

AS ARCHEOLOGIE SPERIMENTALI

TEMI · METODI · RICERCHE

Numero 2 - Anno 2021



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TORINO

Archeologie Sperimentali.
Temi, Metodi, Ricerche.

II

2021

Direttore Scientifico

Vincent Serneels

Direttore Editoriale

Chiara Lebole

Comitato Editoriale

Chiara Lebole, Luca Bartoni, Valeria Cobianchi, Lara Comis, Giorgio Di Gangi, Yuri Godino, Marco Romeo Pitone.

Comitato Scientifico

Silvia Amicone, Lorenzo Appolonia, Andrea Augenti, Federico Barello, Riccardo Belcari, Rosa Boano, Enrico Borgogno Mondino, Mauro Paolo Buonincontri, Aurora Cagnana, Federico Cantini, Claudio Capelli, Maurizio Cattani, Fabio Cavulli, Lara Comis, Mauro Cortelazzo, Adele Coscarella, Annalisa Costa, Paola Croveri, Gianluca Cuniberti, Giorgio Di Gangi, Fulvio Fantino, Alessandro Fichera, Vanessa Forte, Francesca Garanzini, Enrico Giannichedda, Yuri Godino, Silvia Guideri, Chiara Lebole, Cristina Lemorini, Laura Longo, Nicolò Masturzo, Valeria Meirano, Alessandra Pecci, Marco Romeo Pitone, Francesco Rubat Borel, Marco Sannazzaro, Vincent Serneels, Fabrizio Sudano, Florian Téreygeol, Nicoletta Volante.

Archeologie Sperimentali. Temi, Metodi, Ricerche

Dipartimento di Studi Storici

Via S.Ottavio 20 – 10124 Torino

www.archeologiesperimentali.it

www.ojs.unito.it/index.php/archeologiesperimentali

redazione@archeologiesperimentali.it

Volume II, anno 2021

Tutti i contributi sono sottoposti a *peer review*

© Diritti riservati agli Autori e agli Editori (informazioni sul sito)
Torino, dicembre 2021
ISSN 2724-2501

In copertina: preparazione dei blocchi di arenaria impiegati nel cantiere di Guedelon, Francia - © Guédelon.
Elaborazione grafica *Studio Okapi*

Archeologie Sperimentali è una rivista scientifica digitale edita dall'Università di Torino e pubblicata con cadenza annuale. Nasce con l'intento di colmare il vuoto editoriale che caratterizza l'Archeologia Sperimentale italiana che, pur essendo riconosciuta come un valido strumento di conoscenza, non ha un luogo dedicato al dialogo tra l'archeologia, le scienze e la sperimentazione.

La rivista si rivolge alla comunità scientifica internazionale per accogliere contributi innovativi ed originali che approfondiscono la conoscenza delle culture antiche attraverso l'utilizzo dei metodi sperimentali. In particolare, l'attenzione è rivolta alle esperienze che operano nel campo dell'Archeologia Sperimentale, dell'Archeologia della Produzione, della Storia delle Tecnologie, dell'Artigianato Storico e dell'Esperienzialità.

L'obiettivo è quello di diffondere l'adozione di approcci pratici, sperimentali e multidisciplinari allo studio del dato archeologico, promuovendo la ripresa del dibattito sui significati e sui metodi dell'Archeologia Sperimentale e creando un luogo di incontro tra ricercatori che operano all'interno di questo ambito. *Archeologie Sperimentali* aderisce alla "Dichiarazione di Berlino" promuovendo la diffusione *online* gratuita dei dati e favorendo la comunicazione ed il dibattito scientifico; il progetto riconosce al lettore il diritto di accedere liberamente e gratuitamente ai risultati della ricerca scientifica.

È possibile pubblicare sia in inglese sia in italiano con l'obbligo di inserire un riassunto nella lingua non utilizzata nel contributo. La rivista *Archeologie Sperimentali* è connessa ai principali *repository* e *open libraries* internazionali. I contributi inviati al comitato redazionale sono valutati secondo il metodo della doppia *blind peer review*, avvalendosi di una rete internazionale di referenti specializzati.

Il dialogo tra studiosi è garantito, inoltre, dalle possibilità offerte dalla piattaforma informatica, grazie alla quale è possibile inserire *contenuti multimediali* allegati ai contributi; questa opportunità permette di integrare le informazioni con video e fotografie delle ricerche, consentendo, ad esempio, di presentare attività di scavo e di un laboratorio, fasi di protocollo sperimentale ed esperienze di artigianato e di etnoarcheologia.

Nota per gli Autori

Gli Autori possono proporre i loro contributi inviando il materiale a redazione@archeologiesperimentali.it

Indice dei contenuti

Editoriale

- L'Archeologia Sperimentale e il contributo delle Scienze Sociali. Una proposta filosofica per l'integrazione dei metodi e la disseminazione.....1**
L. Comis

Saggi

- Osservazioni preliminari sulla realizzazione sperimentale di un bulino di Ripabianca.....11**
A. Tomaselli, J. Conforti, M. Parisi
- Più di un semplice ciottolo: Un protocollo sperimentale per la comprensione del ruolo di strumenti macrolitici nella trasformazione delle risorse vegetali nel Paleolitico Superiore in Eurasia.....24**
G. Sorrentino, A. Lo Giudice, A. Re, A. Borghi, L. Longo
- Analisi multidisciplinari per la ricostruzione del processo produttivo delle ceramiche del castelliere di Guardamonte: proposte di metodo e risultati preliminari.....41**
G. Baratti, M. Sciortino
- Contributo allo studio dell'antica saldatura a colata di bronzo.....84**
M. Galeotti, A. Pacini
- Archeologia della produzione architettonica. Le regole dell'arte, il sisma e la prova sperimentale del tempo109**
I. Zamboni
- Guédelon: un chantier ouvert à l'archéologie expérimentale.....134**
N. Reveyron

Le regole dell'arte, il sisma e la prova sperimentale del tempo. Archeologia della produzione architettonica a Civita di Bagnoregio (VT)

Autrice: Isabella Zamboni*

* Borsista post-doc, Dipartimento di Culture del Progetto, Università IUAV di Venezia
Docente a contratto, Dipartimento di Architettura, Alma Mater Studiorum di Bologna - Campus di Ravenna
E-mail: izamboni@iuav.it; isabella.zamboni@unibo.it

Abstract

L'archeologia della produzione architettonica, così come definita da Tiziano Mannoni, indaga il ciclo produttivo e le fasi di trasformazione dei materiali, gli attori del cantiere edilizio, le scelte pratiche relative agli scopi e alle funzioni della costruzione. In riferimento a ciò, il presente lavoro discute, dopo una premessa inerente al rapporto tra danno-vulnerabilità-costruito esistente, alcuni aspetti del ciclo produttivo delle architetture di Civita di Bagnoregio (VT) e le regole dell'arte specifiche che sono rintracciabili da una lettura multidisciplinare dei manufatti architettonici evidenziandone criticità e punti di forza nell'ambito di una valutazione di vulnerabilità sismica semplificata.

The archeology of architectural production, as defined by Tiziano Mannoni, investigates the production cycle and the transformation phases of materials, the actors of the building site, the practical choices relating to construction purposes and functions. After a premise concerning the relationship between damage-vulnerability-existing buildings, the paper discusses some production cycle aspects of the architecture of Civita di Bagnoregio (VT) and the specific technical rules of architectural artifacts production that come to light during a multidisciplinary reading, highlighting criticalities and strengths in the context of a simplified seismic vulnerability assessment.

Parole chiave: archeologia della produzione architettonica, regole dell'arte, analisi qualitativa, vulnerabilità sismica, Civita di Bagnoregio

1. Premessa

Tra le potenzialità trasversali dell'archeologia della produzione architettonica¹, vi è quella di concorrere nel percorso della conoscenza alla definizione di un modello interpretativo che sia fondato anche sull'esperienza del costruire e sulle tecniche edilizie locali. La Direttiva P.C.M. 2011², norma vigente in

materia di progetto e intervento sui beni culturali e procedura consigliata nel caso di interventi di miglioramento su manufatti architettonici di interesse culturale³, auspica tra le altre attività, la costituzione di abachi delle murature a livello regionale per poter sfruttare al meglio l'analisi critica per analogia nel processo di comprensione dell'architettura storica riducendo al minimo le prove diagnostiche sulla fabbrica⁴. Ciò rimarca a livello pluridisciplinare, qualora

¹ MANNONI 1987; MANNONI, GIANNICEDDA 1996, capp. IV, VI-VII; MANNONI 2005.

² D.P.C.M. 2011.

³ NTC 2018, cap. 8.4, Circolare 2019, C8.1.

⁴ «L'identificazione delle caratteristiche meccaniche potrà anche essere ottenuta per analogia con murature simili, tenendo conto, per quanto possibile, anche dei fenomeni di degrado. A tale scopo è auspicabile che gli enti territoriali di tutela e controllo istituiscano degli

ce ne fosse ancora bisogno, l'importanza di studi relativi alla classificazione delle murature storiche anche in riferimento alla definizione qualitativa della vulnerabilità sismica e, in secondo luogo, del rischio sismico al quale tutto il territorio italiano, a vario livello, è soggetto⁵. La Prevenzione del rischio sismico nei beni culturali può contare su norme vigenti che sempre di più fanno proprio il principio del "conservare in sicurezza"⁶; inoltre, alcuni protocolli ancora allo stato di bozza⁷ propongono di estendere questi concetti di metodo anche al patrimonio storico diffuso. Nell'ambito delle ricerche su ampia scala, i metodi di primo livello per la valutazione della vulnerabilità sismica⁸ si basano su un numero limitato di parametri geometrico meccanici e indagini qualitative che sottendono, pur ponendosi come obiettivo la spedività di classificazione, una conoscenza della fabbrica che va molto oltre il bagaglio nozionistico e le capacità del singolo tecnico con formazione mono-disciplinare. Come già specificato in altre occasioni (FACCIO, ZAMBONI 2018) le attività di prevenzione restano all'oggi terreno di esercizio di ingegneri e architetti e le classificazioni prodotte, che costituiscono il primo step per l'attribuzione di classi di vulnerabilità, seguite da relativi punteggi e pesi⁹, non sempre corrispondono o inquadrano con sufficiente efficacia la realtà costruita. L'archeologo, se esperto delle tecnologie costruttive storiche, può contribuire in modo fattivo alla lettura di questi elementi inserendosi nel processo di valutazione della vulnerabilità che dà per scontati, però, una preparazione sul comportamento strutturale, un linguaggio condiviso con le altre discipline ed il rispetto delle singole specificità.

2. Le regole dell'arte

I principi del buon costruire, esito di un sapere tecnico tramandato di generazione in generazione, si rintracciano puntualmente nella lettura delle fonti materiali e nella trattatistica storica¹⁰. In quest'ultimo caso, essi sono apprezzabili nella forma di precetti descrittivi, in assenza quindi di una progettualità che preveda il calcolo strutturale almeno sino all'emblematica figura di Jean-Baptiste Rondelet (1742-1829)¹¹. Noto è, infatti, il processo secondo cui a partire dall'Ottocento, nell'ambito della cultura positivista, questi saperi universalmente riconosciuti vennero riassunti nel concetto di "regole dell'arte", la cui conoscenza dovrebbe essere imprescindibile al singolo tecnico che oggi indaga l'architettura storica alla ricerca delle criticità e potenzialità che influiscono sul comportamento del costruito. La sopravvivenza delle strutture più antiche costituisce già di per sé il superamento con esito positivo della prova del tempo di questi precetti, ma durante il secolo scorso molte sperimentazioni quantitative permisero di testarne ulteriormente l'efficacia¹². Le operazioni di rilievo, per questi motivi, non possono essere demandate a tecnici non esperti e lo stesso esperto deve sviluppare una sensibilità ed una capacità acuta di analisi e sintesi multidisciplinare. Parimenti, come già osservava ad esempio Tiziano Mannoni in campo archeologico, disciplina dove più di altre si è assistito alla diffusione di cronotipologie elaborate sulla base di criteri tessiturali bidimensionali: "non si può parlare veramente di tecnica muraria senza conoscere anche la

archivi permanenti contenenti: a) almanacchi delle diverse tipologie murarie presenti, nel corso del tempo, nell'area in esame; b) tabelle con valori di riferimento delle proprietà meccaniche, desunti da sperimentazioni organizzate dagli stessi enti e/o utilizzando campagne eseguite per singoli interventi e studi» (D.P.C.M. 2011, 4.1.7).

⁵ L'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20/3/2003 ha esteso la protezione sismica a tutto il territorio nazionale (O.P.C.M. 2003).

⁶ Binomio che riflette una lunga storia relativa alla genesi di un delicato equilibrio tra le istanze della conservazione e le esigenze di sicurezza strutturale che ha tra i suoi punti nodali: la Circolare del Ministero dei Beni Culturali e Ambientali del 18/7/1986 n. 1032; la Carta del C.N.R. *Conservazione e Restauro degli oggetti d'Arte e di Cultura* del 1987; il D.M. LL.PP. del 16/1/1996 (*Norme tecniche per le costruzioni in zone sismiche*); la Circolare del Ministero LL.PP. 10/4/1997, n. 65/AA.GG.; le *Norme Tecniche delle Costruzioni* del 2008 e la D.P.C.M. 2011. Per una trattazione più esaustiva si veda AVETA 2017.

⁷ DPC, RELUIS 2010.

⁸ D.P.C.M. 2011, 2.1.

⁹ I metodi semiquantitativi di primo livello individuano gli elementi di vulnerabilità a priori, ad essi è attribuito criticamente poi un punteggio in base alla classe di vulnerabilità assegnata dopo l'osservazione dello stato di fatto. Dalla somma dei punteggi si giunge alla definizione di un Indice di vulnerabilità (I_v), che caratterizza la propensione dell'edificio al danneggiamento. Ad ogni valore di I_v è associata una curva di fragilità, che correla il fattore di danno al picco di accelerazione dell'input sismico atteso. Per una definizione e panoramica comunemente accettata dei metodi si veda CALVI *et alii* 2006.

¹⁰ Alcuni riferimenti manualistici per una sintesi: ROCCHI 2003; ZEVI 2008; DONÀ 2011.

¹¹ RONDELET 1831, *Trattato teorico pratico dell'arte dell'edificare di Giovanni Rondelet, prima traduzione italiana sulla sesta edizione originale con note e giunte importantissime per cura di Basilio Soresina*, Mantova.

