

GIOVANNI MINUTOLI

Rocca San Silvestro

Restauro per l'archeologia

UP
FIRENZE
UNIVERSITY
PRESS



GIOVANNI MINUTOLI

Rocca San Silvestro

Restauro per l'archeologia

FIRENZE
UNIVERSITY
PRESS



Ricerche. Architettura, Pianificazione, Paesaggio, Design

La Firenze University Press, in collaborazione con il Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze, promuove e sostiene la collana *Ricerche. Architettura, Pianificazione, Paesaggio, Design*. Questa iniziativa si propone di offrire un contributo alla ricerca nazionale e internazionale sul progetto in tutte le sue dimensioni, teoriche e pratiche. I volumi delle collane sono valutati secondo le migliori policy editoriali internazionali e raccoglie i risultati delle ricerche di studiosi dell'Università di Firenze e di altre istituzioni nazionali e internazionali. *Ricerche. Architettura, Pianificazione, Paesaggio, Design* supporta pienamente la pubblicazione ad accesso aperto come strumento ideale per condividere idee e conoscenze in ogni campo di ricerca con un approccio aperto, collaborativo e senza scopo di lucro. Le monografie e i volumi miscelanei ad accesso aperto consentono alla comunità scientifica di ottenere un elevato impatto nella ricerca, nonché una rapida diffusione.

ricerche | architettura, pianificazione, paesaggio, design

Editor-in-Chief

Saverio Mecca | University of Florence, Italy

Scientific Board

Gianpiero Alfarano | University of Florence, Italy; **Mario Bevilacqua** | University of Florence, Italy; **Daniela Bosia** | Politecnico di Torino, Italy; **Susanna Caccia Gherardini** | University of Florence, Italy; **Maria De Santis** | University of Florence, Italy; **Letizia Dipasquale** | University of Florence, Italy; **Giulio Giovannoni** | University of Florence, Italy; **Lamia Hadda** | University of Florence, Italy; **Anna Lambertini** | University of Florence, Italy; **Tomaso Monestiroli** | Politecnico di Milano, Italy; **Francesca Mugnai** | University of Florence, Italy; **Paola Puma** | University of Florence, Italy; **Ombretta Romice** | University of Strathclyde, United Kingdom; **Luisa Rovero** | University of Florence, Italy; **Marco Tanganelli** | University of Florence, Italy

International Scientific Board

Nicola Braghieri | EPFL - Swiss Federal Institute of Technology in Lausanne, Switzerland; **Lucina Caravaggi** | University of Rome La Sapienza, Italy; **Federico Cinquepalmi** | ISPRA, The Italian Institute for Environmental Protection and Research, Italy; **Margaret Crawford**, University of California Berkeley, United States; **Maria Grazia D'Amelio** | University of Rome Tor Vergata, Italy; **Francesco Saverio Fera** | University of Bologna, Italy; **Carlo Francini** | Comune di Firenze, Italy; **Sebastian Garcia Garrido** | University of Malaga, Spain; **Xiaoning Hua** | NanJing University, China; **Medina Lasansky** | Cornell University, United States; **Jesus Leache** | University of Zaragoza, Spain; **Heater Hyde Minor** | University of Notre Dame, France; **Danilo Palazzo** | University of Cincinnati, United States; **Pablo Rodríguez Navarro** | Universitat Politècnica de València, Spain; **Silvia Ross** | University College Cork, Ireland; **Monica Rossi** | Leipzig University of Applied Sciences, Germany; **Jolanta Sroczynska** | Cracow University of Technology, Poland

GIOVANNI MINUTOLI

Rocca San Silvestro

Restauro per l'archeologia



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE

DIDA
DIPARTIMENTO DI
ARCHITETTURA

Rocca San Silvestro : restauro per l'archeologia / Giovanni Minutoli. — Firenze : Firenze University Press, 2021.

(Ricerche. Architettura, Pianificazione, Paesaggio, Design ; 11)

<https://www.fupress.com/isbn/9788855184311>

ISBN 978-88-5518-459-5 (Print)

ISBN 978-88-5518-431-1 (PDF)

ISBN 978-88-5518-469-4 (XML)

DOI 10.36253/978-88-5518-431-1

in copertina

Rocca San Silvestro, vista della parte sommitale dell'ingresso. Fotografia di Marco Repole

FUP Best Practice in Scholarly Publishing (DOI: 10.36253/fup_best_practice)

All publications are submitted to an external refereeing process under the responsibility of the FUP Editorial Board and the Scientific Boards of the series. The works published are evaluated and approved by the Editorial Board of the publishing house, and must be compliant with the Peer review policy, the Open Access, Copyright and Licensing policy and the Publication Ethics and Complaint policy.

Firenze University Press Editorial Board

M. Garzaniti (Editor-in-Chief), M.E. Alberti, F. Vittorio Arrigoni, E. Castellani, F. Ciampi, D. D'Andrea, A. Dolfi, R. Ferrise, A. Lambertini, R. Lanfredini, D. Lippi, G. Mari, A. Mariani, P.M. Mariano, S. Marinai, R. Minuti, P. Nanni, A. Orlandi, I. Palchetti, A. Perulli, G. Pratesi, S. Scaramuzzi, I. Stolzi.

 The online digital edition is published in Open Access on www.fupress.com.

Content license: except where otherwise noted, the present work is released under Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 4.0 International (CC BY-NC-SA 4.0: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/legalcode>).

This license allows you to share any part of the work by any means and format, modify it for any purpose, including commercial, as long as appropriate credit is given to the author, any changes made to the work are indicated and a URL link is provided to the license.

Metadata license: all the metadata are released under the Public Domain Dedication license (CC0 1.0 Universal: <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode>).

© 2021 Author(s)
Published by Firenze University Press

Firenze University Press
Università degli Studi di Firenze
via Cittadella, 7, 50144 Firenze, Italy
www.fupress.com

*This book is printed on acid-free paper
Printed in Italy*

progetto grafico

didacommunicationlab

Dipartimento di Architettura
Università degli Studi di Firenze

Susanna Cerri
Federica Aglietti

Stampato su carta di pura cellulosa *Fedrigoni Arcoset*

ELEMENTAL
CHLORINE
FREE
GUARANTEED



Presentazione Presentation	9
<i>Giuseppe De Luca</i>	
Prefazione Preface	11
<i>Andrea Camilli</i>	
Rocca San Silvestro: percorsi innovativi di ricerca e valorizzazione	13
<i>Silvia Guideri</i>	
Introduzione Introduction	19
<i>Giovanni Minutoli</i>	
Il progetto di conoscenza The knowledge project	35
Scavi archeologici Archaeological excavations	46
Valutazioni geomorfologiche Geomorphological evaluations	50
Materiali e tecniche costruttive Materials and construction techniques	54
Degradati architettonici e strutturali Architectural and structural degradation	69
Gli interventi di restauro Restoration work	81
La cantierizzazione dell'area The area as a construction site	84
Disgaggi di materiali pericolanti e chiodature dei costoni rocciosi	88
Removal of unsafe material and riveting of rocky ridges	
Pulizia delle aree Cleaning of areas	92
Interventi di consolidamento con terre armate Consolidation interventions with reinforced soil	94
Regimentazione delle acque meteoriche Rainwater control	96
Restauro e consolidamento delle murature Restoration and consolidation of masonry	104
Restauro e manutenzione delle pavimentazioni Restoration and maintenance of flooring	118
Archeologia sperimentale e restauro dell'unità tecnica tre	122
Experimental archaeology and restoration of technical unit three	
Interventi di restauro e consolidamento: la cisterna, la chiesa, il cimitero	126
Restoration and consolidation interventions: the cistern, the church, the cemetery	
Il progetto di valorizzazione The valorisation project	141
Ampliamento dei percorsi di visita Expansion of the visit routes	144
Il progetto di illuminazione The lighting project	150
Cartellonistica e segnaletica per una nuova accessibilità Signage and signage for new accessibility	158
Fruizione in remoto dell'area archeologica Remote use of the archaeological area	160

Appendice Appendix	167
Il restauro dei palinsesti murari: tecniche di consolidamento alla prova del tempo	169
The restoration of palimpsest walls: consolidation techniques that stand the test of time <i>Francesco Pisani</i>	
Per un piano integrato di progettazione e valorizzazione	177
An integrated plan of design and valorization <i>Francesca Giusti</i>	
Il rilievo digitale per l'archeologia Digital survey for archeology	185
<i>Matteo Bingongiari</i>	
Il rilievo laser scanner Laser scanner survey	195
<i>Andrea Lumini</i>	
Il rilievo fotogrammetrico Photogrammetric survey	207
<i>Matteo Bigongiari, Andrea Lumini</i>	
La malta a campione come origine The sample mortar as original	217
<i>Stefano Buratti</i>	
Analisi propedeutiche agli interventi di restauro, caratterizzazione delle tipologie costruttive	229
Preparatory analyzes for restoration interventions, characterization of construction types <i>Gianluca Fenili</i>	
Conservazione dei paramenti lapidei The restoration of stone surfaces	237
<i>Giorgio Ghelfi</i>	
Applicazioni HBIM per il restauro HBIM Application for restoration	245
<i>Sara Marchini</i>	
La fotografia come specchio del restauro Photography as a mirror of the restoration	255
<i>Marco Repole</i>	
Bibliografia Bibliography	271
Ringraziamenti	281



Come intervenire nel recuperare un insediamento di rocca, scoperto recentemente, in una Regione ricca di testimonianze medioevali come la Toscana? È questa la prima preoccupazione del volume nell'affrontare il caso studio di Rocca a Palmento, più diffusamente conosciuta come Rocca San Silvestro: il "pitosforo" fortificato posto sul crinale di Monte Rombolo, all'interno dell'attuale Parco Archeominerario dell'Alta Maremma.

Quali sono le conoscenze necessarie, le tecniche utili e le modalità giuste per riconoscere prima l'opera e poi rispettarla in un progetto di recupero? È questa la seconda preoccupazione del volume, esito di una robusta collaborazione interdisciplinare di figure di studiosi e figure professionali specialistiche, capaci di analizzare e identificare l'impianto insediativo, le tecniche edificatorie che lo hanno prodotto, interpretare la loro evoluzione nel tempo, capire il funzionamento dell'abitato fino al suo definitivo abbandono, ed infine interpretare il tutto dopo la riscoperta avvenuta negli anni Ottanta del Novecento.

Come intervenire per preservare un bene culturale di un approccio progettuale che investe molteplici aspetti che, nel rispetto dei criteri imposti a qualsiasi intervento attuato sui beni culturali, implicano la conoscenza teorica e pratica dei metodi e delle tecniche?

Il volume curato da Giovanni Minutoli, nato all'interno di un progetto di ricerca del Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze, risponde a queste domande affidandosi alle competenze interdisciplinari e alla conoscenze specialistiche di diversi autori. La proposta di ricerca va comunque oltre. Usare il caso della Rocca San Silvestro per interrogarsi sul binomio restauro e recupero di un bene archeologico.

Come noto il restauro archeologico identifica, nel significato più comune, interventi di natura conservativa di manufatti provenienti da operazioni di scavo. È una operazione delicata nella quale le singole competenze specialistiche interagiscono nel rispetto e valorizzazione delle singole competenze interagiscono insieme coordinate da un architetto-restauratore. Il volume propone di andare oltre e di affrontare, fin dalle fasi di studio e svelamento dell'insediamento della Rocca, di porsi fin da subito anche il problema del recupero, che implica anche azioni intenzionali di parziale "ritorno in vita" del bene.

Restauro per l'archeologia significa proprio questo: porsi altre domande, teoriche e tecniche insieme, trsguardare lo sguardo verso il possibile recupero, dei materiali "nuovi" da utilizzare per conservare quelli vecchi, sulle tecniche meno invasive possibili e, soprattutto, della fruizione. Cioè della messa a disposizione del bene per la comunità e per la società che quel bene deve scoprire, imparare a conoscere ed amare e, soprattutto, goderlo.

Il volume, da questo punto di vista, è uno strumento di didattico non solo per i percorsi formativi di livello universitario, quanto per gli operatori e la pubblica amministrazione.

Negli ultimi anni si assiste ad una crescente confusione che attraversa trasversalmente il campo del restauro, che necessita sempre più di un approccio diverso da quello tradizionale, svincolandosi dalla enumerazione delle competenze per avvicinarsi sempre più ad un approccio multidisciplinare che comporti scelte condivise.

Tutto ciò nonostante la progressiva normalizzazione della normativa, che ha risolto annosi e consolidati problemi: se da un lato infatti la definizione normativa delle competenze specifiche delle professioni non ordinistiche dei Beni Culturali ha ridefinito chiaramente spazi operativi e compiti di queste, riportando chiaramente peraltro anche la competenza della tutela all'ambito professionale delle cd. "professioni della tutela" (Architetti, Archeologi, Storici dell'Arte e, in altri casi Archivistici e Bibliotecari), dall'altro la riunificazione degli organismi preposti alla tutela ha permesso la caduta di assurdi – benché consolidati dall'uso – limiti di competenza cronologica, riportando rispettivamente le strutture alla competenza di chi di strutture si occupa. Ciononostante, complice una pigrizia di fondo nel prendere atto dei cambiamenti, interessi specifici di categoria, interventi legislativi trasversali sulla normativa afferente al codice degli appalti e alla giurisprudenza ad esso satellite, e capziose situazioni di "forza maggiore" (rafforzate dalla confondente seppure tradizionale definizione di "restauro archeologico" applicato all'ambito architettonico, grazie al peccato originale della confusione tra metodo ed oggetto su cui applicarlo) portano ancora troppo spesso ad approcci unilaterali che spesso hanno pesanti quanto definitivi effetti sul bene tutelato.

È stato quindi un grande piacere poter monitorare e seguire, seppure indirettamente, un intervento di restauro monumentale condotto con un approccio realmente interdisciplinare, dove la conoscenza del complesso (resa possibile dalle numerose ed ormai storiche campagne di scavo, che negli anni hanno portato alla luce il borgo fortificato) ha portato ad una idea di percorso di fruizione, che a sua volta ha guidato le scelte di sistemazione, ripristino e protezione delle strutture, in una continua interrelazione che, ottimamente gestita a livello progettuale dall'Autore, ha unito architetti ed archeologi di Università, Società dei Parchi e Soprintendenza in una costata dialettica che ha arricchito e perfezionato il progetto. Scelte come quelle effettuate sul trattamento delle superfici murali, o sul notevole sistema di messa in sicurezza delle aperture della chiesa, hanno rilevato una attenzione alle dinamiche della fruizione integrate con una profonda comprensione dell'oggetto dell'intervento, che solo un approccio interdisciplinare può dare.

È con ancora più grande piacere poter presentare, quindi, questo prezioso saggio di metodo, che illustra un intervento di potenziamento del complesso di Rocca San Silvestro, nucleo originale e portante di quello splendido e vitale esperimento di fruizione e condivisione costituito dai Parchi della Val di Cornia.



La Rocca di San Silvestro, cuore del parco archeominerario cui ha dato il nome, è un insediamento fortificato medievale, potremmo dire come tanti altri, anche se il suo stato di conservazione lo rende di fatto eccezionale, ma in realtà la sua eccezionalità è molteplice.

Rocca San Silvestro è forse, come scrive Sauro Gelichi nella sua bellissima presentazione al primo volume dedicato al restauro di rocca di San Silvestro di Andrea Arrighetti¹, il castello italiano più noto alla comunità scientifica europea da quando Riccardo Francovich lo ha messo al centro di un pionieristico progetto di ricerca², le cui finalità, oltre a quelle disciplinari sulla formazione della Signoria territoriale, sui villaggi abbandonati e sulla archeologia della produzione mineraria e metallurgica³, furono fin da subito quelle di innescare una antesignana riflessione sull'uso pubblico o sulla utilità sociale della ricerca archeologica.

In quegli anni Riccardo Francovich fece battaglie per rivendicare una diversa concezione della tutela dei siti archeologici, come profondamente integrata a quella dei contesti e dei paesaggi in cui questi siti si collocano e comprese, con la consueta lungimiranza, la necessità di rendere fruibili le aree che con risorse pubbliche erano state indagate.

A Rocca San Silvestro, tra il 1984 e la prima metà del decennio successivo, è stato realizzato il primo scavo estensivo in Italia di un sito fortificato, che ha rappresentato un punto di arrivo e di partenza nello studio della signoria rurale e dell'incastellamento⁴. Tramite queste ricerche, Riccardo Francovich riuscì ad evidenziare per la prima volta il ruolo strategico che la gestione delle risorse minerarie ha avuto nel processo di affermazione della stessa signoria feudale attraverso una vera e propria iniziativa 'imprenditoriale'.

Accanto allo scavo intensivo del castello negli stessi anni fu avviata una sistematica ricerca di superficie⁵ nell'intero territorio Campigliese, per ricostruire, attraverso l'archeologia dei paesaggi, i sistemi di insediamento nei vari periodi storici (dalla protostoria all'età moderna) e l'approccio delle comunità alle risorse disponibili⁶.

¹ A. Arrighetti, Rocca San Silvestro. Archeologia per il Restauro, Firenze 2017, Recensione in "ARCHEOLOGIA MEDIEVALE" XLV, 2018 (S. GELICHI).

² Sullo scavo di Rocca San Silvestro, condotto dal Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti dell'Università di Siena dal 1984 al 1994, cfr. in ultimo: Riccardo Francovich, Rocca San Silvestro, Roma 1991.

³ Riccardo Francovich Chris Wickham, Uno scavo archeologico ed il problema dello sviluppo della signoria territoriale: Rocca San Silvestro e i rapporti di produzione mineraria, "Archeologia Medievale", XXI (1994)

⁴ FRANCOVICH R. GELICHI S. PARENTI R., *Aspetti e problemi di forme abitative minori attraverso la documentazione materiale nella Toscana medievale*, All'Insegna del Giglio - Firenze - 1980

⁵ A. CASINI, *Archeologia di un territorio minerario: i Monti di Campiglia*, in R. MAZZANTI (a cura di), *La scienza della terra nella Provincia di Livorno a sud del fiume Cecina*, Livorno 1993, pp. 303-314

⁶ A. CASINI, R. FRANCOVICH, *Problemi di archeologia mineraria nella Toscana medievale: il caso di Rocca San Silvestro (LI)*, in *Les Techniques Minières de l'Antiquité au XVIII Siècle, Edition du CTHS*, Paris 1992, pp. 249-265

Il cantiere scuola di Rocca San Silvestro fu pionieristico anche per molti altri aspetti relativi alle metodologie applicate, frutto di un continuo dialogo e sperimentazione fra discipline diverse. Fu una formidabile palestra in cui per la prima volta si procedette ad una analisi globale di tutte le architetture del castello⁷ indagate nella loro sequenza stratigrafica e nei procedimenti costruttivi con l'obiettivo di ricostruire le caratteristiche delle diverse organizzazioni di cantiere succedutesi nel corso dei secoli.

Sperimentale è stata anche la strategia che ha portato alla costruzione del parco archeologico che dal castello ha preso il nome. Un progetto che ancora una volta si è incentrato sulla multidisciplinarietà e sulla intersezione fra politiche urbanistiche e territoriali e una ricerca trasversale che ha avuto come oggetto non il singolo monumento, ma un intero paesaggio, anche sotterraneo, studiato e raccontato tanto nei suoi aspetti naturalistici che storico archeologici fino alle recenti trasformazioni dell'archeologia industriale⁸.

Un progetto che ha saputo cogliere e ha fatto emergere la ricchezza di questo territorio e il potenziale che, accanto all'interesse scientifico e agli obiettivi di tutela del patrimonio (sia archeologico che minerario), aveva anche dal punto di vista dello sviluppo e della riconversione economica, in un momento di crisi della precedente monocultura industriale.

In questo scenario e in particolare per la rocca di San Silvestro, luogo simbolo del parco e dei suoi valori archeologici e paesaggistici, si inseriscono molte possibili forme di tutela e valorizzazione del paesaggio, tutte basate su un approccio "progettuale" che si pone l'obiettivo di lavorare sulla peculiarità del contesto e sulla compatibilità fra le diverse forme di gestione.

Si tratta di una modalità integrata e diversificata di lavoro che considera la rocca e il suo contesto paesaggistico come *unicum* inscindibile, un 'precipitato' di risorse, come lo ha definito Riccardo Francovich⁹, all'interno del quale trovano spazio attività di archeologia sperimentale come il cantiere edile medievale, o la bottega del fabbro, ma anche progetti di recupero delle antiche coltivazioni dell'olivo.

Proprio da queste riflessioni, da questo progetto, dalla conoscenza e dalla complessità di un territorio straordinariamente ricco di informazioni, dal coinvolgimento dei governi locali e dalla costante interazione fra pianificazione, ricerca e tutela, si è sviluppata la consapevolezza di poter riconvertire l'economia di un territorio profondamente segnato dalle grandi trasformazioni economiche e ambientali contemporanee.

La ricerca archeologica in questo caso è stata messa concretamente a servizio e a beneficio di un territorio e Rocca San Silvestro è divenuto un modello per gli studiosi (archeologi, architetti, naturalisti) e per chi si occupa di tutela, di valorizzazione e di gestione del patrimonio.

⁷ Bianchi G. 1995, *L'analisi dell'evoluzione di un sapere tecnico, per una rinnovata interpretazione dell'assetto abitativo e delle strutture edilizie del villaggio fortificato di Rocca S.Silvestro*, in R.Francovich e E.Boldrini (a cura di), *Acculturazione e mutamenti. Prospettive nell'archeologia medievale del Mediterraneo*, Firenze, pp.361-396

⁸ R. Francovich, in Zucconi M. Casini A., 2003, (a cura di), *Un'impresa per sei parchi. Come gestire in modo imprenditoriale e innovativo il patrimonio culturale e ambientale pubblico*, Il sole24ore, Milano, 2003, S. Guideri, *L'archeologia della produzione e la formazione dei paesaggi minerari*, in S.Guideri e S.Borgognoni (a cura di), *Linee Guida per la Tutela, Gestione e Valorizzazione di Siti e Parchi Geominerari. Proposte e prospettive per la crescita e sostenibilità del settore*, ISPRA Manuali e linee guida 46/2008, Roma, pp. 32-39.

⁹ R. Francovich 2003 cit.

Restauro consapevole

Una delle innumerevoli riflessioni che le indagini sul castello di San Silvestro hanno stimolato, riguarda il tema del rapporto fra archeologia e restauro dei monumenti, ancora una volta sulla scia della del dibattito metodologico sviluppato dalla scuola senese di Archeologia medievale negli anni ottanta¹⁰. Queste problematiche sono tanto più evidenti quando si opera in siti fortificati medievali e per questo in seno all'archeologia medievale si è sviluppato negli stessi anni anche uno specifico metodo operativo che affronta con approccio archeologico l'analisi stratigrafica degli elevati¹¹. La sperimentazione sul campo, in particolare laddove la monumentalità dei resti ha un diretto rapporto con il tradizionale deposito archeologico, ha imposto dunque la necessità di far dialogare l'analisi archeologica e in particolare una rigorosa analisi filologica e stratigrafica degli elevati con la pratica restaurativa intersecando le rispettive metodologie di studio. Quando l'intervento agisce su un contesto fruibile al pubblico, cosa sempre auspicabile se non doverosa, è inoltre necessario integrare la progettualità con le problematiche legate alla valorizzazione di un patrimonio che deve essere gestito con i tempi della manutenzione e della gestione¹².

L'archeologia è necessariamente distruttiva perché, per comprendere, deve smontare pezzo per pezzo la stratificazione storica. Il lavoro dell'archeologo quindi non può non essere accompagnato, già in fase progettuale, dal consolidamento delle strutture indagate, tanto più quando tali strutture sono, come devono essere, oggetto di fruizione pubblica.

Sauro Gelichi, parlando di questo progetto nella già citata recensione¹³, fa a questo proposito una interessante riflessione sul concetto di usura prodotta dall'intervento archeologico, che si innesta in un processo millenario e per certi versi irreversibile di usura naturale e parla di *“strategie e metodi che un gruppo di lavoro interdisciplinare ha messo in atto al momento di risanare le ferite del post-scavo su un grande contesto storico-archeologico”*, una frase molto efficace perché di ferite effettivamente si tratta.

A San Silvestro non fu possibile, perché troppo complesso ed oneroso in quel momento, attivare un progetto di restauro organico e contestuale alle indagini archeologiche, improntato ai principi più volte auspicati da Francovich¹⁴. Il problema dei consolidamenti fu risolto con interventi puntuali e non sempre coordinati, che si sono susseguiti anche dopo la prima apertura al pubblico della rocca di San Silvestro nel 1995.

¹⁰ Si veda l'edizione del I ciclo di lezioni sulla ricerca applicata in archeologia, su Archeologia e restauro dei monumenti, cfr. 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, Firenze 1988

¹¹ Parenti R. La lettura stratigrafica delle murature in contesti archeologici e di restauro architettonico, "Restauro & Città" I (1985), fasc. 2, pp. 55-68. G. Bianchi, R. Francovich, L'archeologia dell'elevato come archeologia, "Arqueologia de la Arquitectura", I, pp. 101-112.

¹² Su queste problematiche si veda l'interessante contributo di Francovich su Archeologia Medievale del 1979, dove vengono affrontati, con impressionante lungimiranza, anche gli aspetti di valorizzazione e musealizzazione dei siti oggetto di restauro come evoluzione imprescindibile del processo di conoscenza e tutela. Cfr. Francovich R. Alcuni problemi dei rapporti pratici fra archeologia, restauro e pianificazione territoriale (in margine all'esperienza toscana), in "Archeologia Medievale. Cultura materiale, insediamenti territorio" VI (1979), Firenze, pp. 35-46.

¹³ A. Arrighetti, Rocca San Silvestro. Archeologia per il Restauro, Firenze 2017, Recensione in "Archeologia Medievale" XLV, 2018 (S. Gelichi).

¹⁴ Si veda su questo aspetto l'introduzione di Giovanna Bianchi al volume di Andrea Arrighetti, Bianchi G. in A. Arrighetti, Rocca San Silvestro. Archeologia per il Restauro, Firenze 2017, pp. 13-15..

Fra il 1988 e il 1993 la allora Soprintendenza ai monumenti di Pisa ha effettuato alcuni interventi che hanno interessato l'area signorile e alcuni edifici del borgo con integrazioni di parte delle tessitura mancante e consolidamento delle creste. Dal 1992 al 1995, nell'ambito dei primi lavori per l'apertura del parco, sono state effettuati alcuni interventi finalizzati alla realizzazione e alla messa in sicurezza dei percorsi di visita in vista dell'apertura al pubblico del sito di San Silvestro¹⁵.

Purtroppo l'usura legata alla esposizione agli agenti atmosferici e quella inevitabile indotta dai consistenti flussi di visitatori hanno ben presto reso necessario, un ulteriore intervento di consolidamento delle strutture, ad integrazione degli interventi di restauro già effettuati. Da qui è emersa con grande urgenza la necessità di individuare norme tecniche e linee guida per dare all'intervento di restauro della rocca di San Silvestro la coerenza che meritava.

L'obiettivo era dunque non soltanto quello di affrontare un ulteriore intervento di consolidamento, ma quello di definire un progetto di restauro organico, interdisciplinare e coerente nel rispetto delle premesse metodologiche sopra delineate. Un progetto che potesse armonizzare gli interventi pregressi andando a definire, sulla base delle conoscenze acquisite con la ricerca e in relazione con le esigenze emerse in relazione alla gestione, dei criteri di intervento replicabili in funzione della disponibilità di risorse.

Come ho già ho avuto modo di evidenziare¹⁶, questo progetto ha infine rappresentato anche una preziosa opportunità per riprendere, insieme al Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali dell'Università di Siena e al Dipartimento di Architettura dell'Università di Firenze, il filo rosso della ricerca alla Rocca di San Silvestro. In occasione del progetto di restauro e consolidamento all'interno della Rocca di San Silvestro sono stati infatti realizzati nuovi sondaggi archeologici¹⁷ funzionali agli interventi di restauro e allo stesso tempo utili per aggiungere nuovi dati alle conoscenze acquisite grazie al decennio di scavi condotti tra il 1984 e il 1994 dal Dipartimento di Archeologia dell'Università di Siena¹⁸.

Queste le premesse su cui si è impostato fin da subito il dialogo e il confronto con Giovanni Minutoli, progettista e autore di questo volume, che ho avuto la fortuna di incontrare nel 2016, quando ci si è presentata l'opportunità di disporre di risorse da destinare a questo obiettivo¹⁹.

¹⁵ L'intervento, finanziato sui fondi RESIDER (ex reg. CEE 328/1988), fu inizialmente gestito dal Comune di Campiglia Marittima e dopo la costituzione della Società nel 1993, affidato dal Comune alla Parchi Val di Cornia S.p.A. Sui primi interventi per l'apertura del Parco Archeominerario di San Silvestro Guideri 2003 in Zucconi M. Casini A., 2003, (a cura di), *Un'impresa per sei parchi. Come gestire in modo imprenditoriale e innovativo il patrimonio culturale e ambientale pubblico*, Il sole24ore, pp.

¹⁶ Guideri S. in A. Arrighetti, *Rocca San Silvestro. Archeologia per il Restauro*, Firenze 2017, pp. 7-9.

¹⁷ Le indagini sul campo, ancora inedite, sono state effettuate da Parchi Val di Cornia in collaborazione con l'insegnamento di Archeologia Medievale del Dipartimento di Scienze Storiche e dei Beni Culturali dell'Università degli Studi di Siena (responsabile Giovanna Bianchi) e condotte sul campo da Alessandro Fichera.

¹⁸ Francovich R., Parenti R. (a cura di), 1987, *Rocca S.Silvestro e Campiglia. Prime indagini archeologiche*, "Quaderni dell'Insegnamento di Archeologia Medievale della Facoltà di Lettere e Filosofia dell'Università di Siena".

¹⁹ Il progetto per il restauro e il consolidamento del villaggio medievale di Rocca San Silvestro è finanziato dal Progetto regionale "Investire in cultura" annualità 2016 – Programma Operativo Regionale FESR 2007-2013 e cofinanziamento del Comune di Campigli per un importo complessivo di € 800.000,00.

Ci fu subito intesa, quell'intesa fra discipline che sta alla base della riuscita di un progetto e devo dire che sono particolarmente orgogliosa di poter scrivere queste righe all'interno del suo volume che credo possa essere considerato a pieno titolo un manuale di restauro archeologico, come sono orgogliosa di aver collaborato a questo progetto, un progetto per me entusiasmante e fecondo che sentivo come un dovere e che forse noi tutti dovevamo a Riccardo Francovich e alla sua rocca. (foto)

Proprio l'esistenza di linee guida, redatte nel rispetto della stratigrafia degli elevati e delle diverse tecniche costruttive, ci consente oggi di muoversi in modo coerente, anche per lotti successivi, senza perdere di vista quell'unitarietà di progetto che il monumento meritava e che per il Parco rappresenta un valore imprescindibile.



Il progetto di restauro di Rocca San Silvestro nasce dal confronto costante tra studiosi (architetti, archeologi, geologi e paesaggisti) appartenenti a diverse università e i responsabili scientifici della società Parchi Val di Cornia. Questa, fondata nel 1989, è nata per tutelare un intero paesaggio culturale (Francovich-Buchanan, 1995; Guideri, 2017) che si occupa della conservazione di aree naturalistiche, di siti archeologici, ma anche di complessi edilizi come il castello di Piombino. Le tipologie di interventi previsti rientrano a pieno titolo nell'ambito del settore del restauro che viene chiamato restauro archeologico o per meglio dire nello specifico del restauro degli edifici in stato di rudere. Le azioni sulle rovine, intese ruskinianamente come sacra traccia di "accumulazione della memoria" (Romeo E. 2019) o come "monumenti morti" in contrapposizione a quelli "vivi" (Gustavo Giovannoni) richiede una comprensione profonda dei plurimi valori possibili di cui sono portatori, per una consapevolezza raggiungibile soltanto con uno studio pluridisciplinare del testo rudereale. Come evidenziato da Pietro Giusberti:

La sottile linea che distingue il restauro archeologico da quello architettonico non fa certo riferimento ad una sua pur convenzionale data storica di discriminazione e nemmeno alle relative tradizionali competenze professionali, legate a quella convenzione, fra archeologo e storico dell'arte; essa si basa piuttosto su una condizione del manufatto, dall'aver subito o meno, nell'arco della sua storia, il trauma dell'abbandono, e quindi la perdita della sua funzione originaria [...] Intervenire su un manufatto che ha perduto la sua forma compiuta e la sua funzione pone evidentemente qualche problema differente rispetto ad un organismo architettonico che mantiene sia l'una che l'altra. (Giusberti P. 1944).

È interessante infatti ricordare come le azioni tecniche svolte nello specifico ambito del restauro del rudere siano, più che per l'architettura

The restoration project of Rocca San Silvestro came to life through the constant discussions among scholars (architects, archeologists, geologists and landscapers) from different universities and the scientific managers of the Val di Cornia Parks Society. Founded in 1993, it was born to protect an entire cultural landscape (Francovich-Buchanan, 1995; Guideri, 2017) which deals with the conservation of natural areas, archeological sites, and building complexes of the likes of the castle of Piombino. The types of interventions envisaged fall fully within the scope of the restoration sector which is called archaeological restoration or rather specifically the restoration of buildings in a state of ruin. The actions on the ruins, understood Ruskinianly as a sacred trace of "accumulation of memory" (Romeo E. 2019) or as "dead monuments" as opposed to "living" ones (Gustavo Giovannoni ????) requires a deep understanding of multiple possible values of which they are bearers, for an awareness which is only achievable through a multidisciplinary study of the ruderal text. As highlighted by Pietro Giusberti:

The fine line that distinguishes between archaeological restoration and architectural restoration certainly does not stem from its conventional historical date nor from the relative traditional professional skills linked to that convention, between archaeologist and art historian; but it is based on a condition of the artifact, from having suffered or not, throughout its history, the trauma of abandonment, and therefore the loss of its original function

[...] Intervening on an artifact that has lost its complete form and its function obviously poses some problems different to an architectural organism that maintains both one and the other. (Giusberti P. 1944).

In fact, it is interesting to remind how technical actions carried out in the specific field of restoration of ruins are, more than by "living" architecture, not only conditioned by the need to respect the principles of conservation – reversibility, recognizability, minimal intervention – but also not to scratch that "psychological dimension" that, at least since the eighteenth century, has led not only architects but also writers, philosophers and sociologists to load the ruins with many and various meanings (Oteri M. A. 2009).

The theory of archeological restoration does not yet exist to-date. The 1956 Unesco Recommendation of New Delhi represents the first step to define the principles to be applied in restoration of buildings in ruin. Those developed in the 1969 Convention of London follow together with the European Convention on infringements causing damage to cultural heritage with focus on Delfi archeological heritage in 1985. In the same year, ICOMOS, basing itself on the Charter of Venice, approved the first International Charter on the protection and management of archeological heritage in Lausanne (Melucco Vaccaro A. 2000; Romeo E., Morezzi E., Rudiero R. 2017).

The restoration project of Rocca San Silvestro was developed knowing that the site not only needed technical restoration interventions, but also and most of all a critical examination evaluating the peculiarities of the site and its potential, favouring not only a reversible, recognizable and compatible project but also a sustainable one, rendering it functional in today's world while preserving it for future generations (Caccia Gherardini S. 2019). One of the definitions of sustainable development mainly used was drawn up by Gro Harlem Brundtland, president of the World Environment and Development Commission, who in 1987, instructed by the United Nations, presented a Report carrying his name: [note] "Sustainable devel-

"vimente", condizionati non solo dalla necessità di rispettare i principi della conservazione – reversibilità, riconoscibilità, minimo intervento – ma anche di non scalfire quella "dimensione psicologica" che, almeno a partire dal Settecento, ha portato non solo architetti ma anche letterati, filosofi e sociologi a caricare i ruderi di molti e vari significati (Oteri M. A. 2009).

Ad oggi, la teoria del restauro archeologico, non esista ancora. Le Raccomandazioni Unesco a Nuova Delhi del 1956 rappresentano il primo passo per definire i principi da applicare nel restauro degli edifici in stato di rudere. A queste prime indicazioni fanno seguito quelle sviluppate nella Convenzione di Londra del 1969, quelle delle Convenzione Europea sulle infrazioni commesse a danno dei beni culturali, e in particolar modo sul patrimonio archeologico di Delfi del 1985. L'Icomos, sempre nello stesso anno, mutuando la Carta di Venezia approva a Losanna la prima Carta internazionale per la protezione e gestione del patrimonio archeologico. (Melucco Vaccaro A. 2000; Romeo E., Morezzi E., Rudiero R. 2017)

Il progetto di restauro di Rocca San Silvestro si è sviluppato nella consapevolezza che il sito necessita, non solo di operazioni tecniche di restauro, ma anche e soprattutto di un atto critico che, valutando le caratteristiche peculiari del sito e le sue potenzialità, favorisca la redazione di un progetto non solo reversibile, riconoscibile e compatibile ma anche e soprattutto un restauro sostenibile, valutando questo termine come la capacità di intervenire sul bene rendendolo funzionale nella contemporaneità e preservandolo per le generazioni future (Caccia Gherardini S. 2019).

Una delle definizioni di sviluppo sostenibile maggiormente utilizzata nel mondo è stata elaborata da Gro Harlem Brundtland, presidente della Commissione mondiale su Ambiente e Sviluppo, che nel 1987, su incarico delle Nazioni Unite, presenta un Rapporto che porterà il suo nome: [nota] "Lo sviluppo sostenibile è lo sviluppo che soddisfa le esigenze del presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di soddisfare le proprie".

Un restauro consapevole è un restauro in cui il sapere tecnico trova piena espressione, offrendo soluzioni alle criticità e alle necessità del luogo o del manufatto sul quale si intende agire. Questo legame trova nello sviluppo sostenibile un'ulteriore necessità, dato che il rapporto tra il restauro e gli interventi tecnici che lo rendono possibile crea delle ripercussioni sul mondo circostante, secondo una linea temporale che considera lo sviluppo del presente e del futuro reciprocamente dipendenti.

La maggior parte degli interventi di restauro degli edifici allo stato di rudere, fino a qualche decennio fa, cercavano di ricomporre l'immagine del manufatto per garantire un'adeguata leggibilità dei monumenti. I consolidamenti e le estese ricostruzioni, spesso realizzati con tecniche che si sono rivelate incompatibili, servivano a ricondurre l'edificio oggetto di intervento a degli schemi compositivi e architettonici che rimandassero alla loro funzione. Oggi, come già accennato, si tende ad intervenire con la logica del minimo intervento applicando i principi di riconoscibilità, reversibilità e compatibilità. Questi termini non si riferiscono solo a mere valutazioni tecniche sulla tipologia di interventi previsti ma devono essere collegati alle funzioni e all'uso che si vuole fare del bene. Infatti, sia la compatibilità che la reversibilità devono essere legate alla sostenibilità socioeconomica del progetto di conservazione (Romeo E., Morezzi E., Rudiero R. 2017).

Se la Carta di Atene (1931) chiarisce la centralità di questi aspetti inerenti al restauro archeologico (riconoscibilità, reversibilità e compatibilità), è la Carta di Venezia (1964) che cerca di arginare gli interventi di anastilosi che, tra gli anni Trenta e Sessanta, avevano interessato numerosi edifici. Le numerose anastilosi realizzate con l'inserimento di strutture in cemento armato hanno in molte occasioni causato forme di degrado dovute dall'accostamento di strutture con caratteristiche diverse. Se negli anni seguenti gli interventi di ricomposizione e ricostruzione dell'immagine sono andati via via a diminuire, in tempi più recenti, soprattutto per gli interventi di restauro "d'occasione", "troppi interventi sul patrimonio archeologico possono considerarsi

opment is development that satisfies the needs of the present without compromising the possibility that future generations may satisfy their own".

A conscious restoration is one in which technical knowhow finds its full expression, offering solutions for the critical issues, needs of the place and artifact to act upon. This link finds a further necessity in sustainable development, given that the relationship between restoration and the technical interventions that make it possible create repercussions on the surrounding world, according to a timeline that considers present and future development mutually dependent.

Most restoration interventions on buildings in a state of ruin, until a few decades ago, tried to recreate the image of the artifact to guarantee adequate reading of the monuments. Consolidation and extensive reconstruction, using techniques which were incompatible, served to return a building under restoration to architectural schemes relating to their function. Nowadays, as already hinted at, interventions are minimal, applying the principles of recognizability, reversibility and compatibility. These terms do not merely refer to an evaluation of techniques used in an intervention but must be tied in with the function and resulting use of the artifact. In fact, both compatibility and reversibility must be linked to the Socioeconomic sustainability of the conservation project (Romeo E., Morezzi E., Rudiero R. 2017).

If the Charter of Athens (1931) clarifies the centrality of these aspects inherent to archaeological restoration (recognizability, reversibility and compatibility), it is the Venice Charter (1964) that tries to stem the interventions of anastylosis that, between the thirties and sixties, had affected numerous buildings. The numerous anastylosis made with the insertion of reinforced concrete structures have on many occasions caused forms of degradation due to the combination of structures with different characteristics. If in the following years interventions of image recomposition and reconstruction have gradually decreased, in more recent times, especially for "second-hand" restoration interventions, "too many interventions on

archaeological heritage can be considered design exercises rather than conservation operations, especially if linked to major events and if entrusted to architects not very sensitive to the values of pre-existence." Romeo E., Morezzi E., Rudiero R. 2017). It is interesting to note that in the last fifty years also the relationship between archeologist and architect in the field of archeological restoration has changed. If before the architect had a secondary role in relation to the archeologist, now they share and develop the restoration project together. The restoration project of Rocca San Silvestro was developed following the guidelines explained above, with constant discussion between the archeologist (Andrea Arrighetti) and architect (the writer) resulting in interventions directed at the conservation of the site and sustainable use.

A fundamental prerogative of the restoration project has thus been historical research and an architectural survey of the location, of which results allowed recognition and maintainment of the authenticity of the hamlet, preserving the form while transmitting the historical and architectural evolution. Furthermore, they proved essential to highlight and confirm critical issues of the Rocca often offering new interpretations for the possible causes of instability and degradation that afflicted the artifact.

All the interventions decided in the design phase were designed and imagined for minimum intervention. In fact, all unnecessary works for the perpetuation of the artifact were excluded since the sign of time is of historical, aesthetic value, and of extraordinary evocative effect. Therefore, after necessary consolidation and restoration of the surfaces, it was preferred to rely on a scheduled maintenance plan rather than fixed structures.

The necessary interventions which were actioned were made distinguishable through various choices throughout the project. Integrations in the masonry were made through the use of materials coming directly from the site and a mixture similar to that of the joints already present was used for the bedding mortar, a fundamental expedient to emphasize the modernity of the intervention is

esercitazioni progettuali più che operazioni di conservazione, soprattutto se legati a grandi eventi e se affidati ad architetti poco sensibili ai valori della preesistenza." Romeo E., Morezzi E., Rudiero R. 2017).

Interessante notare come negli ultimi cinquanta anni anche il rapporto tra archeologo e architetto nel campo del restauro archeologico sia mutato. Se in un primo momento l'architetto aveva una funzione di secondo piano rispetto a quello dell'archeologo, oggi i due condividono e sviluppano insieme il progetto di restauro. Seguendo le linee guida sopra esplicitate è stato sviluppato il progetto di restauro di Rocca San Silvestro, il costante confronto tra l'archeologo (Andrea Arrighetti) e l'architetto (lo scrivente) ha portato alla redazione di interventi mirati alla conservazione del sito e a una fruizione sostenibile.

Prerogativa fondamentale del progetto di restauro è stata quindi la ricerca storica e il rilievo architettonico del luogo, i cui risultati hanno permesso di riconoscere e mantenere l'autenticità del borgo, preservarne la forma e trasmetterne l'evoluzione storica e architettonica. Inoltre, si sono rivelate essenziali a evidenziare e confermare le criticità della Rocca offrendo spesso nuove chiavi di lettura per le possibili cause dei dissesti e dei degradi che affliggevano il manufatto.

Tutti gli interventi decisi in fase di progetto sono stati pensati e immaginati nell'ottica del minimo intervento, sono infatti stati esclusi tutti i lavori non necessari alla perpetuazione del manufatto dato che il segno del tempo è valore storico ed estetico, di straordinaria efficacia evocativa. Pertanto, dopo i necessari interventi di consolidamento e di restauro delle superfici si è preferito affidarsi a un piano di manutenzione programmata piuttosto che a strutture fisse.

I necessari interventi messi in opera sono stati resi distinguibili da diverse scelte progettuali. Le integrazioni negli apparati murari sono state realizzate attraverso l'utilizzo di materiali provenienti direttamente dal sito e per la malta di allettamento è stato utilizzato un impasto simile a quello dei giunti già presenti, expediente fondamentale per sottolineare la modernità dell'intervento è un giunto di malta più spesso a sottolineare il confine tra "nuovo" e antico. Si è così evitato ogni

tentativo di imitazione in stile o di falsificazione storicistica, rispettando comunque le caratteristiche materiche originali del Borgo. Queste attenzioni non sono state un limite all'invenzione e alla sperimentazione, infatti, in aree attentamente selezionate, sono stati effettuati interventi di restauro con malte prodotte con le stesse tecniche utilizzate in antichità, dando luogo a un cantiere di archeologia sperimentale.

Anche nel caso di Rocca San Silvestro, i numerosi contributi scritti sulla storia e sugli scavi che hanno interessato questo sito sono stati la prima guida per lo sviluppo di questo percorso di conoscenza che ha portato alla redazione delle linee guida di intervento. Questi sono stati anche la base per la redazione del progetto diagnostico propedeutico al progetto di restauro. Ogni edificio, centro urbano o sito archeologico è da valutarsi come un unicum irripetibile e non riproducibile, che necessita sempre e comunque di un approccio scientifico prevedendo innanzitutto lo studio delle fonti storiche, che messe a confronto con l'analisi materico-tecnico dell'abitato e dei singoli edifici, permette di comprendere quali sono gli interventi da mettere in opera per un'adeguata conservazione del sito e degli edifici che lo compongono.

Il presente volume (Rocca San Silvestro: Restauro per l'archeologia) è da valutarsi come momento di confronto tra archeologi e architetti e fa seguito al volume scritto da Andrea Arrighetti, Rocca San Silvestro: Archeologia per il restauro, edito nel 2017.

Rocca San Silvestro o per meglio dire Rocca a Palmento, antico nome del sito, documentato con questo toponimo per la prima volta in un diploma del 1191 di re Enrico IV, viene fondata nel X secolo dall'antica famiglia dei Della Gherardesca in un luogo ricco di minerali di piombo metallifero e argento (Francovich, 1991). Dal X al XIII secolo l'insediamento si sviluppa in maniera esponenziale trasformandosi da piccolo nucleo estrattivo, difeso esclusivamente dalla cinta urbana, a grande centro minerario con interi comparti urbano dedicati alla trasformazione dei minerali cavati. Il sito viene dotato di una triplice cinta muraria, una torre e una chiesa. I lavori di fortificazione e abbellimento sono stati voluti dalla famiglia pisana dei Della Rocca, nuovi

a thicker mortar joint to show the difference between "new" and old. Any attempt at imitation in style or historical falsification has thus been avoided, while respecting the original material characteristics of the hamlet. These details did not limit invention and experimentation. In fact, in carefully selected areas, restoration interventions were carried out with mortars produced with the same techniques used in antiquity, giving rise to a construction site of experimental archeology.

Also in the case of Rocca San Silvestro, the numerous contributions written on the history and excavations related to this site were the first guide for the attainment of the necessary knowledge that led to the drafting of the intervention guidelines. These were also the basis for the drafting of the preparatory diagnostic project for the restoration project. Each building, urban center or archaeological site is to be evaluated as an unrepeatable and non-reproducible unicum, which always and in any case requires a scientific approach foreseeing first of all the study of historical sources, which when compared with the material-technical analysis of the hamlet and of the individual buildings, allows to understand what interventions are to be implemented for adequate conservation of the site and the buildings that are part of it.

This volume (Rocca San Silvestro: Restauro per l'archeologia) is to be considered as an opportunity for discussion between archaeologists and architects and follows the volume written by Andrea Arrighetti, Rocca San Silvestro: Archeologia per il restauro, published in 2017.

Rocca San Silvestro or rather Rocca a Palmento, the ancient name of the site, documented with this toponym for the first time in a diploma of 1191 of King Henry IV, was founded in the tenth century by the ancient Della Gherardesca family in a place rich in metallic lead and silver minerals (Francovich, 1991). From the tenth to the thirteenth century the settlement developed exponentially transforming itself from a small mining nucleus, defended exclusively by the city walls, to a large mining center with entire urban compart-

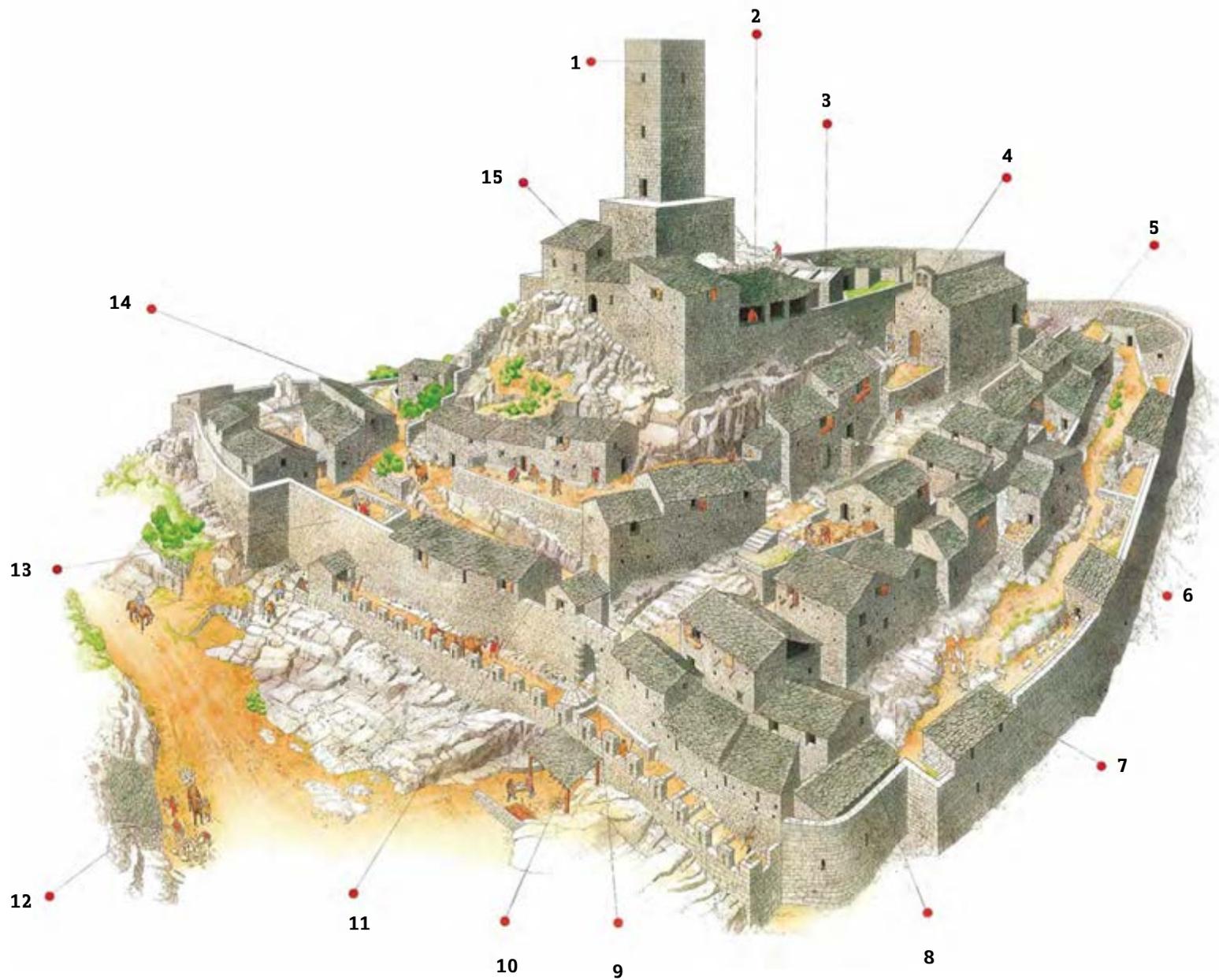


Figura 1
Ricostruzione del borgo di Rocca San Silvestro
Individuazione

Legenda

- | | | | | |
|-------------------------|-------------------------|---------------|------------------------|--------------------------------------|
| 1 - Torre | 4 - Chiesa | 7 - Strade | 10 - Forgia | 13 - Muro di cinta |
| 2 - Residenza signorile | 5 - Pressa per le olive | 8 - Villaggio | 11 - Forno per il pane | 14 - Zona di lavorazione del metallo |
| 3 - Cisterne | 6 - Cimitero | 9 - Cannello | 12 - Fornace | 15 - Forno per la ceramica |

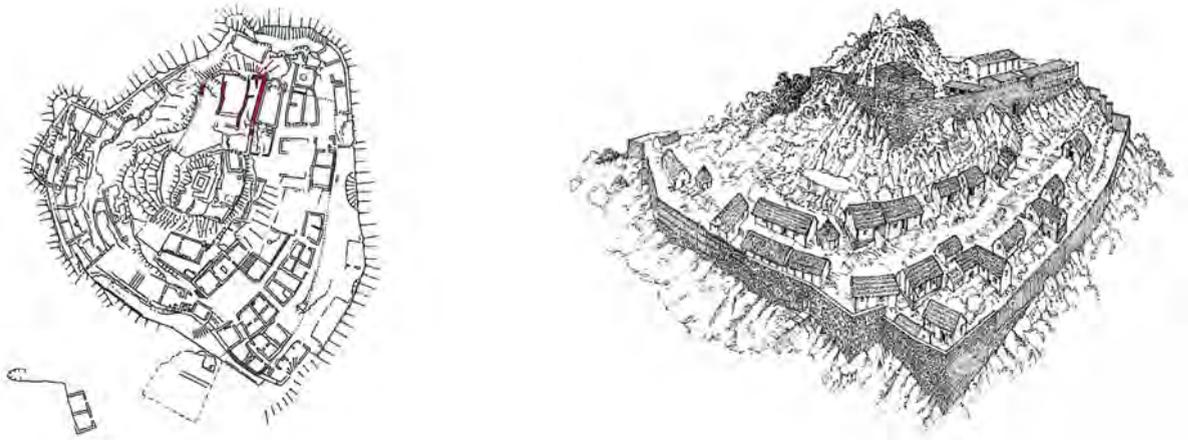


Figure 2-3
L'insediamento di Rocca Sa Silvestro durante la prima fase di occupazione, ca. X secolo (Guideri, 1995)

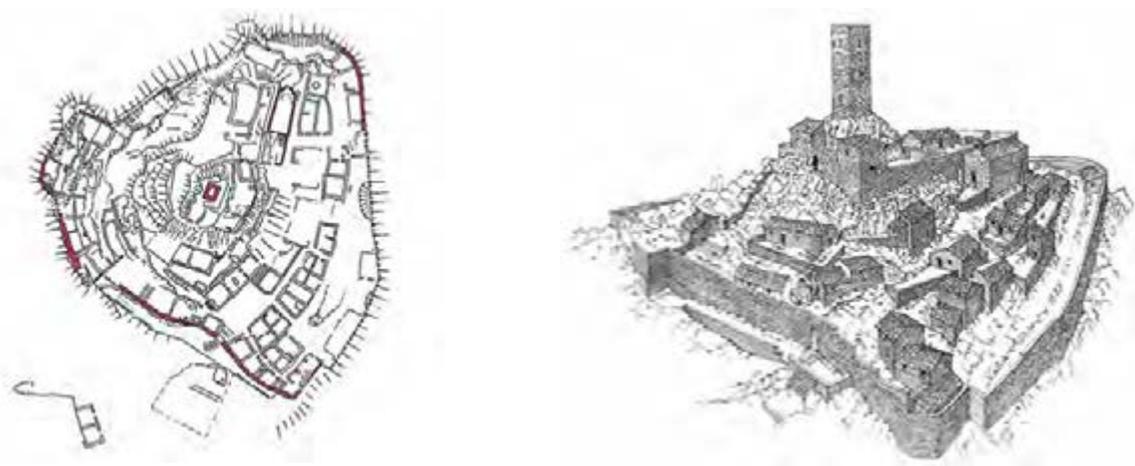


Figure 4-5
Ipotesi ricostruttiva del castello di Rocca San Silvestro (Francovich 1991, p. 41)

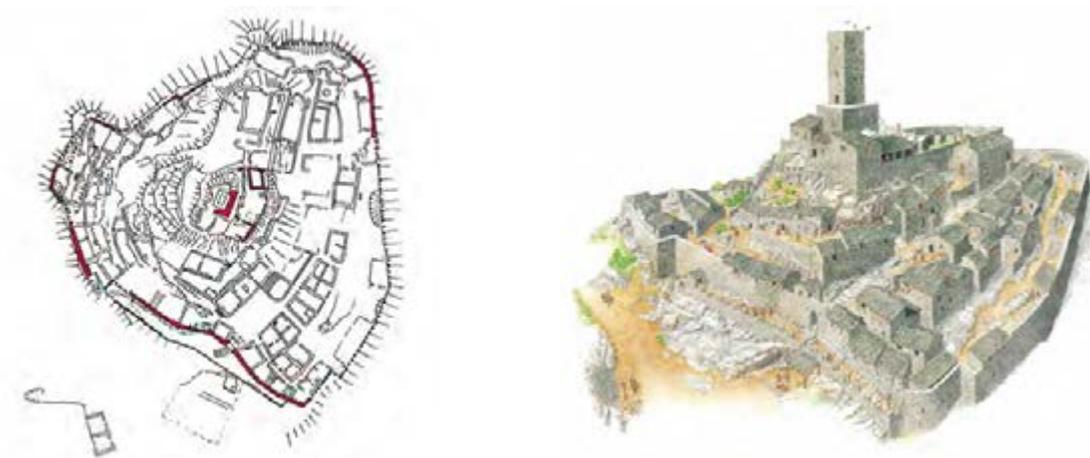


Figure 6-7
Ricostruzione dell'abitato nella sua massima espansione (Semplici 2011, p. 137)

Figura 8

Planimetria generale del borgo di Rocca San Silvestro
Individuazione delle aree funzionali e dei percorsi principali

Legenda

- | | | |
|-------------------------|--------------------------------------|---------------|
| 1 - Torre | 4 - Chiesa | 7 - Strade |
| 2 - Residenza signorile | 5 - Pressa per le olive | 8 - Villaggio |
| 3 - Cisterne | 6 - Cimitero | 9 - Cancelli |
| 10 - Forgia | 13 - Zona di lavorazione del metallo | |
| 11 - Forno per il pane | 14 - Forno per la ceramica | |
| 12 - Muro di cinta | | |

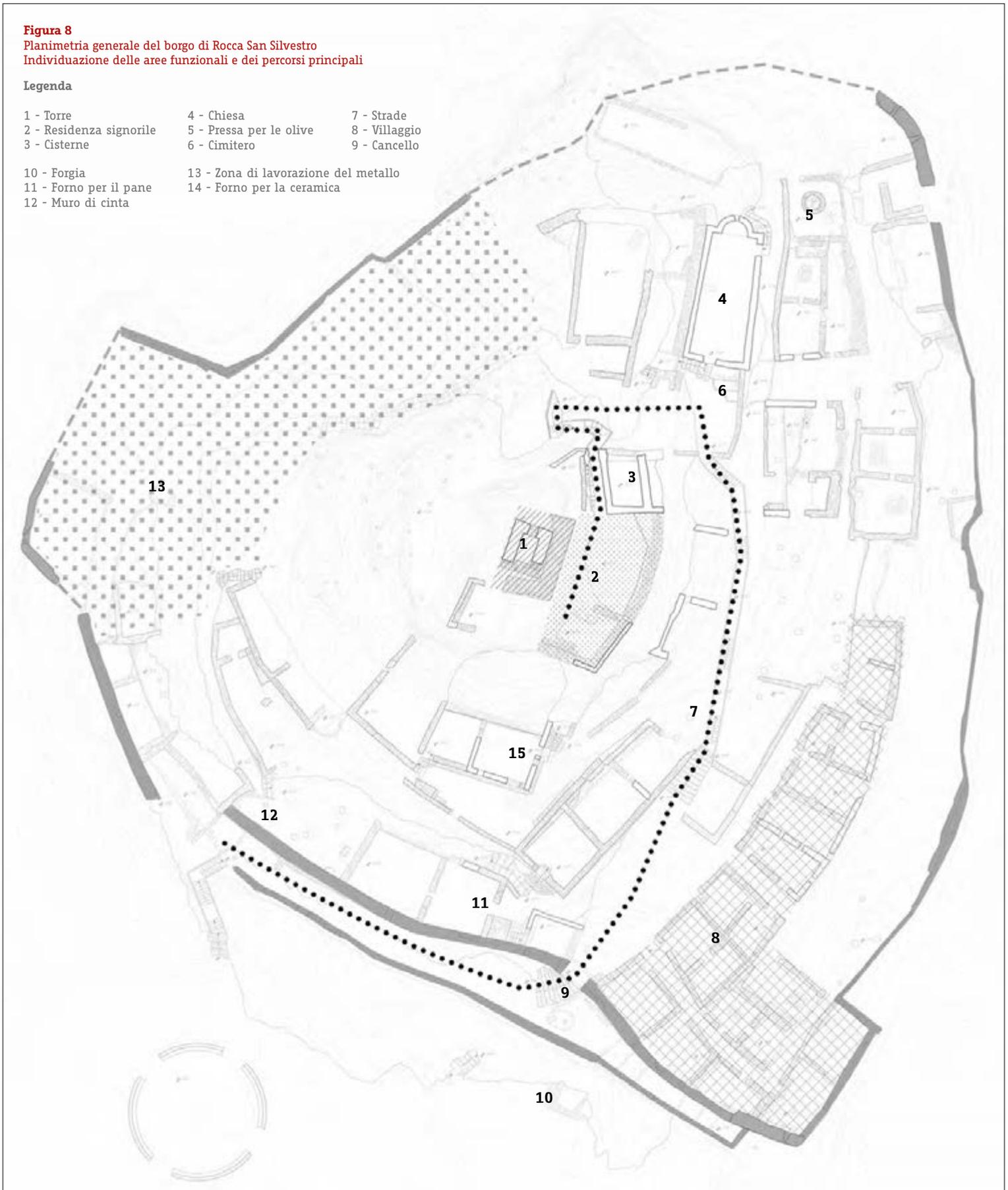




Figura 9 - Vista di Rocca San Silvestro prima dei lavori di restauro (Francovich 1991)

Figura 11 - Vista di Rocca San Silvestro prima dei lavori di restauro (Francovich 1991)

Figura 13 - Vista di Rocca San Silvestro prima dei lavori di restauro (Francovich 1991)

Figura 10 Vista di Rocca San Silvestro dopo i lavori di restauro (foto A. Lumini)

Figura 12 Vista di Rocca San Silvestro dopo i lavori di restauro (foto A. Lumini)

Figura 14 Vista di Rocca San Silvestro dopo i lavori di restauro (foto A. Lumini)

ments dedicated to the transformation of quarried minerals. The site is equipped with a triple wall, a tower and a church. The fortification and embellishment works were commissioned by the Della Rocca family from Pisa, new lords of Rocca a Palmento. From the fourteenth century onwards, due to new mining techniques, the town was slowly abandoned becoming a place of memories.

These brief historical indications are to be considered a synthesis of a long and articulated path of which peculiarities (historical archaeological) are developed within the contribution of Silvia Guideri in this volume. The hamlet, "discovered" by Prof. Sauro Gelichi, became a place of excavation and research from 1984 to 1996, under the direction of Professor Riccardo Francovich, chair of Medieval Archaeology of the University of Siena; with the help and fundamental contributions of Prof. Giovanna Bianchi (UniSi) and Dr. Silvia Guideri, as archaeologists and Prof. Roberto Parenti (UniSi) as architect. The excavations brought to light the wall structures of the settlement of Rocca a Palmento; the site was divided into homogeneous areas (stately area, industrial area, craft area and living area) highlighting an urban complexity typical of "designed cities" and so planned. The historical-archaeological analysis of the site made it possible to identify, not only the main road network and the most representative buildings, but also the entire urban fabric, allowing scholars to reconstruct, in a reliable way, in its entirety the entire settlement (Francovich, Parenti, 1987).

The different urban sectors and the numerous construction types present throughout the site required that, before the drafting of the restoration project of the stately area, the church and a portion of the industrial area, the entire archaeological site was studied (Francovich, Wickham, 1994 - Guideri, 2015-2017). The entire site was divided into three parts, the stately summit part, the church and a small part of the industrial area in the first; the industrial area and part of the craft area in the second; the residential area was included in the third. The desire to draw up technical design standards that would work as an operating

signori di Rocca a Palmento. Dal XIV secolo in poi, a causa delle nuove tecniche estrattive, l'abitato viene lentamente abbandonato diventando luogo della memoria.

Queste brevi indicazioni storiche sono da valutarsi come la sintesi di un percorso lungo e articolato le cui peculiarità (storico archeologiche) sono sviluppate all'interno del contributo di Silvia Guideri in questo volume. Il borgo, "scoperto" dal prof. Sauro Gelichi, diviene luogo di scavo e ricerca dal 1984 al 1996, sotto la direzione del professor Riccardo Francovich, titolare della cattedra di Archeologia Medievale dell'Università degli Studi di Siena; con l'ausilio e il fondamentale contributi della prof. Giovanna Bianchi (UniSi) e della dott. Silvia Guideri, come archeologhe e del prof. Roberto Parenti (UniSi) come architetto. Gli scavi hanno riportato alla luce le strutture murarie dell'abitato di Rocca a Palmento; il sito si presentava diviso in aree omogenee (area signorile, area industriale, area artigianale e area abitativa) evidenziando una complessità urbana tipica delle "città disegnate" e quindi progettate. L'analisi storico-archeologico del sito ha permesso di individuare, non solo la viabilità principale e gli edifici più rappresentativi, ma anche l'intero tessuto urbano permettendo agli studiosi di ricostruire, in maniera attendibile, nella sua interezza l'intero abitato (Francovich, Parenti, 1987).

I diversi comparti urbani e le numerose varietà costruttive presenti in tutto il sito hanno richiesto, prima della redazione del progetto di restauro dell'area signorile, della chiesa e di una porzione di area industriale, lo studio di tutto il sito archeologico (Francovich, Wickham, 1994 - Guideri, 2015-2017). L'intero sito è stato diviso in tre lotti di lavori, nel primo è compresa la parte sommitale signorile, la chiesa e una piccola parte dell'area industriale, nel secondo lotto la zona industriale e parte dell'area artigianale mentre nel terzo lotto è compresa l'area residenziale. La volontà di redigere delle norme tecniche di progetto che funzionassero da manuale operativo per tutta l'area archeologica ha guidato i lavori del primo lotto, in cui le analisi delle malte, delle tecniche costruttive e della compatibilità degli interventi

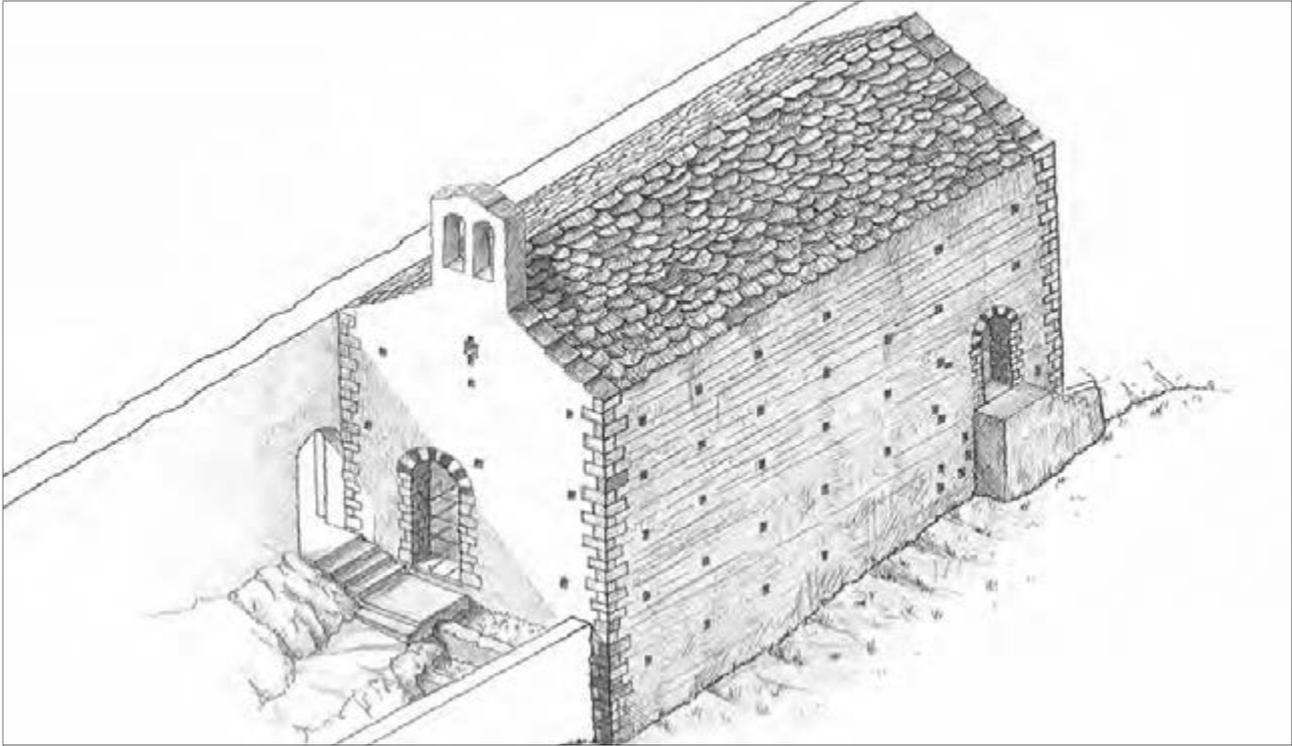


Figura 15
Ipotesi ricostruttiva della chiesa
(disegno di Mario Giuliano)

messi in opera sono diventati il punto di partenza e momento di valutazione delle metodologie di intervento proposte. Le relazioni metodologiche allegate ai lavori del primo lotto costituiscono la base per la redazione delle norme tecniche di progetto applicabili agli interventi sugli altri lotti. Il primo lotto è stato suddiviso in otto unità tecniche (UT). Lo stesso approccio è stato applicato agli altri lotti individuando altre 15 unità tecniche presenti nel sito per un totale di 23UT.

Questo volume vuole diventare il punto di sintesi di tutto il lavoro svolto dal gruppo di ricerca interdisciplinare che ha lavorato su Rocca San Silvestro divenendo uno strumento di documentazione e riflessione anche per chi si occuperà degli interventi che verranno effettuati negli anni a venire.

manual for the entire archaeological area guided the work of the first lot, in which the analysis of mortars, construction techniques and compatibility of the interventions implemented became the starting point and moment of evaluation of the proposed intervention methodologies. The methodological reports related to the work of the first lot formed the basis for the drafting of the technical design standards applicable to interventions on the other lots. The first batch was divided into eight technical units (UT). The same approach was applied to the other lots identifying another 15 technical units present on the site for a total of 23UT.

This volume aims to become the point of synthesis of all the work carried out by the interdisciplinary research team that worked on Rocca San Silvestro, becoming documentary basis and basis for reflection for who will manage interventions in the years to come.

