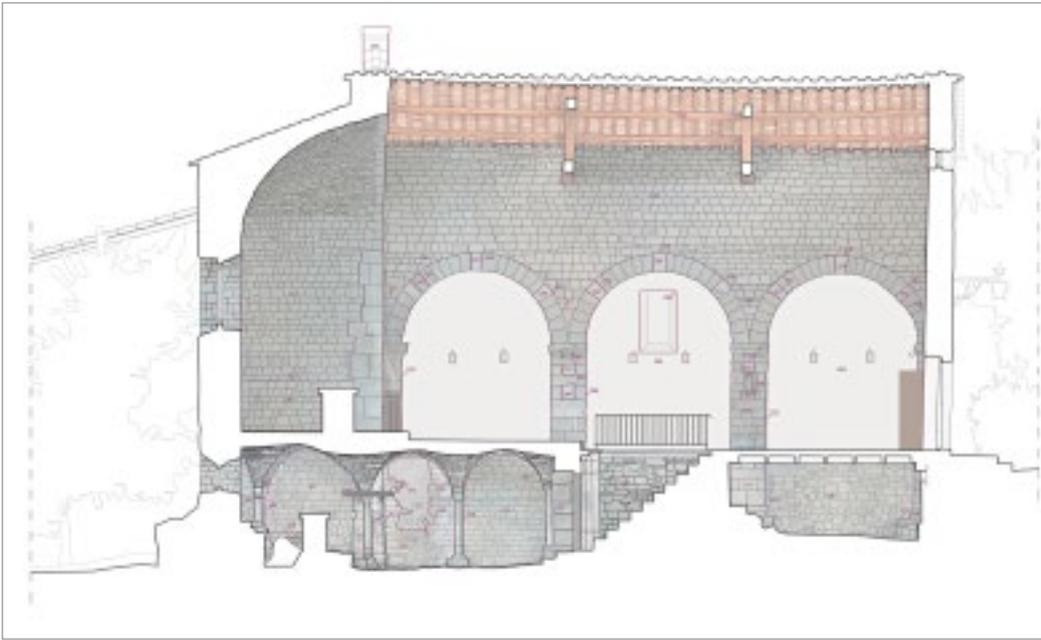


fig. 17 – Lettura stratigrafica per USM delle pareti laterali della cripta.

Addentrando nella cripta in direzione ovest, al di sotto della facciata sono visibili le porzioni terminali dei pilastri in Pietra Serena (TCM4) che dividevano l'antica navata centrale con le ex – navate laterali (fig. 19). Questi ultimi presentano una continuità anche nelle murature della cripta, impostando la parte terminale direttamente sulle riseghe di fondazione antiche. Tra questi elementi, stratigraficamente appoggiata a questi ultimi, si presenta una muratura mista (TCM3) in relazione di continuità con la muratura che riempie le arcate delle pareti laterali e lo spazio tra i pilastri della facciata del piano superiore. In questo ambiente, sia l'altezza dell'imposta dei pilastri, perfettamente in linea con quella della risega absidale, che la tamponatura presente fra gli stessi, rappresentano elementi a supporto dell'ipotesi precedentemente formulata di una prima chiesa caratterizzata da un piano di calpestio più basso e senza cripta.

All'interno dell'ambiente sopraccitato sono inoltre visibili i resti di un impianto termale romano (fig. 20)

anteriore alla fondazione della chiesa, riportato alla luce a seguito degli scavi archeologici operati negli anni Settanta.

4.2 Caratterizzazione delle Tecniche Costruttive Murarie (TCM)

La lettura archeologica dell'edificio ha fornito la base per effettuare un campionamento delle principali tecniche murarie presenti su tutti i paramenti dell'edificio. Tali sistemi costruttivi sono stati caratterizzati e documentati prendendo come riferimento le loro principali caratteristiche dimensionali e morfologiche.

L'analisi, in primo luogo, ha fornito la base per definire quattro differenti tipologie costruttive murarie, elaborate dalla comparazione fra le tecniche presenti nei prospetti. Successivamente, le tipologie hanno offerto la possibilità di un confronto mirato con altre murature presenti in altri edifici religiosi ubicati nei pressi dell'area di indagine e già indagati, in particolar modo quelle delle pievi di San Pietro a Romena (BERTOCCI *et al.* 2015)

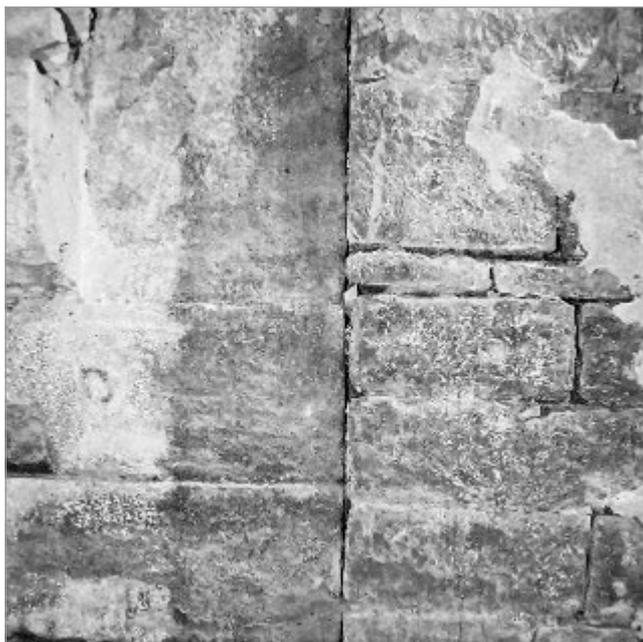


fig. 18 – Interfaccia stratigrafica che determina l'appoggio della muratura in blocchetti di seconda fase costruttiva allo spigolo della muratura absidale che determinava l'assetto a tre navate della chiesa di prima fase costruttiva.

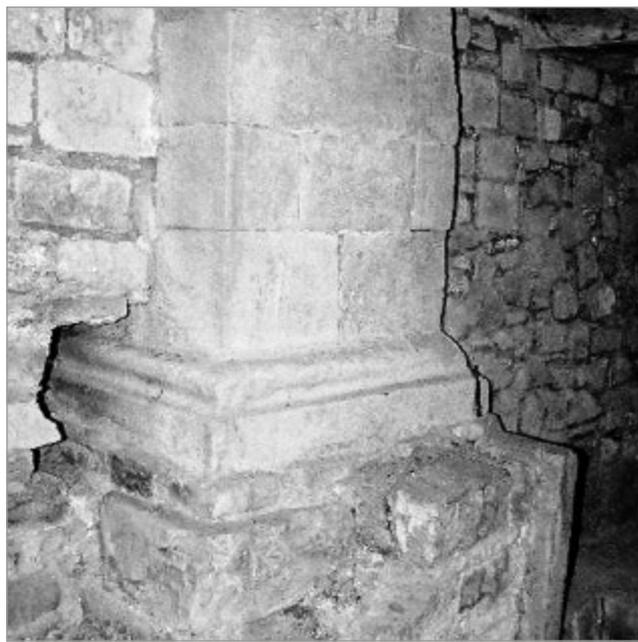


fig. 19 – L'imposta dei pilastri visibile in cripta che determinava l'altezza del piano di calpestio della prima fase costruttiva con i tamponamenti laterali delle arcate che dividevano la navata centrale da quelle laterali.

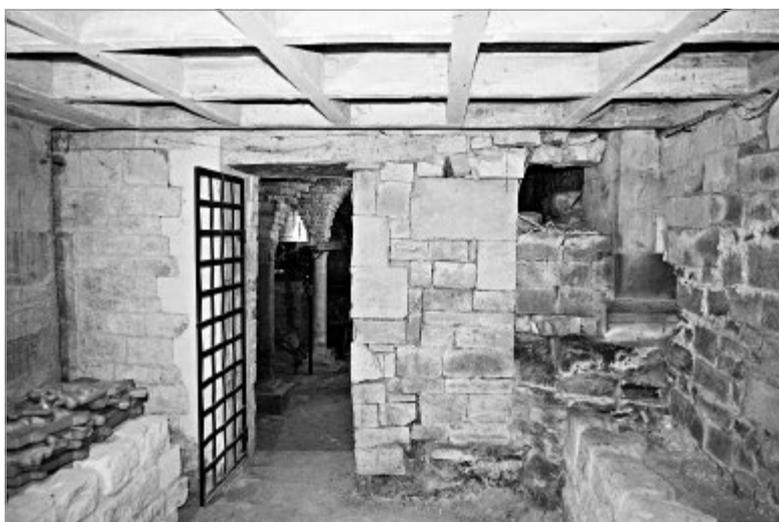
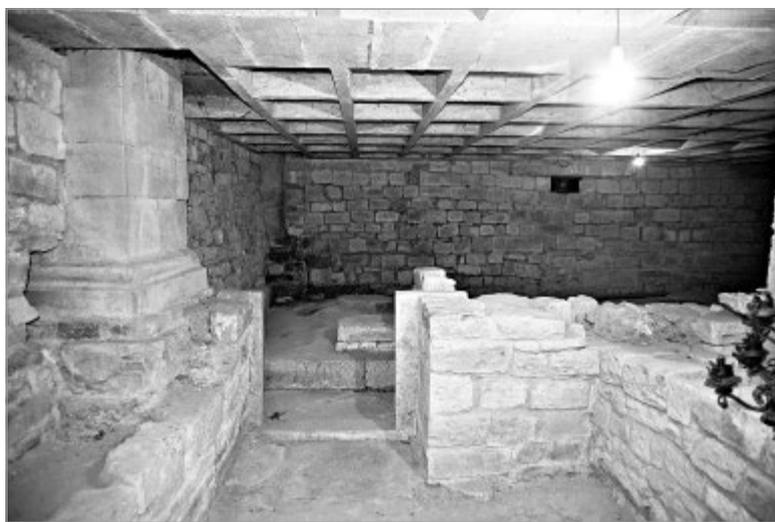
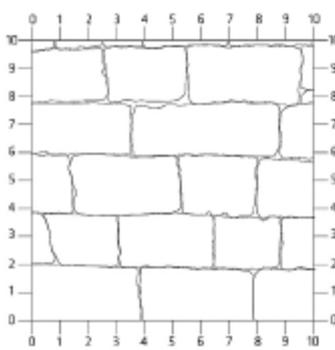
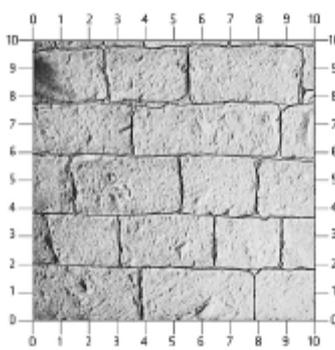