¹² GIUFFRÈ 1991; GIUFFRÈ, CAROCCI 1999, pp. 51-53; CARBONE *et alii* 2001; HENDRY 1981; FACCIO *et alii* 2001.

terza dimensione di una struttura la cui tessitura bidimensionale è visibile sulla superficie esterna. Il dato più importante dal punto di vista statico è costituito dal sapere se tale tessitura corrisponda ad un paramento costruito in modo diverso dalla parte interna del muro, o faccia parte di una tecnica uguale su tutto lo spessore. In questo secondo caso sarebbe più semplice valutare il comportamento dell'intera struttura anche delle superfici esterne" (MANNONI 2005, p. 19). Le regole della rappresentazione nella trattatistica storica, inoltre, insegnano quale sia la corretta modalità di approccio tridimensionale allo studio del masso murario e quali siano le caratteristiche qualitative cui esso deve tendere per evitare la crisi per resistenza della muratura ed, eventualmente, l'insorgere di ribaltamenti fuori dal piano: regolarità dei corsi orizzontali, squadratura regolare dei conci, verticalità della muratura, non allineamento dei giunti verticali, qualità dei blocchi, qualità della malta, ammorsamento trasversale dei blocchi *etc.*

Oltre a questo, va ulteriormente specificato che l'insuccesso di interventi di adeguamento sismico (molti eseguiti ante introduzione del concetto di "miglioramento" nel 1986¹³) e di alcune tecniche di intervento (soprattutto in calcestruzzo armato) che si sono palesati all'indomani di noti terremoti quali ad esempio quello di Umbria e Marche del 1997, hanno portato negli anni alla rivalutazione delle procedure di analisi qualitative del costruito storico per le valutazioni di sicurezza¹⁴, tanto da sviluppare l'opinione che "la valutazione qualitativa empirica e personale rimane pertanto determinante e la sola analisi numerica del

tutto insufficiente per individuare e descrivere le reali criticità" (BLASI 2017, p. 742). Quest'ultimo approccio è stato confermato dalle recenti normative che impongono per i beni tutelati, e suggeriscono per quelli di interesse culturale, le analisi qualitativo-quantitative strutturate nel "Percorso della conoscenza", opportunamente cadenzate in livelli di approfondimento, la cui affidabilità è resa attraverso i "Fattori di Confidenza"¹⁵.

3. La prova sperimentale del tempo

Il danno, in quanto manifestazione del dissesto di un edificio (MASTRODICASA 1943) differisce dalla vulnerabilità che è invece un esito atteso, potenziale. Nel corso degli studi svolti a partire dall'inizio del XX secolo, e con più frequenza all'indomani dei tristi eventi del 1976 in Friuli-Venezia Giulia, si è constatato che alcuni edifici nel caso di terremoti di una certa intensità manifestano dei danni simili, ricorrenti, in funzione al tipo edilizio. Ciò ha permesso di elaborare degli abachi di meccanismi di danno che si sono verificati particolarmente efficaci soprattutto nei casi di architetture snelle (torri e campanili) e chiese¹⁶. Ciò definisce a livello teorico il rapporto tra vulnerabilità e danno ed è il motivo per il quale il danno costituisce, di fatto, una prova sperimentale. Conseguentemente, la documentazione dei fenomeni di dissesto post sisma si traduce in un costante avanzamento della ricerca nel campo dell'ingegneria sismica ma anche in quello della storia delle tecniche e dell'archeologia della produzione architettonica. La conoscenza, quindi, permette di perfezionare un approccio di valutazione del

¹³ Intervento di miglioramento: «(...) l'esecuzione di una o più opere riguardanti i singoli elementi strutturali dell'edificio con lo scopo di conseguire un maggior grado di sicurezza senza, peraltro, modificarne in maniera sostanziale il comportamento globale (...)» (D.M. 1986). Questo, com'è noto, va ricondotto nell'ambito della Legge 2/2/1974, n. 64, recante *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche*. Il concetto di miglioramento è stato, naturalmente, integrato e aggiornato negli anni sino all'attuale definizione proposta nelle norme vigenti (D.P.C.M. 2011; NTC 2018; Circolare 2019).

¹⁴ «Le strutture storiche in muratura costituiscono un insieme estremamente vario e complesso per tipologie e tecniche costruttive, per cui l'analisi del loro comportamento strutturale e la valutazione della loro sicurezza sono condizionate da notevoli incertezze nella definizione delle proprietà meccaniche dei materiali e delle condizioni di vincolo tra gli elementi. Queste costruzioni non sono state progettate utilizzando i principi della meccanica dei materiali e delle strutture bensì su un approccio basato sull'intuizione e l'osservazione, utilizzando i principi dell'equilibrio dei corpi rigidi e sperimentando il comportamento delle costruzioni già realizzate; tutto ciò ha progressivamente portato ad affinare criteri esecutivi e di proporzionamento geometrico, configurabili come regole dell'arte. Sebbene tale approccio non sia scientificamente rigoroso e risulti affidabile solo se utilizzato all'interno dei limiti di validità della regola (come è dimostrato dai crolli sperimentati nel passato quando si superavano tali limiti), riconoscere in una costruzione la conformità alle regole dell'arte può costituire un primo elemento di valutazione della sicurezza. Regole dell'arte possono essere riconosciute anche nelle tecniche costruttive, che mostrano una specificità locale frutto di un progressivo affinamento nell'uso dei materiali disponibili in zona (la varietà delle tipologie murarie, in relazione alle caratteristiche degli elementi costituenti, è emblematica al riguardo). Oltre alla conformità alle regole dell'arte, un ulteriore elemento di valutazione può essere il "collaudo" della storia, di cui l'esistenza stessa della costruzione ci fornisce testimonianza» (D.P.C.M. 2007).

¹⁵ D.P.C.M. 2011, Tab. 4.1.

¹⁶ D.P.C.M. 2011, Allegato A.

comportamento delle costruzioni in funzione dell'evento sismico atteso.

L'architettura storica, in quanto esito di una stratificazione complessa dovuta in primis alla sua continuità d'uso, presenta una serie numerosissima di materiali (muratura, calcestruzzo, acciaio, legno, *etc.*) e di tecnologie che possono essere anche in dubbio stato di conservazione. Ciò accade sia per i beni monumentali ma soprattutto per le costruzioni ordinarie site nei centri storici pluristratificati che caratterizzano e contraddistinguono la penisola italiana. Come è noto, il materiale muratura, per sua natura non omogeneo e non unitario, in caso di evento tellurico può subire una crisi per resistenza con conseguente disgregazione del masso murario oppure essere soggetto a due tipi di danno ritenuti tipici di I e II modo, che definiscono un comportamento fuori dal piano e nel piano (GIUFFRÈ 1991).

Il sisma è un'energia e quando colpisce un edificio è schematizzabile in una forza statica equivalente che dipende dalla rigidità complessiva e dalla massa dell'edificio. Nel caso in cui la qualità di base di quest'ultimo sia discreta¹⁷, esso non si disgrega ma reagisce deformandosi e può dissipare energia attraverso tali spostamenti. Data la variabilità dei materiali e delle tecnologie, al quale si aggiunge il grado di trasformazione, è possibile approssimare l'architettura in un insieme di parti che reagiscono al sisma in modo autonomo: i macroelementi¹⁸. Questi sono in collegamento vario l'uno con l'altro ed il loro grado di connessione e qualità costruttiva influenzano il comportamento generale della costruzione in caso di terremoto. L'analisi che solitamente si esegue prende in considerazione la catena cinematica che si attiva in questa fase e che è verificata con quella che viene per l'appunto definita "analisi cinematica". Ancora una volta, ciò che scrivono Leon Battista Alberti¹⁹ e altri trattatisti risulta straordinariamente attuale e valido: è necessario valutare le caratteristiche delle parti scisse e come queste siano messe assieme in un organismo che funzioni in modo omogeneo e unitario (gerarchia strutturale dell'organismo resistente). In altre parole, si

devono esaminare la consistenza, le caratteristiche meccaniche, quelle geometriche, il carattere di omogeneità sia come pluralità di tecnologie presenti sia come qualità intrinseca dei vari materiali.

L'analisi stratigrafica contribuisce alla definizione dei macroelementi individuando le aree omogenee con caratteristiche costruttive analoghe e descrive i limiti di discontinuità che potrebbero identificarsi quali differenti macroelementi ed eventuali cerniere di ribaltamento²⁰. Il comportamento dei singoli macroelementi è, infatti, influenzato dalla natura del rapporto costruttivo, o vincolo, che può essere indagato dall'archeologo e che va declinato in tutte le forme necessarie ad un dialogo transdisciplinare (semplice appoggio di parti, inserimento in rottura, costruzioni in aderenza, ammorsamento *etc.*). A maggior ragione nelle architetture storiche in muratura (anche se si tratta in realtà, nella stragrande maggioranza dei casi, di strutture miste e trasformate), l'approccio dell'analisi cinematica, quindi, non può prescindere da una conoscenza approfondita e specializzata dell'architettura.

4. Parametri qualitativi di vulnerabilità sismica e di presidio

Tutto ciò che concorre ad allontanare l'organismo resistente analizzato rispetto ad un esempio unitario conferisce vulnerabilità. Un edificio in muratura e legno in zona sismica dovrebbe essere simmetrico e regolare dal punto di vista planimetrico, non dovrebbe presentare differenze di elevazione rilevanti, dovrebbe essere costruito con tecniche e materiali di buona qualità ed essere caratterizzato da parti connesse adeguatamente tra loro in modo da favorirne un comportamento di tipo scatolare. Questi parametri costruttivi sono ben noti da letteratura e via via implementati e/o verificati dagli specialisti nel corso di rilievi del danno all'indomani di eventi calamitosi. Lo studio di questi fattori consente una stima del dissesto preventivo e, conseguentemente, permette di ideare, nell'ambito di un progetto di consolidamento, dei

¹⁷ Il presupposto fondamentale è che il masso murario e le parti che lo costituiscono abbiano un comportamento di tipo rigido, ciò è possibile solo quando si è in presenza di murature omogenee dal punto di vista costruttivo e materico.

¹⁸ Si intende per macroelemento un elemento o una parte architettonica che è caratterizzata da una risposta sismica autonoma dal resto della fabbrica. L'attivazione di questi al momento del sisma genera dei moti che provocano fenomeni di danno (D.P.C.M. 2011).

¹⁹ ALBERTI 1546, *I dieci libri de l'Architettura. Da la latina ne la volgar lingua con molta diligenza tradotti (da Pietro Lauro)*, Editore: Vinegia, appresso Vincenzo Vaugris MDXLVI (Venezia, V. Valgrisi, 1546).

²⁰ BOATO, LAGOMARSINO 2011; BROGIOLO, FACCIO 2011; DOGLIONI 2018.

provvedimenti che limitano la propensione al danneggiamento²¹. Tra gli strumenti di conoscenza e parametri noti, un ruolo aggiunto può svolgere l'analisi archeologica stratigrafica, la quale può contribuire all'elaborazione di modelli interpretativi maggiormente vicini alla realtà. Qualora tali modelli superino positivamente la procedura di validazione, possono costituirsi quali strumenti predittivi della capacità residua e del comportamento della costruzione²². Accanto all'archeologia, se opportunamente organizzati e indirizzati in obiettivi definiti e condivisi, anche l'indagine storico critica (FACCIO, ZAMBONI 2020) e delle tecniche di produzione si rivelano essenziali.

Richiamando quanto brevemente detto sul possibile comportamento delle costruzioni in muratura e sui requisiti minimi che determinano l'eventuale formazione di un macroelemento, si pone l'accento sul concetto di qualità muraria che deve essere compreso anche dall'archeologo e che deve indirizzare l'elaborazione di strumenti schedografici che possano essere condivisi anche con le altre discipline che concorrono alla conoscenza e conservazione dell'architettura. Sulla qualità muraria si è scritto molto in altri contesti disciplinari e a quelli è necessario guardare per una formazione specifica se si intende contribuire alle valutazioni di vulnerabilità sismica. La classificazione del tipo e organizzazione del sistema resistente è da sempre presente negli strumenti schedografici relativi ad una valutazione semplificata del costruito storico in muratura e cemento armato. Con particolare riferimento alla muratura, le caratteristiche da osservare in un masso murario sono state schematizzate in più occasioni e ordinate attribuendo dei pesi specifici in funzione del ruolo che esse hanno nel comportamento strutturale²³. I parametri di vulnerabilità della muratura costituiscono poi la base

per la definizione delle caratteristiche meccaniche nelle norme vigenti²⁴.

Tra le più note sperimentazioni di tipo qualitativo-quantitativo vi è il metodo dell'IQM (Indice di Qualità Muraria), volto a definire un valore quantitativo alla tecnica costruttiva e ai materiali impiegati²⁵. Ciò che è essenziale ricordare in questa sede è: la diretta discendenza di questi metodi di classificazione dai precetti delle regole dell'arte e l'analisi della tecnica muraria nelle sue tre dimensioni²⁶, con uno sforzo intellettuale maggiore che diviene necessario qualora la sezione costruttiva non sia sondabile. Compatibilmente con lo stato di conservazione dell'edificio, l'impossibilità di visionare la sezione trasversale del masso murario resta uno degli ostacoli maggiori per un rilevatore e, allo stesso tempo, l'ingranamento trasversale rappresenta però uno dei requisiti minimi per determinare la qualità del comportamento. La D.P.C.M. 2011 descrive differenti tipi di prove diagnostiche che sono esplicitate in livelli di conoscenza e che tengono conto anche delle esigenze di conservazione del manufatto architettonico²⁷ ma è bene far presente che l'esperienza del tecnico nello svolgimento di uno studio comparato di murature simili, un esame della trattatistica storica pertinente il caso studio e un ragionamento che tenga assieme le informazioni tessiturali del paramento e lo spessore dell'opera consentono di raggiungere un'approssimazione dell'organizzazione interna del sistema resistente nella maggior parte dei casi soddisfacente, permettendo così di superare l'impasse iniziale.