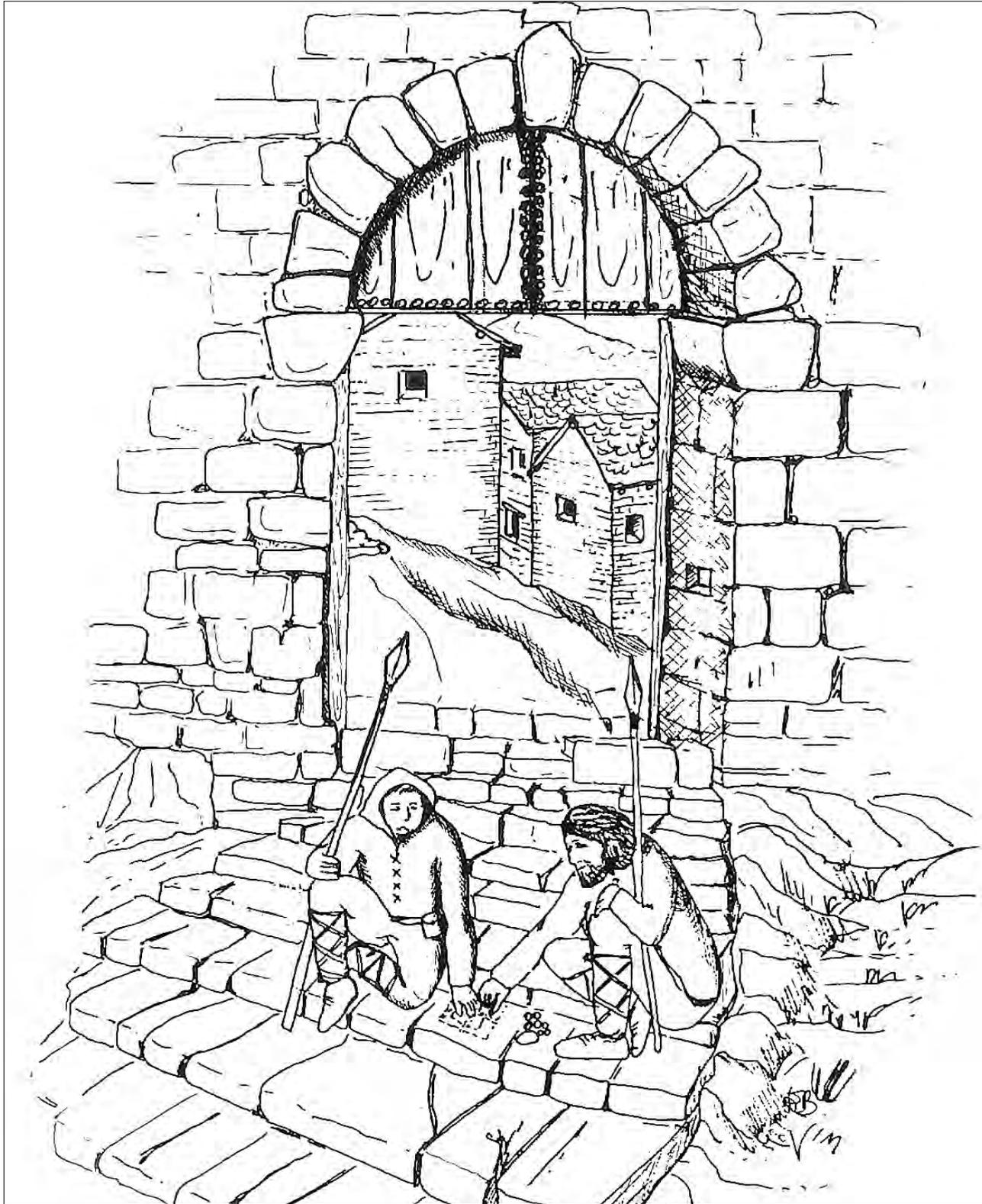


Figura 16
Ricostruzione della porta di accesso al borgo (Semplici 2011, p. 140)

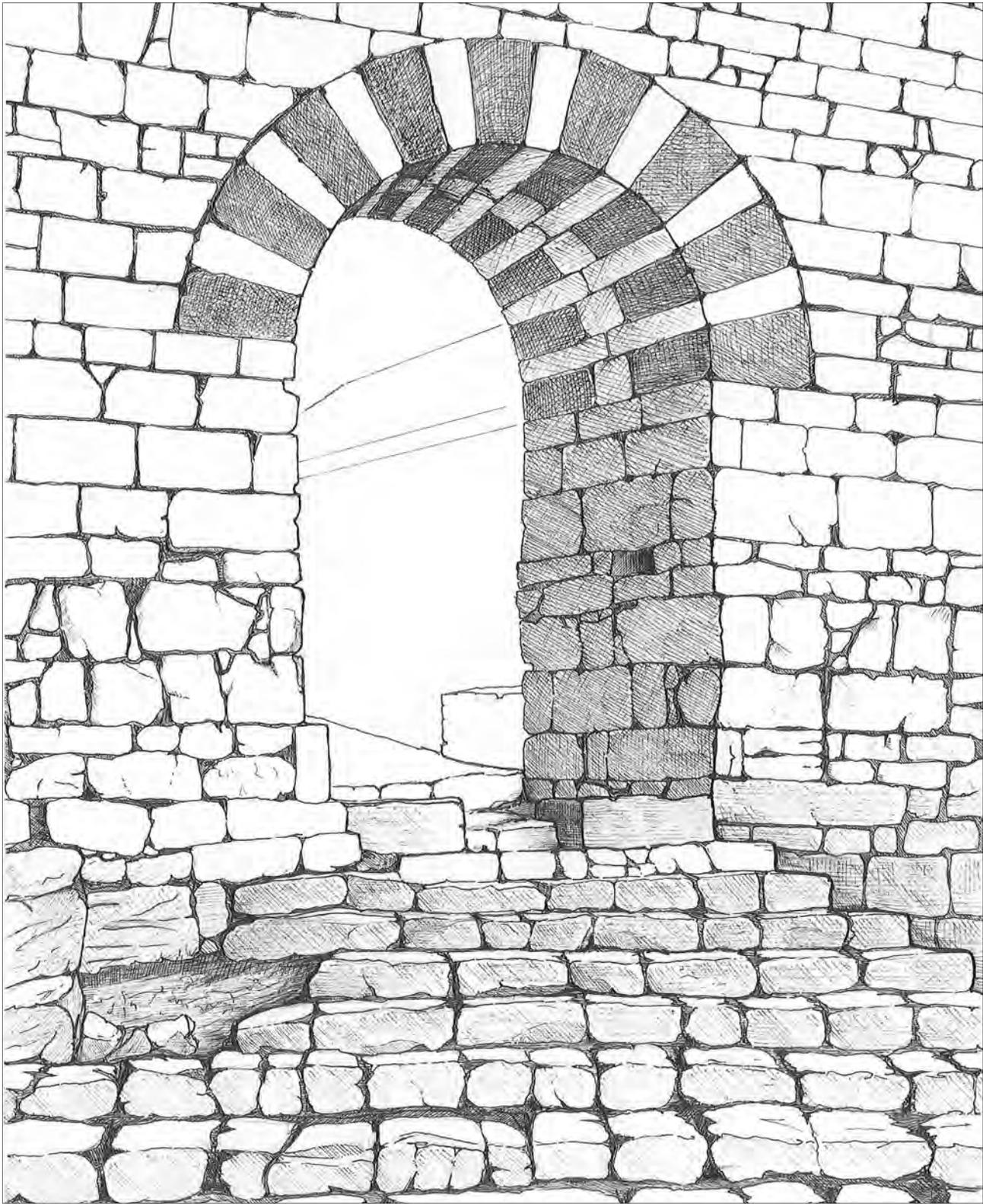


Figura 17

Ipotesi ricostruttiva della porta di accesso al borgo, con inserimento dei conci in pietra chiara e pietra scura rinvenuti nell'area archeologica (disegno di Mario Giuliano)

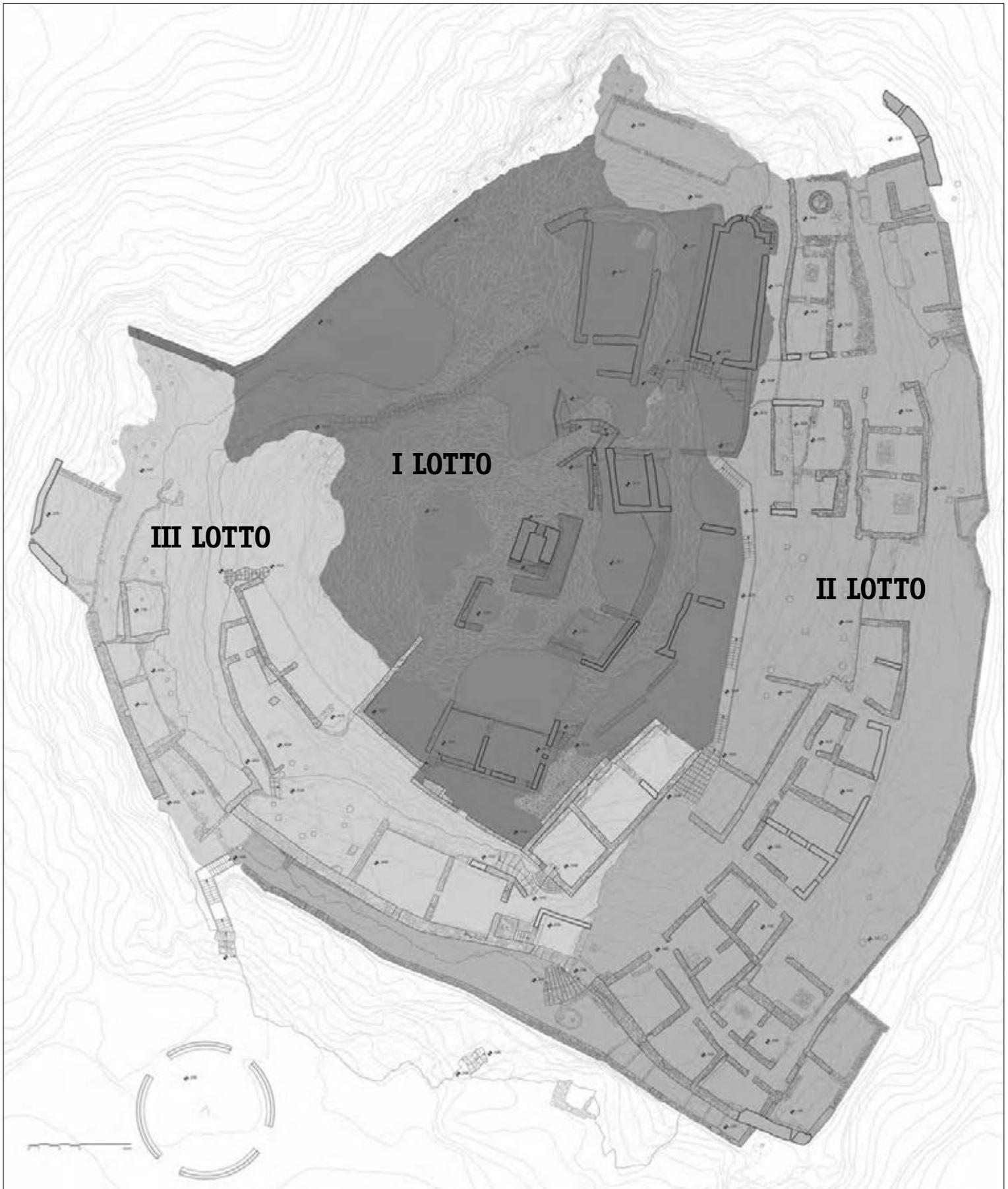


Figura 18
Planimetria generale del borgo di Rocca San Silvestro
Individuazione dei lotti dei lavori

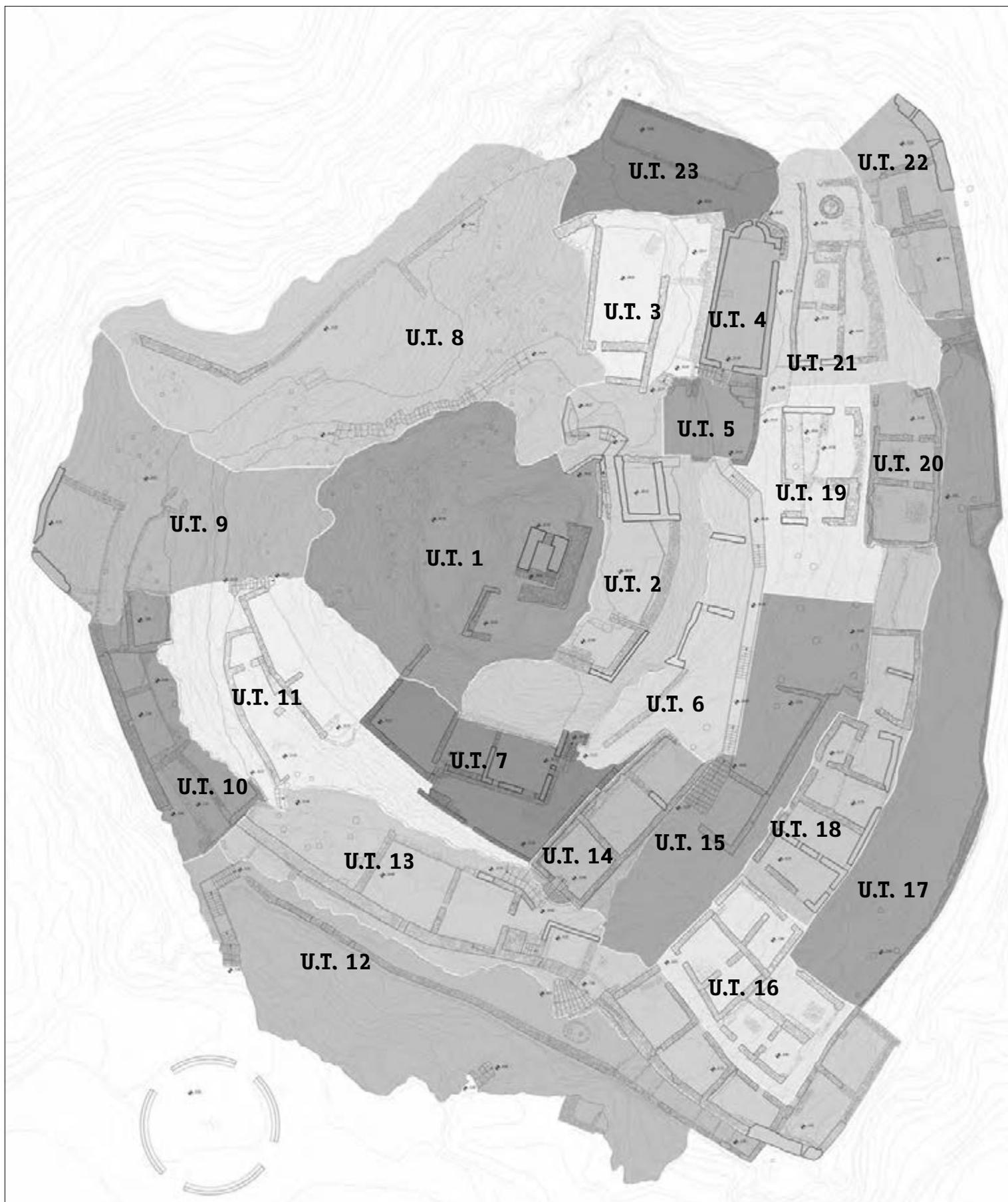


Figura 19
Planimetria generale del borgo di Rocca San Silvestro
Individuazione delle unità tecniche

Il progetto di conoscenza
The knowledge project



Il progetto di conoscenza dell'abitato di Rocca San Silvestro parte dalle analisi e dagli studi archeologici condotti negli anni da vari studiosi (Guideri, 2006 - 2009), che vedono il loro completamento nel testo introduttivo di questo volume della dottoressa Silvia Guideri. Questi sono stati la base per la creazione di un progetto critico di conoscenza. Il rilievo laser scanner dell'intera area è stato condotto seguendo un protocollo operativo già collaudato numerose volte (vedi M. Bigongiari e A. Lumini in questo volume), questa procedura prevede diverse operazioni di verifica che assicurano un'altissima precisione dei dati. La nuvola di punti ottenuta dal rilievo tridimensionale è divenuta la base per la realizzazione degli elaborati bidimensionali (pianche, prospetti e sezioni). Data la complessa orografia del luogo, in fase di restituzione dei dati, sono stati utilizzati diversi accorgimenti per assicurare una chiara leggibilità degli elaborati (vedi A. Lumini in questo volume).

Al rilievo laser scanner è stato integrato anche il rilievo fotogrammetrico ottenuto tramite l'elaborazione di immagini realizzate con fotocamera digitale e drone. Il rilievo per il restauro diventa non solo un'operazione geometrico-restitutiva, ma anche un momento di confronto tra la fabbrica, le indicazioni storiche che la riguardano, le tecniche costruttive e i degradi che la interessano. Tutti gli elaborati grafici prodotti dalle varie operazioni di rilievo sono diventati la base per le "tavole tematiche" del processo di conoscenza che ha interessato l'intero complesso di Rocca San Silvestro.

La morfologia del luogo genera un complesso sistema di smaltimento delle acque causa di numerose forme di degrado, a queste cause si aggiungono le peculiarità e le problematicità delle tecniche costruttive e lo stato di abbandono che ha interessato il sito per circa 300/400 anni.

The knowledge project of the settlement of Rocca San Silvestro started through the analysis and archaeological studies conducted over the years by various scholars (Guideri, 2006 - 2009), which see their completion in the introductory text of this volume by Dr. Silvia Guideri. These were the basis for the creation of a critical project of knowledge.

The laser scanner survey of the entire area was conducted following a tried and tested operating protocol (see M. Bigongiari and A. Lumini in this volume). This procedure involves several verification operations that ensure the attainment of highly precise data. The point cloud obtained from the three-dimensional relief became the basis for the realization of the two-dimensional works (plans, elevations and sections). Given the complex orography of the place, during the restitution of the data, various measures were used to ensure that works were clearly legible (see A. Lumini in this volume).

The laser scanner survey was also integrated with the photogrammetric survey obtained through the processing of images taken with digital camera and drone. The survey for the restoration became not only a geometric-restorative operation, but also a moment of comparison between the factory, the historical indications that concern it, the construction techniques and the degradations that affected it. All the graphics produced by the various survey operations became the basis for "thematic tables" of the knowledge process that relates to the entire complex of Rocca San Silvestro.

The morphology of the place generates a complex system of water disposal due to numerous forms of degradation in addition to the peculiarities and problems of the construction techniques and the state of abandonment that affected the site for about 300/400 years.



Figura 1
Planimetria generale del borgo di Rocca San Silvestro
Individuazione delle sezioni-prospetto

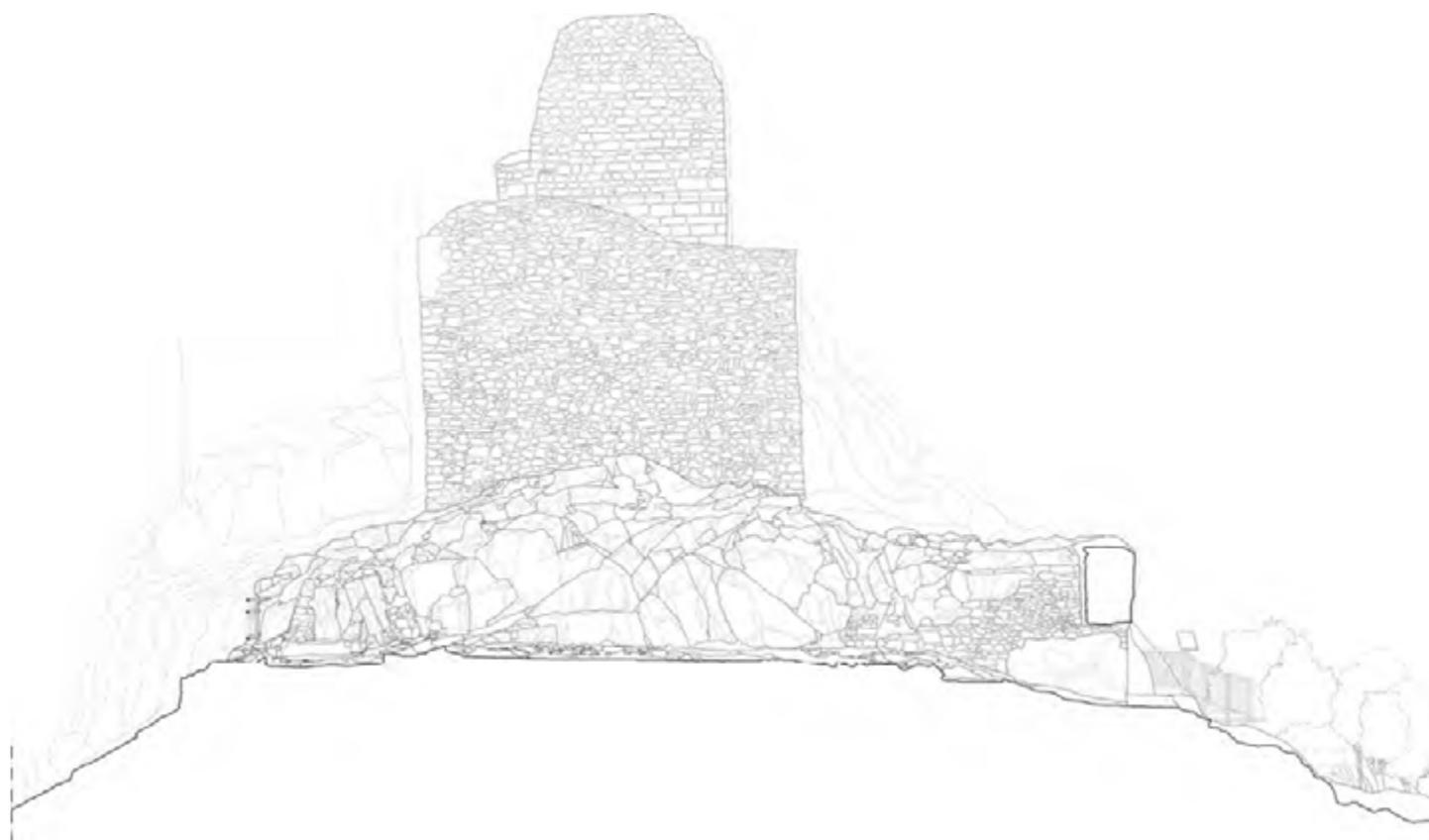


Figura 2
UT 1, torre, rilievo architettonico

Figura 3
UT 1, torre, fotopiano

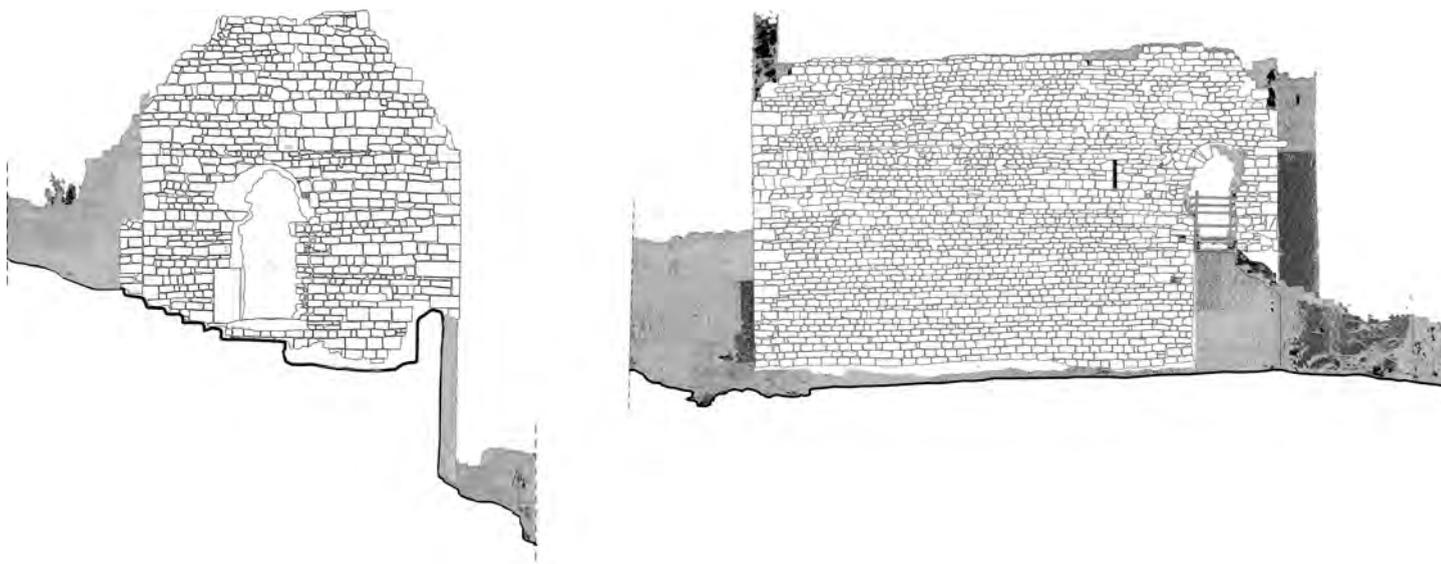


Figura 4
UT 4, chiesa, rilievo architettonico

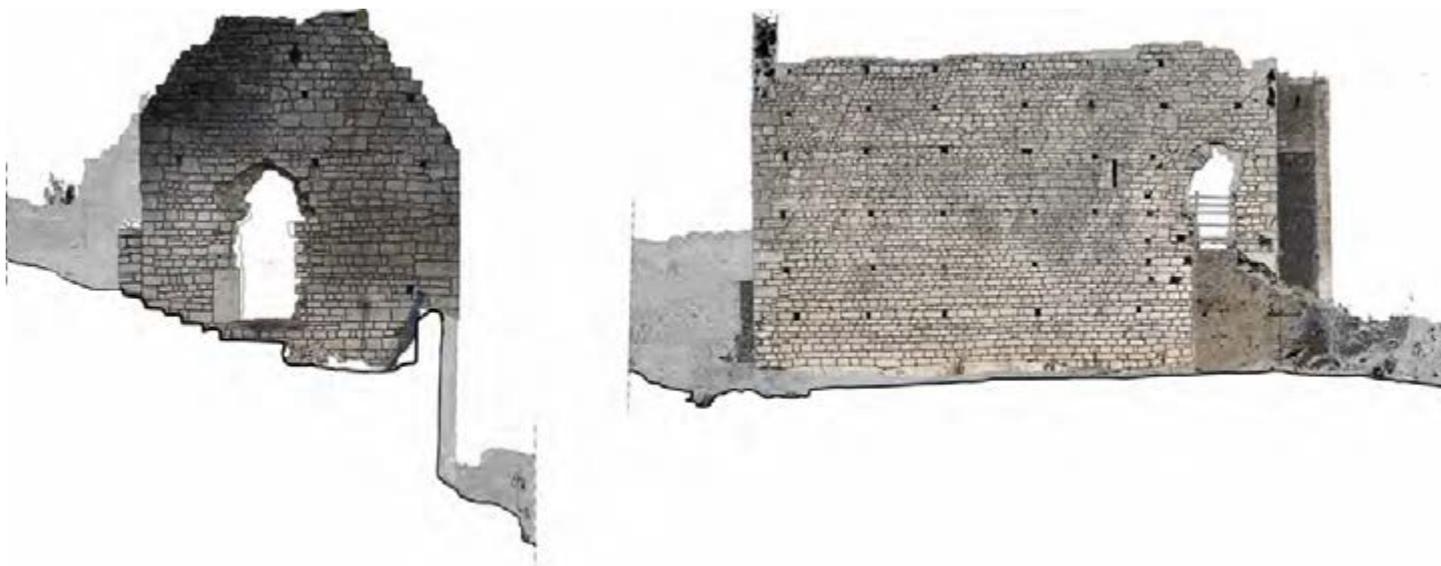


Figura 5
UT 4, chiesa, fotopiani

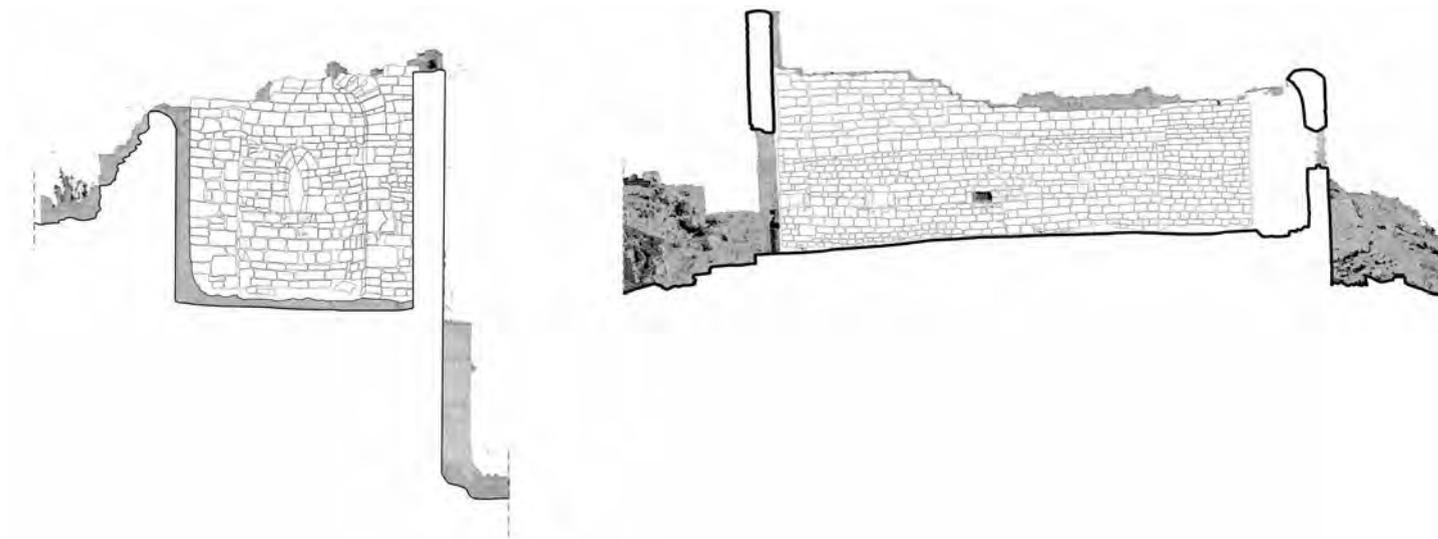


Figura 6
UT 4, chiesa, rilievo architettonico

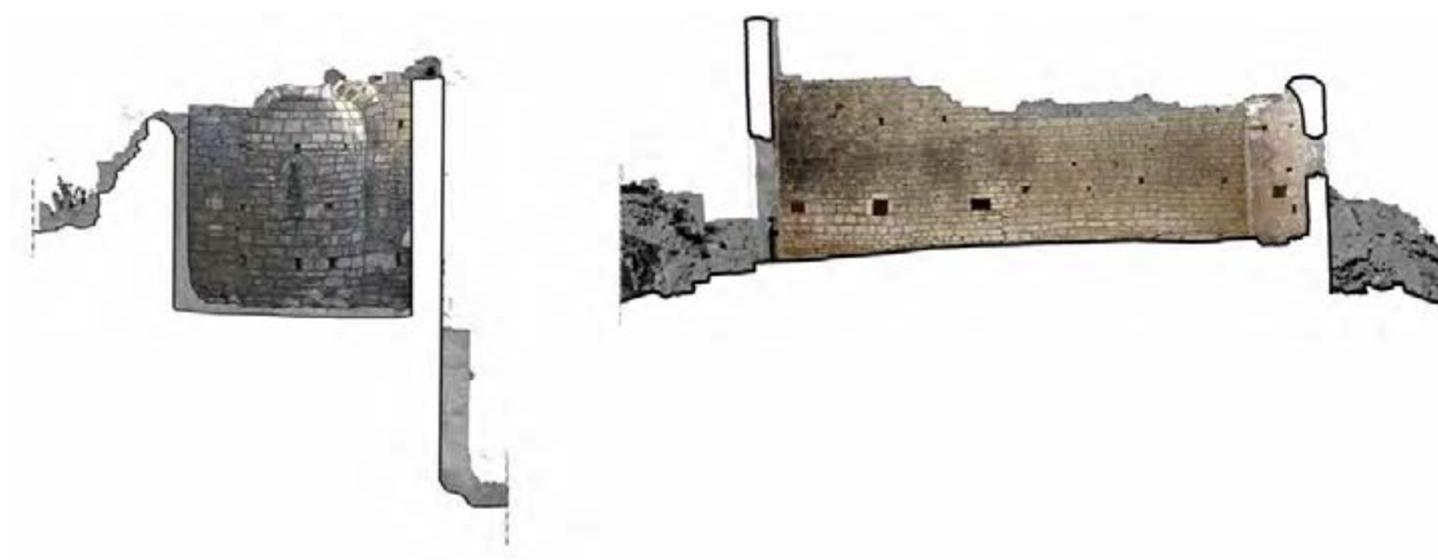


Figura 7
UT 4, chiesa, fotopiani



Figura 8
UT 13, cinta muraria interna, rilievo architettonico

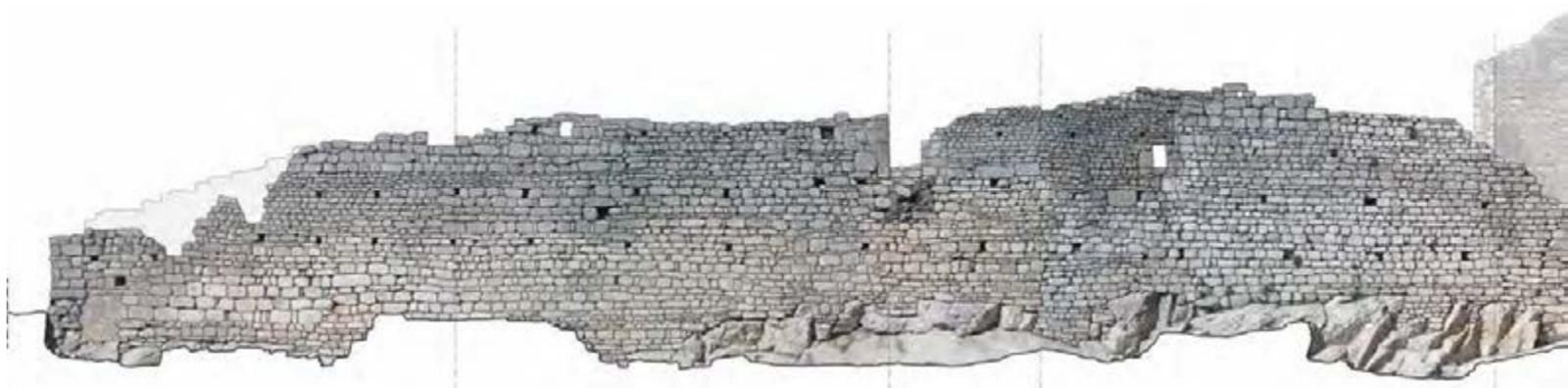
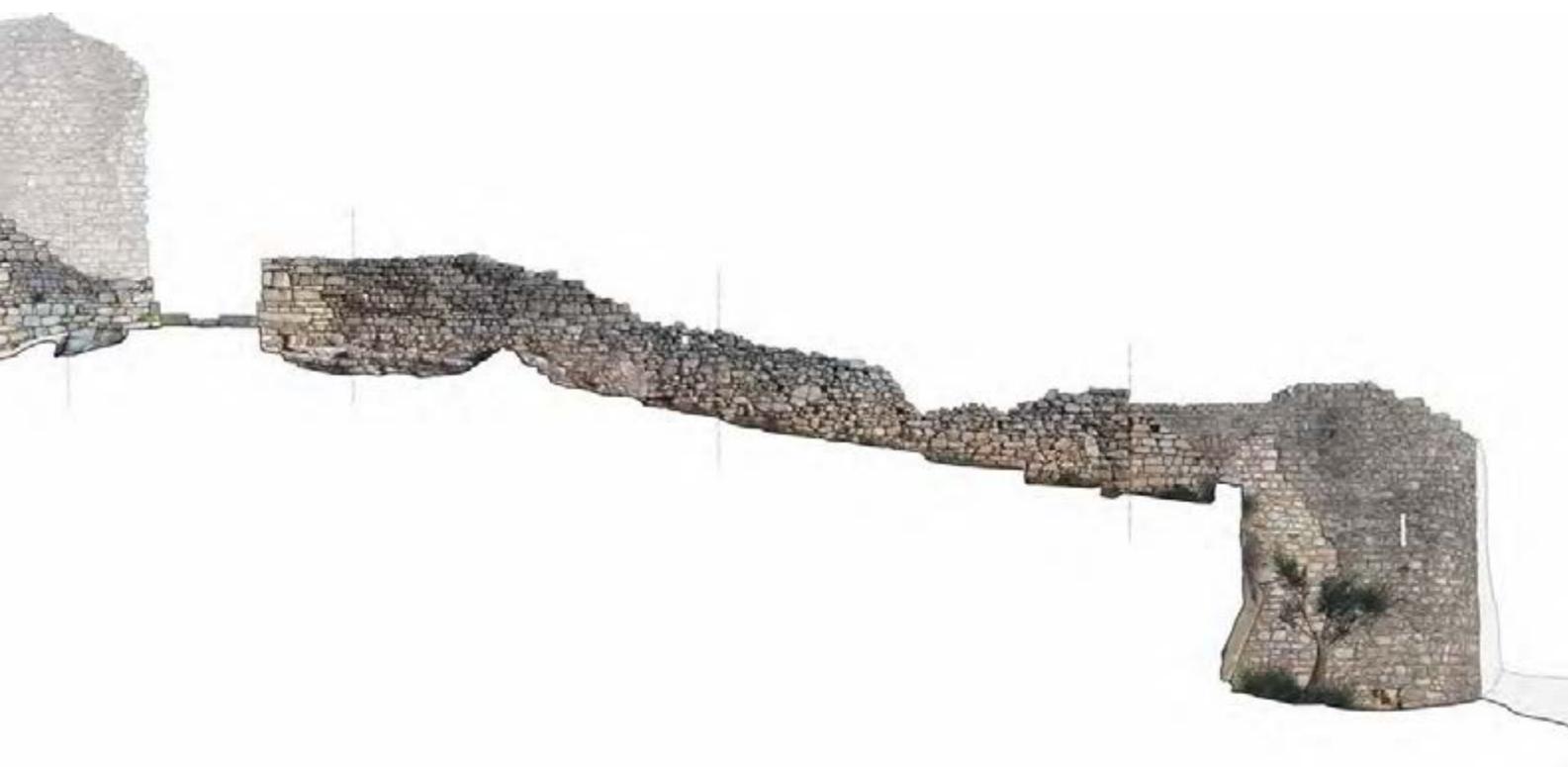
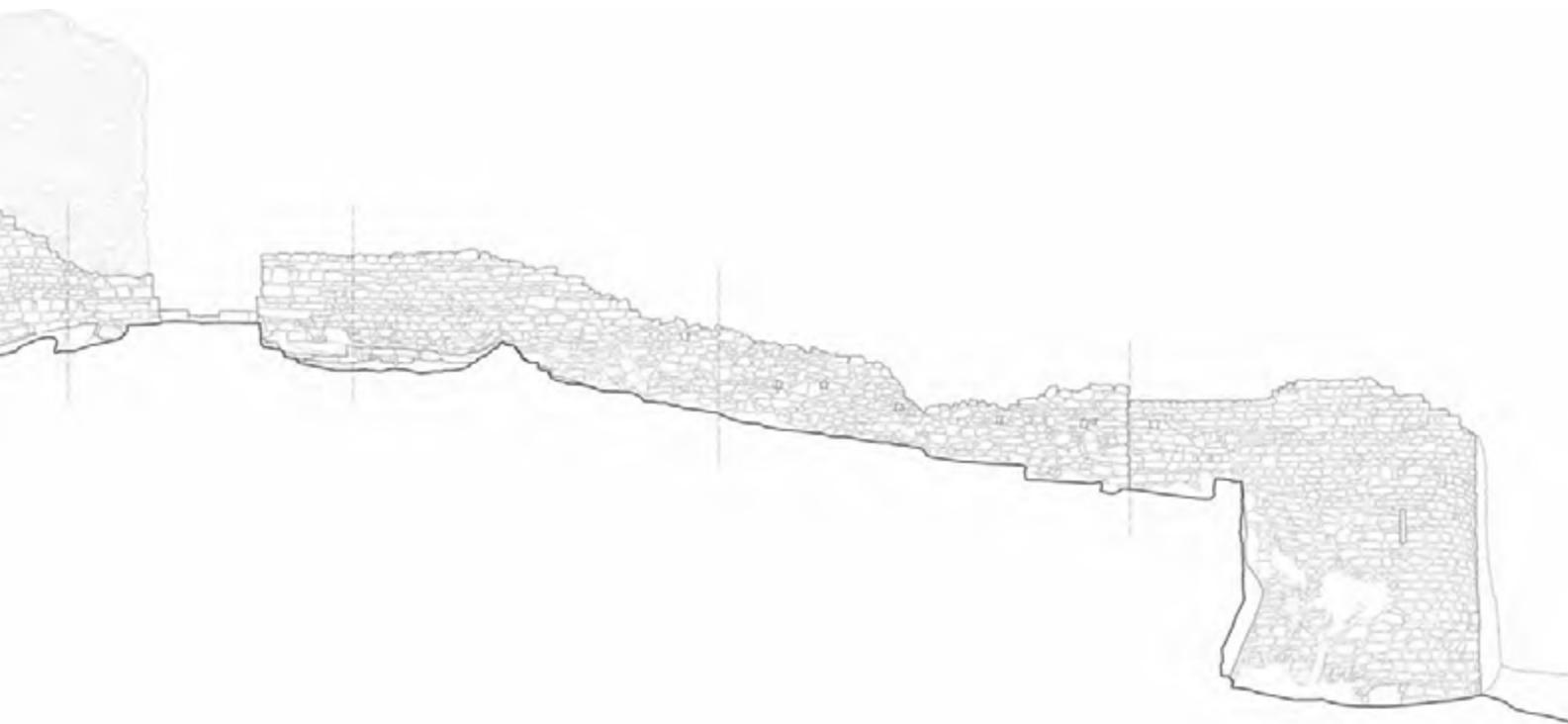


Figura 9
UT 13, cinta muraria interna, fotopiano



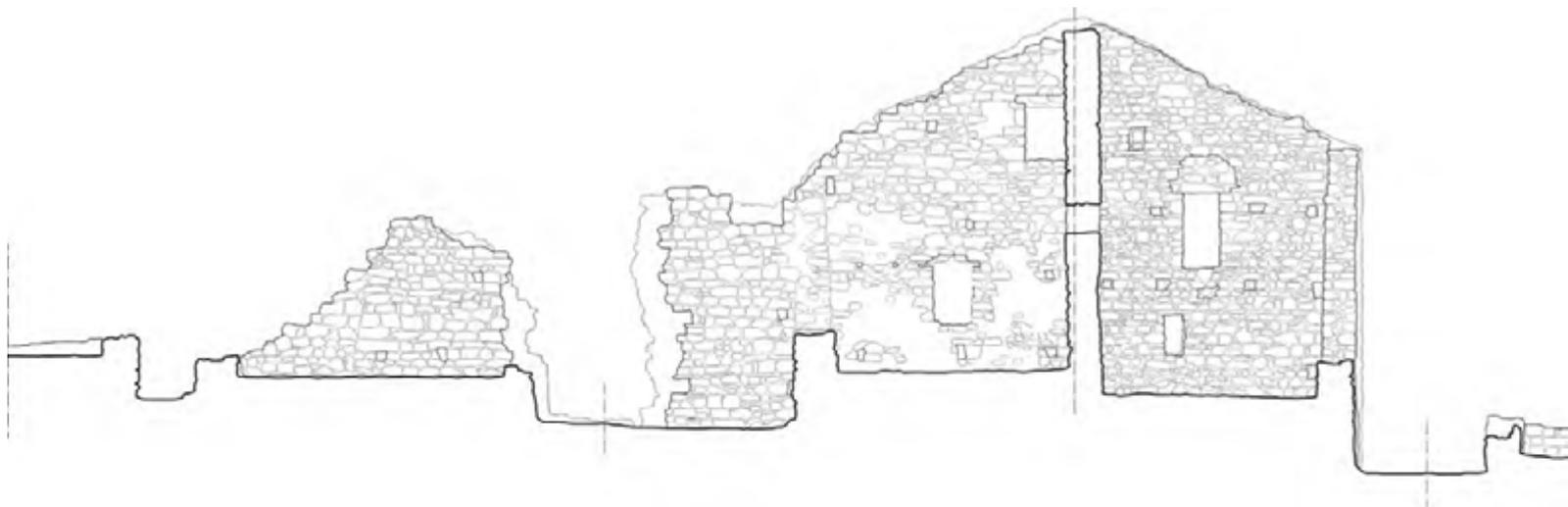


Figura 10
UT 16, area residenziale, rilievo architettonico

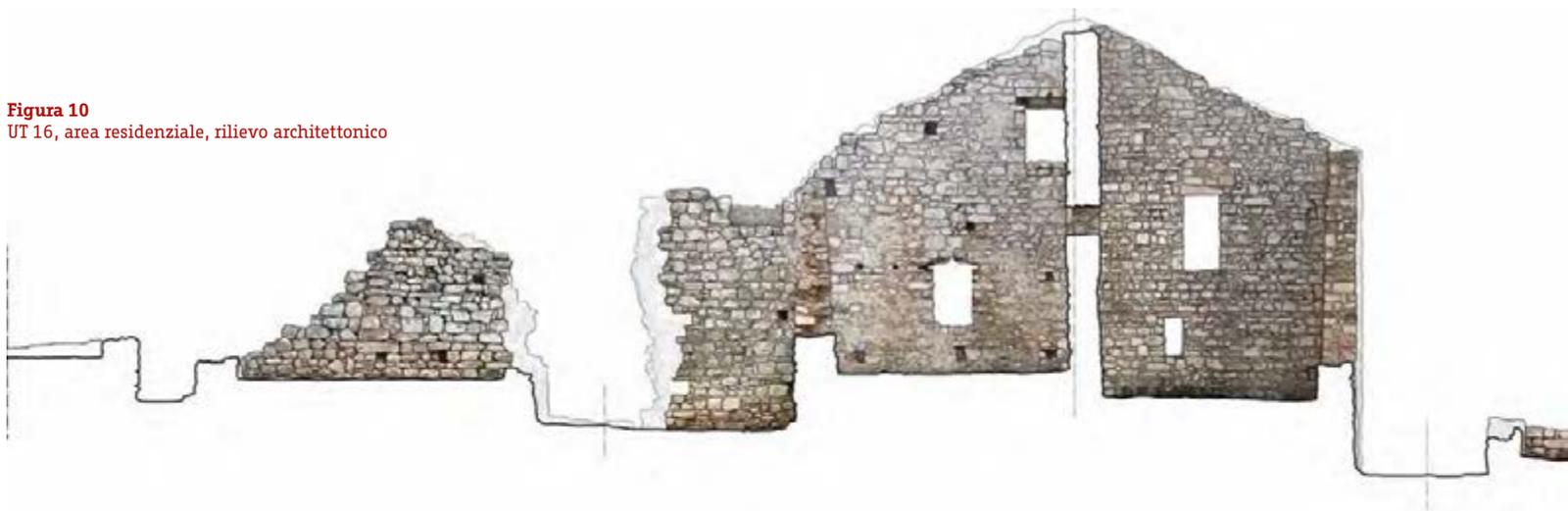
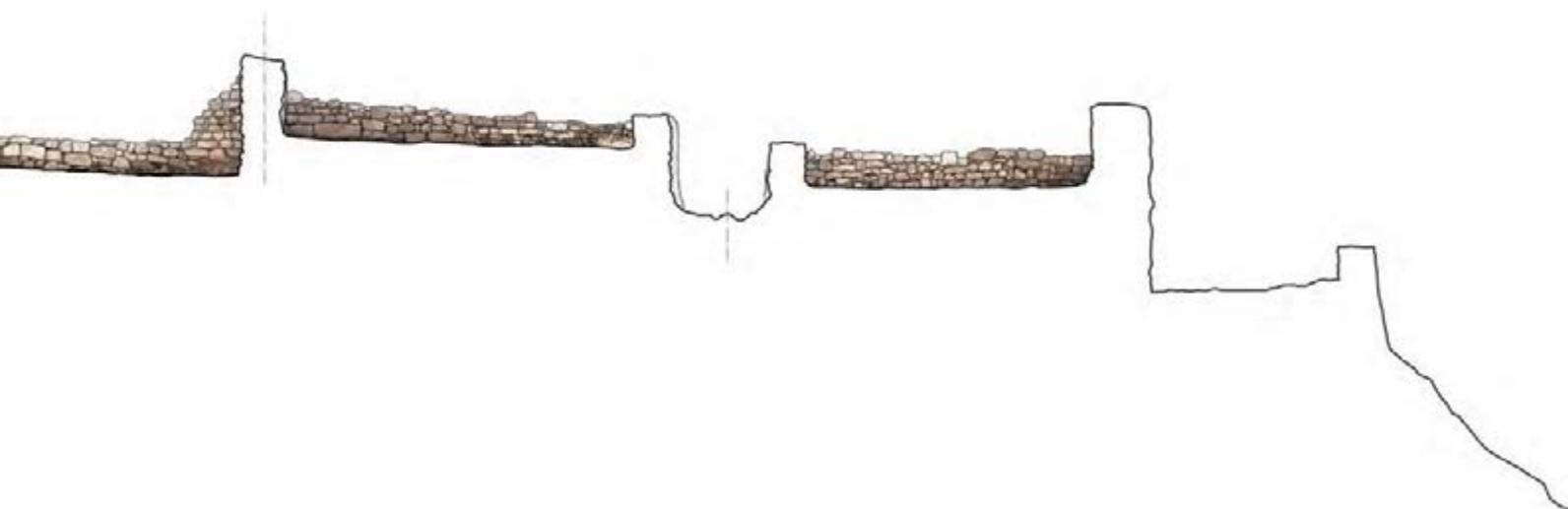
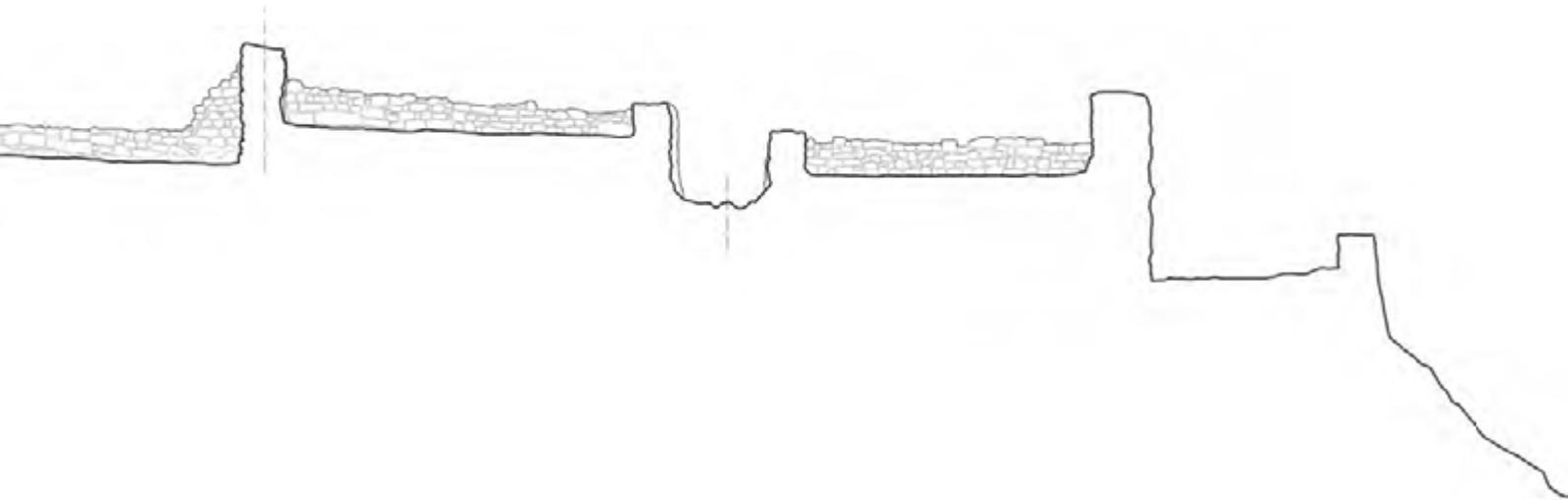


Figura 11
UT 16, area residenziale, fotopiano





Archaeological excavations

Despite the numerous and important groups of scholars who over the years dealt with excavations of Rocca San Silvestro, there are still many areas which were never excavated or partially excavated (Guideri, 2006 - 2009). Therefore, during the early stages of restoration four different excavations were carried out.

The first involved the churches interior, the second the area adjacent to the oven in continuity with L'UT7, the third the interior of the tower and the fourth the top of the cistern. In the contribution by Dr. Silvia Guideri the four excavations are seen within the campaign of investigations that have for more than forty years concerned Rocca San Silvestro.

From an architectural point of view, the excavations were an opportunity for the study and analysis of construction techniques. In the case of the oven, for example, it was possible to analyze the techniques with which ovens and their domes were made. In the church, the apse of a pre-existing church, lower than the current one, but apparently of the same width, was found. In addition, the original floor was identified and the presence of a "drainage channel" dug into the stone on which the religious building rests was detected. This discovery allows us to hypothesize that the building was often affected by infiltration of rainwater for which a disposal system had

Scavi archeologici

Nonostante i numerosi e importanti gruppi di studiosi che negli anni si sono occupati degli scavi di Rocca San Silvestro, risultano ancora molteplici le zone mai scavate o parzialmente scavate (Guideri, 2006 - 2009). Pertanto durante le prime fasi di restauro sono stati realizzati quattro diversi scavi.

Il primo ha interessato l'interno della chiesa, il secondo l'area limitrofa al forno in continuità con L'UT7, il terzo l'interno della torre e il quarto la parte sommitale della cisterna. Nel contributo della dott. Silvia Guideri i quattro scavi vengono inquadrati all'interno della campagna di indagini che da più di quaranta anni interessa Rocca San Silvestro.

Dal punto di vista architettonico gli scavi sono stati momento di studio e analisi delle tecniche costruttive. Nel caso del forno, ad esempio, si sono potute analizzare le tecniche con le quali erano realizzati i forni e le loro cupole. Nella chiesa è stata ritrovata l'abside di una chiesa preesistente più corta dell'attuale, ma apparentemente della stessa larghezza. Inoltre è stato individuato il piano di calpestio originale ed è stata rilevata la presenza di una "canaletta di scolo" scavata nella pietra su cui poggia l'edificio religioso. Questo ritrovamento permette di ipotizzare che l'edificio fosse spesso interessato da infiltrazioni di acque meteoriche per le quali era stato previsto un sistema di

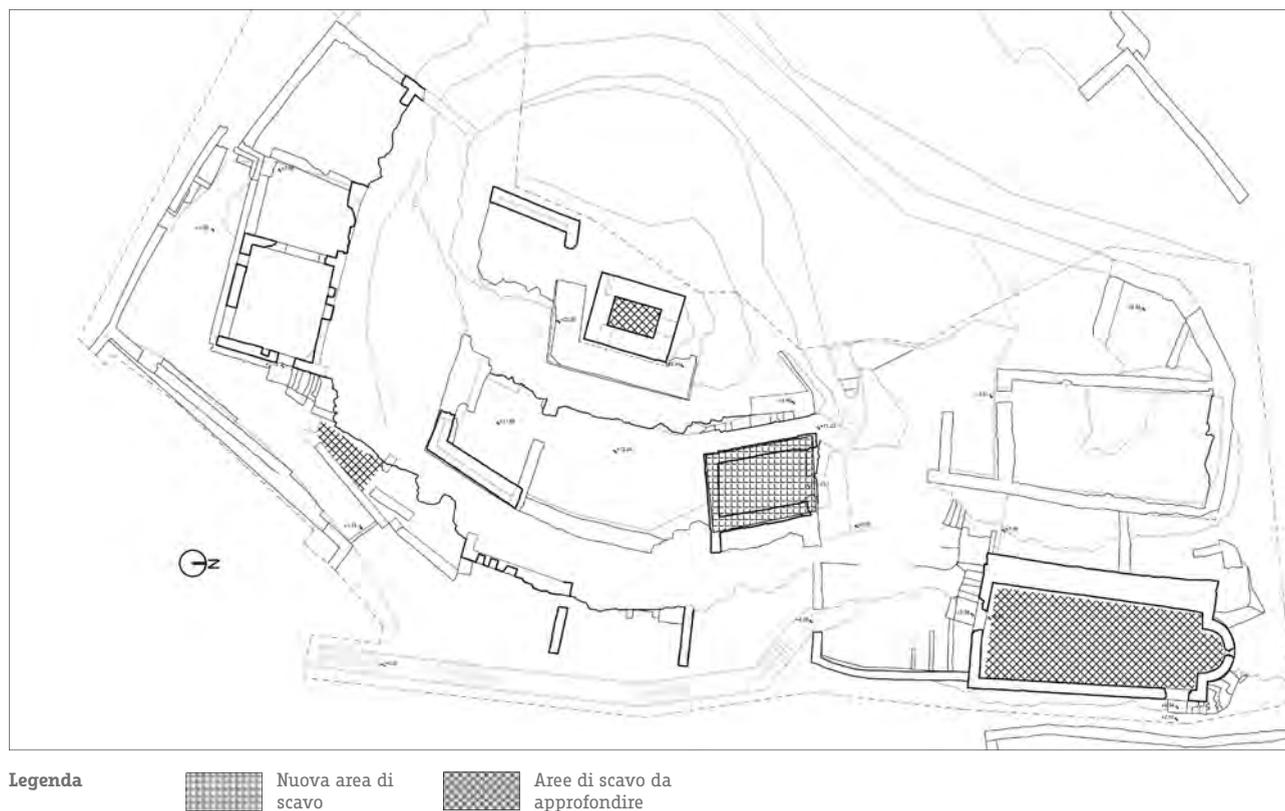


Figura 1
Planimetria I lotto - Individuazione delle aree di scavo

smaltimento. Lo scavo della torre dal punto di vista dell'analisi architettonica non ha aumentato il livello di conoscenza del manufatto. Le tecniche costruttive con cui la torre è stata realizzata sono ben visibili e lo scavo non ha messo in luce strutture ed elementi che integrassero le nozioni già note. Il quarto scavo, effettuato nella zona sommitale della cisterna, mai scavata prima (la chiesa, il forno e la torre avevano già subito degli scavi parziali), ha permesso di rinvenire un'importante pavimentazione in mediocre stato di conservazione. Questa risulta totalmente ricoperta dal crollo di alcune strutture architettoniche, probabilmente si tratta del vano realizzato durante la trasformazione della cisterna in abitazione.

Questi scavi hanno completato le indagini archeologiche all'interno dell'area di intervento ampliando e in alcuni casi chiarendo i diversi passaggi storico evolutivi della zona sommitale della rocca.

Le strutture emerse durante gli scavi sono state restaurate e il materiale rinvenuto è stato archiviato in attesa di collocazione e di ulteriori studi.

been provided. The excavation of the tower did not add to the knowledge acquired on the artifact from an architectural point of view. The construction techniques used in the tower are clearly visible and the excavation did not bring to light structures and elements that supplement the notions already known. The fourth excavation, carried out on the summit area of the cistern, never excavated before (the church, the oven and the tower had already undergone partial excavations), allowed to find an important flooring in a mediocre state of conservation. This was totally covered by the collapse of some architectural structures, probably the room built during the transformation of the cistern into a home.

These excavations completed the archaeological investigations within the intervention area, expanding and in some cases clarifying the different historical evolutionary steps of the summit area of the fortress.

The structures that emerged during the excavations were restored and the material found archived, pending placement and further study.

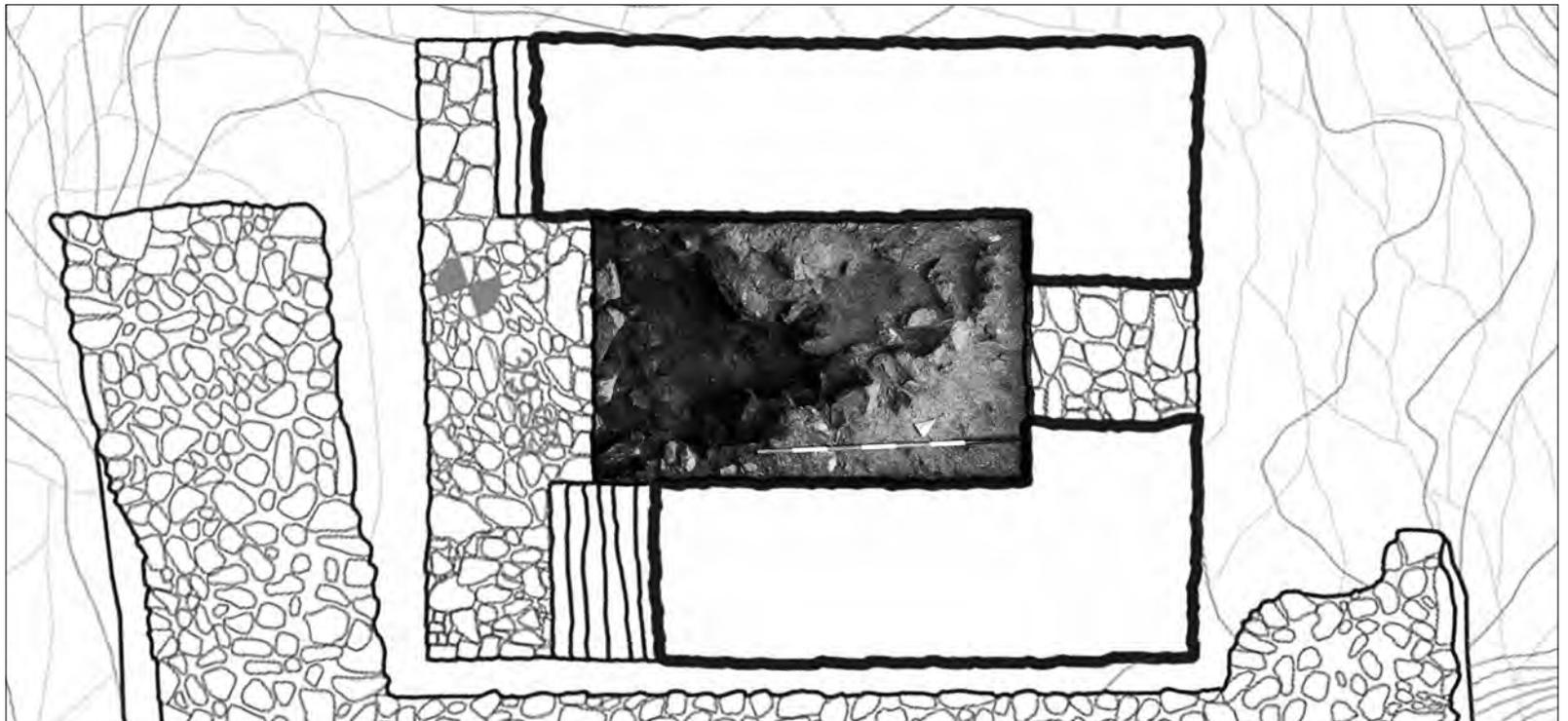
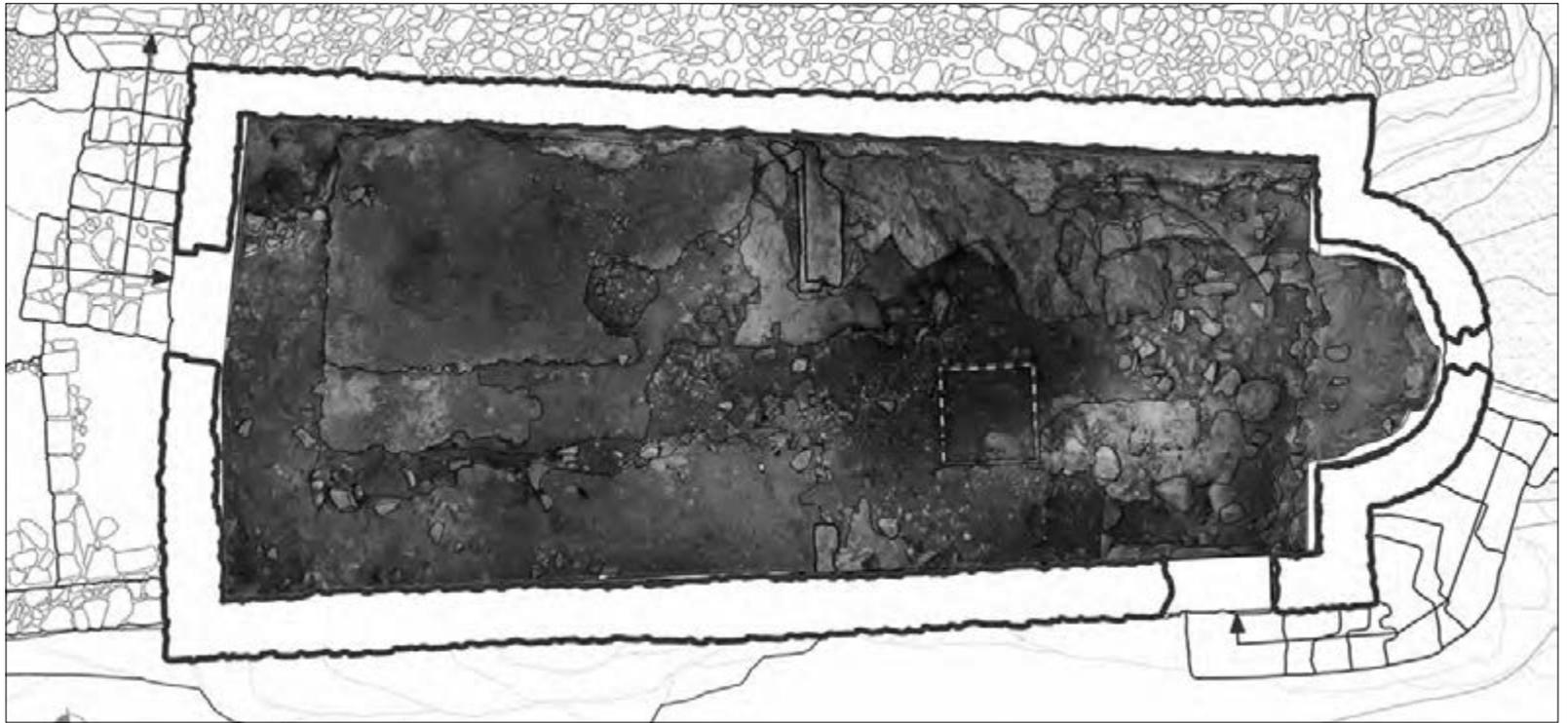




Figura 2
UT 4, chiesa, fotopiano dopo lo scavo dell'interno della chiesa

Figura 3
UT 1, torre, fotopiano dopo lo scavo dell'interno della torre

Figure 3-4
Foto realizzate durante lo scavo della chiesa

Figure 5-6
Foto realizzate durante lo scavo della parte sommitale della cisterna



Geomorphological evaluations

The hamlet of Rocca San Silvestro is located on the top of a rocky spur consisting of massive metamorphosed limestone (lithologically marble). The massive limestone (still extracted in the neighboring quarries) looks like a whitish, crystalline, fine-grained marble. The structural study of the fractures in the area made it possible to identify different families of fractures and their orientation. The most frequent group is oriented in a ENE-WSW direction.

Due to the orography there are no water sources and the only way to collect it was to convey rain into the cisterns located near the summit area. The difficult water situation must have been one of the main reasons, together with the change in extraction techniques of lead, copper and silver, for the site having been abandoned.

In the archaeological area, seismic-acoustic monitoring was carried out before the interventions, which provided a complete description of the activity affecting the area. These analyses identified the anthropic activity produced by the neighboring quarry, as the cause of the disturbing elements. The peak of tremors is recorded at the moments when the explosive charges are made to shine. This activity, together with the perturbing causes typical of this type of geological background, has resulted with numerous points where the detachment of limestone has caused

Valutazioni geomorfologiche

L'abitato di Rocca San Silvestro si trova sulla sommità di uno sperone roccioso costituito da calcare massiccio metamorfosato (litologicamente marmo). Il calcare massiccio (ancora oggi estratto nelle cave limitrofe) si presenta come un marmo biancastro, cristallino, a grana fine. Lo studio strutturale delle fratturazioni dell'area ha permesso di individuare diverse famiglie di fratture e il loro orientamento. Il gruppo più presente è orientato in direzione ENE-WSW.

A causa dell'orografia non sono presenti sorgenti d'acqua e l'unica modo per reperirla era quello di convogliare la pioggia nelle cisterne poste in prossimità dell'area sommitale. La difficile situazione idrica sarà uno dei motivi principali, insieme al cambio di tecniche estrattive del piombo, del rame e dell'argento, dell'abbandono del sito.

Nell'area archeologica è stato svolto, prima degli interventi, un monitoraggio sismico-acustico che ha fornito una descrizione completa delle attività che interessano l'area. Le analisi eseguite hanno individuato, come causa degli elementi perturbatori, l'attività antropica prodotta dalla limitrofa cava. Il picco dei tremori viene registrato in corrispondenza dei momenti in cui vengono fatte brillare le cariche esplosive. Quest'attività, insieme alle cause perturbatrici tipiche di questo tipo di sottofondo geologico, ha originato nell'intera area numerosi punti in cui il distacco di calcare ha causato danni alle



Figure 1-4
Viste aeree del borgo di Rocca San Silvestro

damage to archaeological structures in the entire area. The important differences in height present in Rocca San Silvestro have caused the sliding down of limestone blocks, which severely damaged the fragments of masonry of the town. The detachments have also at times covered parts of the settlement compromising the general reading of the site.

Geological analyses have made it possible to understand how and why this type of rock, in particular the equipment it presents, is to be evaluated as an element of degradation. Consolidation and containment interventions are therefore necessary, to avoid that the continuous landslides cause damage to the archaeological structures with which they are intimately connected.

As already mentioned, the neighboring quarries play a primary role in the instability of the area; the mining activity causes vibrations that do not help either the geological base that tends to crumble, or the architectural structures that rest on it.

All the buildings were built with blocks of marble quarried in the area and the viability was made by shaping the rocky ridge, transforming the stone surfaces into pavements for streets and stairways. The important access staircase still has markings made to increase friction and limit slipping, especially during rainy days.

The floors bear, not only signs of wear, which allow you to understand which the most followed routes and the most transited roads were, but also signs of the life that took place inside. Near the entrance a fillet chessboard, an ancient game that involves the use of checkers as the dame, is the sign of how this place was well lived by the inhabitants and specifically by the soldiers who guarded the entrance to the city.

There are numerous points where the emerging rocks become integral parts of the structures becoming one of the distinctive elements of the settlement and its image.

Materials and construction techniques

As already mentioned in the previous paragraph, all the walls of the buildings of Rocca San Silvestro

strutture archeologiche. Gli importanti dislivelli presenti a Rocca San Silvestro hanno causato lo scivolamento a valle di blocchi di calcare, che durante il loro percorso hanno danneggiato fortemente i lacerti di murature dell'abitato. In altri casi i distacchi hanno coperto parti di urbano compromettendo la lettura generale del sito.

Le analisi geologiche hanno permesso di comprendere come e perché questo tipo di roccia, in particolare l'apparecchiatura che essa presenta, sia da valutare come elemento di degrado. Risultano quindi necessari interventi di consolidamento e di contenimento, per evitare che i continui smottamenti causino danni alle strutture archeologiche con cui sono intimamente connesse.

Come già anticipato prima, le limitrofe cave svolgono una funzione primaria nel dissesto dell'area; l'attività estrattiva causa vibrazioni che non aiutano né il sottofondo geologico che tende a sgretolarsi, né le strutture architettoniche che su esso poggiano.

Tutti gli edifici sono stati costruiti con blocchi di marmo cavati nell'area e la viabilità è stata realizzata modellando il costone roccioso, trasformando le superfici litiche in pavimentazioni per strade e scalinate. L'importante scalone di accesso presenta ancora le picchettature realizzate per favorire l'attrito e limitare lo scivolamento, soprattutto durante i giorni di pioggia.

I pavimenti portano, non solo i segni dell'usura, che permettono di comprendere quali erano i percorsi più seguiti e le strade più transitate, ma anche i segni della vita che si svolgeva al suo interno. In prossimità dell'ingresso una scacchiera da filetto, antico gioco che prevede l'uso di pedine come la dama, è il segno di come quel luogo fosse fortemente vissuto dagli abitanti e nello specifico dai soldati che presidiavano l'ingresso della città.

Numerosi sono i punti dove le rocce affioranti diventano parti integranti delle strutture diventando uno degli elementi distintivi dell'abitato e della sua immagine.



Figure 5-8 - Aree interessate da forme di degrado geologico

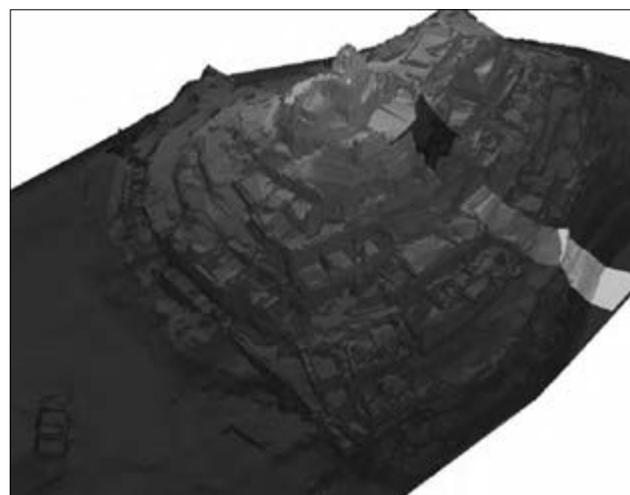
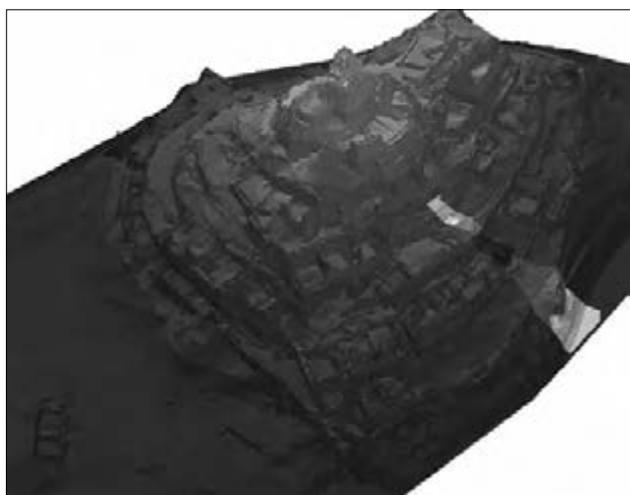


Figure 9-10 - Individuazione dei conconi di crollo



are made from quarried materials or ones collected on site. The vault of the cistern, present in the stately area, and the covering mantles are made from the same material, even if worked differently (Bianchi, 1997). From studies carried out by archaeologists, the joists, no longer present today, were made of wood. Mortar was obtained by mixing local aggregates with lime cooked in special furnaces. In fact, near the entrance of the archaeological site: a pile of sand, ready to be kneaded, and a furnace for cooking lime traceable about fifty meters from the entrance to the settlement were found (Francovich, Parenti, 1987). Therefore, there were all necessary and indispensable elements for the construction of buildings on site. Water remained the most difficult element to find as there are no springs or river systems in the immediate vicinity.

Looking carefully at the walls of the hamlet it is evident that not the same construction technique or tools were used even when using the same material. The foundations are built directly on the geological subfloor and are in continuity with the walls above with small steps that increase the base ground support. In some buildings, part of the perimeter walls rest on outcropping rocky banks, becoming real wall facings.

About thirty-eight macro-analyses of one by one meter portions of masonry were carried out to identify construction techniques.

Materiali e tecniche costruttive

Come già anticipato nel paragrafo precedente tutte le murature degli edifici di Rocca San Silvestro sono realizzate con materiali cavati o raccolti in situ. Dello stesso materiale, anche se lavorato in maniera diversa, sono realizzati la volta della cisterna, presente nell'area signorile, e i manti di copertura (Bianchi, 1997). Dagli studi svolti dagli archeologi gli orizzontamenti, oggi non più presenti, risultano realizzati in legno. Le malte sono ottenute miscelando inerti locali con calce cotta in apposite fornaci. Difatti nell'area archeologica sono state ritrovate in prossimità dell'ingresso: un cumulo di sabbia, pronta per essere impastata, e una fornace per la cottura della calce rintracciabile a circa una cinquantina di metri dall'ingresso dell'insediamento (Francovich, Parenti, 1987). Pertanto dal punto di vista costruttivo nel sito sono presenti tutti gli elementi necessari ed indispensabili alla realizzazione degli edifici. L'acqua rimane l'elemento più difficile da reperire non essendoci sorgenti o sistemi fluviali nelle immediate vicinanze.

Osservando attentamente le murature del borgo si può notare che allo stesso materiale non corrisponde l'utilizzo di un'unica tecnica costruttiva ma neanche di un'unica apparecchiatura. Le fondazioni sono costruite direttamente sul sottofondo geologico, e sono realizzate in continuità con le murature soprastanti con piccole riseghe che



Fotografie dell'area archeologica prima degli interventi di restauro degli anni '80-'90

Figura 1

Area signorile e torre (Francovich 1996, p.49)

Figura 2

Interno della torre (Francovich 1996, p.42)



Figura 3

Unità abitativa (UT 7) - (Francovich 1996, p.69)



Figura 4
UT 7, abitazione, analisi stratigrafica di una porzione

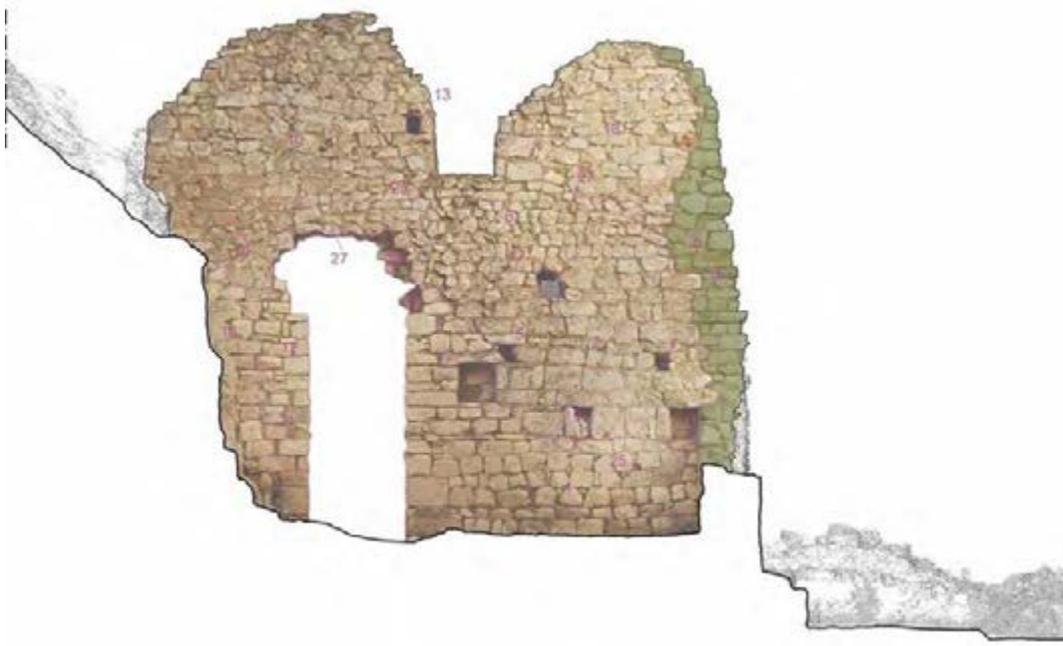


Figura 5
UT 7, abitazione, analisi stratigrafica di una porzione

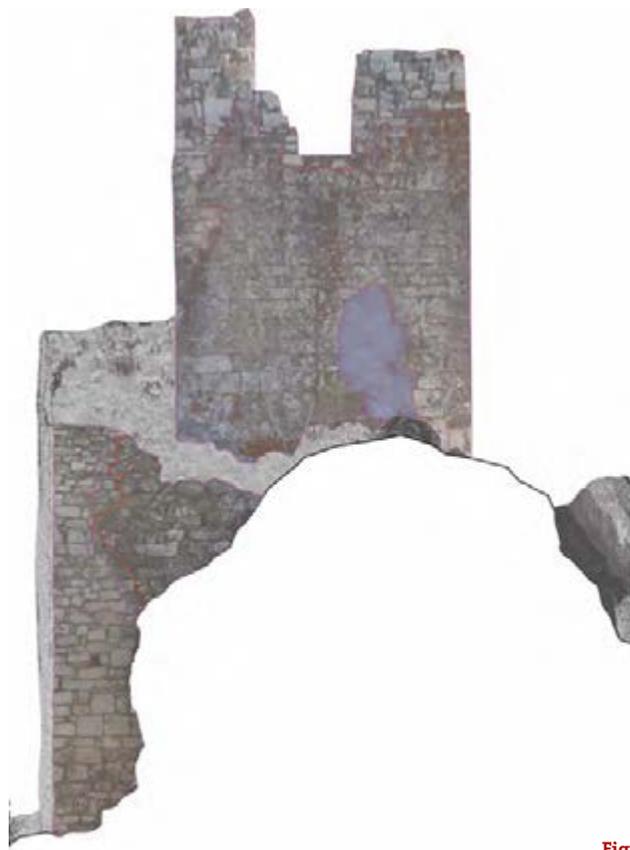


Figura 6
UT 1, torre, analisi stratigrafica di una porzione

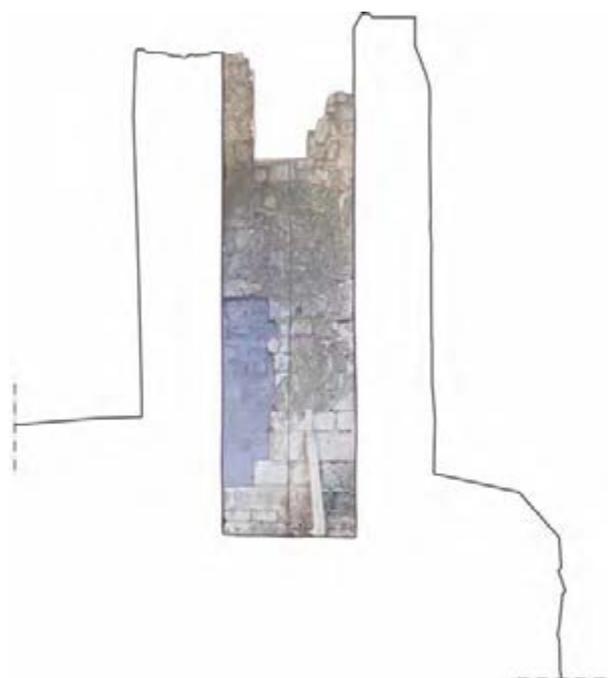


Figura 7
UT 1, torre, analisi stratigrafica di una porzione

The surveys highlighted three main types of construction:

- square stone walls, with at least three different types of equipment present;
- rough stone walls, with numerous equipment present, represents the most widespread construction technique on site;
- dry set rough stone walls, mainly used for walls on the ground.

The walls, both those made with square stones and with rough stones, have a sack core in the central part, small quantities fill the wall thickness. No through elements with a diaton, litic or wooden function have been highlighted. The presence, in some palimpsests, of deformations by die-casting with a discordant trend, suggests that the use of diatons did not belong to the local construction culture. The so-called sack masonry, in the static field, does not present particular structural problems if properly maintained. This, if seismically stimulated, and not constantly maintained, tends to fail following widely studied schemes (Giuffrè, 1991 - Doglioni, Petrini, 1994). For an in-depth study of construction techniques, please refer to the studies by Roberto Parenti carried out during the excavations (Parenti, 1992).

In restorations carried out in the last forty years, stones resulting from collapsed buildings were used as building material. The same construction technique present in the neighboring vestments was used when recomposing the wall palimpsests. The interventions were made evident by laying new undercut masonry or with thicker mortar joints. The latter methodology was used during the restoration work dealt with in this volume.

The mortars used in the restoration work, prior to these last works, have a different grain and color from the original ones. The different colors are due to the use of color pigments, these tend to change shades as a result of exposure to sunlight and atmospheric agents, irreversibly compromising them.

To avoid this type of problem in the last restoration, the sampling of numerous mortars present on site was carried out, and the mortar for each

ne aumentano la base d'appoggio a terra. In alcuni edifici parte delle murature perimetrali poggiano su banchi rocciosi affioranti, questi diventano così veri e propri paramenti murari.

Per l'individuazione delle tecniche costruttive sono state realizzate circa trentotto macro analisi di porzioni di murature di un metro per un metro.

Le indagini hanno evidenziato tre principali tipologie costruttive:

- murature di pietrame squadrato, presenti con almeno tre tipi di apparecchiature differenti;
- murature di pietrame sbizzato, presenti con numerose apparecchiature, rappresenta la tecnica costruttiva più diffusa in situ;
- murature di pietrame sbizzato apparecchiate a secco, utilizzate principalmente per i muri contro terra.

Le murature, sia quelle realizzate con pietrame squadrato che con pietrame sbizzato, presentano nella parte centrale un nucleo a sacco, all'interno del paramento inerti di ridotte quantità colmano lo spessore murario. Non sono stati evidenziati elementi passanti che funzionino da diatoni, né litici né lignei. La presenza, in alcuni palinsesti, di deformazioni per pressoflessione con andamento discorde, fa ipotizzare che l'utilizzo dei diatoni non appartenesse alla cultura costruttiva locale. La muratura cosiddetta a sacco, in campo statico, non presenta particolari problemi strutturali se adeguatamente mantenuta. Questa se sollecitata sismicamente e non costantemente mantenuta tende a dissestarsi seguendo degli schemi ampiamente studiati (Giuffrè, 1991 - Doglioni, Petrini, 1994). Per uno studio approfondito delle tecniche costruttive si rimanda inoltre agli studi di Roberto Parenti realizzati durante gli scavi (Parenti, 1992).

Nei restauri effettuati negli ultimi quarant'anni è stato utilizzato come materiale da costruzione il pietrame proveniente dai crolli. La ricomposizione dei palinsesti murari è stata ottenuta utilizzando la stessa tecnica costruttiva presente nei paramenti limitrofi. Gli interventi sono stati evidenziati posando la nuova muratura sottosquadro o con la realizzazione di un giunto di malta di spessore maggiore.