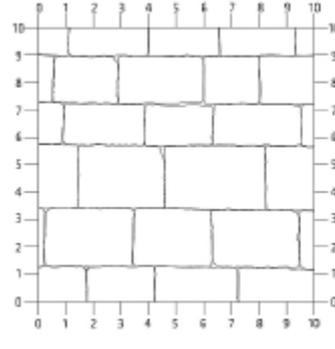
fig. 20 – Resti di un impianto termale di epoca romana ad oggi visibile all'interno della cripta della chiesa.





TECNICA COSTRUTTIVA MURARIA 1 (TCM1)

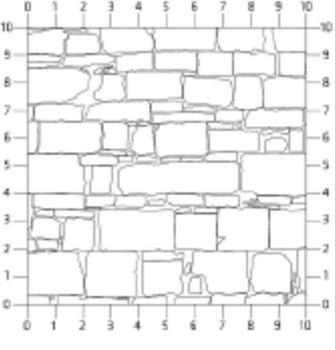
SITO: Pieve di Santa Maria a Buiano
 TIPOLOGIA: Muratura
 CODICE: TCM1
 COLLOCAZIONE: Muratura perimetrale
 FASE COSTRUTTIVA: Fase 1
 CRONOLOGIA ASSOLUTA: XI secolo (?)
 MATERIALE DA COSTRUZIONE: Pietra Alberese
 ALTEZZA DEI CONCI: 20-25 cm
 LARGHEZZA DEI CONCI: 20-50 cm
 APPARECCHIATURA: Regolare di conci squadri
 FINITURA: Subbia e scalpello
 DESCRIZIONE: Muratura in pietra alberese apparecchiata in corsi regolari di filari orizzontali e paralleli con finitura operata con subbia e (parzialmente) scalpello.

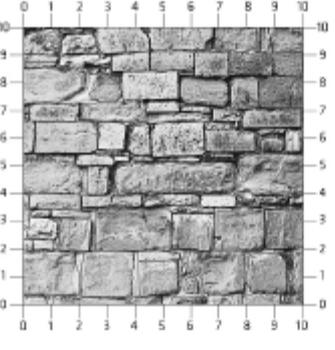




TECNICA COSTRUTTIVA MURARIA 2 (TCM2)

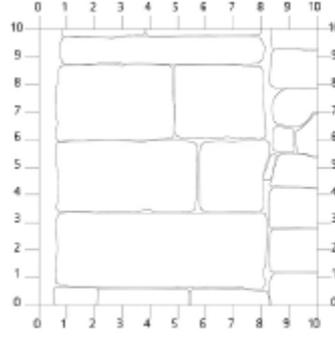
SITO: Pieve di Santa Maria a Buiano
 TIPOLOGIA: Muratura
 CODICE: TCM2
 COLLOCAZIONE: Muratura perimetrale
 FASE COSTRUTTIVA: Fase 2
 CRONOLOGIA ASSOLUTA: XII-XIII secolo (?)
 MATERIALE DA COSTRUZIONE: Pietra Alberese e calcarea
 ALTEZZA DEI CONCI: 20-25 cm
 LARGHEZZA DEI CONCI: 20-40 cm
 APPARECCHIATURA: Regolare di conci squadri
 FINITURA: Scalpello
 DESCRIZIONE: Muratura in pietra alberese apparecchiata in corsi regolari di filari orizzontali e paralleli con presenza di nastrino e finitura operata mediante scalpello.

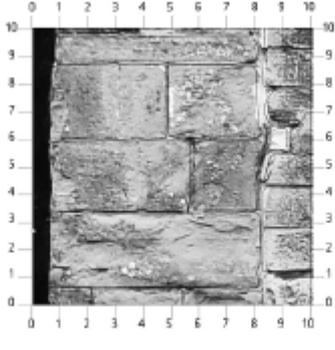




TECNICA COSTRUTTIVA MURARIA 3 (TCM3)

SITO: Pieve di Santa Maria a Buiano
 TIPOLOGIA: Muratura
 CODICE: TCM3
 COLLOCAZIONE: Tamponamento arconi parete laterale e ricostruzione facciata
 FASE COSTRUTTIVA: Fase 3
 CRONOLOGIA ASSOLUTA: XVI secolo (?)
 MATERIALE DA COSTRUZIONE: Materiale misto (pietra alberese, calcareniti, laterizi)
 ALTEZZA DEI CONCI: N.d.
 LARGHEZZA DEI CONCI: N.d.
 APPARECCHIATURA: Irregolare
 FINITURA: N.d.
 DESCRIZIONE: Muratura mista (pietra e laterizio) apparecchiata su filari irregolari con estesa presenza di materiale di recupero della seconda fase costruttiva.





TECNICA COSTRUTTIVA MURARIA 4 (TCM4)

SITO: Pieve di Santa Maria a Buiano
 TIPOLOGIA: Muratura
 CODICE: TCM4
 COLLOCAZIONE: Pilastr
 FASE COSTRUTTIVA: Fase 1
 CRONOLOGIA ASSOLUTA: XI secolo (?)
 MATERIALE DA COSTRUZIONE: Pietra Serena
 ALTEZZA DEI CONCI: 20-40 cm
 LARGHEZZA DEI CONCI: 25-70 cm
 APPARECCHIATURA: Regolare di conci squadri
 FINITURA: N.d.
 DESCRIZIONE: Muratura in pietra arenaria apparecchiata in corsi regolari su filari orizzontali e paralleli.

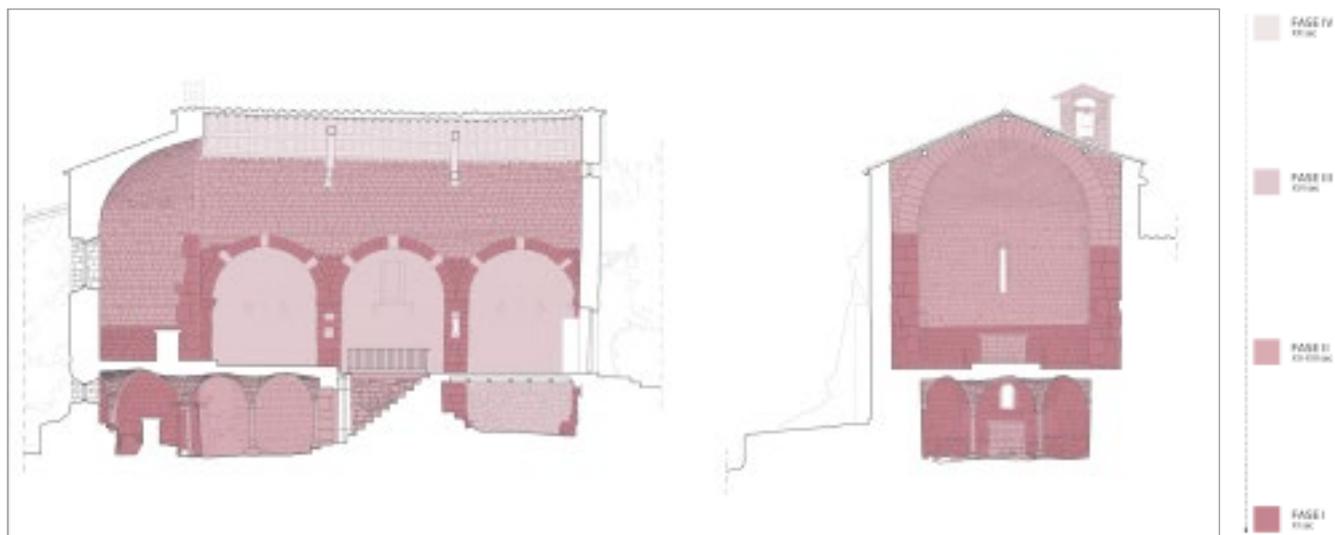


fig. 21 – Fasi costruttive della zona absidale e della parete interna sud della cripta.