Gli elementi di presidio volti ad impedire meccanismi fuori dal piano che si riscontrano con più frequenza sia nelle fonti che in fase di sopralluogo e rilievo sono notoriamente: le catene (in pietra, lignee, metalliche); i sistemi di cerchiatura (in pietra, lignei, metallici); le

²¹ La massima resistenza al sisma di un'architettura può essere sviluppata mediante una risposta globale che si può verificare se, e solo se, sono impediti i meccanismi di collasso locali. Questo rende necessari la messa a punto di opportuni accorgimenti costruttivi, collegamenti, incatenamenti *etc.*. Alcuni riferimenti sono reperibili in: GIOVANNETTI 1992; GIUFFRÈ 1993; GIUFFRÈ, CAROCCI 1999; GURRIERI 1999; DOGLIONI, MAZZOTTI 2007; CANGI 2012.

²² D.P.C.M. 2011.

²³ Tra i più noti metodi di I livello vi sono le Schede GNDT di II livello, strumento basilare per lo sviluppo di altre procedure che si discostano nel calcolo di alcuni parametri quali la resistenza convenzionale ma che condividono la scelta dei fattori di vulnerabilità da ricercare nell'edificio (GNDT II livello 1999). Rare sono le sperimentazioni sugli aggregati in muratura, fra cui FORMISANO *et. alii* 2010, che affiancano ai parametri noti alcune osservazioni sulle vulnerabilità dovute all'interazione tra edifici adiacenti.

²⁴ Circolare 2019.

²⁵ BORRI, DE MARIA 2009, IDEM 2015.

²⁶ Aspetti noti sin dagli albori dell'Archeologia dell'Architettura (MANNONI 1984; PARENTI 1985; MANNONI 1987; BROGIOLO 1988a; IDEM 1988b; PARENTI 1988; IDEM 1992) ma divenuti poi sempre più rari in studi più recenti. Si citano anche le esperienze relative ad alcuni Codici di pratica di poco successivi divenuti punti fermi nella storiografia sul tema: GIUFFRÈ 1993; GIUFFRÈ, CAROCCI 1999.

²⁷ D.P.C.M. 2011, 4.1.6-4.1.7.

strutture in muratura quali gli archi di sbadacchio o di contrasto, gli archi di scarico, i contrafforti, le murature a scarpa o speroni ma anche le trasformazioni dell'edificato volte ad aumentare la sezione resistente e a migliorare le capacità degli elementi verticali come il tamponamento di vuoti o quelle sopraelevazioni che tendono ad eliminare le differenze di altezza tra edifici contermini (se eseguite con congrue modalità di ammassamento). Il rinvenimento, poi, di giunti a "L" è molto importante in quanto non solo denotano l'elevato grado di capacità tecnica degli scalpellini locali e l'abilità dei muratori in cantiere²⁸ ma anche la consapevolezza dell'impiego di una tecnica estremamente efficace contro le azioni orizzontali. Questo tipo di giunto, infatti, impedisce lo scorrimento dei corsi in opera quadra in caso, ad esempio, di sisma e si trova diffuso in tutto il mondo in particolari aree soggette a rischio.

L'esperienza locale, dunque, aveva già in tempi molto antichi dimostrato la quasi nulla resistenza a trazione della muratura²⁹ e aveva indotto la formulazione di espedienti volti a limitare tale criticità quali l'ingranamento trasversale, la variabilità tessiturale e il non allineamento dei giunti verticali. Per quanto riguarda le sezioni murarie, risulta utile segnalare la messa in opera di elementi di collegamento trasversale quali i diatoni e, con minore efficacia, elementi di punta di sufficiente dimensione, nonché l'eventuale presenza di radiciamenti lignei o specifiche tecniche a graticcio³⁰. Naturalmente questo elenco non esaustivo vuole solo fornire uno spunto di ricerca che dovrebbe affiancarsi alla produzione di classificazioni murarie, in quanto tali accorgimenti costruttivi, al pari dell'evoluzione e della diffusione dei saperi tecnici³¹, si sviluppano nei secoli con declinazioni che possono presentarsi a prima vista anche molto differenti di luogo in luogo, ma che sottendono i principi pratici citati e noti come regole dell'arte. La classificazione delle opere murarie, inoltre, tenendo conto degli obiettivi specifici di conoscenza,

prevenzione e conservazione citati in premessa del presente testo, dovrebbero sempre tenere conto di aspetti tecnologici e tecno antropologici, ovvero del "come si facevano le cose?" (GIANNICCHEDDA 2021, p. 220) ma anche del significato tradizionale dell'azione costruttiva in quanto "ha conseguenze più o meno durature sul contesto sociale e ambientale. Gli stessi al cui interno avverrà la trasmissione del relativo sapere di generazione in generazione (...). Dando così un peculiare valore storico ai singoli gesti in grado di caratterizzare periodi talvolta lunghissimi"³². Un lasso di tempo durante il quale può anche contrariamente capitare che l'uomo possa dimenticare una cultura costruttiva (ad esempio asismica) e le cause che l'anno prodotta, complice anche il periodo di ritorno di un evento drammatico come il terremoto che, seppur impossibile da prevedere precisamente, ha in via del tutto indicativa una ricorrenza che può superare i confini generazionali e, quindi, rendere evanescente la sua memoria.

5. Cave, caratteri costruttivi e pratiche storiche di prevenzione a Civita di Bagnoregio. Le fonti storiche.

Civita di Bagnoregio, centro storico in provincia di Viterbo, è nota per il suo progressivo abbandono connesso al rischio idrogeologico e sismico. In particolare, la sua storia sismica è costellata di eventi anche di notevole intensità che ne hanno condizionato le modalità costruttive e le 'mutazioni' edilizie sin dalle sue prime fasi (*fig. 1*)³³.

²⁸ Si vedano le considerazioni espresse da MANNONI 2005, p. 16. Inoltre, come segnala Rita Vecchiattini riprendendo una celebre pubblicazione di Jean Pierre Adam: «L'utilizzo di materiali standardizzati per l'edilizia fu forse reso possibile anche grazie a figure di cantiere altamente specializzate in grado di pianificare il lavoro e dirigere manodopera addestrata per l'esecuzione di compiti semplici e ben definiti» in VECCHIATTINI 2009, p. 19. Sul più ampio tema degli indicatori cronologici (e tipologici) gli studi sono stati notoriamente sviluppati a partire da MANNONI 1984; PARENTI 1985; BROGIOLO 1988a; PARENTI 1988.

²⁹ Aspetti affrontati anche in GIULIANI 2006.

³⁰ Oltre allo studio puntuale della trattatistica storica, si menzionano alcune pubblicazioni: DELLA TORRE 1990; DI PASQUALE 1996, pp. 153-184; SERAFINI 2009; GIULIANI 2011; ARRIGHETTI 2015, pp. 159-165.

³¹ PARENTI 1988, p. 301; IDEM 1992, pp. 27-48; BIANCHI 1996.

³² GIANNICCHEDDA 2021, p. 227 con riferimenti agli scritti di Marcell Mauss e André Leroi-Gourhan, quest'ultimo già citato nel lavoro di BIANCHI 1996.

³³ Tra gli strumenti maggiormente noti vi sono le versioni online del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani e del Database Macrosismico Italiano, disponibili al link: <https://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/> (visitato nel novembre 2021).

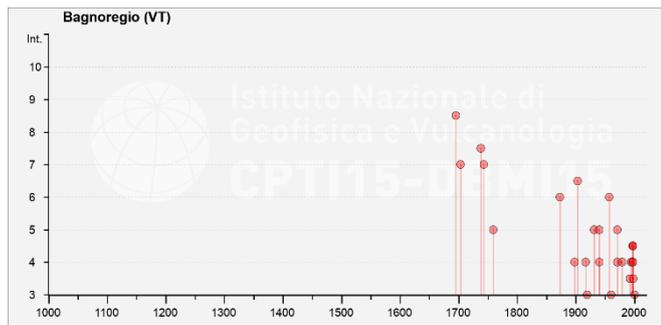


Figura 1: File di esportazione del Database Macrosismico Italiano, consultato per località e relativo alla sismologia storica di Cività di Bagnoregio (VT), disponibile al link:

<https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/> (visitato nel novembre 2021).

Le architetture oggi visibili sono l'esito di una trasformazione plano-altimetrica continua dall'epoca etrusca sino ai giorni nostri.

La sequenza dei toponimi con i quali Bagnoregio è menzionata nel corso dei secoli³⁴ può essere riassunta nei seguenti fattori di interesse: l'attestazione di un *castrum* nel VI secolo con riferimento all'esistenza di un luogo fortificato in posizione elevata e forse pertinente ad un modesto abitato rurale il cui confronto con i castelli cosiddetti di "prima generazione" non è purtroppo all'oggi possibile³⁵; la citazione di un *comitatus* e di un *districtus* negli anni in cui Civita era libero comune (a partire dalla seconda metà del XII secolo) e la comparsa del termine *civitas* nel XIV secolo. La *Balneum Regis* medievale si estendeva su due colli ed era divisa in otto contrade³⁶. I due poli erano rappresentati da *Civita*, ad oriente, e da *Rota*, ad occidente, mentre lo spartiacque era segnato dal convento e dalla porta di *San Francesco Vecchio*. Le contrade *Mercato*, *Ponte*, *Civita* e *Carcere* erano pertinenti a *Civita*; *S. Nicola*, *S. Martino*, *S. Maria de Ajalibus* e *S. Angelo* (detto anche *Castello* o *Cittadella*) riferivano a *Rota*. I toponimi attuali cominciarono a diffondersi dopo il terremoto del 1695 quando *Rota* venne sostituita dalla dicitura *Bagnorea* e il primato civile e religioso nell'ambito comunale da *Civita* venne trasferito a *Rota*, a causa dei gravi danni subiti dal sisma. Con il decreto

reale del 1922, *Bagnorea* venne poi mutata in *Bagnoregio* e *Civita* fu definita frazione del Comune (CAPOCACCIA, MACCHIONI 1922, pp. 9-30).

Il presente contributo si concentra sui caratteri costruttivi delle architetture osservabili in elevato, riferibili principalmente agli anni nei quali Civita di Bagnoregio era libero comune e successivamente *civitas*. Ai fini della trattazione, la documentazione reperita fornisce un'importante indicazione sull'esistenza di scuole tradizionali specializzate anche nella tecnica dell'estrazione e del taglio della pietra³⁷. L'osservazione, invece, delle peculiarità delle murature ancora esistenti e indagabili grazie all'uso del mantenere liberi da intonaco i paramenti esterni, permettono di documentarne le regole dell'arte. Molti degli edifici giunti sino a noi sono riferibili all'architettura rappresentativa e ciò non consente di ricostruire un quadro complessivo delle organizzazioni produttive di Civita, ma le murature di questo centro storico testimoniano un'elevata specializzazione riscontrabile, per tecniche diverse, nelle fasi cronologiche individuate. Il materiale da costruzione dei massi murari è sempre lapideo e quasi totalmente afferente alla litologia "Ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio" (PALLADINO *et alii* 2010; PECCERILLO 2012; GENTILI *et alii* 2014). Si tratta di una delle formazioni piroclastiche più importanti dei Vulsini, generata da un'eruzione esplosiva di elevata magnitudo avvenuta nell'area ad ovest dell'attuale abitato di Bolsena circa 490.000-300.000 anni fa. Il materiale, detto anche "Tufo litoide a scorie nere", è una roccia sufficientemente tenera, facilmente lavorabile e impiegata sistematicamente nelle costruzioni degli edifici di tutte le epoche. Dal punto di vista meccanico, l'Ignimbrite presenta una buona consistenza, fratturazione verticale molto irregolare, colore ocreo e spessore variabile (PECCERILLO 2012, p. 20). La sua consistenza stratigrafica ammonta a circa 40-50 m in assetto sub-orizzontale, debolmente inclinato verso est. La fonte di approvvigionamento, secondo una modalità tipica dei centri storici di quest'area di confine tra Lazio e Umbria, è lo stesso strato geologico sul quale il centro

³⁴ L'intera sequenza fu ricostruita in PETRANGELI, PAPINI 1944-1947. Molti di questi dati sono contenuti anche in PETRANGELI, PAPINI 1972 (pubblicazione priva di riferimenti archivistici).

³⁵ Un recente richiamo alla terminologia di *castrum* e *castellum* in SETTIA 2017, pp. 9-12, con riferimento alle prime generazioni a pp. 13-21.

³⁶ Le principali pubblicazioni di riferimento per una storia di Civita di Bagnoregio sono: CAPOCACCIA, MACCHIONI 1922; MACCHIONI 1956; PETRANGELI PAPINI 1944-1947; IDEM 1972; CAGIANO DE AZEVEDO, SCHMIEDT 1974; BORMIOLI, CAGIANO DE AZEVEDO 1976.

³⁷ Tra le arti cittadine menzionate nello Statuto comunale del 1347 pervenutoci in copia: «De electione consulum artium et eorum officio. capitulum. CCLXXXVIII. [...] artes sunt he: videlicet ars iudicum, medicorum et notariorum; ars laboratorum et pecudariorum; ars magistrorum lignaminis, muratorum et petrarolorum et fabrorum; ars calzolariorum et sutorum; ars macellariorum, ars camagnariorum et tractaiolorum» CAPOCACCIA, MACCHIONI 1922, p. 167.

storico, cava di sé stesso, si è via via sviluppato, con vicende alterne di crolli e ricostruzioni. La nota pratica di sfruttamento delle precedenti cavità ipogee per attività di allevamento (soprattutto colombari) è attestata in letteratura sia per l'età romana (QUILICI GIGLI 1981, pp. 145-151) che per fasi medievali³⁸. Nella vicina città di Orvieto è menzionata la pratica, forse diffusa anche in altre località, di utilizzare il materiale tufaceo (*quadrum seu tufum*) già distaccatosi (o in fase di distacco) dalla rupe in seguito a fenomeni franosi o sismici (RICCETTI 1992, p. 125).

Lo Statuto comunale di Bagnoregio del 1373³⁹, pervenutoci in copia del 1433, restituisce il livello economico della cittadina nel tardomedioevo. Un ruolo fondamentale era certamente svolto da agricoltura⁴⁰ e allevamento⁴¹, ma accanto ad esse un reddito non indifferente proveniva dallo sfruttamento del bosco di Carbonara dove erano consentiti il taglio della legna e la caccia. Le attività di cava sono menzionate per lo più in riferimento alla produzione di macine in pietra basaltica, oggi nota come "Leucite tefritica", ma non mancano riferimenti allo strato roccioso su cui si imposta Civita.