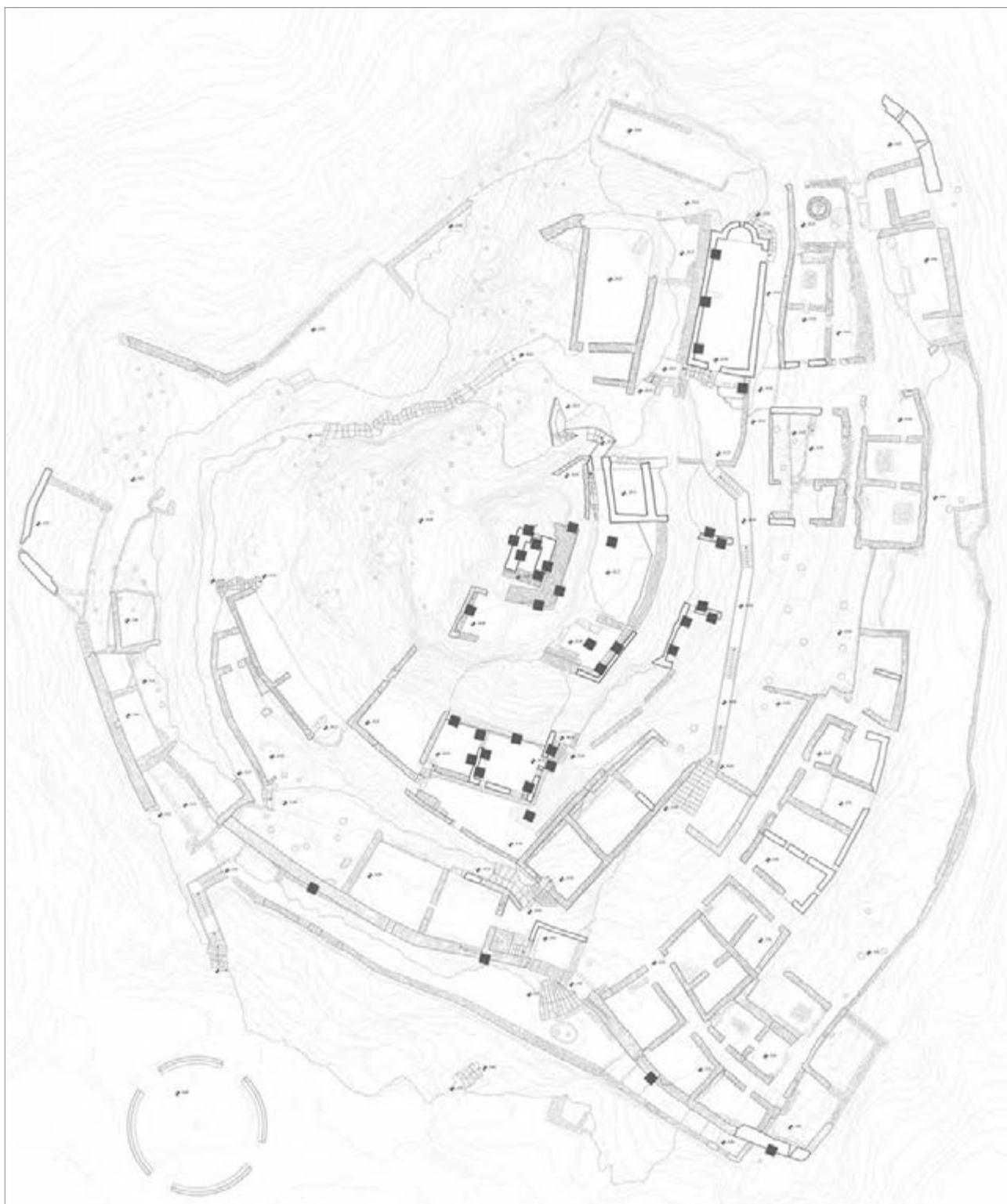


Figura 8
Planimetria generale del borgo di Rocca San Silvestro
Individuazione dei punti di campionatura delle malte

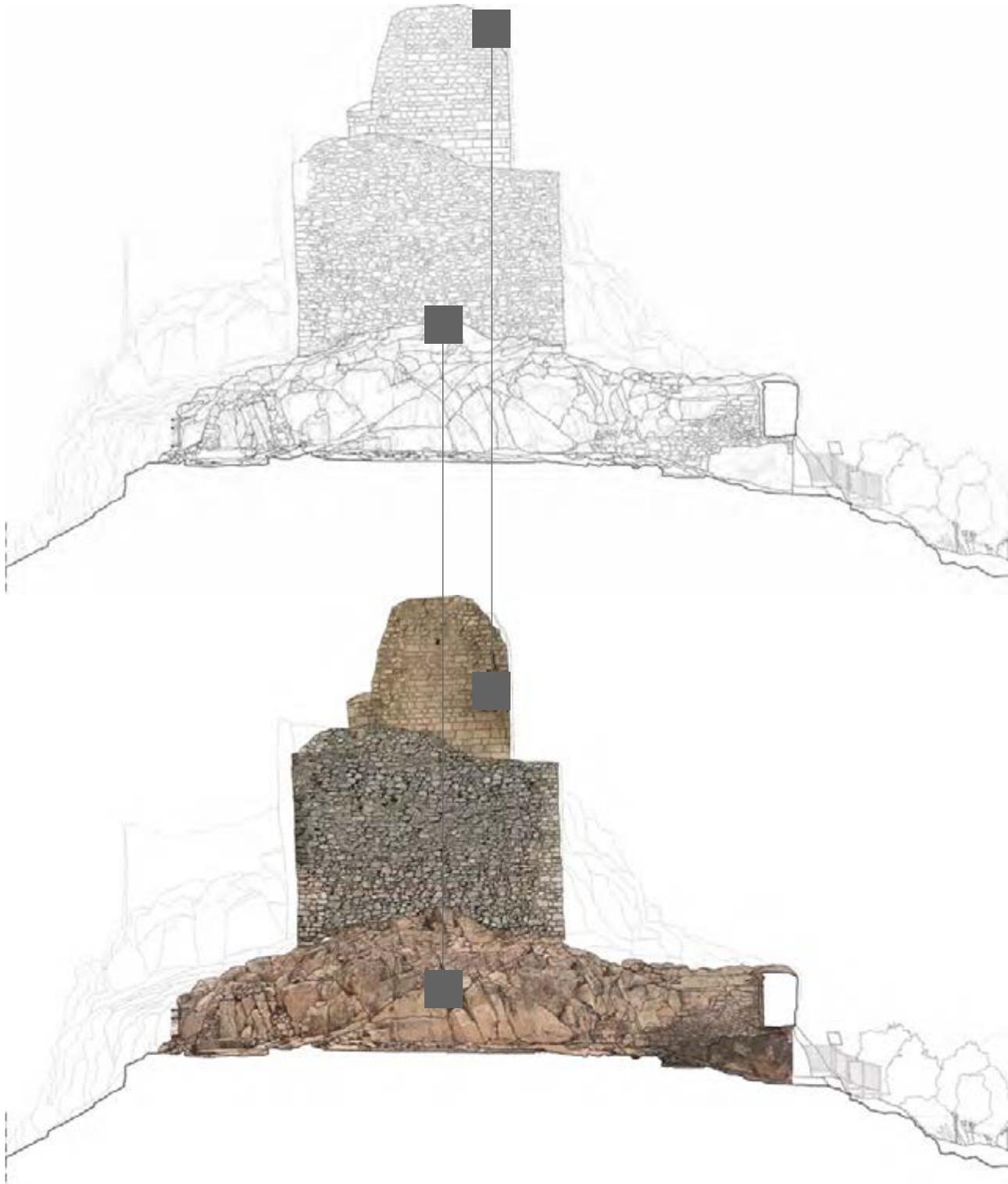


Figura 9
UT 1, torre, individuazione nei singoli prospetti dei punti di campionatura delle malte

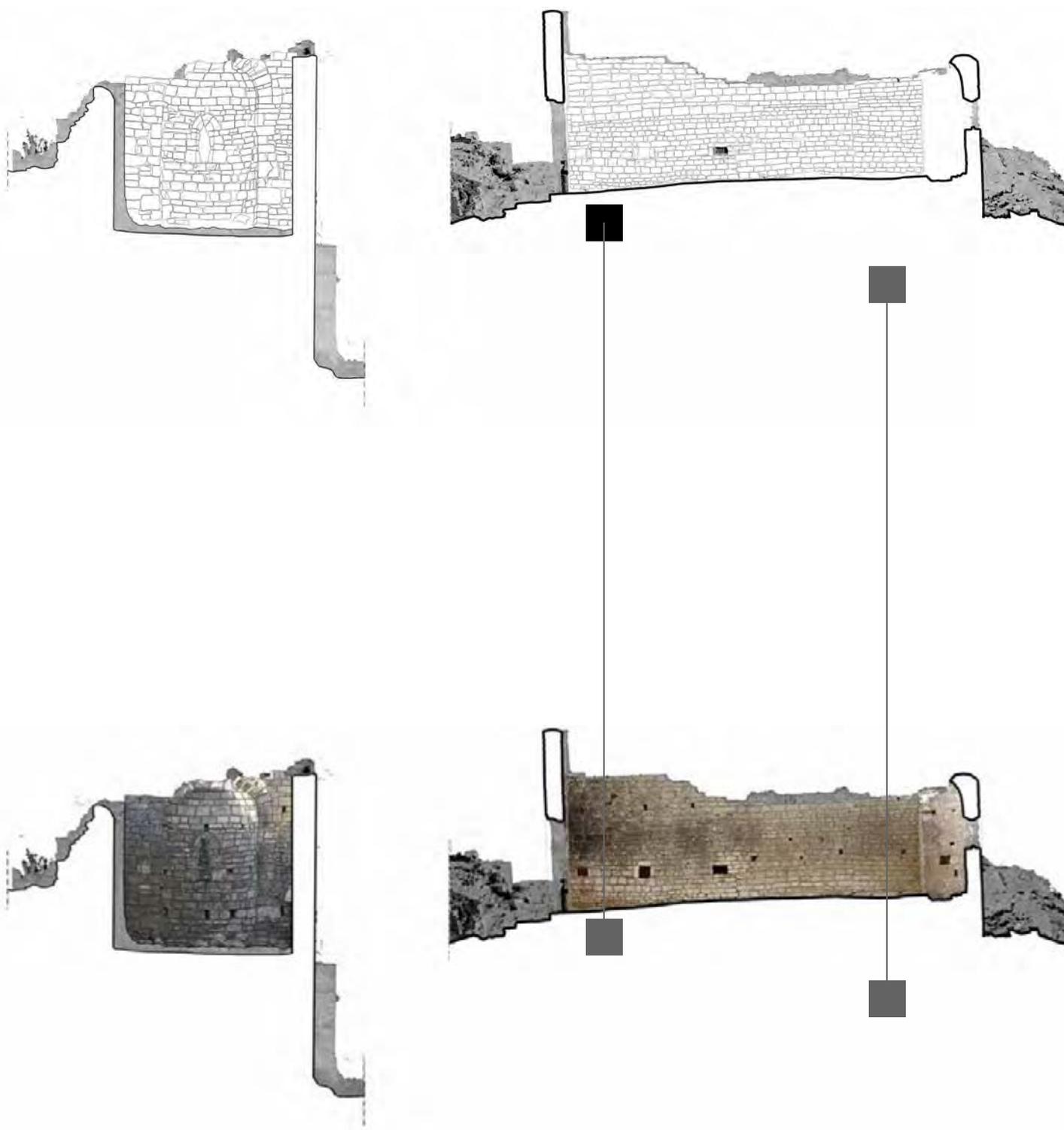
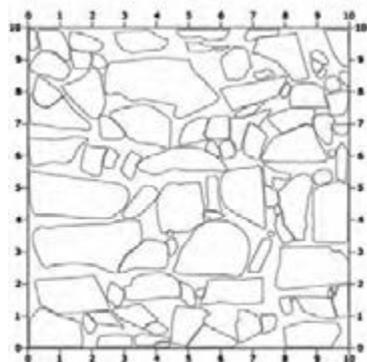
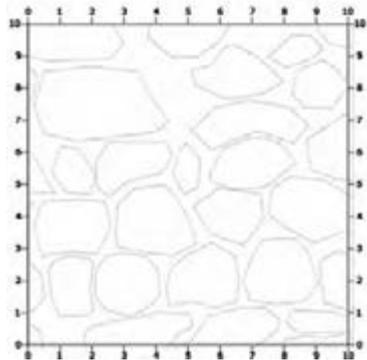
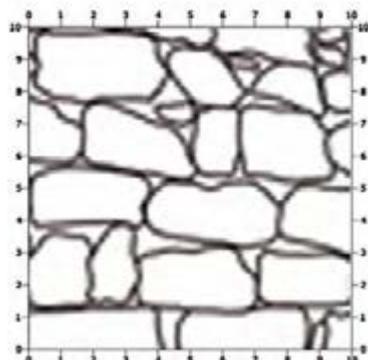
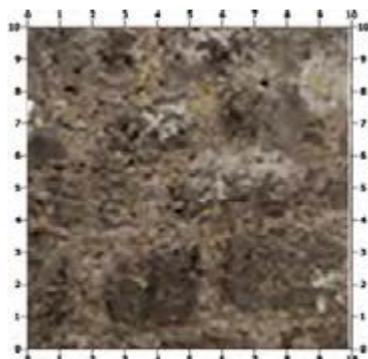
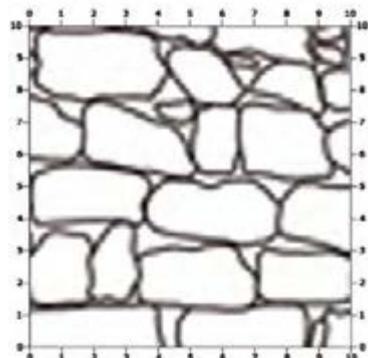
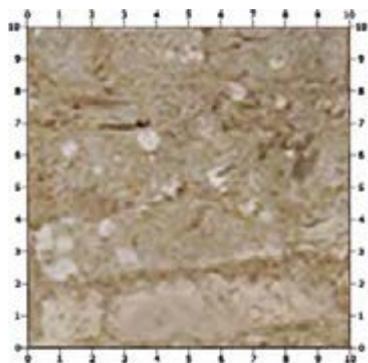


Figura 10
UT 4, chiesa, individuazione nei singoli prospetti nei punti di campionatura delle malte



Sito	Rocca San Silvestro
Tipologia	Muratura
Collocazione	UT 1 Torre prospetto esterno Est
Fase costruttiva	1
Dettagli	Originale
Stato di conservazione	Buono
Ruolo strutturale	Muratura perimetrale
Materiale di costruzione	Calcare microcristallino, malta di calce
Provenienza	Cava locale
Altezza dei conci	max 24.8 / min 7.4 cm
Larghezza dei conci	max 58.9 / min 8.5 cm
Lavorazione	Spaccatura, Sbozzatura
Finitura	Scalpello e Sabbia
Giunti e letti di posa	max 10.3 cm / min 1.02 cm
Apparecchiatura	Muratura in pietra di poligonali a bozze differenti
Presenza di zeppe	No
Presenza di diatoni	N.d.
Presenza di vuoti	Si
Dimensione dei vuoti	Buca Pontaia (15.2X16.8 cm)
Descrizione/Interpretazione	Muratura caratterizzata da bozze poligonali di dimensioni differenti. Malta presente in tutta la porzione di muro in buone condizioni. Probabilmente costruito da maestranze specializzate.

Sito	Rocca San Silvestro
Tipologia	Muratura
Collocazione	UT1 - Terrapieno, Prospetto Est esterno
Fase costruttiva	1 Fase
Cronologia assoluta	XI-XII sec.
Dettagli	Originale
Stato di conservazione	Buono
Ruolo strutturale	Muratura perimetrale
Materiale da costruzione	Calcare microcristallino e malta di calce
Provenienza	Scavo Locale
Altezza dei conci	max 28.2 cm / min 5cm
Larghezza dei conci	max 47.4 cm / min 6.4 cm
Lavorazione	Spaccatura e sbozzatura
Finitura	Subbia e scalpello
Giunti e letti di posa	max 4 cm/ min 1 cm
Apparecchiatura	Irregolare con bozze parzialmente e non lavorate
Presenza di zeppe	Si
Presenza di diatoni	N.d.
Presenza di vuoti	No
Dimensione dei vuoti	-
Descrizione/Interpretazione	Muratura costituita da bozze spaccate su filari irregolari, con sporadica presenza di materiali di reimpiego e un'assenza di malta dovuta al degrado.



Sito	Rocca San Silvestro
Tipologia	Muratura
Collocazione	UT4 Chiesa muratura ovest - prospetto est
Periodo	2
Fase costruttiva	Fase 1
Cronologia assoluta	XII sec.
Dettagli	Originale
Stato di conservazione	Ottimo
Ruolo strutturale	Muratura perimetrale
Materiale di costruzione	Calcare microcristallino e malta di calce
Provenienza	Scavo locale
Altezza dei conci	min / max cm
Larghezza dei conci	min / max cm
Lavorazione	Squadatura
Finitura	Subbia e scalpello
Giunti e letti di posa	min / max cm
Apparecchiatura	Conci di pietra posti su filari orizzontali e paralleli di medie dimensioni
Presenza di zeppe	No
Presenza di diatoni	N.d
Presenza di vuoti	No
Dimensione dei vuoti	/
Descrizione/Interpretazione	Muratura relativa all'ampliamento settentrionale della chiesa, caratterizzata da una particolare stilatura dei giunti di allettamento. La muratura si presenta simile a quella di 1° fase, perciò è ipotizzabile una cronologia ravvicinata tra i due cantieri di costruzione.

Sito	Rocca San Silvestro
Tipologia	Muratura
Collocazione	UT4 Chiesa muratura ovest-prospetto est
Periodo	3
Fase costruttiva	Fase 1
Cronologia assoluta	XIII sec.
Dettagli	Originale
Stato di conservazione	Ottimo
Ruolo strutturale	Muratura perimetrale
Materiale di costruzione	Calcare microcristallino, malta di calce
Provenienza	Scavo locale
Altezza dei conci	min / max cm
Larghezza dei conci	min / max cm
Lavorazione	Squadatura e sbazzatura
Finitura	Scalpello e subbia
Giunti e letti di posa	min / max cm
Apparecchiatura	Conci e bozze di pietra posti su filari orizzontali e paralleli di grandi dimensioni
Presenza di zeppe	No
Presenza di diatoni	N.d
Presenza di vuoti	Si - Buche puntaie (hxb) media
Dimensione dei vuoti	/
Descrizione/interpretazione	Muratura relativa al rialzamento della chiesa

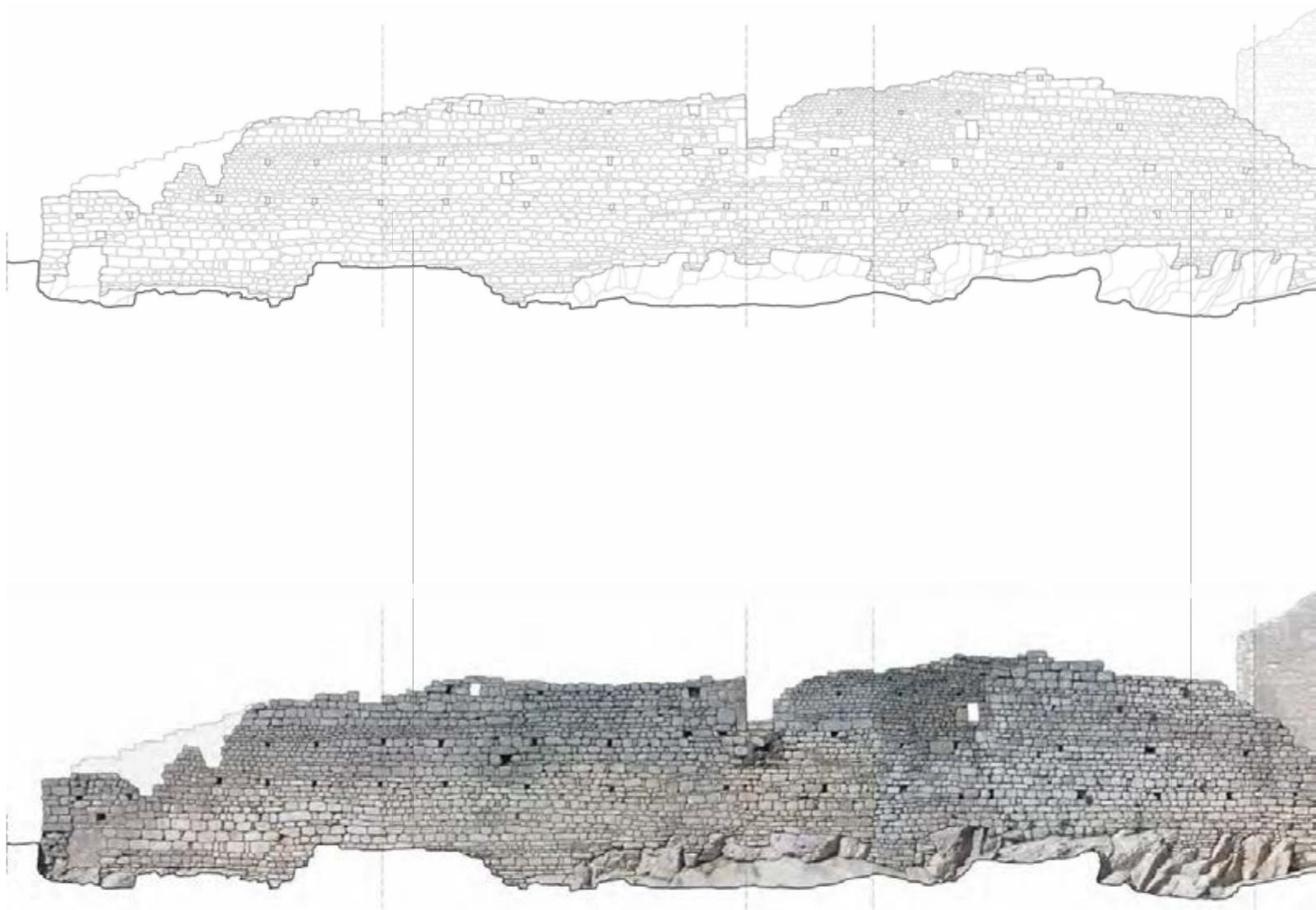
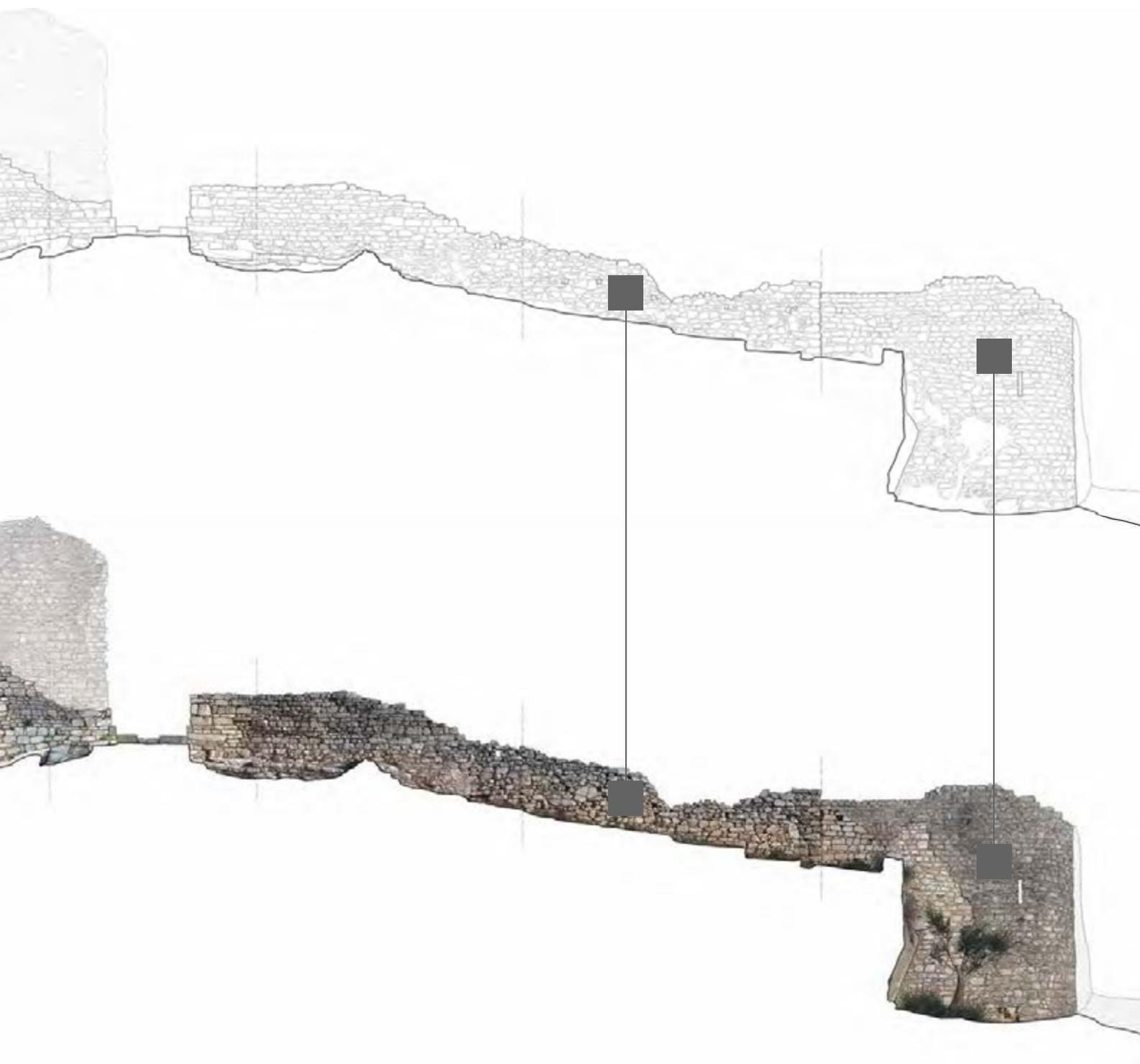


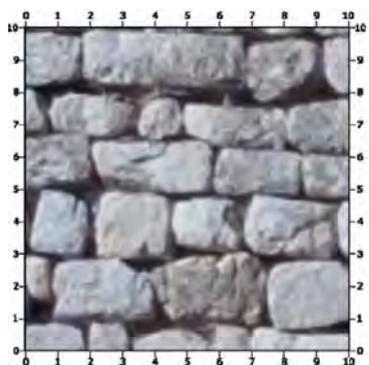
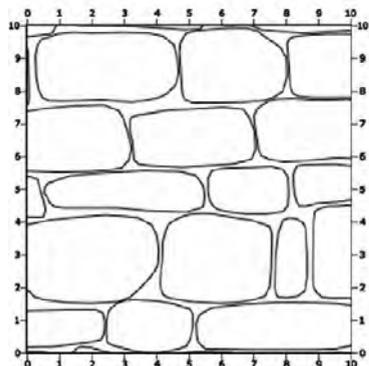
Figura 11

UT 13, cinta muraria interna, individuazione nei singoli prospetti nei punti di campionatura delle malte

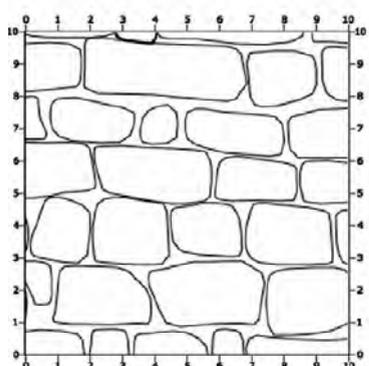




0 1 m



0 1 m

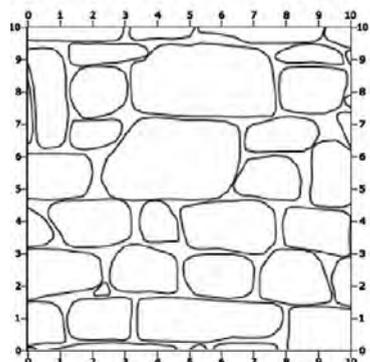
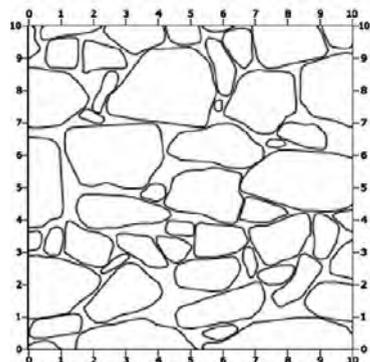


Sito	Rocca San Silvestro
Tipologia	Muratura
Collocazione	UT9 - Cinta muraria prospetto sud esterno
Periodo costruttivo	2
Cronologia assoluta	XII-XIII (Parenti, 1992)
Dettagli	Originale
Stato di conservazione	Buono
Ruolo strutturale	Cinta muraria
Materiale da costruzione	Calcare microcristallino
Provenienza	Scavo locale
Altezza dei conci	max 30 cm /min 14 cm
Larghezza dei conci	max 52 cm /min 28 cm
Lavorazione	Sbozzatura e squadratura
Finitura	Subbia e scalpello
Giunti e letti di posa	max 5 cm / min 1 cm
Apparecchiatura	Muratura regolare con bozze prevalentemente rettangolari di medie dimensioni
Presenza di zeppe	Sporadica
Presenza di diatoni	No
Presenza di vuoti	No
Dimensione dei vuoti	-

Descrizione/Interpretazione Porzione di muro controterra costituito da bozze squadrate su filari di spessore irregolare, con sporadica presenza di zeppe e un'assenza di malta dovuta al degrado. Probabilmente costruito da maestranze specializzate.

Sito	Rocca San Silvestro
Tipologia	Muratura
Collocazione	UT9 - Cinta muraria prospetto sud esterno
Periodo costruttivo	2
Cronologia assoluta	XII-XIII (Parenti, 1992)
Dettagli	Originale
Stato di conservazione	Buono
Ruolo strutturale	Cinta muraria
Materiale da costruzione	Calcare microcristallino
Provenienza	Scavo locale
Altezza dei conci	max 21 cm /min 12 cm
Larghezza dei conci	max 50 cm /min 20 cm
Lavorazione	Sbozzatura e squadratura
Finitura	Subbia e scalpello
Giunti e letti di posa	max 5 cm/min 1 cm
Apparecchiatura	Muratura regolare con bozze rettangolari di medie dimensioni
Presenza di zeppe	No
Presenza di diatoni	No
Presenza di vuoti	No
Dimensione dei vuoti	-

Descrizione/Interpretazione Porzione di muro controterra costituito da bozze squadrate su filari di spessore regolare, assenza di malta dovuta al degrado. Probabilmente costruito da maestranze specializzate.



Sito	Rocca San Silvestro
Tipologia	Muratura
Collocazione	UT9 - Cinta muraria prospetto sud esterno
Periodo costruttivo	1
Cronologia assoluta	XI-XII (Parenti, 1992)
Dettagli	Originale
Stato di conservazione	Mediocre
Ruolo strutturale	Cinta muraria
Materiale da costruzione	Calcare microcristallino
Provenienza	Scavo locale
Altezza dei conci	max 25 cm /min 12 cm
Larghezza dei conci	max 35 cm /min 15 cm
Lavorazione	Spaccatura
Finitura	Assente
Giunti e letti di posa	max 5 cm/min 1 cm
Apparecchiatura	Muratura senza giunti e letti di posa rilevabili, formata da bozze irregolari di dimensioni estremamente variabili da molto piccole a medie.
Presenza di zeppe	Diffusa
Presenza di diatoni	No
Presenza di vuoti	No
Dimensione dei vuoti	-
Descrizione/Interpretazione	Muratura costituita da bozze spaccate disposte senza un preciso ordine e senza disposizione a filari, diffusa presenza di zeppe, assenza di malta dovuta o al degrado o da una sua parziale assenza iniziale. Probabilmente costruito da maestranze non specializzate.

Sito	Rocca San Silvestro
Tipologia	Muratura
Collocazione	UT9 - Cinta muraria prospetto sud esterno
Periodo costruttivo	3
Cronologia assoluta	XIII-XIV (Parenti, 1992)
Dettagli	Originale
Stato di conservazione	Buono
Ruolo strutturale	Cinta muraria
Materiale da costruzione	Calcare microcristallino
Provenienza	Scavo locale
Altezza dei conci	max 25cm /min 12 cm
Larghezza dei conci	max 50 cm /min 18 cm
Lavorazione	Sbozzatura, parziale squadratura di alcune bozze
Finitura	Subbia e scalpello solo su alcune bozze o solo sulla faccia esterna
Giunti e letti di posa	max 5 cm / min 1 cm
Apparecchiatura	Muratura regolare con bozze irregolari di piccole e medie dimensioni
Presenza di zeppe	No
Presenza di diatoni	No
Presenza di vuoti	No
Dimensione dei vuoti	-
Descrizione/Interpretazione	Muratura costituita da bozze prevalentemente solo spaccate su filari di spessore irregolare, presenza di malta cementizia dovuta a restauri successivi. Forse costruito da maestranze specializzate.



Figura 12
Vista aerea del borgo di Rocca San Silvestro (Foto di Guido Cozzi)

construction or construction phase was highlighted. Aggregates and not color pigments were used to colour the dough, to avoid the contraindications mentioned above (Arrighetti, 2017). The analyzes evidenced the use of local materials and lime not always adequately extinguished, the presence of limestone granules which were not perfectly cooked placing attention on the limits of the mechanical characteristics of these walls and above all the binders that compose them.

Despite the constructive and technological limitations of the time and the many centuries of abandonment, the walls have resisted satisfactorily. The palimpsests made of squared stones are the ones that have been best preserved. Unfortunately, in some cases the square blocks were removed and reused as construction elements for new buildings outside the perimeter of Rocca San Silvestro.

Architectural and structural degradation

The laser and photogrammetric survey of the site was the basis for the drafting of the thematic tables concerning architectural and structural degradation. These were made using, for the identification of degradation and surface alterations, the glossaries Normal 1/88 alterations of stone materials and iCoMos-isCs illustrated glossary on stone deterioration patterns. While for the tables concerning structural degradation the studies of Antonino Giuffrè and Francesco Doglioni were used (Giuffrè, 1991 - Doglioni, Petrini, 1994).

Quest'ultima metodologia è stata utilizzata durante gli interventi di restauro trattati nel volume.

Le malte utilizzate negli interventi di restauro, antecedenti a questi ultimi lavori, presentano grana e colorazione differente da quelle originali. Le diverse colorazioni sono dovute all'utilizzo di pigmenti di colore, questi tendono a cambiare tonalità a seguito dell'esposizione ai raggi solari e agli agenti atmosferici, compromettendoli irreversibilmente.

Nell'ultimo restauro, per evitare questo tipo di problematiche, è stato realizzato il campionamento di numerose malte presenti nel sito, e per ogni fase costruttiva o di cantiere è stata evidenziata la sua malta. Per colorare l'impasto sono stati utilizzati gli inerti e non i pigmenti di colore per evitare le controindicazioni sopra esposte (Arrighetti, 2017). Le analisi hanno messo in evidenza l'utilizzo di materiali locali e di calce non sempre spenta adeguatamente, la presenza di granuli di calcare non perfettamente cotti ha posto l'attenzione sui limiti delle caratteristiche meccaniche di queste murature e soprattutto dei leganti che le compongono.

Nonostante i limiti costruttivi e tecnologici del tempo e i numerosi secoli di abbandono le murature hanno resistito in maniera soddisfacente. I palisenti realizzati in pietrame squadrato sono quelli che si sono conservati meglio. Purtroppo in alcuni casi i blocchi squadrati sono stati asportati e riutilizzati come elementi costruttivi per nuovi edifici fuori dal perimetro di Rocca San Silvestro.

Degradati architettonici e strutturali

L'esigenza di conservare il monumento tramandatoci dal passato in ogni sua parte [...] ha posto la necessità, [...] di indagare in merito alle cause che ne producano l'invecchiamento e il degrado, [...] allo scopo di migliorare l'azione preventiva da una parte e, dall'altra di fermare o almeno rallentare l'alterazione e il decadimento. (Fiorani D. 1996, p. 297).

Il rilievo laser e fotogrammetrico del sito è stato la base per la redazione delle tavole tematiche inerenti i degradi architettonici e strutturali. Queste sono state realizzate utilizzando, per l'individuazione dei degradi e delle alterazioni superficiali, i glossari *Normal 1/88 alterazioni dei materiali lapidei* e *iCoMos-isCs illustrated glossary on stone deterioration patterns*. Mentre per le tavole inerenti i degradi strutturali sono stati utilizzati gli studi di Antonino Giuffrè e Francesco Doglioni (Giuffrè A. 1991 - Doglioni F., Petrini, 1994).

L'analisi delle principali forme di degrado ha chiarito come la maggior parte di queste siano causate dall'esposizione dei paramenti agli agenti atmosferici. Patine, incrostazioni e croste sono riscontrabili su tutte le superfici, maggiormente su quelle esposte a nord.

La vegetazione infestante è poco presente nelle aree aperte al pubblico, perché il piano di manutenzione del parco prevede interventi costanti, mentre è molto presente nelle aree non visitabili. I fenomeni erosivi sono rari e non causano riduzioni significative delle sezioni resistenti delle murature. In realtà tra le patologie di degrado più presenti nelle aree archeologiche, e quella di Rocca San Silvestro non fa eccezione, vi è la mancanza di giunti di malta tra gli elementi lapidei. Questa perdita di materiale compromette la sezione resistente della muratura e favorisce il distacco dei singoli elementi che compongono i palinsesti.

Il rilievo dei degradi strutturali (lesioni e deformazioni) ha evidenziato, in fase di analisi, che molti palinsesti murari sono interessati da meccanismi di collasso dovuti principalmente alla mancanza di un piano di restauro programmatico che preveda interventi costanti sulle murature evitando il deterioramento. La perdita della capacità meccanica delle malte di allettamento e di nucleo, a seguito della

The analysis of the main forms of degradation clarified how most of these were caused by exposure of the vestments to atmospheric agents. Patinas, scales and crusts can be found on all surfaces, but mainly on those north facing.

Weed vegetation is not very present in the areas open to the public, because the maintenance plan of the park provides for constant interventions, while it is very present in the areas that cannot be visited. Erosive phenomena are rare and do not cause significant reductions in the resistant sections of the masonry. In fact, among the most present degradation pathologies in the archaeological areas, and that of Rocca San Silvestro is no exception, is the lack of mortar joints among the stone elements (or bricks). This loss of material compromises the resistant section of the masonry and favors the detachment of individual elements that make up the palimpsests (stones and / or bricks).

The survey of structural degradation (lesions and deformation) showed, during the analysis phase, that many wall palimpsests are affected by collapse mechanisms mainly due to the lack of a programmed restoration plan that provided for constant interventions on the walls to avoid deterioration. The loss of mechanical capacity of the mortars lodging and core, as a result of continuous exposure to atmospheric agents, was the main cause of the collapse of the walls. The choice of an analysis of lesions and deformations was made to avoid massive interventions that involve the insertion of steel diatons and consolidating injections to recompact all the wall palimpsests. The analysis carried out before the intervention made it possible to identify the most deformed points and intervene in time and as necessary, reducing both costs and impact on the structure.

The continuous detachment of stone material from the rocky ridge on which the hamlet is built are to be added to the forms of architectural and structural degradation. The collapsing blocks hit the walls causing damage to the architectural structures.

GENERAL TERMS TERMES GÉNÉRAUX	> ALTERATION . ALÉRATION	DAMAGE . DÉGRADATION	DECAY . DÉGRADATION	DEGRADATION . DÉGRADATION			
CRACK & DEFORMATION FISSURE & DÉFORMATION	> CRACK . FISSURE <small>page 10</small>	DEFORMATION . DÉFORMATION <small>page 12</small>					
	Fracture . Fracture						
	Star crack . Fissuration en étoile						
	Hair crack . Microfissure						
	Craquele . Craquellement						
	Splitting . Clivage						
DETACHMENT DÉTACHEMENT	> BLISTERING . BOURSOULFURE <small>page 14</small>	BURSTING . ECLATEMENT <small>page 16</small>	DELAMINATION . DÉLITAGE <small>page 18</small>	DISINTEGRATION . DÉSAGGREGATION			
			Exfoliation . Exfoliation	Crumbling . Émiettement			
				Granular disintegration . Désaggrégation granulaire			
				<ul style="list-style-type: none"> ■ Powdery, Chalking . Pulvérisation ■ Sanding . Désaggrégation sableuse ■ Sugaring . Désaggrégation saccharine 			
FEATURES INDUCED BY MATERIAL LOSS FIGURES INDUITES PAR UNE PERTE DE MATIÈRE	> ALVEOLIZATION . ALVÉOLISATION <small>page 28</small>	EROSION . ÉROSION <small>page 30</small>	MECHANICAL DAMAGE . DÉGÂT MÉCANIQUE <small>page 32</small>	MICROKARST . MICROKARST			
	Coving . Creusement	Differential erosion . Erosion différentielle	Impact damage . Trace d'impact				
		Loss . Perte : ■ of components . de constituants ■ of matrix . de matrice	Cut . Incision				
		Rounding . Erosion en boule	Scratch . Rayure				
		Roughening . Augmentation de rugosité	Abrasion . Abrasion				
			Keying . Bôchage				
DISCOLORATION & DEPOSIT ALTÉRATION CHROMATIQUE ET DÉPÔT	> CRUST . CROÛTE <small>page 42</small>	DEPOSIT . DÉPÔT <small>page 44</small>	DISCOLOURATION . ALTÉRATION CHROMATIQUE <small>page 46</small>	EFFLORESCENCE . EFFLORESCENCE <small>page 48</small>	ENCRUSTATION . ENCRÔTEMENT <small>page 50</small>	FILM . FILM <small>page 52</small>	G... AS
	Black crust . Croûte noire		Colouration . Coloration		Concrétion . Concrétion		
	Salt crust . Croûte saline		Bleaching . Décoloration				
			Moist area . Assombrissement dû à l'humidité				
			Staining . Tache				
BIOLOGICAL COLONIZATION COLONISATION BIOLOGIQUE	> BIOLOGICAL COLONIZATION . COLONISATION BIOLOGIQUE <small>page 64</small>	ALGA . ALGUE <small>page 66</small>	LICHEN . LICHEN				

Bad outflow of rainwater, due to the orography of the site, strongly affects the state of conservation of the walls, accelerating both surface and structural degradation.

continua esposizione agli agenti atmosferici, è stata la causa principale del collasso delle murature.

La scelta di un'analisi puntuale di lesioni e deformazioni è stata fatta per evitare interventi massivi che prevedessero l'inserimento di diatoni in acciaio e iniezioni consolidanti per ricompattare tutti i pannelli murari. L'analisi svolta prima dell'intervento ha permesso di individuare i punti maggiormente deformati ed intervenire puntualmente dove era necessario, diminuendo sia i costi che l'impatto sulla

ATION		DETERIORATION . DÉGRADATION		WEATHERING . ALTÉRATION MÉTÉORIQUE		page 8
GRÉGATION		FRAGMENTATION . FRAGMENTATION		PEELING . PELAGE		page 26
grégation granulaire		Splintering . Fragmentation en esquilles		Flaking . Écaillage		
rulence, Farinage		Chipping . Epaufure		Contour scaling . Contour scaling		
use				Spalling . Desquamation en plaque		
charoide						
ST		MISSING PART . PARTIE MANQUANTE		PERFORATION . PERFORATION		page 40
page 34		page 36		page 38		
Gap . Trou						
GLOSSY ASPECT .		GRAFFITI .		PATINA .		page 62
PECT LUISANT		GRAFFITI		PATINE		
				Iron rich patina .		
				Patine ferrugineuse		
				Oxalate patina .		
				Patine d'oxalates		
page 68		page 70		page 72		page 74
MOSS . MOUSSE		MOULD . MOISSURE		PLANT . PLANTE		

Figura 1
 Schema esemplificativo dei degradi superficiali
 (ICOMOS-ISCS 2008)

struttura. A queste forme di degrado architettonico e strutturale si aggiungono quelle causate dai continui distacchi di materiale lapideo dal costone roccioso sul quale il borgo è costruito. I blocchi crollando investono le murature causando danni alle strutture architettoniche. Il cattivo deflusso delle acque meteoriche, dovuto all'orografia del sito, incide fortemente sullo stato di conservazione delle murature, accelerando sia il degrado superficiale che quello strutturale.



Figura 2
UT 4, chiesa, particolare di un palinsesto privo di giunti di malta di allettamento



Figura 3
Dettaglio dei degradi di una muratura

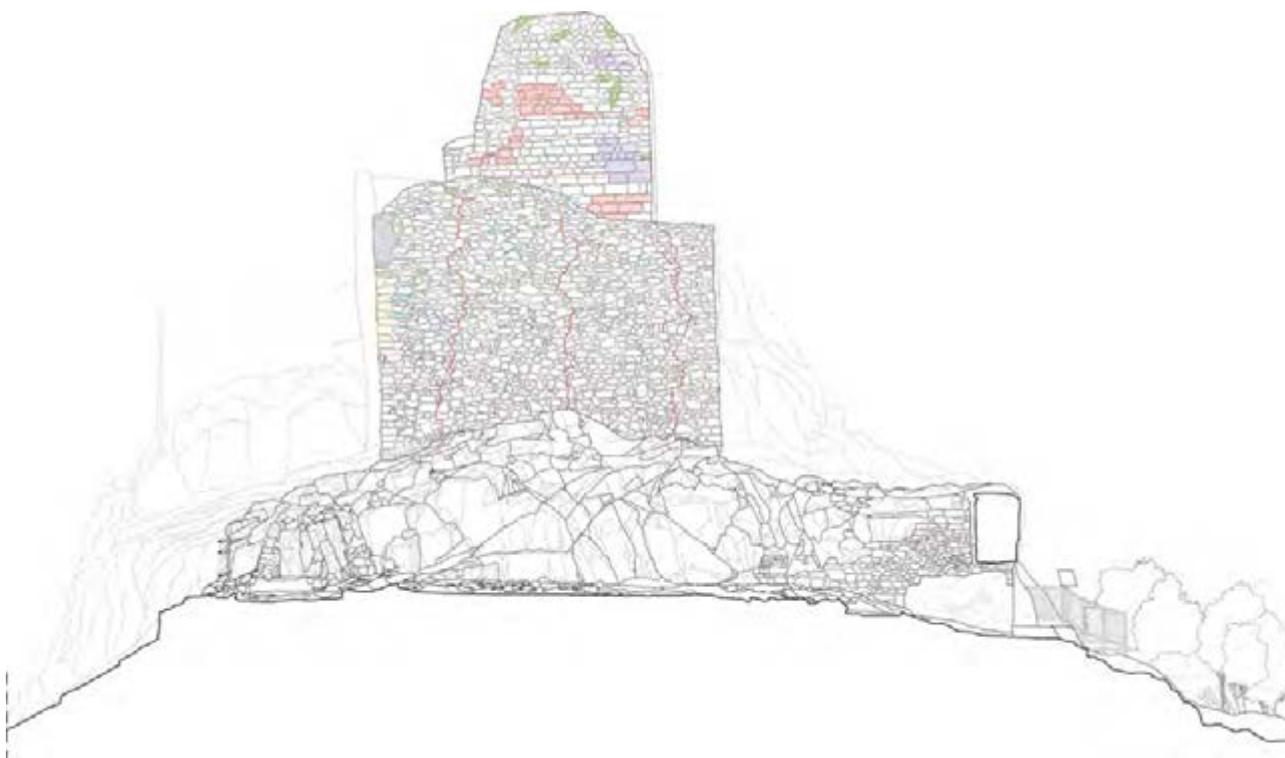


Figura 4
UT 1, torre, rilievo dei degradi architettonici

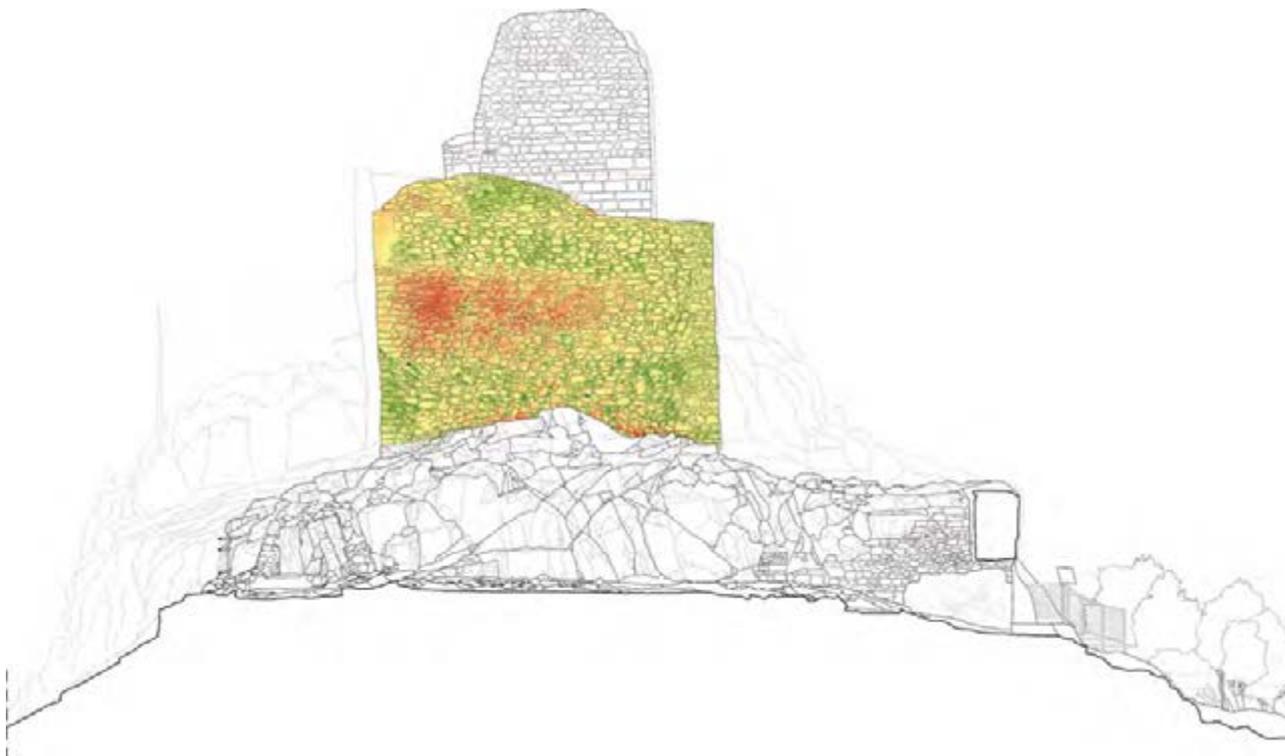


Figura 5
UT 1, torre, rilievo delle deformazioni e delle lesioni

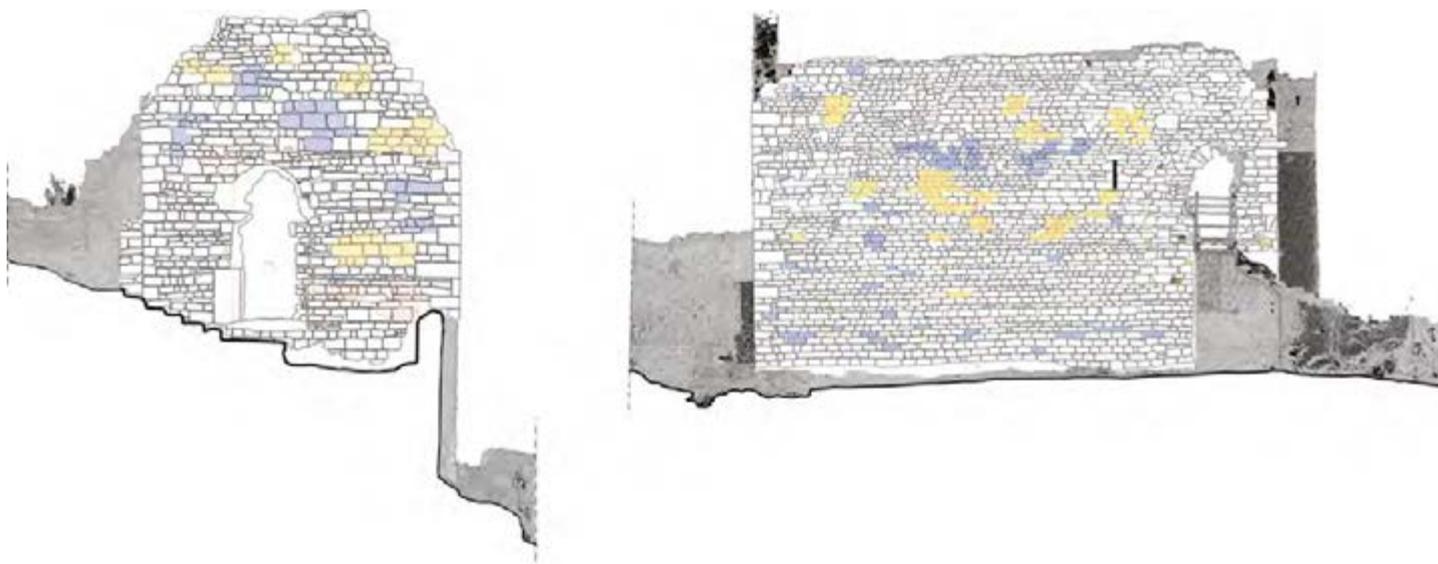


Figura 6
UT 4, chiesa, rilievo dei degradi architettonici

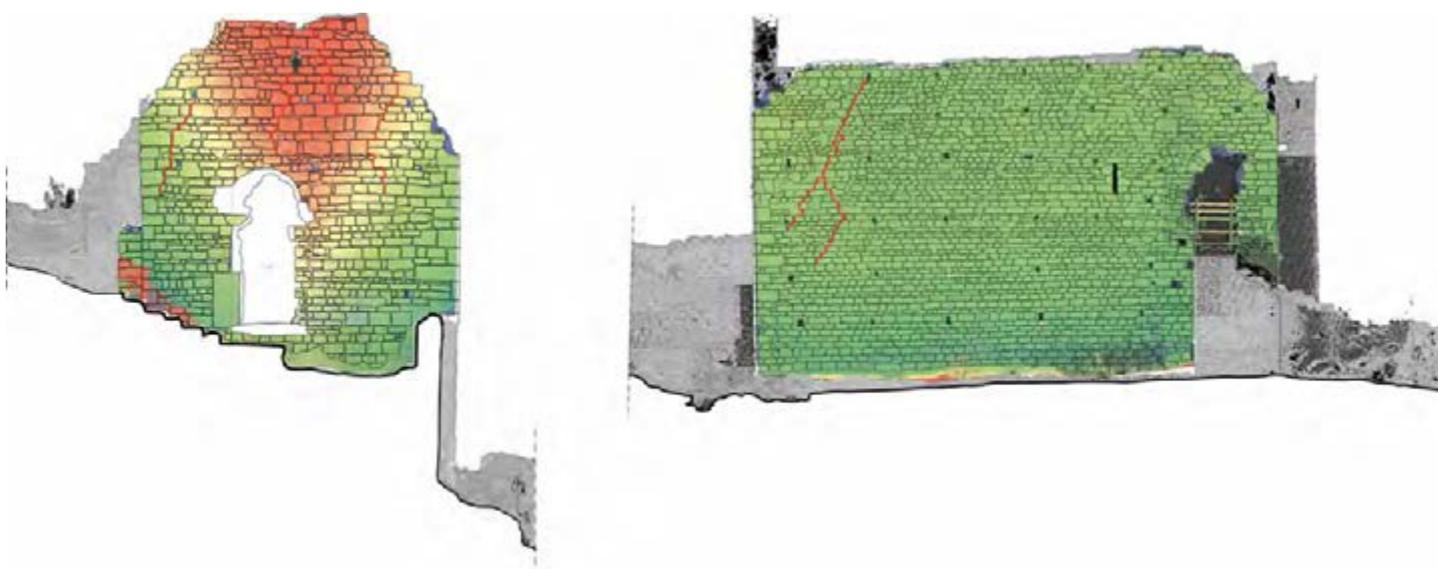


Figura 7
UT 4, chiesa, rilievo delle deformazioni e delle lesioni



Figura 8
UT 4, chiesa, rilievo dei degradi architettonici

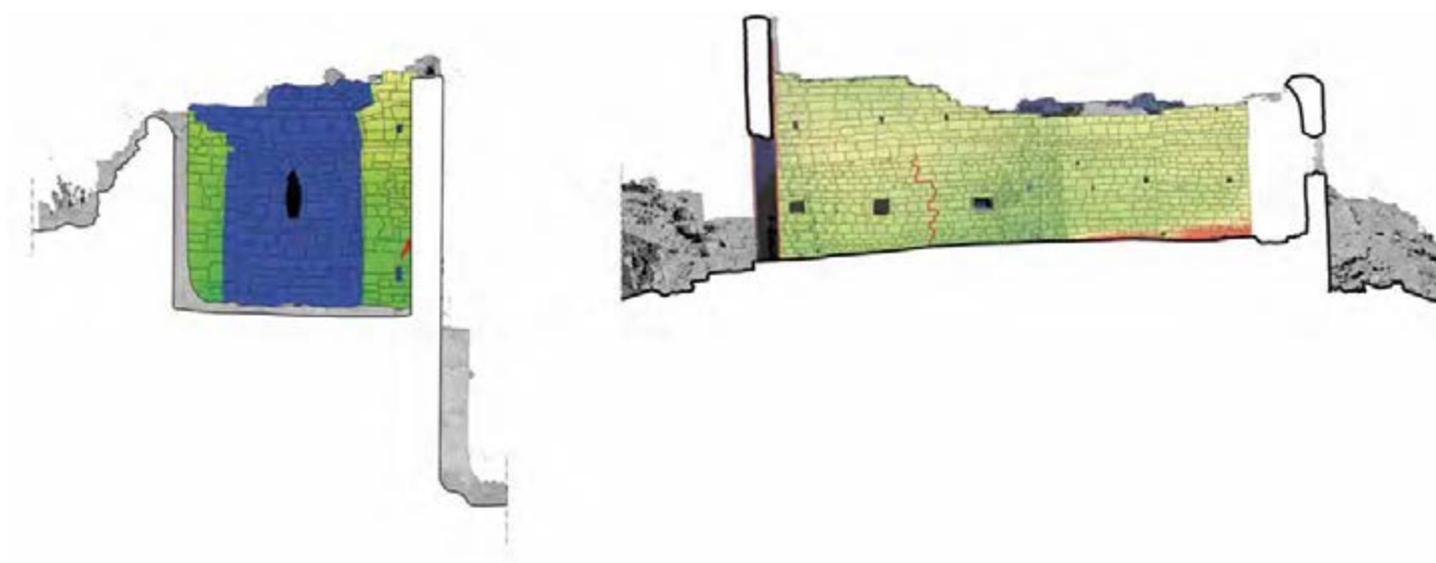


Figura 9
UT 4, chiesa, rilievo delle deformazioni e delle lesioni

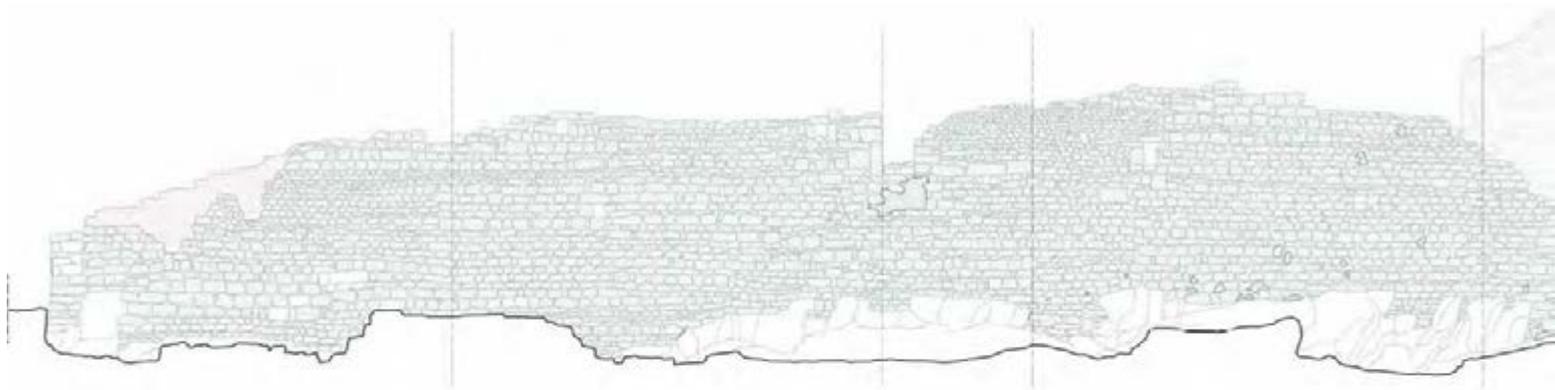
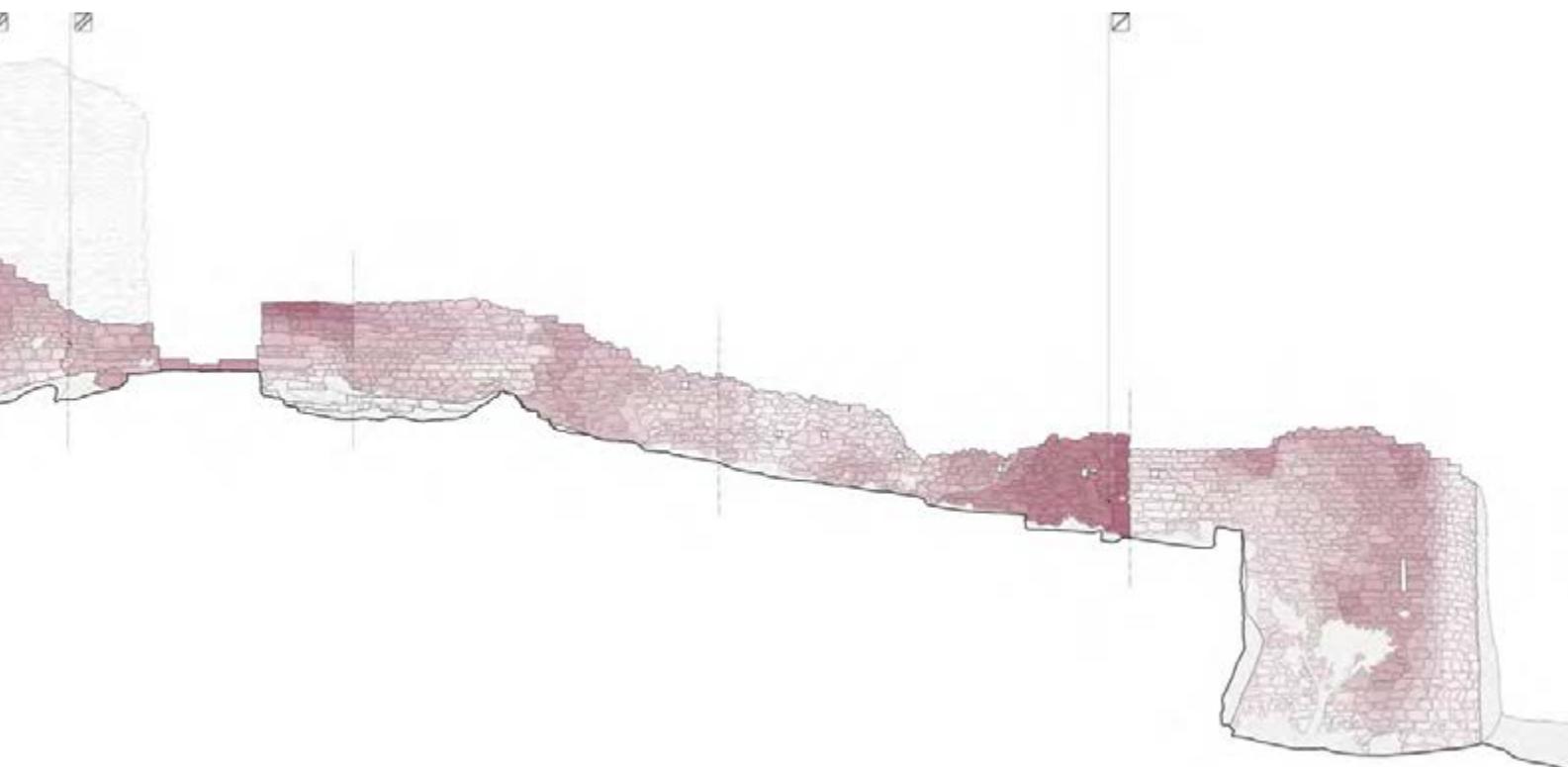
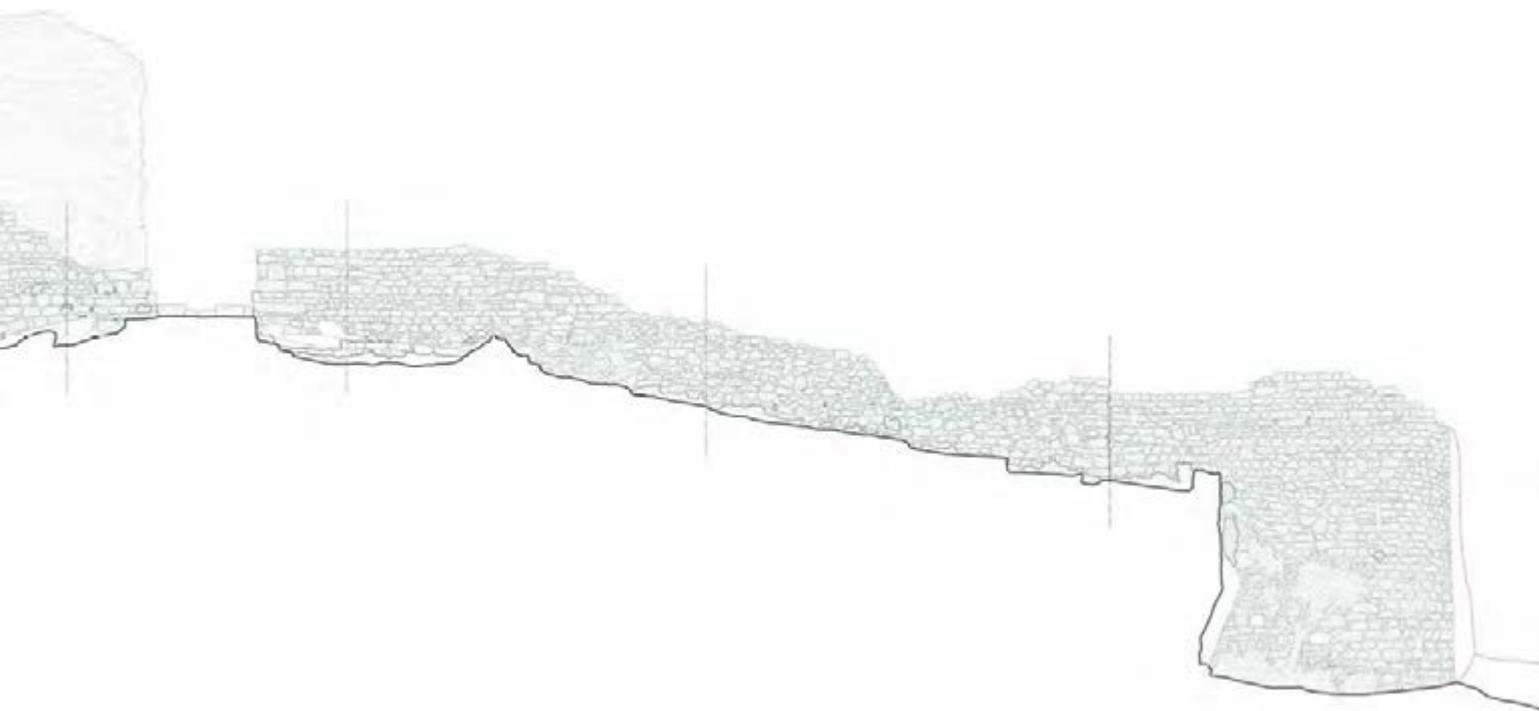


Figura 10
UT 13, cinta muraria interna, rilievo dei degradi architettonici



Figura 11
UT 13, cinta muraria interna, rilievo delle deformazioni e delle lesioni



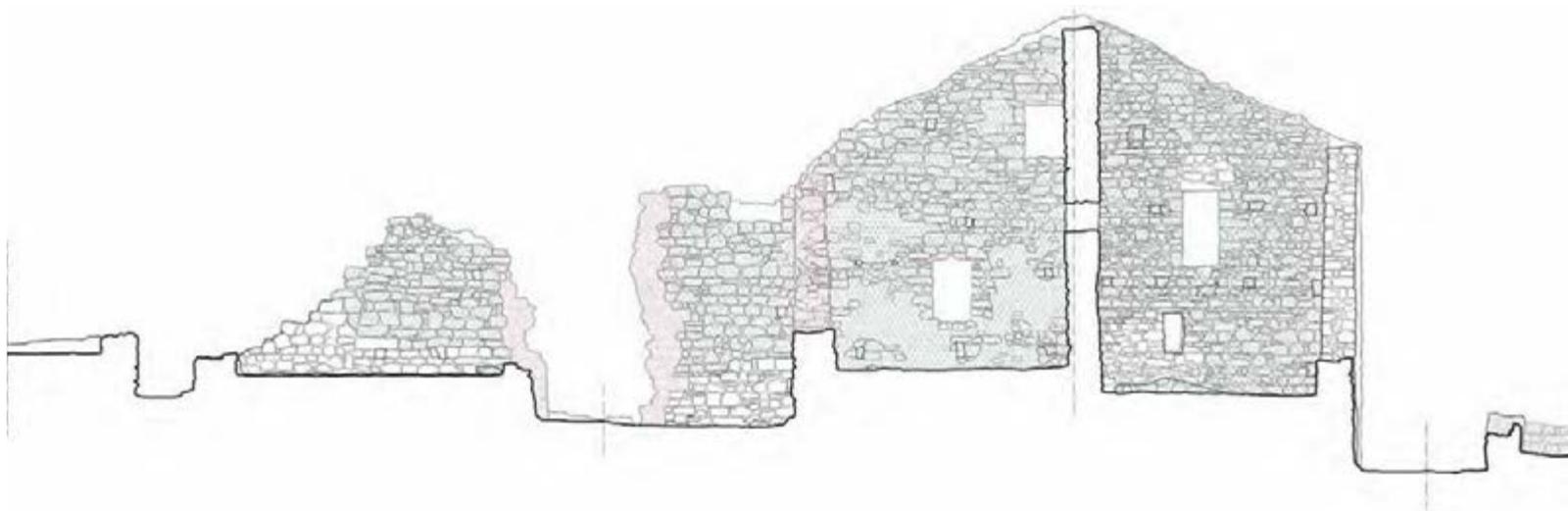


Figura 12
UT 16, area residenziale, rilievo dei degradi architettonici

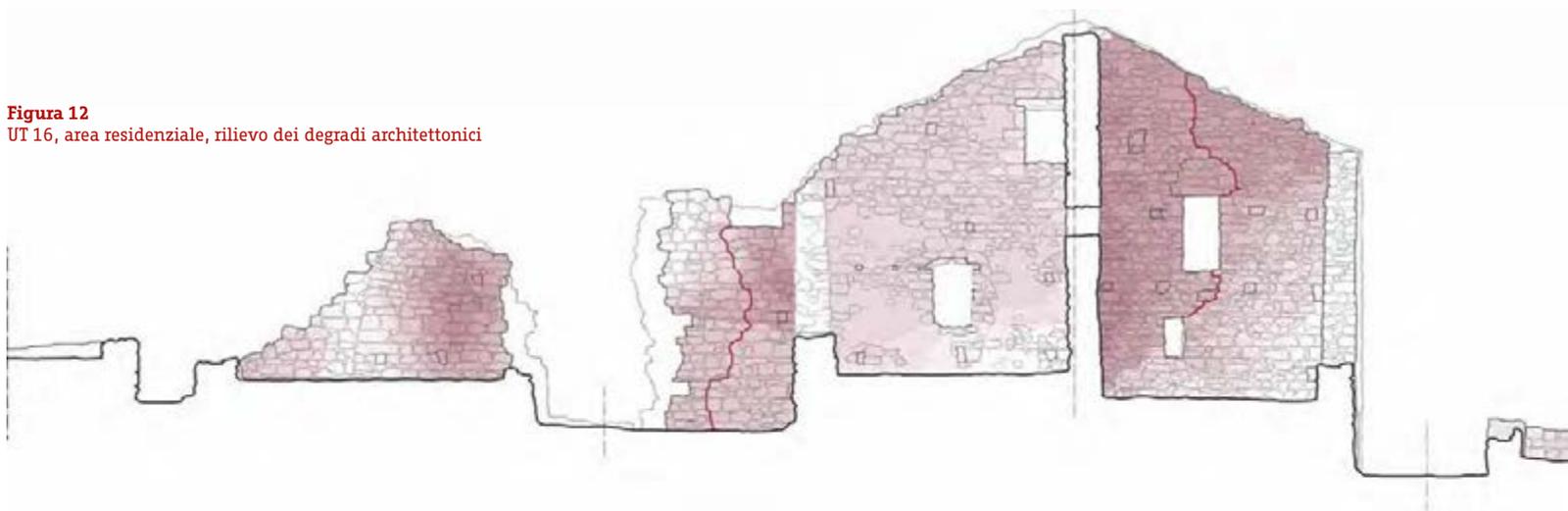
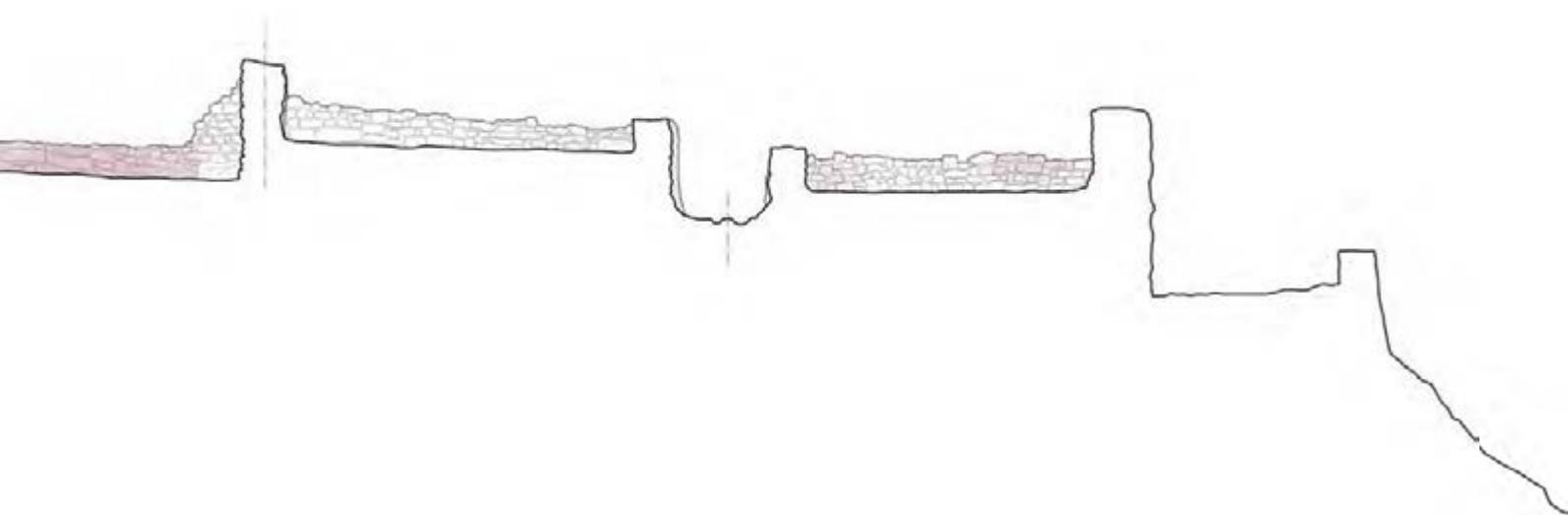
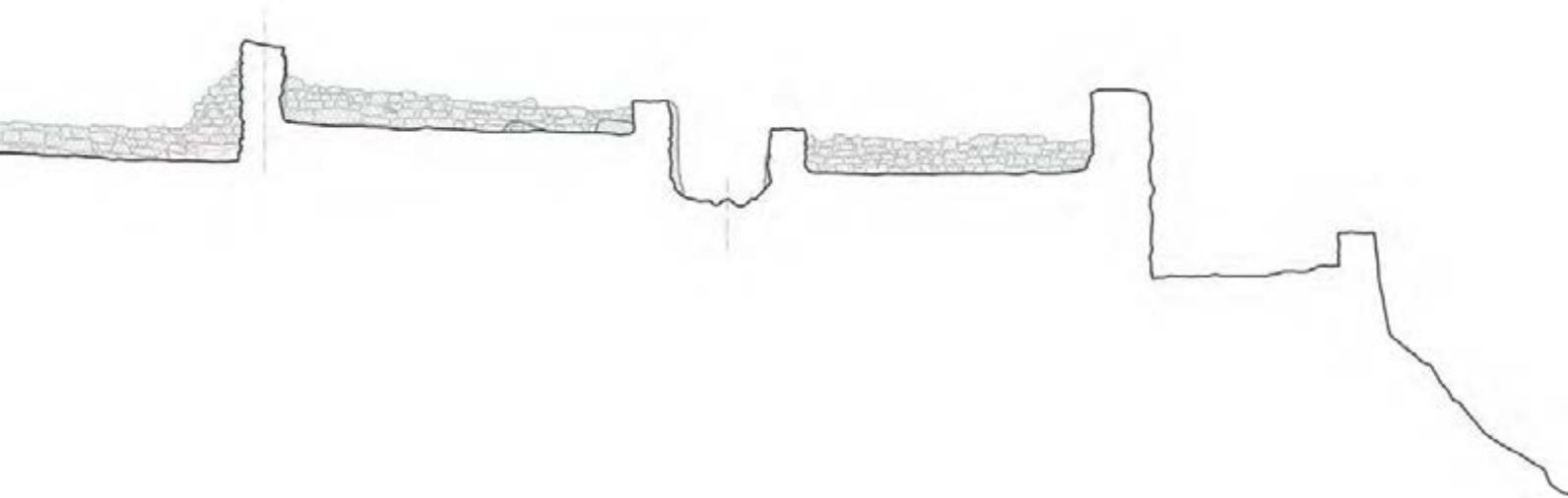


Figura 13
UT 16, area residenziale, rilievo delle deformazioni e delle lesioni



Gli interventi di restauro
Restoration work



Il rilievo, le indagini stratigrafiche, lo studio delle malte e le analisi dei degradi e delle alterazioni sono stati eseguiti preliminarmente alla stesura del progetto di restauro. Piante, prospetti e sezioni, completi anche di fotopiani, sono stati realizzati sulla base del rilievo tridimensionale.

Questi elaborati hanno permesso di individuare graficamente le macro aree interessate da degradi e alterazioni a cui poi è seguita la redazione delle schede sintetiche delle cause. Questi elaborati sono serviti anche da base per l'individuazione degli interventi di restauro.

Prima di intervenire sulle murature è stato necessario eseguire i disaggi di materiali pericolanti, le chiodature dei costoni rocciosi, la pulizia delle aree, la messa in opera di presidi per il contenimento delle terre e per finire gli interventi di regimentazioni delle acque meteoriche.

Solo dopo queste operazioni, che possiamo definire preliminari, si è proceduto con la messa in opera degli interventi di restauro veri e propri: il consolidamento dei palinsesti murari con tutte le lavorazioni ad esso legate, il restauro delle pavimentazioni, e la realizzazione di quelle nuove e per finire gli interventi di restauro e consolidamento della chiesa e del cimitero.

Gli interventi di restauro e consolidamento della chiesa e del cimitero, sono gli unici che presentano l'iserimento di nuove strutture in ferro. Questi elementi risultano necessari per il consolidamento strutturale delle porte di accesso della chiesa e del muro di contenimento del cimitero. L'intervento è stato progettato nei termini di riconoscibilità, compatibilità e reversibilità, come previsto dalla disciplina del restauro architettonico e come ormai indicato dagli enti di tutela del patrimonio storico artistico.