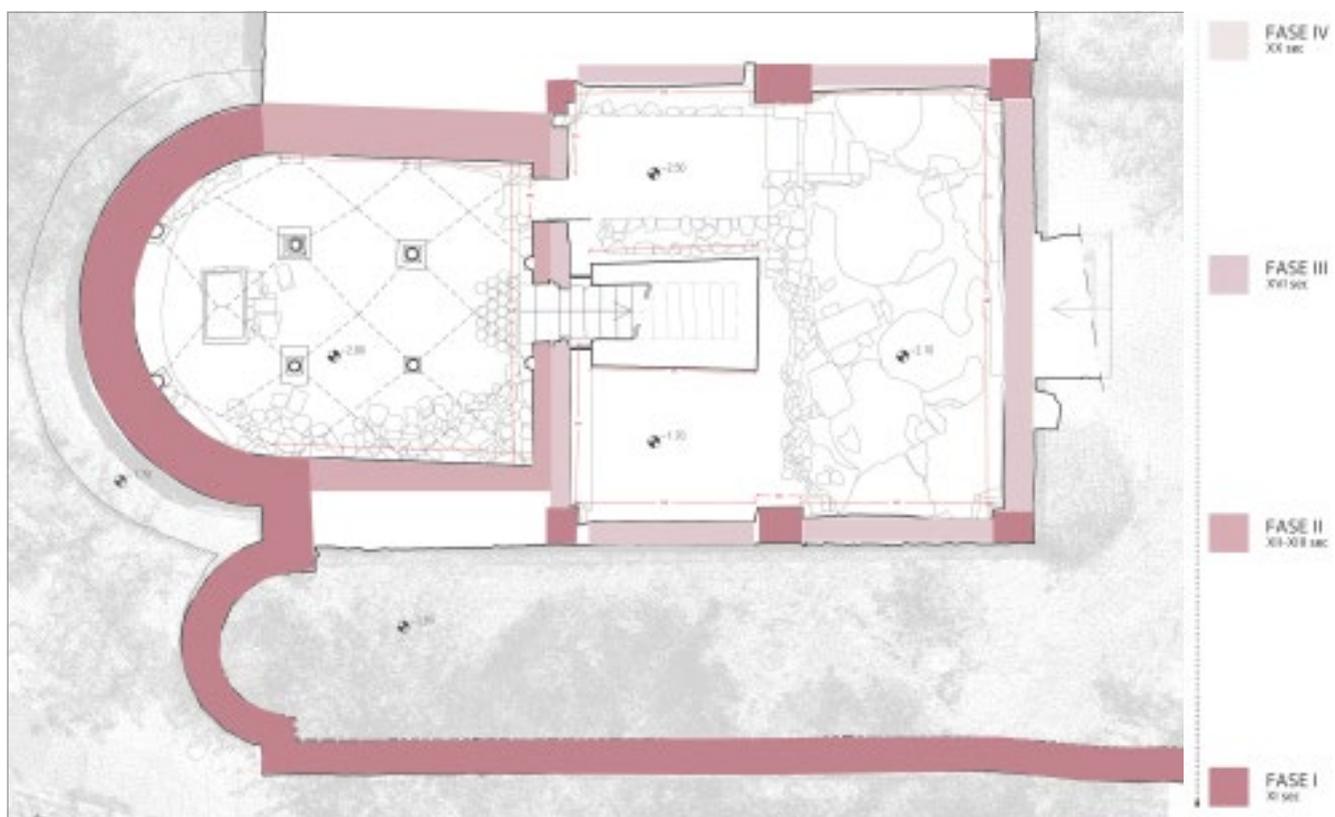


fig. 22 – Pianta periodizzata in fasi costruttive del piano interrato della chiesa.

e di Sant'Antonino a Socana (ARRIGHETTI *et al.* 2013; ARRIGHETTI 2018), ipotizzando per alcune di queste una cronologia di riferimento.

4.3 Risultati della lettura archeologica delle murature

L'integrazione fra la documentazione storica e la lettura archeologica dei paramenti a vista della chiesa, correlata alla comparazione fra le tecniche costruttive di Buiano e quelle di altri siti, ha fornito una buona base di dati per ipotizzare la presenza di quattro periodi costruttivi che hanno caratterizzato la vita dell'edificio.

PERIODO I (ant. XI sec.)

Nella prima fase la pieve probabilmente presentava un impianto basilicale a tre navate, divise da arcate a tutto sesto poggianti su pilastri quadrangolari, terminanti con tre absidi semicircolari di cui uno, quello centrale, di dimensioni maggiori rispetto agli altri. L'edificio si sviluppava per una lunghezza di 40 m e una larghezza di circa 18 m e si basava su un livello di pavimentazione inferiore a quello attuale, arrivando a un'altezza totale di 10 m, testimoniato dai basamenti dei pilastri poggianti sulla risega di fondazione e dai resti del piano di calpestio originario,

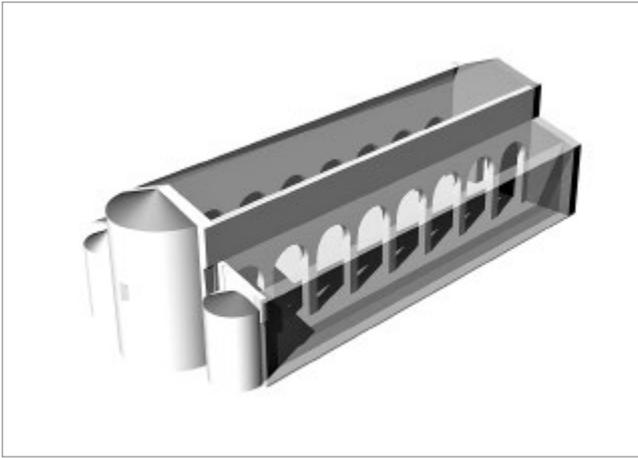


fig. 23 – Ipotesi di ricostruzione tridimensionale dell'edificio religioso basata sull'interpretazione delle evidenze stratigrafiche relative alla primo periodo di costruzione della chiesa. È stato scelto di non inserire il campanile, probabilmente di forma turrita e apianta quadra così come testimoniato dalle altre strutture coeve presenti in Casentino, del quale però non conosciamo ad oggi l'esatta ubicazione.



fig. 24 – Ipotesi di ricostruzione tridimensionale dell'edificio religioso basata sull'interpretazione delle evidenze stratigrafiche relative al secondo periodo di costruzione della chiesa.

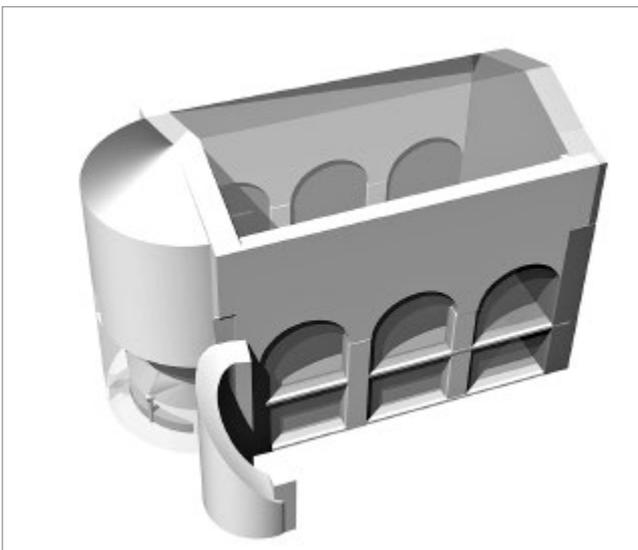


fig. 25 – Ricostruzione tridimensionale dello stato attuale dell'edificio religioso.

emerso durante gli scavi archeologici del 1977 e collocato nell'ambiente ad ovest della cripta. L'ambiente interno si sviluppava su un unico livello, non comprendendo ancora la cripta costruita in un periodo successivo, con un'abside caratterizzata da una monofora centrale, costruttivamente in continuità con la muratura circostante. La copertura del primo periodo, benchè molto trasformata nel corso del tempo, sembra rispettare le caratteristiche di quella attuale, ipotizzabile dalle proporzioni fra la grandezza e l'altezza della struttura (le pievi di questa area del Casentino presentano un'altezza di circa 11 m; quella di Buiano si ipotizza possa essere stimata in circa 10 m). L'accesso nella prima fase avveniva attraverso una porta in conci di pietra alberese, attualmente preservata in minima parte all'interno di quello che oggi è un cortile esterno, collocato a 5 m in posizione frontale rispetto all'attuale facciata della chiesa. Il perimetro del cortile esterno in antico rappresentava il perimetro delle murature laterali dell'edificio religioso, queste ultime ad oggi conservate per un'altezza di circa un metro. Viste le dimensioni dell'edificio e le caratteristiche delle altre pievi ad essa circostanti, è ragionevolmente ipotizzabile la presenza di una torre campanaria a pianta quadrata, della quale però attualmente non è individuabile l'esatta collocazione, attualmente sostituita da un piccolo campanile a vela.

Una interessante riflessione può essere infine fatta sui materiali da costruzione utilizzati durante la prima fase costruttiva ed in particolare sulla messa in opera nello stesso momento di conci in pietra arenaria (TCM4) utilizzati per i pilastri e gli archi della parete che suddivideva la navata centrale da quelle laterali, e la pietra alberese (TCM1) impiegata come materiale costruttivo per il resto delle murature dell'edificio.

PERIODO II (prob. XII-XIII sec.)