Nello stesso documento, si apprende che le Istituzioni locali emanarono prescrizioni in difesa del proprio territorio, volte a salvaguardare i fenomeni di erosione dell'area con attenzione sia ai terreni argillosi che a quelli di roccia tufacea. In particolare, si fa riferimento al divieto di cavare e scavare grotte nella rupe di contrada Civita e in località San Francesco, e a quello di scavo sotterraneo in corrispondenza delle vie pubbliche⁴². Tali provvedimenti confermano anzitutto la pratica di cavare materiale dal sottosuolo cittadino, attività tesa a

ricavare spazi sotterranei e utile ad ottenere il materiale da costruzione per gli elevati in superficie, i quali sono di norma fondati direttamente sul manto roccioso (fig. 2).



Figura 2: Dettaglio della fondazione di un corpo di fabbrica, direttamente impostata sullo strato roccioso di Ignimbrite O-B.

Come il caso della vicina Orvieto indagato da Lucio Riccetti, queste norme trasmettono l'intenzione di un'organizzazione tecnico/politica a controllo delle attività edilizie e di trasformazione del territorio (RICCETTI 1992, pp. 117, 124-127). Nelle due città si assiste, infatti, nel medesimo periodo all'emanazione di regole relative alla manutenzione e salvaguardia della rupe. Esse sono state già in passato interpretate quale volontà di contrastare la presenza di punti di infiltrazione delle acque meteoriche nelle pareti tufacee del masso roccioso che, con il ciclo di gelo disgelo, avrebbero potuto causare l'innescò di fratture interne e conseguenti distacchi (MARGOTTINI, SERAFINI 1990, pp. 36-41). In riferimento al divieto di cava nel prato dei

³⁸ DESIDERIO 2008; DE MINICIS 2014; DESIDERIO 2014; DI BUDUO *et. alii* 2017. Nel caso di Bagnoregio vi sono dei capitoli degli Statuti Comunali inerenti ai colombari: «De pena frangentis aliquam columbatiam. capitulum.CLXV.», «De pena ucellantis ad columbos columbarie cum retibus. capitulum.CLXVI.» in CAPOCACCIA, MACCHIONI 1922, p. 104; «Additio facta capitulo.LVII. sub rubrica: Qualiter vendantur pipiones etc.. capitulum.CCXIII.» *Ivi*, p. 127; «Quod habentes columbariam teneantur dare unum par pipionum illis novam facere columbariam volentibus. capitulum.CCCXXXI.» *Ivi*, p. 185; «De pena sagittantis et proicientis ad columbas ad columbariam. capitulum.CCCXXXII.» *Ivi*, pp. 185-186.

³⁹ Lo Statuto Comunale è costituito da rimaneggiamenti e rifusioni degli atti precedenti ed è articolato in cinque libri, rispettivamente relativi al *Regime*, alle *Cause Civili*, ai *Malefici*, ai *Danni dati*, e agli *Straordinari* (*Ivi* 1922).

⁴⁰ Sono testimoniate le colture di segale, spelta, miglio, panico e sorgo.

⁴¹ Si ha notizia dell'allevamento di buoi, bufali, pecore, castrati, piccioni e pollame.

⁴² «De pena cavantis in rupibus contrate Civite. capitulum.CCVI. Statuimus et ordinamus, quod nullus cavet vel griptam faciat in rupibus contrate Civite, et qui contrafecerit solvat pro qualibet vice centum seldos, nec cavet sub viis publicis, ad dictam penam. et si accusatus fuerit de celo alicuius gripte, de quo esset dubium, remittatur arbitrio potestatis et quatuor antepositorum dicte civitatis. et qui habitat in aliqua gripta non cavet in rupibus eius, ad penam predictam; salvo quod possit ibidem facere fenestram pro lumine, et pro trabet pro trabicellis immittendis, dummodo suo convicino iniuriam non faciat. et predicta locum habeant in preteritis, presentibus et futuris»; «De pena cavantis in circuitibus Sancti Francisci. capitulum.CCVII. Statuimus et ordinamus, quod nullus cavet in circuito loci Fratrum, et non paret in rupibus iuxta dictum locum et pratum Sancti Francisci. et quod contrafecerit, solvat nomine pene vice qualibet viginti seldos, et sit privatus omni iure quod haberet, vel quod diceretur habere in locis predictis, liceat tamen cuilibet de Balneoregio in gripta dicti prati cavare renam sine aliqua pena» in *Ivi* 1922, pp. 124-125.

Fрати⁴³, è noto che la presenza di un manto erboso adeguato permette di norma un rapido deflusso dell'acqua superficiale in caso di piogge intense evitando il ristagno e, soprattutto, l'assorbimento di un eccessivo carico d'acqua che influenza gli smottamenti successivi (Ivi 1990, pp. 44-46).

Tra gli argomenti trattati nello Statuto, vi sono alcune norme relative all'assetto urbano di Civita. Si legge che le vie (dentro e fuori l'abitato) dovevano essere larghe almeno cinque piedi e che i possessori di siepi a fianco delle strade dovevano tenerle a regime in modo da non costituire intralcio⁴⁴. Tenuto conto di quanto detto sino ad ora, nonostante non vi sia un esplicito riferimento al sisma, è ipotizzabile che l'ordine urbano che si intendeva mantenere costituisse un fattore utile al traffico quotidiano e in situazioni di emergenza straordinarie come la fuga in caso di eventi calamitosi improvvisi.

Per quanto riguarda la Leucite Tefritica, essa si riferisce alle fasi di emissioni di colate laviche che si alternarono all'attività vulcanica di tipo esplosivo dei Vulsini. Localmente viene definita anche con il termine

“basaltina”. Lo sfruttamento sin dall'epoca romana di questo materiale dalle cave nell'area di Orvieto per la produzione di macine è ben documentato da precedenti studi⁴⁵. La maggior parte delle macine romane scoperte nei siti archeologici del Mediterraneo è costituito di rocce vulcaniche, sono molto meno comuni quelle in pietre calcaree e arenarie. Infatti, le lave sono generalmente caratterizzate da una migliore resistenza all'usura e sono particolarmente indicate per la fresatura grazie alla loro proprietà abrasiva e alla loro superficie ruvida che fornisce una buona capacità di molatura. Anche nel medioevo la Leucite era cavata prevalentemente per la produzione di macine e rappresentava una delle entrate economiche più importanti della Bagnoregio medievale con un commercio extraregionale testimoniato da numerosi contratti⁴⁶. La proprietà del sito di sfruttamento era del Comune che, a sua volta, lo dava in appalto con regolare gara e stipula di contratto⁴⁷. I *macinari* e *bufalari* avevano l'obbligo di lavorare esclusivamente per il comune di Bagnoregio⁴⁸ ed il divieto di estrarre materiale in altri luoghi fuori dalle cave comunali situate nell'odierna “La

⁴³ Vedi nota 42.

⁴⁴ «Quod vie intus et extra Balneoregium sint ample quinque pedibus. capitulum.CCCXXXI. Statuimus et ordinamus, quod omnes vie intus et extra civitatem Balneoregii sint et esse debeant ample ad minus per quinque pedes, et si ab aliqua parte dictarum viarum dicte vie essent coartate a vicinibus vel alia persona, potestas et sui officiales teneantur vinculo iuramenti dictas vias seu viam, ad petitionem cuiuslibet petentis, facere eas ampliare et illorum seu illius, qui in dictis viis seu via murum vel aliquod aliud impedimentum posuisset. et si quis ceciderit in libet, viginti seldos denariorum.»; «De pena tenentis sepem super viam et circha viam. capitulum.CCCXXXII. Statuimus et ordinamus, quod quicumque habet aliquam sepem vel coronam super viam communis vel quocumque loco vel via, quod dominus possessionis, si eam laboraverit, alias laborator, teneatur et debeat ipsam coronam vel sepem incidere et tagliare, ita quod non prestat impedimentum euntibus et redeuntibus per dictam viam, et si incideretur per aliam personam, talis incidens non teneatur penam. et superstitem dicte vie vel aliqua persona alia, quod deberet incidere vel sepem vel coronam, pendentem super viam communis vel viam vicinalem, quod teneatur ipsa incidere intra quindecim dies postquam fuerit requisitus, ad penam decem soldorum denariorum. et potestas et sui officiales teneantur vinculo iuramenti, ad petitionem cuiuslibet petentis, inquirere super predictis, et repertos culpabiles punire secundum formam presentis statuti, quam penam solvat laborator illius possessionis talis» in CAPOCACCIA, MACCHIONI 1922, pp. 188-189.

⁴⁵ Si veda ad esempio SANTI *et alii*. 2003.

⁴⁶ Per uno studio esaustivo si faccia riferimento a BACIARELLO 1990.

⁴⁷ «Quod emptor macinarie teneatur solvere precium camerario communis. capitulum.CCCII. Statuimus et ordinamus, quod emptor macinarie communis Balneoregii, qui nunc est et pro tempore erit, teneatur et debeat precium ipsius macinarie solvere camerario communis Balneoregii, secundum pacta habita et facta, vel habenda vel incipienda cum commune dicte civitatis, alias si in termino dictum precium non solverit, nullus macinarius vel bufalarius possit in dicta macinaria laborare sine licentia consilii populi et consulum artium dicte civitatis, ad penam quinquaginta librarum denariorum, et nichilominus laboritium, quod interim fecerint, sit communis Balneoregii, et quod dicta macinaria vendi non possit, nisi factis tribus bandimentis, diversis ditebus, per civitatem Balneoregii, et factis || incantationibus in consilio populi et consulum artium; et tunc plus offerint detur.» in CAPOCACCIA, MACCHIONI 1922, pp. 174-175.

⁴⁸ «De pena maciniorum, bufalariorum, laborantium extra macinariam Balneoregii contra voluntatem domini macinarie. capitulum.CCCXII. Statuimus et ordinamus, quod nullus macinarius vel bufalarius civitatis Balneoregii debeat laborare nec bufalos extrahere extra laboratium macinarie civitatis Balneoregii, sine licentia doghanerii vel domini macinarie predicte, ad penam centum librarum denariorum pro quolibet contrafaciente et qualibet vice, et quod quilibet ipsorum debeat bene legaliter servire. et quod potestas et eius officiales teneantur vinculo iuramenti eos cogere realiter et personaliter, ad serviendum dicto doghanerio seu domino, de aliqua quantitate pecunie, quod credatur libro dicti doghanerii et domini dicte macinarie. et predicta locum habeant in preteritis, presentibus, pendentibus et futuris. et simili modo credatur libro et dicto maciniorum de quantitate macinarum, usque in quantitatem predictam, de macinis datis et assignatis dictis doghaneriis et nuntiis ipsorum. nec possint portare dicti macinarii macinas extra civitatem Balneoregii, sine licentia dicti

Capraccia", località sita a 5 km da Bagnoregio verso ovest, lungo la strada Orvieto-Montefiascone⁴⁹. La documentazione relativa al Duomo di Orvieto restituisce notizia di un'altra cava di pietra basaltica sfruttata per il cantiere orvietano dal primo quarto del Trecento nel sito di "Valle del Cero" (BACIARELLO 1990, pp. 16-18). Erano dunque conosciute altre vene con possibilità di sfruttamento, già identificate nello studio degli anni Novanta da Giancarlo Baciarello⁵⁰ e confermate dalla lettura della carta geologica. Lo stesso autore rende noti i principali prodotti di cava, desunti e regolamentati sempre dallo Statuto del 1373⁵¹: *lapides* (lastre), *centona* (centoni, pietre dal formato particolare e forse dal peso di 100 libbre), *legati* (legati, pietre di ignoto formato) e *planelle* (pianelle, lastre lavorate su entrambe le facce a scopo decorativo). Le dimensioni cui attenersi, come recita il documento, riferivano ai modelli di Orvieto ed erano murate sulla facciata esterna del Palazzo Comunale di Bagnoregio.

Le figure professionali che lavoravano nelle cave dello stesso Comune erano i *bufalari*⁵², addetti al trasporto con bufali, i *laboratores*⁵³ che si occupavano dello sgombero degli sfridi e del cappellaccio, i *petraioli*⁵⁴ dediti soprattutto alla produzione di pietre per la lastricatura delle strade ed elementi architettonici⁵⁵. Altri documenti riportano l'esistenza dei *manuales*, i quali assistevano il maestro nella sbazzatura oppure si occupavano delle operazioni di cavatura, e dei *magistri*, operai specializzati che, data la qualità del proprio lavoro, potevano permettersi di trattare con il committente il corrispettivo salario. Essi organizzavano piccole squadre composte da maestri e manovali che avevano rapporti familiari o comunque origini comuni⁵⁶. Le fonti riferite alla pietraia del Cero, forniscono ulteriori informazioni sul ciclo della pietra e sui prodotti da cava venduti per il Duomo di Orvieto. Essi restituiscono un quadro della merce in circolazione all'epoca che, per quanto alimentasse un cantiere del tutto eccezionale, può dare una ragionevole idea degli elementi venduti

doghanerii seu domini ipsius omnibus quilibet possint contrafacientem accusare et habeat tertiam partem pene, et sufficiat probatio ipsius cum iuramento, cum dictis quatuor testium deponentium de publica voce et fama.» *Ivi*, pp. 178-179.

⁴⁹ «Quod nullus macinarius possit facere macinas alibi, nisi in macinaria Balneoregii. capitulum.CCCV. Statuimus et ordinamus, quod nullus macinarius possit facere aliquam macinam integram vel fractam seu cavare, in aliquo loco districtibus Balneoregii, extra macinariam antiquitus usuatam seu macinarias usuatas iuxta stratam Caprafice, sine licentia et deliberatione totius consilii dicte civitatis, ad penam quinquaginta librarum denariorum, quod capitulum bandiatur in locis consuetis dicte civitatis.» *Ivi*, p. 176.

⁵⁰ BACIARELLO 1990, pp. 12-13, nota 12.