The survey, stratigraphic investigations, the study of mortars and the analysis of degradation and alterations were carried out prior to the drafting of the restoration project. Plans, elevations and sections, also complete with photoplanes, were made on the basis of the three-dimensional relief. These papers made it possible to graphically identify the macro-areas affected by degradation and alterations which were then followed by the drafting of the summary sheets of the causes. These works also served as a basis for the identification of the restoration interventions.

Before intervening on the walls it was necessary to carry out removal of unsafe materials, the nailing of the rocky ridges, cleaning of the areas, implementation of garrisons for the containment of the land and finally the interventions of regimentation of rainwater.

Only after these operations, which we can define as preliminary, we proceeded with the implementation of the actual restoration interventions: the consolidation of the wall palimpsests with all the work related to it, the restoration of the floors, and the realization of the new ones and finally the restoration and consolidation of the church and the cemetery.

The restoration and consolidation of the church and the cemetery are the only ones that present the insertion of new iron structures. These elements were necessary for structural consolidation of the access doors of the church and the retaining wall of the cemetery. The intervention was designed in terms of recognizability, compatibility and reversibility, as required by the discipline of architectural restoration and as now indicated by the bodies for the protection of historical and artistic heritage.



The area as a construction site

The archaeological nature of the site of Rocca San Silvestro required that during the planned restoration interventions particular attention was paid to the logistics of the construction site, paying particular attention to the protection of the structures present in the area of intervention, as well as to the naturalistic context in which it is located.

The construction operations, given the orography of the place, were not easy to carry out. While being able to get to the square at the foot of the settlement with four-wheel drive or tracked vehicles, the only usable means in the hamlet, in addition to hand transport, are small, tracked wheelbarrows that cannot be used for the transportation of scaffolding or large instruments. The presence of ancient floors with evident signs of anthropization and fruition, present in different areas, required the implementation of garrisons to avoid that these are damaged and worn during the works. The historical road that crosses the construction site paths was protected with the overlapping of wooden planks that covered the parts of the ancient road that was subject to the passage of workers and tracked vehicles during the works. The storage areas were identified in correspondence with those portions of the hamlet where there were no ancient floors. Even the implementation of the scaffolding required the same kind of attention, the piedritti were placed on wooden

La cantierizzazione dell'area

La natura archeologica del sito di Rocca San Silvestro richiede che durante gli interventi di restauro programmati si faccia particolare attenzione alla logistica del cantiere, ponendo particolare attenzione alla salvaguardia delle strutture presenti nell'area di intervento, oltre che al contesto naturalistico in cui esso si trova.

Le operazioni di cantierizzazione, vista l'orografia del luogo non sono state di facile realizzazione. Se fino al piazzale posto ai piedi dell'insediamento si riesce ad arrivare con mezzi a quattro ruote motrici o cingolati, nell'urbano gli unici mezzi utilizzabili, oltre il trasporto a mano, sono delle piccole carriole cingolate che non possono essere utilizzate per il trasporto dei ponteggi o di strumentazioni di grandi dimensioni. La presenza di pavimentazioni antiche con evidenti segni di antropizzazione e fruizione, presenti in diverse aree, richiede la messa in opera di presidi che durante i lavori evitino che queste vengano danneggiate e usurate. La viabilità storica che si è incrociata con i percorsi di cantiere è stata protetta con la sovrapposizione di pancali lignei che hanno coperto le parti di tracciato viario antico che durante i lavori sarebbero state soggette al passaggio degli operai e dei mezzi cingolati. Le aree di stoccaggio sono state individuate in corrispondenza di quelle porzioni di abitato dove non sono presenti pavimentazioni antiche. Anche la messa in opera dei ponteggi ha richiesto lo



Figure 1-4
Rocca San Silvestro
Messa in opera dei ponteggi

boards or plastic bases that avoided contact and direct friction with the ancient floors below. The anchor points of the scaffolding were identified on the basis of the mortar of the walls and inserted at the mortar joint without drilling the stone. In the case of the church, the putlog holes were used as anchor points, to avoid drilling the squared stone blocks without joints. The double scaffolding, internal external, anchored at the top guaranteed clamping in the upper part of the walls. The scaffolding was mounted technical unit by technical unit, in order to avoid that large quantities of material necessary for their realization were transported on the area.

The provisional works and scaffolding were carried out by evaluating the continuous use by the public of the archaeological area.

Since the restoration operations of the wall palimpsests involved abundant use of water, which during processing creates sludge that can damage the surfaces and floors on which they flow, it was necessary to provide a system of sludge collection channels to prevent wastewater from the processes from becoming a new cause of degradation for the area subject to intervention.

Clearly all the interventions were implemented following the drafting of the safety plan and using those life-saving devices, which in a complex context such as that of Rocca San Silvestro, are indispensable. Within the safety plan, the methodologies for the transport and disposal of waste materials were also identified, even if in the specific case stones collected during the cleaning of the areas were partly reused and partly stored in areas suitable for future reuse.

Only containers with wastewater sludge from the processing were sent to the public landfill.

Removal of unsafe material and riveting of rocky ridges

As part of the preparatory interventions for restoration, there are also ones related to the consolidation of rocky ridges. It was first necessary to implement operations to dislodge the stone blocks in several places. We only intervened with the

stesso tipo di attenzione, i piedritti sono stati poggiati su tavole di legno o basi di plastica che hanno evitato il contatto e l'attrito diretto con le pavimentazioni antiche sottostanti. I punti di ancoraggio del ponteggio sono stati individuati sulla base dei ricorsi di malta delle murature ed inseriti in corrispondenza del giunto di malta senza perforare la pietra. Nel caso della chiesa, sono state utilizzate come punti di ancoraggio le buche pontae, per evitare di forare i blocchi di pietra squadrati e senza giunti. Il doppio ponteggio, interno esterno, ancorato in sommità ha garantito un ammorsamento nella parte alta delle murature. I ponteggi sono stati montati unità tecnica per unità tecnica, in maniera da evitare che venissero trasportate sull'area ingenti quantità di materiali necessari alla loro realizzazione.

Le opere provvisorie ed i ponteggi sono stati realizzati valutando la fruizione continua da parte del pubblico dell'area archeologica.

Poiché le operazioni di restauro dei palinsesti murari prevedono un abbondante utilizzo di acqua, che durante le lavorazioni crea dei fanghi che possono danneggiare le superfici e le pavimentazioni su cui scorrono, è stato necessario prevedere un sistema di canalette di raccolta dei fanghi per evitare che i reflui delle lavorazioni diventassero nuovi elementi di degrado per l'area oggetto di intervento.

Chiaramente tutti gli interventi sono stati messi in opera a seguito della stesura del piano di sicurezza e utilizzando quei presidi salvavita, che in un contesto complesso come quello di Rocca San Silvestro, risultano indispensabili. All'interno del piano di sicurezza sono state individuate anche le metodologie per il trasporto e lo smaltimento dei materiali di rifiuto, anche se nel caso specifico il pietrame raccolto durante la pulizia delle aree è stato in parte riutilizzato e in parte stoccato in aree idonee per un futuro riutilizzo. Alla pubblica discarica sono stati inviati solo i contenitori con i fanghi reflui delle lavorazioni.



Figure 6-10
Rocca San Silvestro
Messa in opera dei ponteggi



riveting of slopes with fractures after this. These, with time, can expand and create small and large collapses within the site of Rocca San Silvestro.

The riveting of rocky ridges is obviously the responsibility of geologists. Specifically, engaging with some ancient wall structures, necessitated discussion between the managing technicians and scientific directors of the works. In fact, some rivets were placed at the base of the church and others in the cemetery area. As explained in one of the following paragraphs, this riveting served not only to anchor the rocky ridges but also to consolidate the walls of the church and the cemetery.

The rivets serve to reinforce a mass of soil or, as in the case of Rocca San Silvestro, a rocky ridge. Metal bars with a circular section (in the case of the site in question the section is 25mm) are inserted into the geological substrate, after the construction of sub-horizontal holes, made in the mass to be stabilized. The bars are first cemented and then locked to the surface to be stabilized with 20x20cm plates with double bolt heads to avoid bar slippage.

We will not tackle the technologies and methods used for the implementation of this geological feat, as it is not directly linked to the restoration project. However, it was considered necessary to address this issue in this volume because, without adequate safety of the ridges, the restoration

Disgaggi di materiali pericolanti e chiodature dei costoni rocciosi

Nell'ambito degli interventi propedeutici al restauro rientrano anche le operazioni legate al consolidamento dei costoni rocciosi. In diversi punti è stato necessario prima mettere in atto delle operazioni di disgaggio dei blocchi di pietra. Solo successivamente si è intervenuti con le chiodature dei versanti che presentano fratture. Queste, con il tempo, possono ampliarsi e creare piccoli e grandi crolli all'interno del sito di Rocca San Silvestro.

Le chiodature dei costoni rocciosi sono ovviamente di pertinenza dei geologi. Nello specifico, interagendo con alcune strutture murarie antiche, è stato necessario il confronto con i tecnici della direzione lavori e con la direzione scientifica. Infatti alcune chiodature sono state messe in opera alla base della chiesa e altre in corrispondenza dell'area cimiteriale. Come presentato in uno dei paragrafi successivi, queste chiodature sono servite non solo per ancorare i costoni rocciosi ma anche per consolidare le murature della chiesa e del cimitero.

Le chiodature servono a rinforzare una massa di terreno o, come nel caso di Rocca San Silvestro, di un costone roccioso. Barre metalliche a sezione circolare (nel caso del sito in oggetto la sezione è di 25mm) vengono inserite nel substrato geologico, previa realizzazione di fori sub orizzontali, realizzati nella massa da stabilizzare. Le barre

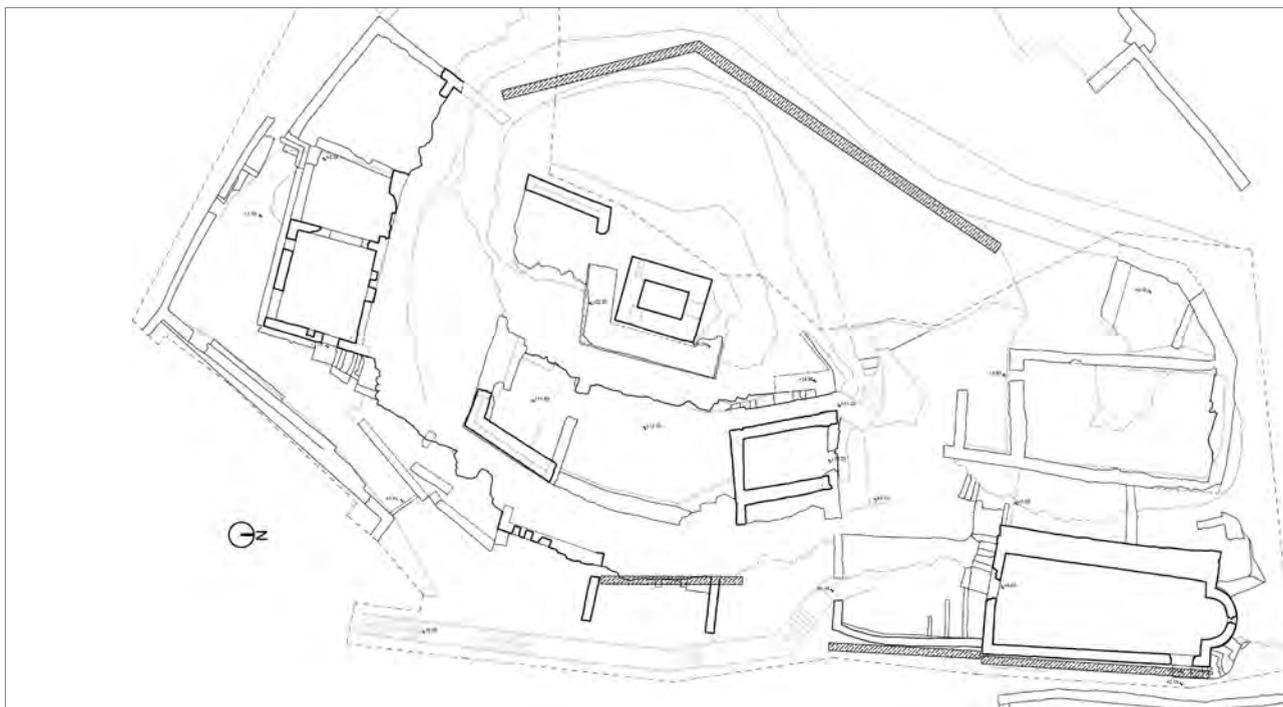


Figura 1
Planimetria I lotto - Individuazione delle aree dove effettuare le chiodature

vengono prima cementate e poi bloccate alla superficie da stabilizzare con piastre di 20x20 cm con doppio bullone in testata per evitare lo sfilamento delle barre.

Non si entrerà in merito alle tecnologie e modalità impiegate per la messa in opera di questo presidio geologico, in quanto non direttamente collegato al progetto di restauro. Si è ritenuto però necessario affrontare questa tematica in questo volume perché, senza un'adeguata messa in sicurezza dei costoni, l'intervento di restauro sarebbe risultato inutile.

I continui crolli presenti nell'area hanno e avrebbero continuato a danneggiare le strutture archeologiche rendendo vacuo e inutile qualsiasi intervento di restauro.

Infine le chiodature inserite nella parte basamentale della chiesa e del cimitero sono servite da tensori per il sistema di consolidamento di quest'ultime.

intervention would have been useless.

The continuous collapses present in the area would have continued to damage the archaeological structures making any restoration intervention vacuous and useless.

Finally, the rivets inserted in the basement part of the church and the cemetery served as tensors for the consolidation system of the latter.

Cleaning of areas

The cleaning of the areas had as its objective the realization of conservative interventions aimed at counteracting the progress of degradation due to exposure to atmospheric agents and the specific environmental characteristics of the individual site, as well as to the problems related to anthropic vulnerability and usability of the site.

This type of intervention should be part of the ordinary maintenance services of the archaeological areas, as it plays an important role for the use of the area and should not be left to restoration interventions.

As far as Rocca San Silvestro is concerned, as graphically highlighted in the drawings, two cleaning systems are foreseen:





Figure 2-3
UT 4, chiesa, progetto e messa
in opera delle chiodature

Figura 4
Chiodatura di un costone roccioso

Figura 5
UT 4, chiesa, chiodatura del basamento della
chiesa prima di inserire il paletto metallico



cleaning and removal of material from decking and areas already excavated, not affected by wall structures or with potentially zero archaeological impact risk;

cleaning and removal of material in contact with areas with high archaeological potential (modern collapses that cover areas not yet affected by archaeological investigation).

In the first case, operations carried out are characterized by massive interventions, by hand or by mechanical means. Particular attention must be given to areas near archaeological heritage, such as those adjacent to ancient flooring, where all necessary precautions must be taken to avoid damage. The medium-large stones are to be stored in specially dedicated spaces within the construction site and can be reused for the integration of collapsed walls or other elements of interest. This cleaning system does not require high archaeological surveillance, as it affects already excavated areas or of no archaeological interest.

In the case of removal of material in contact with areas with high archaeological potential, the operation was carried out by specialized personnel. For these operations, heavy equipment was mainly used, such as shovel and pickaxe, and in some instances the trowel. Cleaning took place under the direction of a qualified archaeologist and according to the indications of the Scientific Directors, the Superintendence and the Works

Pulizia delle aree

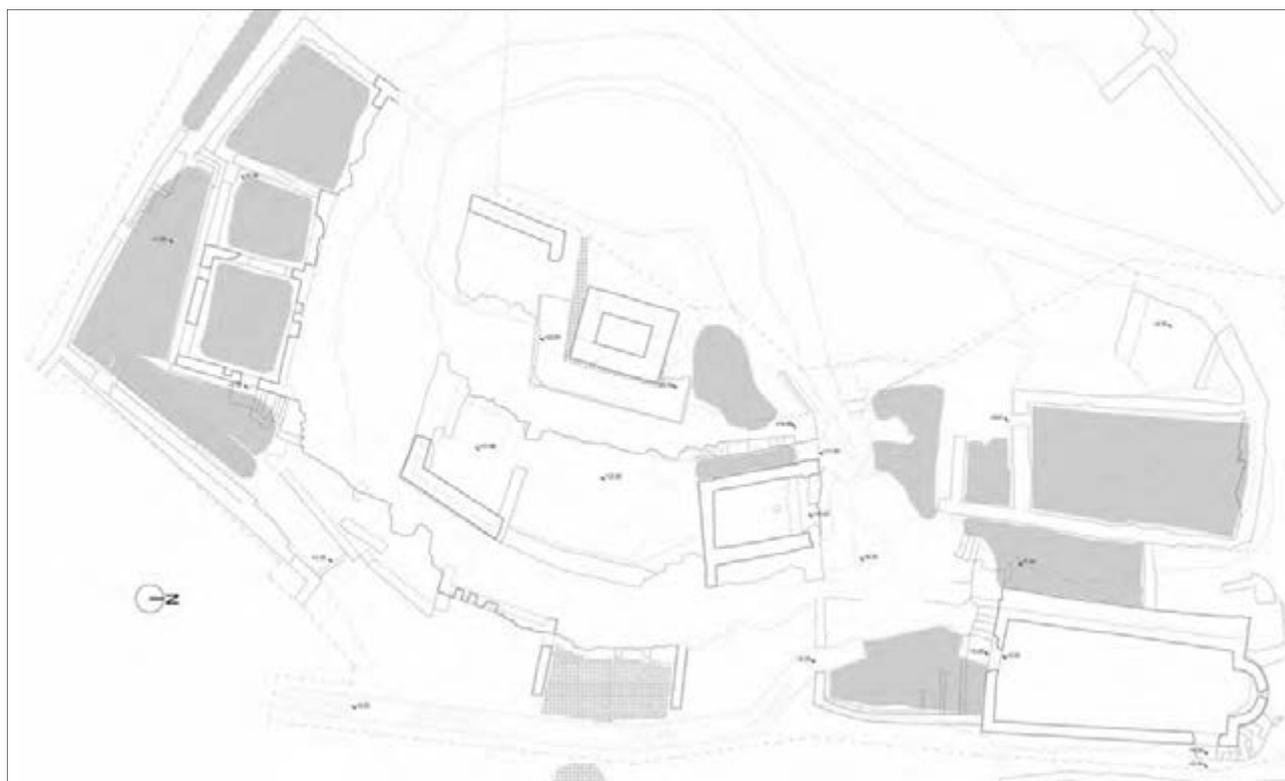
La pulizia delle aree ha come obiettivo la realizzazione di interventi conservativi volti a contrastare l'avanzamento del degrado dovuto all'esposizione agli agenti atmosferici ed alle specifiche caratteristiche ambientali del singolo sito, oltre che alle problematiche collegate alla vulnerabilità antropica e alla fruibilità del sito.

Questo tipo di interventi dovrebbe far parte dei servizi di manutenzione ordinaria delle aree archeologiche, in quanto riveste un ruolo importante e di grande rilevanza per la fruizione dell'area e non dovrebbe essere demandata agli interventi di restauro.

Per quanto concerne Rocca San Silvestro, così come evidenziato graficamente negli elaborati, vengono previsti due sistemi di pulitura:

- pulitura e rimozione di materiale dai piani di calpestio e dalle aree già scavate, non interessate da strutture murarie o dove viene valutato un rischio potenzialmente nullo di impatto archeologico;
- pulitura e rimozione di materiale a contatto con aree ad alto potenziale archeologico (crolli moderni che ricoprono aree non ancora interessate da indagini archeologiche).

Nel primo caso le operazioni svolte sono caratterizzate da interventi massivi, realizzati a mano o con mezzi meccanici. Attenzione particolare deve essere conferita alle aree in prossimità di beni archeologici, come ad esempio quelle adiacenti alle pavimentazioni antiche,



Legenda

	Pulitura aree con alta sorveglianza		Pulitura aree senza alta sorveglianza
---	-------------------------------------	---	---------------------------------------

Figura 1
 Planimetria I lotto - Individuazione delle aree da pulire

dove si dovranno utilizzare tutte le cautele necessarie ad evitare danneggiamenti. Le pietre di medio-grandi dimensioni verranno conservate in spazi appositamente dedicati all'interno dell'area di cantiere e potranno essere riutilizzate per le integrazioni delle murature crollate o di altri elementi di interesse. Questo sistema di pulizia non richiede l'alta sorveglianza archeologica, in quanto interessa aree già scavate o di nullo interesse archeologico.

Nel caso di rimozione di materiale a contatto con aree ad alto potenziale archeologico l'operazione è stata eseguita da personale specializzato. Per queste operazioni è stata utilizzata prevalentemente attrezzatura pesante, quale pala e piccone, e solo per piccole quantità la cazzuola. La pulizia è avvenuta sotto il controllo di un archeologo qualificato ed in base alle indicazioni della Direzione Scientifica, dalla Soprintendenza e dalla Direzione Lavori. La presenza dell'archeologo ha garantito il corretto lavoro di pulizia in relazione alla preservazione delle aree di interesse archeologico.

Management. The presence of an archaeologist guaranteed correct cleaning in relation to the preservation of the areas of archaeological interest.

Consolidation interventions with reinforced soil
 From a geological and naturalistic point of view, the site of Rocca San Silvestro presents problems related to containment of the land, especially in those portions of land that due to constant leaching become unstable and risk damaging the closely located archaeological structures. In view of protecting the site, the intervention with reinforced soil in two areas of the site was included: the first, under the stately area and above the industrial area; the second below the stately area but in continuity with the seventh technical unit. The continuous sliding of earthy material downwards constantly covers areas already excavated requiring continuous maintenance, moreover the slipping of larger material pills damages the finds. The landslides are a danger to the users of the archaeological area.



The cortical strengthening took place with 2mm mesh in high-strength steel (1770 N / mmq) protected against corrosion by Zn-Al alloy including also a flap of at least 1m above the edge. The anchorages put in place are deep and passive steel (d = 25mm l = 2m) arranged in a mesh (3.9x3.9 m) in quincunx depending on the orography of the ground, including plates.

The net, in sheets, was fixed to the top and foot of the rock wall and to the designed containment structure. These were tied together every 20 cm with double galvanized metal wire with a diameter of 3 mm, the same binding was used for the ropes at the top and lower structural containment, to allow best net adherence to the rock.

In addition, the existing bulking gates were reinforced by integrating a new square mesh containment network (10 x 10 cm, 6 mm thick) coupled with the existing one, to contain any slipping of the larger rocks downwards.

Also in this case, collapses and landslides put the use of the area at risk, generating critical points near the seventh technical unit and the industrial area, both areas involved in the project to expand the visitor routes.

Rainwater control

Water can become one of the main reasons of degradation and instability in all areas, both urban and territorial, if not well channeled and controlled.

Interventi di consolidamento con terre armate

Dal punto di vista geologico e naturalistico il sito di Rocca San Silvestro presenta delle problematiche legate al contenimento delle terre. Soprattutto in quelle porzioni di terreno che a causa del dilavamento costante delle sito diventano instabili e rischiano di danneggiare le strutture archeologiche poste in prossimità di queste. In quest'ottica di tutela si inserisce l'intervento con terre armate che ha interessato due aree del sito: la prima, posta sotto l'area signorile e a monte dell'area industriale. La seconda è posta sempre a valle dell'area signorile ma in continuità con l'unità tecnica sette.

Il continuo scivolamento di materiale terroso a valle copre costantemente aree già scavate richiedendo una continua manutenzione, inoltre lo scivolamento di pillole di materiale di maggiori dimensioni danneggia i reperti a valle. Questi smottamenti costituiscono una fonte di pericolo per i fruitori dell'area archeologica.

Il rafforzamento corticale è avvenuto con l'utilizzo di rete di 2mm in acciaio ad alta resistenza (1770 N/mmq) protetta contro la corrosione da lega in Zn-Al comprensivo anche del risvolto di almeno 1m a monte del ciglio. Gli ancoraggi messi in opera sono profondi e passivi in acciaio (d=25mm l=2m) disposti a maglia (3,9x3,9 m) a quinconce in funzione dell'orografia del terreno, comprensivi di piastre.

La rete, in teli, è stata fissata alla sommità ed al piede della parete

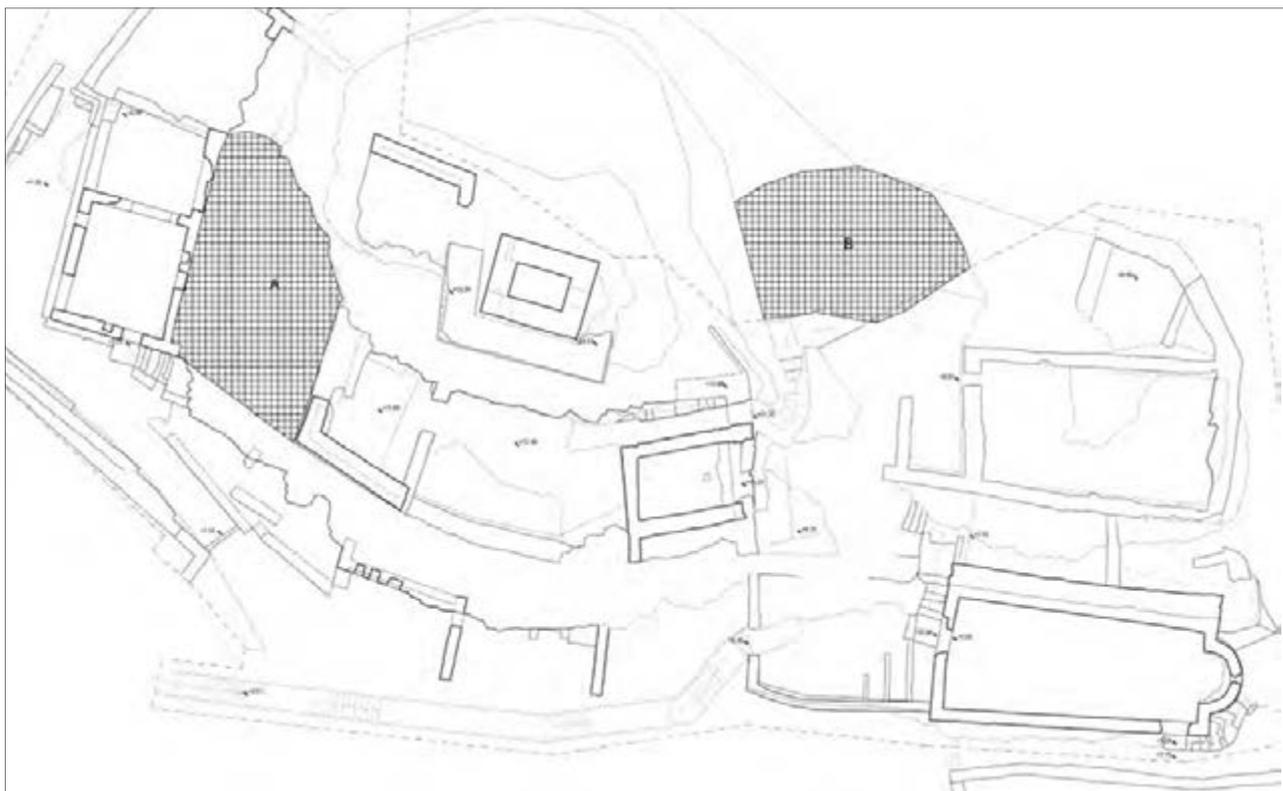


Figura 1
Planimetria I lotto - Individuazione delle aree dove intervenire con le terre armate

rocciosa e alla predisposta struttura di contenimento. Questi sono stati legati tra loro ogni 20 cm con doppio filo metallico zincato del diametro di 3 mm, stessa legatura è stata effettuata alle funi correnti di sommità e strutturali di contenimento inferiore, il tutto per fare aderire il più possibile il rivestimento di rete alla roccia.

Inoltre, sono state rinforzate le paratie pre esistenti con l'intergrazione di una nuova rete di contenimento a maglia quadrata (10 x 10 cm, spessore 6 mm) accoppiata a quella già esistente, per contenere eventuali scivolamenti delle rocce più grosse a valle.

Anche in questo caso i crolli e gli smottamenti mettono a rischio la fruizione dell'area, generando dei punti di criticità in prossimità dell'unità tecnica sette e dell'area industriale, aree entrambe coinvolte nel progetto di ampliamento dei percorsi di visita.

Water was a rare and precious commodity in Rocca San Silvestro, and rainwater was collected in cisterns. The collected water was used both for daily life and for the processing of metals that were extracted.

Inside the village, rainwater tends to flow through natural channels that discharge precipitation towards the valley. In some cases, in the town, where collection tanks are present, water becomes an element of degradation and instability for the walls. Therefore, a project for the channeling and disposal of water was drawn up to channel them in an appropriate manner which is not harmful to the site.

The project envisaged the implementation of a system of drainage pipes at critical points, so as not to allow the water to stagnate for too long but rather to drain quickly. The water is channeled into appropriate pipes arranged in order to discharge into areas of the site that are not dangerous, and which are suitable for disposal.

Firstly, identified areas were excavated, after which a 4 mm thick prefabricated waterproof



mantle with anti-root barrier was put into place. A high-density polyethylene drainage pipe was placed above, micro-cracked and flexible of the GREENDRAIN type \varnothing 160 for the collection and removal of water present in the subsoil, with holes that have a section of 2 mm with a collection surface of 50.7 cm²/m. Everything was covered with a layer of gravel of about 40/100 mm for surface drainage. Two more filter layers were added; the first a 1.5 mm thick synthetic PVC mantle, internally reinforced with glass veil reinforcement and glass fabric, resistant to roots; the second is a sliding mantle with polyester felt of 300 gr / sqm, laid dry, with 10 cm of overlapping felts. The excavation was finished with alberese crushed stone or river pills with a size of 10-15 and 15-25 mm, for a minimum thickness of 30 cm. The drainage pipes were then connected to appropriate pipes to collect the water and discharge it in special points identified during the design phase.

The following requirements were noted for each technical unit:

- UT 1: a drainage pipe was inserted in the space between the tower and the wall below, with direct discharge on the rocky ridge to the west;
- UT 2: in the elegant area, two separate drainage channels were provided, one for the square and one for the "closed" environment overlooking UT 7. The collected water is channeled and

Regimentazione delle acque meteoriche

L'acqua, se non incanalata e controllata in maniera opportuna, può diventare una delle principali forme di degrado e dissesto in tutti gli ambiti, sia urbani che territoriali.

A Rocca San Silvestro l'acqua era un bene raro e prezioso, le piogge venivano raccolte in cisterne. L'acqua raccolta veniva utilizzata sia per le necessità della vita quotidiana che per le lavorazioni dei metalli che si estraevano.

All'interno del borgo l'acqua piovana tende a confluire attraverso dei canali naturali di deflusso che scaricano a valle le precipitazioni. In alcuni casi, nell'abitato, si creano delle vasche di raccolta dove l'acqua diventa elemento di degrado e dissesto per le murature. Pertanto si è proceduto a redigere un progetto di canalizzazione e smaltimento delle acque atto a incanalare in maniera opportuna e non dannosa per il sito.

Nel progetto si è prevista la messa in opera di un sistema di tubi drenanti nei punti critici, in modo da non permettere all'acqua di stagnare troppo a lungo ma bensì di defluire in maniera rapida. L'acqua è così incanalata in appositi pluviali sistemati in modo da scaricare in zone del sito non pericolose e adatte allo smaltimento.

In primo luogo è stato eseguito uno scavo nelle zone individuate, dopodiché si è passati alla messa in opera del manto impermeabile

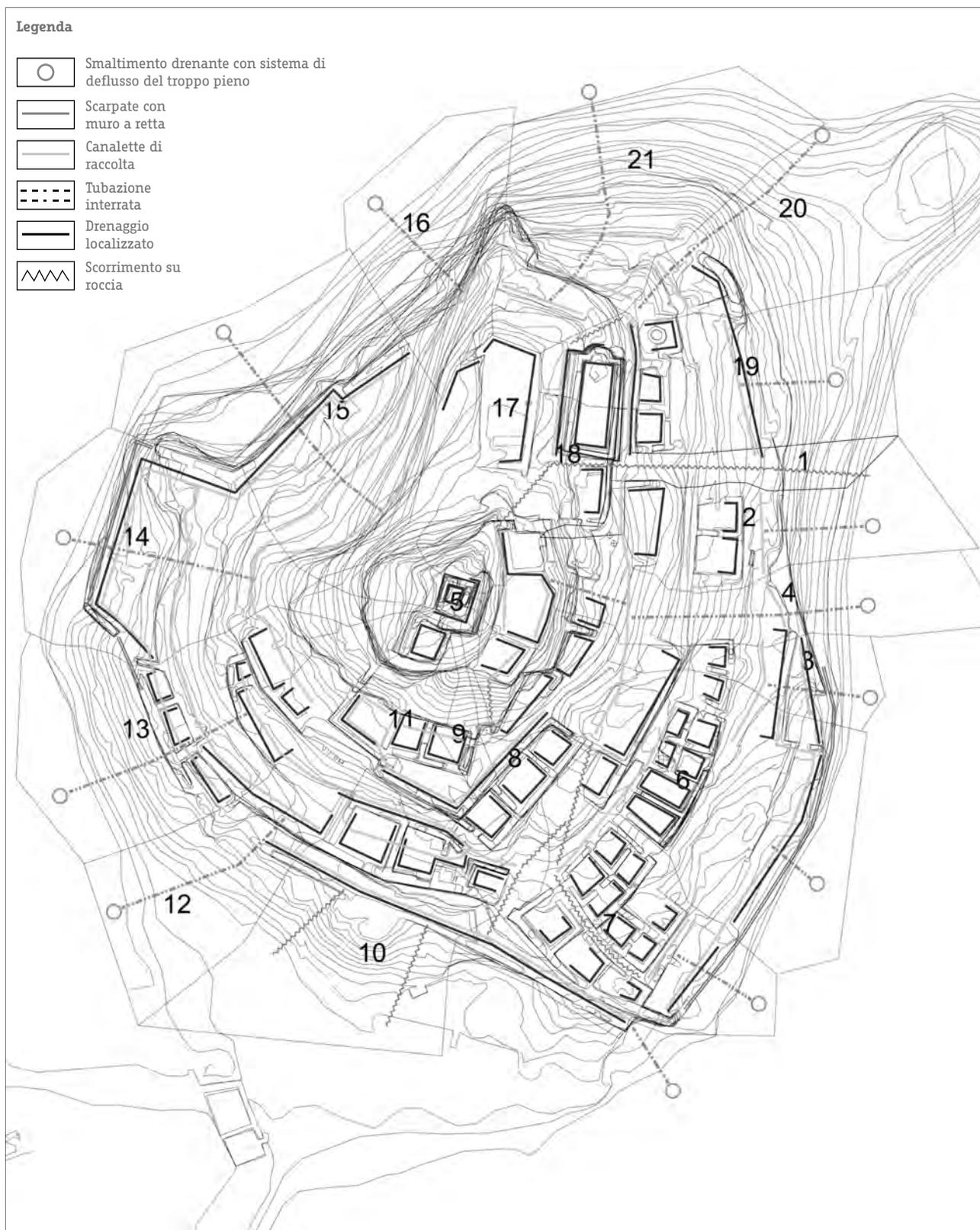
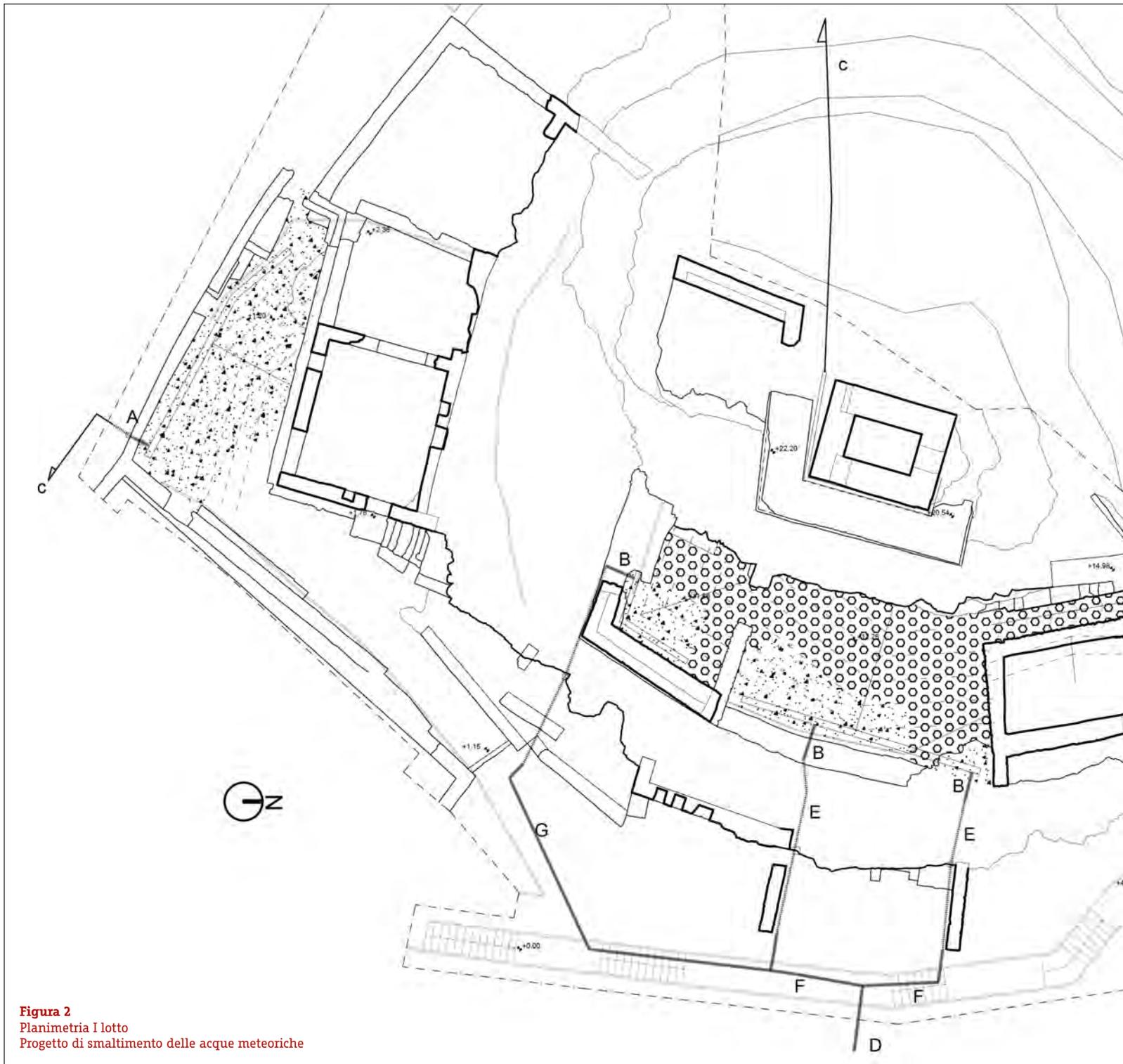
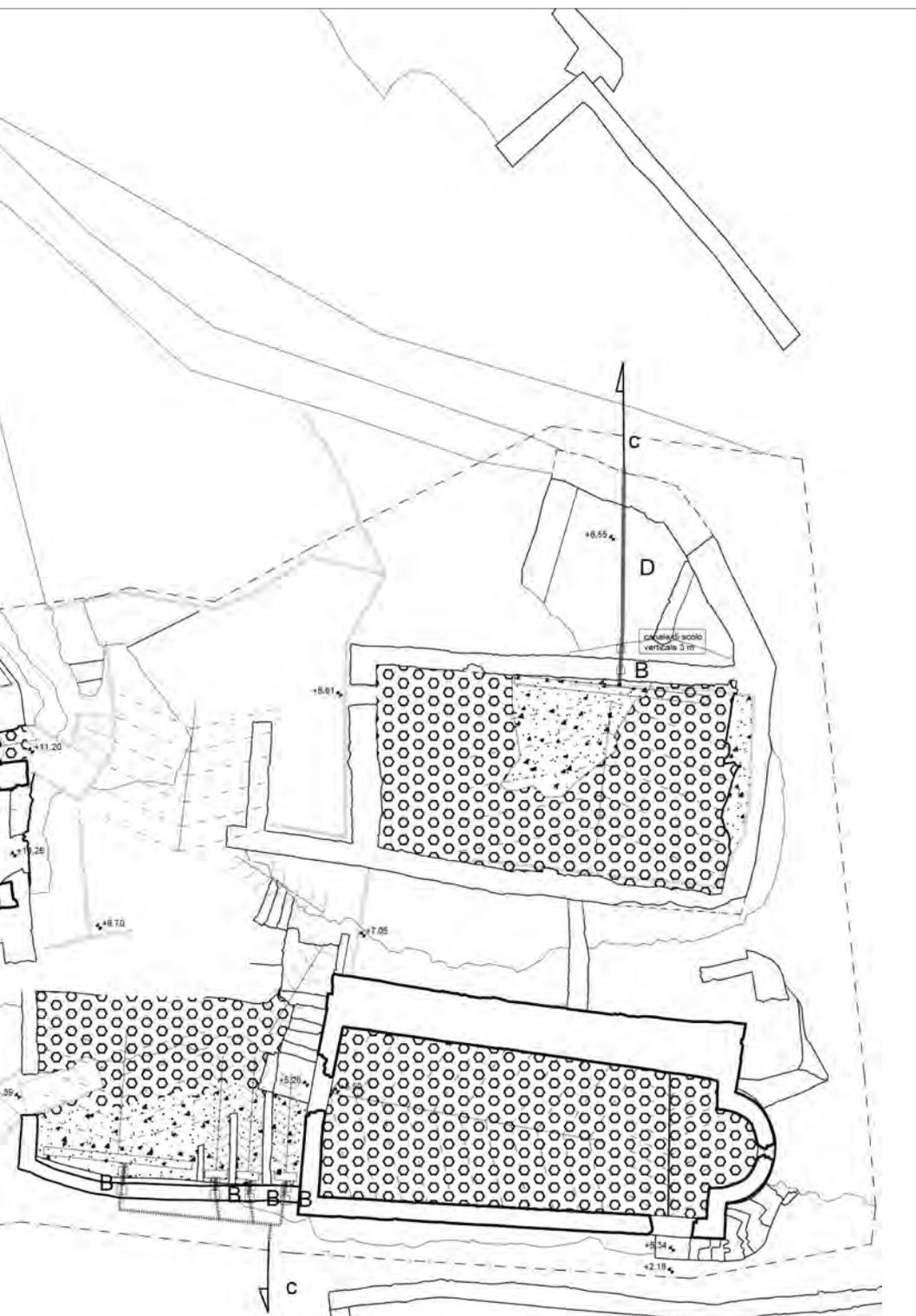


Figura 1
 Planimetria generale del borgo di Rocca San Silvestro
 Individuazione dei canali di deflusso delle acque meteoriche





Legenda

-  Pavimentazioni impermeabili
-  Tubi in PVC
-  Pavimentazioni permeabili
-  Tubi in lamiera zincata
-  Flussi di scolo
-  Tubi di drenaggio in polietilene

- A Inserimento pluviali nelle buche pontai
- B Creazione foro di deflusso
- C Deflusso superficiale su pietra
- D Pluviali interrati
- E Pluviali esterni
- F Pluviali sotto le passerelle
- G Pluviali a terra

discharged by dispersion into the portions of the urban fabric without homes;

- UT 3: in this area a drainage pipe with water discharge onto the rocky ridge to the east was provided;
- UT4: for the church, waterproofing of the decking and its inclination towards the two doors, allows the water to flow outwards;
- UT 5: in this area, due to the numerous levels, four different drainage pipes were put in place, all four discharge into a pipe that passes through the wall against the ground and flows towards the rocky bank to the east.
- UT 7: in this area, a drainage pipe that passes through the wall against the ground with water discharge southwards towards the valley was inserted.

In the other areas of the hamlet, the natural orography of the fortress and the natural leaching plains were exploited, making sure that these drainage channels discharge water to suitable and safe places. This design decision was taken to preserve the natural site with minimal intervention.

These interventions on water control are to be considered fundamental for the conservation of the archaeological area, which otherwise risks constant and continuous collapses caused by the infiltration and force of water during heavy rainfall.

Restoration and consolidation of masonry

In Rocca San Silvestro, most of the walls are made up of two external facings not connected to each other and set with mortars of different qualities not always adequate to their structural functions. The damage mechanisms of these walls are mainly of two types:

detachment of the vestments due to internal thrust of the wall panels subject to vertical loads; non-monolithic behavior of panels subject to overturning due to static and seismic actions.

These forms of degradation were caused by continuous exposure to weathering and lack of maintenance. In addition to the evident and significant instabilities present on site, important portions of

prefabbricato dello spessore di 4 mm con barriera anti radice. Al di sopra di questo è stato posto un tubo di drenaggio in polietilene ad alta densità, microfessurato e flessibile del tipo GREENDRAIN ø 160 per la captazione ed evacuazione di acqua presente nel sottosuolo, i fori hanno una sezione di 2 mm con una superficie di captazione di 50,7 cmq/m. Il tutto è stato ricoperto con uno strato di ghiaia di circa 40/100 mm per drenaggi superficiali. Si sono aggiunti altri due strati filtranti, il primo è un manto sintetico in PVC di spessore 1,5 mm, rinforzato internamente con armatura di velo di vetro e tessuto di vetro, resistente alle radici. Il secondo è un manto di scorrimento con feltro di poliestere da 300 gr/mq, posato a secco, con 10 cm di sovrapposizione di feltri. Lo scavo è stato rifinito con pietrischetto di alberese o pillole di fiume con pezzatura da 10-15 e 15-25 mm, per uno spessore minimo di 30 cm. I tubi di drenaggio sono stati poi collegati ad appositi pluviali che raccolgono l'acqua e la scaricano in appositi punti individuati in fase di progettazione.

Per ogni unità tecnica sono state osservate le seguenti prescrizioni:

- UT 1, per la torre è stato inserito un tubo di drenaggio nello spazio tra il torrino e il muro sottostante, con scarico diretto sul costone roccioso a ovest;
- UT 2, nell'area signorile sono stati previsti due canali di drenaggio separati, uno per il piazzale e uno per l'ambiente "chiuso" che si affaccia sull'UT 7. Le acque raccolte sono incanalate e per dispersione scaricate nelle porzioni di urbano non interessate da abitazioni;
- UT 3, in quest'area è stato previsto un tubo di drenaggio con scarico dell'acqua verso il costone roccioso a est;
- UT4, per la chiesa, l'impermeabilizzazione del piano di calpestio e la sua inclinazione verso le due porte, permette il deflusso dell'acqua all'esterno;
- UT 5, in questa zona, a causa delle numerose variazioni di piano, sono stati messi in opera quattro tubi di drenaggio differenti, tutti e quattro scaricano in un pluviale che passa attraverso il muro contro terra e confluisce verso il banco roccioso a est.

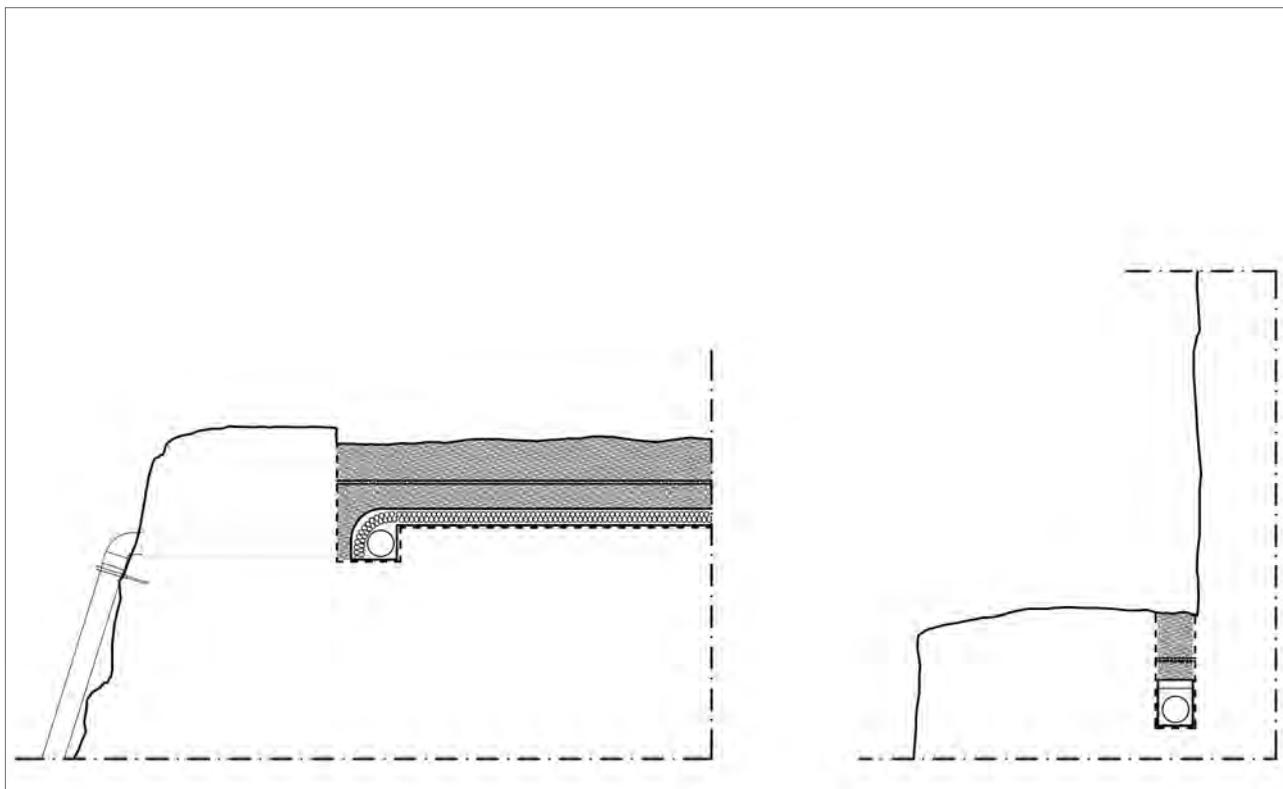


Figure 3-4
Sezioni tecnologiche del sistema di raccolta delle acque meteoriche

- UT 7, in quest'area è stato inserito un tubo di drenaggio che passa attraverso il muro contro terra con scarico dell'acqua a sud verso valle. Nelle altre aree del borgo è stata sfruttata l'orografia naturale della rocca e i piani di dilavamento naturali, accertandosi che questi canali di scolo scarichino l'acqua in luoghi adatti e sicuri. Questa decisione progettuale è stata portata avanti nell'ottica della preservazione del sito naturale e del minimo intervento.

Questi interventi di regimentazione delle acque sono da ritenersi fondamentali per la conservazione dell'area archeologica, che altrimenti rischia costanti e continui crolli causati dalle infiltrazioni e dalla forza dell'acqua durante le grandi precipitazioni.

walls without joints and with lesions and deformations that evidence the poor state of maintenance can be noted throughout the hamlet. In the restoration and reinstating of masonry and wall ridges it is essential to use mortars, and in general construction systems, which have compatible characteristics, in composition and colour, compared to those originally used. To carry out this operation it was essential to plan and implement, as already explained in the previous chapter, a recovery intervention that took into account the materials and techniques present in the entire area of intervention.

The first intervention was therefore the identification of the different construction phases fundamental for the collection of small samples of mortar that allowed to reproduce mortars suitable for the restoration project (see S. Buratti in this volume). In parallel, construction techniques were studied to ensure structural continuity during the reinstatement interventions (see G. Fenili in this volume).

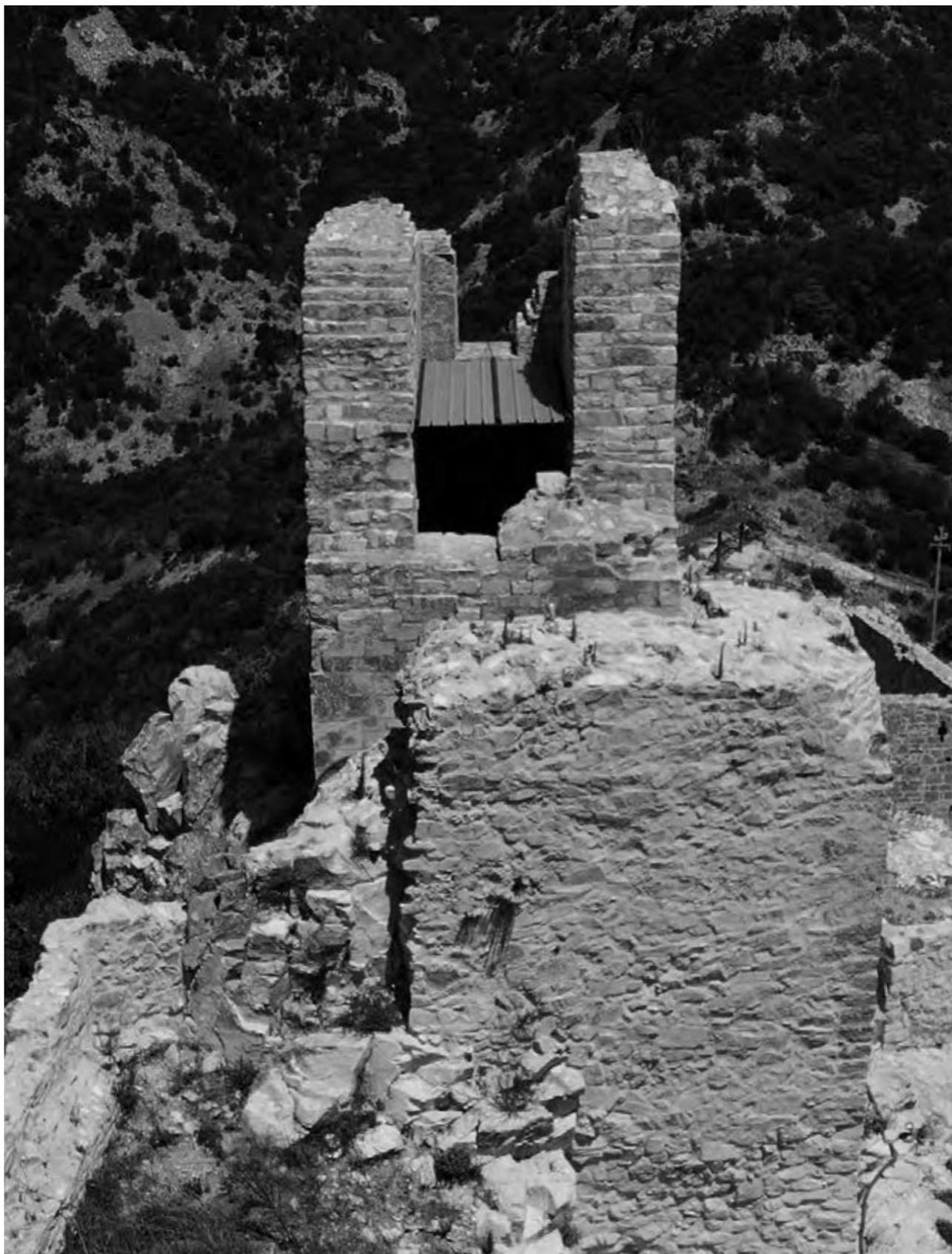




Figura 5
UT 1, torre, copertura provvisoria per la raccolta delle acque meteoriche

Figure 6-7
Foto delle operazioni di inserimento dei canali di deflusso

Figure 8-9
Foto dei canali di deflusso messi in opera



From the analysis of the walls, on the site of Rocca San Silvestro, different states of conservation coexist that required specific interventions on the walls:

- dry masonry;
- masonry that had a total absence of the drafting of joints due to deterioration;
- already restored masonry that required small additions of bedding mortar;
- restored walls that are in a good state of conservation.

The restoration interventions for the elimination of architectural degradation start from the assumption that the construction of roofing systems is not necessary. The surfaces, both masonry and flooring, remain exposed to the weather and consequently to degradation and alterations due to exposure to atmospheric agents. It is necessary that all interventions consider that the surfaces will be once again attacked by pathogens. The elimination of patinas, scales and crusts by mechanical methods (removal with scalpel, micro-sandblasting) or chemical (compresses with solvents) would only temporarily eliminate these pathologies, which within a few years would recur. In addition, mechanical removal damages the surface of the stone vestments causing the loss of historical material. Consistent with the above, the cleaning interventions that were put

Restauro e consolidamento delle murature

A Rocca San Silvestro, la maggior parte delle murature sono costituite da due paramenti esterni non collegati tra loro e apparecchiati con malte di diverse qualità non sempre adeguate alle loro funzioni strutturali. I meccanismi di danno che coinvolgono queste murature, sono principalmente identificabili in due tipologie:

- distacco dei paramenti dovuto alle spinte interne ai pannelli murari soggetti all'azione di carichi verticali;
- comportamento non monolitico dei pannelli soggetti a ribaltamento per effetto delle azioni statiche e sismiche.

Queste forme di degrado sono state causate dall'esposizione continua agli agenti atmosferici e alla mancanza di manutenzione. Oltre agli evidenti e significativi dissesti presenti nel sito, si possono notare in tutto l'abitato porzioni importanti di murature prive di giunti e con lesioni e deformazioni che dichiarano il cattivo stato di manutenzione.

Nelle operazioni di restauro e reintegro di murature e di creste murarie risulta indispensabile utilizzare malte, e più in generale sistemi costruttivi, che presentino caratteristiche compatibili, per composizione e colore, rispetto a quelle utilizzate originariamente. Per compiere tale operazione è risultato indispensabile programmare e realizzare, come già esplicitato nel capitolo precedente, un intervento di recupero

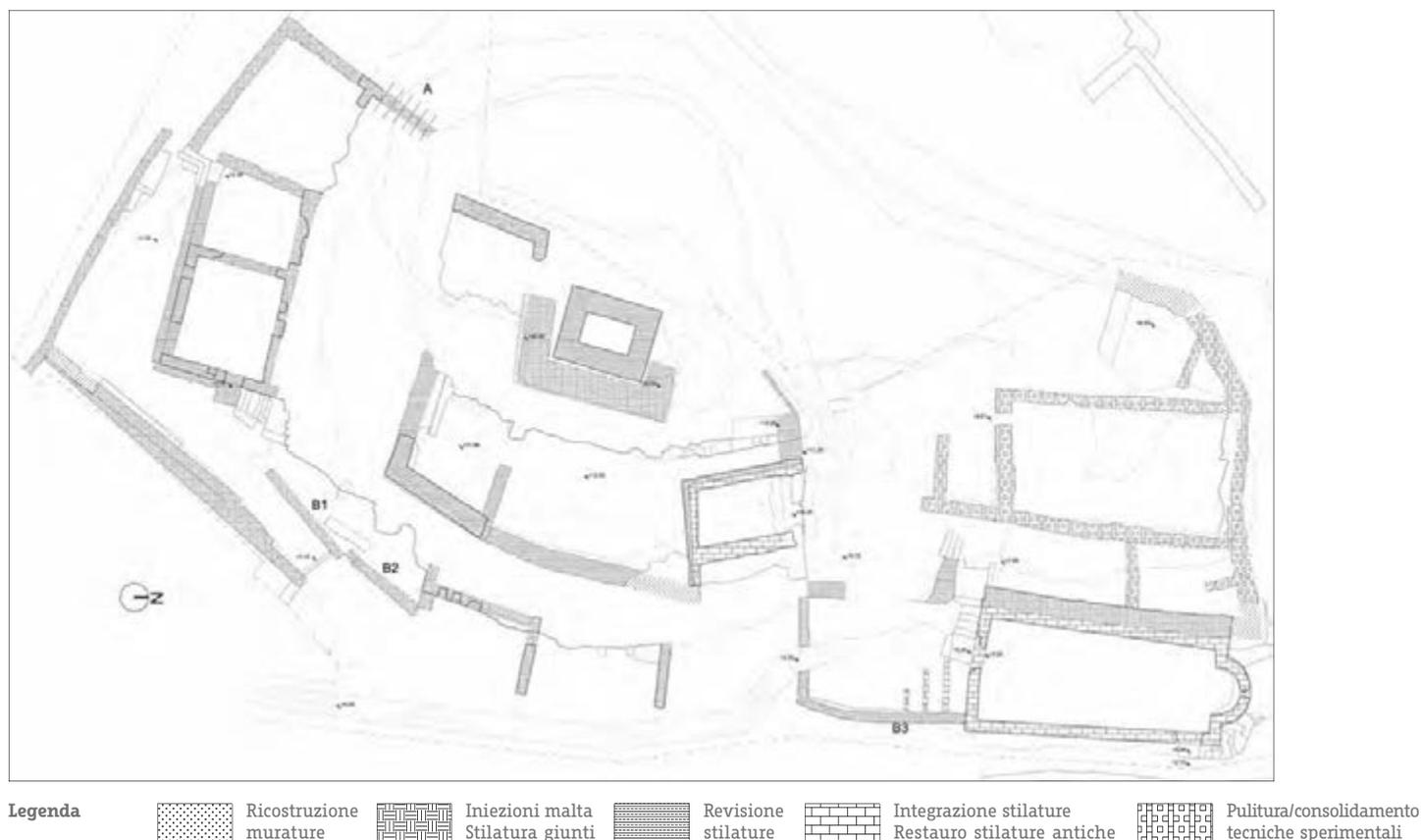


Figura 1
 Planimetria I lotto - Individuazione dei paramenti murari sui quali effettuare le operazioni di consolidamento

che tenga conto dei materiali e delle tecniche presenti nell'intera area di intervento.

La prima operazione risulta dunque l'individuazione delle diverse fasi costruttive fondamentali per il prelievo di piccoli campioni di malta che permetteranno di riprodurre delle malte idonee al progetto di restauro (vedi S. Buratti in questo volume). Parallelamente a queste operazioni sono state studiate le tecniche costruttive per garantire continuità strutturale durante gli interventi di reintegro (vedi G. Fenili in questo volume).

Nel sito di Rocca San Silvestro, dall'analisi delle murature, risultano coesistere diversi stati di conservazione che impongono interventi specifici sulle murature:

- murature a secco;
- murature che presentano un'assenza totale della stilatura dei giunti a causa del degrado;

in place (washing the surfaces with deionized water at low pressure, brushing with a test brush and anti-spore-pathogen treatment) served exclusively to clean the surfaces and to avoid the expansion of biotic degradations. These interventions should become an integral part of the site maintenance plan and not occasional operations carried out during restoration interventions. The removal of weed vegetation requires some considerations: if it is a small plant, or with a superficial root body, the removal can take place without the risk of damage to the walls and is configured as an operation related to the cleaning of the surfaces. If, on the other hand, the root body has affected the masonry in depth, it is necessary to proceed with great caution, as the removal could cause the detachment of stones compromising the stability of the entire wall palimpsest. It is thus necessary to proceed with a pre-analysis of the type of vegetation and how this relates to the walls. The points for

the consolidating injections were only identified further to this. These were chosen, according to the type of wall and based on the cracking framework. The drilling, with a diameter of not less than 20mm, was carried out on average every 20-30 cm along the entire linear development of the walls and in correspondence with the mortar application. The punctures, about 2/3 of the wall thickness, were made slightly inclined (5°-10° on the vertical plane) in order to guarantee that the mortar falls by gravity. Before placing the flexible plastic nozzles, the holes were cleaned with compressed air in order to ensure adequate adhesion during the injection phase. We then proceeded with the saturation of the internal structure of the masonry with water in order to eliminate dust and soak the original materials that tend to dehydrate the injected mortar. In this way it was also possible to verify the existence of lesions and / or fractures hidden in the masonry based on the leakage of water. This was done during the 24 hours prior to the consolidation injections.

Mortar was injected at low pressure (less than 1.5 bars) to avoid the formation of pressure inside the wall mass. The injections were performed manually via a drop tank. We proceeded by injecting the consolidating mortar starting from the nozzles placed in the lowest position, until reaching the highest ones.

In the case of through lesions depending on the thickness of the wall, the development and severity of the lesion at the opposing faces, the following guidelines were followed:

- modest severity: through lesion with similar pattern on both sides of the wall, with wall thickness ≤ 60 cm;
- severe: passing lesion with a dissimilar course on both sides of the wall, with a wall thickness ≥ 60 cm.

Consolidating mortar was injected to fix these lesions. The operation described above was performed single facing, for lesions of modest severity, on both faces for severe lesions.

- murature già restaurate che necessitano di piccole integrazioni di malta di allettamento;

- murature restaurate che si presentano in buon stato di conservazione.

Gli interventi di restauro per l'eliminazione dei degradi architettonici partono dal presupposto che non è prevista la realizzazione di sistemi di coperture. Le superfici, sia quelle murarie che quelle pavimentarie, rimarranno esposte alle intemperie e conseguentemente ai degradi e alle alterazioni dovute all'esposizione agli agenti atmosferici. Necessariamente tutti gli interventi nascono dalla consapevolezza che le superfici verranno nuovamente attaccate dagli agenti patogeni. L'eliminazione di patine, incrostazioni e croste con metodi meccanici (asportazione con bisturi, micro-sabbatura) o chimici (impacchi con solventi) eliminerebbero solo temporaneamente queste patologie, che nel giro di pochi anni si ripresenterebbero. Inoltre, con l'asportazione meccanica si danneggerebbero le parti superficiali dei paramenti lapidei causando la perdita di materiale storico. Coerentemente con quanto esposto, gli interventi di pulitura che sono stati messi in opera (lavaggio delle superfici con acqua deionizzata a bassa pressione, spazzolatura con spazzola di saggina e trattamento anti-sporigeno) sono serviti esclusivamente a ripulire le superfici e ad evitare l'ampliamento dei degradi biotici. Questi interventi dovrebbero diventare parte integrante del piano di manutenzione del sito e non operazioni saltuarie fatte in occasione di interventi di restauro. L'asportazione della vegetazione infestante necessita invece di alcune considerazioni: se si tratta di piante di ridotte dimensioni, o con corpo radicale superficiale, l'asportazione può avvenire senza il rischio di danni alle murature e si configura come un'operazione relazionabile alla pulizia delle superfici. Qualora, invece, il corpo radicale abbia intaccato la muratura in profondità si deve procedere con grande cautela, in quanto l'asportazione potrebbe causare il distacco del pietrame compromettendo la stabilità dell'intero palinsesto murario. Quindi è necessario procedere ad una pre-analisi della tipologia di vegetazione e di come questa si sia relazionata alle murature.

**Figura 2**

Planimetria I lotto - Individuazione delle creste sulle quali effettuare gli interventi di restauro

Solo successivamente si è provveduto all'individuazione dei punti per le iniezioni consolidanti. Questi, sono stati scelti, in funzione della tipologia muraria ed in base al quadro fessurativo. Le perforazioni, con diametro non inferiore a 20mm, sono state effettuate mediamente ogni 20-30 cm lungo l'intero sviluppo lineare delle murature e in corrispondenza dei ricorsi di malta. Le forature, profonde circa 2/3 dello spessore della parete, sono state realizzate leggermente inclinate (5°-10° sul piano verticale) al fine di garantire la caduta per gravità della malta. Prima di posizionare gli ugelli in plastica flessibile i fori sono stati puliti con aria compressa al fine di garantire, in fase di iniezione, un'adeguata aderenza. Si è proceduto quindi con la saturazione della struttura interna della muratura con acqua in modo da eliminare le polveri e imbibire i materiali originari che tenderebbero a disidratare la malta di iniezione. In tal modo è stato anche possibile verificare l'esistenza di lesioni e/o fratture nascoste nella muratura in base alla

The mortar used for the injections was hyper-fluid, with high water retention, a pure natural lime base and with very high hygroscopicity and breathability.

Parallel to the consolidating injections, artificial expansion bondstones were inserted, an intervention considered vital for the improvement of the masonry response in terms of: redistribution of loads in the wall thickness; resistance to tensile stress, i.e. resistance to internal pressure, which arises as a result of the action of vertical loads acting on panels consisting of a mostly irregular texture; resistance to the tangential action that causes sliding between the panels due to tilting action of the panel, in order to guarantee the connection between the vestments.

Bondstones were put in place exclusively in the portions of deformed walls rather than being inserted everywhere.

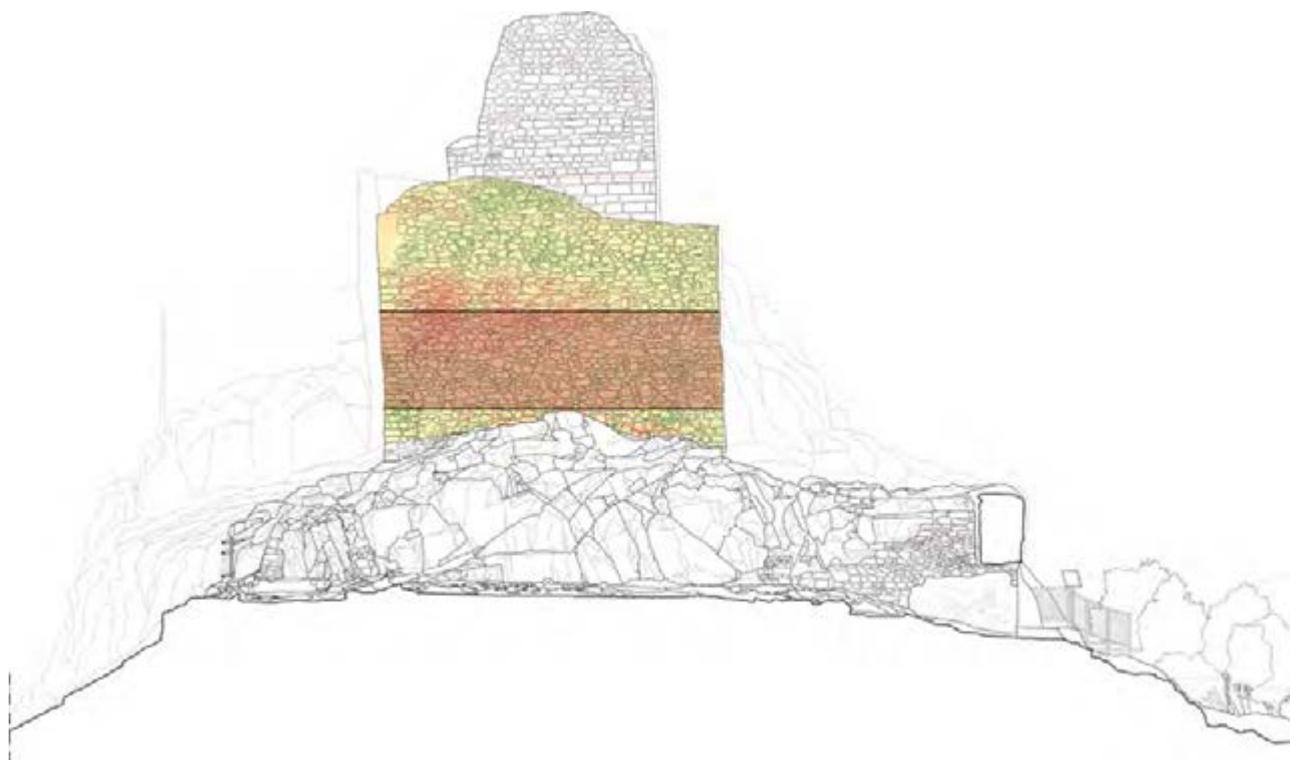


Figura 3
UT 1, torre, individuazione del terzo medio

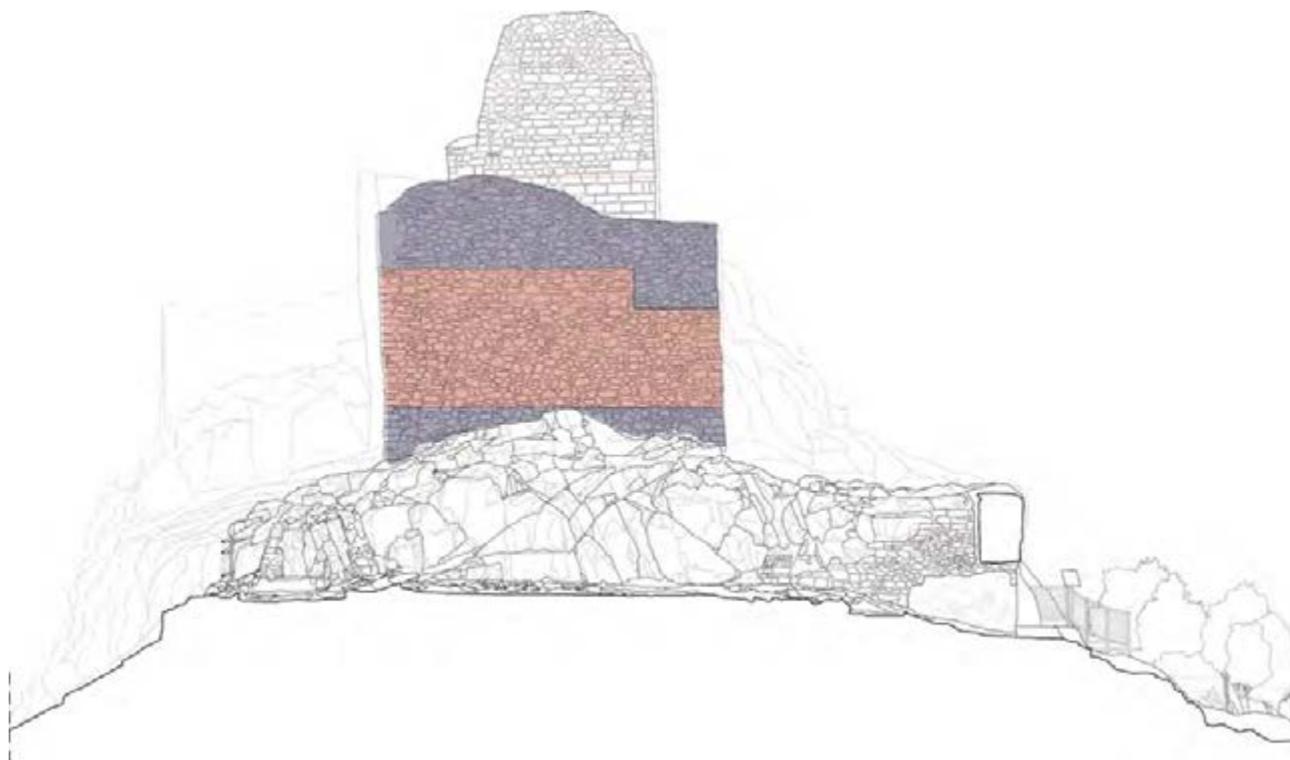


Figura 4
UT 1, torre, individuazione delle aree sulle quali inserire i diaframi di acciaio dopo la verifica del quadro deformativo

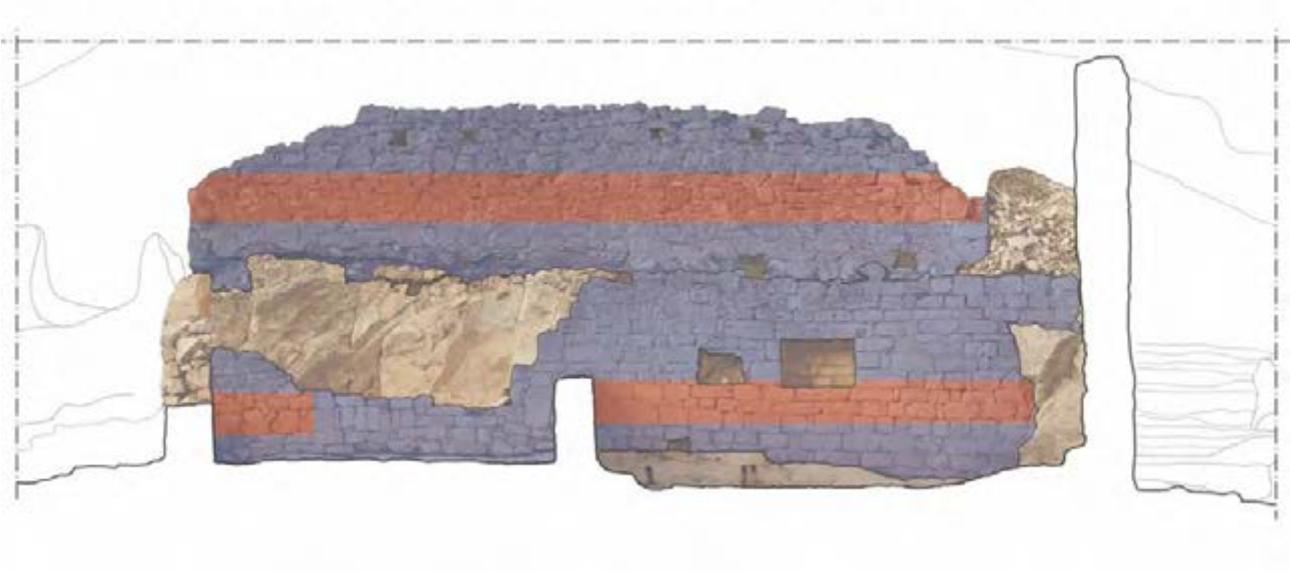


Figura 5
UT 7, abitazione, individuazione delle aree sulle quali inserire i diatoni di acciaio

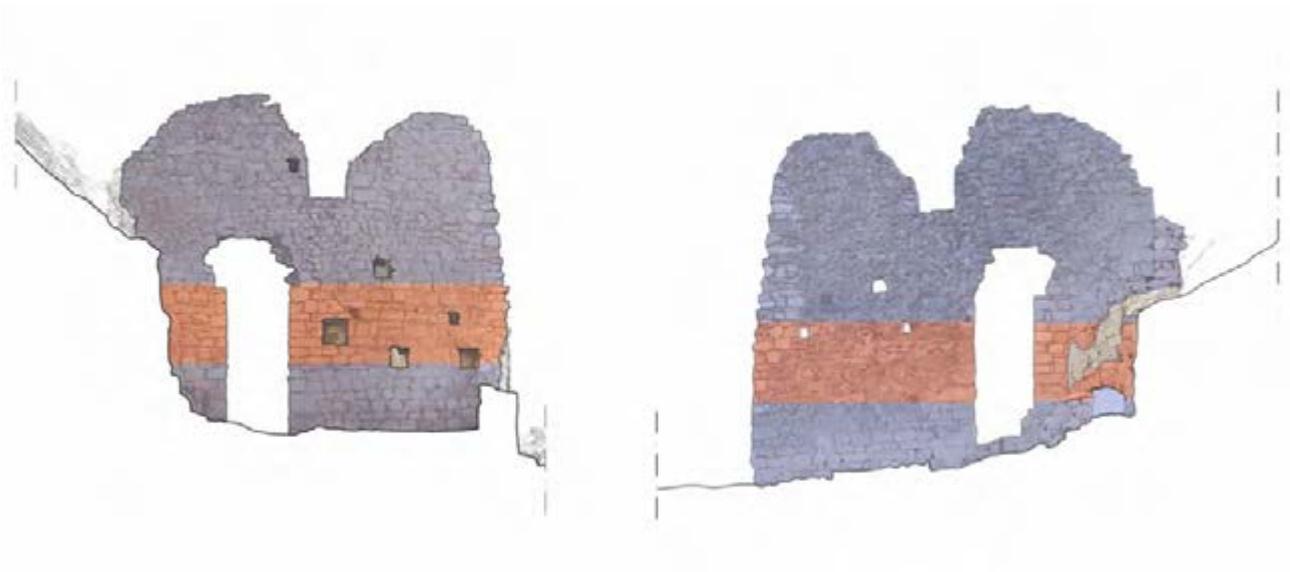


Figura 6
UT 7, abitazione, individuazione delle aree sulle quali inserire i diatoni di acciaio

Some of the holes prepared for injections were used for the insertion of bondstones. The high-strength stainless steel bar was inserted coaxially, for it unify with the substrate. After that, a special low-pressure mortar was injected. This operation contributed to the restoration of the continuity of the masonry structure and of the original flow of tensions diverted in the coring phase.