In questa fase si ipotizza una radicale trasformazione dell'edificio a seguito di crolli di grosse proporzioni. Segni degli interventi che hanno portato ad un'intensa trasformazione della pieve si possono osservare nell'innalzamento del piano di calpestio, nel rifacimento delle pareti divisorie tra le navate e nella ricostruzione di buona parte dell'abside, da circa un metro e venti dal livello della nuova pavimentazione, quest'ultima realizzata con una tecnica costruttiva (TCM2) diversa da quella del primo periodo. In questa fase la basilica sembra conservare ancora la suddivisione in tre navate, ipotizzabile dalla bi-partizione della muratura in due differenti tecniche presente nell'abside laterale nord. A questa fase appartiene anche l'inserimento della cripta, causa del rialzamento del piano di calpestio di cui si è fatta menzione precedentemente, ipotizzabile dal taglio di innesto delle volte di copertura sulla muratura interna dell'abside di prima fase. In questo periodo probabilmente si attesta inoltre la costruzione o il rifacimento della monofora superiore in asse con quella presente nella cripta. Le caratteristiche dei sistemi costruttivi impiegati e l'introduzione dello scalpello fra gli strumenti utilizzati per la lavorazione e la finitura degli elementi costruttivi, in accordo con quanto ipotizzato per le altre pievi della zona, permettono di ipotizzare per questa fase costruttiva una datazione al XII-XIII secolo.

PERIODO III (prob. XVI sec.)

La chiesa in questo periodo cambia il suo assetto. Le navate laterali scompaiono e vengono tamponate da una muratura mista in pietra e laterizio (TCM3) dove si nota un'estesa presenza di materiale di re-impiego. Questo esteso tamponamento risulta ben visibile nel prospetto nord dell'attuale impianto, sia nella parte sopra terra che nella parete ovest della cripta, dove va a chiudere la luce presente tra i pilastri di fondazione. A questa fase appartiene anche la realizzazione del campanile a vela, più consona alle ridotte dimensioni dell'edificio e di tecnica costruttiva simile ai tamponamenti sipracitati, che probabilmente va a sostituire un campanile di dimensioni maggiori presente nelle fasi precedenti. Oltre alla larghezza, anche la lunghezza dell'edificio subisce un grande cambiamento. La pieve viene infatti diminuita di circa un terzo e viene dotata di una nuova facciata, coincidente con l'attuale ingresso, realizzata con una muratura mista del tutto uguale a quelle citate in precedenza per le pareti laterali e per il campanile a vela.

PERIODO IV (XVIII-XX sec.)

L'ultimo periodo raccoglie gli interventi più recenti operati sull'edificio, ad esempio le realizzazioni della nuova copertura e del nuovo pavimento e la progettazione di un'area ad ovest della cripta, quest'ultima costruita per permettere la visita ai resti di un impianto termale romano presente al di sotto della chiesa.

A.A.

5. Sperimentazioni BIM sull'abside della Pieve di Buiano

5.1 Il problema BIM

La disciplina legata alla rappresentazione dell'architettura, negli ultimi anni, ha sostanzialmente cambiato i propri connotati in maniera sostanziale. Già l'introduzione dei sistemi CAD aveva provocato un notevole mutamento nelle tecniche del disegno di architettura, ma la rivoluzione introdotta dall'avvento dei programmi parametrici per la rappresentazione e la gestione dei progetti di architettura rappresenta una vera e propria "rivoluzione copernicana". Questa nuova era vede concentrati gli sforzi della ricerca scientifica, nella sperimentazione e nella messa a punto di procedure in grado di concentrare in un unico sistema di gestione i processi di progetto e di produzione del manufatto edilizio che si può sintetizzare con l'acronimo *Building Information Modeling (BIM)*. Come tuttavia risulta facile dedurre, la rilevanza dell'argomento è tale che nei consessi scientifici è prassi comune dedicarvi specifici topic, in cui confrontare e condividere pensieri ed esperienze per incentivare lo sviluppo di questa modalità di rappresentazione e di gestione del progetto. La centralità del dibattito è segnata dall'utilizzo del modello informativo come elemento centrale del sistema interoperabile per la gestione della fase di progettazione del manufatto, che però allo stato dell'arte odierno, è stato in gran parte risolto grazie alla grande disponibilità di librerie, di materiali e tecniche, messe a disposizione dall'industria dei prodotti per l'edilizia. Tuttavia, se si prende in considerazione la peculiarità del territorio e del patrimonio italiano,



fig. 26 – La nuvola di punti nel rilievo laser scanner della Pieve di Buiano.

riguardo alle possibilità di applicazione dei sistemi di disegno parametrici sull'architettura storica, quando questi siano finalizzati alla documentazione ed alla gestione del progetto di restauro, vanno analizzate alcune criticità che impongono un'approfondita rivisitazione dell'argomento.

La complessità della trattazione della materia, rispetto all'architettura storica, è dovuta principalmente alla difficoltà di adattare software progettati per gestire la rappresentazione del progetto edilizio di nuove costruzioni. Tali programmi risultano essere decisamente rigidi, in cui la costruzione e la parametrizzazione di forme articolate, presenta numerose difficoltà dovute soprattutto alla complessità morfologica, la varietà tipologica e costruttiva che sono proprie dell'edilizia storica.

Diventa tuttavia interessante comprendere quale sia la strategia più opportuna per far dialogare i modelli parametrici, su cui sono realizzati i sistemi informativi BIM, con le grandi quantità di dati rappresentati da nuvole di punti, superfici e dai dati sul colore, acquisite con le tecnologie di rilevamento "survey reality based" in grado di raggiungere livelli di definizione dei dettagli molto accurati, senza però abbattere la qualità e della quantità delle informazioni raccolte.

L'esperienza fatta dal laboratorio di rilievo del Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze, raccolta in questo saggio si presenta come una delle prime sperimentazioni sulla parametrizzazione di alcuni elementi architettonici di architettura medievale, che speriamo possa servire da testimonianza di un percorso scientifico intrapreso per contribuire alla comprensione del problema.

5.2 BIM ed H-BIM

Building information modeling (BIM), si tratta di un processo progettuale che mette al centro degli sforzi un sistema di gestione delle informazioni coordinato e aperto a tutti gli attori del progetto, della rappresentazione e della realizzazione del manufatto. I dati sono contenuti in un modello digitale parametrico, dove alle superfici ed ai volumi del manufatto edilizio sono riferiti valori e caratteristiche quantificabili e qualificabili. Si tratta di un elaborato interoperabile, ovvero un modello condi-

viso dove architetti, strutturisti, impiantisti, responsabili della sicurezza riescono a collaborare in tempo reale sul progetto, ognuno per la propria competenza, realizzando un sistema di progettazione integrata gestita secondo un preciso protocollo di interoperabilità. È un sistema di progettazione integrata che va oltre la progettazione ma si potrebbe definire come un sistema di gestione dell'edificio stesso, poiché il BIM sovrintende alla progettazione, alla costruzione, ed anche alla manutenzione dell'edificio, consente infatti di controllare e ridurre gli errori che possono prodursi durante tutte le fasi che vanno dal progetto alla manutenzione di un edificio.

Da queste prime indicazioni risulta evidente che il beneficiario del processo edilizio non sia l'autore della fase progettuale, l'intero processo non è più gestito da un progettista ma da un BIM manager, questi verifica che tutti gli attori si attengano al protocollo di interoperabilità, processo che rimane attivo almeno fino alla conclusione della costruzione dell'opera, pertanto il vero beneficiario di questo processo risulta essere il committente che può controllare l'evolversi dell'intero processo sia dal punto di vista dei risultati attesi che dei costi.

Il rischio risultante da questa concezione del progetto è dato dalla necessità di non avere contezza dell'atto compositivo, l'utilizzazione massiccia di componenti e sistemi industrializzati, facili da ricondurre ad elementi parametrizzati, pone evidenti riflessioni rispetto all'impoverimento formale e progettuale che deriva da un'architettura sempre più tecnica e prefabbricata legata a processi produttivi sempre più standardizzati. Con tutta probabilità la sfida delle discipline della rappresentazione e del disegno deve essere incentrata nell'affermare il controllo delle rappresentazioni tecniche degli elementi, ma soprattutto deve concentrarsi nella gestione di appropriati sistemi di modelli virtuali tridimensionali in grado di dare appropriata rappresentazione del progetto nel rapporto di condivisione ed appropriazione del progetto da parte della committenza, ma anche consentire al progettista di esprimersi con la massima libertà creativa (BIAGINI 2002).

Questo livello di complessità diviene ancora più ampio quando si va ad intervenire su edifici di architettura storica: infatti se per la rappresentazione e la parametrizzazione degli elementi di architettura contemporanea si può contare sulla serialità, la modularità e l'abbondanza di librerie realizzate dai produttori dei componenti per l'edilizia, invece per l'architettura storica, si dovranno mettere a punto sistemi per la parametrizzazione di elementi complessi, sempre diversi fra loro, a cui spesso va aggiunto il degrado, che rende diversi anche elementi nati con caratteristiche morfologiche simili.

Questo sistema di rappresentazione, ha introdotto nel campo della rappresentazione dell'architettura un'ulteriore evoluzione; infatti la costruzione del disegno avviene direttamente in tre dimensioni superando così il processo delle proiezioni e dei ribaltamenti tipici della rappresentazione con le proiezioni ortogonali, gli oggetti acquisiscono la loro forma direttamente in ambiente 3D ed il controllo dell'operatore è basato principalmente sulla conoscenza morfologico-tecnologica di quanto rappresentato.