⁵¹ «De petraiolis et eorum precio et mensura lapidum, etiam [de] tebulariis et calcenariis. capitulum.CCCX. Statuimus et ordinamus, quod petraioli teneantur, unicuique volenti emere, [dare] centinare lapidum pro duodecim solidis, ad mensuram latitudinis et longitudinis communis Urbi veteris, cum numero centonarum et legatorum, quibus Urbisveteres utuntur, et apportant et dant dictam mensuram camerario communis, et ipsam signare in palatio communis Balneoregii, et centinare planellarum, aptatarum ab utraque facie, pro viginti solidis. tebularii vero teneantur dare centenare tebularum, canalium bene coctorum, ad mensuram trium somessium longitudinis et unius amplitudinis, pro tribus libris et decem solidis, cuilibet petenti, ad penam centum soldorum pro quolibet contrafaciente et qualibet vice. et teneantur contribuere unus alteri, quando requirerentur a communi vel spetialibus personis, calcinarii vero teneantur dare salmam calcis, videlicet sex quartenghos, qui quartengi debeant signari sive sigillari in introitu cuiuslibet potestatis sigillo communis Balneoregii, bene coctam, a porta Sancti Francisci supra pro vngti duobus solidis, a dicta porta infra pro viginti et uno solidis et sex denariis, si darent calcem non bene coctam, que non dissolveretur, teneantur reficere, et credatur sacramento emptoris usque in decem solidis. et qui contrafecerint in predictis, incurrat penam viginti soldorum denariorum, addimus huic capitulo, quod venditio dictarum tebularum, canalium vel lapidum, calcine locum habeant in civibus et districtualibus et non in aliis personis.» in CAPOCACCIA, MACCHIONI 1922, pp. 177-178.

⁵² Talvolta si usufruiva anche di asini, muli e, ancora più raramente di buoi. Nel caso della fabbrica del Duomo di Orvieto i bufalari bagnoresi (assieme ad altri di provenienza diversa) si occuparono anche del trasporto dei marmi antichi recuperati dalle rovine a Roma e nel territorio vicino. Come documentato anche in altre fonti, i pezzi giungevano via Tevere sino ai porti di Orte, Spicciano, San Valentino, Manciano, Attigliano, Basci (BACIARELLO 1990, pp. 26-28).

⁵³ «Quod sit licitum unicuique laboranti laborare in macinariis civitatis Balneoregii. capitulum. CCCVII. Statuimus et ordinamus, quod licitum sit unicuique laboranti laborare in macinariis civitatis Balneoregii, et scombrare terraplenum et lapides de dictis macinariis et ipsa prohibere per loca consueta, pro ut et quatenus consuetum est, sine pena et dampno, non obstante prohibitione quamque.» in CAPOCACCIA, MACCHIONI 1922, p. 176.

⁵⁴ «Quod petraioli faciant lapides in loco debiliori assignando per quatuor antepositos. capitulum.CCCXI. Statuimus et ordinamus, quod petraioli de Balneoregio teneantur facere la[pide]s circumcirca Balneoregium in loco debiliori assignando eis per quatuor antepositos, ad penam viginti soldorum» *Ivi*, p. 178.

⁵⁵ Interessante è il documento riportato da Baciarello relativo ad un ordine di Ser Andrea di Ser Girolamo a Angelo d'Arrigo che cavava nel luogo denominato "Le Scalette", nel 1494: «12 cornici lunghe 3 piedi e mezzo per l'allestimento di finestre; 9 larghe un piede, 3 larghe un piede e mezzo» in BACIARELLO 1990, p. 14.

⁵⁶ *Ivi*, p. 22.

anche per le architetture di Civita. I pezzi, dopo una prima sbazzatura (*lapides ad filum*)⁵⁷ erano trasportati dai *bufalari* a bordo cantiere dove erano sottoposti alle lavorazioni di finitura da parte degli scalpellini che proseguivano il lavoro anche nei mesi invernali, seppur con orario ridotto, quando il resto del cantiere era fermo⁵⁸. Altri pezzi commerciati erano: *tabulas, tabulectas* e *tabulectas pro scalis; gradones seu scottos* (elementi squadrati impiegati per le scale a chiocciola); *cantones, cantones quadros* (utilizzati nei cantonali) e *lapides pro clavibus* (chiavi di volta). Dalla cava di travertino di Bontoli arrivavano invece: *cornicectas, cornices, cornices parvas, tabulas quadras, docciales tortos, boçellos* (bozze), *lapides ad filum*. Le *lapides pro leghis*, inoltre, erano assieme ad altro materiale di raccolta, messi in opera come riempimento delle sezioni a sacco⁵⁹.

Tra gli strumenti da cava le fonti orvietane citano *picchoni, çeppe de ferro, martelli, maze, pale* e, per quanto riguarda il trasporto dei materiali, *festinellum* (cesto di vinco), *barellem, varellem* (tavole rettangolari con stanghe)⁶⁰. L'Opera del Duomo di Orvieto garantì per i lavoratori di Bagnoregio, Porano e quelli provenienti dalla Lombardia⁶¹ la presenza costante di un fabbro per la riparazione degli strumenti⁶².

Anche ai *calcinari* è dedicata molta attenzione nei documenti ufficiali. Pur non descrivendo in dettaglio il ciclo produttivo, in analogia con altre fonti simili (VECCHIATTINI 2009, pp. 62-65) viene più volte raccomandata la qualità produttiva della calce (*calcem bene coctam*); essa era infatti controllata e normata nel prezzo⁶³. Tenendo conto delle caratteristiche delle fonti di approvvigionamento sino ad ora descritte, si specifica inoltre che all'interno della *facies* litoide dell'Ignimbrite sono presenti ampie tasche di scorie e ceneri incoerenti grigie scure: le "pozzolane". La loro formazione è dovuta alle variazioni termiche all'interno della massa piroclastica oppure alla circolazione non pervasiva dei fluidi (PECCERILLO *et alii* 2012, pp. 19, 26). L'impiego della pozzolana in qualità di additivo dalle proprietà idraulicizzanti dell'impasto è conosciuto sin dai tempi antichi ed è un sapere tecnico pratico tramandato di generazione in generazione. Alcuni depositi vulcanici,

infatti, se mescolati con sabbia e calce sono in grado di fornire alla malta la capacità sia di fare presa in acqua ma anche di solidificare con una velocità maggiore rispetto al procedimento di carbonatazione tradizionale con la calce aerea (PECCHIONI *et alii* 2008, p. 19).

6. Analisi delle fonti materiali

A fronte di questa mole di dati documentari, ciò che si riscontra sul lato materiale è la messa in pratica di regole dell'arte locali, anche antisismiche, che hanno talvolta superato la prova sperimentale del tempo.

Le murature di Civita di Bagnoregio sono state indagate nell'ambito di una più ampia ricerca che aveva lo scopo di effettuare una valutazione di vulnerabilità sismica dell'intero centro storico attraverso degli step di conoscenza progressivi (ZAMBONI 2018; FACCIO, ZAMBONI 2020). Pertinente ad una di queste fasi è stata l'analisi speditiva dei complessi architettonici che, seppur perseguisse uno scopo differente dalla cronotologia delle tecniche costruttive e murarie storiche di Civita, ne ha mappato un totale di 120 campioni pertinenti ai singoli edifici costituenti gli aggregati. Lo strumento schedografico utilizzato è stato costruito tenendo conto delle regole dell'arte e dei parametri di vulnerabilità sismica e di presidio che influenzano il comportamento del masso murario. A margine della singola tecnica, l'analisi stratigrafica speditiva ha messo in luce una serie di dati riferiti a terremoti passati, a pratiche di ricostruzione, ad attività di reimpiego nonché ad interventi di consolidamento che sottendono una prassi duratura e condivisa dai costruttori locali, consapevoli del rischio sismico dell'area e della sua necessaria prevenzione⁶⁴.

Le architetture di Civita sono quasi totalmente edificate in materiale lapideo, faccia a vista, afferente alla citata formazione geologica dell'Ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio, altrimenti detta "Tufo litoide a scorie nere", ed impiegato sistematicamente nelle costruzioni di tutte le epoche (in corrispondenza sia di paramenti che di angolate, figg. 3-5).

⁵⁷ *Ivi*, p. 18, nota 39.

⁵⁸ *Ivi*, p. 20, nota 66.

⁵⁹ *Ivi*, p. 19 e riferimenti *ivi* citati.

⁶⁰ *Ivi*, p. 26, nota 107, p. 24, nota 98.

⁶¹ *Ivi*, p. 24.

⁶² Fra i quali si citano: *Lellus faber de Balneoregio, Johannes Michilutii, Johannes Cecchoni*. *Ivi*, pp. 25-26.

⁶³ Vedi nota 51.

⁶⁴ Come attestato anche dalle fonti storiche precedentemente discusse.



Figura 3: La consistenza muraria del centro storico e l'omogeneità del materiale posto in opera è uno dei primi caratteri costruttivi che emergono al momento del sopralluogo. Porta Santa Maria.



Figura 6: L'opera quadrata isodoma che interessa paramenti e angolate di questo corpo di fabbrica denota una particolare attenzione nello sfalsamento dei giunti verticali.



Figura 4: Le architetture, parzialmente allo stato di rudere, di Palazzo Colesanti.



Figura 7: Nonostante l'erosione del blocco, sono documentati, anche in questo caso, la cura nel taglio della materia prima, la posa in opera e lo sfalsamento dei giunti verticali, con qualche incertezza rispetto al caso precedente (fig. 6).



Figura 5: Lo stato di conservazione delle architetture di Civita consente di indagarne i materiali e le regole costruttive. Si osserva, anche nelle fasi più recenti, la tradizione locale dell'impiego generalizzato dell'ignimbrite.

Questo è in larga misura sbizzato o lavorato a squadra. La documentazione, anche archivistica⁶⁵, della pratica locale del reimpiego di materiale proveniente da edifici in rovina, pone talvolta dei problemi di lettura ed interpretativi che possono essere risolti con esperienza e competenze transdisciplinari relative ai rilievi geometrico, del degrado e del danno. L'erosione del blocco, fenomeno di degrado tipico di elementi di questa litologia⁶⁶, è molto diffuso ed è documentato anche in porzioni di muratura pertinenti a fasi più tarde e caratterizzate dalla variabilità di stato conservativo dei pezzi. Data la generale regolarità morfometrica degli elementi, lo sfalsamento dei giunti si è rivelato in molti

⁶⁵ Nel quadro di una serie di interventi di restauro documentati a Orvieto da Lucio Riccetti nella seconda metà del XIII secolo-inizio XIV secolo è citato che «il notaio Pietro di Benvenuto, della regione di S. Giovenale, chiede ai Sette di poter utilizzare il tufo di alcune case *iuxta plateam S. Iuvenalis* per restaurare la propria abitazione posta nella stessa piazza» in RICCETTI 1992, p. 123.

⁶⁶ FRANCESCHI, GERMANI 2020, pp. 132-133; NorMal 1/88; UNI 11182 – 2006.

casi di media o alta qualità (> 30% dell'area omogenea presa in considerazione, *figg. 6-7*)⁶⁷.

Per alcune porzioni di edificio, angolate e più tardi elementi architettonici, è utilizzata la "Leucite tefritica", facilmente riconoscibile macroscopicamente in virtù della sua durezza e per il colore grigio (*figg. 8-9*).



Figura 8: Il cantonale del medesimo corpo di fabbrica (fig. 7) denota l'ammorsamento dei muri ortogonali mediante l'impiego di elementi in Leucite tefritica parzialmente squadrate, bugnati e lavorati con nastrino perimetrale a scalpello piano. L'apparecchiatura è alternata testa/fascia.



Figura 9: Elemento architettonico in Leucite tefritica, blocchi parzialmente squadrate e lavorati superficialmente a punta.

Poco frequente, e quasi sempre rado, è l'impiego di laterizi e coppi in frammenti, e ancora più insolita è la ricostruzione di alcune parti in mattoni. Nelle poco diffuse tecniche miste si riscontra, in ogni caso, una certa cura nella posa in opera degli elementi più allungati volti a regolarizzare l'orizzontalità dei corsi (si tratta raramente di veri e propri corsi di ripianamento) e a ridurre la dimensione del giunto, l'elemento più debole della muratura ma che svolge un ruolo essenziale nella trasmissione a terra dei carichi (*fig. 10*).



Figura 10: Contestualmente all'utilizzo di elementi di reimpiego, caratterizzati anche da fenomeni di erosione, si è documentata la pratica di inserimento di tavelle in cotto, talvolta frammentate, ai fini di regolarizzare la posa in opera e ridurre lo spessore del giunto di malta tra pietra e pietra.

L'apparecchiatura è di norma sia di testa che di fascia, a corsi orizzontali e i giunti sono mediamente degradati per le fasi costruttive più antiche. Si sono documentati, infatti, molti casi di consolidamento degli stessi con malte di tipo misto e/o cemento portland. Sono pratiche spesso localizzate e forse atte a risanare quadri fessurativi diffusi oltreché interventi relativi ad impianti o canne fumarie. Le malte di prima fase, dove rintracciabili, sono di calce aerea, l'impasto ha un tono caldo e molto spesso non denota tenacità ma, al contrario, è scalfibile con l'unghia (friabile/molto friabile). In questi contesti si registrano frequentemente additivi idraulicizzanti e/o a comportamento pozzolanico con ogni probabilità reperiti in loco stando anche alle considerazioni precedenti riferite alle litologie presenti nelle cave locali (*fig. 11*).

⁶⁷ Trattandosi di un rilievo speditivo non è stata eseguita l'analisi stratigrafica completa per tutti i complessi architettonici del centro storico. Per questo motivo ci si rifà al concetto più generale di area omogenea e non ad una specifica Unità Stratigrafica Muraria.



Figura 11: La malta di connesura presenta macroscopicamente una matrice chiara, tono caldo, con calcinarioli e aggregati di dimensioni anche molto varie interpretabili, in prima analisi, come frammenti di Ignimbrite ed elementi a comportamento pozzolanico che si possono cogliere anche nelle tasche dei contigui blocchi di Ignimbrite.

Raramente si sono riscontrate murature con tessiture senza corsi e pezzi di forma irregolare e/o di raccolta che interessino una parte consistente dell'elemento verticale. Allo stesso modo, non sono stati attestati espedienti tessiturati quali la disposizione a spina pesce e a 45°. Essi, infatti, sono notoriamente connessi ad altre tipologie di lavorazioni dei blocchi e conseguenti apparecchiature. Si è constatata, invece, la frequente posa di conci di testa e in verticale (lato orizzontale corto) aventi la funzione di elementi di punta e, in alcuni casi di maggior qualità, di diatoni trasversali a miglioramento dell'ingranamento interno della sezione muraria. Per quanto riguarda i rapporti costruttivi tra le parti, si sono registrate modalità di addossamento di interi corpi di fabbrica ad altri preesistenti (connessione assente, *fig. 12*).



Figura 12: Limite stratigrafico di appoggio caratterizzato dalla costruzione dell'edificio di sinistra sfruttando la preesistenza. A sanare i vuoti si provvede, talvolta, anche all'inserimento di elementi di dimensioni minori e tavelle in cotto.