We proceeded with the drafting of joints, only after carrying out the consolidating injections and having put in place the bondstones. The technique of compensation of mortar joints involved the use of plastic doughs, endowed with similar strength and physical characteristics as the pre-existing mortars. The main purpose of this intervention was to preserve the masonry from further degradation phenomena and to restore continuity to the wall texture by strengthening its static properties. The integration of mortar joints also creates a barrier function for water penetration, plants and roots, organic patinas and organic and inorganic deposits.

It should be borne in mind that any integration of mortar runs the risk of masking the ancient layers of mortar and the geometry of the stones that characterize the masonry, compromising archaeological and stratigraphic readings.

- With regards to the operational process to be used in the application of mortar to the joints of the masonry, distinct operational phases were envisaged, including:
- removal of dust and debris from each joint of the masonry, carefully cleaning the bottom and other boundary surfaces to eliminate any patinas that would prevent the anchoring of the new integration mortar;
- recleaning of the joints with a brush and with a jet of clean water at low pressure, to provide the surviving mortar and the surfaces of the materials with the necessary saturation and moistening, essential to avoid the absorption of the water of the new mortar, affecting its grip;
- injections with hyper-fluid mortar for consolidation of the wall palimpsest;

fuoriuscita dell'acqua. Tale operazione è stata eseguita nelle 24 ore antecedenti le iniezioni di consolidamento.

La malta è stata iniettata a bassa pressione (minore di 1,5 bar) per evitare la formazione di pressioni all'interno della massa muraria. Le iniezioni sono state eseguite manualmente tramite un serbatoio a caduta. Si è proceduto iniettando la malta consolidante a partire dagli ugelli posti nella posizione più bassa, per poi arrivare a quelli più alti. Nel caso di lesioni passanti a seconda dello spessore della parete, dello sviluppo e della gravità della lesione in corrispondenza delle facce contrapposte, si sono seguite le seguenti indicazioni:

- gravità modesta: lesione passante con andamento simile su entrambe le facce della parete, con spessore murario ≤ 60 cm;
- gravità severa: lesione passante con andamento dissimile su entrambe le facce della parete, con spessore murario ≥ 60 cm.

Per la ricucitura di queste lesioni si è proceduto all'iniezione di malta consolidante. L'intervento sopra descritto è stato eseguito in corrispondenza di un solo paramento, per le lesioni di gravità modesta, in entrambe le facce per le lesioni di gravità severa.

La malta utilizzata per le iniezioni è iper fluida, ad elevata ritenzione d'acqua, a base di pura calce naturale e presenta altissima igroscopicità e traspirabilità.

Parallelamente alle iniezioni consolidanti si è proceduto all'inserimento di diatoni ad espansione artificiali, intervento ritenuto determinante per il miglioramento della risposta della muratura in termini di:

- redistribuzione dei carichi nello spessore murario;
- resistenza alla sollecitazione di trazione, ovvero resistenza alle spinte interne, che nascono per effetto dell'azione dei carichi verticali agenti su pannelli costituiti da una tessitura per lo più irregolare;
- resistenza all'azione tangenziale che provoca lo scorrimento tra i palinsesti per effetto dell'azione di ribaltamento del pannello, in modo da garantire il collegamento tra i paramenti.

Invece di inserire i diatoni in maniera massiva sono stati messi in opera esclusivamente nelle porzioni di murature deformate.



Foto effettuate durante gli interventi di consolidamento delle murature

Figura 7 Realizzazione dei fori

Figura 8 Inserimento dei diatoni

Figura 9 Stuccatura dei giunti su muratura sbozzata

Figura 10 Stuccatura dei giunti di muratura squadrata

- application throughout of the new mortar using a small trowel or long, narrow iron capable of reaching all existing voids in the joint;
- leave the surface of the joint "under the level" of the wall facing to avoid an alteration of the edges of the contours of the stone blocks;
- compress and pull with a trowel or spatula the mortar after it has begun to settle, to let out excess water. The operation was repeated until the joint appeared compact and without cracks;
- protect the area exposed to rain and sun until the mortar has completely hardened.

The gaps and shortcomings present on the vestments required reintegration of the wall palimpsests.

The reintegration of collapsed walls is one of the most debated aspects of archaeological restoration. At the site of Rocca San Silvestro, for safety reasons, it was decided to carry out four targeted reconstructions of small portions of masonry. The four walls are in fact located in key points of the stately area (two in the building and two in the court) all near precipices or areas particularly problematic for the safety of the visitor. Stones and materials taken during the cleaning operations of the archaeological site were used for these portions of masonry, when possible near or in the areas below the walls subject to intervention. A mixture similar to that of the joints of the portions of masonry adjacent to the reconstructed ones was used for the mortar. The only expedient used to highlight the modernity of the interventions was a thicker mortar joint (about 3 cm) at the contact line between the ancient part and the reintegrated one. In this way the global perception of the artifact remained intact and the reintegration is clearly visible to the eyes of an insider but "hidden" from those of the users. On the other hand, three walls that capsized required restoration and consolidation interventions of greater magnitude than those put in place on the other walls.

The first verticalized wall is on average 100 cm high and does not have provisional elements of consolidation, in this case dismantling was opted for and recomposition of the wall following

Sono stati utilizzati, per l'inserimento dei diatoni, alcuni dei fori preparati per le iniezioni. La barra in acciaio inossidabile ad alta resistenza è stata inserita coassialmente, in modo da renderla solidale con il substrato. Dopodiché è stata iniettata una speciale malta a bassa pressione. Tale operazione contribuisce al ripristino della continuità della compagine muraria e del flusso originario di tensioni deviato nella fase di esecuzione del carotaggio.

Solo dopo aver effettuato le iniezioni consolidanti e aver messo in opera i diatoni si è proceduto alla stilatura dei giunti. La tecnica del risarcimento giunti di malta viene eseguita attraverso l'utilizzo di impasti plastici, dotati di resistenza analoga e di caratteristiche fisiche simili alle malte preesistenti. Lo scopo principale di tale intervento è di preservare la muratura da ulteriori fenomeni di degrado e di restituire continuità alla tessitura muraria rafforzandone le proprietà statiche. L'integrazione dei giunti di malta conferisce loro inoltre una funzione di barriera alla penetrazione di acqua, all'attecchimento di vegetali, patine biologiche e ai depositi organici ed inorganici.

Va tenuto presente che ogni integrazione di malta corre il rischio di mascherare gli strati di malta antichi e la geometria delle pietre che caratterizzano l'apparecchiatura muraria. Compromettendo le letture archeologiche e stratigrafiche.

Per quanto concerne il processo operativo da utilizzare nell'applicazione della malta ai giunti delle murature si sono previste fasi operative ben distinte, quali:

- rimozione da ogni giunto della muratura di polvere e detriti, pulendo attentamente il fondo e le altre superfici di delimitazione per eliminare eventuali patine che impedirebbero l'ancoraggio della nuova malta d'integrazione;
- ripasso dei giunti con una spazzola e con un getto d'acqua pulita a bassa pressione, per fornire alla malta superstite e alle superfici dei materiali la necessaria saturazione e l'inumidimento, essenziale per evitare l'assorbimento dell'acqua della nuova malta, pregiudicandone la presa;



Figure 11-12
UT 7, intervento di consolidamento del muro soggetto a distacco dei paramenti

- iniezioni con malta iper fluida di consolidamento del palinsesto murario;
- applicazione per tutta la larghezza e la profondità della nuova malta utilizzando una piccola cazzuola o ferri lunghi e stretti in grado di raggiungere tutti i vuoti esistenti nel giunto;
- lasciare la superficie del giunto “sottolivello” rispetto a quella del paramento murario per evitare che si crei un’alterazione dei bordi dei contorni dei blocchi lapidei;
- comprimere e tirare con una cazzuola o una spatola la malta dopo che ha iniziato il processo di presa, per far uscire l’acqua in eccesso. L’operazione è stata ripetuta finché il giunto non appare compatto e senza cavillature;
- mettere a riparo dalla pioggia e dal sole la zona soggetta a integrazione finché la malta non si è indurita completamente.

Le lacune e mancanze presenti sui paramenti hanno richiesto degli interventi di reintegrazione dei palinsesti murari.

a detailed survey of the state of affairs, also facilitating the archaeological excavation of the area above. The second stretch of wall is adjacent to the previous one but has an average height of 170 cm and a provisional support system that involves the entire facing.

In both cases these are walls that do not present a stratigraphic complexity, their dismantling and reassembly did not damage the archaeological-architectural reading of the site. The third wall is that of the cemetery, this presents a stratigraphic complexity that would have been totally erased if dismantling and reassembly took place. This required a "definitive" intervention (see paragraph "Restoration and consolidation interventions: the church, the cistern and the cemetery") that guaranteed safety for the users while not erasing the construction history of the artifact.

In many cases the summit finish of the walls is exposed to atmospheric agents. Water infiltration inside the walls, not only with the persistence of the run-off, damage the binders of the mortar, but following the phenomenon of frost and thaw,

produce cracks and fractures that favour the rooting of plants.

As for the archaeological site of Rocca San Silvestro, the state of conservation of the wall ridges can be substantially divided into three cases:

- wall ridges that have undergone restoration and are in good condition;
- wall ridges that have undergone restoration but that need timely integrations;
- wall ridges that show an absence of any type of conservation intervention.

Excluding the first case, for which no type of treatment is envisaged, interventions must be carried out that aim to improve the state of conservation of the ridges in the other two cases. For both cases mentioned above, the first step consisted in the careful cleaning of the wall ridges, carried out with brushes, trowels, small brooms or other suitable tools that allowed the elimination of dust, debris and already detached material and the subsequent relocation of the elements that, although not bound, were still in their original position.

This operation was followed by the cleaning of the ridge with a brush and with a jet of clean water at low pressure, to provide the surviving mortar and the surfaces of the materials with the necessary saturation and moistening, essential to avoid the absorption of water from the new mortar by affecting its grip.

The cementification of the ridges and elements was obtained using mortars suitable in composition and colour to those originally used. The grouting of the ridges was carefully done by creating an oblique plane towards the outside of the masonry, with suitable tools and trying to make the lime adhere well to the stones, covering all the spaces where the section of the wall is visible. The external surface of the joint had to be left slightly "under the level" compared to that of the wall facing to avoid an alteration of the edges of the contours of the stone blocks. No interventions were planned that used mortar trunks. This technique, applied to low-height walls, on the one hand would distort the general vision of the articulation of the archaeological site, masking the

La reintegrazione di murature crollate è uno degli aspetti maggiormente dibattuti nel restauro archeologico. Nel sito di Rocca San Silvestro, per ragioni di sicurezza, si è deciso di operare quattro ricostruzioni mirate di piccole porzioni di muratura. Le quattro murature sono infatti collocate in punti chiave dell'area signorile (due nel palazzo e due nella corte) tutte in prossimità di strapiombi o di aree particolarmente problematiche per la sicurezza del visitatore. Per queste porzioni di muratura, sono state utilizzate pietre e materiali prelevati durante le operazioni di pulitura del sito archeologico, quando possibile in prossimità o nelle aree sottostanti alle murature oggetto di intervento. Per la malta di allettamento è stato utilizzato un impasto simile a quello dei giunti delle porzioni di muratura attigue a quello ricostruito. L'unico espediente utilizzato per mettere in luce la modernità degli interventi è stata la posa in opera di un giunto di malta più spesso (di circa 3 cm) in corrispondenza della linea di contatto fra la parte antica e quella reintegrata. In questo modo la percezione globale del manufatto risulta intatta e la reintegrazione appare ben visibile agli occhi di un addetto ai lavori ma "nascosta" a quelli dei fruitori. Tre invece sono i muri che presentano fenomeni di ribaltamento che richiedono interventi di restauro e consolidamento di maggiore entità rispetto a quelli messi in opera nelle altre murature.

Il primo muro verticalizzato è alto mediamente 100 cm e non presenta elementi provvisori di consolidamento, in questo caso si è optato per lo smontaggio del paramento e per la ricomposizione del muro a seguito di un dettagliato rilievo dello stato di fatto, questo ha facilitato anche lo scavo archeologico dell'area soprastante. Il secondo tratto di muro è attiguo al precedente ma presenta un'altezza media di 170 cm e un sistema provvisorio di sostegno che coinvolge tutto il paramento.

In entrambi i casi si tratta di muri che non presentano una complessità stratigrafica, il loro smontaggio e rimontaggio non avrebbe danneggiato la lettura archeologica-architettonica del sito. Il terzo muro invece è quello del cimitero, questo presenta una complessità stratigrafica che sarebbe stata totalmente cancellata se si fosse proceduto con lo



Figure 13-14
UT 6, intervento di smontaggio e rimontaggio del muro soggetto a ribaltamento

footprints left by the collapses of walls that originally appeared much higher, and on the other would erase the possibility of viewing the wall sections, elements of indisputable value in the characterization of the construction systems used for the implementation of the buildings.

Restoration and maintenance of flooring

As already mentioned, some floors are directly obtained from the rocky bank on which the hamlet stands. Few restoration interventions are possible on these surfaces; simple conservation strategies have been applied for the wear caused by the passage of the users of the area. Some elements, such as a chessboard, were covered with glass plates to prevent that the passage of visitors erases them. In other cases, cordoning off has been set up that prevents users from approaching the most delicate and significant points. In the main building of the stately area, there is an ancient flooring made of marble slabs. In many cases the finish between the stones that make up the floors is missing; these are therefore disjointed from the sub-floor. Water infiltration causes, on the one hand, damage to the binders of the mortar, on the other, following the phenomenon of frost and thaw, the production of cracks and fractures that favour the rooting of plants.

The first operation of restoration of the floors was cleaning. This, carried out with brushes, trowels, small brooms or other suitable tools allows the elimination of dust, debris and already detached material. As for the restoration of the walls, we proceeded with the cleaning of the floor with a brush and with a jet of clean water at low pressure. The cementification of the floors and the addition of any gaps in the binder was obtained using modern mortars, suitable in composition and colour with those originally put in place. The grouting must be carefully made creating an oblique plane allowing outflow of water, conveying them towards specific systems suitable for their elimination. With suitable tools, the mortar was made to adhere to the stones, saturating all the spaces. The outer surface of the joint must be

smontaggio e il rimontaggio. Questo ha richiesto un intervento “definitivo” (vedi paragrafo “Interventi di restauro e consolidamento: la chiesa, la cisterna e il cimitero”) che garantisse la sicurezza dei fruitori e che allo stesso tempo non cancellasse la storia costruttiva di quel manufatto. In molti casi la finitura sommitale dei muri si trova esposta agli agenti atmosferici. Le infiltrazioni d’acqua all’interno delle murature, non solo con il perdurare del dilavamento danneggiano le capacità dei leganti della malta di allettamento, ma in seguito al fenomeno del gelo e disgelo, producono fessurazioni e fratture che favoriscono l’attecchimento di piante.

Per quanto riguarda il sito archeologico di Rocca San Silvestro lo stato di conservazione delle creste murarie può essere sostanzialmente suddiviso in tre casi:

- creste murarie che hanno subito un intervento di restauro e che si trovano in buono stato di conservazione;
- creste murarie che hanno subito un intervento di restauro ma che necessitano di puntuali integrazioni;
- creste murarie che mostrano un’assenza di un qualsiasi tipo di intervento conservativo.

Escludendo il primo caso, per il quale non si prevede nessun tipo di trattamento, per le altre due situazioni devono essere effettuati interventi che mirino a migliorare lo stato di conservazione delle creste. Per entrambi i casi sopracitati il primo passo è consistito nella pulitura accurata delle creste murarie, effettuata con pennelli, cazzuole, piccole scope o altri strumenti idonei che hanno permesso un'eliminazione della polvere, dei detriti e del materiale già distaccato e la successiva ricollocazione degli elementi che, sebbene non vincolati, erano ancora nella loro posizione originaria.

A questa operazione è seguito il ripasso della cresta con una spazzola e con un getto d’acqua pulita a bassa pressione, per fornire alla malta superstite e alle superfici dei materiali la necessaria saturazione e l’inumidimento, essenziale per evitare l’assorbimento dell’acqua della nuova malta pregiudicandone la presa.



Figure 15

UT 1 - UT 2, torre e area signorile, muratura dopo il completamento dei lavori di restauro e consolidamento

La cementificazione delle creste e degli elementi è stata ottenuta utilizzando malte idonee per composizione e colore a quelle originariamente messe in opera. La stuccatura delle creste è avvenuta in modo attento creando un piano obliquo verso l'esterno della muratura, con strumenti idonei e cercando di far aderire bene la calce alle pietre, coprendo tutti gli spazi dove risulta visibile la sezione del muro. La superficie esterna del giunto dovrà essere lasciata leggermente "sottolivello" rispetto a quella del paramento murario per evitare che si crei un'altezza dei bordi dei contorni dei blocchi lapidei. Non sono stati previsti interventi che utilizzassero bauletti di malta. Tale tecnica, applicata a murature di bassa altezza, da un lato falserebbe la visione generale dell'articolazione del sito archeologico, mascherando le impronte lasciate dai crolli di murature che in origine apparivano ben più alte, e dall'altra cancellerebbe la possibilità di visione delle sezioni murarie, elementi di indiscutibile valore nella caratterizzazione dei sistemi costruttivi utilizzati per la messa in opera degli edifici.

left undercut with respect to that of the stones to avoid an alteration of the edges of the contours of the stone blocks. The last operation carried out was the final cleaning of the surfaces treated with mortar. This operation favours the free sliding of rainwater to the drainage and water collection systems. Typologically suitable material recovered on site was used for the reinstating of the flooring.

The church had already been excavated during the first archaeological campaigns, but due to minimal documentation it was necessary to reopen the excavation and verify some considerations inherent to the historical evolution of the building. The flooring of the church appeared, at the time of the second excavation, in beaten earth. The presence of channels for the collection of water on the top edges, dug into the emerging rock, allowed us to understand the altitudes and type of the original flooring. After carrying out the excavation, the few emerging structures were protected with non-woven fabric and the entire area was covered with gravel. The excavation also



showed that the interior of this building was paved with a jet of *cocciopesto*. We proceeded with the sampling of residual material and basing ourselves on the ancient compound, produced one with similar characteristics. The new floor was connected to the fragments of the still existing ancient one and was excavated in continuity with the stone channels to allow an adequate outflow of infiltration and meteoric waters.

Experimental archaeology and restoration of technical unit three

Since 2010 in the area outside the walls of Rocca San Silvestro a construction site of Experimental Archaeology came to life. Unique in its kind in Italy, aimed at the recomposition of construction cycles connected to historical age building. This project is the result of collaboration between the Parchi Val di Cornia Society and several Italian and foreign university departments specialized in the analysis of architecture (Fichera, 2011). The production cycles related to the processing of stone, the production of lime and the construction of a house built on the model of the houses inside the fortress were reproduced.

The project stems from the desire to transform the experimental site into a real "laboratory-school" that could have practical repercussions in the sphere of architectural and conservative restoration of important and complex monuments such

Restauro e manutenzione delle pavimentazioni

Come già anticipato alcune pavimentazioni sono ricavate direttamente dal banco roccioso su cui l'abitato si posa. Su queste superfici sono possibili pochi interventi di restauro, sono state semplicemente applicate strategie di conservazione dall'usura causata dal passaggio dei fruitori dell'area. Alcuni elementi, come la scacchiera da filetto, sono stati coperti con lastre di vetro per evitare che il passaggio dei visitatori li cancellassero. In altri casi sono state realizzate cordature che impediscono l'avvicinamento dei fruitori ai punti più delicati e significativi. Nell'edificio principale dell'area signorile, si trova una pavimentazione antica fatta di lastre di marmo. In molti casi la finitura fra le pietre che compongono le pavimentazioni è mancante, queste si trovano dunque disgregate rispetto al sottofondo. Le infiltrazioni d'acqua causano, da un lato il danneggiamento delle capacità dei leganti della malta di allettamento, dall'altro, in seguito al fenomeno del gelo e disgelo, la produzione di fessurazioni e fratture che favoriscono l'attecchimento di piante.

La prima operazione di restauro delle pavimentazioni è stata la pulitura. Questa, effettuata con pennelli, cazzuole, piccole scope o altri strumenti idonei permette l'eliminazione della polvere, dei detriti e del materiale già distaccati. Come per le operazioni di restauro delle murature si è proceduto con il ripasso del pavimento con una spazzola e

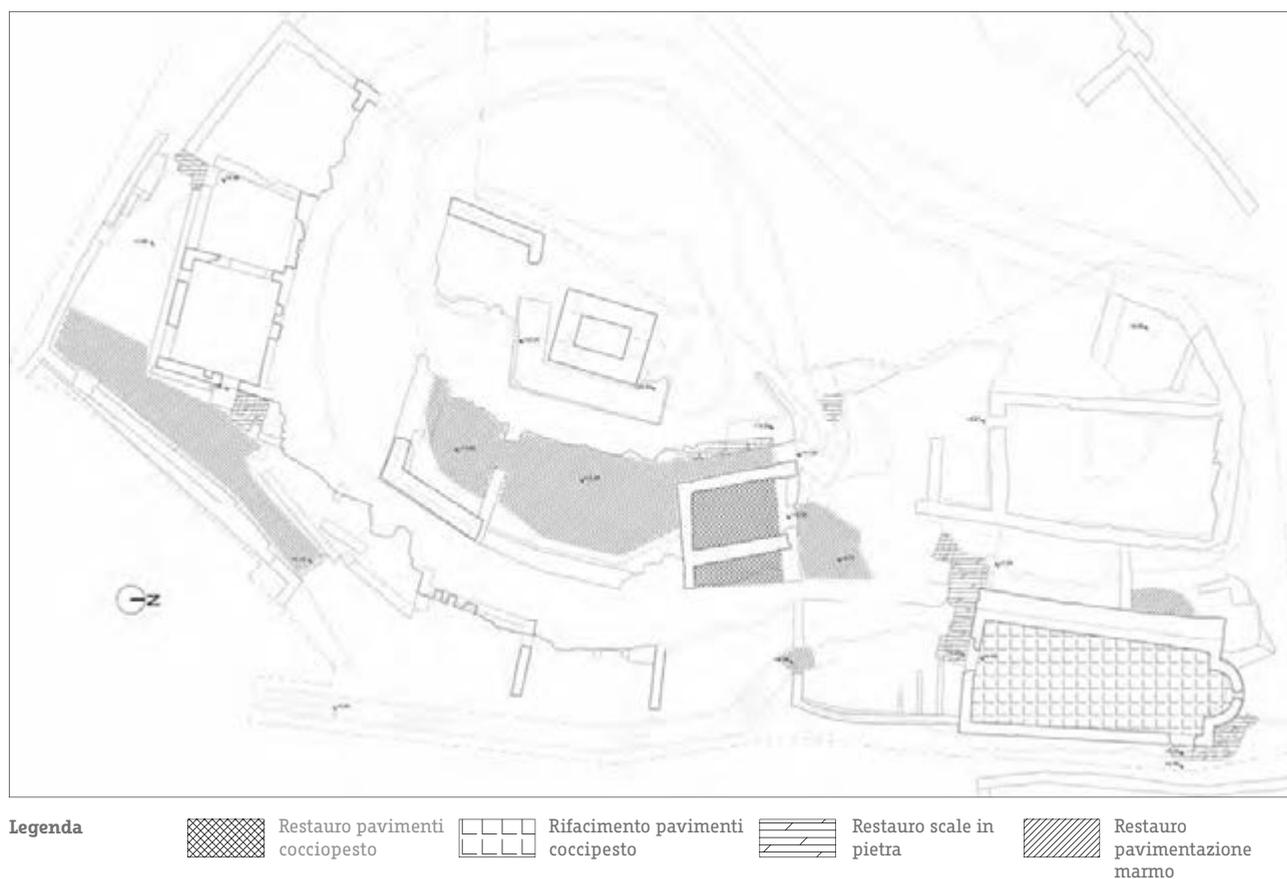


Figura 1
 Planimetria I lotto - Individuazione delle aree dove intervenire con il restauro delle pavimentazioni

con un getto d'acqua pulita a bassa pressione. La cementificazione dei pavimenti e le integrazioni di eventuali lacune nel legante si ottiene utilizzando malte moderne, idonee per composizione e colore a quelle originariamente messe in opera. La stuccatura deve avvenire in modo attento e creando un piano obliquo che permetta un controllo del deflusso delle acque, veicolandole e convogliandole in sistemi specifici atti alla loro eliminazione. Con strumenti idonei si è fatta aderire la malta alle pietre, saturando tutti gli spazi. La superficie esterna del giunto dovrà essere lasciata sottosquadro rispetto a quella delle pietre per evitare che si crei un'alterazione dei bordi dei contorni dei blocchi lapidei. L'ultima operazione effettuata è stata la pulitura finale delle superfici trattate con malta. Questa operazione favorisce lo scivolamento libero dell'acqua piovana fino ai sistemi di drenaggio e raccolta acque. Per il reintegro delle pavimentazioni è stato utilizzato il materiale tipologicamente idoneo recuperato in loco.

as Rocca San Silvestro. The experimental site is articulated around three main "stations" that are located near what were also in ancient times areas of processing of materials.

The station for the extinguishing of lime and for the decantation of lime grease produced is located near the Medieval age lime kiln. This consists of a wooden tank, called *masta*, inside which is placed the quicklime (calcium oxide) purchased in industrial plants that use limestone of local extraction. In the next phase of hydration, through the abundant addition of water, quicklime is transformed into lime hydroxide or slaked lime, in a process called *fade* or *extinguish*. The product is then carefully filtered to be deprived of all particles of uncooked or unethed material. The maturation of the *grassello* is carried out in a pit dug into the ground inside which the mixture is left to decant, covered with water, for a period of not less than ten days. For a correct degree of aging, there are indications in historical sources,



Figura 2
Gioco del filetto, graffito ritrovato sulla pavimentazione all'ingresso del borgo

such as those of Vitruvius, but above all it is based on empirical knowledge refined over the five years of experience.

The second station consists of the "lime mixer", a type of artifact documented in early medieval areas within Italian and European shipyards characterized by important patronage, among which the castle of Donoratico (Castagneto Carducci - LI), excavated by Prof. Bianchi of the Department of Archaeology and History of Art of the University of Siena.

The mortar mixer, similar to modern concrete mixers for cement, consists of a tank about 30 cm deep dug into the ground and covered with lime mortar of which bottom has a diameter of about 2 meters. At the centre of the tank there is a wooden pole that constitutes the fixed support of the rotation mechanism, functional for the mixture of lime mortar. The reconstruction of the artifact, philologically correct but intended for a practical use, showed the strong innovative potential in the economy of a medieval construction site. The tiring operations of making lime dough are reduced to the sole effort of continuously rotating the mechanism, in order to obtain a quantity of mortar of about 400 kg, corresponding to a fully

La chiesa era già stata oggetto di scavo durante le prime campagne archeologiche, ma a causa della ridotta documentazione è stato necessario riaprire lo scavo e verificare alcune considerazioni inerenti l'evoluzione storica dell'edificio. La pavimentazione della chiesa si presentava, al momento del secondo scavo, in battuto di terra. Sui bordi a monte la presenza di canalette per la raccolta dell'acqua che si infiltrava nell'edificio, scavate nella roccia affiorante, ha permesso di comprendere quote e tipologia della pavimentazione originaria. Dopo aver effettuato lo scavo si è proceduto alla protezione delle poche strutture affioranti con tessuto non tessuto e con il ghiaio si è coperta l'intera area. Lo scavo ha inoltre evidenziato che l'interno di questo edificio era pavimentato con un getto di cocciopesto, si è proceduto quindi al campionamento dei materiali residui e sulla base dell'antico composto ne è stato prodotto uno che presentasse caratteristiche simili a quello antico. Il nuovo pavimento è stato raccordato ai lacerti di quello antico ancora presenti ed è stato scavato in continuità con le canalette di pietra per permettere un adeguato deflusso delle acque da infiltrazione e di quelle meteoriche.



Figura 3-4
UT 2, area signorile, restauro della pavimentazione

Figura 5-6
UT 4, chiesa, rifacimento della pavimentazione in cocciopesto



loaded tank. The "ideal" proportions of grassello and sand of fluvial origin and without salts, would respectively be 1/3 grassello and 2/3 sand, with a quantity of water which is difficult to establish a priori but is to be established empirically, depending on possible variables such as the degree of humidity of the various components of the dough.

The third and last location of the construction site consists of the house under construction, characterized by a rectangular plan for a single room with a single floor, with an inclined roof covered by a frame of wooden beams and slate slabs, exactly on the model of the houses dug out inside the fortress. The construction of the masonry is therefore the last piece of the cycle, in turn composed of various types of techniques, from the most specialized (general design, squaring of the stone, design and construction of wooden scaffolding systems) to the less specialized ones (selection of construction elements, installation, finishing of joints and laying beds).

The set of operations and professionalism described stem from a wealth of knowledge, historical-archaeological but also technical and practical, which were refined over the years of practice on site.

The restoration of UT3 was planned within this cultural and technical context. The choice to operate in this portion of the site with materials made with the help of experimental archeology

Archeologia sperimentale e interventi di restauro dell'unità tecnica tre

A partire dal 2010 nell'area esterna alla cinta muraria di Rocca San Silvestro ha preso vita un cantiere di Archeologia Sperimentale. Unico nel suo genere in Italia, volto alla ricomposizione dei cicli costruttivi connessi all'edilizia di età storica. Questo progetto è il frutto della collaborazione tra la società Parchi Val di Cornia e diversi dipartimenti universitari italiani e stranieri specializzati nell'analisi delle architetture (Fichera, 2011). Nello specifico sono stati riprodotti i cicli produttivi legati alla lavorazione della pietra, alla produzione della calce e alla costruzione di una casa realizzata sul modello delle abitazioni presenti all'interno della rocca.

Il progetto nasce dalla volontà di trasformare il cantiere sperimentale in un vero e proprio "laboratorio-scuola" che potesse avere ricadute pratiche nella sfera del restauro architettonico e conservativo di monumenti importanti e complessi come Rocca San Silvestro. Il cantiere sperimentale si articola attorno a tre "postazioni" principali che si collocano in prossimità di quelle che anche anticamente erano aree di lavorazione dei materiali.

Nei pressi della calcara di età medievale è localizzata la postazione per lo spegnimento della calce e per la decantazione del grassello di calce prodotto. Questa è costituita da una vasca di legno, chiamata masta,

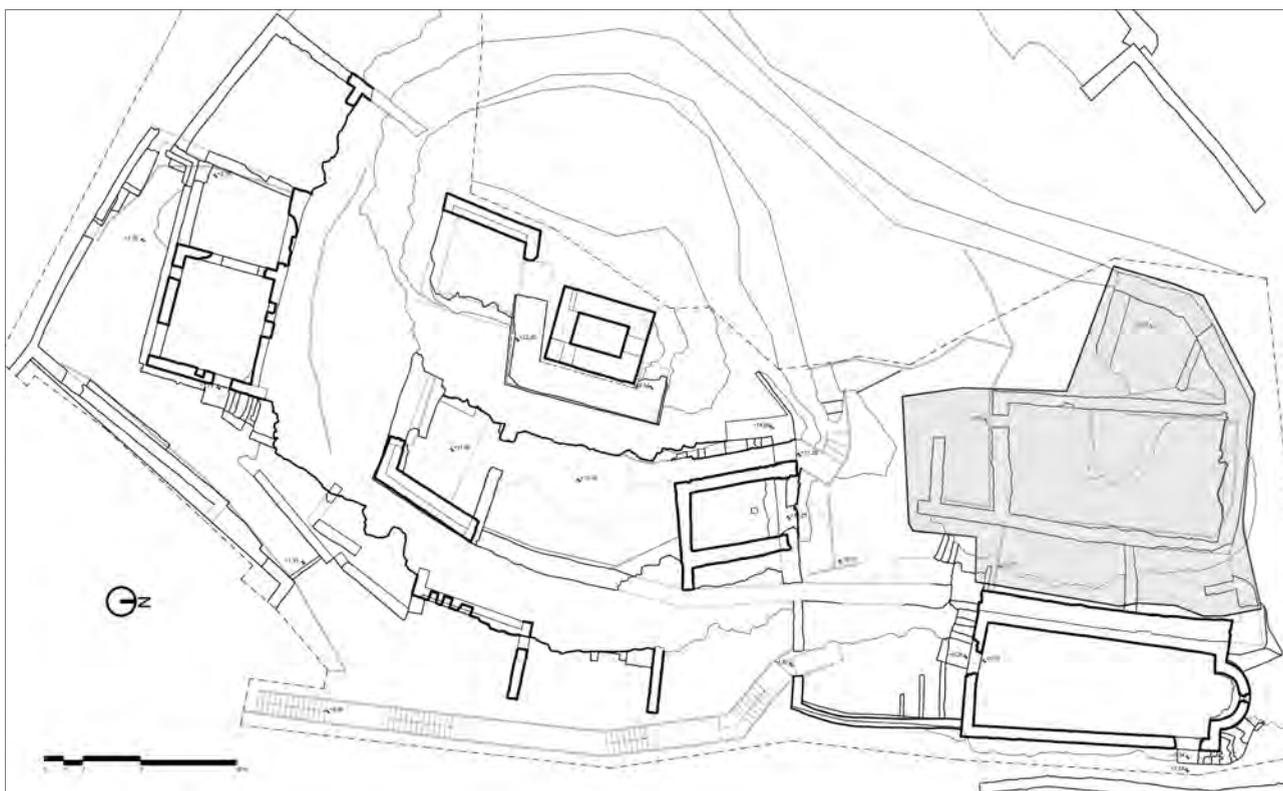


Figura 1
 Planimetria I lotto - Individuazione dell'UT3, area soggetta all'utilizzo di tecniche di archeologia sperimentale

all'interno della quale viene disposta la calce viva (ossido di calcio) acquistata in stabilimenti industriali che utilizzano calcari di estrazione locale. Nella successiva fase di idratazione, attraverso l'abbondante aggiunta di acqua, la calce viva viene trasformata in idrossido di calce o calce spenta, in un processo chiamato sfioritura o spegnimento. Il prodotto viene successivamente filtrato con cura per essere privato di tutte le particelle di materiale non cotto o non spento. La maturazione del grassello viene realizzata in una fossa scavata nel terreno all'interno della quale il composto viene lasciato decantare, coperto da acqua, per un periodo di tempo non inferiore a una decina di giorni. Per un corretto grado di stagionatura esistono sia indicazioni nelle fonti storiche, come quelle di Vitruvio, ma soprattutto ci si basa su una conoscenza empirica affinata nel corso dei cinque anni di esperienza.

La seconda postazione è costituita dal "miscelatore da calce", una tipologia di manufatto attestata in ambiti cronologici altomedievali all'interno di cantieri italiani ed europei caratterizzati da una committenza importante, tra i quali spicca il castello di Donoratico (Castagneto

and with ancient techniques that find their tradition in medieval history, stems from two main reflections concerning the technical unit but also the entire site. First, these are walls that are a few tens of centimeters high from the ground, so they do not represent an area of danger for users. Secondly, it is a portion of the central hamlet but, for which there is no internal use, therefore less subject to wear caused by visitors.

The mortar, produced according to the results that emerged from the samples analyzed in the laboratory, was made by extinguishing the lime and following the work protocols previously exposed in order to produce a binder as close as possible to the original one. The operational practice for reinstatement, sealing of joints and interventions on wall ridges followed was the same as the operational directives in non-experimental areas.

Restoration and consolidation interventions: the cistern, the church, the cemetery

The archaeological area of Rocca San Silvestro has some environments characterized by surfaces

and particular elements that needed specific precautions during the intervention phase. This is the case with the cistern, the church and the walls linked to the cemetery. The restoration interventions had to take into account some essential expedients to consolidate and, at the same time, preserve elements that an incorrect or too invasive intervention would risk erasing.

In the site there are various cisterns for the collection of rainwater, but only one is largely usable, its peculiarity also lies in the fact that it had been reused as a dwelling in one of the last residential phases of Rocca. In this, two layers of plaster are clearly visible in the northern inner masonry and many fragments of plaster and its preparatory layers in all internal masonry. In particular, the plaster seems to be concentrated on the northern wall along its entire length. On the East and West ones it is concentrated at the joint with the floor with the cocciopesto up to a height of 1.20 / 1.50 m. The rest of the vestments have exposed masonry. It was planned to intervene through two distinct operational phases to recompose the adhesion between the constituent layers for plaster and cocciopesto layers. A non-invasive preliminary investigation was carried out (kneading of the surface) which made it possible to evaluate the "voids" corresponding to the points of detachment both between the various layers of plaster and between the layers and the masonry. The compensation of detachments is a delicate operation, not reversible and difficult to control since it acts directly inside the support. Once the detachments were identified, localized microinjections of a consolidant were carried out, which was chosen on the basis of compatibility with the constituent materials (plaster and cocciopesto) and evaluated together with the Scientific Direction. The consolidating injections and the insertion of bondstones took place externally and on the wall portions not affected by plaster or cocciopesto finishes using the methodologies already exposed.

Numerous interventions were planned for the church, the first to have been put in place was the riveting of the basement part of the building, in

Carducci - LI), scavato dalla prof.ssa Bianchi del Dipartimento di Archeologia e Storia delle Arti dell'Università degli Studi di Siena.

Il miscelatore da malta, assimilabile alle moderne betoniere per cemento, è costituito da una vasca profonda circa 30 cm scavata nel terreno e rivestita da malta di calce il cui fondo ha un diametro di circa 2 metri. Al centro della vasca è posizionato un palo ligneo che costituisce il sostegno fisso del meccanismo di rotazione, funzionale all'impasto della malta di calce. La ricostruzione del manufatto, filologicamente corretta ma destinata ad un uso pratico dello stesso, ha mostrato il forte potenziale innovativo nell'economia di un cantiere medievale. Le faticose operazioni di impasto della calce si riducono al solo sforzo di ruotare con continuità il meccanismo, al fine di ottenere un quantitativo di malta di circa 400 kg, corrispondente ad una vasca a pieno carico. Le proporzioni "ideali" di grassello e sabbia di origine fluviale e priva di sali, sarebbero rispettivamente di 1/3 di grassello e di 2/3 di sabbia, con un quantitativo di acqua difficile da stabilire a priori ma da stabilire a livello empirico, in funzione di possibili variabili quali il grado di umidità dei vari componenti dell'impasto.

La terza e ultima postazione del cantiere è costituita dalla casa in costruzione, caratterizzata da una pianta rettangolare per un vano unico ad un solo piano, con tetto inclinato a una falda coperto da un'intelaiatura di travi lignee e da lastre di ardesia, esattamente sul modello delle abitazioni scavate all'interno della rocca. La costruzione della muratura si pone dunque come ultimo tassello del ciclo riprodotto, a sua volta composto da lavorazioni di vario tipo, da quelle più specializzate (progettazione generale, squadratura della pietra, progettazione e realizzazione del sistema di ponteggi lignei) a quelle meno specializzate (selezione degli elementi costruttivi, posa in opera, finitura dei giunti e dei letti di posa).

L'insieme delle operazioni e delle professionalità descritte nascono da un bagaglio di saperi, storico-archeologici ma anche tecnici e pratici, che sono stati affinati nel corso degli anni di pratica sul cantiere.

All'interno di questo ambito culturale e tecnico sono stati previsti gli



Figura 2
Abitazione realizzata utilizzando le antiche tecniche costruttive

interventi di restauro dell'UT3. La scelta di operare in questa porzione del sito con materiali realizzati con l'ausilio dell'archeologia sperimentale e con tecniche antiche che affondano la loro tradizione nella storia medievale, nasce da due riflessioni principali che riguardano l'unità tecnica ma anche l'intero sito. In primis, si tratta di murature alte poche decine di centimetri da terra, quindi che non rappresentano un'area di pericolosità per i fruitori. In secondo luogo è una porzione di abitato centrale ma, per la quale non è prevista la fruizione interna, quindi meno soggetta all'usura causata dai visitatori.

La malta, prodotta sulla base dei risultati emersi dai campioni analizzati in laboratorio, è stata realizzata spegnendo la calce e seguendo i protocolli di lavoro prima esposti al fine di produrre un legante quanto più simile a quella originaria. La prassi operativa per i reintegri, la sigillatura dei giunti e gli interventi sulle creste murarie ha seguito le stesse direttive operative presenti nelle aree non sperimentali.

parallel with the riveting of the rock banks. The church rests half on the upper rocky ridge and the other half on the lower one. The difference in height between the two elements, due to the thrusts and slenderness of the walls at the lower end, risked causing their collapse. The riveting in this case served, also thanks to the insertion of key poles, to consolidate that portion of the wall against the ground that stressed by the thrusts of the ground could suffer landslides. To avoid the capsizing of the masonry parts completely above ground, five chains were put in place, two longitudinal and three transversal, which do not serve to counteract the thrusts, as usually happens, but to try to connect the top part of the upper building which is stockier, and therefore more stable, with the lower part that is extremely slender, therefore tending to capsize.

Only after these consolidation operations were carried out the restoration interventions of the walls already built in the other technical units could proceed. The bondstones were inserted only in the outer part of the upper portion of the



wall and in the lower part of the masonry below, as these two portions were made with rough stones and not with square blocks. The ridges were preserved and consolidated as in the other portions of the site. The remaining wall palimpsest, made of square stones and well-finished joints, required specific methods of intervention that did not fall within those proposed for the other buildings.

The ancient joints were made with very particular filling techniques, characterized by traces impressed by the workers in the finishing of the laying of the rows, specifically by a horizontal sign on the beds of the mortar. This particular expedient, common in medieval walls, is a specific trait that deserved preservation during the restoration of the walls. We therefore intervened using all possible precautions not to damage this important testimony of ancient ways of working. A hyper-fluid mortar was put in place with the same chemical-physical characteristics as the ancient one but much more liquid. A fluidifier was added to facilitate the consolidating micro-injections, used both in the joints without mortar, and to reintegrate the missing joints.

In the religious building two other points were particularly fragile, the main entrance and the side entrance near the presbytery. The piedritti and the arches of these two entrances were made, and in part still are, with trapezoidal stone drafts put in place alternating light stone with dark

Interventi di restauro e consolidamento: la cisterna, la chiesa, il cimitero

L'area archeologica di Rocca San Silvestro presenta alcuni ambienti caratterizzati da superfici ed elementi particolari che necessitano, in fase di intervento, di specifiche precauzioni. Sono questi i casi della cisterna, della chiesa e delle murature legate al cimitero. In questi casi gli interventi di restauro dovranno tenere in considerazione alcuni espedienti indispensabili per consolidare e, allo stesso tempo, preservare elementi che un intervento errato o troppo invasivo rischierebbe di cancellare. Nel sito sono presenti varie cisterne per la raccolta delle acque piovane, ma solo una risulta in buona parte fruibile, la sua particolarità risiede anche nel fatto che era stata riutilizzata come abitazione in una delle ultime fasi abitative di Rocca. In questa sono ben visibili due strati di intonaco nella muratura interna settentrionale e molti lacerti di intonaco e dei suoi strati preparatori in tutte le murature interne. In particolare l'intonaco sembra concentrarsi nella parete settentrionale per tutta la sua lunghezza. In quelle Est ed Ovest si concentra nell'attaccatura con il pavimento in cocchiopesto fino all'altezza di 1.20 / 1.50 m. Il resto dei paramenti si presenta invece con muratura a faccia-vista. Per gli intonaci e gli strati di cocchiopesto, si è previsto di intervenire attraverso due fasi operative ben distinte per andare a ricomporre l'adesione fra gli strati costitutivi. È stata effettuata un'indagine preliminare



Figure 1-4
UT 4, chiesa, interventi di consolidamento con l'inserimento di catene e chiodature

stone following the typical design of medieval archivaults. These are absent in the main portal and few elements remain in the secondary one, probably taken and reused in other buildings. At the entrance of the hamlet there are some trapezoidal drafts such as those present in the arch of the side door of the church. These, from size and characteristics, seem to belong to the top part of the access door to the hamlet. The lack of *pieditti* and *conci* has put in crisis the wall palimpsest causing lesions and deformations, and subjecting the building to the risk of collapse. To prevent this from happening, iron elements were inserted to restore the static balance of the walls. These inserts retrace the geometries of the ancient portals tracing the joints of the missing part and recall the shape of the absent elements without being the same.

The iron bezel made to redesign the blocks, not only has an aesthetic function, but also serves as a prop for the walls. The iron structures are press-mounted and welded to connectors inserted in the core of the masonry. These structures appear:

- recognizable, even if they allow the user to re-read the geometries of the decorations of the ancient portals;
- compatible, because iron combined with masonry is widely used in the field of restoration;
- reversible, because all the intervention can be dismantled with extreme ease.

The only fixed elements of the whole structure are the connectors positioned in the core, which if remaining inserted in the masonry after the dismantling of the other elements, would not create problems for the structure, indeed they would serve to consolidate the core. For the realization of this consolidation system it was necessary to create a plywood template, because despite the fact that a three-dimensional survey of the entire extremely reliable structure was carried out, the insertion of the iron rakes was put in place under pressure, and it was therefore necessary to eliminate any possible margin of error by creating an in situ prototype. In addition, it was impossible to cut the

non invasiva (noccatura della superficie) che ha permesso di valutare i “vuoti” corrispondenti ai punti di distacco sia tra i vari strati di intonaco che tra gli strati e la muratura. Il risarcimento dei distacchi è un’operazione delicata, non reversibile e difficilmente controllabile poiché si agisce direttamente all’interno del supporto. Individuati i distacchi si sono effettuate microiniezioni localizzate di un consolidante che è stato scelto in base alla compatibilità con i materiali costitutivi (intonaci e cocciopesto) e valutati insieme alla Direzione Scientifica. Le iniezioni consolidanti e l’inserimento di diatoni sono avvenuti esternamente e sulle porzioni murarie non interessate da intonaci o finiture in cocciopesto utilizzando le metodologie già esposte.

Per la chiesa sono stati previsti numerosi interventi, il primo ad essere stato messo in opera è stata la chiodatura della parte basamentale dell’edificio; realizzata parallelamente alle chiodature dei banchi di roccia. La chiesa poggia per metà sul costone roccioso a monte e per l’altra metà su quello a valle. Il dislivello tra i due elementi, a causa delle spinte e della snellezza dei maschi murari a valle, rischia di causarne il crollo. Le chiodature in questo caso sono servite, anche grazie all’inserimento di capochiavi a paletto, a consolidare quella porzione di muro contro terra che sollecitato dalle spinte del terreno poteva subire importanti dissesti. Per evitare il ribaltamento delle parti di muratura completamente fuori terra sono state messe in opera cinque catene, due longitudinali e tre trasversali, che non servono a contrastare le spinte, come di norma accade, ma a cercare di collegare la parte sommitale dell’edificio a monte che è tozza, e quindi più stabile, con la parte a valle che è estremamente snella, quindi tendente a ribaltarsi.

Solo dopo queste operazioni di consolidamento sono stati effettuati gli interventi di restauro delle murature già realizzati nelle altre unità tecniche. I diatoni sono stati inseriti solo nella parte esterna della porzione di muro a monte e nella parte bassa della muratura a valle, in quanto queste due porzioni sono state realizzate con pietrame sbizzato e non con blocchi squadrati. Le creste sono state conservate



Figura 5
Ut 4, chiesa, foto della porta di accesso prima dei lavori di restauro



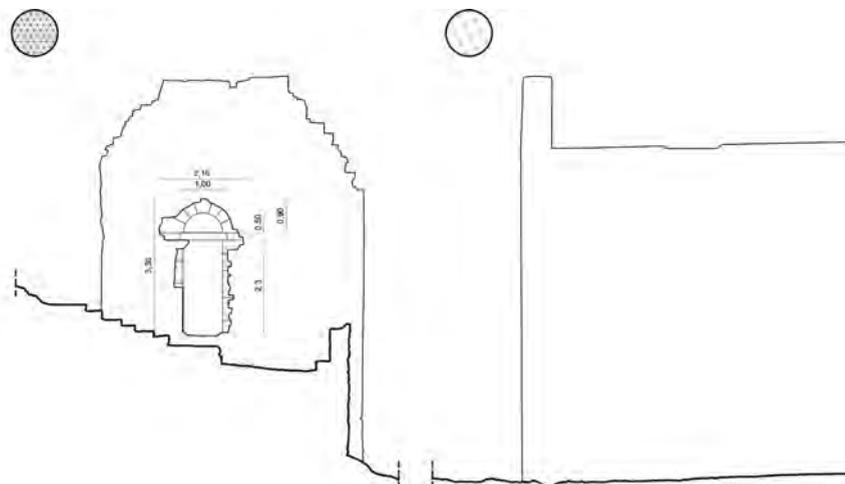
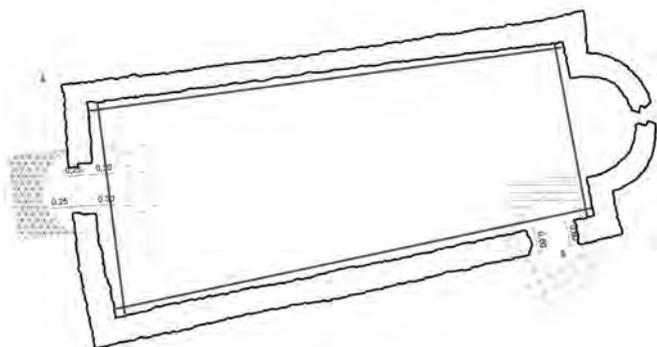
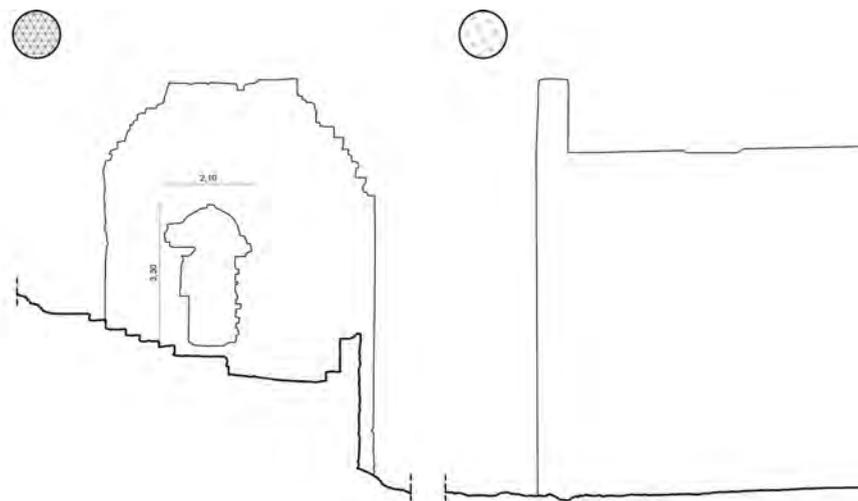
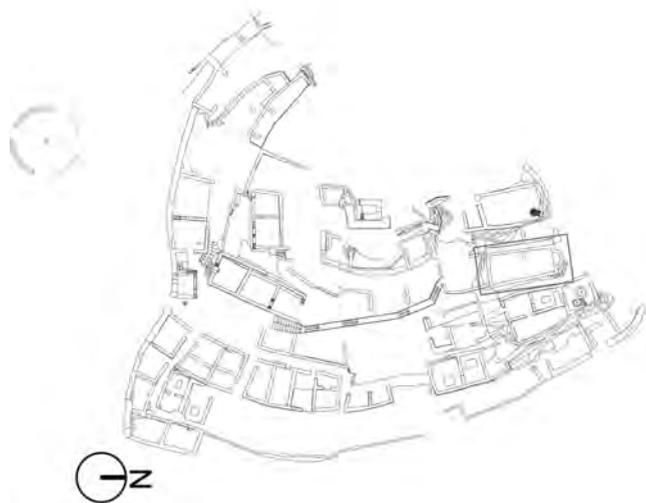
Figura 6
Ut 4, chiesa, foto della porta di accesso al presbiterio prima dei lavori di restauro

e consolidate come nella altre porzioni del sito. Il restante palinsesto murario, realizzato con pietrame squadrato e con giunti ben rifiniti, ha richiesto delle modalità di intervento specifiche che non rientravano in quelle proposte per gli altri edifici.

I giunti antichi sono stati realizzati con tecniche di stilatura molto particolari, caratterizzate da tracce impresse dalle maestranze nella finitura della posa in opera dei filari, nello specifico da un segno orizzontale sui letti di posa della malta di allettamento. Questo particolare espediente, comune nelle murature medievali, è un tratto specifico che merita la preservazione durante gli interventi di restauro sulle murature. Si è quindi intervenuti utilizzando tutte le cautele possibili per non danneggiare questa importante testimonianza dei modi di lavorare antichi. È stata messa in opera una malta iper fluida che presenta le stesse caratteristiche chimico fisiche di quella antica ma molto più liquida alla quale è stato aggiunto un fluidificante che facilitasse le micro iniezioni consolidanti, eseguite sia nei giunti privi di malta, che a reintegrare le stilature dei giunti mancanti.

individual elements on site since plates of similar thickness had to be processed with professional instruments that cannot be transported to the site. As already mentioned, the wall that delimits the cemetery was in a very poor state of conservation, the facing tended to tilt outwards due to the thrusts of the ground and the slenderness of the wall below. Unlike the other two cases, subject to dismantling and reassembly, in this case the masonry is rich in stratigraphic information that tells the story of the settlement. The dismantling of this masonry would erase most, if not all, of the information that the facing provides.

On the basis of these reflections it was chosen to intervene, also in this case, with an element that would act as a demonstration and that would avoid that the wall capsizes. Spikes were put in place that anchored the lower part of the wall to the rock. To overcome the tilting of the summit, which was obviously the most strongly deformed, the consolidation project provided for the creation of a net. This, made with steel cables, was anchored with iron eyelets to the masonry of the



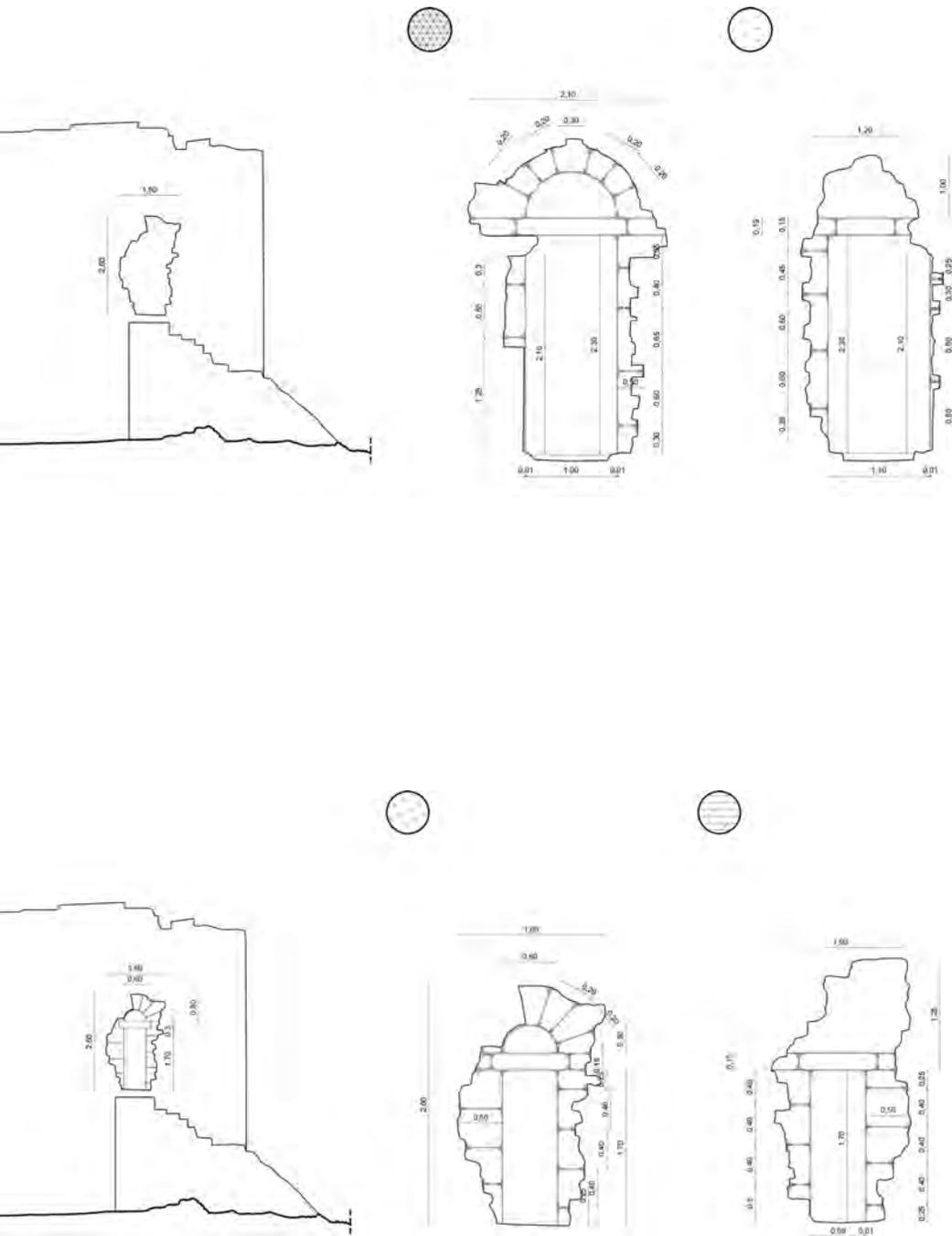


Figure 7-8
 Progetto del sistema di centine per il consolidamento del portale di accesso della chiesa e del presbitero

church and to the riveting of the rocky ridge, thus avoiding the tilting of the wall. Three vertical iron upright poles, two IPE and one "L", act as spacers but also as elements for the containment of thrusts.

Also in this case the basic terms of restoration: recognizability, reversibility and compatibility were respected. The entire structure is perfectly recognizable, easily dismantled and the only trace of its implementation are four eyelets inserted between one joint and another of the masonry of the church. The term demonstration was not used by chance; it is believed that both interventions serve to solve in a coherent way the problems that the structures had without changing the legibility of the buildings.

Nell'edificio religioso altri due punti erano particolarmente fragili, l'ingresso principale e quello laterale in prossimità del presbiterio. I piedritti e gli archi di questi due accessi erano realizzati, e in parte lo sono ancora, con bozze di pietra trapezoidali messi in opera alternando elementi di pietra chiara con elementi di pietra scura. Seguendo il disegno tipico degli archivolti medievali. Questi sono assenti nel portale principale e rimangono pochi elementi in quello secondario, probabilmente prelevati e riutilizzati in altri edifici. All'ingresso dell'abitato sono presenti alcune bozze trapezoidali come quelle presenti nell'arco della porta laterale della chiesa. Queste per dimensioni e caratteristiche sembrano appartenere alla parte sommitale della porta di accesso all'abitato. La mancanza di piedritti e conci ha messo in crisi il palinsesto murario causando lesioni e deformazioni, e sottoponendo l'edificio a rischio di crollo. Per evitare che questo avvenga sono stati inseriti degli elementi in ferro che ripristinino l'equilibrio statico delle murature. Questi inserti, ripercorrono le geometrie degli antichi portali ricalcando i giunti dei conci mancanti e richiamano alla memoria la forma degli elementi assenti senza però esserne uguali.

La ghiera di ferro realizzata per ridisegnare i conci, non ha solo funzione estetica, ma serve anche come puntello per le murature. Le strutture in ferro sono montate a pressione e saldate a dei connettori di inseriti nel nucleo della muratura. Queste strutture risultano:

- riconoscibili, anche se permettono al fruitore di rileggere le geometrie delle decorazioni degli antichi portali;
- compatibili, perché il ferro abbinato alle murature è ampiamente utilizzato nel campo del restauro;
- reversibile, perché tutto l'intervento può essere smontato con estrema facilità.

Gli unici elementi fissi di tutta la struttura sono i connettori posizionati nel nucleo, che qualora rimanessero inseriti nella muratura dopo lo smontaggio degli altri elementi, non creerebbero problemi alla struttura, anzi servirebbero a consolidare il nucleo. Per la realizzazione di questo sistema di consolidamento è stato necessario realizzare una



Figure 9-10
UT 4, chiesa, foto delle lavorazioni inerenti il montaggio delle dime

Figure 11-12
UT 4, chiesa, foto inerenti il montaggio delle centine costruite sulla base delle dime

dima di compensato, perché nonostante sia stato effettuato un rilievo tridimensionale di tutta la struttura estremamente affidabile, l'inserimento delle reggere di ferro è stato messo in opera a pressione, ed è stato quindi necessario eliminare ogni possibile margine di errore realizzando un prototipo in sito. Inoltre è stato impossibile tagliare i singoli elementi in loco poiché piastre di simile spessore devono essere lavorate con una strumentazione professionale non trasportabile nel sito. Come già anticipato, il muro che delimita il cimitero era in pessimo stato di conservazione, il paramento tendeva a ribaltarsi verso l'esterno a causa delle spinte del terreno e alla snellezza del muro a valle. A differenza degli altri due casi, oggetto di intervento di smontaggio e rimontaggio, in questo caso la muratura è ricca di informazioni stratigrafiche che raccontano la storia dell'insediamento. Lo smontaggio di questa muratura cancellerebbe buona parte, se non tutte, le informazioni che il paramento fornisce.

Sulla base di queste riflessioni è stato scelto di intervenire, anche in questo caso, con un elemento che fungesse da presidio e che evitasse il ribaltamento del muro. Sono state quindi messe in opera delle chiodature che hanno ancorato la parte bassa del muro alla roccia. Per ovviare al ribaltamento della parte sommitale, che è quella ovviamente più fortemente deformata, il progetto di consolidamento ha previsto la creazione di una rete. Questa, fatta con cavi di acciaio, è stata ancorata con degli occhielli in ferro alla muratura della chiesa e alle chiodature del costone roccioso, evitando così il ribaltamento del muro. Tre montanti verticali in ferro, due IPE e una "L", fungono da distanziatori ma anche da elementi per il contenimento delle spinte.

Anche in questo caso i termini base del restauro: riconoscibilità, reversibilità e compatibilità sono stati rispettati. L'intera struttura è perfettamente riconoscibile, facilmente smontabile e l'unica traccia della sua messa in opera sono quattro occhielli inseriti tra un giunto e l'altro della muratura della chiesa. Il termine presidio non è stato usato a caso, si ritiene che entrambi gli interventi servano a risolvere in maniera coerente i problemi che le strutture hanno senza modificare la leggibilità degli edifici.

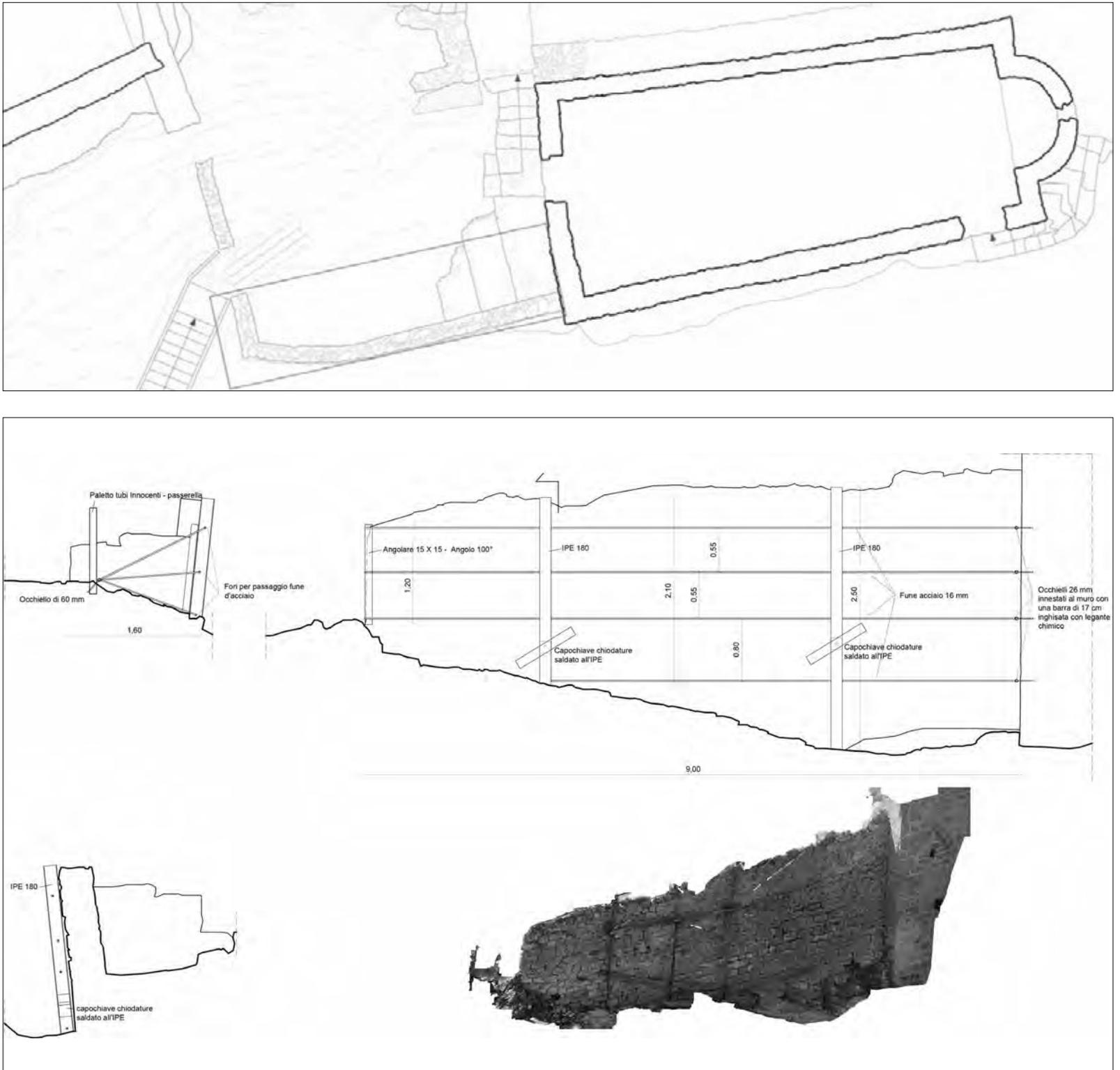


Figure 13-14
Progetto di consolidamento strutturale del muro del cimitero



Figure 15-16
UT 2, cisterna, foto prima e dopo i lavori di restauro e consolidamento



UT 5, cimitero, lavori di consolidamento del muro di contenimento

Figure 17-18

Foto durante l'esecuzione dei lavori

Figure 19-20

Foto dopo la messa in opera dei lavori



Figure 21-23
UT 4-5, chiesa e cimitero, foto dopo l'esecuzione dei lavori di consolidamento



Figure 24-26
UT 4, chiesa, foto dopo l'esecuzione dei lavori di consolidamento del portale verso il presbiterio

Il progetto di valorizzazione
The valorisation project



Il modello Parchi Val di Cornia, è stato studiato e riprodotto anche in altri siti ed è stato di esempio per la formazione di nuove aree di tutela. Quando nasce, oggi è solo parzialmente com'era all'origine, prevedeva l'interazione tra siti archeologici, aree naturalistiche e beni monumentali. Nel rispetto delle singole autonomie ma con un piano di gestione e valorizzazione condiviso.

Gli interventi di restauro di Rocca San Silvestro, fino ad ora esplicitati, sono serviti a consolidare quanto negli anni è stato fatto e a renderlo fruibile nella sua interezza.

A completamento del progetto di restauro è stato sviluppato il progetto di valorizzazione. Questo ha previsto il ripristino di tutti i camminamenti presenti, l'ampliamento, tramite l'inserimento di nuove passerelle, del percorso di visita e l'illuminazione del sito.

I nuovi percorsi sono stati realizzati utilizzando tecniche e materiali (tubi tipo innocenti, legno e ferro) già utilizzati in situ per diverse strutture già esistenti.

Nel sito non era presente alcun tipo di illuminazione né di impiantistica elettrica. Quindi è stato realizzato un impianto ex novo che permettesse ai visitatori di fruire del sito anche di notte.

Infine sono state sviluppate delle ipotesi di interventi di valorizzazione studiati insieme agli studenti del Dipartimento di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze e quelli di Ingegneria Edile-Architettura dell'Università degli Studi di Pavia. Gli studenti si sono confrontati su due temi: la realizzazione della segnaletica interna al sito e la realizzazione di modelli digitali per la fruizione del sito in remoto.

The Val di Cornia Parks model has also been studied and reproduced on other sites and has been an example for the formation of new protection areas. When it was created, today it is only partially as it was originally, it provided for the interaction between archaeological sites, naturalistic areas and monumental heritage, respecting the autonomy of each but with shared management and a plan for enhancement.

The restoration of Rocca San Silvestro, so far explained, served to consolidate what had been done over the years and to make it usable in its entirety.

To complete the restoration project, the enhancement project was developed. This included the restoration of all the walkways present, the expansion, through the inclusion of new walkways, of the visit route and the lighting of the site.

The new routes were made using techniques and materials (innocent type pipes, wood and iron) already used in situ for several existing structures.

There was no lighting or electrical system on site. A new system was built that would allow visitors to use the site even at night.

Finally, hypotheses of enhancement interventions studied together with the students of the Department of Architecture of the University of Florence and those of Building Engineering-Architecture of the University of Pavia were developed. The students discussed two themes: the creation of signage inside the site and the creation of digital models for the use of the site remotely.



Expansion of the visit routes

The continuous influx of tourists and scholars in the archaeological area of Rocca San Silvestro and the lack of a systematic maintenance plan caused the deterioration of the structures that allowed a safe use of the site. For this reason, some visit routes were closed, substantially reducing the areas that could be visited. Originally a ring visit route was planned, which from the entrance of the site, climbed up to the stately area and then descended towards the industrial area. From there, passing through the craft and residential area you returned to the main entrance. The staircase that connects the stately area to the industrial area was built from scratch and does not retrace any existing connection. This for some time was no longer usable because the blocks with which the steps had been made were disconnected and the lack of parapets did not allow a safe visit. Also the wooden elements of the structures in innocent pipes were in a poor state of preservation. Before the restoration work, the visiting area was substantially reduced.

The first works so as to restore the tourist route involved the extraordinary maintenance of the walkways in innocent type pipes with the replacement of 20% of the planks, treatment to make it resistant to atmospheric agents, the assembly of plastic joint covers and the arrangement of the 5x5 cm fall net railings. To expand the visit route it was

Ampliamento dei percorsi di visita

Il continuo afflusso di turisti e studiosi nell'area archeologica di Rocca San Silvestro e la mancanza di un piano di manutenzione sistematico hanno causato il deterioramento delle strutture che permettevano una fruizione in sicurezza del sito. Per questo motivo alcuni percorsi di visita sono stati chiusi, riducendo sostanzialmente le zone visitabili. Originariamente era stato progettato un percorso di visita ad anello, che dall'ingresso del sito, saliva fino all'area signorile per poi ridiscendere verso la zona industriale. Da lì passando per l'area artigianale e residenziale si torna all'ingresso principale. La scala che collega l'area signorile all'area industriale è stata realizzata ex novo e non ripercorre alcun collegamento già esistente. Questa da diverso tempo risultava non più transitabile in quanto i blocchi con cui erano stati realizzati gli scalini erano sconnessi e la mancanza dei parapetti non permetteva una visita in sicurezza. In cattivo stato di conservazione risultavano anche gli elementi lignei delle strutture in tubi innocenti. Prima degli interventi di restauro l'area di visita era sostanzialmente ridotta.

I primi lavori per ripristinare il percorso turistico hanno interessato la manutenzione straordinaria delle passerelle in tubi tipo innocenti con la sostituzione del 20% del tavolato, il trattamento per renderlo resistente agli agenti atmosferici, il montaggio di coprigiunti in

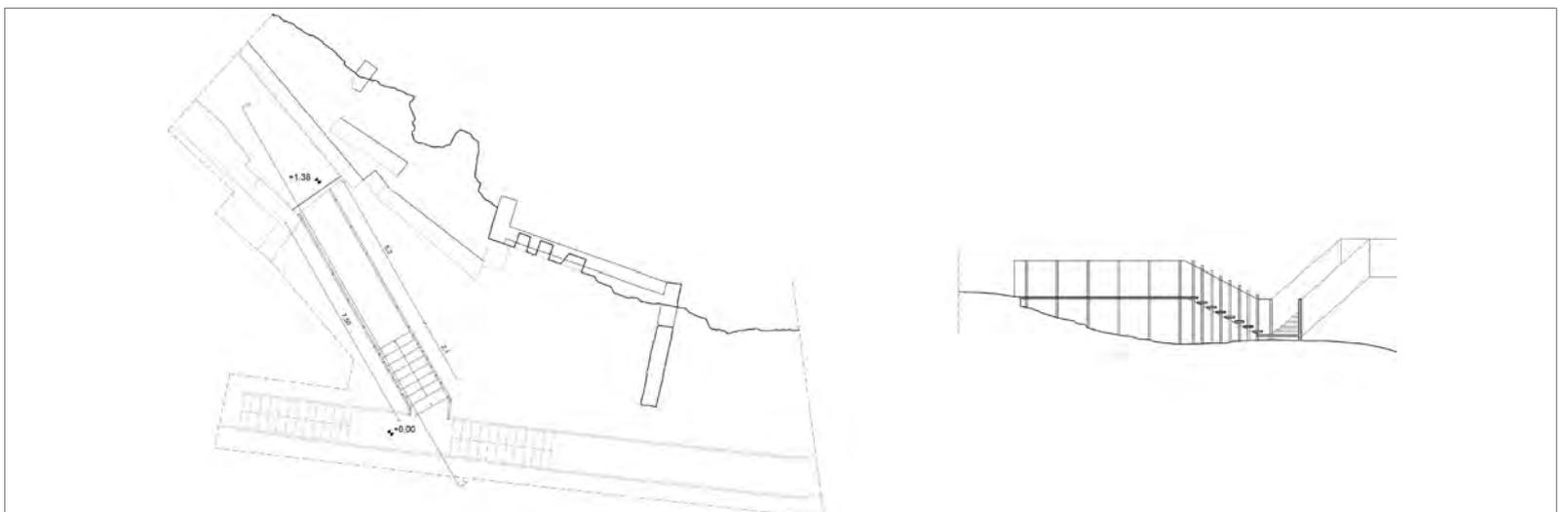
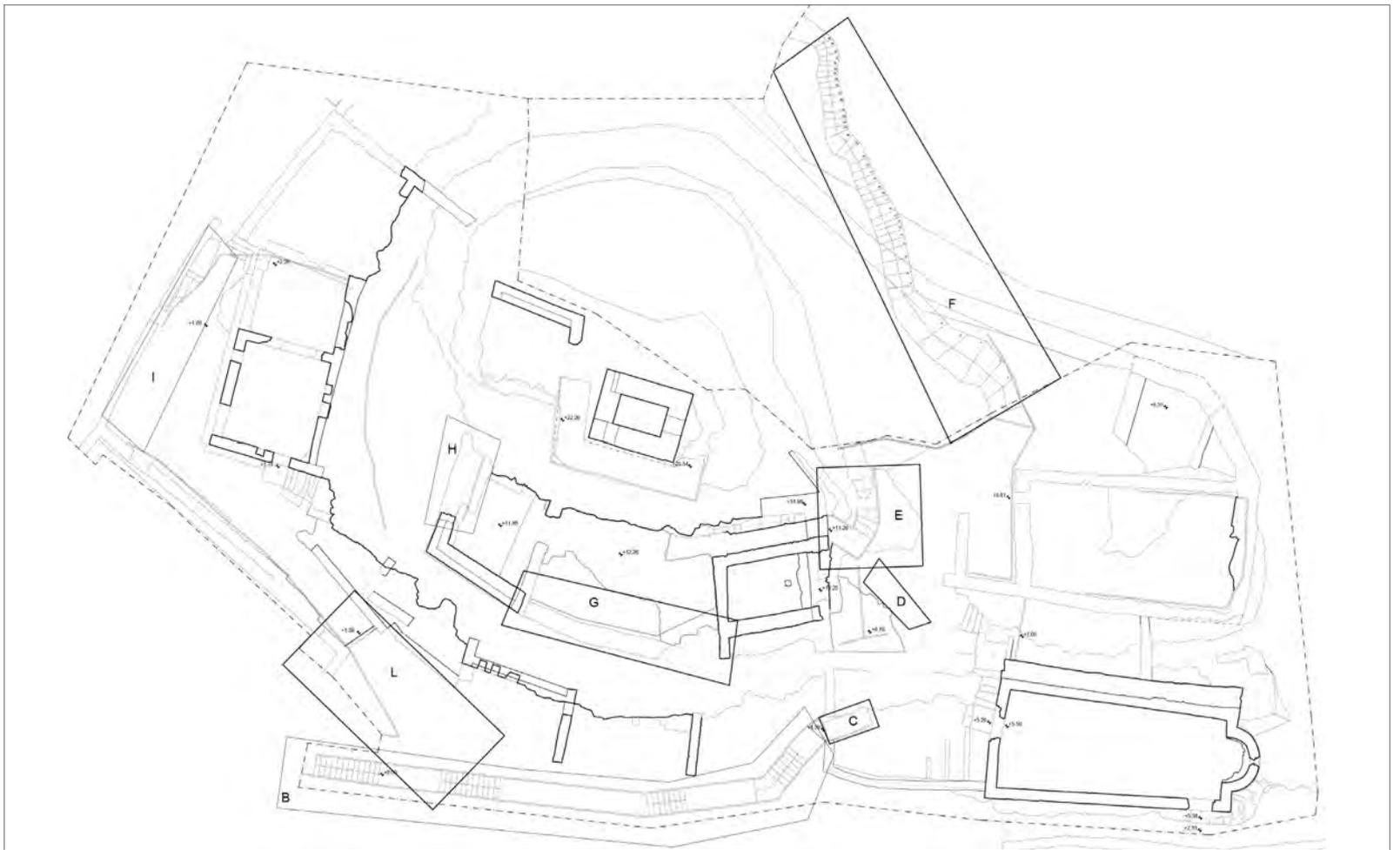


Figura 1
 Planimetria I lotto - Individuazione delle aree di ampliamento dei percorsi

Figura 2
 Progetto per la realizzazione della passerella tra UT 6 e UT 7

Figura 3
Planimetria generale del borgo di Rocca San Silvestro
Individuazione dei percorsi di visita prima e dopo i lavori di restauro

Legenda

-  Percorso di visita prima dei lavori di restauro
-  Percorso di visita dopo i lavori di restauro

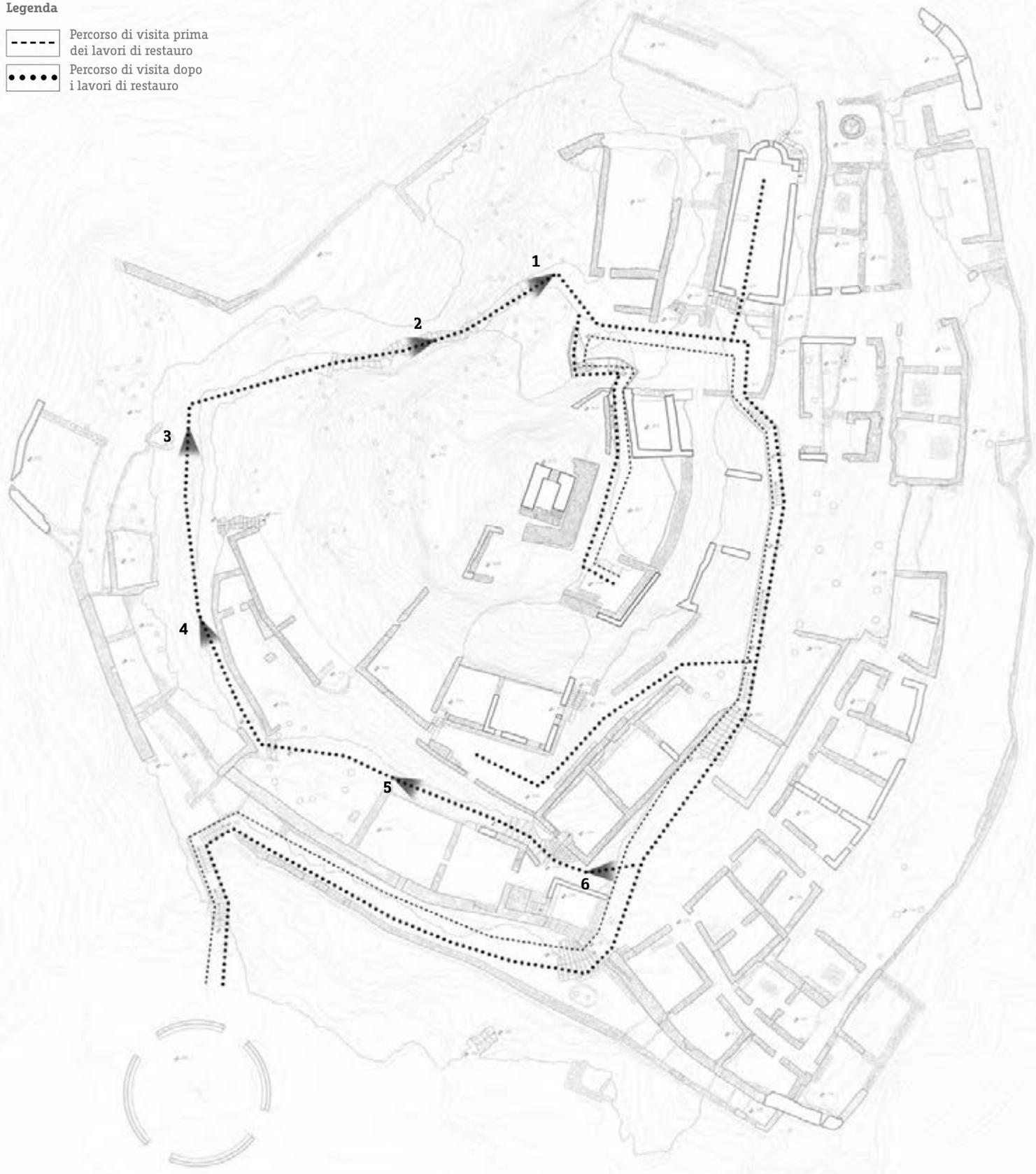




Figure 3-4 - Viste dell'ampliamento del percorso di visita
Figure 5-6 - Viste dell'ampliamento del percorso di visita
Figure 7-8 - Viste dell'ampliamento del percorso di visita

necessary to create a new walkway, always in innocent type pipes and wood, to give access to UT7. As part of the interventions on the walkways, the intervention at the small access bridge to the cemetery is also to be evaluated, where the total replacement of the plank and the treatment to make it resistant to atmospheric agents was planned. It was also planned to replace the two wooden parapets with those in iron and rope used in other areas of the archaeological area.