Questa rivoluzione tecnologica nelle modalità di gestione del progetto rappresentate dal modello parametrico sta assumendo un'importanza sempre più rilevante nel panorama della progettazione internazionale testimoniata anche dai relativi adeguamenti normativi², che da alcuni anni sono promossi dalla legislazione europea sia a livello comunitario sia a livello dei vari stati membri. La normativa giuridica ha imposto il BIM quale strumento progettuale negli appalti pubblici di tutta Europa, in parallelo nei paesi del nostro continente, industrialmente più evoluti, è stato assunto quale riferimento contrattuale anche negli appalti fra privati. A tale scopo sono stati coniati nuovi termini necessari a definire il livello di dettaglio (Level of Detail) e di affidabilità (Level of development) utili a descrivere gli elementi architettonici all'interno del modello, come parallelamente sono stati definiti gli standard minimi (Minimum model requirement) richiesti dal progetto nelle varie fasi del processo edilizio.

Da questa breve descrizione delle caratteristiche dei sistemi di progettazione definiti BIM, si possono evincere quelli che sono i vantaggi procurati alla gestione del progetto ed alla realizzazione dell'opera, laddove l'intero processo sia industrializzato e parametrizzabile. Tuttavia, la sfida lanciata alla ricerca va individuata nel cercare di trasporre la tecnologia BIM per gestire, sia la conoscenza del bene sia il processo per il progetto di restauro del patrimonio storico architettonico. Questa specializzazione del BIM è stata descritta con l'acronimo di Historic Building Information Modelling (HBIM) che in italiano potremmo tradurre in, *Modello d'Informazioni di un Edificio Storico*, che troviamo citato per la prima volta nel 2009 nell'articolo di MURPHY, McGOVERN e PAVIA (MURPHY, McGOVERN, PAVIA 2009). Attualmente l'Historical-BIM costituisce se non il principale, uno dei soggetti più rilevanti della ricerca, sia nel campo della salvaguardia dei monumenti, sia nel campo della riabilitazione dell'edilizia residenziale storica.

Nel progetto di restauro, come è ben noto, le incertezze relative ai dati diagnostici, presentano talvolta eccessivi margini di incertezza, perfino nei casi in cui le indagini ed il livello di conoscenza siano state affrontate con la massima cura e scrupolosità. Pertanto, la completa conoscenza delle qualità dell'edificio si compie proprio durante l'espletamento dei lavori, ovvero quando si eseguono azioni distruttive o sostitutive di numerosi elementi architettonici. Questa condizione risulta essere in aperta contraddizione con la logica della tecnologia BIM; tuttavia di fronte a questa apparente contraddizione, l'HBIM necessita di un'accurata revisione metodologica per superare questo rilevante ostacolo. Vero è che comunque in almeno un momento precedente alla cantierizzazione del progetto, dovrebbe essere possibile conoscere la morfologia e le qualità intrinseche dell'edificio.

Occorre inoltre precisare che oltre alla conoscenza approfondita delle qualità del manufatto, occorre riuscire a mettere a punto sistemi di parametrizzazione e gestione di forme complesse e articolate con livelli di accuratezza descrittiva molto elevati. Questo ulteriore problema, se

² cfr. Direttiva Europea 2014/24/EU. "For public works contracts and design contests, Member States may require the use of specific electronic tools, such as of building information electronic modelling tools or similar."

da un lato non presenta elementi di contraddittorietà con l'impianto BIM, rappresenta comunque un problema relativo alla gestione ed alla rappresentazione delle grandi quantità di dati metrico-morfologici che i sistemi di acquisizione *reality based* (laser scanner e structure from motion) consentono di raggiungere.

I modelli tridimensionali, altamente affidabili sotto il profilo metrico geometrico, non sono al momento suddivisi semanticamente e necessitano di parecchie ore di lavoro per essere realizzati, inoltre la loro parametrizzazione risulta di difficile praticabilità nei software utilizzati nei sistemi BIM.

I dati provenienti dalle nuvole di punti 3D sono in grado di fornirci esclusivamente una descrizione sulle quantità e sulle qualità metrico morfologiche, che seppure possano essere di grande accuratezza, non sono in grado di acquisire dati circa le qualità intrinseche del bene. Ci sono tuttavia di grande aiuto nella modellazione di superfici, ma non possono descriverci le caratteristiche meccanico funzionali di ciò che sta all'interno delle superfici, qualità queste che vanno indagate con altre tipologie strumentali. Tuttavia, è possibile convertire i dati metrico morfologici in modelli descrittivi della forma, a cui si possono attribuire caratteristiche qualitative rapidamente utilizzabili come avviene nei sistemi descrittivi GIS 3D (PARRINELLO, BERCIGLI, DE MARCO 2017).

È apprezzabile quindi una sempre maggiore tendenza delle case di sviluppo dei software a sviluppare applicativi volti alla trasformazione di nuvole di punti in modelli 3D utilizzabili in ambienti BIM. La maggior parte di essi cerca di comunicare con il software *Autodesk Revit*, citandone solo alcuni, oltre che la diretta comunicazione che si può avere con la piattaforma di *Autodesk Recap360 pro*, devono essere menzionati *Scan-to-BIM*, gli applicativi *Cloudworks* di *Leica*, e le estensioni del software di fotogrammetria *3D Zephir*.

L'utilizzazione di questi software risolve solo in parte i problemi legati alla rispondenza geometrica ed alla parametrizzazione dei rilievi, infatti se le architetture moderne (BALZANI, MAIETTI, MEDICI 2016) che necessitano di interventi di restauro, con le loro forme geometriche regolari e ripetitive, risultano abbastanza semplici da modellare; al contrario le architetture storiche presentano aspetti morfologici molto complessi ed articolati che si riflettono sulla loro modellazione.

La complessità di interazione che il tecnico rilevatore è obbligato ad avere con il software di modellazione, per la restituzione e gestione dei sistemi parametrici per il restauro ha indotto a scomporre il problema in due distinti ambiti operativi. In primo luogo, uno studio attento sulle possibilità di ricondurre ad una restituzione metrico morfologica quanto più aderente alla realtà degli edifici rilevati; mentre in secondo luogo, la gestione di sistemi informativi relativi allo sviluppo del progetto, declinata secondo le peculiarità delle figure professionali in essa impegnate.

Tuttavia, questa dicotomia può presentare il rischio di circoscrivere la ricerca alla definizione dell'accuratezza nella restituzione della complessità morfologica, concentrandosi sui parametri di semantizzazione dei caratteri degli edifici,

tralasciando invece il problema della parametrizzazione delle qualità intrinseche del manufatto.

Occorre inoltre sgombrare il campo da eventuali elementi di ambiguità e essere consci che il percorso di avvicinamento all'utilizzazione dei sistemi BIM, nell'ambito dell'architettura storica e del restauro, deve essere affrontato, per quanto riguarda la disciplina della rappresentazione, con la chiara missione di non debordare dal proprio campo di applicazione, ma di cercare le risposte che gli altri attori del processo si attendono dagli specialisti del rilievo e della rappresentazione.

Il modello informativo di In un rilievo architettonico è necessario che risponda ad un fine predeterminato, che sia in grado di soddisfare un preciso quadro delle esigenze del progetto. Appare evidente che perdendo di vista le finalità di un rilievo risulta molto complesso individuare il significato di un elaborato informativo.

5.3 Caso studio: l'abside della Pieve di Santa Maria a Buiano

In seguito al rilievo della Pieve di Buiano, sono state effettuate delle approfondite indagini archeologiche sull'edificio. La raccolta dei dati ha suggerito agli scriventi di organizzare un data base per la gestione e la comparazione delle informazioni di rilievo e delle analisi archeologiche. Questo lavoro è stato prodotto con la finalità di redigere un piano di conoscenza per la manutenzione ed eventuali futuri restauri.

La sperimentazione HBIM trattata in questo caso studio, si è cimentata sulla zona absidale del piccolo manufatto medievale, questo per concentrarsi più sugli aspetti metodologici, che risultano essere tuttora in una fase di evoluzione e sperimentazione, evitando pertanto di disperdersi sull'intero edificio.

Lo scopo della ricerca è stato quello di organizzare i dati relativi ai metodi costruttivi, le fasi storiche ed i restauri a cui è stato sottoposto l'edificio, attraverso la catalogazione di schede digitali per rendere i dati maggiormente accessibili per la manutenzione e per un eventuale ulteriore restauro del piccolo edificio religioso.