Figura 13: Corpi di fabbrica in ammorsamento. Si documenta anche nel caso di Civita la pratica di lasciare degli elementi sporgenti per la costruzione, in secondo cantiere, di edifici adiacenti.

Non mancano, anche se meno numerose, le attestazioni di ammorsamenti fra edifici adiacenti o fra estese porzioni di muratura appartenenti alla medesima struttura (fig. 13).



Figura 14: Sezione muraria a semisacco (due paramenti) con elementi di punta, parzialmente squadrate, in Ingimbrite. Il nucleo è costituito da malta, brecce e scapoli.

Secondo modalità riscontrate anche nella vicina città di Orvieto, la prassi poteva prevedere un giunto di ammorsamento già al momento della costruzione dell'edificio in modo da poter, in un secondo cantiere, agganciare un ulteriore corpo di fabbrica. La connessione tra le parti intendeva favorire il più possibile un comportamento omogeneo e unitario all'aggregato edilizio e consentiva di evitare fenomeni di martellamento in caso di sisma, tipici in corrispondenza di giunti costruttivi in aderenza. In alcuni contesti sono apparsi piuttosto evidenti casi di angolate con elementi fortemente degradati e/o fratturati; l'erosione potrebbe essere conseguenza di vari fattori che andrebbero valutati caso per caso mentre la fratturazione dei blocchi potrebbe indicare uno stato di sofferenza per resistenza del materiale. Dato l'elevato stato di conservazione del centro abitato nel suo complesso, dovuto anche a progressivi restauri messi in atto a partire dalla anni Sessanta⁶⁸, le sezioni osservabili sono state attestate in numero irrisorio ma ciò non ha impedito di fare considerazioni meccanico-qualitative in merito. Si tratta di murature a due paramenti con un semisacco e alcuni elementi di punta (fig. 14), tranne in rari casi dove si sono



Figura 15: Complesso Architettonico campione, sul quale si sono svolte indagini più approfondite: rilievo materico, costruttivo, stratigrafico, del degrado e del danno. Vista nord-ovest.

constatati due paramenti accostati. Questi dati, seppur esigui, hanno trovato conferma, per massi murari di spessori compresi tra i 60 e gli 80 cm, nel corso di sopralluoghi in altri contesti simili quali, ad esempio, l'area a rudere dell'abitato di Celleno, anch'esso progressivamente abbandonato in seguito ad eventi sismici (CROCOLI 1989; FORDINI SONNI 1995). La presenza di elementi di lunghezze attorno ai 50 cm ha permesso di constatare, in riferimento a spessori murari adeguati, la presenza di diatoni trasversali di collegamento. L'approfondimento di un aggregato si è esplicitato anche nell'analisi di altri 36 campioni di muratura, catalogati con una scheda più articolata che ne ha consentito uno studio molto più approfondito, comprensivo di dati dimensionali e informazioni sugli strumenti di



Figura 16: Complesso Architettonico campione. Vista sud-ovest.

⁶⁸ Documentati anche in ATTILI 2020 con riferimento alla nota figura dell'arch. Astra Zarina.

lavorazione, che potranno costituire la base per la costruzione di una cronotipologia delle tecniche costruttive e murarie di Civita di Bagnoregio (figg. 15-16).

La tecnica relativa al Corpo di Fabbrica 2 (datato alla Fase I), ad esempio, presenta conci di Ignimbrite di O-B squadrate (45 x 25 x 30 cm) utilizzati sia per il paramento che per le angolate, apparecchiati in corsi orizzontali con giunti a filo di 3-10 mm in calce aerea con materiali a comportamento pozzolanico e calcinaroli. La particolarità che denota gli elementi è una lavorazione superficiale riconducibile alla martellina (lama liscia) o all'ascia (documentata nell'area di Bolsena) (CHIOVELLI 2007, pp. 231-238) che, assieme alla valutazione degli elementi architettonici, ha permesso di avanzare l'ipotesi di una datazione al XII secolo (fig. 17).



Figura 17: Lavorazione superficiale dei conci impiegati nella casa torre di prima fase, gli elementi in Ignimbrite presentano tracce, talvolta molto regolari, di lama liscia, forse pertinenti ad uno strumento ad ascia documentato anche in altri studi di area regionale.

Lo spessore murario della casa torre è di circa 1 m, pertanto la ragionevole interpretazione della sezione muraria è quella di un semisacco (o a due paramenti) con buon ingranamento trasversale ed elementi di punta anche molto ravvicinati tra loro (semi-diatoni). Probabilmente appartenente alla fine di quello successivo è, invece, la muratura dei CF4 e 5, la cui cronologia è suggerita dagli elementi architettonici; le due porte al piano terra trovano riscontro per lavorazione in contesti ben datati quali ad esempio la Badia dei SS. Severo e Martirio ad Orvieto (FIOCCA 1915; PERALI 1919, pp. 58-65; BONELLI 1983; CERONE 2007; PARDI 2007). Gli elementi squadrate appaiono degradati e misurano 48 x 28 x 35 cm, la tessitura è a corsi orizzontali e i giunti variano tra 10 e 30 mm a causa

dell'erosione dei blocchi. La malta è anch'essa di calce aerea con materiali a comportamento pozzolanico e calcinaroli. La sezione muraria è di circa 75 cm, dato che permette di ipotizzare un buon ingranamento trasversale con elementi di punta e semi-diatoni a saturazione dello spessore della parete. Un altro caso interessante è costituito dalle caratteristiche costruttive del primo impianto dei CF1 e 8 (Fase V), che prevedono una muratura in conci squadrate di ignimbrite di O-B dello spessore di circa 60 cm. Le misure, 45 x 30 x 25 cm, confermano la regola costruttiva già menzionata. Le pareti sono connesse a regola d'arte agli angoli da elementi in leucite tefritica squadrate e lavorati con nastrino perimetrale a scalpello piano e superficialmente a punta (dimensioni: 55 x 30 x 25 cm, fig. 18).



Figura 18: I cantonali dei corpi di fabbrica di quinta fase presentano un elevato grado di lavorazione della Leucite tefritica, gli elementi sono squadrate, spianati a punta e presentano nastrino perimetrale a scalpello piano.

I giunti, attualmente in gran parte degradati e rimaneggiati, presentavano in un primo momento dimensioni variabili tra i 5 e 10 mm.

Nell'ambito del sopralluogo speditivo, come detto, è stato possibile segnalare alcune linee di discontinuità stratigrafica che potrebbero essere indicative di terremoti passati. Le più significative e meglio apprezzabili potrebbero configurarsi quale testimonianza di eventi calamitosi in antico date le caratteristiche di lavorazione, tessitura, dimensioni e degrado dei blocchi (fig. 19).

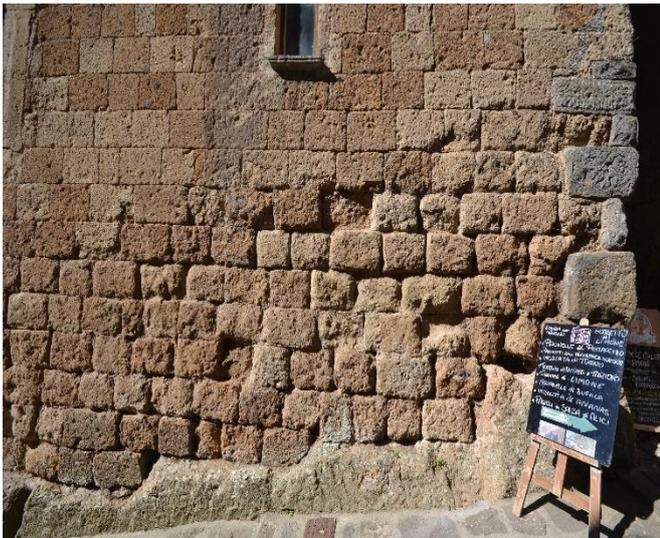


Figura 19: Il degrado degli elementi a quota inferiore, ammassati con conci di leucite tefritica squadrati, spianati a punta e con nastrino perimetrale a scalpello piano, suggeriscono il crollo e la ricostruzione di questo edificio, forse contestuale ad un evento sismico. L'analisi degli elementi architettonici e di ulteriori indicatori cronologici permetterà di confermare eventualmente le ipotesi formulate.

La letteratura fornisce notizia di altri due terremoti non mappati nei cataloghi digitali⁶⁹ e riferiti agli anni 1297 e 1349, dati che trovano confronto negli elementi architettonici pertinenti alla fase di ricostruzione⁷⁰. Inoltre, molte di queste porzioni sono legate ad angolate di grandi dimensioni (particolarmente erose) in Leucite tefritica, squadrate e che talvolta presentano tracce di lavorazioni superficiali a punta e nastrino a scalpello, elemento cronologico significativo che andrà ulteriormente posto a vaglio con il proseguo delle indagini.

La schedatura dei parametri di vulnerabilità e presidio ha evidenziato una medio/alta diffusione in tutto il centro abitato di opere a consolidamento visibili in esterno. Afferiscono principalmente a due tipologie: contrafforti in muratura e catene. I primi coinvolgono raramente una porzione più estesa rispetto al piano terreno in corrispondenza, spesso, di vani voltati e hanno un'estensione orizzontale variabile sia che siano stati messi in opera storicamente o che invece siano riconducibili ad interventi più recenti (fig. 20)⁷¹.



Figura 20: Presidi antisismici angolari dell'Ex Palazzo Comunale, complesso architettonico molto trasformato e caratterizzato da un parziale stato di rudere.

Una fase specifica è stata individuata cronologicamente tra il XVII e il XIX secolo e si rifà a tecniche e materiali propri della storia locale, intervallo temporale che si conosce essere caratterizzato da eventi sismici anche ad elevata intensità. Un ulteriore gruppo, databile intorno al 1950, comprende interventi del Genio Civile di Viterbo. Si tratta di contrafforti e speroni a "zampa di elefante" eseguiti in corrispondenza di strutture fatiscenti in procinto crollo⁷².

Le scale sono classificate di norma quale elemento di vulnerabilità dalla letteratura in quanto incrementano la

⁶⁹ Vedi nota 33.

⁷⁰ I dati sono discussi in ZAMBONI 2018.

⁷¹ Questi ultimi erano già emersi e sono stati oggetto di schedatura in CAMPANINI 2016, A.4.3.S, *Schede descrittive degli elementi di consolidamento*. Questo primo studio è stato eseguito tenendo conto della *Scheda per il rilievo speditivo del danno sul patrimonio culturale per eventi sismici – Palazzi – Modello P-ES*, seconda sezione, B23 e relativo abaco dei meccanismi contenuti nella Direttiva MIBACT 2015, Allegato 1.

⁷² In merito a questa attività, si dispone anche di fonti orali degli abitanti del centro storico, alcuni dei quali parteciparono in prima persona a queste operazioni in qualità di manovali.

rigidezza nel loro luogo specifico concentrando su di esse i carichi gravanti sulla struttura e originando, spesso, anche episodi di comportamento torsionale. Tuttavia, la diffusione nell'area geografica viterbese delle monumentali scale a profferlo, costruite esternamente ai corpi di fabbrica in addossamento o ammassamento al muro, ha portato a riconsiderare tale parametro di vulnerabilità, rimandando a future verifiche specifiche l'ipotesi che tali elementi costruttivi costituiscano, invece, una forma di presidio (fig. 21).



Figura 21: Un esempio di scala a profferlo, elemento costruttivo tipico del territorio viterbese, eretta in ammassamento sui paramenti esterni di due corpi di fabbrica del medesimo aggregato, obliterando un portale più antico, già precedentemente tamponato.

I capichave di catena osservati sono tutti del tipo a paletto, talvolta ricurvo, raramente ligneo, e in generale buono stato di conservazione. In alcune situazioni, si è rilevata la perdita del paletto, indice di un presidio non più efficiente al 100% (fig. 22).



Figura 22: Torre dell'ex Palazzo Comunale. Tracce del paletto non più esistente degli incatenamenti interni in corrispondenza del primo livello.

In un solo caso si può certamente attribuire un sistematico intervento di tamponamento delle forometrie a scopo di consolidamento degli elementi verticali. Si tratta del loggiato appartenente al Palazzo Episcopale il cui crollo parziale contestualmente al terremoto del 1695 è noto dalle fonti (PETRANGELI PAPINI 1970, pp. 115-117; GARGANO 1988, p. 44; MARGOTTINI 1988, p. 86). Durante lo spoglio dei documenti relativi al terremoto del 21 gennaio 1743⁷³ sono emersi anche dati riferiti ad altri interventi di consolidamento subiti dalla fabbrica. Nelle comunicazioni successive al sisma tra la sede Vescovile e lo Stato Pontificio⁷⁴, si legge che nel Palazzo Vescovile i due muri di spina verso la piazza e verso l'orto si slegarono per cui si rese necessario l'inserimento di 14 staffe di ferro per la riparazione. Nella chiesa di San Bonaventura, poi, le murature perimetrali e la volta subirono gli stessi tipi di danno; per l'intervento furono indicate quattro chiavi di ferro lunghe 40 palmi ciascuna. A poco valsero questi provvedimenti, in quanto l'edificio venne definitivamente inghiottito dalla rupe nel corso del XIX secolo⁷⁵. Nella chiesa della Madonna delle Carceri l'arco della cappella si lesionò e dovette essere consolidato

⁷³ PETRANGELI, PAPINI 1972, pp. 129-130; BOSCHI *et alii*. 1997, Scheda 01840, Terremoto Bagnoregio 21 gennaio 1743.

⁷⁴ Archivio Segreto Vaticano, Segreteria di Stato, Particolari, vol. 222, *Lettera del gonfaloniere e dei priori della città di Bagnorea al segretario di Stato cardinale Silvio Valenti Gonzaga*, Bagnorea 26 gennaio 1743. Archivio Segreto Vaticano, Segreteria di Stato, Vescovi e prelati, vol. 242, *Lettera del governatore generale della provincia del Patrimonio di S. Pietro Basilio Sceriman al segretario di Stato cardinale Silvio Valenti Gonzaga*, Viterbo 27 gennaio 1743.