The interventions described above were carried out on the walkways, stairs and fences where there was no possibility of falling from significant heights.

In the portions of fences where it was possible to fall from significant heights, we intervened by inserting, between the uprights, "X" elements in steel cables anchored to rings grafted into the poles in innocent type pipes.

To recreate the ring path, the restoration of the stairs connecting to the industrial area was of fundamental importance. These presented numerous critical issues due to the lack of mortar in the joints, the deficiencies favored the infiltration of meteoric water that, on the one hand, reduced the mechanical capabilities of the mortar, on the other favoured the development of weed infestation. The elimination of weed vegetation and the careful cleaning of the surfaces were the first technical operations put in place. These operations made it possible to highlight: the presence of stone elements that, although not bound, were still in their original position and the numerous absences of floor blocks. Before proceeding with the reintegration and cementation of the steps, it was necessary to clean the stairs with a brush and with a jet of clean water at low pressure, to provide the surviving mortar and the surfaces of the materials with the necessary saturation and moistening, essential to prevent them from absorbing the water of the new mortar by affecting its grip. The cementification of the steps and the addition of any gaps in the binder was obtained using modern mortars, suitable in composition and colour with those originally put in place. The grouting was carefully done,

plastica e la sistemazione sulle ringhiere di rete anticaduta 5x5 cm. Per ampliare il percorso di visita è stato necessario realizzare una nuova passerella, sempre in tubi tipo innocenti e legno, per dare accesso all'UT7. Nell'ambito degli interventi sulle passerelle è da valutarsi anche l'intervento al piccolo ponte di accesso al cimitero, dove è prevista la totale sostituzione del tavolato e il trattamento per renderlo resistente agli agenti atmosferici. È prevista inoltre, la sostituzione dei due parapetti in legno con quelli in ferro e corda utilizzata in altre zone dell'area archeologica.

Gli interventi sopra descritti sono stati messi in opera nelle passerelle, nelle scale e nelle recinzioni dove non sussisteva la possibilità di cadere da altezze rilevanti.

Nelle porzioni di recinzioni dove invece è possibile cadere da altezze significative si è intervenuti inserendo, tra i montanti, degli elementi ad "X" in cavi di acciaio ancorati ad anelli innestati nei pali in tubi tipo innocenti.

Per ricomporre il percorso ad anello è stato di fondamentale importanza il restauro delle scale di collegamento all'area industriale. Queste presentavano numerose criticità dovute alla mancanza di malta nei giunti, le mancanze hanno favorito le infiltrazioni d'acqua meteoriche che hanno, da una parte, ridotto le capacità meccaniche delle malte di allettamento, dall'altra hanno favorito lo sviluppo della vegetazione infestante.

L'eliminazione della vegetazione infestante e la pulitura accurata delle superfici sono state le prime operazioni tecniche messe in opera. Queste operazioni hanno permesso di evidenziare: la presenza di elementi lapidei che, sebbene non vincolati, erano ancora nella loro posizione originaria e le numerose assenze di blocchi pavimentali. Prima di procedere al reintegro e alla cementazione degli scalini è stato necessario ripassare le scale con una spazzola e con un getto d'acqua pulita a bassa pressione, per fornire alla malta superstite e alle superfici dei materiali la necessaria saturazione e l'inumidimento,

essenziale per evitare che assorbano l'acqua della nuova malta pregiudicandone la presa. La cementificazione degli scalini e le integrazioni di eventuali lacune nel legante si è ottenuta utilizzando malte moderne, idonee per composizione e colore a quelle originariamente messe in opera. La stuccatura è avvenuta in modo attento, creando un piano obliquo che permetta un controllo del deflusso delle acque. Per il reintegro degli scalini si sono utilizzati materiali tipologicamente idonei e recuperati in loco.

Per rendere nuovamente accessibile l'area industriale, oltre al restauro della scala è stato previsto la realizzazione di un nuovo parapetto realizzato in tubi tipo innocenti, ancorato sotto la scala, messo in opera durante il consolidamento degli scalini. Il parapetto è stato realizzato con montanti alti 150cm e due traverse per ogni campata. Per metterlo in sicurezza sono state inserite delle "X" in tubolare e una rete anti-caduta di 5x5cm.

Per indirizzare il percorso dei visitatori dell'UT7, area che prima dell'intervento non era aperta al pubblico ed evitare l'accesso alla cisterna e il calpestio della pavimentazione del cortile tra l'UT3 e l'UT2 sono state realizzate delle recinzioni in ferro e corda utilizzata già in altre zone dell'area archeologica. Il paletto in ferro ad aderenza migliorata da armatura è alto 115 cm fuori terra e per 35 cm incassato nel terreno per un totale di 150cm e diametro 25 millimetri. Alla barra sono stati saldati tre anelli (uno ogni 40 cm) di spessore 5mm con diametro di 55mm. La corda in canapa di 30 mm è servita a chiudere gli spazi tra i vari paletti. Questo sistema è da valutare come un dissuasore per evitare che i fruitori vadano in aree pericolose o che necessitano di una tutela maggiore.

creating an oblique plane allowing flow of water. Typologically suitable materials were used and recovered on site for the reintegration of the steps. To make the industrial area accessible again, in addition to the restoration of the staircase, the construction of a new parapet made of innocent type pipes, anchored under the staircase, was put in place during the consolidation of the steps. The parapet was made with uprights 150cm high and two crossbars for each span. To make it safe, tubular "Xs" and a 5x5cm fall protection net was inserted.

To intervene on the UT7 path for visitors, an area that was not open to the public before intervention, and to avoid access to the cistern and the trampling of the flooring of the courtyard between UT3 and UT2, iron and rope fences were placed, already in use in other areas of the archaeological area. The iron stake with enhanced adhesion by armour reaches 115 cm above ground level and 35 cm recessed into the ground totaling 150cm with a 25 millimeter diameter. Three rings (one every 40 cm) with a thickness of 55mm were welded to the bar. The 30 mm hemp rope served to close the gaps between the various stakes. This system is to be evaluated as a bollard to prevent users from going to dangerous areas or areas that need greater protection.

The lighting project

The site of Rocca San Silvestro was not equipped with an electrical system, the area for some events had been illuminated with generators. The need to illuminate the fortress arises from the need to make it visitable and usable even in the evening. The site, located near the Maremma coast, in the summer season is extremely hot and does not present shady areas making it difficult to use in the hottest hours. Illuminating the hamlet expands the cultural offer of an entire territory by integrating with the more playful-seaside that takes place during the day. Three different types of lighting were designed for Rocca San Silvestro. The first serves to bring users from the parking lot at Villa Lanzi to the entrance of the archaeological area.



This one made with simple lighting fixtures positioned 30 cm from the ground serves to secure the access path to the fortress. The environmental impact of this lighting system is minimal, the low voltages of the lamps and their location does not interfere with the naturalistic and faunal aspects that affect the area. The second lighting system is very similar to the first, lamps identical to those present on the access path to the area, have been installed along the parapets to outline the visit routes within the archaeological site, allowing users to travel the entire visit ring safely. Also in this case the impact that the lighting has on the natural context is practically irrelevant; this type of system is "readable" only and exclusively when you are in the immediate vicinity of the area. A third has been integrated into these lighting systems, made with professional lighting fixtures serving to make Rocca San Silvestro visible even from points at a considerable distance including the coast of nearby San Vincenzo. In this case the lights have been equipped with a dimming system (light intensity regulator) that depending on the events taking place on the site can be adjusted to create the right environment. If the first two plants allow a discreet use of the site this, if poorly used, can distort the reading of the area and the context in which it is located, becoming an element of criticality, a source of light pollution.

Il progetto di illuminazione

Il sito di Rocca San Silvestro non era provvisto di un impianto elettrico, l'area per alcuni eventi era stata illuminata con dei generatori. La necessità di illuminare la rocca nasce dall'esigenza di renderla visitabile e fruibile anche la sera. Il sito, posto in prossimità della costa maremmana, nella stagione estiva è estremamente caldo e non presentando zone ombrose risulta di difficile fruizione nelle ore più calde. Illuminando il borgo si amplia l'offerta culturale di un intero territorio integrandosi a quella più ludico-balneare che si svolge nelle ore diurne. Per Rocca San Silvestro sono stati progettati tre diversi tipi di illuminazione. La prima serve a portare i fruitori dal parcheggio posto a villa Lanzi fino all'ingresso dell'area archeologica. Questa realizzata con dei semplici corpi illuminanti posizionati a 30 cm da terra serve a rendere sicuro il percorso di accesso alla rocca. L'impatto ambientale di questo sistema di illuminazione è minimo, il basso voltaggio delle lampade e la loro posizione non interferisce con gli aspetti naturalistici e faunistici che interessano l'area. Il secondo sistema di illuminazione è molto simile al primo, lampade uguali a quelle presenti sul percorso di accesso all'area, sono state installate lungo i parapetti a delineare i percorsi di visita all'interno del sito archeologico. Permettendo ai fruitori di percorrere l'intero anello di visita in sicurezza. Anche in questo caso l'impatto che l'illuminazione ha sul contesto naturale



Figura 1
Vista satellitare dell'area con individuazione del percorso di visita da illuminare tra Villa Lanzi e Rocca San Silvestro



Figure 2-5
Foto dopo i lavori di messa in opera del sistema di illuminazione
tra Villa Lanzi e Rocca San Silvestro


Legenda

	Luci lungo la cinta muraria		Luci in prossimità delle aree residenziali		Luci area signorile		Luci area chiesa e cimitero
---	-----------------------------	---	--	---	---------------------	---	-----------------------------

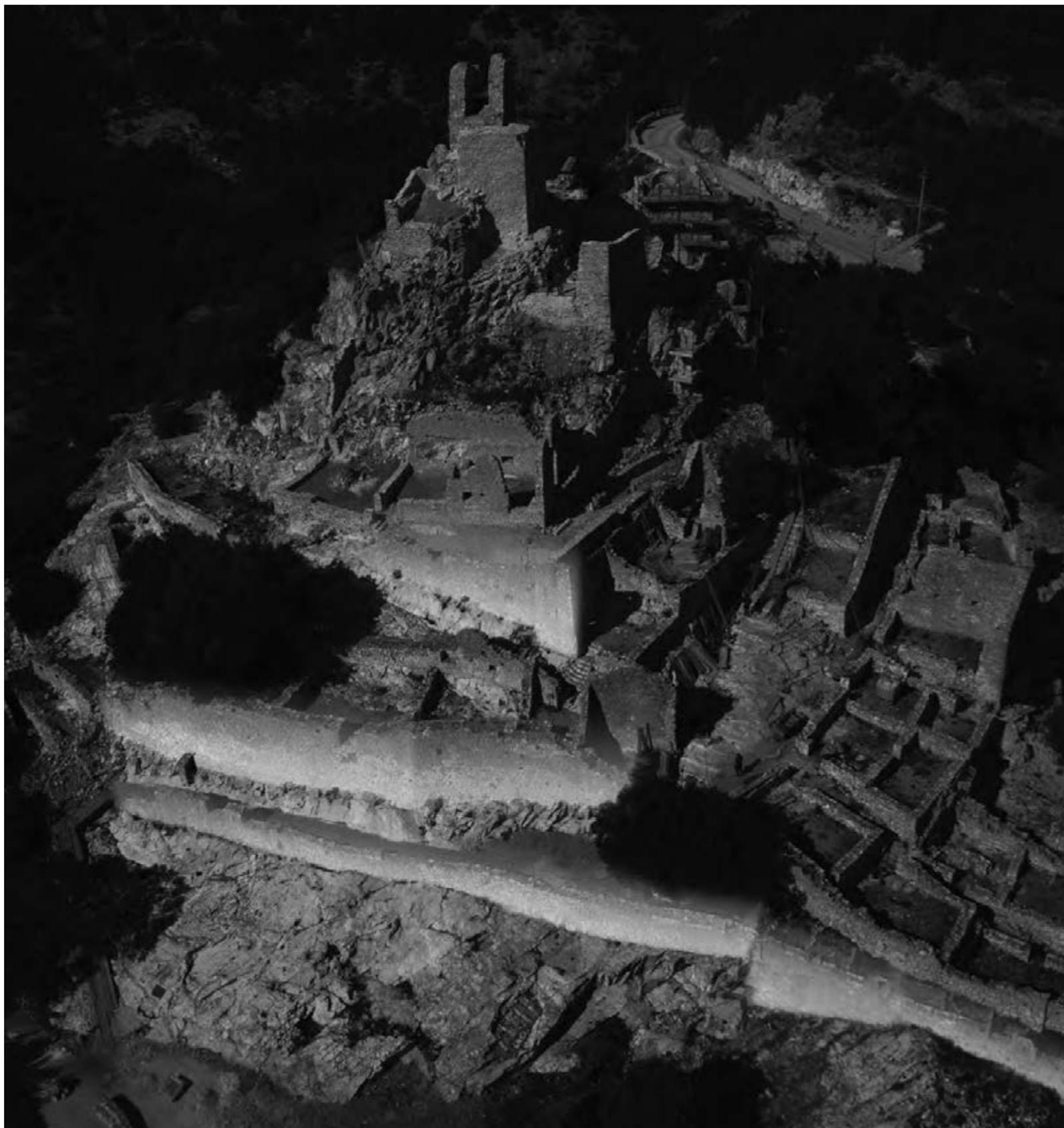
Figura 6

Planimetria generale del borgo di Rocca San Silvestro con individuazione delle aree del borgo di Rocca San Silvestro da illuminare

è praticamente irrilevante, questo tipo di impianto è “leggibile” solo ed esclusivamente quando si è nelle immediate vicinanze dell’area. A questi sistemi di illuminazione ne è stato integrato un terzo, questo realizzato con corpi illuminanti professionali serve a rendere visibile Rocca San Silvestro anche da punti a notevole distanza compreso il litorale della vicina San Vincenzo. In questo caso le luci sono state dotate di un sistema di dimmeraggio (regolatore dell’intensità luminosa) che a seconda degli eventi che si svolgono nel sito è possibile regolare per creare le giuste ambientazioni. Se i primi due impianti permettono una fruizione discreta del sito questa, se male utilizzata, può distorcere la lettura dell’area e del contesto in cui essa si trova diventando un elemento di criticità, fonte di inquinamento luminoso.

Signage and signage for new accessibility

There is a limited signage in the archaeological area of Rocca San Silvestro. The site needs an adequate "coordinated image" project. This should include not only the drafting of all the graphic aspects for the creation of a single communicative language, but also the study of posters and related information to be included along the visit route. During the teaching experience between the Florentine and Pavia universities, some communication project hypotheses were developed. The preliminary work was the critical reading of the area with the identification of points in which to insert the supports that will serve as a "base" for the information you want to give. The display stands are designed in iron, respecting the history of the site, with a double element reminiscent of the tower located at the top of the hamlet. The double height of the reading planes allows even the little ones to read the basic information that serves to use the site. For the explanatory boards we have thought of a double level of information,



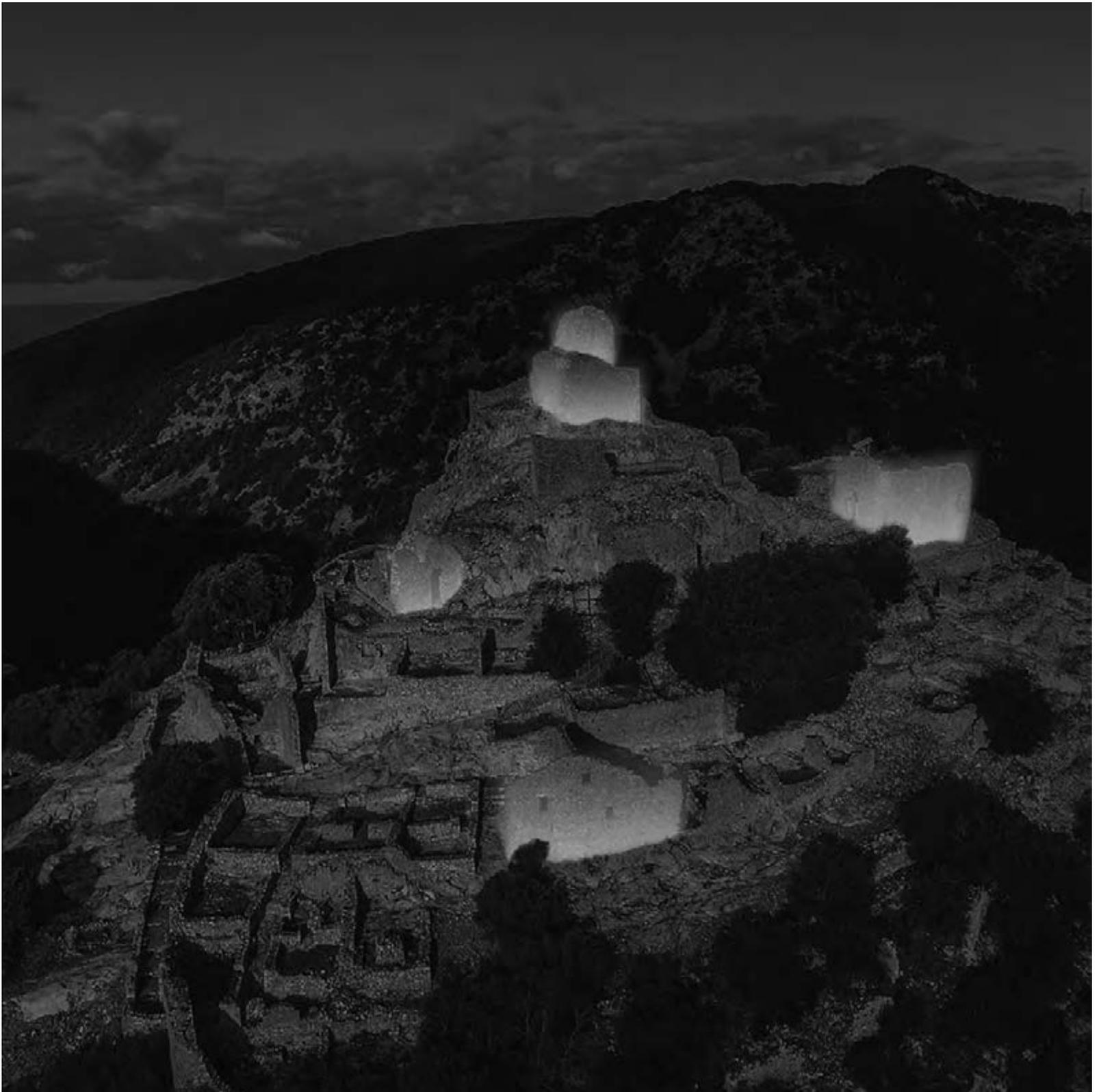


Figura 7
Rocca San Silvestro, elementi architettonici da illuminare, ipotesi di progetto

Figura 8
Rocca San Silvestro, elementi architettonici da illuminare, ipotesi di progetto



Figura 9
Rocca San Silvestro, Foto dopo i lavori di messa in opera del sistema di illuminazione



Figura 10
Rocca San Silvestro, Foto dopo i lavori di messa in opera del sistema di illuminazione



the first written directly on the charts that provide essential information, then a QR-code allows you to connect to an internet page that acts as an in-depth analysis. This digital mode also allows you to constantly update the data by entering what constantly emerges from new study campaigns on the fortress.

Remote use of the archaeological area

The site of Rocca San Silvestro, due to its geo-morphological characteristics, is difficult to visit by users with reduced mobility, stairs and ramps do not allow access to the area. In addition, it should be understood that Rocca San Silvestro is one of the elements of a very complex and articulated system that sees within it the presence of archaeological areas of different nature, natural and landscape sites distant from each other and museums scattered throughout the territory. These two reflections have led to some evaluations on the need to allow the differently abled and those who are inside museums and information points of the Val di Cornia Parks system to be able to use the site even without physically reaching it.

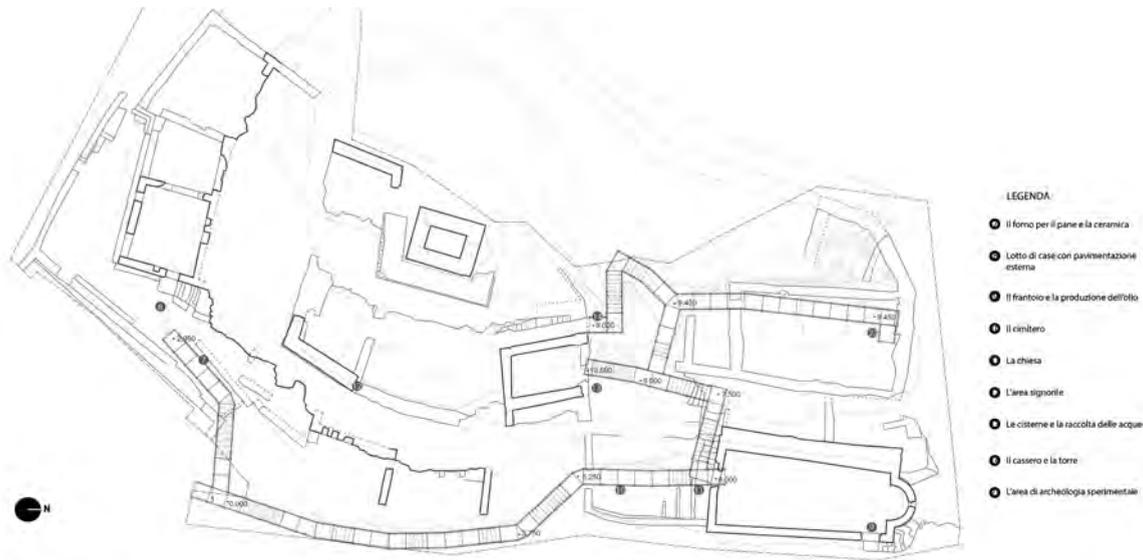
With this in mind and on the basis of the survey and rich photographic results produced, a three-dimensional model of the site was created which, thanks to the help of modern technology, was used for the creation of orbital photos that allow an immersive visit of the place. These will be accessible from the stations located in strategic

Cartellonistica e segnaletica per una nuova accessibilità

Nell'area archeologica di Rocca San Silvestro è presente una limitata cartellonistica e segnaletica, il sito necessita di un adeguato progetto di "immagine coordinata". Questo dovrebbe prevedere non solo la redazione di tutti gli aspetti grafici per la realizzazione di un unico linguaggio di comunicazione, ma anche lo studio della cartellonistica e delle relative informazioni da inserire lungo il percorso di visita.

Durante l'esperienza didattica tra l'ateneo fiorentino e quello pavese sono state sviluppate alcune ipotesi di progetto di comunicazione.

Il lavoro preliminare alla progettazione dei sostegni è stata la lettura critica dell'area con l'individuazione dei punti in cui inserire i supporti che serviranno come "base" per le informazioni che si desidera dare. Gli espositori sono pensati in ferro, nel rispetto della storia del sito, con un doppio elemento che ricorda la torre posta nella parte sommitale dell'urbano. La doppia altezza dei piani di lettura permette anche ai più piccoli di avere quelle informazioni basilari che servono a fruire il sito. Per i tabelloni esplicativi si è pensato ad un doppio livello di informazioni, la prima scritta direttamente sulle tabelle che fornisce le informazioni essenziali, poi un QRcode permette di collegarsi ad una pagina internet che funge da approfondimento. Questa modalità digitale permette anche di aggiornare costantemente i dati inserendo quanto costantemente emerge dalle nuove campagne di studio che interessano la rocca.



- LEGENDA:
- 1 Il forno per il pane e la ceramica
 - 2 Lotto di case con pavimentazione esterna
 - 3 Il frantoio e la produzione dell'olio
 - 4 Il cimitero
 - 5 La chiesa
 - 6 L'area signorile
 - 7 Le cisterne e la raccolta delle acque
 - 8 Il cassero e la torre
 - 9 L'area di archeologia sperimentale



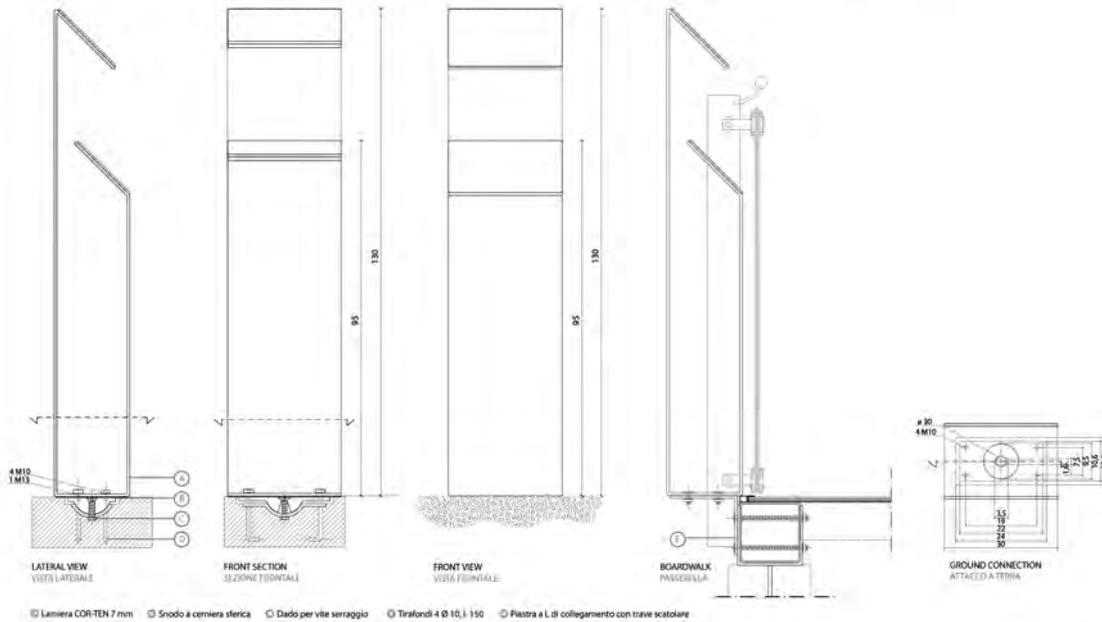
VIEW OVER THE TOWER



VIEW OVER THE CHURCH



VIEW OVER THE STAIRCASE NEAR THE FURNACE



- 1 Lamiera COR-TEN 7 mm
- 2 Snodo a cerniera sferica
- 3 Dado per vite serraggio
- 4 Tirafondi 4 Ø 10, l. 150
- 5 Piastra a L di collegamento con trave sciolitore

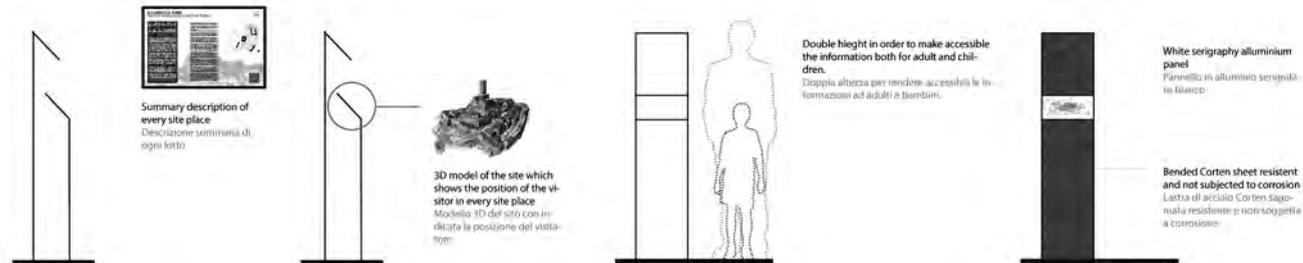


Figura 1
Idea di progetto per la nuova cartellonistica



points (museums and / or information points) present within the heritage sites managed by the park. Also for this type of visit a ring route has been created that echoes the one enjoyed by visitors in presence.

The important studies on the site developed by numerous research groups in the thirty years of activity have also allowed us to create a three-dimensional model with reconstructive hypotheses, aimed at making the visitor understand what the hamlet looked like in the period of its maximum expansion before abandonment. Also in this case the visit route echoes the ring previously exposed. This visual information (especially the reconstructive hypotheses) can also be linked to the QR-codes on the explanatory panels in order to allow even those on the site to see what the hamlet looked like in antiquity.

Fruizione in remoto dell'area archeologica

Il sito di Rocca San Silvestro, per le sue caratteristiche geo-morfologiche, risulta difficilmente visitabile da utenti con mobilità ridotta, scale e rampe non permettono l'accesso all'area. Inoltre, va compreso come Rocca San Silvestro sia uno degli elementi di un sistema molto complesso e articolato che vede al suo interno la presenza di aree archeologiche di diversa natura, di siti naturali e paesaggistici distanti tra di loro e di musei sparsi sul territorio. Queste due riflessioni hanno portato a fare alcune valutazioni sulla necessità di permettere ai diversamente abili e a chi si trovi all'interno dei musei e dei punti informativi del sistema Parchi Val di Cornia di poter fruire il sito anche senza raggiungerlo fisicamente.

In questa ottica e sulla base del rilievo e del ricco apparato fotografico prodotto è stato realizzato un modello tridimensionale del sito che grazie all'ausilio delle moderne tecnologie è stato utilizzato per la realizzazione di foto orbitali che permettono la visita immersiva del luogo. Queste saranno fruibili dalle postazioni posizionate nei punti strategici (musei e/o punti informativi) presenti all'interno del patrimonio gestito dal parco. Anche per questo tipo di visita è stato previsto un percorso ad anello che riprende pedissequamente quello fruito dai visitatori in presenza.



Immagini del modello 3D
Figura 1 - Stato di fatto del borgo di Rocca San Silvestro



Figura 2 - Ipotesi ricostruttiva del borgo di Rocca San Silvestro

Gli importanti studi sul sito sviluppati da numerosi gruppi di ricerca nei trent'anni di attività hanno permesso di realizzare anche un modello tridimensionale con delle ipotesi ricostruttive. Volto a far comprendere al visitatore come si presentava l'abitato nel periodo della sua massima espansione prima dell'abbandono. Anche in questo caso il percorso di visita ricalca quello ad anello precedentemente esposto. Queste informazioni visive (soprattutto le ipotesi ricostruttive) possono essere collegate anche ai QRcode presenti sui pannelli esplicativi in maniera da permettere anche a chi è sul sito di vedere come si presentava l'abitato nell'antichità.



Figura 3
Rocca San Silvestro, planimetria virtual tour, stato di fatto



Figura 4
Rocca San Silvestro, planimetria virtual tour, ipotesi ricostruttiva



Figura 5 Immagine panoramica dello stato di fatto del borgo di Rocca San Silvestro



Figura 6 Immagine panoramica dello stato di fatto del borgo di Rocca San Silvestro



Figura 7 Immagine panoramica dello stato di fatto del borgo di Rocca San Silvestro



Figura 8 Immagine panoramica dell'ipotesi ricostruttiva del borgo di Rocca San Silvestro



Figura 9 Immagine panoramica dell'ipotesi ricostruttiva del borgo di Rocca San Silvestro



Figura 10 Immagine panoramica dell'ipotesi ricostruttiva del borgo di Rocca San Silvestro

Appendice
Appendix



**IL RESTAURO DEI PALINSESTI MURARI:
TECNICHE DI CONSOLIDAMENTO ALLA PROVA DEL TEMPO**
THE RESTORATION OF PALIMPSEST WALLS: CONSOLIDATION TECHNIQUES THAT
STAND THE TEST OF TIME

Francesco Pisani
Università degli Studi di Firenze
francesco.pisani@unifi.it

L'intervento di consolidamento delle murature, messo a punto per il sito archeologico di Rocca San Silvestro, è parte di un più ampio progetto di conservazione e valorizzazione, che ha visto un approccio multidisciplinare allo studio del bene. Studio che ha preso avvio da un progetto preliminare di conoscenza che è premessa essenziale per qualsiasi intervento di conservazione (Arrighetti, 2017). L'integrazione tra i vari ambiti disciplinari, che comprendono la ricerca archeologica, l'analisi geologica, il rilievo morfometrico, la diagnostica fino ad arrivare alla caratterizzazione dei materiali, ha avuto una ricaduta diretta anche sull'intervento di consolidamento delle murature. Si è potuta fare quell'analisi critica che ha permesso di mettere a punto una serie di interventi sulle strutture murarie. In particolare, l'analisi dei dissesti unita alla caratterizzazione dei materiali ha permesso: l'individuazione delle zone soggette ad un maggior rischio strutturale, e la messa a punto di appropriate strategie operative, con la possibilità di impiegare i materiali più idonei. Tra di essi si ricordano le malte appositamente confezionate per essere altamente compatibili con il manufatto.

Tenuto conto che nelle murature a doppio paramento in pietrame, come quelle impiegate nel castello di Rocca San Silvestro, le malte hanno un ruolo molto importante nella resistenza meccanica, limitarne il degrado diventa una priorità progettuale. Pertanto si è agito sulla mitigazione delle principali fonti dell'indebolimento strutturale delle murature, in particolare l'azione dell'acqua, che, sotto forma di precipitazioni meteoriche e di umidità di risalita, causa la disgregazione e il dilavamento delle malte. Quindi sono stati creati sia sistemi drenanti che di regimentazione delle acque superficiali ed in particolare di

The work carried out for the consolidation of walls, perfected on the architectural site of Rocca San Silvestro, is part of a more extensive conservation and valorization project that saw a multidisciplinary approach to the study of the structure. The study started with a preliminary plan to acquire knowledge, which is the key to any conservation work (Arrighetti, 2017). The coming together of different disciplines, which include archeological research, geological study, morphometric survey, diagnostics, and extend as far as the characterization of the materials, has also had a direct impact on the consolidation work on walls. We were able to elaborate a critical analysis that allowed us to develop a series of interventions to be carried out on the walls. In particular, the analysis of the instability together with the characterization of the materials has allowed for: the detection of areas that were most at risk of structural damage; and the devising of appropriate work strategies, with the possibility of using materials that are best suited to the task, for example, mortar that is specially packaged to be highly compatible with the structure.

We must bear in mind that in double face stone walls, like the one built for the castle of Rocca San Silvestro, the mortar has a very important role in the mechanical resistance; limiting the deterioration is a definite priority. We, therefore, worked to mitigate the principal reasons for the structural deterioration of the walls, in particular the effect of water, which, both rainfall and rising damp, causes the disintegration and the washing away of the mortar. Thus, both drainage and regimenting systems for surface water, and in particular for rainwater, were created. In addition, we

Figura 1
Gazwin, Iran, moschea del
Venerdì, interno della cupola
(APPS 1972)



prevented the penetration of water inside the wall structure by repointing the wall joints and sealing the crests, as well as remoulding the two, making it easier for rainwater to slide off externally. Grouting the joints deep inside with mortar has, in addition, allowed us to restore the structural continuity of the more external parts of the wall, which had been lost given the progressive erosion of the joints. The intervention was not only limited to the external sections; we wanted to restore cohesion and continuity to the entire wall structure by injecting or “casting” specially characterized mortar inside the walls. In addition to these interventions, where the analysis of the deformations and of the particular situation of the cracks made it necessary, we proceeded to insert rebars or reinforced concrete injections. These interventions are, for the most part, aimed to block the occurrence of extroflexion, in the structure, whether pre-existing or in progress. The consolidation work that

quelle piovane. Inoltre, si è impedita la penetrazione dell’acqua battente all’interno della massa muraria, con la ristilatura dei giunti e la sigillatura delle creste murarie, oltreché una risagomatura di quest’ultime che facilita l’evacuazione della pioggia verso l’esterno.

La stuccatura in profondità dei giunti di malta, inoltre, ha permesso di ripristinare sulle parti più esterne della muratura la continuità strutturale, venuta meno con la progressiva erosione dei giunti stessi. L’intervento non si è limitato solo alle parti esterne, ma si è voluto ridare coesione e continuità all’intera massa muraria, con l’iniezione o “colatura” all’interno delle murature di malte appositamente caratterizzate. In aggiunta a questi interventi, dove l’analisi delle deformazioni e del particolare quadro fessurativo l’ha reso necessario, è stato predisposto l’inserimento di chiodature o iniezioni armate. Questi interventi sono volti a bloccare soprattutto quei meccanismi di estroflexione dei paramenti, detti anche spanciamenti, già esistenti o in atto.

L'intervento di consolidamento sulle murature attuato a Rocca San Silvestro vede l'applicazione di metodologie operative già impiegate precedentemente in molti altri casi. Questi metodi sono stati sperimentati e via via messi a punto dalla seconda metà del secolo scorso (Rocchi, 2003). La loro validità ed efficacia viene condivisa tutt'oggi dagli operatori del settore, valutandola alla luce dell'ampio arco temporale di monitoraggio, e tenendo conto delle opportune considerazioni critiche, fatte sia nell'ottica di una maggiore compatibilità dei materiali che del minimo intervento. (Ruschi, 1996; Musso, 2003).

L'operatività adottata sulle strutture di Rocca San Silvestro ha molte affinità con il progetto di restauro di Piero Sanpaolesi eseguito sulla moschea del Venerdì di Gazvin in Iran negli anni Settanta del secolo scorso (Pietramellara, 1981; Pisani, 2020). Questo monumento persiano al momento dell'intervento di Sanpaolesi manifestava diversi dissesti strutturali e sin dall'inizio le maggiori preoccupazioni erano date dalle lesioni presenti sulle murature, in particolare quelle che sostengono la grande cupola che copre la sala di preghiera del corpo meridionale del complesso (fig. 1, 2, 3). La progettazione dell'intervento di consolidamento, allora come oggi, ha previsto una fase preliminare di attento studio critico e il rilievo di tutto il manufatto e del suo intorno¹ (che oggi chiamiamo percorso della conoscenza). È emerso come una forte presenza di umidità all'interno delle murature abbia indebolito le malte (fig. 4), e di conseguenza alla base delle murature più sollecitate, i giunti di malta hanno subito, nel corso degli anni, uno schiacciamento che al momento del cantiere si era fermato ad uno spessore di 1,8 cm, cioè la dimensione della ghiaia contenuta nella malta stessa². Per eliminare l'umidità che "impregnava" le murature degradando, Sanpaolesi ha fatto scavare un ampio scannafosso (fig. 5) che le isolasse dal terreno circostante e che contestualmente irragimentasse

was carried out on the walls of Rocca San Silvestro saw the application of methodologies that had already been employed previously in other cases. These methods were experimented and have progressively been perfected since the second half of the past century (Rocchi, 2003). Their validity and effectiveness are still acknowledged by operators in the field who assess the method based on numerous years of monitoring, and by taking into account opportune critical considerations, made both in view of a greater compatibility of the materials and minimum intervention (Ruschi, 1996; Musso, 2003). The operativity adopted for Rocca San Silvestro has many things in common with Piero Sanpaolesi's restoration project, which was carried out on the Friday Mosque of Isfahan in Iran in the 1970s (Pietramallara, 1981; Pisani, 2020). This Persian monument presented, at the time of the Sanpaolesi restoration, numerous structural problems; and from the very start, the main concerns regarded the cracks in the walls, in particular those which support the dome and cover the prayer hall of the southern body of the complex (fig. 1, 2, 3). The project regarding the consolidation, then like today, involved a preliminary phase that included a critical study and survey of the entire structure and the surrounding area (which today we call path of knowledge). Results showed that the presence of moisture inside the walls had weakened the mortar (fig. 4); subsequently, at the base of those walls under the most stress, the mortar joints had undergone, in the course of the years, compression, which had reached, at the time of the consolidation work, a density of 1.8 cm, that is, the size of the gravel contained in the mortar itself. To eliminate the moisture that had "soaked" the walls and weakened them, Sanpaolesi had a wide drain built (fig. 5) to isolate them from the surrounding earth and which would then control the flow of surface water. In addition, he waterproofed the coping to keep rainwater from filtering inside the walls. In order to contain the horizontal thrusts, which had caused large cracks in the dome, he inserted reinforced concrete tie-beams. Before and

¹ Archivio Privato Piero Sanpaolesi (APPS), *Restauri Iran 2, Qazvin, 1 Qazvin rapporti*, Situazione generale s.d.

² APPS, *Restauri Iran 2, Qazvin, 1 Qazvin rapporti*, Lavori di restauro alla moschea del venerdì di Gazvin, relazione n° 1, giugno-settembre 1975.



Figura 2
Gazwin, Iran, moschea del Venerdì, fronte meridionale (APPS 1972)



Figura 3
Gazwin, Iran, moschea del Venerdì, esterno della cupola (APPS 1972)

during their insertion, a series of consolidation interventions were carried out on the walls (similar to those carried out at Rocca San Silvestro). Once they had established that the upper part of the walls had been damaged, in such a way that the entire wall was curved, an overall cementation of the whole wall was carried out using the “concrete pour” technique. In order to do this, long holes of 2 cm in diameter were drilled obliquely, between the bricks, and the grouting was carried out using earth mortar. To keep the wall from bowing out, “nails” were connected to the tie-rods. These ties were placed using two methods: on the upper part, they were connected using “anchors” in reinforced concrete, which were lodged in the wall; while in the lower part of the wall, oblique iron rods were inserted for a better grip by sinking them into the cement through the pour holes. Once these consolidation works were carried out, the cracks were repaired using the crack-stitch method. This brief comparison of the two methods used for the consolidation

lo scorrimento delle acque superficiali³. Inoltre, ha predisposto l'impermeabilizzazione delle coperture per fermare l'infiltrazione delle acque piovane all'interno delle murature⁴. Al fine di contenere le spinte orizzontali della cupola, che avevano portato alla manifestazione di ampie lesioni, ha inserito nello spessore della muratura dei tiranti in cemento armato. Prima e contestualmente al loro inserimento sono stati eseguiti una serie di interventi di consolidamento delle murature sottostanti (analoghi a quelli fatti a Rocca San Silvestro). Constatato che le murature erano dissestate “in senso rotatorio” nella parte superiore in maniera tale che tutta la muratura ha assunto una deformazione arcuata, è stata eseguita una cementazione generale di tutta la muratura con la tecnica dei “coli di cemento”. A tale scopo sono stati eseguiti dei lunghi fori del diametro di 2 cm leggermente obliqui, fra le connessioni di mattoni, eseguendo le stuccature

³ APPS, *Restauri Iran 2, Qazvin, 1 Qazvin rapporti*, Gazvin, Ordibehešt 2535, Lavori di restauro alla moschea del venerdì, relazione n° 1, (aprile 21-maggio 21).

⁴ *Ibidem*.



Figura 4
Gazwin, Iran, moschea del Venerdì, muro sul cotile esterno (APPS 1972)

provvisorie sui paramenti con malta di terra. Per impedire il ribaltamento verso l'esterno della muratura sono stati inseriti dei “chiodi” o passantini collegati al cordolo. Questi collegamenti sono stati eseguiti secondo due modalità, nella parte superiore sono stati predisposti dei “ganci” in C.A. creandone l'opportuno alloggiamento, mentre nella parte inferiore sono state inserite staffe oblique in “tondino di ferro” ad aderenza migliorata, affogandole nel cemento riutilizzando i fori dei coli. Una volta eseguiti questi lavori di consolidamento, si è provveduto a risarcire le lesioni con la tecnica del cucì scuci.

Questa breve comparazione tra due interventi compiuti a più di quarant'anni di distanza, volti al consolidamento delle murature antiche, mette in luce una continuità metodologica che è pienamente condivisa dalla comunità scientifica. Questa prevede oggi come allora uno studio preliminare del manufatto, portato avanti con una sempre maggior interazione tra le varie discipline, attraverso il quale comprendere la fabbrica. Per poi proseguire alla luce di un'analisi critica di detti studi, con l'individuazione delle criticità del manufatto, come

of ancient walls, at a distance of more than forty years one from the other, highlights the continuity of the method, which is fully acknowledged by the scientific community. It calls for, today as it did then, a preliminary study of the structure, carried out with a more and more engaged exchange between the diverse fields to better understand the construction. In light of this critical analysis, we must then proceed to determine the critical issues, for example, to determine the causes of the deterioration. The method then terminates with the planning of the interventions to be carried out, and the perfecting of the operative techniques to be applied. Unlike in the past, today we have a great advantage, because we can profit from interventions that have already been carried out, which, if viewed correctly, help make operations more effective, even when choosing new techniques that technological advancement has placed at our disposal.

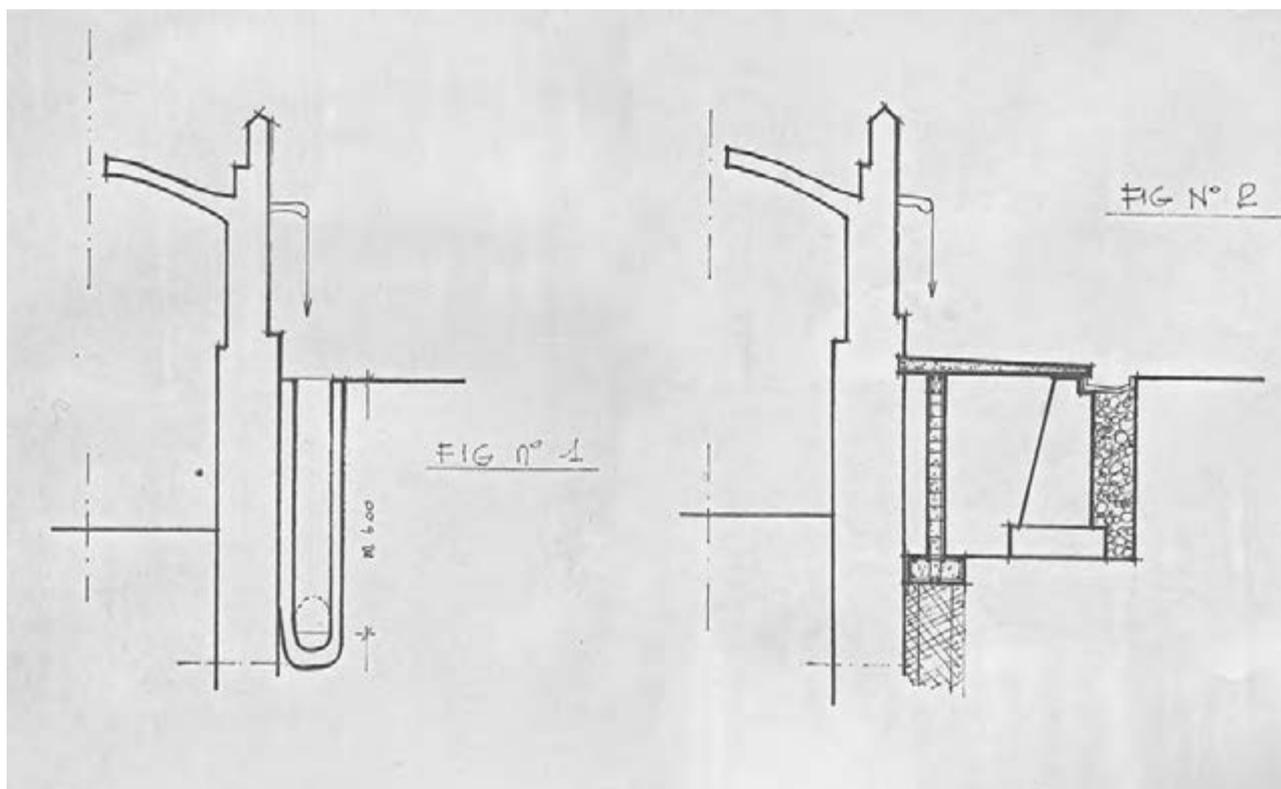


Figura 5

Gazwin, Iran, moschea del Venerdì, sezioni di dettaglio dello stato 'di fatto' e 'di progetto' per la costruzione dello scannafosso (APPS, Restauri Iran 2, Qazvin, 1 Qazvin rapporti)

l'individuazione delle cause di degrado. Il metodo si conclude con la progettazione degli interventi da attuare, e la messa a punto delle tecniche operative da impiegare. Oggi rispetto al passato possiamo far tesoro delle esperienze già compiute, che se lette nella giusta ottica, aiutano l'operatività dei contemporanei anche nella scelta delle nuove tecniche che il progresso tecnologico ci mette oggi a disposizione.

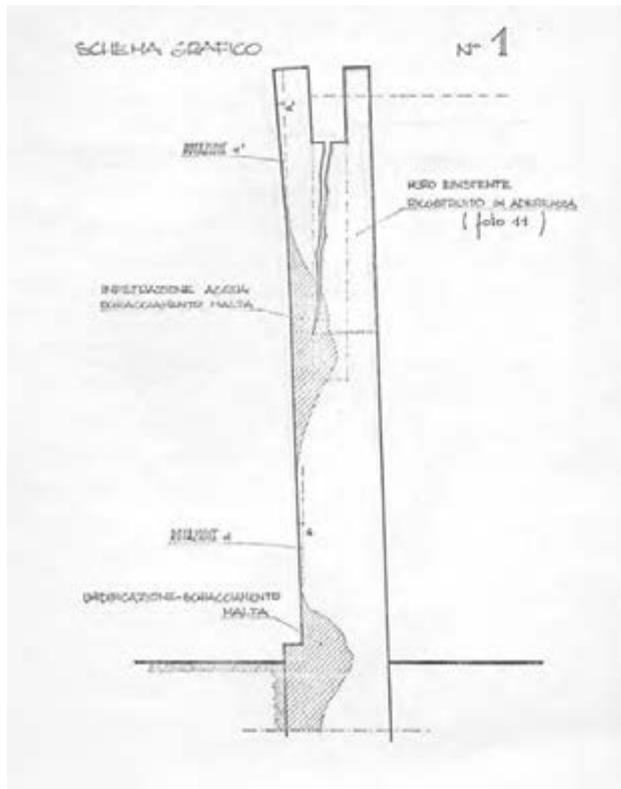


Figura 6
Gazwin, Iran, moschea del Venerdì, schema grafico che illustra i dissesti della muratura sotto la cupola, (APPS, Restauri Iran 2, Qazvin, 1 Qazvin rapporti)

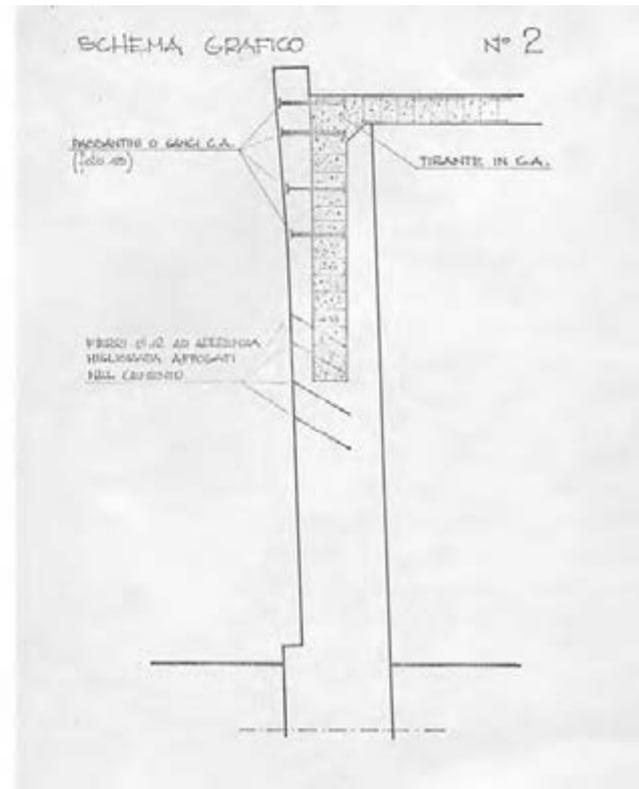


Figura 7
Gazwin, Iran, moschea del Venerdì, schema grafico che illustra gli interventi di consolidamento della muratura sotto la cupola, (APPS, Restauri Iran 2, Qazvin, 1 Qazvin rapporti)

Bibliografia Bibliography

Arrighetti A. 2017, *Rocca San Silvestro: archeologia per il restauro*, DIDA Press, Firenze.

Ruschi P. 1996, *Gli Interventi di conservazione su strutture ed elementi costruttivi*, in G. Carbonara (a cura di), *Trattato di restauro architettonico*, UTET, Torino, pp. 385-393.

Rocchi P. (a cura di) 2003, *Trattato sul consolidamento*, Mancosu, Roma.

Musso S. 2003, *Consolidamento e rinforzi*, in P. Torsello, S. Musso (a cura di), *Tecniche di restauro*, UTET, Torino

Pisani F. 2020, *L'activité de restauration de Piero Sanpaolesi au Moyen-Orient, quelques exemples pour mieux comprendre et protéger l'architecture méditerranéenne*, in S. Mecca et al, (a cura di), *Recueil des résumés*, DIDA Press <<https://www.ripamintermediatefi2020.com/recueil-des-r%C3%89sum%C3%89s-1>>.

Pietramellara C. 1981, *Alcune schede sull'attività restaurativa di Piero Sanpaolesi*, in F. Gurrieri (a cura di), *Piero Sanpaolesi: il restauro, dai principi alle tecniche*, VI Assemblea Generale ICOMOS, Firenze maggio 1981, Giorgi e Gambi, Firenze.



Borgo murato di origine antica, che acquisì particolare rilievo nel Medioevo, la genesi di Rocca San Silvestro si ancora ai giacimenti di rame e piombo argentifero, formando con le strutture ruderizzate un insieme omogeneo di materia minerale e naturale¹. Un castello minerario integrato in un paesaggio culturale dove archeologia, architettura, geologia, vegetazione s'incontrano nella caratterizzazione del sistema. Con la posizione elevata a una quota di oltre trecento metri su uno sperone roccioso del Monte Rombolo, Rocca San Silvestro, domina un mosaico territoriale caratterizzato dal parco archeominerario, aree naturalistiche di notevole impatto tra le Valli dei Lanzi e del Temperino, come il Parco forestale di Poggio Neri² e il Parco naturale di Montioni³, dove s'insinuano le "lacune" costituite da cave di calcare, alcune dismesse. Il processo di ricognizione archeologica che ha portato a riscoprire il tessuto dell'insediamento minerario antico, ha implementato l'attrattività di un turismo ancora sostenibile in termini

The genesis of Rocca San Silvestro, Village of ancient origin, which acquired particular importance in the Middle Ages, is linked to the deposits of copper and silver lead, forming with the ruderized structures a homogeneous set of mineral and natural material¹. A mining castle integrated in a cultural landscape where archaeology, architecture, geology, vegetation meet in the characterization of the system.

Rocca San Silvestro, at an altitude of over three hundred meters on a rocky spur of Mount Rombolo, dominates a territorial mosaic characterized by the archaeological and mining park, natural areas of considerable impact between the Valleys of the Lanzi and Temperino, such as the Poggio Neri Forest Park² and the Montioni Nature Park³, where the

¹ R. FRANCOVICH (a cura di) 1991, *Rocca San Silvestro*, Ilva, Roma, pp. 9-141; R. FRANCOVICH, C. WHICKH 1994, *Uno scavo archeologico ed il problema dello sviluppo della signoria territoriale: Rocca San Silvestro e i rapporti di produzione minerari*, "Archeologia Medievale", 21, pp. 7-30.

² Il Parco forestale di Poggio Neri comprende circa 700 ettari di foresta collinare, dominata da lecci e castagni. Offre molteplici opportunità di svago per chi ama le attività all'aria aperta dal trekking, al turismo equestre, fino al cicloturismo. Lungo i sentieri si trovano punti attrezzati per soste e pic-nic e nel Museo del Bosco è possibile ripercorrere le difficili condizioni di vita dei carbonai tramite l'osservazione di una fedele ricostruzione appositamente realizzata nei pressi di un seccatoio dismesso. <https://www.parchivaldicornia.it/>

³ «Esteso per circa 7000 ettari tra la Valle del Cornia e del Pecora in un territorio compreso tra le province di Livorno e Grosseto, il Parco naturale di Montioni include due riserve naturali statali: la Marsiliana (440 ettari) e Poggio Tre Cancelli (100 ettari). Queste colline, coperte da boschi soprattutto di leccio, costituiscono un paesaggio vegetale strettamente legato all'azione dell'uomo, in particolare alla produzione del carbone e al taglio del bosco. Nel cuore del parco ulteriori segni dell'uomo emergono dai resti delle cave di allume (utilizzato per la concia delle pelli e per il fissaggio dei colori sui tessuti) e da quelli del villaggio minerario di epoca napoleonica voluto da Elisa Bonaparte Baciocchi, sorella di Napoleone». <https://www.parchivaldicornia.it/>

¹ Francovich R. (a cura di) 1991, *Rocca San Silvestro*, Ilva, Roma, pp. 9-141; Francovich R., Whickh C. 1994, *Uno scavo archeologico ed il problema dello sviluppo della signoria territoriale: Rocca San Silvestro e i rapporti di produzione minerari*, "Archeologia Medievale", 21, pp. 7-30.

² The forest park of Poggio Neri includes about 700 hectares of hilly forest, dominated by oaks and chestnut trees. It offers many opportunities for recreation for those who love outdoor activities from trekking, equestrian tourism, to cycling. Along the paths there are equipped points for stops and picnics and in the Museum of the Wood it is possible to retrace the difficult conditions of life of charcoal burners through the observation of a faithful reconstruction appositamente realized near a disused dryer. <https://www.parchivaldicornia.it/>

³ «The Montioni Nature Park covers about 7000 hectares between the Valle del Cornia and Valle del Pecora in an area between the provinces of Livorno and Grosseto. The Montioni Nature Park includes two state nature reserves: Marsiliana (440 hectares) and Poggio Tre Cancelli (100 hectares). These hills, covered by oak woods, are a vegetable landscape closely linked to the action of man, in particular the production of coal and the cutting of the forest. In the heart of the park further signs of man emerge from the remains of alum quarries (used for the tanning of hides and for the fixing of colors on the fabrics) and from those of the mining village of the Napoleonic era wanted

"gaps" formed by limestone quarries creep in, some abandoned.

The archaeological reconnaissance process that has led to rediscover the fabric of the ancient mining settlement, has implemented the attractiveness of tourism still sustainable in terms of flows and quality, intended, however, to increase due to the network of communication that includes the area among the Global Geoparks, but especially due to the proximity of the seaside resorts and spas and the network of small hill towns such as Sassetta, Suvereto, Campiglia Marittima, of historical and cultural interest.

There are some working hypotheses to mend this landscape mosaic that start from the macro-territorial knowledge developed by the Tuscany Region in the context of the PIT Area metalliferous hills and Elba Island⁴. A research hypothesis that, starting from the analysis of the landscape complexity of the area, comes to hypothesize guidelines for the conservation and enhancement of the micro-territory of Rocca San Silvestro. This, taking into account the social actors who benefit from it and, in particular, the phenomenon of tourism in view of the further expansion of the offer⁵.

The context

The hinterland of the macro area "Metalliferous Hills and Elba" is dense with evidence of mining activity in the context of that «surprising phenomenon of the reunion of many beauties such as the many vapors, the abundance of boric acid, the immense quantity of thermal waters, of metallic seams, of vetrioli, of sulfur, of lignites, of marbles» described by

by Elisa Bonaparte Baciocchi, sister of Napoleon». <https://www.parchivaldicornia.it/>

⁴ PIT 16

⁵ On the phenomenon of sustainable tourism, reference is made to the extensive bibliography, limiting ourselves here to recalling the results of some recent research on the subject. Among them are: Braga A. 2015, *Sviluppo del turismo sostenibile. Cambiamenti sociali e acquisizione di competenze*, Ediesse, Roma; Cetorelli G., Guido M. R. (a cura di) 2017, *Il patrimonio culturale per tutti. Fruibilità, riconoscibilità, accessibilità*, "Quaderni della Valorizzazione", Nuova serie, n. 4, Direzione generale Musei MIBAC; Angelini A., Giurrandino E. 2019, *Risorse culturali, ambientali e turismo sostenibile*, Francoangeli.

di flussi e qualità, destinato tuttavia ad aumentare in ragione della rete di comunicazione che inserisce l'area tra i Global Geoparks, ma soprattutto per la prossimità delle stazioni balneari e termali e la rete di piccoli centri collinari come Sassetta, Suvereto, Campiglia Marittima, di richiamo storico-culturale.

Per ricucire questo mosaico paesaggistico si avviano alcune ipotesi di lavoro che partono dal quadro conoscitivo macroterritoriale elaborato dalla Regione Toscana nel contesto del PIT, Area colline metallifere e Isola d'Elba⁴. Un'ipotesi di ricerca che dall'analisi della complessità paesaggistica dell'area giunga a ipotizzare linee-guida per una conservazione e valorizzazione del microterritorio di Rocca San Silvestro. Ciò, tenendo conto degli attori sociali che ne fruiscono e, in particolare, del fenomeno turistico in previsione degli ulteriori ampliamenti dell'offerta⁵.

Il contesto

L'entroterra della macro area "Colline metallifere ed Elba" è denso di testimonianze dell'attività mineraria nel contesto di quel «sorprendente fenomeno della riunione di tante bellezze quali sono i tanti vapori, l'abbondanza dell'acido bórico, la quantità immensa di mofete, di acque termali, di filoni metallici, di vetrioli, di zolfo, di ligniti, di marmi», descritto da Giovanni Targioni Tozzetti nella sua *Relazione d'alcuni viaggi in Toscana*: «[...] non solo San Silvestro coi resti del villaggio e le gallerie ipogee percorribili, rappresenta un importante giacimento minerario antico, anche i parchi di Montioni con le cave d'allume e di Poggio Neri e la 'via del carbone' ammantati di lecci e castagni ne testimoniano la continuità nel tempo e nello spazio». Di

⁴ PIT 16.

⁵ Sul fenomeno del turismo sostenibile si rimanda alla vasta bibliografia, limitandoci qui a richiamare gli esiti di alcune recenti ricerche sul tema. Tra queste: A. BRAGA, *Sviluppo del turismo sostenibile. Cambiamenti sociali e acquisizione di competenze*, Ediesse, Roma 2015; G. CETORELLI, M. R. GUIDO (a cura di), *Il patrimonio culturale per tutti. Fruibilità, riconoscibilità, accessibilità*, "Quaderni della Valorizzazione", Nuova serie, n. 4, Direzione generale Musei MIBAC 2017; A. ANGELINI, E. GIURRANDINO, *Risorse culturali, ambientali e turismo sostenibile*, Francoangeli 2019.

questo fenomeno da conto ancora la relazione del PIT⁶: «I sistemi carsici e rocciosi del Monte Calvi di Campiglia, Poggi di Prata, Cornate e Fosini, gli ambienti minerari e ipogei (San Silvestro di Campiglia e Montioni), i significativi fenomeni geotermici con campi di lava e fumarole (Monterotondo Marittimo), il lago boracifero, le importanti testimonianze storiche delle attività minerarie (Colline Metallifere, Gavorrano, San Silvestro, Montioni) e le caratteristiche “biancane” completano l’insieme degli elementi e delle strutture complesse di particolare pregio, determinanti per il mantenimento e la riproduzione dei caratteri fondativi del paesaggio di collina».⁷

La posizione elevata della rocca consente spaccati panoramici di notevole impatto paesaggistico, con aree densamente boschive che si alternano lembi rarefatti di bosco mediterraneo interrotte, a tratti, dalle spianate di calcare di cava. Le aree boschive collinari degradano verso la fascia costiera che trova continuità nelle aree pianeggianti, bonificate e rese agricole in età moderna, con vasti complessi agricoli attraversati dagli ecosistemi fluviali (Cornia, Pecora e Bruna).

Criticità

Da una prima osservazione in panoramica si notano gli addensamenti boschivi e la presenza di radure, con vegetazione mediterranea, tuttavia con tratti evidenti di inselvaticimento che mostrano un assetto in vari punti abbandonato e non gestito con il rischio di compromettere le funzioni di tutela del suolo. Un dato significativo è la presenza diffusa di *Ailanthus altissima*, una specie pioniera che tende a colonizzare ambienti senza vita crescendo in condizioni avverse, anche in suoli poco profondi e poveri di sostanze nutritive, fino a diventare invasiva, inibendo la crescita e lo sviluppo di piante autoctone. In questo contesto s’inseriscono anche i segni di più recenti attività estrattive che rappresentano vere e proprie lacune ecosistemiche, tema centrale di ritessitura paesaggistica. Le aree boschive sono interrotte da cave

Giovanni Targioni Tozzetti in his Report of some travels in Tuscany. «[...] San Silvestro represents, not only with the remains of the village and the passable underground tunnels, an important ancient mineral deposit. Even the parks of Montioni with the alum quarries and Poggio Neri and the 'Via del Carbone' cloaked with holm oaks and chestnut trees, testify to its continuity in time and space».

The PIT report considers this phenomenon⁶ «The karst and rocky systems of Monte Calvi di Campiglia, Poggi di Prata, Cornate and Fosini, the mining and hypogean environments (San Silvestro di Campiglia and Montioni), the significant geothermal phenomena with lava fields and fumaroles (Monterotondo Marittimo), the boracifero lake, important historical evidence of mining activities (Colline Metallifere, Gavorrano, San Silvestro, Montioni) and the "biancane" characteristics, complete the set of complex elements and structures of particular value, determining the maintenance and reproduction of the founding characteristics of the hilly landscape»⁷. The high position of the fortress allows panoramic splits of considerable impact on the landscape, with densely wooded areas alternating rarefied strips of Mediterranean forest interrupted, at times, by limestone quarries. The hilly wooded areas slope towards the coastal strip that finds continuity in the flat areas, reclaimed and agricultural yields in the modern age, with vast agricultural complexes crossed by river ecosystems (Cornia, Pecora and Bruna).

Criticality

From a first observation in panoramic view we note the thicknesses of the woods and the presence of clearings, with Mediterranean vegetation, but with evident features of insecticidation that show an arrangement in various points abandoned and not managed with the risk of compromise I would like to thank the rapporteur for his report.

A significant fact is the widespread presence of *Ailanthus altissima*, a pioneer species that tends to colonize lifeless environments growing in adverse

⁶ PIT 16, p. 18.

⁷ PIT cit., p. 19.

⁶ PIT 16, p. 18

⁷ PIT, p. 19

conditions, even in shallow soils and poor in nutrients, until it becomes invasive, inhibiting the growth and development of native plants. In this context are also inserted the signs of the most recent trade activities that represent real ecosystemic gaps, the central theme of landscaping. The wooded areas are interrupted by quarries of inert or stone materials, abandoned or active extractive sites such as the Cava Solvay San Carlo that plastically reveals the path of cultivation with multiple steps with vertical walls⁸. The fragility of the natural ecosystem and the desire to preserve a heritage rich in memory and environmental values, from the point of view of tourist accessibility, calls for initiatives aimed at mitigating the human impact, promoting sustainable tourism, in terms of cultural awareness, other than quantitative coastal zone exploitation tourism⁹. In this regard, the context of proximity to the fortress of San Silvestro and the historic mining system is characterized by reception areas (Foresteria Ville Lanzi¹⁰,

di materiali inerti o lapidei, siti estrattivi abbandonati o attivi come la Cava Solvay San Carlo che rivela plasticamente il tracciato della coltivazione a gradoni multipli con pareti verticali.⁸

Dal punto di vista della fruibilità turistica, la fragilità dell'ecosistema naturale e la volontà di conservare un patrimonio denso di valori di memoria e di ambiente, postula iniziative rivolte a mitigare l'impatto antropico, favorendo un turismo sostenibile, in termini di consapevolezza culturale, diverso dal turismo quantitativo di sfruttamento delle zone costiere⁹. A tale proposito, il contesto di prossimità della rocca di San Silvestro e del sistema minerario storico è caratterizzato da aree di accoglienza (Foresteria Ville Lanzi¹⁰, Ostello Gowett¹¹, Centro di documentazione Villa Lanzi) che richiedono interventi di riqualificazione delle strutture e del loro intorno.

⁸ On the quarry there is a mining plan with an environmental mitigation project. On the project, see: Solvay Chimica Italiana S.p.a. Cava di calcare San Carlo. Comune di San Vincenzo. *Pianificazione dell'attività estrattiva. Cinque soluzioni. Relazione introduttiva*, https://maps3.ldpgis.it/sanvincenzo/sites/sanvincenzo/files/solvay/relazione_introduttiva.pdf

⁹ On mining tourism, see: Patané A., Sisti R., Lasco A. (a cura di) 2020, *Viaggio nell'Italia Mineraria/National's Network of Parks and Mining Museums Journey To Mining Italy* a cura dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). See also: <http://portalesgi.isprambiente.it/en/La-Rete-Nazionale-dei-Parchi-e-dei-Musei-minerari>.

¹⁰ Lanzi Valley, is today the center of collection and conservation of documentation relating to studies, research and projects concerning the territory of the Val di Cornia, with particular reference to the system of parks. The building, built in the mid-sixteenth century on behalf of Cosimo I De' Medici, as housing for miners of Germanic origin, is part of the recovery of mining activities in Maremma following the conquest of Siena and Massa which became one of the cornerstones for the control of Maremma. On the extractive activity in Maremma, see: Galgani G. 1973, *Duemila anni di storia in Maremma: da Biserno a Torre S. Vincenzo*, Livorno; I. Tognarini, *La questione del ferro nella Toscana del XVI secolo*, in L. Rombai (a cura di) 1980, *I Medici e lo stato senese 1555- 1609. Storia e territorio*, Roma, p. 239-261; Farinelli R. 2009, *L'avvio delle iniziative granducali per la coltivazione dell'allume a Massa Marittima*, in *Mélanges de l'école française de Rome. Moyen-Age*, t. 121, n°1, pp. 69-82; Mori G. 1958, *L'estrazione di*

⁸ Sulla cava insiste un piano estrattivo con un progetto di mitigazione di impatto ambientale. Sul progetto, si veda: Solvay Chimica Italiana S.p.a. Cava di calcare San Carlo. Comune di San Vincenzo. *Pianificazione dell'attività estrattiva. Cinque soluzioni. Relazione introduttiva*, https://maps3.ldpgis.it/sanvincenzo/sites/sanvincenzo/files/solvay/relazione_introduttiva.pdf

⁹ Sul turismo minerario, si veda: A.Patané, R.Sisti, A.Lasco (a cura di) 2020, *Viaggio nell'Italia Mineraria/National's Network of Parks and Mining Museums Journey To Mining Italy* a cura dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA). Si veda inoltre: <http://portalesgi.isprambiente.it/en/La-Rete-Nazionale-dei-Parchi-e-dei-Musei-minerari>.

¹⁰ L'edificio "Villa Lanzi", a fianco dell'Ostello di Palazzo Gowett nell'area di Valle Lanzi, è oggi il centro di raccolta e conservazione della documentazione relativa agli studi, alle ricerche e ai progetti riguardanti il territorio della Val di Cornia, con particolare riferimento al sistema dei Parchi. L'edificio, realizzato alla metà del XVI secolo per conto di Cosimo I De' Medici, come alloggio per i minatori di origine germanica, s' inserisce nel quadro della ripresa delle attività estrattive in Maremma a seguito della conquista di Siena e di Massa che divenne uno dei caposaldi per il controllo della Maremma. Sull' attività estrattiva in Maremma, si veda: G. GALGANI 1973, *Duemila anni di storia in Maremma: da Biserno a Torre S. Vincenzo*, Livorno; I. Tognarini, *La questione del ferro nella Toscana del XVI secolo*, in L. Rombai (a cura di) 1980, *I Medici e lo stato senese 1555- 1609. Storia e territorio*, Roma, p. 239-261; R. FARINELLI 2009, *L'avvio delle iniziative granducali per la coltivazione dell'allume a Massa Marittima*, in *Mélanges de l'école française de Rome. Moyen-Age*, t. 121, n°1, pp. 69-82; G. MORI 1958, *L'estrazione di minerali nel Granducato di Toscana durante il periodo delle riforme (1737-1790)*, "Archivio Storico Italiano", Vol. 116, No. 3 (419), Olshchki, Firenze, pp. 322-345. Sullo specifico territorio: R. FARINELLI 2018, *Le miniere di Rocca San Silvestro nella prima età moderna. Organizzazione produttiva, cultura materiale, tecniche estrattive e metallurgiche nell'impresa di Cosimo I*, NIE, Roma.

¹¹ L'edificio di primo Novecento, già sede dell'amministrazione inglese delle miniere della Val di Cornia è stato adibito a ostello con una capacità ricettiva di un centinaio di posti letto.



Figura 1
Vista aerea del borgo di Rocca San Silvestro (Foto di Guido Cozzi)



Figura 2
Rocca San Silvestro, chiesa (foto di Sara Marchini)

Ipotesi di lavoro

I punti di forza dell'area microterritoriale dimostrati dalla presente ricerca e le criticità sia pure sommariamente individuate impongono come strumento preliminare di gestione l'elaborazione di un *masterplan* che individui i nodi progettuali da approfondire puntualmente, tramite indagini conoscitive mirate, alla base di una progettazione coordinata, di qualità compatibile coi valori storico-ambientali del sito. Più precisamente:

1. Rocca San Silvestro. Stato di fatto, progetto di restauro e valorizzazione. In particolare, il tessuto archeologico con inserti di vegetazione all'interno e ai margini, implica un'attenta gestione del verde e della microflora selettiva, in relazione alle murature ruderizzate¹²;
2. Individuazione e schedatura delle emergenze d'importanza storica, geomorfologica, mineraria;

¹² Sulla conservazione delle strutture allo stato di rudere, si vedano i recenti contributi: *Monitoraggio e manutenzione delle aree archeologiche. Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico, degrado chimico-ambientale*, Roma-Bristol, «l'Erma» di Bretschneider, 2019, *Bibliotheca Archaeologica*, 65, pp. 253 - 257 (atti del convegno, Roma, Parco Archeologico del Colosseo, Curia Iulia, 20-21 Marzo 2019); A. UGOLINI 2020, *Dall'emergenza alla prevenzione. Archeologia preventiva e progetto di conservazione*, in *Ricerca e Restauro: Conoscenza, Progetto, Cantiere, Gestione; Sezione 5.2. Tutela, pratica, codici e norme Casistiche e interpretazioni*, Roma, Edizioni Quasar di S. Tognon srl, pp. 821 - 828. Sullo studio della vegetazione in rapporto alle murature, si veda G. CANEVA, P.E. TOMEI (a cura di) 2017, *Mi/urabilia. Un giardino verticale sulle mura di Lucca*, Gangemi, Roma.

Hostel Gowett¹¹, Documentation Center Villa Lanzi) which require redevelopment of the structures and their surroundings.

Working hypothesis

The strengths of the microterritorial area demonstrated by this research and the criticalities, summarily identified, require as a preliminary The building of the early twentieth century, already seat of the English administration of the mines of the Val di Cornia has been used as a hostel with a capacity of one hundred beds. management tool the elaboration of a masterplan that identifies the design nodes to be studied on time, through targeted cognitive investigations, at the basis of a coordinated design, quality compatible with the historical-environmental values of the site. More precisely, the following:

1. Rocca San Silvestro. State of affairs, restoration and enhancement project. In particular, the

minerali nel Granducato di Toscana durante il periodo delle riforme (1737-1790), "Archivio Storico Italiano", Vol. 116, No. 3 (419), Olschki, Firenze, pp. 322-345. Sullo specifico territorio: Farinelli R. 2018, *Le miniere di Rocca San Silvestro nella prima età moderna. Organizzazione produttiva, cultura materiale, tecniche estrattive e metallurgiche nell'impresa di Cosimo I*, NIE, Roma.

¹¹ The building of the early twentieth century, already seat of the English administration of the mines of the Val di Cornia has been used as a hostel with a capacity of one hundred beds.

archaeological fabric with inserts of vegetation inside and at the edges, implies a careful management of the green and selective microflora, in relation to the ruderized masonry¹²;

2. Identification and scheduling of emergencies of historical, geomorphological and mining importance;
3. Wooded areas; georeferenced file of the present species. Possibility of reforestation plan;
4. Active and non-active mining areas, with the identification of the naturalistic botanical intervention actions on the exhausted quarry fronts, interventions on fractures and niches present for spontaneous vegetation;
5. Connections between the coastal and hilly system. Analysis of road and river infrastructures and related ecosystems;
6. Reception areas, information centre and museum. Analysis of individual sections. Architectural and landscape redevelopment project;
7. Signage. Project of coordinated redesign of outdoor and indoor information.