Il problema della modellazione 3D dell'edificio è rappresentato dal rappresentare elementi architettonici equiparabili a forme geometriche complesse e non standardizzate. Per aggirare questo problema occorre eseguire delle estrusioni riducibili a matrici geometriche comuni. Si tratta di un passaggio che si può effettuare solo con l'approfondita conoscenza della reale morfologia dell'oggetto da riprodurre. Ciò che differenzia un modello BIM rispetto ai modelli tridimensionali "standard", è la sua possibilità di essere parametrizzato, ovvero di essere relazionato (ed interrogato) rispetto a qualità e caratteristiche peculiari che quello specifico componente possiede. Al riguardo è possibile affermare che i BIM-modelli possiedono attributi tecnologici specifici; ovvero si può definire un modello BIM se possiede alcuni presupposti, quali la tridimensionalità, le informazioni specifiche volte a soddisfare le conoscenze di più discipline, la capacità di creare relazioni e gerarchie fra i vari componenti del modello. Con la rappresentazione tridimensionale BIM dovranno quindi essere soddisfatte alcune caratteristi-

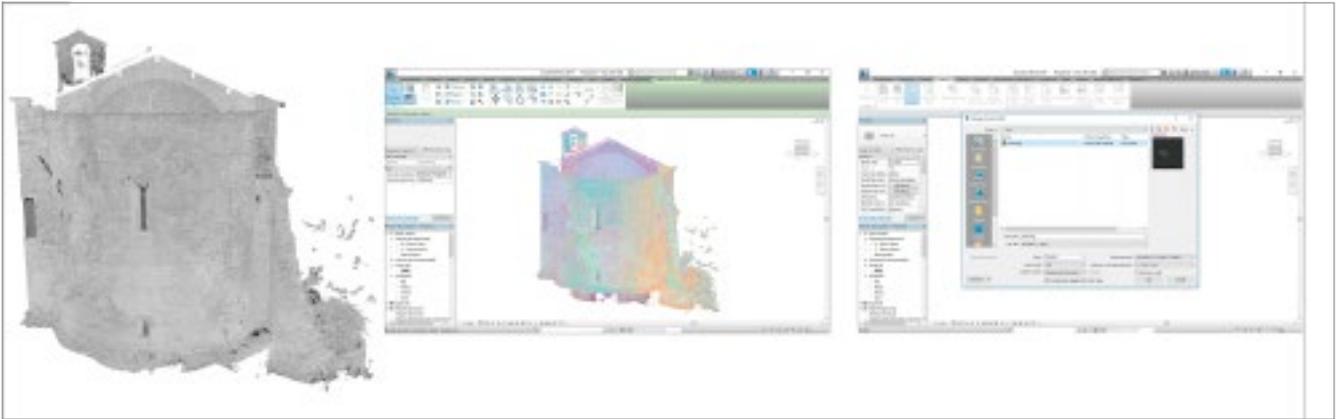


fig. 27 – Le fasi dell’inserimento della nuvola di punti in Revit per la software di modellazione e la parametrizzazione degli elementi architettonici.

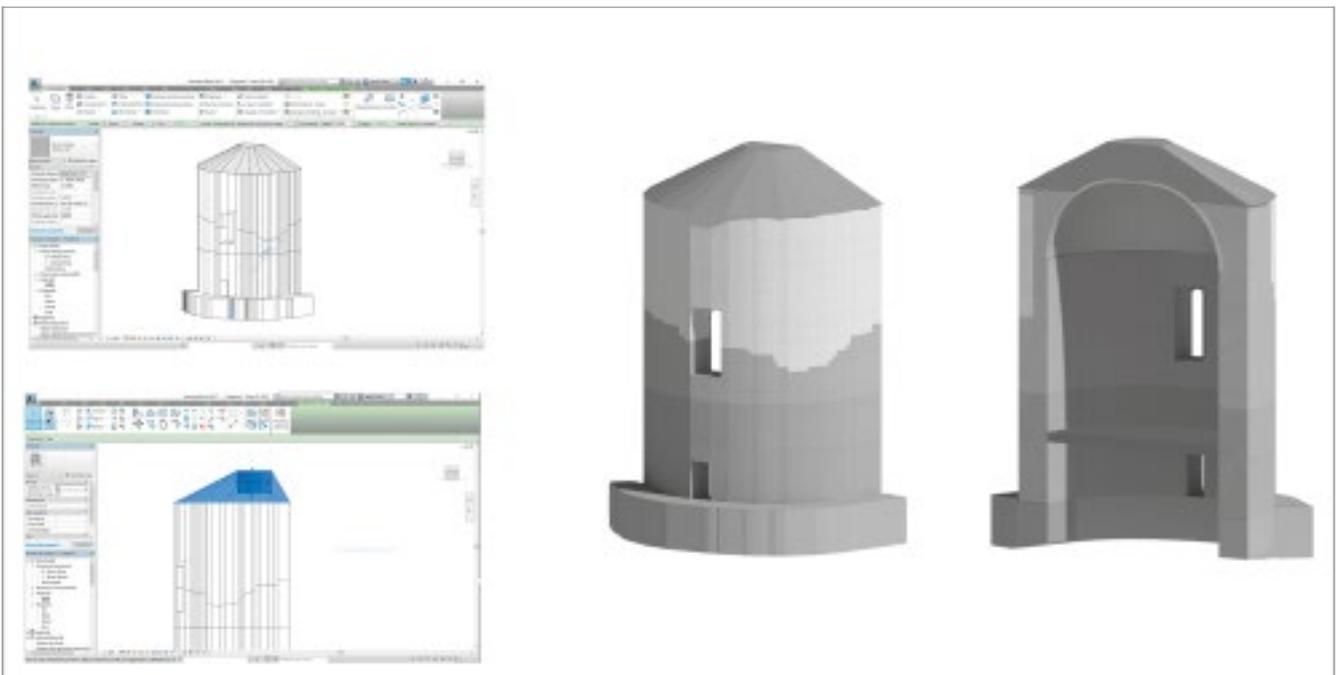


fig. 28 – Le fasi della modellazione dell’abside, è possibile apprezzare la suddivisione dei vari spicchi di semi-cilindro in cui è stata suddivisa l’abside.

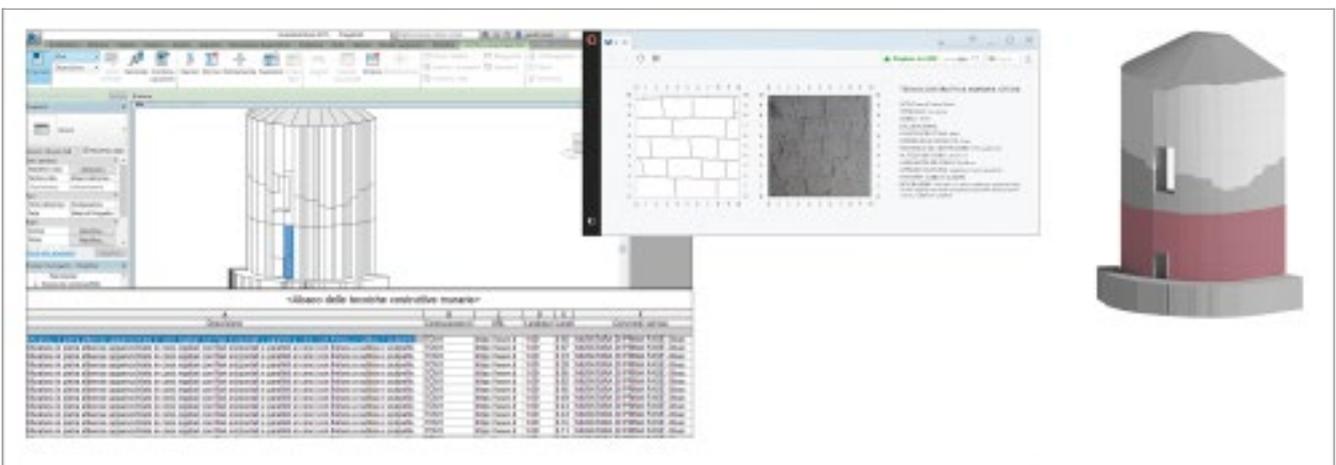


fig. 29 – Procedura di parametrizzazione con l’assegnazione delle qualità relative alla prima fase della stratificazione archeologica.

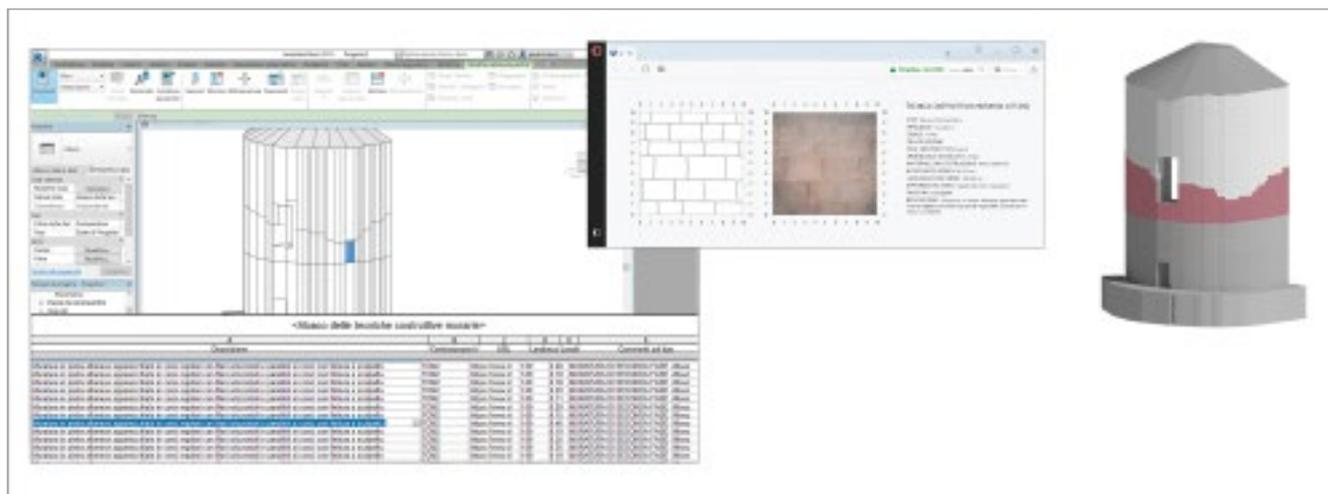


fig. 30 – Procedura di parametrizzazione con l’assegnazione delle qualità relative alla seconda fase della stratificazione archeologica.