⁷⁵ Il crollo di una parte delle murature perimetrali avvenne nell'anno 1842, come riportato da Papini: «della Chiesa di San Bonaventura a Civita rimangono ancora in piedi solo due pareti, dopo il crollo di tutte le altre strutture», in PETRANGELI PAPINI 1972, p. 56.

mediante una chiave di ferro lunga 30 palmi⁷⁶, purtroppo anche a questo edificio toccò la medesima sorte ed è attualmente scomparso.

Sono stati, infine, documentati altri elementi con funzione di presidio quali archi di sbadacchio, presenti con una certa frequenza a collegamento tra i complessi architettonici (fig. 23) ed il tamponamento dell'interspazio tra corpi di fabbrica (fig. 24); in entrambi i casi, la funzione di prevenzione dai danni di martellamento risulta piuttosto chiara.



Figura 23: Arco di sbadacchio tra corpi di fabbrica pertinenti a complessi architettonici diversi.

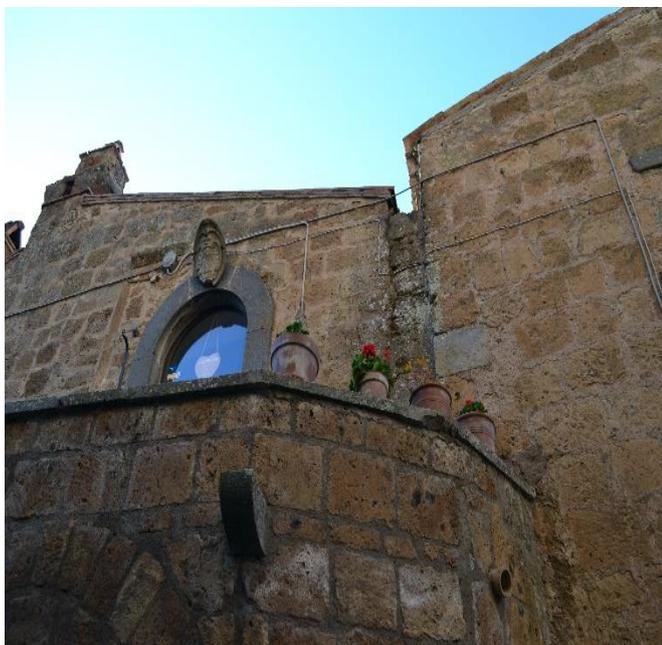


Figura 24: Ricucitura, senza ammorsamento, dell'interspazio esistente tra due corpi di fabbrica di uno stesso aggregato edilizio.

7. Conclusioni

L'analisi del contesto di Civita di Bagnoregio restituisce l'immagine di una città fragile che ha saputo sin dai secoli del Medioevo (e forse prima ancora) sviluppare dei saperi tecnici locali per contrastare i rischi, tra i quali quello sismico, cui è da sempre soggetta. Essi sono rintracciabili nei documenti che descrivono i provvedimenti a prevenzione del masso roccioso su cui la città si fonda e che chiaramente aveva manifestato segnali di dissesto anche in antico, influenzando forse lo stato di danno delle costruzioni in elevato. In secondo luogo, le tecniche costruttive e murarie emerse dall'analisi, seppur speditiva e svolta contestualmente ad un'altra ricerca con obiettivi solo in parte affini al presente contributo, mostrano un'elevata qualità di lavorazione e finitura dei pezzi nonché un controllo rigoroso sulla loro messa in opera. Questi aspetti si traducono in manufatti con requisiti antisismici e un medio-elevato ingranamento trasversale ottenuto attraverso l'impiego di semi-diatoni e diatoni, e con l'apparecchiatura degli elementi a corsi orizzontali e sub-orizzontali evitando l'allineamento dei giunti verticali. Ulteriori osservazioni macroscopiche in merito alla composizione delle malte restituiscono una sapiente pratica di dosaggio di differenti inerti e altre componenti volta all'ottenimento di una resa maggiore dell'impasto. Questi dati si inseriscono in un quadro di prescrizioni a controllo delle proprietà della malta attivo sin dal Medioevo. Si tratta complessivamente di qualità che è stato possibile riferire, attraverso le indagini proprie dell'archeologia della produzione architettonica, ad un ciclo produttivo, e quindi a delle scuole specializzate, deducibili dalle fonti scritte e osservabili nelle tracce materiche dell'edificato. Sia i manufatti più antichi che le trasformazioni più recenti mostrano, salvo rare eccezioni moderno-contemporanee, una tradizione costruttiva volta a tutelarsi dai terremoti ricorrenti anche attraverso tipici elementi di presidio. Gli eventi tellurici, come specificato più volte, sono testimoniati a Civita sia dai cataloghi di sismologia storica (che raccolgono documentazioni d'archivio, bibliografiche e dati strumentali contemporanei) sia dalla lettura stratigrafica di alcuni complessi architettonici. Tale mole di informazioni costituisce un bagaglio di regole dell'arte tradizionali e locali che potrebbe, e dovrebbe,

⁷⁶ In Archivio di Stato di Viterbo, Segreteria di Stato, Vescovi e prelati, vol. 242, *Visita fatta in Bagnorea da monsignor illustrissimo, e reverendissimo Sceriman governatore generale del Patrimonio per i danni patiti da quella città in occasione delle reiterate scosse del terremoto dell'anno 1743*, Bagnorea 13 febbraio 1743.

insegnare molto anche oggi in termini di storia delle tecniche, sistemi di monitoraggio e progetti di intervento sul Patrimonio esistente in muratura.

Riallacciandosi a principi metodologici di analisi tridimensionale che erano propri della trattatistica storica e dei primi studi di Archeologia dell'Architettura, e coniugandoli con le esigenze di conoscenza e valutazione della risposta delle murature anche nel caso di azioni orizzontali, l'esperienza tecnologica dell'archeologo può essere rilevante, permettendogli di avere parte attiva nei processi di valutazione della sicurezza del costruito storico. Certo è che, per fare ciò, è necessario che egli provveda ad un *background* di formazione più allargato a comprendere almeno aspetti basilari di discipline come la Storia dell'Architettura, il Restauro e la Tecnica delle costruzioni⁷⁷, nonché che tenga costantemente presente le reali esigenze espresse dalle norme vigenti in materia di intervento sui beni tutelati e di interesse culturale⁷⁸. Ciò per evitare che, a monte di indagini propedeutiche a progetti di monitoraggio e/o intervento volti alla prevenzione sismica in questo caso, le altre discipline siano indotte per necessità a svolgere nuove classificazioni sulle murature storiche che meglio rispondano ai requisiti citati in precedenza e che, ancora più grave a parere di chi scrive, non si verificano le condizioni per attuare comparazioni mediante analogia con studi editi su tecniche costruttive simili nella medesima area di diffusione, attività prescritta dalla D.P.C.M. 2011 e che, come citato in premessa, svolge un ruolo essenziale nel limitare le prove distruttive sulle architetture in esame, agendo conseguentemente a favore di conservazione.

⁷⁷ Aspetto precedentemente sollevato in un contributo di Gian Pietro Brogiolo scritto, non casualmente, nel gennaio 2010 mentre la precedente versione delle *Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del Patrimonio culturale* (non ancora divenute D.P.C.M. 2011) era in fase di revisione.

⁷⁸ Nell'ambito di una ricerca in corso di svolgimento presso l'Università IUAV di Venezia si stanno, inoltre, sperimentando classificazioni murarie che, come richiesto dal D.P.C.M. 2011 (vedi stralcio riportato in nota 4), tengano conto anche di specifici fenomeni di degrado, come ad esempio l'erosione di blocchi e giunti. Essa può compromettere la capacità residua di un muro determinando sensibili riduzioni del carico critico (che può verificarsi, a sua volta, anche nel caso di parzializzazione delle sezioni resistenti) e provocando la progressiva diminuzione di aspetti tipicamente positivi di questo materiale eterogeneo come l'effetto cerchiate dei giunti di malta (ZAMBONI 2021).

Bibliografia

- ARRIGHETTI A. 2015, *L'archeosismologia in architettura. Per un manuale*, Firenze.
- ATTILI G. 2020, *Civita senza aggettivi e senza altre specificazioni*, Macerata.
- AVETA A. 2017, *Il progetto e il cantiere di restauro: l'approccio strutturale ed il consolidamento*, in AVETA A. (a cura di), *Sezione 3b, Progetto e cantiere: problematiche strutturali*, in RICerca/REStauo, Coordinamento di Donatella Fiorani, Roma, pp. 727-739.
- BACIARELLO G. 1990, *Le cave di basalto bagnoresi nel tardo Medioevo*, Bagnoregio (VT).
- BIANCHI G. 1996, *Trasmissione dei saperi tecnici e analisi dei procedimenti costruttivi*, in "Archeologia dell'Architettura", I, pp. 53-64.
- BOATO A., LAGOMARSINO S. 2011, *Stratigrafia e statica*, in BROGIOLO G.P. (a cura di), *Archeologia dell'Architettura: temi e prospettive di ricerca*, Atti del convegno, Gavi, 23-25 settembre 2010, in "Archeologia dell'Architettura", XV, pp. 47-53.
- BONELLI R. 1983, *Una inedita documentazione sulla Abbazia dei SS. Severo e Martirio*, in "Bollettino dell'Istituto Storico Artistico Orvietano", XXXIX, pp. 97-104.
- BORMIOLI *et alii* 1976 = BORMIOLI P., CAGIANO DE AZEVEDO M. 1976, *Civita di Bagnoregio*, Roma.
- BORRI A., DE MARIA A. 2009, *L'indice di Qualità Muraria (IQM): Evoluzione ed Applicazione nell'Ambito delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008*, in BRAGA F., SAVOIA M., *L'ingegneria sismica in Italia*, Atti del XIII Convegno Nazionale dell'Associazione Nazionale Italiana Di Ingegneria Sismica (ANIDIS), Bologna 28 giugno-2 luglio 2009, CD-Rom.
- BOSCHI *et alii* 1997 = BOSCHI E., GUIDOBONI E., FERRARI G., VALENSISE G., GASPERINI E P. 1997, *Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990*, 2, Roma-Bologna, CD-Rom.
- BROGIOLO G.P. 1988a, *Campionatura e obiettivi nell'analisi stratigrafica degli elevati*, in FRANCOVICH R., PARENTI R. (a cura di), *Archeologia e restauro dei monumenti*, I Ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia, Certosa di Pontignano, Siena 28 settembre-10 ottobre 1987, Quaderni del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti – Sezione Archeologia – Università di Siena, 12-13, Firenze, pp. 335-346.
- BROGIOLO G.P. 1988b, *Archeologia dell'edilizia storica. Documenti e metodi*, Como.
- BROGIOLO G.P. 2008, *Procedure di documentazione e processi interpretativi dell'edilizia storica alla luce delle "Linee Guida per la valutazione e riduzione del rischio sismico del Patrimonio culturale"*, in "Archeologia dell'Architettura", XIII, pp. 9-13.
- BROGIOLO G.P., FACCIO P. 2011, *Stratigrafia e prevenzione*, in BROGIOLO G.P. (a cura di), *Archeologia dell'Architettura: temi e prospettive di ricerca*, Atti del convegno, Gavi, 23-25 settembre 2010, in "Archeologia dell'Architettura", XV, pp. 55-63.
- CAGIANO DE AZEVEDO M., SCHMIEDT G. 1974, *Tra Bagnoregio e Ferento*, Roma.
- CALVI *et alii* 2006 = CALVI G.M., PINHO R., MAGENES G., BOMMER J.J., RESTREPO-VÉLEZ L.F., CROWLEY H. 2006, *Development of seismic vulnerability assessment methodologies over the past 30 years*, in "ISET Journal of Earthquake Technology", 472, 43, 3, pp. 75-104.
- CAMPANINI G. 2016, *Civita di Bagnoregio. Studi per la vulnerabilità sismica degli edifici in aggregato*, tesi di dottorato, XXVII ciclo, Politecnico di Milano, DASTU Dipartimento di Architettura e Studi Urbani, Dottorato di ricerca in Conservazione dei Beni Architettonici.
- CANGI G. 2012, *Manuale del recupero strutturale antisismico*, Roma.
- CAPOCACCIA G., MACCHIONI F. 1922, *Statuto della Città di Bagnoregio del 1373, 1921*, Ristampa anastatica anni Novanta (data ignota), Bagnorea (VT).
- CARBONE *et alii* 2001 = CARBONE I.V., FIORE A., PISTONE G. 2001, *Le costruzioni in muratura*, Milano.