3. Aree boschive; schedatura georeferenziata delle specie presenti.

Ipotesi di piano di rimboschimento;

4. Aree di attività estrattiva attive e non, con l'individuazione delle azioni di intervento botanico naturalistico sui fronti di cava esauriti, interventi su fratture e nicchie presenti per vegetazione spontanea;
5. Connessioni tra il sistema costiero e collinare. Analisi delle infrastrutture viarie e fluviali e relativi ecosistemi;
6. Aree di accoglienza, centro informativo e museale. Analisi dei singoli comparti. Progetto di riqualificazione architettonica e paesaggistica;
7. Segnaletica. Progetto di ridisegno coordinato delle informazioni outdoor e indoor.

¹² On the conservation of ruined structures, see recent contributions: *Monitoraggio e manutenzione delle aree archeologiche. Cambiamenti climatici, dissesto idrogeologico, degrado chimico-ambientale*, Roma-Bristol, «l'Erma» di Bretschneider, 2019, Bibliotheca Archaeologica, 65, pp. 253 - 257 (atti del convegno, Roma, Parco Archeologico del Colosseo, Curia Iulia, 20-21 Marzo 2019); Ugolini A. 2020, *Dall'emergenza alla prevenzione. Archeologia preventiva e progetto di conservazione*, in *Ricerca e Restauro: Conoscenza, Progetto, Cantiere, Gestione; Sezione 5.2. Tutela, pratica, codici e norme Casistiche e interpretazioni*, Roma, Edizioni Quasar di S. Tognon srl, pp. 821 - 828. Sullo studio della vegetazione in rapporto alle murature, si veda Caneva G., Tomei P.E. (a cura di) 2017, *M-i/u-rabilia. Un giardino verticale sulle mura di Lucca*, Gangemi, Roma.

Bibliografia Bibliography

- G. Mori 1958, *L'estrazione di minerali nel Granducato di Toscana durante il periodo delle riforme (1737-1790)*, "Archivio Storico Italiano", Vol. 116, No. 3 (419), Olschki, Firenze, pp. 322-345
- G. Galgani 1973, *Duemila anni di storia in Maremma: da Biserno a Torre S. Vincenzo*, Livorno
- I. Tognarini 1980, *La questione del ferro nella Toscana del XVI secolo*, in L. Rombai (a cura di), "I Medici e lo stato senese 1555- 1609. Storia e territorio", Roma, p. 239-261
- R. Francovich (a cura di) 1991, *Rocca San Silvestro*, Ilva, Roma, pp. 9-141
- R. Francovich, C. Whickh 1994, *Uno scavo archeologico ed il problema dello sviluppo della signoria territoriale: Rocca San Silvestro e i rapporti di produzione minerari*, "Archeologia Medievale", 21, pp. 7-30
- R. Farinelli 2009, *L'avvio delle iniziative granducali per la coltivazione dell'allume a Massa Marittima*, in "Mélanges de l'École française de Rome. Moyen-Age", t. 121, n°1. pp. 69-82
- A. Braga 2015, *Sviluppo del turismo sostenibile. Cambiamenti sociali e acquisizione di competenze*, Ediesse, Roma
- G. Caneva, P. E. Tomei (a cura di) 2017, *M-i/u-rabilia. Un giardino verticale sulle mura di Lucca*, Gangemi, Roma
- G. Cetorelli, M. R. Guido (a cura di) 2017, *Il patrimonio culturale per tutti. Fruibilità, riconoscibilità, accessibilità*, "Quaderni della Valorizzazione", Nuova serie, n. 4, Direzione generale Musei MIBAC
- R. Farinelli 2018, *Le miniere di Rocca San Silvestro nella prima età moderna. Organizzazione produttiva, cultura materiale, tecniche estrattive e metallurgiche nell'impresa di Cosimo I*, NIE, Roma
- A. Angelini 2019, E. Giurrandino, *Risorse culturali, ambientali e turismo sostenibile*, Francoangeli
- A. Patané, R. Sisti, A. Lasco (a cura di) 2020, *Viaggio nell'Italia Mineraria/National's Network of Parks and Mining Museums Journey To Mining Italy*, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA)
- A. Ugolini 2020, *Dall'emergenza alla prevenzione. Archeologia preventiva e progetto di conservazione*, in Ricerca e "Restauro: Conoscenza, Progetto, Cantiere, Gestione; Sezione 5.2. Tutela, pratica, codici e norme Casistiche e interpretazioni", Roma, Edizioni Quasar di S. Tognon srl, pp. 821 – 828.

Le discipline della rappresentazione ed in particolare quelle legate al rilievo metrico del Patrimonio costituiscono un momento di conoscenza fondamentale all'interno dei processi di analisi delle strutture, specialmente quando queste operazioni sono finalizzate alla progettazione degli interventi necessari alla conservazione del Patrimonio stesso (Bertocci S. 2018). Come hanno potuto ampiamente illustrare i contributi presenti in questo volume, per riuscire a sintetizzare tutto quell'insieme di analisi diagnostiche e archeologiche, che sono propedeutiche all'intervento di conservazione, è necessario servirsi di una ben progettata banca dati che contenga al suo interno tutte le informazioni utili alla redazione delle carte tematiche ed alla sintesi delle informazioni raccolte. Progettare e realizzare un archivio di dati, qualitativi e quantitativi, che sia utile agli operatori del processo edilizio (ed in questo caso si intende come processo edilizio, qualsiasi processo che interessa strutture architettoniche, dalla nuova costruzione, al mantenimento, al progetto di restauro e rifunzionalizzazione) è compito delle figure preposte alla documentazione ed alla rappresentazione digitale del bene in analisi. Il rilievo architettonico da questo punto di vista si configura come il primo approccio alle strutture su cui intervenire, durante il quale si riesce a conoscere l'edificio o le strutture archeologiche con il fine di realizzare uno strumento grafico che consenta di quantificare le strutture e valutarne lo stato di conservazione (Bertocci S., Parrinello S. 2017).

Da queste prime considerazioni, nonostante nello specifico tali metodologie non siano state applicate nel caso di Rocca San Silvestro per molteplici motivi, si vede chiaramente come le metodologie di gestione del processo edilizio BIM (o se vogliamo utilizzare termini

The disciplines of representation and in particular those related to the metric survey of the Heritage constitute a moment of fundamental knowledge within the analysis processes of the structures, especially when these operations are aimed at planning the interventions necessary for the conservation of the Heritage itself (Bertocci S. 2018). As the contributions present in this volume have been able to amply illustrate, in order to be able to synthesize all that set of diagnostic and archaeological analyzes, which are preparatory to the conservation intervention, it is necessary to use a well-designed database that contains all the information useful for the drafting of the thematic maps and the synthesis of the information collected. Design and create an archive of qualitative and quantitative data, which is useful to the operators of the building process (and in this case it is intended as a building process, any process involving architectural structures, from new construction, to maintenance, to the restoration project and refunzionalization) is the task of the figures responsible for the documentation and digital representation of the asset under analysis. From this point of view, the architectural survey is configured as the first approach to the structures on which to intervene, during which it is possible to know the building or the archaeological structures in order to create a graphic tool that allows to quantify the structures and evaluate them the state of conservation (Bertocci S., Parrinello S. 2017).

From these initial considerations, although specifically these methodologies have not been applied in the case of Rocca San Silvestro for multiple reasons, it is clear how the management methodologies of the BIM building process (or if

we want to use terms more in vogue in the HBIM academic world, to define methodologies applied to existing architectures), if properly designed, could be configured as those solid containers for all this information collected in the process of documentation of the asset, be it archaeological or architectural. Despite the suggestion of the creation of a single and shared management model-platform, in this contribution, which derives from documentation works started in 2016, it was preferred to continue along the lines of other research projects recently concluded and which had led to good results in the management of information and data from digital surveys and specialist analyzes on masonry structures (Bigogiarì M. 2020).

In fact, the survey of archaeological structures can today be based on technologies and methodologies for the acquisition and graphic restitution of morphological and qualitative data that are innovative and integrated within the digital sphere; these technologies, now applied to the cultural heritage sector for more than two decades, and therefore progressively deepened and improved in the application on the architectural and archaeological sector, have made it possible to achieve a degree of detail in the collection and graphing of information so high as to increase considerably the morphological and qualitative knowledge of the analyzed structures. At the same time, the world of measurement, due to the constant use of measurement instruments and complex data management software, has required an increasingly high degree of specialization from the designers, in order to properly design and perform accurate instrumental surveys (Bertocci S. et al 2017).

The figure of the detector and the interpretation of the data

The figure of the detector within the documentation process is therefore to operate from the earliest stages of work, and will necessarily have to communicate with the other operators who will be involved in the project in such a way as

più in voga nel mondo accademico HBIM, per definire metodologie applicate ad architetture già esistenti), se correttamente progettate, potrebbero configurarsi come quei contenitori solidi per tutte queste informazioni raccolte nel processo di documentazione del bene, sia esso archeologico come architettonico. Nonostante la suggestione della realizzazione di un modello-piattaforma gestionale unica e condivisa, in questo contributo che deriva da lavori di documentazione avviati nel lontano 2016 si è preferito proseguire sulla linea di altri progetti di ricerca da poco conclusi e che avevano portato a discreti risultati nella gestione delle informazioni e dei dati provenienti dai rilievi digitali e dalle analisi specialistiche sulle strutture murarie (Bigogiarì M. 2020).

Il rilievo delle strutture archeologiche infatti oggi può basarsi su tecnologie e metodologie di acquisizione e restituzione grafiche dei dati morfologici e qualitativi innovative ed integrate all'interno della sfera del digitale; queste tecnologie, ormai applicate al settore dei beni culturali da più di due decenni, e quindi progressivamente approfondite e migliorate nell'applicazione sul settore architettonico e archeologico, hanno consentito di raggiungere un grado di dettaglio nella raccolta e graficizzazione delle informazioni così elevato da aumentare notevolmente la conoscenza morfologica e qualitativa delle strutture analizzate. Allo stesso tempo il mondo della misura, a causa dell'utilizzo costante di strumentazioni di misurazione e software di gestione dei dati complessi, hanno richiesto da parte dei disegnatori un grado di specializzazione sempre più elevato, per poter correttamente progettare ed eseguire accurati rilievi strumentali (Bertocci S. et al 2017).

La figura del rilevatore e l'interpretazione dei dati

La figura del rilevatore all'interno del processo di documentazione viene quindi ad operare fin dalle prime fasi di lavoro, e la dovrà necessariamente dialogare con gli altri operatori che saranno coinvolti all'interno del progetto in modo tale da confezionare un prodotto di rilievo il più possibile su misura per le considerazioni e gli interventi



Figura 1
 Dettaglio della pianta a filo di ferro che descrive il rilievo archeologico di Rocca San Silvestro

to package an important product as much as possible, possible tailored to the considerations and planned interventions that will have to be designed and implemented later. In particular, precisely for assets of patrimonial value and even more so for those of archaeological value, it is necessary that the person carrying out the survey is able to express the information collected in a language that is useful to the operators of the subsequent phases. This problem in the literature, especially in the Italian research field, has been stressed several times, leading to reflect on the need for both those who collect data in the field, and those who return them to the office, have the necessary knowledge bases related to architectural / archaeological design, in such a way as not to translate the information incorrectly. The problem of the transcription of information by the surveyor to the other technicians of the conservation building process has increased exponentially with the advent of new digital survey methodologies that can be based on very dense point clouds of information whether they come from acquisitions taken with laser scanner that through photogrammetric procedures: the virtual and highly detailed reconstruction of the structures has allowed, thanks to the huge amount of data stored in the database by the instruments, to postpone the interpretation and an in-depth study of architectures and their composition; this process dangerously empties the work of the detector, which thus risks becoming a mere meter, with no apparent need for specific knowledge on the objects on which it must intervene, if not directly at least as a cog in the process.

Detecting an architectural and archaeological structure with its masonry equipment, as has often been pointed out, constitutes an operation which, if carried out correctly, becomes an essential condition for the historical and architectural study, as well as from the point of view of structural investigations in general. Reading of the structures in the elevation, especially useful in the course of analyzes involving remains where, often, the historical sources are scarce and summary. The fields

progettati che dovranno essere progettati e realizzati in seguito. In particolare proprio per i beni di valore patrimoniale ed ancora di più per quelli di valenza archeologica è necessario che chi esegue il rilievo riesca ad esprimere le informazioni raccolte con un linguaggio che sia utile agli operatori delle fasi successive. Questo problema in letteratura, specialmente in ambito di ricerca italiano è stato più volte sottolineato portando a riflettere sulla necessità che tanto chi colleziona i dati sul campo, quanto chi li restituisce in ufficio, abbiano le necessarie basi di conoscenza legate al disegno architettonico/archeologico, in modo tale da non tradurre le informazioni in modo errato. Il problema della trascrizione delle informazioni, da parte del rilevatore verso gli altri tecnici del processo edilizio di conservazione, è aumentato esponenzialmente con l'avvento delle nuove metodologie di rilievo digitale che possono basarsi su nuvole di punti molto dense di informazioni sia che provengano da acquisizioni prese con laser scanner che attraverso procedimenti fotogrammetrici: la ricostruzione virtuale ed altamente dettagliata infatti delle strutture ha consentito, grazie all'ingente quantità di dati immagazzinati nel database da parte degli strumenti, di rimandare ad un momento successivo alla fase di acquisizione l'interpretazione e l'approfondimento sulle architetture e sulla loro composizione; questo processo svuota pericolosamente l'operato del rilevatore, che rischia in tal modo di divenire un mero misuratore, senza apparente necessità di conoscenze specifiche sugli oggetti su cui deve intervenire, se non direttamente almeno come un ingranaggio del processo.

Rilevare una struttura architettonica e archeologica con le sue apparecchiature murarie, come spesso è stato sottolineato, costituisce un'operazione che se condotta correttamente diviene per lo studio storico ed architettonico, oltre che sotto il profilo delle indagini strutturali in generale, una condizione essenziale per la lettura delle strutture in elevato, utile soprattutto nel corso di analisi che investano resti dove, spesso, scarse e sommarie risultano le fonti storiche. I campi di applicazione delle indagini architettoniche, strutturali, tipologiche,



Figura 2
Immagine aerea del sito archeologico, che evidenzia la complessità dei volumi architettonici di cui è stato eseguito il rilievo

geometriche e formali, tipiche degli studi architettonici, hanno ormai da tempo trovato fertili e proficue integrazioni anche con le metodologie di indagine che si sono sviluppate nel campo delle indagini archeologiche.

Con l'affermazione anche in campo architettonico delle metodologie di indagine stratigrafica, ambiti di ricerca che comportano, in genere, una maggiore attenzione alle tracce che sono conservate dal testo architettonico dal manufatto o dal reperto murario in genere, siamo giunti ad applicazioni di metodologie di studio delle strutture in elevato derivate da quelle utilizzate per lo studio di reperti di interesse archeologico¹.

Come è stato ampiamente discusso sul piano scientifico, tutto il procedimento grafico del rilievo e della restituzione deve svilupparsi, per quanto attiene al settore del rilievo per l'archeologia, all'interno di un sistema logico stabilito dallo specifico settore disciplinare, dove la scelta soggettiva del rilevatore e disegnatore si interfaccia comunque con

of application of architectural, structural, typological, geometric and formal investigations, typical of architectural studies, have long since found fertile and fruitful integrations also with the investigation methodologies that have developed in the field of archaeological investigations¹.

With the affirmation also in the architectural field of the stratigraphic survey methodologies, areas of research that generally involve greater attention to the traces that are preserved by the architectural text, by the artifact or by the wall find in general, we have come to applications of methodologies of study of the elevated structures derived from those used for the study of finds of archaeological interest.

As has been widely discussed on the scientific level, the whole graphic procedure of the survey and restitution must develop, as regards the sector of the survey for archeology, within a logical system established by the specific disciplinary sector, where the subjective choice of the surveyor and designer, however, interfaces with the specific

¹ Arrighetti A. 2017

¹ Arrighetti A. 2017

Figura 4
Particolare di una muratura
delle strutture archeologiche



professionalism of the operator and the archaeologist, so that it can be interpreted without the possibility of misunderstandings.

The drawing of the archaeological remains, contrary to the scientific and objective nature of the survey of the metric data that distinguish the architectural volumes of the existing structures, maintains a stronger component of subjectivity on the part of the designer, than in choosing the lines to be traced in the definition of the architectural volumes but above all of the wall texture, he interprets the structures and their constructive relationships. For this reason it is necessary for the surveyor to have a clear idea of the purpose of the measurement operations he is carrying out, in order to provide archaeologists in the case of the work carried out in Rocca San Silvestro with a corpus of documents that can be used correctly for the preparation of the diagnostic and stratigraphic analyzes. : especially if the survey is drawn up with a depth that allows the material reading of the surfaces, therefore at the reduction scale not exceeding 1:50. It is common practice to use, in the interpretation process, data considered more objective, such as the orthophotoplanes produced

la specifica professionalità dell'operatore e dell'archeologo, affinché possa venire interpretata senza possibilità di equivoci.

Il disegno dei resti archeologici, contrariamente alla natura scientifica ed oggettiva del rilevamento dei dati metrici che contraddistinguono i volumi architettonici delle strutture esistenti, mantiene una più forte componente di soggettività da parte del disegnatore, che nello scegliere le linee da tracciare nella definizione dei volumi architettonici ma soprattutto della tessitura muraria, interpreta le strutture e le loro relazioni costruttive. Per questo motivo è necessario che il rilevatore abbia chiaro il fine delle operazioni di misurazione che sta compiendo, in modo tale da fornire agli archeologi nel caso del lavoro compiuto a Rocca San Silvestro un corpus di documenti utilizzabili correttamente per la redazione delle analisi diagnostiche e stratigrafiche: in particolar modo se il rilievo viene redatto con un approfondimento tale da permettere la lettura materica delle superfici, quindi alla scala di riduzione non superiore ad 1:50. È prassi comune servirsi, nel processo di interpretazione, dei dati ritenuti più oggettivi, come ad esempio gli ortofotopiani prodotti dai software di fotoraddrizzamento o di



Figura 3

Immagine storica degli scavi archeologici che permette di capire quanto sia importante la fase di interpretazione dei resti e delle strutture estratte dagli scavi per trasmettere una corretta rappresentazione dei volumi architettonici

modellazione fotogrammetrica: nonostante sia più che veritiero che il dato proveniente dai disegni a filo di ferro dei prospetti degli edifici e dei resti archeologici sia stato interpretato dal disegnatore, che quindi indirizza la fase di lettura degli elevati da parte degli specialisti, è altrettanto vero che è difficile avere un controllo ottimale del puro dato morfologico tridimensionale; come sarà approfondito in seguito, la ricerca ha evidenziato i difetti nella ricostruzione delle superfici a partire dal solo dato fotografico, che quindi, specialmente nella definizione dei contorni complessi come ad esempio nelle tessiture murarie dei reperti archeologici, devono essere ritenute non tanto oggettive, quanto errate.

Conclusioni

L'approfondimento sulle corrette metodologie di rilievo digitale, sulle competenze necessarie al rilevatore e sulla necessità di instaurare un dialogo stretto con le figure professionali che operano all'interno del progetto di documentazione e valorizzazione, ha notevolmente spinto a progettare con attenzione il rilievo e la documentazione digitale

by photo-straightening or photogrammetric modeling software: although it is more than truthful that the data coming from the wire drawings of the building elevations and of the archaeological remains has been interpreted by the designer, who therefore directs the reading phase of the elevations by the specialists, it is equally true that it is difficult to have an optimal control of the pure three-dimensional morphological data; as will be further explored later, the research has highlighted the defects in the reconstruction of the surfaces starting from the photographic data alone, which therefore, especially in the definition of complex contours such as for example in the wall textures of archaeological finds, must be considered not so much objective, as wrong.

Conclusions

The in-depth study on the correct digital survey methodologies, on the skills necessary for the surveyor and on the need to establish a close dialogue with the professional figures who work within the documentation and enhancement project, has significantly pushed to carefully design

Figura 5
Nuvola di punti necessaria per la rappresentazione
dei resti archeologici



the survey and digital documentation of the Rocca San Silvestro site: i.e. the study and deepening of archaeological knowledge on the one hand, the enhancement of the site and the conservation of the architectural-archaeological heritage on the other, required to provide all the information necessary for the preparation of the surveys diagnostic and archaeological. The survey, as can be explored in the following chapters, involves mapping all the wall surfaces of the archaeological area, to allow the correct redesign of all existing structures and to be able to apply the considerations on the state of material conservation.

A survey process that pays proper attention to all spheres of knowledge that come into play in the process of restoration and enhancement of the archaeological heritage thus creates an opportunity for collaboration and dialogue between highly complementary sectors for the success of the project.

del sito di Rocca San Silvestro: ovvero lo studio e l'approfondimento delle conoscenze archeologiche da una parte, la valorizzazione del sito e la conservazione del patrimonio architettonico-archeologico dall'altra hanno richiesto di fornire tutte le indicazioni necessarie alla redazione delle indagini diagnostiche ed archeologiche. Il rilievo, come si può approfondire nei capitoli successivi, ha previsto di mappare tutte le superfici murarie dell'area archeologica, per consentire il corretto ridisegno di tutte le strutture esistenti e di potervi applicare le considerazioni sullo stato di conservazione materica.

Un processo di rilievo che ponga la corretta attenzione a tutte le sfere della conoscenza che entrano in campo nel processo di restauro e valorizzazione del bene archeologico crea in questo modo un'opportunità di collaborazione e dialogo tra settori fortemente complementari per la buona riuscita del progetto.

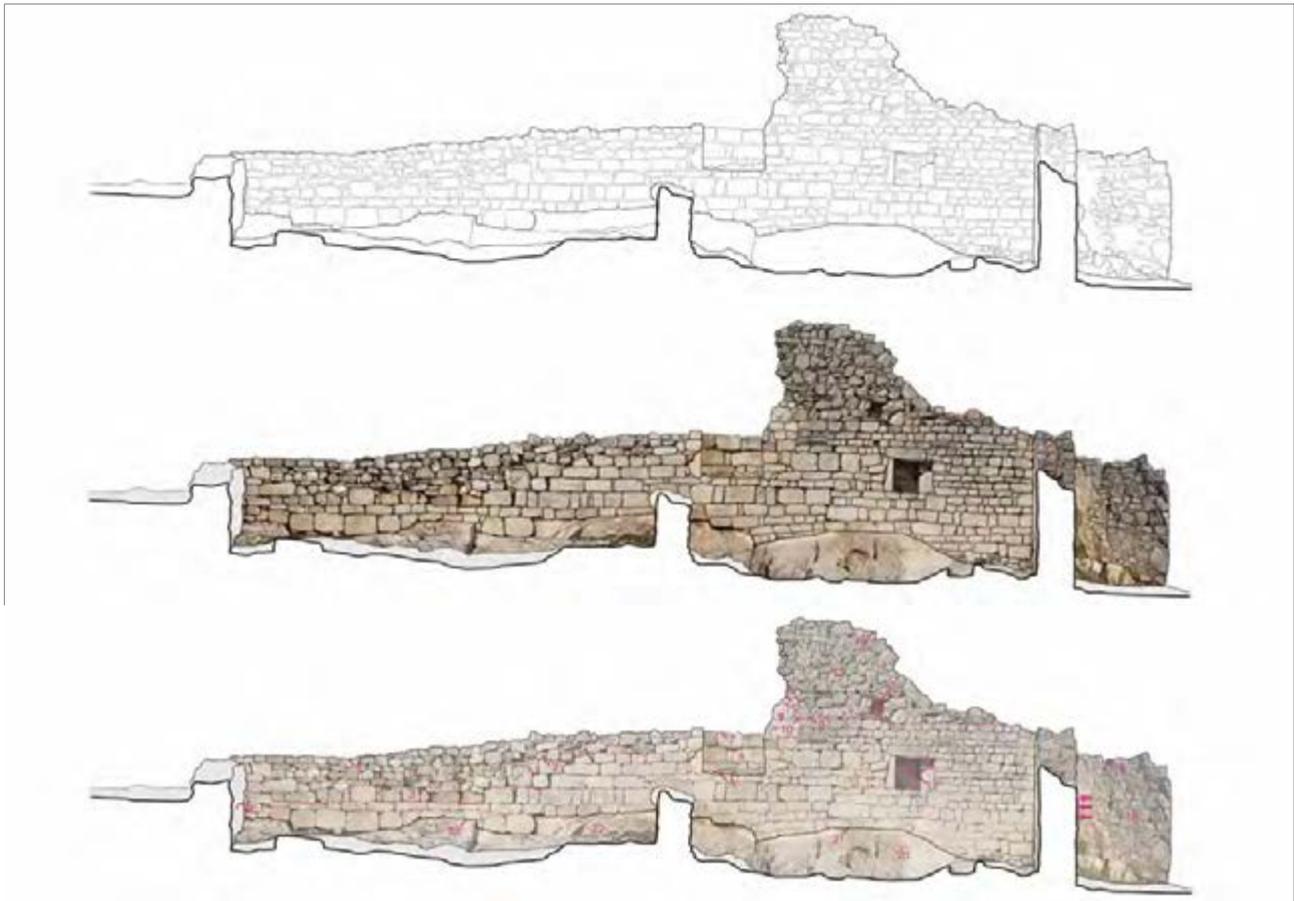


Figura 6
Elaborazione dei dati di rilievo in tradizionali disegni 2D con riportate le informazioni legate alla tessitura muraria, alla matericità delle murature sulla base delle quali la figura dell'archeologo riesce a restituire le analisi sulle stratigrafie.

Bibliografia Bibliography

- Arrighetti A. 2017, *Rocca San Silvestro. Archeologia per il restauro*, Firenze.
- Bertocci S., Bigongiari M., Arrighetti A. 2019, *Digital Survey for the Archaeological Analysis and the Enhancement of Gropina Archaeological Site*, HERITAGE, vol. 2, pp. 848-856, ISSN:2571-9408.
- Bertocci S., Parrinello S. 2017, *The drawing of Hadrian's Villa in Tivoli. Extensive survey for heritage documentation Il disegno di Villa Adriana a Tivoli. Rilievo estensivo per la documentazione del patrimonio*, DISEGNARE CON..., vol. 10/n 19, pp. 1-14, ISSN:1828-5961.
- Bertocci S. 2018, *Bagni di Petriolo: conoscere per restaurare*, In: Paoletta A., *Bagni di Petriolo restauro e valorizzazione*, pp. 237-245, Firenze: Edifir-Edizioni Firenze, ISBN:978-88-7970-914-9.
- Bigongiari M. 2020, *La cattedrale di Sasamòn. Rilievo digitale e strutturale per la conservazione del Patrimonio*, Firenze: didapress, ISBN:978-88-3338-097-1.



Metodologia di acquisizione dati

Gli interventi di restauro e consolidamento, così come le analisi e le letture archeologiche dei ruderi della Rocca di San Silvestro, hanno richiesto, vista la sua complessa articolazione sia planimetrica che in alzato, un supporto grafico e digitale che garantisca una documentazione completa e affidabile dello stato di fatto del sito,

Il lavoro ha così previsto lo sviluppo di un rilievo digitale attraverso metodologie e tecniche integrate che guidasse le indagini e le scelte progettuali. A tale scopo, considerata la vastità dell'area del complesso fortificato, è stata preliminarmente delineata un'attenta fase dedicata alla pianificazione delle operazioni relative al rilievo digitale dell'esistente. Il sito archeologico ha così inizialmente visto una sua prima suddivisione nei tre lotti precedentemente descritti, dei quali è stata prevista una loro ulteriore ripartizione in Unità Tecniche (UT), al fine di agevolare sia la gestione delle attività di acquisizione dei dati, sia la consultazione e l'individuazione di quest'ultimi una volta elaborati. Sebbene la prassi metodologica avrebbe dovuto prevedere l'impiego di una poligonale topografica che facesse da appoggio per i rilevamenti, negli ultimi anni la ricerca ha portato all'elaborazione di rilievi laser-scanner che fossero verificati anche senza il supporto topografico (Bertocci et al., 2015).

La metodologia principale con cui è stato sviluppato il rilievo digitale della Rocca, e che ha determinato il supporto metrico-morfologico per tutte le altre analisi e rilevazioni, è consistita quindi nell'utilizzo di una strumentazione laser-scanner. In particolare, è stato impiegato uno strumento Zoller+Fröhlich Imager 5006H con tecnologia a

Data Acquisition Methodology

The restoration and consolidation interventions, as well as the analysis and archaeological studies of the ruins of the Rocca di San Silvestro, have required, given its complex articulation both in plan and in elevation, a graphic and digital support that would ensure a complete and reliable documentation of the state of the site.

The work has thus provided for the development of a digital survey through integrated methodologies and techniques to guide the investigations and design choices. For this purpose, given the vastness of the area of the fortified complex, it was preliminarily outlined a careful phase dedicated to the planning of operations related to the digital survey of the site.

The archaeological site has thus initially been subdivided into the three Lots described above, of which a further subdivision into Technical Units (TU) has been planned, in order to facilitate both the management of data acquisition activities and the consultation and identification of the data once processed.

Although the methodological practice should have included the use of a topographic polygon to act as a support for the surveys, in recent years research has led to the development of laser-scanner surveys that were verified even without topographic support (Bertocci et al., 2015).

The main methodology used to develop the digital survey of the Rocca, and which provided the metric-morphological support for all the other analyses and surveys, consisted in the use of a laser-scanner instrumentation. In particular, a Zoller+Fröhlich Imager 5006H instrument with

phase difference technology¹ (fig. 1), was used, which guaranteed many advantages in the survey operations, both from the point of view of the massive acquisition of data and from that of the timing. In fact, three laser-scanner survey campaigns have been carried out, during which about 200 scans have been performed with ultra-high resolution parameters and in B/W, which have allowed to obtain an overall 3D digitized image of the site. At the same time, this methodology has seen its integration with the metric-chromatic data obtained from the Structure from Motion photogrammetric surveys of the elevations, acquired by photographic instrumentation on the ground and in flight by UAV, and for the results of which please refer to the reading of chapter X. The integration of these two methodologies has therefore allowed us to obtain absolutely reliable data from the quantitative and qualitative point of view of the current state of the archaeological site.

The digital survey project of the Rocca therefore saw its start in July 2016 within an international workshop conducted by the Departments of Architecture of Florence (DIDA) and Civil Engineering and Architecture of Pavia (DICAr), in which students belonging to the double-degree course of the Tonjii University of Shanghai (China) also participated, during which the laser-scanner acquisition of the metric data of the entire Lot 1, i.e. the one related to the stately and religious area located mainly on the top of the complex, was carried out. The following two laser-scanner survey campaigns were carried out, as part of two thesis works², the following year in April and Ju-

ly 2017. The first one is a thesis in "Survey and Representation of Architecture and the Environment" by A. Lumini entitled "Digital survey of the archaeological area of the Rocca di San Silvestro. A database for the restoration site" discussed

differenza di fase¹ (fig. 1), il quale ha garantito molti vantaggi nelle operazioni di rilievo, sia dal punto di vista dell'acquisizione massiva dei dati sia da quello delle relative tempistiche. Sono state difatti portate avanti tre campagne di rilievo laser-scanner, durante le quali sono state effettuate circa 200 scansioni con parametri di risoluzione ultra-high e in B/N che hanno permesso di ottenere un'immagine digitalizzata 3D complessiva del sito. Al tempo stesso, questa metodologia ha visto la sua integrazione con i dati metrico-cromatici ricavati dai rilievi fotogrammetrici Structure from Motion degli elevati, acquisiti mediante strumentazione fotografica a terra e in volo tramite UAV, e per i quali risultati si rimanda alla lettura del capitolo 6. L'integrazione di queste due metodologie ha permesso quindi di ottenere un dato assolutamente affidabile dal punto di vista quantitativo e qualitativo dello stato attuale del sito archeologico.

Il progetto di rilievo digitale della Rocca ha visto dunque il suo avvio nel luglio 2016 all'interno di un workshop internazionale condotto dai Dipartimenti di Architettura di Firenze (DIDA) e di Ingegneria Civile e Architettura di Pavia (DICAr), al quale hanno partecipato anche studenti appartenenti al corso double-degree dell'Università Tonjii di Shanghai (Cina), durante il quale è stata portata avanti l'acquisizione tramite laser-scanner dei dati metrici dell'intero Lotto 1, ovvero quello relativo all'area signorile e religiosa collocata principalmente sulla parte sommitale del complesso. Le successive due campagne di rilievo laser-scanner sono state condotte invece, anche per lo sviluppo di due lavori di tesi², l'anno seguente nei mesi di aprile e

¹ The system is based on the emission of a laser wave that is modulated and transmitted to a retro-reflector prism, which reflects a part of it towards the receiving instrument that compares the phase difference between the emitted wave and the received one.

The speed of acquisition of these types of laser is very fast and the data acquired is very dense, at a distance of 10 m, in fact, setting an ultra-high resolution you can get up to 0.3 mm between a point and the other.

² The first one is a thesis in "Survey and Representation of Architecture and the Environment" by A. Lumini entitled "Digital survey of the archaeological area of the Rocca di San Silvestro. A database for the restoration site" discussed

¹ Il sistema si basa sull'emissione di una onda laser che viene modulata e trasmessa ad un prisma retro-riflettore, il quale ne riflette una parte verso lo strumento ricevente che confronta la differenza di fase tra l'onda emessa e quella ricevuta.

La velocità di acquisizione di queste tipologie di laser è molto rapida e il dato acquisito risulta notevolmente denso, ad una distanza di 10 m, infatti, settando una risoluzione ultra-high si può arrivare ad ottenere fino a 0,3 mm tra un punto e l'altro.

² La prima è una tesi in Rilievo e Rappresentazione dell'Architettura e dell'Ambiente di A. Lumini dal titolo "Rilievo digitale dell'area archeologica della Rocca di San Silvestro. Un database per il cantiere di restauro" discussa a febbraio 2018 con relatore S. Bertocci e correlatori G. Minutoli e A. Arrighetti, mentre la seconda è una tesi in Restauro di S. Marchini dal titolo "Restauro e valorizzazione del sito archeologico di Rocca San Silvestro: applicazione della metodologia HBIM" discussa ad aprile 2018 con relatore G. Minutoli e correlatori S. Bertocci, A. Arrighetti e S. Guideri.



Figura 1
Laser-scanner Zoller+Fröhlich Imager 5006H in fase di acquisizione

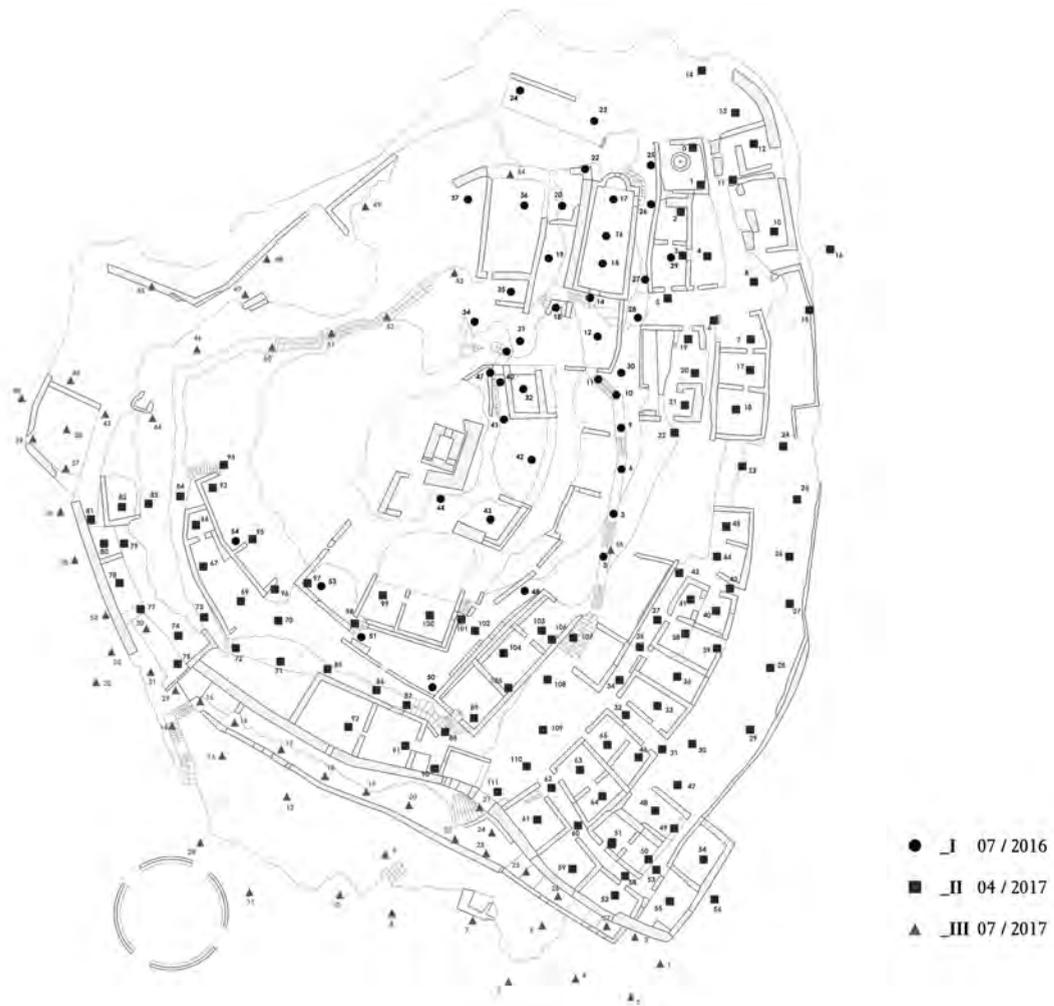


Figura 2
Planimetria con individuazione delle stazioni laser-scanner secondo le tre campagne di rilievo

ly, and they allowed the acquisition of all the parts not surveyed during the first campaign to be completed, thus ensuring a global survey of the Rocca di San Silvestro (fig. 2).

For each of the three laser-scanner survey campaigns, the acquisition phase was developed through a planning of the grid of scans, trying to maintain an overlap of common points between two adjacent scans around 50%.

The stationing of each of the scans acquired was defined by the operator directly in situ, since, not having available current planimetric documentation of the site, it was difficult to design in advance the positions of the instrument for the survey.

The registration and development phase of the global point cloud

The large amount of data acquired during the first phase of the survey, obtained in a purely massive way by the instrument, required a preliminary treatment through a filtering of the "noise" present in the raw point clouds of each scan. This procedure was carried out through the use of a software dedicated to cleaning, Z+F LaserControl, with which the points due essentially to errors of divergence of the laser beam, standard deviations of the instrument or excess points belonging to the vegetation were filtered out. Once the single filtered scans were exported, they were imported again into a specific point cloud management software, Leica Cyclone, through which the registration procedure was carried out, i.e. the unification of the scans into a single global point cloud according to a specific reference system.

In the registration phase, two adjacent scans are compared and, through a rigid rototranslation of one on the other, they are aligned with each other by pivoting on the common parts of the two clouds, first in plan and then in elevation (fig. 3).

in February 2018 with supervisor S. Bertocci and co-advisors G. Minutoli and A. Arrighetti, while the second is a thesis in "Restoration" by S. Marchini entitled "Restoration and enhancement of the archaeological site of the Rocca San Silvestro: application of HBIM methodology" discussed in April 2018 with supervisor G. Minutoli and co-advisors S. Bertocci, A. Arrighetti and S. Guideri.

luglio, e hanno permesso di completare l'acquisizione di tutte le parti non rilevate durante la prima campagna, assicurando così un rilievo globale della Rocca di San Silvestro (fig. 2).

Per ognuna delle tre campagne di rilievo laser-scanner, la fase di acquisizione ha visto il suo sviluppo attraverso una pianificazione del reticolo delle scansioni, cercando di mantenere una sovrapposizione di punti comuni tra due prese adiacenti intorno al 50%.

La messa in stazione di ognuna delle scansioni acquisite è stata definita dall'operatore direttamente in situ, in quanto, non avendo a disposizione documentazioni planimetriche attuali del sito, risultava difficoltoso progettare preventivamente le posizioni dello strumento per il rilievo.

La fase di registrazione e sviluppo della nuvola di punti globale

La grande mole di dati acquisiti durante la prima fase del rilievo, ottenuta in maniera prettamente massiva dallo strumento, ha richiesto preliminarmente un loro trattamento attraverso un filtraggio del "rumore" presente nelle nuvole di punti grezze di ogni scansione. Tale procedura è stata portata avanti mediante l'utilizzo di un software dedicato alla ripulitura, Z+FLaserControl, con cui sono stati filtrati i punti dovuti essenzialmente a errori di divergenza del raggio laser, deviazioni standard dello strumento o di punti in eccesso appartenenti alla vegetazione. Una volta esportate le singole scansioni filtrate sono state nuovamente importate all'interno di uno specifico software di gestione delle nuvole di punti, Leica Cyclone, mediante il quale è stata portata avanti la procedura di registrazione, ovvero l'unificazione delle scansioni in una unica nuvola di punti globale secondo un determinato sistema di riferimento.

Nella fase di registrazione vengono messe a confronto due scansioni adiacenti e, tramite una rototraslazione rigida di una sull'altra, queste vengono tra loro allineate facendo perno sulle parti comuni delle due nuvole, prima in pianta e poi in alzato (fig. 3). Dopo aver unificato le



Figura 3
Processo di registrazione della nuvola di punti

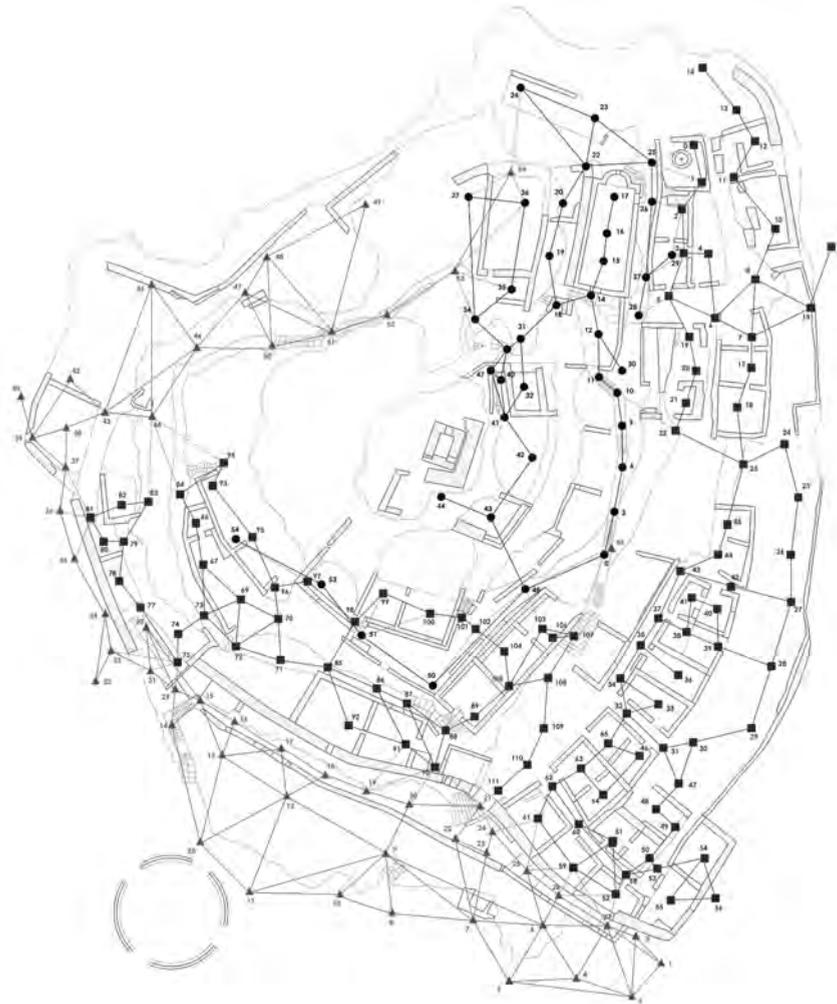


Figura 4
Planimetria con individuazione del reticolo di registrazione delle scansioni

After having unified the first two scans into a single point cloud, the process remains the same for the others, and provides for their alignment one after the other retracing the path made by the instrument during the survey, until all scans are unified into a single total point cloud.

It should be noted, however, that the laser-scanner survey of the Rocca di San Silvestro has seen the recording of its scans divided into several phases. In fact, following the first campaign, the first point cloud was processed by unifying those acquired for the survey of Lot 1, to which the next two registrations relative to the other two campaigns were connected, each of which was developed separately (fig. 4). The subdivision into lots thus made it possible to obtain partial registrations of the individual parts, making the subsequent verification phase more accurate and easier.

The certification of reliability of the processed survey

In order to obtain an accurate and perfectly reliable survey in its composition, it was necessary to carry out, before its graphic and digital restitution, a test, or rather a certification of the survey verifying the correct alignment of the scans just registered. It seems clear that this sort of validation is necessary since the survey will be the basis for the drawings on which to develop the interventions related to the restoration project.

Since the purposes of this survey include a representation both in paper and digital form, it is necessary to define from the beginning the scale of restitution of the survey, taking into account the principles related to the perception of the human eye and the relevant regulations.

As far as the survey of the Rocca di San Silvestro is concerned, it was decided that the scale of representation should be 1:50, as this was considered the most suitable scale for expressing the numerous elements that make up this large archaeological site.

Considering that the human eye perceives graphic signs not below $\frac{2}{3}$ tenths of a millimeter, while the ISO 4463-3 standard, regarding the precision

prime due scansioni in un'unica nuvola di punti, il processo rimane lo stesso per le altre, e prevede il loro allineamento una dopo l'altra ripercorrendo il percorso effettuato dallo strumento in fase di rilievo, fino a quando tutte le scansioni saranno unificate in un'unica nuvola di punti totale.

Occorre comunque precisare che il rilievo laser-scanner della Rocca di San Silvestro ha visto la registrazione delle sue scansioni suddivisa in più fasi. A seguito della prima campagna è stata infatti elaborata la prima nuvola di punti unificando quelle acquisite per il rilievo del Lotto 1, alla quale sono state collegate le successive due registrazioni relative alle altre due campagne, ognuna delle quali è stata sviluppata separatamente (fig. 4). La suddivisione in lotti ha così permesso di ottenere registrazioni parziali delle singole parti rendendo più accurata e agevole la successiva fase di verifica.

La certificazione di affidabilità del rilievo elaborato

Al fine di ottenere un rilievo accurato e perfettamente affidabile nella sua composizione, è stato necessario effettuare, prima della sua restituzione grafica e digitale, un collaudo, o per meglio dire, una certificazione del rilievo verificando il corretto allineamento delle scansioni appena registrate. Appare chiaro che questa sorta di validazione risulti necessaria in quanto il rilievo dovrà fare da base agli elaborati su quali sviluppare gli interventi relativi al progetto di restauro.

Poiché le finalità di questo rilievo prevedono una rappresentazione sia in forma cartacea che digitale, è necessario definire fin da subito la scala di restituzione del rilievo, tenendo conto dei principi connessi alla percezione dell'occhio umano e delle normative del caso.

Per quanto riguarda il rilievo della Rocca di San Silvestro è stato quindi stabilito che la scala di rappresentazione fosse quella dell'1:50, in quanto considerata la più indicata per esprimere i numerosi elementi che compongono questo ampio sito archeologico.

Considerando che l'occhio umano percepisce segni grafici non al di sotto di $\frac{2}{3}$ decimi di millimetro, mentre la normativa ISO 4463-3,

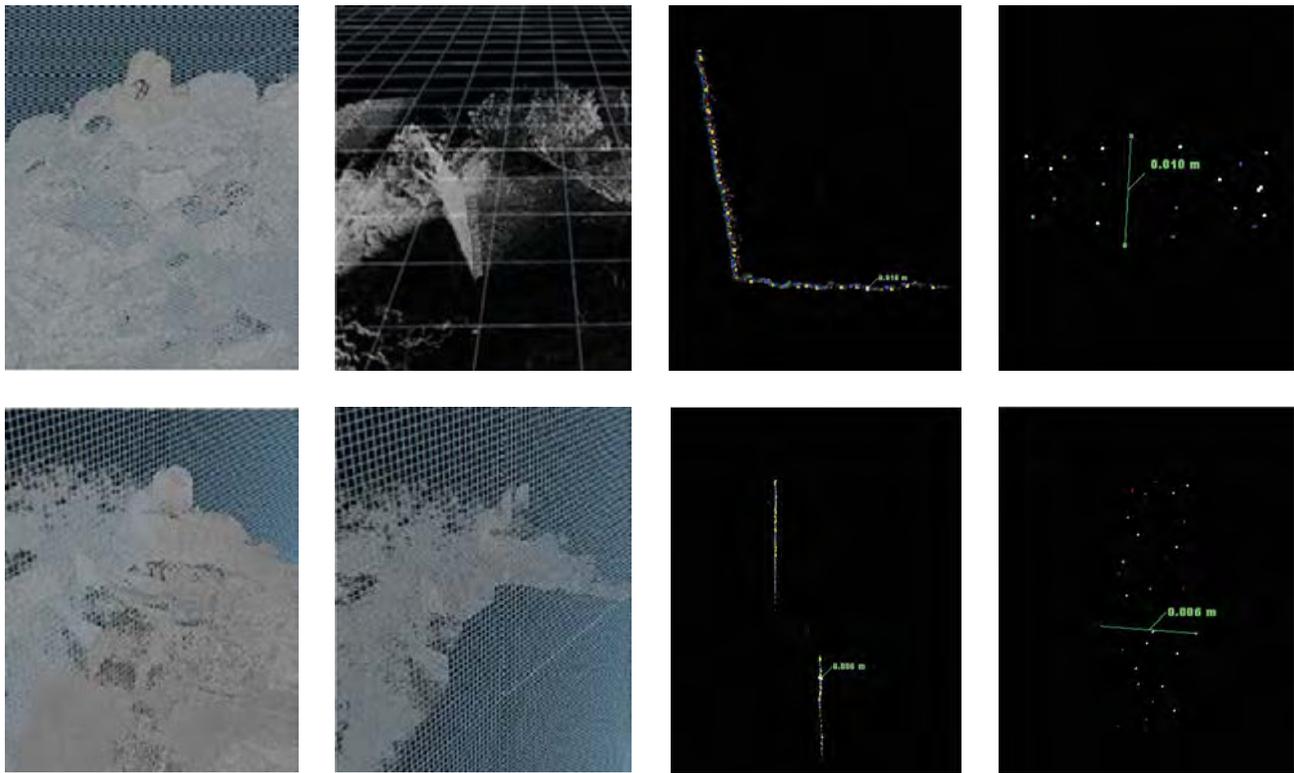


Figura 5
Verifica di attendibilità del rilievo laser-scanner relativa al punto di controllo della torre, in cui si possono leggere e misurare gli errori di disallineamento nelle sezioni orizzontali (sopra) e verticali (sotto)

per quanto riguarda la precisione delle dimensioni dei disegni di rilievo, prevede i limiti di accuratezza di $\pm 12\text{mm}$ per una scala di rappresentazione di 1:50, si è previsto che per ottenere una certificazione di affidabilità il rilievo laser-scanner eseguito dovesse risultare positivo alla verifica in cui la distanza massima tra i fili di sezione, nelle parti di nuvola prese in esame, risultasse inferiore o uguale a 15 mm (Pancani, 2016, pp. 60-65).

Anche questa validazione è stata svolta tramite il software Leica Cyclone, con il quale sono stati analizzati sei punti di controllo specifici della nuvola globale registrata. Sono state effettuate infatti delle verifiche di attendibilità del rilievo in alcune zone della nuvola, in particolare: nella torre, nella zona estrattiva, nel borgo, nel frantoio e nell'area signorile. Tale scelta è legata sia alla suddivisione in lotti sia alle diverse campagne di rilievo laser-scanner; si è scelto infatti di fare un controllo laddove le scansioni relative ad ogni campagna erano state unite durante la registrazione, e quindi dove si sarebbero potuti trovare gli errori di disallineamento più consistenti.

of the dimensions of the survey drawings, provides the limits of accuracy of $\pm 12\text{mm}$ for a scale of representation of 1:50, it was expected that in order to obtain a certification of reliability the laser-scanner survey performed had to be positive to the verification in which the maximum distance between the section wires, in the parts of the cloud taken into consideration, was less than or equal to 15 mm (Pancani, 2016, pp. 60-65).

This validation was also carried out using Leica Cyclone software, with which six specific control points of the recorded global cloud were analyzed. Reliability checks of the survey were carried out in some areas of the point cloud, in particular: in the tower, in the mining area, in the village, in the oil mill and in the noble area.

This choice is linked both to the subdivision into lots and to the different laser-scanner survey campaigns; in fact, it was decided to check where the scans related to each campaign had been joined during the registration, and therefore where the most consistent misalignment errors could have been found.

Starting from the point cloud, section planes were positioned, one vertical and one horizontal, for each control area and different colors were assigned to each scan, so as to recognize the different clouds. Finally, viewing only the section threads (the so-called slice), two points belonging to a different cloud were chosen, and the maximum distance between the two was calculated, thus verifying that there had been no misalignments exceeding the limits that had been set (fig. 5).

In all verification zones the validation of the survey was positive, finding a maximum error of 0.01 m.

Graphic and digital representation of the surveyed data

Once the registration was certified and a global unified point cloud was obtained, the digital representation of each wall structure of the Rocca di San Silvestro was carried out.

For each of these, using the Leica Cyclone software, the relative section plans were set for the elevations and for the plans, and on the basis of these, the process of exporting the orthoimages was started, which represent the mirror of the three-dimensional data of the point cloud in the form of a 2D raster image in metric scale and referenced according to a point of origin defined by the user. These were then imported into the CAD environment, and here they underwent a process of wireframe processing, thus becoming the vectorial support both for the orthophotos generated by the SfM photogrammetric survey, and for all the canonical drawings and those related to the diagnostic and archaeological investigations to be carried out preparatory to the development of a proper and accurate restoration project (fig. 6).

The aim of the 2D vectorization was therefore to obtain a highly descriptive elaboration in which every aspect of the objects of study was morphologically determinable and consequently measurable. In addition to the creation of a vectorial database containing the sections corresponding to each wall facade, produced with an accuracy corresponding to the representation scale of 1:50, the elaboration of its general planimetry is of

Partendo dalla nuvola di punti sono stati posizionati piani di sezione, uno verticale ed uno orizzontale, per ogni zona di controllo e sono stati assegnati colori diversi ad ogni scansione, in modo da riconoscere le diverse nuvole. Infine, visualizzando i soli fili di sezione (la cosiddetta slice), sono stati scelti due punti appartenenti ognuno ad una diversa nuvola, ed è stata calcolata la distanza massima fra i due, andando così a verificare che non ci fossero stati disallineamenti superiori ai limiti che erano stati posti (fig. 5).

In tutte le zone di verifica la validazione del rilievo è risultata positiva, riscontrando un errore massimo di 0.01 m.

La restituzione grafica e digitale dei dati rilevati

Certificata la registrazione e ottenuta una nuvola di punti globale unificata, è stata portata avanti la restituzione digitale di ogni struttura muraria della Rocca di San Silvestro.

Per ognuna di queste, mediante il software Leica Cyclone, sono stati impostati i relativi piani di sezione per gli elevati e per le planimetrie, e sulla base di questi è stato avviato il processo di esportazione delle orthoimage, le quali rappresentano lo specchio del dato tridimensionale della nuvola di punti sotto forma di immagine raster 2D in scala metrica e referenziata secondo un punto d'origine definito dall'utente. Queste sono state poi successivamente importate in ambiente CAD, e qui hanno subito un processo di lucidatura wireframe, divenendo così il supporto vettoriale sia per i fotopiani generati dal rilievo fotogrammetrico SfM, sia per tutti gli elaborati canonici e quelli relativi alle indagini diagnostiche e archeologiche da svolgere propedeuticamente allo sviluppo di un corretto e accurato progetto di restauro (fig. 6).

Il fine della vettorializzazione 2D è stato quindi quello di ottenere un elaborato altamente descrittivo in cui ogni aspetto degli oggetti di studio fosse morfologicamente determinabile e di conseguenza misurabile.

Oltre alla creazione di una database vettoriale contenente le sezioni relative ad ogni paramento murario, restituite con un'accuratezza

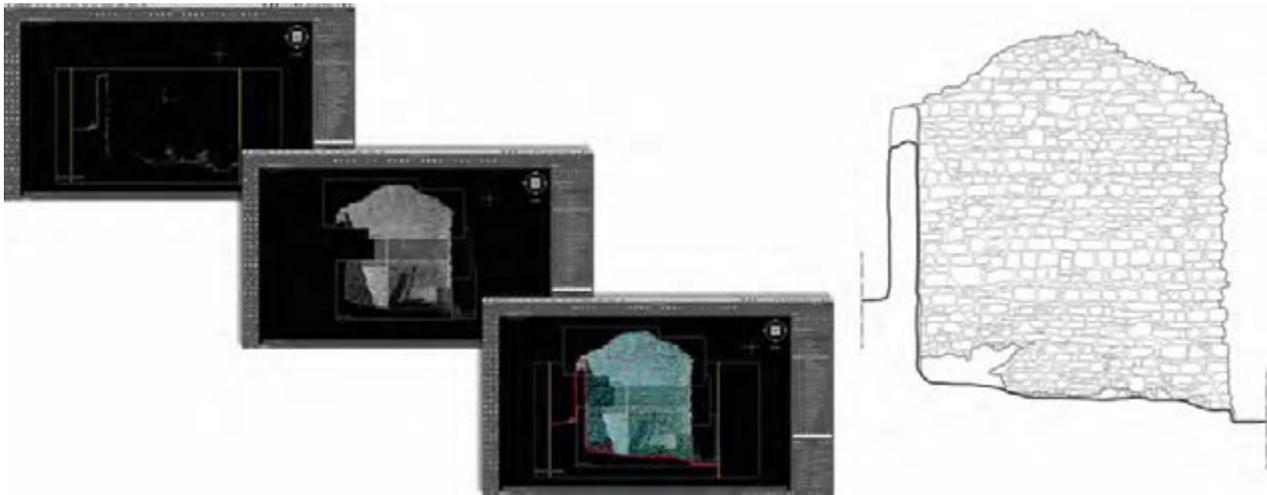


Figura 6
 Processo di lucidatura delle orthoimage in ambiente CAD fino all'ottenimento
 del wireframe della sezione di studio



Figura 7
 Elaborato grafico relativo alla planimetria
 generale della Rocca di Silvestro

particular importance for the knowledge of the archaeological site. In fact, the latter has allowed a complete view of the wall crests belonging to the various technical units and of their disposition at the different heights of the fortress, also representing both the relative contour lines with a step of 0.5 m, and the outcropping limits of the rock substrates, the latter being particularly useful for the identification of the original paths present (fig. 7).

corrispondente alla scala di rappresentazione dell'1:50, risulta di particolare rilevanza ai fini della conoscenza del sito archeologico rilevato, l'elaborazione della sua planimetria generale. Quest'ultima ha infatti permesso la lettura in modo completo delle creste murarie appartenenti alle varie Unità Tecniche e della loro disposizione alle diverse quote della Rocca, rappresentandone inoltre sia le relative curve di livello con un passo di 0,5 m, sia i limiti di affioramento dei substrati rocciosi, quest'ultimi risultati particolarmente utili per l'identificazione dei percorsi presenti (fig. 7).

Bibliografia Bibliography

Arrighetti A. 2017, *Rocca San Silvestro. Archeologia per il restauro*, Didapress, Firenze.

Pancani G. 2016, *Piazza dei Miracoli a Pisa: il Battistero. Metodologie di rappresentazione e documentazione digitale 3D*, Edifir, Firenze.

Bertocci S., Minutoli G., Pancani G. 2015, *Rilievo tridimensionale e analisi dei dissesti della Pieve di Romena*, «Disegnarecon», vol. 8/14, pagg. 26.1-26.20.

Bertocci S., Bini M. 2012, *Manuale di rilievo architettonico e urbano*, Città Studi, Torino.

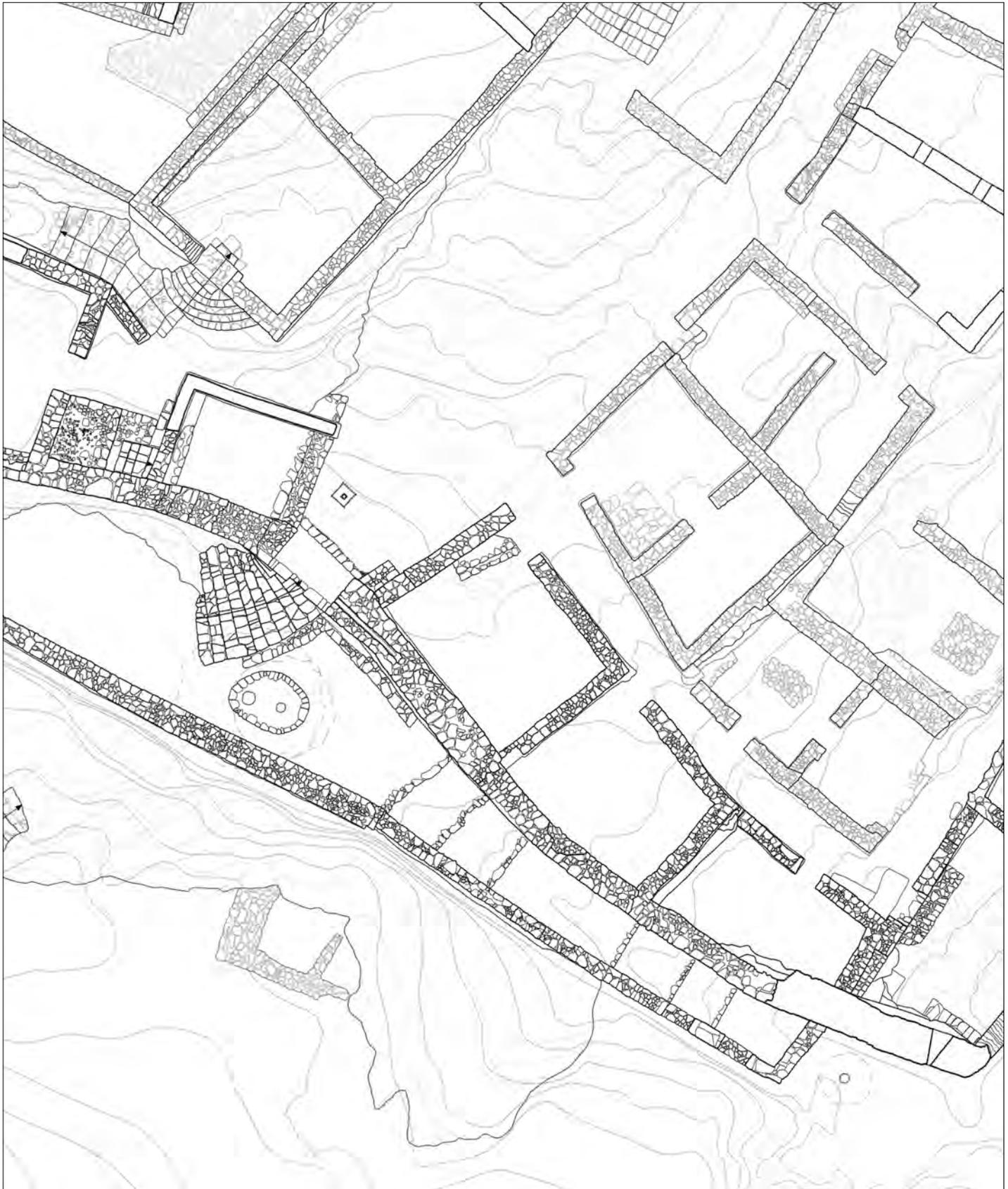


Figura 8
Dettaglio di restituzione grafica planimetrica rappresentante l'area
di accesso alla Rocca di San Silvestro

Campagne di acquisizione dei dati fotogrammetrici SfM

Utilizzata in vari ambiti, la fotogrammetria SfM è una metodologia che consente di realizzare modelli tridimensionali di un oggetto partendo da dati fotografici.

Nel progetto di rilievo e di restauro della Rocca di San Silvestro, la fotogrammetria ha avuto un ruolo fondamentale per lo studio diagnostico dei materiali, dei degradi superficiali e per le letture archeologiche propedeutiche agli interventi di consolidamento e di restauro.

Per il sito archeologico sono state portate avanti una serie di campagne di rilievo fotogrammetrico SfM, non solo per ottenerne una mappatura globale andando ad integrare i dati non rilevati dal laser-scanner (ad esempio alcune creste murarie), ma soprattutto per acquisire tutte le informazioni cromatiche e materiche relative allo stato di conservazione dei ruderi presenti. Per lo sviluppo di questa documentazione sono stati svolti sia rilievi a terra mediante fotocamere professionali, sia rilievi in quota tramite UAV. (fig. 1)

Per il rilievo fotogrammetrico close-range sono state utilizzate diverse camere digitali: una reflex Canon EOS 1100D, una DSLR Nikon D3100 ed una mirrorless Olympus OM-D EM-1 mark II, tutte dotate di varie ottiche, ma sempre impostate in modalità manuale con settaggi perlopiù costanti (ISO 100-F7), al fine di ottenere scatti in sequenza con colori e tonalità più simili possibili.

Per il rilievo aerofotogrammetrico è stato impiegato un drone DJI Mavic Pro, avente una fotocamera da 12 Mp incorporata che ha permesso la cattura di immagini aeree ad alta definizione, fornendo una mappatura globale del complesso architettonico e ambientale.

SfM Photogrammetric data acquisition campaigns

Used in various fields, SfM photogrammetry is a methodology that allows the creation of three-dimensional models of an object starting from photographic data.

In the project of survey and restoration of the Rocca di San Silvestro, photogrammetry has played a key role in the diagnostic study of materials, surface degradation and archaeological analysis preparatory to the consolidation and restoration interventions.

For the archaeological site, a series of SfM photogrammetric survey campaigns were carried out, not only to obtain a global mapping by integrating the data not detected by laser-scanner (for example some wall crests), but above all to acquire all the chromatic and material information related to the state of conservation of the ruins present. For the development of this documentation, both ground surveys using professional cameras and elevated surveys using UAVs were carried out. (fig. 1) For the close-range photogrammetric survey several digital cameras were used: a Canon EOS 1100D SLR, a Nikon D3100 DSLR and a mirrorless Olympus OM-D EM-1 mark II, all equipped with various lenses, but always set in manual mode with mostly constant settings (ISO 100-F7), in order to obtain sequential shots with colors and tones as similar as possible.

For the aerial photogrammetric survey a DJI Mavic Pro drone was used, having a built-in 12 Mp camera that allowed the capture of high definition aerial images, providing a global mapping of the architectural and environmental complex.

The photographic data acquired on the ground turn out to be huge (more than 10000 photos),

since every fragment present has been studied, and therefore its photographic survey necessary. The drone shots are instead about 300, of which 1/3 concern a general mapping, while the remainder are detailed for the numerous elevations. The substantial number of photographic shots taken ensured a wide overlap between them, so as to facilitate digital photogrammetric processing.

Photogrammetric data processing

The large number of photogrammetric acquisitions required a preliminary structuring and setting of the various datasets related to the surveyed works, in order to create an organized archive well prepared for digital processing.

For the latter, the potentialities of the Agisoft Metashape Pro SfM photomodelling software were exploited, through which the data of the photogrammetric survey campaigns were first re-processed, and then three-dimensional mapped models were realized. The processing of the photogrammetric data related to each architectural elevation involved the same methodology, which involves the development of 4 phases, each dedicated to a specific photogrammetric process. (fig. 2)

After importing the photographs into the program, the first phase of photomodelling begins, which is the alignment of the images. At this first point, the software refines the position of the camera from which each photograph was taken, determining the orientation of each photo, and defining a very sparse point cloud, which already makes clear the morphology of the object of study. Once the alignment is done, the sparse point cloud is refined and densified through a long process of elaboration, in which the software calculates the complete and necessary information for each photograph, and combines them into a single, more graphically defined point cloud, called dense cloud. At this stage, the object is clearly explained and begins to reveal not only its shape, but also the colors that distinguish it. After the realization of the dense cloud, there is the phase of triangulation of the point cloud, which develops through the creation

I dati fotografici acquisiti a terra risultano essere ingenti (più di 10000 foto), poiché ogni lacerto presente è stato oggetto di studio, e quindi il suo rilievo fotografico necessario. Gli scatti da drone risultano essere invece circa 300, dei quali 1/3 riguardano una mappatura generale, mentre i restanti sono di dettaglio per i numerosi alzati. Il sostanzioso numero di scatti fotografici eseguiti ha assicurato un'ampia sovrapposizione tra loro, così da favorire le elaborazioni fotogrammetriche digitali.

Fasi principali di elaborazione dati

L'ampio numero di acquisizioni fotogrammetriche ha necessitato di una preliminare strutturazione e impostazione dei vari dataset relativi alle opere rilevate, in modo da creare un archivio organizzato e ben predisposto alla elaborazione digitale.

Per quest'ultima sono state sfruttate le potenzialità del software di fotomodellazione SfM Agisoft Metashape Pro, tramite il quale sono stati dapprima rielaborati i dati delle campagne di rilievo fotogrammetrico, e successivamente ne sono stati realizzati i modelli tridimensionali mappati. L'elaborazione dei dati fotogrammetrici relativi ad ogni alzata architettonica ha visto la medesima metodologia che prevede lo sviluppo di 4 fasi, ognuna delle quali dedicata a un determinato processo fotogrammetrico. (fig. 2)

Dopo aver importato le fotografie nel programma, inizia la prima fase della fotomodellazione, ovvero l'allineamento delle immagini. In questo primo punto il software affina la posizione della camera da cui è stata scattata ogni fotografia, determinando l'orientamento di ogni foto, e definendo una nuvola di punti molto rada, chiamata *sparse cloud*, che rende già chiara la morfologia dell'oggetto di studio. Una volta eseguito l'allineamento, la nuvola di punti rada viene perfezionata e densificata attraverso un lungo processo di elaborazione, in cui il software calcola le informazioni complete e necessarie per ogni fotografia, e le combina in un'unica nuvola di punti graficamente più definita, detta *dense cloud*. A questo stadio, l'oggetto è chiaramente esplicitato ed

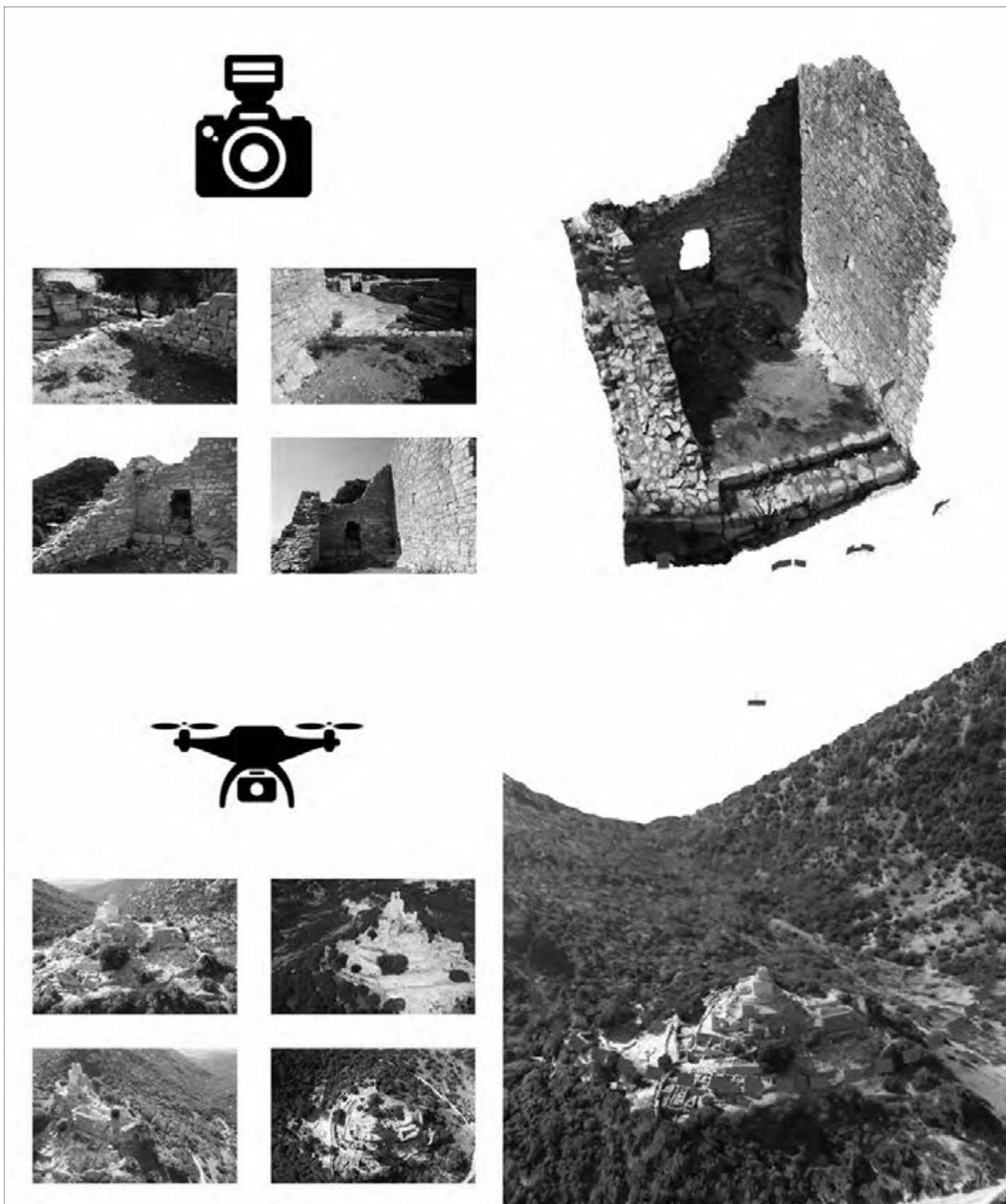


Figura 1
Schemi di acquisizione dati fotogrammetrici close-range e in quota

of the so-called mesh, which consists of a polygonal model formed by vertices, edges and faces. Unlike a real solid object, the mesh does not have a mass; it is a kind of empty volume. It can be displayed either with a uniform color, or with real colors, although these will still not be well defined. The last step in the photomodeling process is to place the texture on the surface of the newly created mesh. The texture mapping consists in applying the photographic data on the 3D model, from which the orthomosaic will be subsequently exported, i.e. what will become the orthophoto in the post-production phase.

The elaboration of these 3D models, integrated with the data of the laser-scanner surveys, allows to extrapolate the graphic elaborations necessary for the development of the diagnostic and archaeological analyses.

Complexity and possibility of Image Based Survey

Since its first applications in the field of architectural surveying, the degree of innovation that SfM applications could bring to the disciplines of representation was evident: the possibility of creating three-dimensional models on which to apply highly reliable textures has greatly improved the descriptive capacity of both digital models and two-dimensional drawings. The need to have photographic orthomosaics is due to the demand to create a database of 2D graphic drawings useful to map the different types of analysis, from archaeological to material to the identification of decays. Up to that moment this requirement had nevertheless been satisfied through the use of photogrammetry software, calibrating the frames on the basis of the orthoimages from the point clouds [Pancani 2015], while for the realization of three-dimensional photorealistic models, useful graphic communication tools especially if they are intended for non-technical subjects, very simplified models were used on which to apply the textures of the various faces of the building starting from the orthomosaics of the facades (Bertocci S. et al. 2014).

inizia a rivelare, oltre alla forma, anche i colori che lo contraddistinguono. Dopo la realizzazione della nuvola densa, si ha la fase di triangolazione della nuvola di punti, che si sviluppa attraverso creazione della cosiddetta mesh, che consiste in un modello poligonale formato da vertici, spigoli e facce. Differentemente da un oggetto solido reale, la mesh non presenta una massa; ma è una sorta di volume vuoto. Essa può essere visualizzata sia con un colore uniforme, sia con colori reali, anche se questi risulteranno ancora non ben definiti. L'ultima fase del processo di fotomodellazione è rappresentata dal fissaggio della texture sulla superficie della mesh appena creata. La mappatura della texture consiste nell'applicazione dei dati fotografici sul modello 3D, dal quale sarà successivamente esportata l'orthomosaic, ovvero ciò che in fase di post-produzione diverrà il fotopiano.

L'elaborazione di questi modelli 3D, integrati con i dati dei rilievi laser-scanner, permette di estrapolare gli elaborati grafici necessari per lo sviluppo delle analisi diagnostiche e archeologiche.

Complessità e possibilità del Rilievo Image Based

Fin dalle sue prime applicazioni nel campo del rilievo architettonico, è stato evidente il grado di innovazione che le applicazioni SfM potevano apportare alle discipline della rappresentazione: la possibilità di creare modelli tridimensionali su cui applicare tessiture altamente affidabili ha notevolmente migliorato la capacità descrittiva di sia modelli digitali che disegni bidimensionali. La necessità di disporre di ortomosaici fotografici è dovuta all'esigenza di creare un database di disegni grafici 2D utili a mappare le diverse tipologie di analisi, da quelle archeologiche a quelle materiche fino all'identificazione dei decadimenti. Fino a quel momento tale esigenza era stata comunque soddisfatta mediante l'utilizzo di software di fotogrammetria, calibrando i frame sulla base delle ortoimmagini provenienti dalle nuvole di punti (Pancani G. 2015), mentre per la realizzazione di modelli fotorealistici tridimensionali, utili strumenti di comunicazione grafica soprattutto se destinati a soggetti non tecnici, sono stati utilizzati



Figura 2
Principali processi di elaborazione fotogrammetrica SfM

Photomodelling has considerably modified the methodological procedures for the realization of orthomosaics and digital models. From the survey point of view, however, it immediately became clear how the models obtained from the frames were not comparable, as regards the metric reliability, with the point clouds obtained by laser scanners: at first, we tried to contain the problem by using, in support of the models obtained from the photographs, points taken with more reliable instruments such as total stations (Gaiani M. 2015). Recent software developments permitted to have lower metric errors and the ability to build models from large-scale photo datasets, things that were difficult until a few years ago.

The main reliability problem affecting photomodelling consists in its measurement mode: the frame comes from a passive acquisition method, that is, the camera sensor is impressed by light, doing nothing else but remaining exposed to it. Precisely for this reason it is not possible to determine the error that a survey can achieve before seeing the result obtained; this is decidedly different than the laser scanner survey, where the instrument sensor emits a light signal that is checked in order to test the results in the laboratory from which the technical data sheets of the instruments are made. The success of a 3D photographic survey does not really depend only on the morphology of the building, the acquisition method of the photographs and the materials that form the architecture, but also on the lighting conditions of the object, both artificial and natural. These problems mainly lead to cause different effects: if on the one hand they cannot recreate a uniformly balanced coloured texture on the other they can cause morphological errors due to the misinterpretation of badly lit surfaces (whether they are unduly underexposed or burned). It is possible to limit these errors in post production by modifying some parameters of the frames, which is possible only if the shots have been made in .raw format, otherwise the pixel changes lead to obvious errors: in this way shadows and burns are attenuated and the white balance of the photographs can be

modelli molto semplificati sui quali applicare le texture delle varie facce dell'edificio a partire dagli ortomosaici delle facciate (Bertocci S. et al. 2014).

La fotomodellazione ha notevolmente modificato le procedure metodologiche per la realizzazione di ortomosaici e modelli digitali. Dal punto di vista del rilievo, però, è apparso subito chiaro come i modelli non fossero confrontabili, per quanto riguarda l'affidabilità metrica, con le nuvole di punti ottenute dai laser scanner: in un primo momento si è cercato di contenere il problema utilizzando, a supporto dei modelli ricavati dalle fotografie, punti rilevati con strumenti più affidabili come le stazioni totali (Gaiani 2015). I recenti sviluppi del software hanno permesso di avere errori di metrica inferiori e la capacità di costruire modelli da set di dati fotografici su larga scala, cose che erano difficili fino a pochi anni fa.