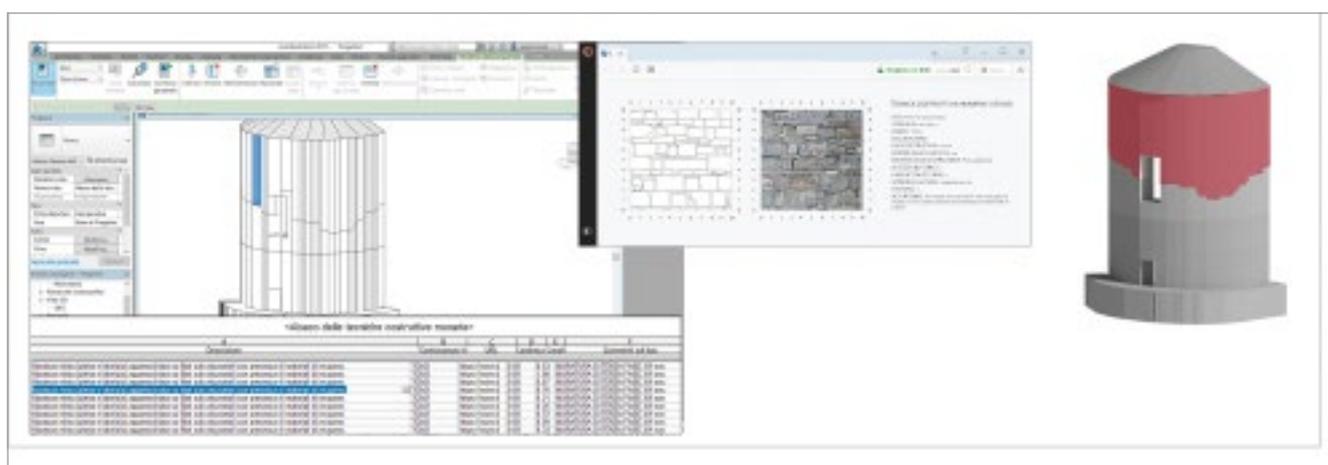


fig. 31 – Procedura di parametrizzazione con l’assegnazione delle qualità relative alla terza fase della stratificazione archeologica.

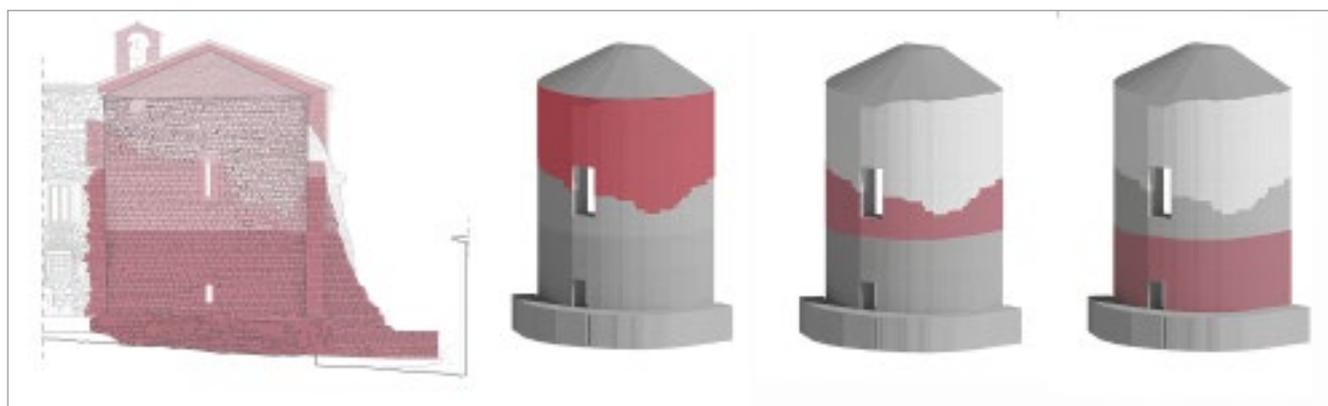


fig. 32 – Il confronto fra la stratigrafia archeologica della zona absidale, nella prima immagine rappresentata nella tavola tematica 2D e nelle altre immagini rappresentate nelle tre fasi di parametrizzazione BIM.

che quali il carattere grafico-informativo e parametrico, poiché si dovrà riprodurre l’identità di ogni singolo elemento architettonico, considerando il materiale di cui è composto, la sua morfologia, la tecnica costruttiva con cui è stato realizzato ed assemblato e rapportarlo al comportamento complessivo dell’edificio; considerazioni esaurientemente espresse da Antonella Di Luggo

e Simona Scandurra, «Il problema centrale è pertanto quello di ricondurre la complessità ad un sistema, non più di segni, ma di elementi ontologicamente conclusi, la cui definizione è funzione degli obiettivi conoscitivi. La modellazione per oggetti si basa infatti su un diverso modo di affrontare il progetto di architettura e lo studio dell’esistente, predisponendo modelli multidimensionali

condivisibili con altre professionalità, anche sulla base dell'interoperabilità tra softwares» (DI LUGGO, SCANDURRA 2016).

La scelta della zona absidale della pieve di Santa Maria di Buiano è stata orientata dalla volontà di svolgere una sperimentazione su un manufatto a pianta curvilinea, quindi dalla necessità di valutare i problemi di modellazione e parametrizzazione di murature morfologicamente complesse.

La successione delle operazioni ha seguito la seguente sequenza: le informazioni metrico-morfologiche sono derivate dalla nuvola di punti del rilievo laser scanner (fig. 26). I dati sono stati esportati in formato *.ptx e importati nel programma *Autodesk Recap360 Pro*. La nuvola di punti importata in *Recap* è stata salvata nel formato *.rcp, per essere successivamente importata in *Revit* (fig. 27), ovvero il programma in cui è stata eseguita la modellazione e la parametrizzazione del rilievo. *Revit* non consente la trasformazione immediata della nuvola di punti in mesh, quindi in un modello di superfici. Inoltre, non è conveniente creare mesh in un software diverso da *Revit*, poiché questo riesce a parametrizzare esclusivamente modelli solidi creati al suo interno, pertanto la nuvola di punti è utilizzata esclusivamente come ausilio per la costruzione della geometria. La tecnica del "ricalco" sulla nuvola di punti, utilizzata per la costruzione dei modelli solidi, non risulta, pertanto, concettualmente non molto distante dalla lucidatura con polilinea, che viene tuttora utilizzata per la restituzione 2D al filo di ferro.

La realizzazione del modello (fig. 28) è stata eseguita utilizzando due metodologie differenti: la prima lavorando per componenti singoli, mentre nella seconda opzione, la muratura, è stata suddivisa in piccole porzioni sufficientemente omogenee. Nel primo caso è stato ottenuto un modello suddiviso con componenti che presentavano un solo fattore di omogeneità, ovvero un componente costituito da un blocco di muratura in cui è stato possibile descrivere un unico livello di parametrizzazione mentre le altre qualità presentavano specificità differenti. Nel secondo caso invece, sono state realizzate singole unità di muratura di grandezza variabile ma decisamente simili sui vari livelli di parametrizzazione tali da farle riconoscere in un unico elemento omogeneo. Una particolare difficoltà nella modellazione è stata riscontrata proprio per la forma semicilindrica dell'abside laddove la ricomposizione delle singole unità ha dovuto tenere conto dell'angolo di accoppiamento dei conci che era sempre diverso da un angolo retto (figg. 29, 30, 31).

Realizzati i modelli solidi in cui è stata scomposta l'abside, è stato necessario procedere alla parametrizzazione dei contenuti BIM. La classificazione dei contenuti è stata attuata secondo le molteplici qualità analizzate nel rilievo e nella caratterizzazione della stratigrafia archeologica (fig. 32). Infatti, sono stati presi in considerazione contenuti riguardanti le informazioni storico archeologico, come specifici fattori per la gestione del progetto architettonico come altro ancora. Le informazioni dei contenuti sono state elaborate con l'utilizzazione di applicazioni esterne e plug-in e visualizzate in apposite schede con grafici ed abachi tematici.

5.4 Considerazioni finali

Con questa sperimentazione si sono evidenziati alcuni dei maggiori problemi che nell'ambito dello sviluppo dei software BIM non hanno consentito di produrre dati completi ed esaustivi, nonostante si fosse scelto di operare con architetture morfologicamente piuttosto semplici.

In primo luogo, durante la realizzazione dei modelli con il software *Revit*, sono stati riscontrati notevoli problemi nella modellazione di elementi morfologicamente articolati e spesso si sono dovuti semplificare anche elementi non particolarmente complessi. D'altronde se in un futuro, anche auspicatamente vicino, vi fosse la possibilità di realizzare i modelli degli elementi architettonici con software per la modellazione 3D e importarli successivamente in programmi BIM, con le qualità che il software richiede per poterli parametrizzare, faciliterebbe non poco il lavoro di realizzazione di un sistema H-BIM dal rilievo di edifici storici.

G.P.

6. Conclusioni

Per lo studio di una qualsiasi entità occorre in primo luogo raccogliere e organizzare il maggior numero di informazioni possibili. A maggior ragione, quando si parla di un organismo complesso come un manufatto architettonico, occorre eseguire approfondite indagini sia di carattere storico-archeologico, sia sulle qualità e quantità metrico-morfologiche (rilievo), sia sulle condizioni di conservazione dell'edificio. I risultati di queste analisi costituiscono la base conoscitiva essenziale sulla quale eseguire successivamente gli approfondimenti necessari alla manutenzione e conservazione del complesso.