- CERONE R. 2007, *L'Abbazia premostratense dei Santi Severo e Martirio presso Orvieto*, in "Arte medievale", V, 1, pp. 97-114.
- CHIOVELLI R. 2007, *Tecniche costruttive murarie medievali. La Tuscia*, Roma.
- CROCOLI G.B. 1989, *Celleno dalle origini al 1870 (Cenni storici sui castelli vicini)*, Celleno (VT).
- DELLA TORRE S. 1990, *Alcune osservazioni sull'uso degli incatenamenti lignei in edifici lombardi dei secoli XVI-XVII*, in CASCIATO M., MORNATI S., SCAVIZZI C.P. (a cura di), *Il modo di costruire*, Atti del convegno, Roma, 6-8 giugno 1988, Roma, pp. 135-145.
- DE MINICIS E. 2014, *Antiche cavità riutilizzate nel Medioevo. Cenni introduttivi*, in *L'Etruria meridionale rupestre*, Atti del convegno internazionale *L'Etruria rupestre dalla Protostoria al Medioevo. Insediamenti, necropoli, monumenti, confronti*, Barbarano Romano-Blera, 8-10 ottobre 2010, Roma, pp. 465-469.
- DESIDERIO V. 2008, *La colombaia rupestre nel Lazio Settentrionale: un esempio di attività economico-produttiva*, in DE MINICIS E. (a cura di), *Insediamenti rupestri di età medievale: abitazioni e strutture produttive*, Atti del Convegno Nazionale di Studi, Grottaferrata, 27-29 ottobre 2005, II voll., Spoleto, pp. 481-525.
- DESIDERIO V. 2014, *Il riutilizzo medievale delle cavità a uso funerario nella Tuscia: indagini preliminari*, in *L'Etruria meridionale rupestre*, Atti del convegno internazionale *L'Etruria rupestre dalla Protostoria al Medioevo. Insediamenti, necropoli, monumenti, confronti*, Barbarano Romano-Blera, 8-10 ottobre 2010, Roma, pp. 512-520.
- DI BUDUO *et alii* 2017 = DI BUDUO G.M., CHIARALUCE V., COSTANTINI L., PONZIANI T. 2017, *Bagnoregio Underground*, in "Professione Geologo", 51, pp. 25-32.
- DI PASQUALE S. 1996, *L'arte del costruire, tra conoscenza e scienza*, Venezia.
- DOGLIONI F. 2018, *Il danneggiamento sismico come processo. La lettura archeosismologica come strumento di prevenzione*, in ARRIGHETTI A. (a cura di), *Archeologia dell'architettura e terremoti*, Atti del seminario, Siena 18 maggio 2018, in "Archeologia dell'Architettura", XXIII, pp. 25-38.
- DOGLIONI F., MAZZOTTI P. (a cura di) 2007, *Codice di pratica per gli interventi di miglioramento sismico nel restauro del patrimonio architettonico - Integrazioni alla luce delle esperienze nella Regione Marche*, Ancona.
- DONÀ C. (a cura di) 2011, *Manuale delle murature storiche*, 2 voll., Roma.
- FACCIO *et alii* 2001 = FACCIO P., FORABOSCHI P., VANIN A. 2001, *La regola dell'arte e il comportamento meccanico dei pannelli in muratura*, in "Costruire in laterizio", vol. 84, pp. 60-65.
- FACCIO P., ZAMBONI I. 2018, *Archeologia dell'Architettura e Prevenzione. Metodi di primo livello per la valutazione della vulnerabilità sismica di complessi architettonici*, in F. SOGLIANI, B. GARGIULO, E. ANNUNZIATA, V. VITALE (a cura di), Atti del VIII Congresso Nazionale di Archeologia Medievale, Matera, 12-15 settembre 2018, Tomo 1, Sezione 2, Firenze, pp. 170-175.
- FACCIO P., ZAMBONI I. 2020, *Civita di Bagnoregio (VT). Applicazione di un metodo speditivo per la valutazione e la riduzione del rischio sismico di aggregati storici*, in *Un paese ci vuole. Studi e prospettive per i centri abbandonati e in via di spopolamento*, Atti del Convegno, Reggio Calabria, 7-9 novembre 2018, in "ArcHistoR", Extra n. 7, pp. 732-763.
- FIOCCA L. 1915, *Chiesa e Abbazia dei Santi Severo e Martirio (fuori Orvieto)*, in "Bollettino d'Arte del Ministero della Pubblica Istruzione", 9, 7, Roma, pp. 193-208.
- FORDINI SONNI M. 1995, *Il centro storico di Celleno. Una ricerca, un progetto per lo sviluppo*, Viterbo.
- FORMISANO *et alii* 2010 = FORMISANO, A., MAZZOLANI, F.M., FLORIO, G., LANDOLFO, R. 2010, *A quick methodology for seismic vulnerability assessment of historical masonry aggregates*, in MAZZOLANI F.M. (editors), *Urban Habitat Constructions under Catastrophic Events*, Proceedings of the COST Action C26 Final Conference, Naples, Italy, 16-18 September 2010, London, pp. 577-582.
- FRANCESCHI S., GERMANI L. 2020, *Il degrado dei materiali nell'edilizia. Cause e valutazione delle patologie*, Terza edizione, Roma.

- GARGANO M. 1988, *Civita di Bagnoregio*, in LATTANZI S., POLCI F. (a cura di), *Civita di Bagnoregio. L'ambiente, la memoria, il progetto*, Milano, pp. 29-50.
- GENTILI *et alii* 2014 = GENTILI S., COMODI P., NAZZARENI S., ZUCCHINI A. 2014, *The Orvieto-Bagnoregio Ignimbrite: Pyroxene crystal-chemistry and bulk phase composition of pyroclastic deposits, a tool to identify syn- and post-depositional processes*, in "European Journal of Mineralogy" 26(6), pp. 743-756.
- GIANNICCHEDDA E. 2021, *Fulmini e spazzatura. Classificare in archeologia*, Bari.
- GIOVANETTI F. (a cura di) 1992, *Manuale del recupero di Città di Castello. Le tavole degli elementi costruttivi dell'edilizia storica. Materiali del laboratorio urbanistico*, Siena.
- GIUFFRÈ A. 1991, *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*, Roma.
- GIUFFRÈ A. (a cura di) 1993, *Sicurezza e conservazione dei centri storici. Il caso Ortigia: codice di pratica per gli interventi antisismici nel centro storico*, Roma-Bari.
- GIUFFRÈ A., CAROCCI C.F. 1999, *Codice di pratica per la sicurezza e conservazione del centro storico di Palermo*, Roma-Bari.
- GIULIANI C.F. 2006, *L'edilizia nell'antichità*, Roma.
- GIULIANI C.F. 2011, *Provvedimenti antisismici nell'antichità*, in "JAT", 21, pp. 25-52.
- GURRIERI F. (a cura di) 1999, *Manuale per la riabilitazione e la ricostruzione postsismica degli edifici*, Roma.
- HENDRY A.W. 1981, *Statica delle strutture in muratura di mattoni*, Bologna.
- MACCHIONI F. 1956, *Storia civile e religiosa della Città di Bagnoregio dai tempi antichi sino all'anno 1503*, Viterbo.
- MANNONI T. 1984, *Metodi di datazione dell'edilizia storica*, in "Archeologia Medievale. Cultura materiale, Insediamenti, Territorio", XI, pp. 396-403.
- MANNONI T. 1987, *Archeologia della produzione*, in "Archeologia Medievale. Cultura materiale, Insediamenti, Territorio", XIV, Note e discussioni, pp. 559-564.
- MANNONI T. 2005, *Archeologia della produzione architettonica. Le tecniche costruttive*, in "Arqueologia de la Arquitectura", 4, pp. 11-19.
- MANNONI T., GIANNICCHEDDA E. 1996, *Archeologia della produzione*, Ristampa 2020, Torino.
- MARGOTTINI C. 1988, *Evoluzione morfologica del colle di Civita di Bagnoregio in tempi storici*, in LATTANZI S., POLCI F. (a cura di), *Civita di Bagnoregio. L'ambiente, la memoria, il progetto*, Milano, pp. 51-88.
- MARGOTTINI C., SERAFINI S. (a cura di) 1990, *Civita di Bagnoregio, osservazioni geologiche e monitoraggio storico dell'ambiente - una ricerca Enea*, Roma.
- MASTRODICASA S. 1943, *Dissesti statici delle strutture edilizie. Diagnosi - Consolidamento - Istituzioni teoriche - Applicazioni pratiche*, Ristampa della nona edizione 2012, Milano.
- PALLADINO *et alii* 2010 = PALLADINO D.M., SIMEI S., SOTTILI G., TRIGILA R. 2010, *Integrated approach for the reconstruction of stratigraphy and geology of Quaternary volcanic terrains: An application to the Vulsini Volcanoes (central Italy)*, in "The Geological Society of America Special Paper", 464, pp. 63-84.
- PARDI R. 2007, *Edifici monumentali ad Orvieto nel Medioevo*, in DELLA FINA G.M., FRATINI C. (a cura di), *Storia di Orvieto, II, Medioevo*, Orvieto, pp. 279-322.
- PARENTI R. 1985, *La lettura stratigrafica delle murature in contesti archeologici e di restauro architettonico*, in "Restauro & Città", I, 2, pp. 55-68.
- PARENTI R. 1988, *Sulla possibilità di datazione e di classificazione delle murature*, in FRANCOVICH R., PARENTI R. (a cura di), *Archeologia e restauro dei monumenti*, I Ciclo di Lezioni sulla Ricerca applicata in Archeologia, Certosa di Pontignano, Siena 28 settembre-10 ottobre 1987, Quaderni del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti - Sezione Archeologia - Università di Siena, 12-13, Firenze, pp. 280-304.

- PARENTI R. 1992, *Fonti materiali e lettura stratigrafica di un centro urbano: I risultati di una sperimentazione "non tradizionale"*, in "Archeologia Medievale. Cultura materiale, Insediamenti, Territorio", XIX, pp. 7-62.
- PECCERILLO A. (a cura di) 2012, *L'ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio*, Città di Castello (PG).
- PECCHIONI *et alii* 2008 = PECCHIONI E., FRATINI F., CANTISANI E. 2008, *Le malte antiche e moderne tra tradizione e innovazione*, Quarto Inferiore (BO).
- PECCERILLO *et alii* 2012 = PECCERILLO A., PERUGINI D., DONATI C. 2012, *L'ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio: Composizione, Origine e Modalità di Deposizione*, in PECCERILLO A. (a cura di), *L'ignimbrite di Orvieto-Bagnoregio*, Città di Castello (PG), pp. 11-34.
- PERALI P. 1919, *Orvieto. Note storiche di Topografia. Note storiche d'arte, dalle origini al 1800*, Orvieto.
- PETRANGELI PAPINI F. 1944-1947, *Rapporti della città di Bagnoregio con Orvieto e con i Monaldeschi nel Medio Evo*, Edizione postuma 1996, Roma.
- PETRANGELI PAPINI F. 1972, *Bagnoregio: cronologia storica*, Viterbo.
- QUILICI GIGLI S. 1981, *Colombari e colombaie nell'Etruria rupestre*, in "Rivista dell'Istituto nazionale d'archeologia e storia dell'arte", 3, 4, pp. 106-175.
- RICCETTI L. 1992, *La città costruita: lavori pubblici e immagine in Orvieto medievale*, Firenze.
- ROCCHI P. (a cura di) 2003, *Trattato sul consolidamento*, Roma.
- SANTI *et alii* 2003 = SANTI P., ANTONELLI F., RENZULLI A., PENSABENE P. 2003, *Leucite phonolite millstones from the Orvieto production centre: new data and insights into the Roman trade*, in "Periodico di Mineralogia", 73, 3, pp. 57-69.
- SERAFINI L. 2009, *Terremoti e architetture in Abruzzo. Gli espedienti antisismici del cantiere tradizionale*, in VARAGNOLI C. (a cura di), *Muri parlanti. Prospettive per l'analisi e la conservazione dell'edilizia storica*, Atti del convegno, Pescara 26-27 settembre 2008, Firenze, pp. 221-236.
- SETTIA A.A. 2017, *Castelli medievali*, Bologna.
- VECCHIATTINI R. 2009, *La civiltà della calce: storia, scienza e restauro*, Genova.
- ZEVU L. 2008, *Il manuale del restauro architettonico*, Roma.
- ZAMBONI I. 2018, *Tecniche speditive di rilievo stratigrafico per la valutazione della vulnerabilità sismica degli aggregati storici in muratura. Caso studio: Civita di Bagnoregio (VT)*, tesi di dottorato, XXX ciclo, Scuola di Dottorato di ricerca Università IUAV di Venezia in Architettura, Città e Design, curriculum "Storia dell'architettura e dell'urbanistica", tematica "Conservazione e restauro dell'architettura".
- ZAMBONI I. 2021, *Archeologia e modelli interpretativi del danno: strumenti per la mitigazione di vulnerabilità in architetture storiche veneziane*, in Cucco P., Ribera Ferrari F. (a cura di), *Ri-comporre i frammenti. Sfide per l'architettura a rischio*, "Esempi D'Architettura", Special Issue, pp. 137-148.

Norme e documenti

BORRI A, DE MARIA A. 2015 = Dipartimento Protezione Civile, Consorzio Universitario della Rete dei Laboratori di Ingegneria Sismica 2015, *Indice di Qualità muraria e correlazione con le caratteristiche meccaniche*, Prodotto della ricerca.

Circolare 2019 = Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, Circolare 21 gennaio 2019, n. 7, *Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17, gennaio 2018, (19A00855), G.U. n.35 del 11/02/2019 – Suppl. Ord. n. 5.*

Direttiva MIBACT 2015 = Direttiva del Ministro dei beni e delle attività culturali e del turismo 2015, *Aggiornamento della direttiva del 12 dicembre 2013 "Procedure per la gestione delle attività di messa in sicurezza e salvaguardia del patrimonio culturale in caso di emergenze derivanti da calamità naturali"*, (15A05594), G.U. Serie Generale n. 169 del 23/07/2015.

D.M. 1986 = Decreto del Ministro dei Lavori Pubblici del 24 gennaio 1986, *Norme tecniche relative alle costruzioni antisismiche*. G.U. n. 108 del 12/05/1986.

D.P.C.M. 2007 = D.P.C.M. 12 ottobre 2007, *Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme Tecniche per le costruzioni*. G.U. n. 25 del 29/01/2008 – Suppl. Ord. n. 24.

D.P.C.M. 2011 = Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 9 febbraio 2011, *Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008*, G.U. n. 47 del 26/02/2011 - Suppl. Ord. n. 54.

DPC, ReLUI 2010 = Dipartimento Protezione Civile, Consorzio Universitario della Rete dei Laboratori di Ingegneria Sismica 2010, *Linee Guida per il rilievo, l'analisi ed il progetto di interventi di riparazione e consolidamento sismico di edifici in muratura in aggregato*. Bozza.

GNDT II livello 1999 = Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, *Scheda di vulnerabilità di 2° livello (muratura)*, versione 1999.

NTC 2018 = Ministero infrastrutture e trasporti, D.M. 17 gennaio 2018, *Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»*, G.U. Serie Generale n. 42 del 20/02/2018 – Suppl. Ord. n. 8.

NorMal 1/88 = C.N.R. Centri di studio di Milano e Roma sulle cause di deperimento e sui metodi di conservazione delle opere d'arte, I.C.R. Istituto Centrale per il Restauro, *Raccomandazioni NORMAL. Alterazioni dei materiali lapidei e trattamenti conservativi - proposte per l'unificazione dei metodi di studio e di controllo*.

O.P.C.M. 2003 = Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003, *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*. G.U. Serie Generale n.105 del 08-05-2003 – Suppl. Ord. n. 72.

UNI 11182 – 2006 = UNI 11182 – 2006, *Beni culturali. Materiali lapidei naturali ed artificiali. Descrizione della forma di alterazione - termini e definizioni*.

Trattati

ALBERTI, L.B. 1546, *I dieci libri de l'Architettura. Da la latina ne la volgar lingua con molta diligenza tradotti (da Pietro*

Lauro), Editore: Vinegia, appresso Vincenzo Vaugris MDXLVI (Venezia, V. Valgrisi, 1546).

RONDELET G.B. 1831, *Trattato teorico pratico dell'arte dell'edificare di Giovanni Rondelet, prima traduzione italiana sulla sesta edizione originale con note e giunte importantissime per cura di Basilio Soresina*, Mantova.