Lo studio sulla Pieve di Buiano è stato affrontato secondo questo principio, partendo da un accurato rilievo dell'esistente e da un'indagine storica sull'edito, ai quali sono seguite un'analisi archeologica delle architetture e una sperimentazione di H-BIM su una porzione limitata dell'edificio, ovvero l'abside della chiesa. Mediante quest'ultima analisi, in particolare, sono stati parametrizzati le qualità legate alle caratteristiche murarie individuate grazie alla lettura stratigrafica e alla caratterizzazione delle tecniche costruttive. Il risultato dell'indagine è stato quello di produrre un documento unico di carattere interdisciplinare in cui sono confluite tutte le indagini conoscitive eseguite sull'edificio. La produzione di modelli operativi che collezionino indagini multidisciplinari, mediante l'impiego di piattaforme sinergiche interrogabili a diversi livelli di approfondimento rappresenta, a nostro avviso, un tassello importante su cui puntare nel prossimo futuro, nella direzione di costruire documenti interoperabili e interconsultabili utili sia per la ricerca che per le indagini tese alla conservazione del bene.

Bibliografia

- ARMANDI M., 1995, *Architettura e scultura romanica*, in *Il Casentino*, Octavo, Firenze.
- ARRIGHETTI A., 2018, *L'archeosismologia come fonte storica. Riflessioni a margine di alcune esperienze in Toscana*, in A. CALZONA, G.M. CANTARELLA, G. MILANESI (a cura di), *Terremoto in Val Padana: 1117. La terra sconquassa e sprofonda*, Verona, pp. 327-340.

- ARRIGHETTI A., CASTELLI V., SESSA M., 2013, *Sismicità e cinetiche di degrado strutturali. Il contributo dell'Archeologia dell'Architettura*, Atti del Convegno Internazionale di Studi "Conservazione e Valorizzazione dei siti archeologici" (9-12 luglio 2013), Bressanone, pp. 551-560.
- BALZANI M., MAIETTI F., MEDICI M., 2016, *La rappresentazione BIM per la documentazione e l'analisi storico-critica del patrimonio modernista*, «Disegnarecon», v. 9 n. 16.
- BARGIACCHI R., 2007, *Il Lago degli Idoli e la viabilità etrusca del Casentino*, in S. BORCHI (a cura di), *Gli scavi e le indagini ambientali nel sito archeologico del Lago degli Idoli*, Atti sulla giornata di studio, Stia, pp. 159-174.
- BENI C., 1983, *Guida del Casentino*, Firenze.
- BERTOCCHI S., MINUTOLI G., PANCANI G., 2015, *Rilievo tridimensionale e analisi dei disegni della Pieve di Romena*, «Disegnarecon», 8/14, pp. 1-20.
- BIAGINI C., 2002, *Information technology ed automazione del progetto*, Firenze.
- BOCCI PACINI P., 1973, *Ager Arretinus: Pieve a Socana*, «Studi Etruschi», vol. XLI (serie II), Firenze.
- BRACCO M., 1971, *Architettura e scultura romanica nel Casentino*, Firenze.
- BROGIOLO G.P., CAGNANA A., 2012, *Archeologia dell'architettura. Metodi e interpretazioni*, Firenze.
- BULLETTI R.P., 1931, *Avanzi romanici e di romanità classica in Casentino. Pievi di Buiano (Poppi) e S.Ippolito (Bibbiena)*, «AMAP», XI, Arezzo, pp. 15-22.
- DI LUGGO A., SCANDURRA S., 2016, *La traduzione dal modello discreto al modello parametrico per la conoscenza del patrimonio architettonico nei sistemi HBIM*, «Disegnarecon», 11.1-11.8.
- DIRINGER D., 1933, *Per la storia del Casentino*, «Studi Etruschi», vol. VII, pp. 210-215.
- FATUCCHI A., 1974, *Le strade romane del Casentino*, «Atti e memorie dell'Accademia Petrarca», Nuova serie, Vol. XL, Anni 1970-72, Arezzo.
- FEDELI L., VANNINI G., MOLDUCCI C., 2007, *Casentino Medievale: letture archeologiche*, «Notiziario della Soprintendenza per i Beni archeologici della Toscana», 3/2007, pp. 297-299.
- GABBRIELLI F., 1990, *Romanico aretino. L'architettura protoromanica e romanica religiosa nella diocesi medievale di Arezzo*, Firenze.
- G.A.C. Gruppo Archeologico Casentino, 1989, *Nuovi contributi per una carta archeologica del Casentino*, Provincia di Arezzo, Arezzo.
- G.A.C. Gruppo Archeologico Casentino, 1999, *Profilo di una valle attraverso l'archeologia. il Casentino dalla Preistoria al Medioevo*, Stia.
- MASSAINI M., 2015, *Alto Casentino Papiano e Urbech. La storia, i fatti, la gente*, Stia.
- MURPHY M., MCGOVERN E., PAVIA S., 2009, *Historic building information modelling (HBIM)*, «Structural Survey», 2009 27/4, pp. 311-327.
- PARRINELLO S., BERCIGLI M., DE MARCO R., 2017, *Gerusalemme est: sistemi cartografici 3d per il censimento urbano e di siti monumentali islamici*, in P. CRESPO, M. GUTIÉRREZ CARRILLO, M^aL. GARCÍA QUESADA (coord.), *Sobre una arquitectura hecha de tiempo*, Abstracts de las Contribuciones del V Congreso Internacional sobre la documentación, conservación y reutilización del patrimonio arquitectónico y paisajístico, Granada, Vol. I, pp. 235-241.
- PASETTO E., 2013, *Itinerari casentinesi alle quote collinarie in bassa montagna. Guida escursionistica e storica con note di botanica. Con carta escursionistica*, Stia.
- REPETTI E., 1833, *Pieve di Bujano*, in *Dizionario geografico fisico storico della Toscana*, Vol. 1, Firenze, p. 371.
- SCARINI A., 1996, *Pieve a Socana: arte storia sacralità*, Calosci, Cortona.
- SALMI M., 1926, *Architettura romanica in Toscana*, Milano.
- SALMI M., 1958, *Chiese romaniche della campagna toscana*, Federazione delle Casse di Risparmio della Toscana, Milano.
- VERIANI G., 1934, *Pieve di S. Antonino a Socana*, in F. BIGI (a cura di), «Arte sacra nella diocesi aretina (1920-1934)», Regia Accademia, Arezzo.

Summary

The church of Santa Maria A Buiano in Casentino. Survey, Archaeology and H-BIM analysis of the building

The paper presents the results of the archaeological and H-BIM analysis conducted on the Pieve di Santa Maria a Buiano, near Poppi (Arezzo). The site is part of an academic project focused on the Casentino area, a territory rich in medieval buildings. The research, carried out in collaboration between the University of Siena and the University of Florence, aims to characterize the medieval construction techniques used within this area, and the documentation of the main related transformation phenomena due to anthropic and natural factors that have affected historical religious buildings from the Middle Ages to the present day.

Keywords: archaeology, architecture, survey, Casentino, Arezzo.

Riassunto

Il contributo presenta i risultati dell'analisi archeologica condotta sulla Pieve di Santa Maria a Buiano, presso Poppi (AR). Il sito si inserisce all'interno di un filone di indagine sul Casentino, territorio ricco di testimonianze medievali ancora oggi sopravvissute e in buono stato di conservazione. La ricerca, svolta in collaborazione tra l'Università degli Studi di Siena e l'Università degli Studi di Firenze, si pone come obiettivi la caratterizzazione delle tecniche costruttive medievali utilizzate all'interno di quest'area e la documentazione dei principali fenomeni di trasformazione correlati a fattori antropici e naturali che hanno interessato l'edilizia storica religiosa dal Medioevo ai giorni nostri.

Parole chiave: archeologia, architettura, rilievo, Casentino, Arezzo.



€ 44,00

ISSN 1126-6236

e- ISSN 2038-6567

ISBN 978-88-7814-923-6

e-ISBN 978-88-7814-924-3



AA-24

Il volume contiene una sezione monografica dedicata a “La datazione delle malte in architettura” che raccoglie dieci contributi di singoli studiosi o gruppi, italiani e stranieri, che da tempo si occupano del tema. Senza pretendere di fornire un panorama esaustivo delle ricerche a livello internazionale, la curatrice della sezione ha invitato alcuni studiosi a scrivere saggi di tipo metodologico sui metodi di datazione archeologica e archeometrica delle malte che, al momento, sembrano fornire i migliori esiti sul campo. La richiesta per tutti è stata quella di fornire i principi di base del metodo, di mettere in luce i limiti di applicazione, le problematiche e i margini di miglioramento e studio ma soprattutto di evidenziare il rapporto con il contesto archeologico. La sfida è senza dubbio stata quella di avvicinare fisici, chimici, architetti, ingegneri e archeologi in un confronto aperto sui rispettivi modi di fare ricerca e di divulgarne gli esiti. A sette saggi di contenuto metodologico si affiancano tre contributi di tipo applicativo in grado di esemplificare alcuni dei metodi di datazione descritti. Nella sezione “Casi di studio” trovano poi spazio contributi sull’archeologia del cantiere della c.d. stoà-basilica di Hierapolis, sulle chiese di San Vittore di Brembate Sotto e di Santa Maria a Buiano in Casentino, sulle fortificazioni del Titano (San Marino) e sulla stratigrafia ancora osservabile, dopo i restauri di fine ’800, nel Castello di Milano. Un ultimo intervento mette a confronto, con un taglio che ci auguriamo apra un dibattito, le esperienze di archeologia dell’architettura in Francia, Italia e Svizzera.