Il principale problema di affidabilità della fotomodellazione consiste nella sua modalità di misurazione: un metodo di acquisizione passivo, dove il sensore della fotocamera viene impressionato dalla luce, non facendo altro che rimanervi esposto. Proprio per questo motivo non è possibile determinarne l'errore prima di vedere il risultato ottenuto; questo è decisamente diverso dal rilievo laser scanner, dove il sensore dello strumento emette un segnale luminoso che viene controllato per testare i risultati nel laboratorio da cui sono ricavate le schede tecniche degli strumenti.

Il successo di un rilievo fotografico 3D non dipende in realtà solo dalla morfologia dell'edificio, dal metodo di acquisizione dei fotogrammi e dai materiali che compongono l'architettura, ma anche dalle condizioni di illuminazione dell'oggetto, sia artificiale che naturale. Questi problemi portano principalmente a provocare effetti diversi: se da un lato non riescono a ricreare una texture colorata uniformemente bilanciata dall'altro possono causare errori morfologici dovuti all'errata interpretazione di superfici poco illuminate (siano esse indebitamente sottoesposte o bruciate). È possibile limitare questi errori in post produzione modificando alcuni parametri dei fotogrammi, cosa

possibile solo se gli scatti sono stati realizzati in formato .raw, altrimenti i cambiamenti di pixel portano ad errori evidenti: in questo modo si attenuano ombre e bruciature e il bilanciamento del bianco delle fotografie può essere uniformato tra loro, ma inevitabilmente la realizzazione di un archivio molto più pesante risulta.

Nel caso studio di Rocca San Silvestro sono stati riscontrati molti di questi problemi, soprattutto all'interno della chiesa: la differenza delle condizioni di illuminazione tra interno ed esterno ha portato ad avere superfici esposte diversamente a contatto e soprattutto nei punti di passaggio, come le porte questo ha provocato imprecisioni morfologiche importanti. Le fotografie scattate per creare un modello tridimensionale, hanno risentito di questi problemi ed infatti nello sviluppo del modello 3D tramite il software sono state evidenziate significative imprecisioni morfologiche; principalmente gli errori sono dovuti alla differente illuminazione delle superfici delle murature. Il risultato dell'allineamento automatico ha evidenziato questi problemi in diversi modi: la nuvola di punti densa creata presentava infatti molto rumore digitale, infatti le sezioni della nuvola di punti non erano filiformi, ma il software, a causa della difficoltà di posizionando i punti nello spazio, restituivano sezioni molto spesse.

Un modello errato avrebbe comportato una grande perdita di affidabilità e informazione; per risolvere le lacune all'interno del modello si è deciso di utilizzare un software diverso (reality capture) che permette di gestire i dati delle scansioni laser contemporaneamente ai dati fotografici. Il programma importa sia i dati delle scansioni, precedentemente filtrati e registrati (con il software Leica Cyclone), sia i frame, successivamente e cerca di allineare automaticamente i dati tra loro; questo è possibile perché i dati laser possono essere assimilati ai frame, ogni scansione può essere considerata come una vista panoramica che viene scomposta in un cubo (6 frame). L'unione tra i due sistemi di acquisizione porta a grandi miglioramenti: la ricostruzione tridimensionale di un modello mesh non si basa solo sui punti calcolati dalle fotografie, ma basa principalmente la sua morfologia sui punti

uniformed among them, but inevitably the realization of a much heavier archive results.

In the Rocca San Silvestro case study many of these problems were encountered, especially inside the church: the difference in lighting conditions between inside and outside has led to differently exposed surfaces in contact and especially in the passageways, such as the doors this resulted in important morphological inaccuracies. The photographs taken to create a three-dimensional model were affected by these problems and in fact significant morphological inaccuracies were highlighted in the development of the 3D model using the software; mainly the errors are due to the different lighting of the masonry surfaces. The result of the automatic alignment highlighted these problems in several ways: the dense point cloud created had in fact a lot of digital noise, in fact the sections of the point cloud were not filiform, but the software, due to the difficulty of positioning the points in the space, they returned very thick sections.

An unsuccessful model would have resulted in a great loss of reliability and information; to solve the gaps within the model it was decided to use a different software (reality capture) that allows to manage the data of the laser scans simultaneously with the photographic data. The program imports both the data of the scans, previously filtered and recorded (with the Leica Cyclone software), and the frames, afterwards and it tries to automatically align the data with each other; this is possible because laser data can be assimilated to frames, each scan can be considered as a panoramic view that is decomposed into a cube (6 frames). The union between the two acquisition systems leads to great improvements: the three-dimensional reconstruction of a mesh model is not only based on the points calculated from the photographs, but mainly bases its morphology on the points coming from point clouds from the laser scanner and integrates the missing data with the data coming from the photographic cameras. Obviously the laser scanner survey of the interior of the church did not suffer from lighting problems and this

allowed to obtain a complete model; the correct overlapping of the two acquisition methods, assisted by control points (with an error of less than 1 px), allowed to realize a complete and textured model of the church, which can be sectioned and used to recreate high resolution orthomosaics.

provenienti dalle nuvole di punti dal laser scanner e integra i dati mancanti con i dati provenienti dalle macchine fotografiche. Ovviamente il rilievo laser scanner dell'interno della chiesa non ha sofferto di problemi di illuminazione e questo ha permesso di ottenere un modello completo; la corretta sovrapposizione delle due modalità di acquisizione, assistita da punti di controllo (con errore inferiore a 1 px), ha permesso di realizzare un modello completo e strutturato della chiesa, che può essere sezionato e utilizzato per ricreare ortomosaici ad alta risoluzione.

Bibliografia Bibliography

Bertocci S., Parrinello S., Bua S.; Picchio F. 2014, *Montepulciano 3D: modelli virtuali per l'urbanistica e lo sviluppo dell'ambiente urbano*, DISEGNARECON, Vol 7, No 13, ISSN 1828-5961.

Gaiani M. 2015, *I portici di Bologna*, Bononia University Press, Bologna, ISBN 978-886923-036-3.

Lumini A., Bordini E. 2019, *Le robbiane al Santuario della Verna: sperimentazioni di rilievo digitale e modellazione 3D*. In Belardi P. (Ed.), *Proceedings of UID 2019 - Riflessioni. L'arte del disegno, il disegno dell'arte. 41° Convegno Internazionale dei docenti delle discipline della Rappresentazione* (pp. 761-768). Perugia: Gangemi Editore International. ISBN: 978-88-492-3762-7.

Picchio F. 2020, *Acquisition protocols for UAV photogrammetric data. Comparison in methodological SfM procedures from architectural till urban scale*, in Barba S., Parrinello S., Limogiello M., Dell'Amico A. (Eds.), «Proceedings of D-SITE - For a spatial and social investigation», Pavia University Press, Pavia, Italia, pp. 71-79, Vol. 1

Pancani G. 2015, *Le quadrature di Palazzo Pitti a Firenze, Lo svolgimento in vera grandezza delle volte affrescate al piano terreno*, in Bertocci S., Farneti F. (Ed.) *Prospettiva, luce e colore nell'illusionismo architettonico: Quadraturismo e grande decorazione nella pittura di età Barocca*, Editoriale Artemide, Roma. ISBN 978-88-7575-164-7.

Pancani G., Bigongiari M. 2020, *The Integrated Survey of the Pergamum by Nicola Pisano in the Cathedral of Pisa*. In: Kremers H. (eds) *Digital Cultural Heritage*. Springer, Cham.



Figura 3
Vista di un modello tridimensionale fotogrammetrico
dove si evidenzia come ogni superficie presenta una diversa esposizione alla luce solare



Il risultato di questo importante intervento di restauro conservativo è legato certamente anche alle malte impiegate in cantiere, per le quali è fondamentale sottolineare le fasi previste da questo progetto di restauro.

Caratterizzazione di una malta storica

Nei primi giorni di cantierizzazione del cantiere sono stati prelevati su punti significativi delle murature esistenti n. 16 campioni di malta originale per caratterizzarne la composizione chimico fisica come la cromia tramite adeguate analisi di laboratorio. Per questo i campioni sono stati inviati presso un laboratorio abilitato e certificato per la fase denominata “caratterizzazione di una malta storica”.

A questo proposito ricordo prima di tutto la norma “UNI-Beni Culturali 11305 Beni culturali - Malte storiche – Linee guida per la caratterizzazione mineralogico petrografica, fisica e chimica delle malte” che stabilisce i criteri generali per le osservazioni macroscopiche preliminari al campionamento, come per la scelta delle metodologie analitiche per lo studio mineralogico-petrografico, fisico e chimico di una malta, finalizzato alla caratterizzazione dell'impasto e alla valutazione del suo stato di conservazione.

Per definire invece il tipo di legante impiegato all'interno dell'impasto di una malta storica come approccio mineralogico-petrografico è stata considerata la norma “UNI 11176:2006 Beni culturali - Descrizione petrografica di una malta”. Come approccio di tipo chimico invece sottolineo la norma “UNI 11089:2003 Beni culturali – Malte storiche e da restauro. Stima della composizione chimica di alcune tipologie di malte.”.

The result of this important conservative restoration is certainly also linked to the mortars used on site, for which it is essential to underline the phases envisaged by this restoration project.

Characterization of a historical mortar

In the first days of the construction site, 16 samples of original mortar were taken from significant points of the existing masonry to characterize the chemical and physical composition as well as the color by means of adequate laboratory analyzes. For this reason, the samples were sent to an authorized and certified laboratory for the phase called “characterization of a historical mortar”.

In this regard, I recall first of all the standard “UNI-Cultural Heritage 11305 Cultural Heritage - Historical mortars - Guidelines for the mineralogical, petrographic, physical and chemical characterization of mortars” which establishes the general criteria for the macroscopic observations preliminary to sampling, as per the choice of analytical methodologies for the mineralogical-petrographic, physical and chemical study of a mortar, aimed at characterizing the mixture and assessing its state of conservation.

Instead, to define the type of binder used within the mixture of a historical mortar as a mineralogical-petrographic approach, the standard “UNI 11176: 2006 Cultural heritage - Petrographic description of a mortar” was considered. As a chemical approach, on the other hand, I underline the standard “UNI 11089: 2003 Cultural heritage - Historical and restoration mortars. Estimation of the chemical composition of some types of mortars.”.

The standard “UNI 11088 i Historical and restoration mortars: Chemical characterization of a

mortar was also considered. Determination of the content of siliceous aggregate and of some soluble species” which defines the chemical method for determining the content of siliceous and / or silicate aggregate of a mortar, as well as the content of some characteristic chemical species (SiO₂, CaO, MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃, SO₃, K₂O, Na₂O), solubilized by an acid attack. The results are expressed as oxides.

Instead, to verify that the origin, nature and granulometry distribution of the aggregate used in the original mortar taken on site, with a mineralogical-petrographic approach, the “NORMAL 12/83 Artificial Aggregates of Non-Binder Matrix Clasts were considered. Clayey: Description Scheme (non-clayey matrix mortars) “;” NORMAL 15/84 Clay Matrix Artifacts and Aggregates: Description Scheme that refers to clayey matrix mortars. “.

The standard “UNI 11088 i Historical and restoration mortars: Chemical characterization of a mortar. Determination of the content of siliceous aggregate and of some soluble species” was considered for a chemical method for determining the content of siliceous and / or silicate aggregate of a mortar, of the content of some characteristic chemical species (SiO₂, CaO, MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃, SO₃, K₂O, Na₂O), solubilized by an acid attack. The results are expressed as oxides.

We recall the other reference standards for the characterization of a historic mortar:

- NORMAL 23/86 Technical Terminology: Definition and Description of Mortars already replaced by UNI 10924,

while the judgments must be expressed in accordance with the documents

- NORMAL 12/83 Artificial Aggregates of Clasts with Non-Clay Binder Matrix: Description Scheme

- NORMAL 15/84 Clay Matrix Artifacts and Aggregates: Description Scheme

- NORMAL 4/80 Pore Volume Distribution as a Function of Their Diameter. Comes NORMAL 7/81

Water Absorption for Total Immersion - Absorption Capacity NORMAL 8/81 Examination of Morphological Characteristics at the Scanning

Si è considerata inoltre la norma “UNI 11088 i Malte storiche e da restauro: Caratterizzazione chimica di una malta. Determinazione del contenuto di aggregato siliceo e di alcune specie solubili” che definisce il metodo chimico per la determinazione del contenuto di aggregato siliceo e/o silicatico di una malta, come del contenuto di alcune specie chimiche caratteristiche (SiO₂, CaO, MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃, SO₃, K₂O, Na₂O), solubilizzate da un attacco acido. I risultati vengono espressi come ossidi.

Per verificare invece che l'origine, la natura e la distribuzione granulometrica dell'inerte impiegato nella malta originale prelevata in cantiere, con un approccio mineralogico-petrografico, sono state considerate le norme “NORMAL 12/83 Aggregati Artificiali di Clasti a Matrice Legante non Argillosa: Schema di Descrizione (malte a matrice non argillosa)”, “NORMAL 15/84 Manufatti e Aggregati a Matrice Argillosa: Schema di Descrizione che si riferisce a malte a matrice argillosa.”.

La norma “UNI 11088 i Malte storiche e da restauro: Caratterizzazione chimica di una malta. Determinazione del contenuto di aggregato siliceo e di alcune specie solubili” è stata considerata per un metodo chimico di determinazione del contenuto di aggregato siliceo e/o silicatico di una malta, del contenuto di alcune specie chimiche caratteristiche (SiO₂, CaO, MgO, Al₂O₃, Fe₂O₃, SO₃, K₂O, Na₂O), solubilizzate da un attacco acido. I risultati vengono espressi come ossidi.

Ricordiamo le altre norme di riferimento per la caratterizzazione di una malta storica:

- NORMAL 23/86 Terminologia Tecnica: Definizione e Descrizione delle Malte già sostituito dall'UNI 10924,

mentre i giudizi devono essere espressi secondo quanto previsto dai documenti:

- NORMAL 12/83 Aggregati Artificiali di Clasti a Matrice Legante non Argillosa: Schema di Descrizione,

- NORMAL 15/84 Manufatti e Aggregati a Matrice Argillosa: Schema di Descrizione,

- NORMAL 4/80 Distribuzione del Volume dei Pori in Funzione del loro Diametro. Viene NORMAL 7/81 Assorbimento d'Acqua per Immersione Totale - Capacità di Imbibizione NORMAL 8/81 Esame delle Caratteristiche Morfologiche al Microscopio Elettronico a Scansione (SEM),
- NORMAL 14/83 Sezioni Sottili e Lucide di Materiali Lapidari: Tecnica di Allestimento NORMAL 11/85 Assorbimento d'Acqua per Capillarità - Coefficiente di Assorbimento Capillare,
- NORMAL 21/85 Permeabilità al Vapor d'Acqua,
- UNI 10924 Elaborata dal G.L. 11 Beni culturali Malte per elementi costruttivi e decorativi: Classificazione e terminologia,
- UNI 11088 Elaborata dal G.L. 11 Beni culturali Malte storiche e da restauro: Caratterizzazione chimica di una malta. Determinazione del contenuto di aggregato siliceo e di alcune specie solubili,
- UNI 11139 G.L. 11 Beni culturali Malte storiche: Determinazione del contenuto di calce libera e di magnesia libera (sostituisce NORMAL 31/89),
- UNI 11140 G.L. 11 Beni culturali Malte storiche: Determinazione del contenuto di anidride carbonica (sostituisce NORMAL 32/89),
- UNI 11089 Beni culturali Malte storiche e da restauro: Stima della composizione di alcune tipologie di malte,
- UNI 11060 Beni Culturali Materiali lapidei naturali ed artificiali: Determinazione della massa volumica e della percentuale dei vuoti.,

per i n. 16 campioni prelevati in cantiere sono state eseguite le seguenti prove:

- Analisi petrografica al microscopio a luce polarizzata (MPOM) su preparato in sezione sottile secondo NorMal 10/82 e UNI EN 12407:2001.
- Analisi diffrattometrica ai raggi X (XRD) per il riconoscimento delle fasi cristalline secondo UNI EN 13925-2:2006.

La strumentazione impiegata per queste analisi è la seguente:

- Troncatrice metallografica Remet Micromet-M (N interno A-1),

Electron Microscope (SEM).

- NORMAL 14/83 Thin and Polished Sections of Stone Materials: NORMAL 11/85 Preparation Technique
- Water Absorption by Capillarity - Coefficient of Capillary Absorption.
- NORMAL 21/85 Permeability to Water Vapor
- UNI 10924 Elaborated by the G.L. 11 Cultural heritage Mortars for construction and decorative elements: Classification e
- terminology
- UNI 11088 Elaborated by the G.L. 11 Cultural heritage Historical and restoration mortars: Chemical characterization of a
- Malta. Determination of the content of siliceous aggregate and of some soluble species.
- UNI 11139 G.L. 11 Cultural heritage Historical mortars: Determination of free lime and magnesia content
- free (replaces NORMAL 31/89)
- UNI 11140 G.L. 11 Cultural heritage Historical mortars: Determination of the carbon dioxide content (replaces NORMAL 32/89)
- UNI 11089 Cultural heritage Historical and restoration mortars: Estimate of the composition of some types of mortars
- UNI 11060 Cultural Heritage Natural and artificial stone materials: Determination of the density and percentage of voids.

The following tests were carried out for the 16 samples taken on site:

- - Petrographic analysis with a polarized light microscope (MPOM) on a thin section preparation according to NorMal 10/82 and UNI EN 12407: 2001.
- X-ray diffractometric analysis (XRD) for the recognition of crystalline phases according to UNI EN 13925-2: 2006.
- The instrumentation used for these analyzes is the following:
- Remet Micromet-M metallographic cutting-off machine (internal N A-1),
- Remet LS2 metallographic cleaner (internal N A-2), Nikon Alphaphot 2 polarizing optical microscope - POL (internal N S-57).

- Philips X'Change X-ray diffractometer (internal N S-4).

The results obtained for each individual sample analyzed were then reported in the final report report. The result of the mineralogical-petrographic analysis called "Classification of the mixture" shows the color, the binder used as well as the nature and grain size curve of the aggregates used, the inert binder ratio. I underline an example on page 6 of the report: "Brown-colored mortar made with aerial lime loaded with aggregate of an almost completely carbonate nature (polycrystalline calcite and marly limestone) and only minimally silicate (argillites, quartz), with small but significant percentages of yellowish ocher minerals rich in iron oxides. The granulometry of the aggregate varies from the coarse silty class (1 / 16-1 / 32 mm) to the very coarse sandstone (2 - 1 mm) with a prevalence of the fine sandstone fraction (1/4 - 1/8 mm). The aggregate / powdered binder ratio is about 3.5 / 1 by volume. The total porosity is medium, defined by vacuums of spherical and irregular shape. "

The objective of the first phase defined "Characterization of a historical mortar" had been achieved and made it possible to reach the next one.

The nature of the binder as well as the aggregates present, the lack of Portland cement binders as well as chemical additives certainly define the excellent quality of the original historical mortar, unequivocally directing the next phase of reproduction of a sample mortar to be used for the grouting / styling of the mortar joints as for the eventual partial reconstruction of non-cohesive wall faces.

Formulation, reproduction and experimentation of a sample mortar.

With the results obtained from laboratory analyzes it was possible to proceed with the reproduction of various sample mortars present on the walls of the Rocca di San Silvestro.

Having verified that the binder present inside the original mortars was an aerial lime, a pure



Figura 1 Test assorbimento

- Pulitrice metallografica Remet LS2 (N interno A-2),
- Microscopio ottico polarizzatore Nikon Alphaphot 2 – POL (N interno S-57).
- Diffratometro a raggi X Philips X' Change (N interno S-4).

I risultati ottenuti per ogni singolo campione analizzato sono stati riportati poi all'interno della relazione report finale. Il risultato dell'analisi mineralogico-petrografica denominato "Classificazione dell'impasto" riporta il colore, il legante impiegato come la natura e la curva granulometrica degli inerti impiegati, il rapporto inerte legante. Sottolineo un esempio a pag.6 del report: "Malta di colore bruno realizzata con calce aerea caricata con aggregato di natura quasi completamente carbonatica (calcite policristallina e calcari marnosi) e solo in minima parte silicatica (argilliti, quarzo), con piccole ma

significative percentuali di minerali ocrei giallastri ricchi in ossidi di ferro. La granulometria dell'aggregato varia dalla classe siltoso grossolana (1/16-1/32 mm) a quella arenaceo molto grossolana (2 - 1 mm) con una prevalenza della frazione arenaceo fine (1/4 - 1/8 mm). Il rapporto aggregato/legante in polvere è circa 3,5/1 in volume. La porosità totale è media, definita da vacui di forma sferica e irregolare.” L'obiettivo della prima fase definita “Caratterizzazione di una malta storica” era stato raggiunto e permetteva di raggiungere quella successiva.

La natura del legante come degli inerti presenti, la mancanza di leganti di cemento portland come di additivi chimici ne definiscono certamente l'ottima qualità della malta storica originale, indirizzando in modo inequivocabile la fase successiva di riproduzione di una malta a campione da impiegare per la stuccatura/stilatura dei giunti di malta come per l'eventuale parziale ricostruzione di paramenti murari decoesi.

Formulazione, riproduzione e sperimentazione di una malta a campione.

Con i risultati ottenuti dalle analisi di laboratorio è stato possibile procedere alla riproduzione di diverse malte a campione presenti sulle murature della Rocca di San Silvestro.

Verificato che il legante presente all'interno delle malte originale era una calce aerea, è stata selezionata una calce aerea pura super-ventilata micronizzata e vagliata avente formula chimica $\text{Ca}(\text{OH})_2$, ricavata dallo spegnimento dell'ossido di calcio ottenuto per cottura a temperatura fino a 900°C in forni verticali, da un calcare a alto grado di purezza.

Ricordo che gli antichi romani, come i fenici prima, impiegavano come legante principale la calce aerea, o idrato di calce, nella preparazione delle malte e dei calcestruzzi. Vitruvio, nella sua opera “De architectura” ne descrive la produzione a partire da pietre bianche, cotte in forni (le calchere) dove perdono peso (oggi sappiamo in conseguenza della liberazione di anidride carbonica). Il materiale ottenuto, la calce viva, era poi “spenta” gettandola in vasche piene d'acqua.

super-ventilated micronized and screened aerial lime was selected with the chemical formula $\text{Ca}(\text{OH})_2$, obtained from the quenching of the calcium oxide obtained by firing at temperature up to 900°C in vertical ovens, from a limestone with a high degree of purity.

I remember that the ancient Romans, like the Phoenicians before, used air lime, or hydrated lime, as the main binder in the preparation of mortars and concretes. Vitruvius, in his work “De architectura” describes the production starting from white stones, cooked in ovens (the calchere) where they lose weight (today we know as a consequence of the release of carbon dioxide). The material obtained, quicklime, was then “extinguished” by throwing it into tanks full of water. Initially used in the form of “air lime” (which hardens only if in contact with air) it was subsequently mixed with pieces of baked clay (pottery, bricks, etc.) or pozzolan, a sand rich in silica, which alter its resistance characteristics and impermeability but above all they allow it to be gripped even in environments not in contact with air (typically underwater).

The raw material for the production of lime is limestone, a sedimentary rock rich in calcium carbonate

(CaCO_3) which is extracted from open-cast quarries. The material, roughly crushed with a diameter of the fragments in the order of 2-20 centimeters, is introduced into the furnaces where it is gradually heated to 900°C , and then comes out from the bottom of the furnace over a period of about 10 hours. In this phase, a chemical reaction takes place (calcination reaction) which leads to the release of carbon dioxide and the production of calcium oxide or quicklime: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$.

After firing, the stone fragments reduce their weight by about 40% due to the lost carbon and oxygen atoms, and take on a porous consistency. Furthermore, the common gray color of the limestone is lost and the stones become mostly white. They constitute quicklime which, marketed as it is or reduced to powder, must be stored in

perfectly airtight containers, as it is very hygroscopic.

To obtain this air lime or slaked lime, the material must undergo the quenching reaction: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$ associated with two evident macroscopic effects: a violent release of heat and disintegration

of the stone due to the expansive effect of the transformation from oxide to calcium hydroxide. The extinguishing can be carried out in two different ways, by sprinkling or by immersion. In the first case, a relatively complex extinguishing system is used which involves: a first crushing of the oxide into millimeter-sized stones, the transfer of fragments onto a conveyor belt on which the real extinguishing, by means of sprayers that distribute the water over the entire section in order to uniformly wet the stones, which further shatter for the reaction. After the reaction a fine powder is obtained, called hydrated lime powder which is divided according to the fineness. It is in fact possible to market the air lime in two different forms as lime flower, of greater value and cost with specific restrictive techniques described by a specific UNI standard, or as construction lime, of lower value and fineness.

Extinguishing by immersion, on the other hand, occurs when the quicklime clods are thrown into a tub full of water. Generally this type of extinguishing takes place in two steps, with a first extinguishing tank and the subsequent passage in the seasoning tanks, inside which the paste called "slaked lime" is formed. In the maturing tanks, the presence of a film of water a few centimeters above the plastic mass is essential to ensure that the calcium hydroxide does not react with the anhydride carbon dioxide of the air.

Another method of producing slaked lime involves obtaining the paste by subsequent hydration of the hydrated lime powder obtained from the sprinkling extinguishing system. This production method leads to a lower quality slaked lime than that obtainable by immersion and long curing. The white suspension that "floats" above the putty is sometimes sold as lime milk.

Inizialmente adoperata nella forma di "calce aerea" (che indurisce solo se a contatto con aria) venne successivamente mischiata con pezzi di argilla cotta (vasellame, mattoni ecc.) oppure pozzolana, una sabbia ricca di silice, che ne alterano le caratteristiche di resistenza ed impermeabilità ma soprattutto ne consentono la presa anche in ambienti non a contatto con aria (tipicamente sott'acqua).

La materia prima per la produzione della calce è il calcare, una roccia sedimentaria ricca di carbonato di calcio

(CaCO_3) che viene estratta dalle cave a cielo aperto. Il materiale, grossolanamente frantumato con diametro dei frammenti nell'ordine di 2-20 centimetri, viene introdotto in fornaci dove viene riscaldato gradualmente a 900°C , per poi uscire dal fondo della fornace nell'arco di circa 10 ore. In questa fase avviene una reazione chimica (reazione di calcinazione) che porta alla liberazione di anidride carbonica e alla produzione dell'ossido di calcio o calce viva: $\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2$. Dopo la cottura i frammenti di pietra riducono il loro peso di circa il 40% a causa degli atomi di carbonio e ossigeno perduti, e assumono una consistenza porosa. Inoltre il comune colore grigio del calcare viene perso e le pietre diventano per lo più bianche.

Esse costituiscono la calce viva che commercializzata così com'è oppure ridotta in polvere, dev'essere conservata in recipienti perfettamente ermetici, poiché è molto igroscopica.

Per ottenere questa calce aerea o calce spenta, il materiale deve subire la reazione di spegnimento: $\text{CaO} +$

$\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$ associata a due effetti macroscopici evidenti: un violento rilascio di calore e la disgregazione

della pietra per l'effetto espansivo della trasformazione da ossido ad idrossido di calcio. Lo spegnimento può essere condotto in due maniere differenti, per aspersione o per immersione. Nel primo caso si ricorre ad un impianto di spegnimento relativamente complesso che prevede: una prima frantumazione dell'ossido in pietre di dimensione millimetrica, il trasferimento dei frammenti su un nastro trasportatore su cui avviene il vero e proprio spegnimento, mediante spruzzatori

che distribuiscono l'acqua su tutta la sezione in modo da bagnare uniformemente le pietre, che si frantumano ulteriormente per la reazione. Dopo la reazione si ottiene una polvere fine detta appunto calce idrata in polvere che viene suddivisa in base alla finezza. È infatti possibile commercializzare la calce aerea in due forme diverse come fiore di calce, di maggiore pregio e costo con specifiche tecniche restrittive descritte da una specifica norma UNI, o come calce da costruzione, di minor pregio e finezza.

Lo spegnimento per immersione avviene invece quando le zolle di calce viva vengono gettate in una vasca piena d'acqua. In genere questo tipo di spegnimento avviene in due passaggi, con una prima vasca di spegnimento e il successivo passaggio nelle vasche di stagionatura, dentro le quali si ha la formazione della pasta detta "grassello di calce". Nelle vasche di stagionatura è essenziale la presenza di un film d'acqua di qualche centimetro sopra la massa plastica che garantisce che l'idrossido di calcio non reagisca con l'anidride carbonica dell'aria.

Un altro metodo di produzione del grassello prevede di ottenere la pasta per successiva idratazione della calce idrata in polvere ottenuta dall'impianto di spegnimento per aspersione. Questa metodologia di produzione porta ad un grassello di qualità inferiore rispetto a quello ottenibile per immersione e lunga stagionatura. La sospensione bianca che "galleggia" sopra il grassello è a volte venduta come latte di calce. La presa inizia con l'asportazione dell'acqua e la successiva essiccazione.

Ciò la rende inutilizzabile per le applicazioni a contatto con l'acqua (ponti, moli), ma la rende preferibile al cemento dove l'essiccazione avvenga rapidamente, come nell'applicazione di intonaci.

Una volta che la calce si è essiccata, a contatto con l'anidride carbonica presente nell'atmosfera inizia un lento processo che la trasforma in calcare (carbonatazione), il composto originario dal quale è stata prodotta. La reazione è: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

Setting begins with the removal of the water and subsequent drying.

This makes it unusable for applications in contact with water (bridges, piers), but makes it preferable to concrete where drying occurs quickly, such as in the application of plasters.

Once the lime has dried, in contact with the carbon dioxide present in the atmosphere, a slow process begins which transforms it into limestone (carbonation), the original compound from which it was produced. The reaction is: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$.

Even if the previous reaction is formally correct, the actual reaction is more complex.

Observing the previous reaction in fact, the process would seem to take place between a solid $\text{Ca}(\text{OH})_2$ and a CO_2 gas, while in reality the reaction takes place in the aqueous phase thanks to the lime mixing water.

In fact, calcium hydroxide dissolves in water, thanks to good solubility, carbon dioxide dissolves also in water, forming a species referred to as carbonic acid H_2CO_3 , from which a slightly soluble salt is formed by acid-base reaction, namely calcium carbonate. The correct form is therefore: $\text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$.

To underline the quality of the binder found inside the original mortars of the Rocca di San Silvestro construction site, I quote below some quotes from Marco Vitruvio Pollione, Roman architect and writer, active in the second half of the 1st century BC from his "De Architectura", to underline the importance of choosing a mortar in a restoration project.

In Book VII - Chapter II (b):

You will have a good result using lime of excellent quality and letting it macerate for a long time; so if any piece is not well cooked in the furnace, it will be due to the long and uninterrupted maceration process. In fact, using lime in the process of fermentation, containing it still raw lumps, once applied, it will form bubbles. These lumps continue their fermentation process even after installation, they will damage and ruin the plaster.

Once the maceration is complete and everything has been carefully prepared for installation, take a trowel and in the same way as you cut the wood with the ax, cut the lime with it. If lumps are found, it means that the lime is not ready; if the trowel comes out dry and clean it means that the lime is weak and dry, while to be greasy and well macerated it will have to stick like glue to the trowel iron.

From his “De Architectura” in Book VII - Chapter III (a) it is reported:

[...] 3. Arranged and contested the vaults, plaster the sky with sand, then smooth it with clay or marble. Once the vaults have been smoothed, they must be pulled under the frames, soft and thin as much as possible; when they are too big they are pulled down by the weight nor can they support themselves. Neither should gypsum be mixed with it at all, but rather must be applied to the chosen and sieved marble uniformly, so that, not setting now before or after, the work is allowed to dry with an equal and synchronous content. [...] 5. Pull the frames, the walls are roughed up with plaster, and on top, while the roughing is drying, a layer of stranded, lime and sand is drawn - in a workmanlike manner, with line and rope to the lengths, with a plumb line for the heights, with a square for the corners; as in this way the appearance of the plaster will be ready for painting. Once this layer is dried, a third is induced: the thicker the layer of the sandstone, the more the plaster will withstand old age. 6. In short, no less than three layers of plaster must be spread up beyond the roughing. Then spread the surface with grainy marble powder mixed separately so that it does not stick to the shovel or ladle, and the iron is drawn clean from the container. Once the layer of coarse granules has been spread and dried, draw another finer one; and compresses well and rubs well; finally induce a more subtle one. Thus with three layers of stranded and three of marble the walls will be consolidated, they will not be able to fear cracks or other troubles. 7. On the other hand, once solidity has been achieved with the pressure of the

Anche se la reazione precedente è corretta dal punto di vista formale, la reazione reale è più complessa.

Osservando la precedente reazione infatti, il processo sembrerebbe avvenire tra un solido $\text{Ca}(\text{OH})_2$ e un gas CO_2 , mentre in realtà la reazione avviene in fase acquosa grazie all'acqua di impasto della calce.

L'idrossido di calcio infatti si scioglie in acqua, grazie ad una buona solubilità, l'anidride carbonica si scioglie

anch'essa in acqua, formando una specie indicata come acido carbonico H_2CO_3 , da cui per reazione acido base si forma un sale poco solubile, ovvero il carbonato di calcio. La forma corretta è dunque: $\text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^- + 2\text{H}^+ + \text{CO}_3^{2-} \rightarrow \text{CaCO}_3 + 2\text{H}_2\text{O}$.

Per sottolineare la qualità del legante ritrovato all'interno delle malte originali del cantiere della Rocca di San Silvestro riporto di seguito alcune citazioni di Marco Vitruvio Pollione, architetto e scrittore romano, attivo nella seconda metà del I secolo a.c.. dal suo “De Architectura”, per sottolineare l'importanza della scelta di una malta in un progetto di restauro.

Nel Libro VII - Capo II (b):

Si avrà un buon risultato usando calce di ottima qualità e lasciandola macerare a lungo; così se qualche pezzo non si è ben cotto nella fornace, lo sarà per effetto del lungo e ininterrotto processo di macerazione. Usando infatti calce in via di fermentazione, contenendo essa dei grumi ancora crudi, una volta applicata, formerà delle bolle. Questi grumi continuano il loro processo di fermentazione anche dopo la messa in opera, danneggeranno e rovineranno l'intonaco.

A macerazione ultimata e dopo aver tutto scrupolosamente predisposto per la messa in opera, si prenda una cazzuola e allo stesso modo in cui si taglia il legname con l'ascia, si tagli con quella la calce. Se si troveranno dei grumi vorrà dire che la calce non è pronta; se la cazzuola uscirà asciutta e pulita vorrà dire che la calce è fiacca e arida, mentre per essere grassa e ben macerata dovrà restare attaccata come colla al ferro della cazzuola.

Dal suo “De Architectura” nel Libro VII - Capo III (a) si riporta:

[...] 3. *Disposte e conteste le volte, se ne intonachi il cielo con sabbia, poi si lisci con creta o marmo. Lisciate le volte, si tirino sotto le cornici, tenui e sottili al massimo possibile; quando son troppo grosse vengono tirate giù dal peso né posson sostenersi. Né si deve affatto mescolarvi del gesso, bensì si debbon tirare a marmo scelto e stacciato uniformemente, in modo che, non facendo presa ora prima ora dopo, sia permesso al lavoro di seccare con tenore uguale e*



Figure 2 - Test compressione



Figure 3 - Test modulo

sincrono. [...] 5. Tirate le cornici, le pareti siano sgrossate d'intonaco, e sopra, mentre si asciuga la sgrossatura, si tracci uno strato di arenato, calce e sabbia - a regola d'arte, con riga e corda per le lunghezze, col filo a piombo per le altezze, colla squadra per gli angoli; giacché così l'aspetto dell'intonaco sarà pronto per la pittura. Seccato questo strato se ne induca un terzo: quanto più sarà spesso lo strato dell'arenato, tanto più l'intonaco resisterà alla vecchiaia. 6. Si devono insomma stender non meno di tre strati di intonaco fino oltre la sgrossatura. Poi si stenda la superficie con polvere granulosa di marmo impastata a parte in modo che non si attacchi al badile o alla mestola, e il ferro venga tratto pulito dal recipiente. Steso lo strato a granuli grossi, e seccato, se ne tracci un altro più fino; e si comprima bene e si stropicci bene; se ne induca infine uno più sottile. Così con tre strati di arenato e tre di marmo le pareti saranno consolidate, né potranno temere fenditure né altri guai. 7. D'altra parte una volta che sia raggiunta la solidità colla pressione dei liscioi, e ben levigato il fermo candore del marmo, anche i colori applicati in ultimo nella rifinitura manderanno nitidi splendori. Questi colori diligentemente stesi sull'intonaco ancora umido, appunto per questo non si staccano, ma rimangono in eterno. [...] 10. E gli imbianchini greci, non solo seguono queste norme facendo opera stabile, ma in più nella fossa della calce mescolando calce e rena, poi con una squadra di operai battono l'intriso con pale di legno a chi più batte; poi, ben macerato, ne usano. [...].

smoothers, and the firm whiteness of the marble is well polished, even the colors applied last in the finishing will send clear splendors. These colors diligently applied on the still damp plaster, precisely for this reason they do not come off, but remain forever. [...] 10. And the Greek painters, not only follow these rules by making stable work, but also in the lime pit by mixing lime and sand, then with a team of workers they beat the soaked with wooden shovels to whoever more beats; then, well macerated, they use it. [...]

[...] First of all, in the rooms on the ground floor, for about three feet from the floor, instead of the sandstone, rough it up with earthenware, so that the humidity does not reach the plaster. But if it is a question of walls that exude moisture over their entire height, then a second thin wall must be made a little detached from the first as far as possible, and in the cavity, at the bottom, a channel should be led at a lower level than the floor and outdoor

outlets; likewise at the end of the construction vents are left at the top; since the humidity, if it does not have an outlet at the top and bottom, will also occupy the new masonry. This done, grind and pull the wall with cocciopesto and then plaster to fine. [...]“.

As aggregates to be mixed with lime in a ratio of 1:3.5, carbonate, alluvial sands with a granulometric curve equal to the original were selected, treated at an industrial level with a special washing to eliminate any residues of silt or contaminants. A subsequent drying was carried out using a special equipment.

To reproduce ancient shading or ancient patinas during the sampling phase, some mortars have been mixed with colored marble powders. Their use has ensured the durability of the material over time. The mixing of these suitably dosed components was carried out with a suitable laboratory orbital mixer.

The samples prepared in the laboratory were then applied on site by the restorers, close to the original ones previously cleaned of moss, lichens and patinas with a specific biocide treatment, as well as from powders and incoherent parts.

To obtain the most correct coloring of the applied mortar, an adequate curing time of 28 days was required.

In the meantime, the tests required by the regulations in force for the certification of the sampled mortars have been carried out in the production laboratory. The chosen reference is first of all UNI 11488 of 2013, the only specific standard for restoration mortars currently in force. Although it is a standard that indicates guidelines, it is particularly precise and rigorous as regards the classification and definition of the composition, fully retaining its validity for these aspects. The part relating to the evaluation of the performance characteristics is, on the other hand, very concise and superficial. For this reason, UNI EN 998 2-2016 - Specifications for mortars for masonry works - Part 2: Masonry mortars was also considered. This specifies the requirements for factory-made masonry mortars (filling, bonding and bedding) for use in

[...] Anzitutto, nelle stanze a pian terreno, per circa tre piedi dal pavimento, invece dell'arenato si faccia una sgrossatura a cocchio pesto, così l'umidità non arriverà all'intonaco. Ma se si tratta di pareti che trasudano umidità per tutta la loro altezza, allora bisogna fabbricare una seconda sottile parete un po' staccata dalla prima fin quanto è possibile, e nell'intercapedine, in basso, si conduca un canale a livello più basso del pavimento e cogli sbocchi all'aperto; parimenti alla fine della costruzione si lascino sfiatatoi in alto; giacché l'umidità, se non avrà sfogo in alto e in basso, occuperà anche la nuova muratura. Ciò fatto, si sgrossi e si tiri la parete con cocchiopesto e poi si intonachi a fino. [...]

Come inerti da mescolare con la calce in rapporto di 1:3,5 sono state selezionate sabbie carbonatiche, alluvionali, di curva granulometrica uguale a quella originale, trattate a livello industriale con apposito lavaggio per eliminarne eventuali residui di limo o di contaminanti. Tramite una apposita attrezzatura è stata eseguita una successiva essiccazione.

Per riprodurre antiche ombreggiature o patine antiche durante la fase di campionatura, alcune malte sono state additivate con polveri di marmo colorate. Il loro impiego ha garantito una durabilità nel tempo del materiale. La miscelazione di questi componenti opportunamente dosati è stata eseguita con apposito mescolatore orbitale da laboratorio.

I campioni preparati in laboratorio, sono stati quindi applicati in cantiere dai restauratori, a ridosso di quelli originali precedentemente puliti da muschi, licheni e patine con apposito trattamento biocida, come da polveri e parti incoerenti.

Per avere la più corretta colorazione della malta applicata si è atteso un tempo adeguato di maturazione di 28 giorni.

Nel frattempo presso il laboratorio di produzione sono state eseguite le prove richieste dalle norme vigenti per la certificazione delle malte campionate. Il riferimento prescelto è prima di tutto la UNI 11488 del 2013, unica norma specifica per le malte da restauro attualmente in vigore. Nonostante sia una norma che indica delle linee guida, risulta particolarmente precisa e rigorosa per quanto riguarda la classificazione e la definizione della composizione, conservando appieno la sua validità per questi aspetti. La parte relativa alla valutazione

delle caratteristiche prestazionali risulta invece molto sintetica e superficiale. Per questo è stata considerata anche la UNI EN 998 2-2016 – Specifiche per malte per opere murarie – Parte 2: Malte da muratura. Questa specifica i requisiti per le malte da muratura prodotte in fabbrica (riempimento, collegamento e allettamento) per l'utilizzo in pareti, colonne e partizioni di muratura (per esempio murature esterne e interne, strutture di muratura portante e non portante per l'edilizia e l'ingegneria civile).

Sulle malte campionate sono state eseguite le seguenti prove di laboratorio come da normativa: resistenza a compressione a 28 giorni (N/mmq.); resistenza a taglio iniziale (N/mmq.); contenuto di cloruri; permeabilità al vapore.

A maturazione conclusa dei campioni applicati su murature in cantiere sono state scelte le cromie più simili all'originale alla presenza dei funzionari della Soprintendenza.

La fase successiva ha riguardato la produzione della malta all'interno di apposito miscelatore orbitale secondo la formula testata precedentemente.

masonry walls, columns and partitions (e.g. external and internal masonry, load-bearing and non-load-bearing masonry structures for construction and civil engineering).

The following laboratory tests were performed on the sampled mortars as required by law: compressive strength at 28 days (N / mmq.); initial shear strength (N / mmq.); chloride content; vapor permeability.

At the end of the maturation of the samples applied to the masonry on site, the colors most similar to the original were chosen in the presence of the Superintendency officials.

The next phase involved the production of the mortar inside a special orbital mixer according to the formula previously tested.



ANALISI PROPEDEUTICHE AGLI INTERVENTI DI RESTAURO, CARATTERIZZAZIONE DELLE TIPOLOGIE COSTRUTTIVE
PREPARATORY ANALYZES FOR RESTORATION INTERVENTIONS, CHARACTERIZATION OF CONSTRUCTION TYPES

Gianluca Fenili
Università degli Studi di Firenze
gianluca.fenili@gmail.com

Lo studio delle tecniche costruttive riveste grande importanza negli interventi di manutenzione e restauro dell'edificio storico. In particolare, i manufatti archeologici ridotti allo stato di rudere, quale Rocca San Silvestro, necessitano di un approccio interdisciplinare di figure professionali specialistiche, capaci di analizzare e indentificare le tecniche edificatorie di base e la loro evoluzione nel tempo. Alla base di questi studi ci sono le letture stratigrafiche condotte da Roberto Parenti (Parenti, 1992) e Giovanna Bianchi dell'Università di Siena, finalizzate all'analisi delle strutture murarie e, in particolar modo, alla stesura di una cronologia delle tecniche costruttive adoperate nei diversi periodi storici¹.

L'approccio metodologico della lettura stratigrafica dei paramenti si basa sul semplice concetto di "sovrapposizione" i cui elementi elementari sono le Unità Stratigrafiche (US), le quali si definiscono come entità fisica con caratteristiche proprie, tali da diversificarla dagli altri strati (Leonardi, 1982). Ci saranno quindi unità stratigrafiche "positive" (come una costruzione di un muro), o "negative" (come un crollo di un muro) (Arrighetti, 2015) (Boato, 2008) (Brogiolo et al., 2012). All'interfaccia tra due US si possono rilevare differenze nei materiali, nelle tecniche o in altre caratteristiche che portano alla determinazione di due diverse US.

Lo studio della stratigrafia degli elevati pertanto ha permesso di individuare, registrare e analizzare tutti gli interventi di costruzione o distruzione avvenuti sul sito, restituendo così informazioni chiave in vista di un futuro restauro o, in generale, per la conservazione della documentazione².

The study of construction techniques has great importance in the maintenance and restoration of historic buildings. In particular, archaeological artifacts reduced to a state of ruin, such as Rocca San Silvestro, require an interdisciplinary approach of specialized professionals, capable of analyzing and identifying construction techniques and their evolution over time. At the base of these studies, we have the stratigraphic readings conducted by Roberto Parenti (Parenti, 1992) and Giovanna Bianchi of the University of Siena, aimed at the analysis of the wall structures and, in particular, at the drafting of a chronology of the construction techniques used in different historical periods¹.

The methodological approach of the stratigraphic reading of the walls is based on the simple concept of "overlap", whose the base of these overlapping are the Stratigraphic Units (US). The Stratigraphic Units (US) are defined as a physical entity with its own characteristics, such as to diversify from the other layers (Leonardi, 1982). There will therefore be "positive" stratigraphic units (like construction of a wall), or "negative" (like a collapse of a wall) (Arrighetti, 2015) (Boato, 2008) (Brogiolo et al., 2012).

At the interface between two US, it can be detected differences in materials, techniques, or other characteristics that lead to the determination of two different US. The study of the stratigraphy of the walls, therefore, made it possible to identify, record, and analyze all construction or destruction interventions that occurred on the site, giving back key information in view of a future restoration or, in general, for the conservation of documentation².

¹ I nuovi studi riguardanti la lettura stratigrafica degli elevati hanno impiegato come basi grafiche i fotopiani prodotti attraverso la fotomodellazione ed il rilievo laser scanner;

² Successivamente alla lettura stratigrafica degli elevati, nell'area della Rocca interessata dal

¹ The new studies concerning the stratigraphic reading of the walls have used as graphic bases the photo-planes produced through photo-modeling and laser scanner survey.

² Following the stratigraphic reading of the walls, in the area of the Rocca affected by the restoration, sixteen samples



Construction types

The identification of the construction techniques on the walls of Rocca San Silvestro conducted by R. Parenti and G. Bianchi made it possible to identify five different types, divided into different groups and chronologically identified in the three macro-periods that describe the foundation, the renovation and the progressive abandonment of the site:

- Period I, the foundation (X-XI centuries): group I
- Period II, the renewal (XII-XIII centuries): groups II and III
- Period III, the abandonment (13th-14th centuries): groups IV and V

The five identified groups therefore each correspond to a different type of masonry, thus outlining the different characterizations of the construction techniques.

Starting from the most ancient walls, a chronological succession of the various groups was defined with the corresponding description and planimetric identification:

Pre-Romanesque masonry

Proto-Romanesque walls

Romanesque walls

Walls of the urban expansion

Masonry of restoration and gradual abandonment

of mortar were taken to be analyzed in the appropriate laboratories. The analyzes therefore made it possible to obtain a specific characterization of each sample.

Tipologie costruttive

L'individuazione delle tecniche costruttive sulle murature di Rocca San Silvestro condotta da R. Parenti e G. Bianchi, ha permesso di individuare cinque diverse tipologie, suddivise in diversi gruppi e cronologicamente identificate nei tre macro-periodi che descrivono la fondazione, il rinnovamento e il progressivo abbandono dell'insediamento:

- Periodo I, la fondazione (secoli X- XI): gruppo I
- Periodo II, il rinnovamento (secoli XII-XIII): gruppi II e III
- Periodo III, l'abbandono (secoli XIII-XIV): gruppi IV e V

I cinque gruppi individuati quindi corrispondono ognuno a una diversa tipologia di muratura, delineando così le differenti caratterizzazioni delle tecniche costruttive.

Partendo dalle murature più antiche è stata definita una successione cronologica dei vari gruppi con la corrispondente descrizione ed individuazione planimetrica:

- I. Murature preromaniche
- II. Murature protoromaniche
- III. Murature romaniche
- IV. Murature dell'ampliamento urbanistico
- V. Murature dei restauri e del graduale abbandono

restauro, sono stati prelevati sedici campioni di malta da far analizzare negli appositi laboratori. Le analisi hanno quindi permesso di ottenere una caratterizzazione specifica di ogni campione;

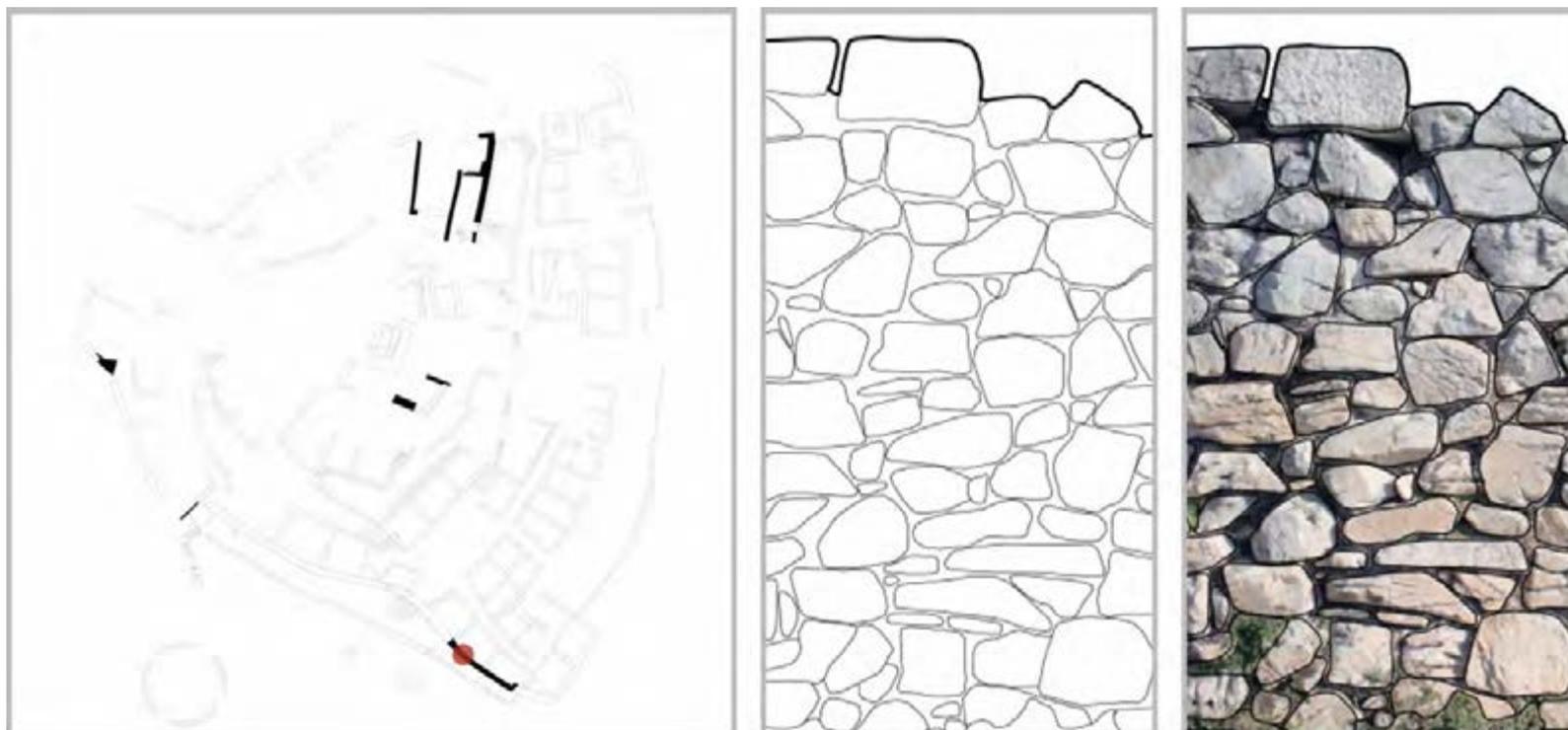


Figura 1
Rappresentazione e individuazione planimetrica delle murature preromaniche

Gruppo I: murature preromaniche

Le murature preromaniche sono costituite da pezzame spaccato di piccole e medie dimensioni, sulle quali non si rinviene traccia di lavorazione. Viene posato senza filari o secondo piani grossolanamente orizzontali. Gli spessori sono elevati senza considerevoli differenze fra cortina esterna e riempimento.

Le malte sono costituite da elevate percentuali di calce.

La tipologia di queste murature è riscontrata soprattutto nella cinta difensiva.

Gruppo II: murature protoromaniche

Le murature protoromaniche sono costituite da bozze e conci quadrati in modo irregolare, spesso solo spaccati ma con forma praticamente rettangolare.

Vengono posati in piani grossolanamente orizzontali e sub-orizzontali, di dimensioni medie.

Viene riscontrata in alcuni casi la presenza di intonaco di calce sottile.

Gli spessori sono elevati e vi è una prima distinzione fra lato esterno

Group I: Pre-Romanesque walls

The Pre-Romanesque walls are made up of small and medium-sized broken pieces, on which no trace of processing is found.

It is laid horizontally without following defined rows.

The thicknesses are high without considerable differences between the external curtain and the infill.

The mortars consist of high percentages of lime.

The typology of these walls is found above all in the defensive walls.

Group II: proto-Romanesque walls

The early Romanesque walls are made up of irregularly squared drafts and ashlars, often they are only split but with a rectangular shape.

They are laid in roughly horizontal and sub-horizontal planes, of medium size.

In some cases, the presence of thin lime plaster is found.

The thicknesses are high and there is a first distinction between the external side and the filling, made up in most cases of waste from the preparation of the drafts.

It is found a crumbly type of lime mortar. The typology of these walls is usually found in buildings.

Group III: Romanesque walls

The Romanesque walls are made up of perfectly squared ashlar and at various levels of finish. They are laid in horizontal and parallel rows, rarely doubled.

In walls where the thickness is high, the interior is always "chessed", composed in most cases of processing waste, while in the less thick walls (55 cm), the size of the segments makes them fit together, but the internal space, however, is always filled with processing waste.

It is found a type of hard and compact lime mortar. The typology of these walls can be found both in the buildings and in the most important structures (defensive walls, church, and tower), as well as in the buildings of the village.

Group IV: walls of the urban expansion

This type of masonry consists of the presence of squared and flattened ashlar with traces of the finish, but also of split squared drafts, often associated with inert used as wedges.

They are laid in parallel and horizontal rows. The thickness of the walls is generally thin (45-50 cm).

Their function is mainly used for the raising of houses and for massive reconstructions of houses.

Group V: masonry of the restorations and of the gradual abandonment

This type of masonry consists of the elements that come from the demolition of previous buildings. and they can be cracked, rough or in the form of segments.

It is difficult to identify this type of masonry because of the use of red clay in the constructions.

The typology of these walls is mostly found in restoration interventions, and also in the new constructions even if the red clay has been detected³.

e riempimento, composto nella maggior parte dei casi da scarti della preparazione delle bozze.

Si riscontra una tipologia di malta di calce abbastanza friabile.

La tipologia di queste murature è riscontrabile solitamente negli edifici.

Gruppo III: murature romaniche

Le murature romaniche sono costituite da conci perfettamente quadrati, e a vari livelli di finitura. Vengono posati in filari orizzontali e paralleli, raramente sdoppiati.

Nelle murature in cui lo spessore risulta elevato l'interno è sempre "a sacco", composto nella maggior parte dei casi da scarti della preparazione, mentre nelle murature meno spesse (55 cm), la dimensione dei conci li fa incastrare fra loro, lo spazio interno, comunque, è sempre riempito con gli scarti della lavorazione.

Si riscontra una tipologia di malta di calce dura e compatta.

La tipologia di queste murature è riscontrabile tanto negli edifici e nelle strutture più rilevanti (cinta muraria, chiesa e torre), quanto negli edifici del borgo.

Gruppo IV: murature dell'ampliamento urbanistico

Questa tipologia di murature è costituita dalla presenza di conci quadrati, spianati e con tracce della finitura, ma anche da bozze spaccate, spesso associate a zeppe.

Vengono posati in filari paralleli ed orizzontali.

Lo spessore dei muri è generalmente sottile (45- 50 cm).

La loro funzione è adibita soprattutto per il rialzamento di alcune abitazioni e a ingenti ricostruzioni delle abitazioni.

Gruppo V: murature dei restauri e del graduale abbandono

Questa tipologia di murature è costituita da elementi di muratura che provengono dall'abbattimento di costruzioni precedenti, e possono risultare spaccati, sbazzati o sotto forma di conci.

La vera discriminante per l'individuazione è la tipologia di legante

³ This text is the result of joint research and elaborations; the construction techniques characterization papers were



Figura 2
Rappresentazione e individuazione planimetrica delle murature protoromaniche

Figura 3
Rappresentazione e individuazione planimetrica delle murature romaniche

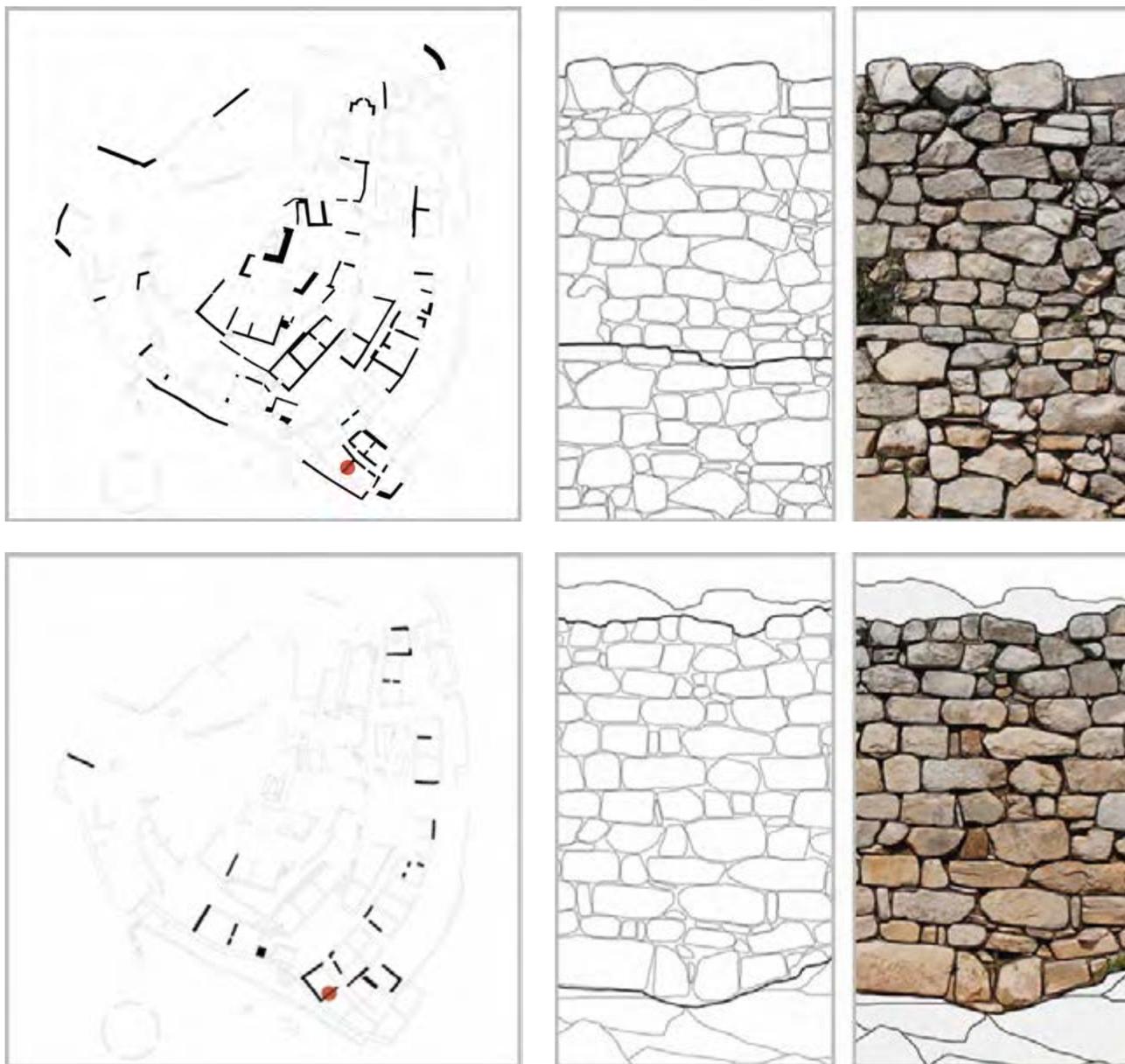


Figura 4
Rappresentazione e individuazione planimetrica delle murature dell'ampliamento urbanistico

Figura 4
Rappresentazione e individuazione planimetrica delle murature dovute all'abbandono

utilizzato, ovvero l'argilla rossa. La tipologia di queste murature è riscontrabile soprattutto a circoscritti interventi di restauro, anche se sono stati rilevati interventi di riedificazione ex-novo³.

produced by Andrea Lumini and Sara Marchini, under the scientific supervision of professors A. Arrighetti and G. Minutoli.

³ Il presente testo è frutto di ricerche ed elaborazioni comuni; gli elaborati di caratterizzazione delle tecniche costruttive sono stati prodotti da Andrea Lumini e Sara Marchini, sotto la supervisione scientifica dei professori A. Arrighetti e G. Minutoli.

Bibliografia Bibliography

Arrighetti A. 2015, *L'archeosismologia in architettura. Per un manuale*, Firenze.

Arrighetti A. 2017, *Rocca San Silvestro. Archeologia per il restauro*, Firenze.

Boato A. 2008, *L'archeologia in architettura. Misurazioni, stratigrafie, datazioni, restauro*, Venezia.

Brogio G.P., Cagnana A. 2012, *Archeologia dell'architettura. Metodi ed interpretazioni*, Firenze.

Leonardi G. 1982, *Lo scavo archeologico: appunti e immagini per un approccio alla stratificazione*, Padova.

Parenti R. 1992, *Fonti materiali e lettura stratigrafica di un centro urbano: i risultati di una sperimentazione non tradizionale*, *Archeologia Medievale*, XIX, pp.7-62.

Tra la conservazione dei monumenti e la chimica vi è, ad oggi, un legame fortemente consolidato dalle esperienze operative degli ultimi due secoli. La scienza della conservazione, dagli inizi dell’ottocento, ha fatto uso dei segreti della chimica per trovare soluzioni che potessero proteggere e, nei casi migliori, riportare i monumenti allo loro antico splendore. La *Fontaine de la jouvence* menzionata da uno dei padri fondatori del restauro, quale Camillo Boito (Boito, 1983), è stata il combustibile di molte sperimentazioni che avevano come fine ultimo quello di trovare una soluzione definitiva al problema del degrado dei monumenti. Alcune di queste sperimentazioni, che in un primo momento potevano sembrare risolutive, hanno dimostrato col tempo notevoli criticità. Significativo in questo senso è il contributo di Guidobaldi e Mecchi nel convegno di Bressanone del 1986 (Guidobaldi, Mecchi, 1986): “Oggi sono sempre più frequenti i casi in cui dovendo provvedere al restauro di un monumento in pietra o in marmo, si rende necessario identificare i residui di protettivi o consolidanti applicati in epoche precedenti per decidere se e come essi debbono essere eliminati prima di intervenire con nuovi trattamenti”. Il concetto introdotto da questa affermazione, ancora oggi indubbiamente valido, finisce nei casi peggiori a doversi confrontare con il *de-restauro*; non è successo troppo raramente che siano state compiute delle radicali rimozioni degli interventi di restauro precedentemente eseguiti. Questa operazione inversa non è sempre stata possibile, provocando la grave perdita di materiale autentico. Si evince come la reversibilità, principio cardine del restauro, divenga necessità quando si riscontri un problema, che sia nella tecnica o nei materiali d’intervento utilizzati. Su questo tema un contributo fondamentale è dato anche da

Between the conservation of monuments and chemistry there is, to date, a strongly consolidated link from the operational experiences of the last two centuries. The science of conservation, since the beginning of the nineteenth century, has made use of the secrets of chemistry to find solutions that could protect and, in the best cases, restore monuments to their former glory. The *Fontaine de la jouvence* mentioned by one of the founding fathers of restoration, such as Camillo Boito (Boito, 1983), was the oxidator of many experiments that had, as their ultimate goal, to find a definitive solution to the problem of the degradation of monuments. Some of these experiments, which at first might seem decisive, have demonstrated considerable critical issues over time. Significant in this sense is the contribution of Guidobaldi and Mecchi in the Bressanone conference of 1986 (Guidobaldi, Mecchi, 1986): “Today there are more and more frequent cases in which having to provide for the restoration of a monument in stone or marble, it is necessary to identify the protective or consolidating residues applied in previous eras to decide if and how they must be eliminated before intervening with new treatments”. The concept introduced by this statement, still undoubtedly valid today, ends up in the worst cases having to deal with *de-restoration*; it has not happened too rarely that radical removals of the restoration interventions previously carried out have had to be carried out. This reverse operation has not always been possible, causing serious loss of authentic material. It is clear that reversibility, the cardinal principle of restoration, becomes a necessity when a problem is encountered, whether in the technique or in the intervention materials used. Paul Philippot

also made a fundamental contribution to this issue, underlining the danger inherent in the belief that the use of new methods is in itself a guarantee of success. An example as significant as discussed is the intervention on the Donatello tiles of the Pergamon of the Cathedral of Prato by Piero Sanpaolesi. The tiles, restored with the use of fluosilicates in the 40s, needed further restoration in the late 70s. The case of one of the masters of restoration, such as Sanpaolesi, is part of a long list of experiments. To get an idea of how vivid the research on the subject has been, the contribution of Lewin (Levin, 1966) is fundamental, but not exhaustive. Despite the copious list of patents and applications reported, fundamental texts are missing such as: *Dictionnaire Raisonné de l'Architecture Française* di Viollet-le-Duc (Viollet-le-Duc, 1867), the *Enciclopedia d'architecture*, a periodical publication that established the methods of application of silicates and many others.¹²

The restorations carried out on the site of Rocca San Silvestro and explained in an exhaustive way by Andrea Arrighetti (Arrighetti, 2017) take charge of a consolidated experiential baggage. The site presented considerable criticalities, deriving from a continuous process of wear and degradation of the wall structures caused mainly by atmospheric agents. The vulnerability of the site is represented by its closest history; both the excavations carried out in previous years and those carried out during this restoration have brought to light important wall structures; this leads to a change in the exposure of materials and therefore an increase in the vulnerability of the same. This circumstance, together with the degradation caused by the attendance of the area by visitors, have led to the realization of punctual restoration interventions, based on a path of in-depth knowledge. Basic was the chemical-physical analysis carried out on some samples taken in the most neuralgic points; the

Paul Philippot, il quale sottolinea il pericolo insito nella convinzione che l'impiego di nuovi metodi costituisca di per sé una garanzia di successo. Un esempio tanto significativo quanto discusso è l'intervento sulle formelle donatelliane del Pergamo del Duomo di Prato da parte di Piero Sanpaolesi. Le formelle, restaurate con l'utilizzo dei fluosilicati intorno agli anni '40, hanno avuto bisogno di un ulteriore restauro sul finire degli anni '70. Il caso di uno dei maestri del restauro, quale Sanpaolesi, si inserisce all'interno di una lunga lista di sperimentazioni. Per avere un'idea di quanto sia stata vivida la ricerca sul tema risulta fondamentale, ma non esauriente, il contributo di Lewin (Levin, 1966). Nonostante il copioso elenco di brevetti e applicazioni riportato, mancano testi fondamentali quali: *Dictionnaire Raisonné de l'Architecture Française* di Viollet-le-Duc (Viollet-le-Duc, 1867), *l'Enciclopedia d'architecture*¹, una pubblicazione periodica che stabiliva le modalità di applicazione dei silicati² e molti altri.

I restauri eseguiti nel sito di Rocca San Silvestro e spiegati in maniera esaustiva da Andrea Arrighetti (Arrighetti, 2017) si fanno carico di un bagaglio esperienziale consolidato. Il sito presentava delle criticità notevoli, derivanti da un continuo processo di usura e degrado delle strutture murarie causato principalmente dagli agenti atmosferici. La vulnerabilità del sito è rappresentata dalla sua storia più prossima; sia gli scavi realizzati negli anni precedenti che quelli realizzati durante questo cantiere di restauro hanno riportato alla luce importanti strutture murarie; ciò comporta una variazione dell'esposizione dei materiali e quindi un incremento della vulnerabilità degli stessi. Questa circostanza, insieme anche al degrado causato dalla frequentazione dell'area da parte dei visitatori, hanno comportato la realizzazione di interventi di restauro puntuali, basati su un percorso di conoscenza approfondito. Basilare è stata l'analisi chimico-fisica realizzata su alcuni campioni presi nei punti più neuralgici; i risultati hanno

¹ Encyclopedia of Architecture, New Inventions. De la conservation des monuments par la silicatisation des pierres calcaires, 1853, 1° novembre, n. XIII.

² They were used by restorers for the cathedrals of Chartres and Paris (Guidobaldi F., Mecchi A.M., 1986).

¹ Encyclopédie d'Architecture, Inventions nouvelles. De la conservation des monuments par la silicatisation des pierres calcaires, 1853, 1° novembre, n. XIII.

² Furono utilizzate dai restauratori per le cattedrali di Chartres e di Parigi (Guidobaldi F., Mecchi A. M., 1986).

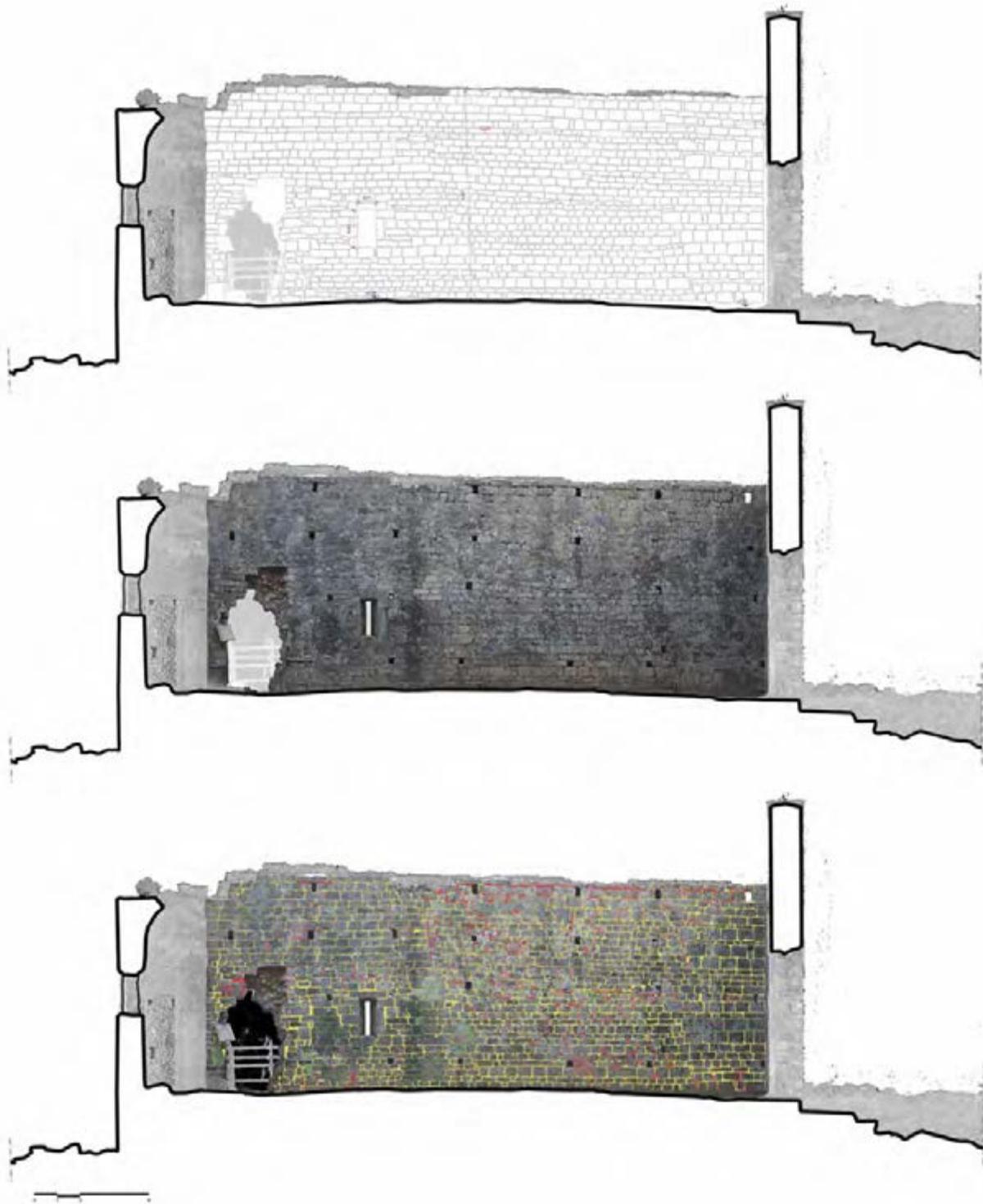


Figura 1
Analisi dello stato di conservazione di un paramento della chiesa del sito di Rocca S. Silvestro.
In ordine: rilievo architettonico, rilievo fotogrammetrico, analisi stato di conservazione dei giunti.

results reported on the one hand, negative feedback on the presence of any incompatible materials used during previous restorations, on the other the realization of suitable materials for the operations of drafting and grouting of the joints of the vestments. The choice not to use protective products is justified³ both by the deep reflection made on the possible cleaning techniques of the stone vestments and by the design objectives. A deep cleaning, especially with aggressive techniques such as micro-silting, would have implied at first the return of the material to a presumed⁴ ancient appearance, but in the long term, it would have led to an excessive vulnerability of the material. As Giovanni Minutoli clearly explains, the choice to carry out a cleaning that would remove the surface deposit, but not the outermost layer of the material, was a prerogative of the project; the non-existence of covers implies that surface degradation occurs again. For this reason, greater weight has been given to the fundamental operation of filling the joints, which, by limiting water infiltration in the vestments, manages to better preserve the integrity of the structures.

The vestments of the site consist largely of regular masonry with mainly rectangular drafts, with the exception of some portions made of *opus incertum* and others in pseudoisodoma masonry. It is precisely on the latter, of which the vestments of the church are composed, that greater thought has been made. The value of a place, in this case the small existing church, consisting of vestments, represents, in relation to the site itself, an essential added value with which to interface in a more prudent way. Although it has already been explained extensively in this text, it is good to remember that it was decided not to restore the covering mantle in the project, now absent for several centuries. For this reason, the state of conservation of the facing, composed of perfectly squared blocks in microcrystalline limestone for construction, was not compromised, but not even in good



Figura 2 UT 4, chiesa, ammorsamento tra due paramenti differenti sotto il punto di vista costruttivo

riportato da un lato, ad un riscontro negativo sulla presenza di eventuali materiali incompatibili utilizzati durante i restauri precedenti³, dall'altro alla realizzazione di materiali congrui per le operazioni di stilatura e stuccatura dei giunti dei paramenti. La scelta di non utilizzare prodotti protettivi è giustificata sia dalla profonda riflessione fatta sulle possibili tecniche di pulitura dei paramenti lapidei che dagli obiettivi progettuali. Una pulitura profonda, soprattutto con tecniche aggressive come la microsabbatura, avrebbe implicato in un primo momento la restituzione del materiale ad un presunto⁴ antico aspetto, ma a lungo termine, avrebbe portato ad una vulnerabilità eccessiva

³ Including the total absence of protective.

⁴ There is no evidence of what the church looked like in antiquity.

³ Compresa la totale assenza di protettivi.

⁴ Non si ha testimonianza di come si presentasse la chiesa in antichità.



Figura 3 UT 4, chiesa, dettaglio di un paramento in opus incertum

del materiale. Come spiega chiaramente Giovanni Minutoli, la scelta di effettuare una pulitura che asportasse il deposito superficiale, ma non lo strato più esterno del materiale, è stata una prerogativa del progetto; l'inesistenza di coperture implica che i degradi superficiali si presentino nuovamente. Per questo motivo, un peso maggiore è stato dato alla fondamentale operazione di stilatura dei giunti, la quale, limitando le infiltrazioni d'acqua all'interno dei paramenti, riesce a preservare maggiormente l'integrità delle strutture.

I paramenti del sito sono costituiti in gran parte da una muratura regolare con bozze prevalentemente rettangolari, ad eccezione di alcune porzioni realizzate in *opus incertum* ed altre in muratura pseudoisodoma. È proprio su quest'ultima, di cui si compongono i paramenti della chiesa, che è stata intrapresa una riflessione maggiore. Il valore di un luogo, in questo caso la piccola chiesa esistente, costituito da paramenti maggiormente lavorati, rappresenta, in relazione al sito stesso, un imprescindibile valore aggiunto con cui interfacciarsi in maniera più accorta. Sebbene sia stato già spiegato ampiamente in questo

condition; the stone material did not show obvious signs of erosion but the filling of the joints and the state of conservation of the ridges were in very bad condition. The initial processes, as the author explains, based on the analysis of the samples, provided, also in this case, cleaning of the vestment with deionized water at low pressure and saggina brush. After cleaning, the injections of consolidating mortar were done as well as new filling of the joints and wall ridges. After cleaning, to proceed according to manual, a protective filling should have been given, however it is not a trivial step because the choice of the right protective must be weighted; fundamental is the document Normal 20/85, which⁵ establishes the most important requirements that a protective must have, among which we can name a few: the stability of chemical agents, both to acidic pollutants

⁵ Doc. NORMAL 20/85, Materiali Lapidari: "Criteri per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo degli interventi conservativi su materiali lapidei", CNR-ICR, 1986.

of the atmosphere and to UV radiation; to be well known, as also reported by an important research on the subject (Bralia, Matteini, Moles, Sabatini, 1990) conducted between the Opificio delle Pietre Dure in Florence and the Institute of Mineralogy and Petrography of the University of Siena, is the case of the Fonte Gaia in Siena. The marble complex by Jacopo della Quercia from the beginning of the XY century, as reported in the results of the research, owes its yellowish colour to the presence of thin and coherent films of calcium oxalate, derived from protective treatments, of an organic nature, applied on the surfaces during the “maintenance” works.⁶ It is an example of how the application of chemical compound can react by changing the appearance of a given monument. Another requirement established by the Normal document is, to report the exact words: “the reversibility of the protective, or at least, of the easy removability when the protective has lost its effectiveness”. This requirement highlights another intrinsic criticality in the properties of protectives themselves, namely the limited durability over time; indeed, the products existing on the market today have a limited life cycle. This means that after a certain period it is necessary to carry out a new restoration, with all the aspects that this implies: practices, scaffolding, safety, etc. Certainly minor concerns when evaluating the protection of a cultural asset, but which remain inevitable. Contextualizing the case in the church of Rocca San Silvestro, it would not have been far-sighted to use a product, not strictly necessary, with the awareness that after a few years the need to remove it and apply it again would have arisen.

Bibliography

Alessandrini G., Bugini R., Peruzzi R. 1988, *I trattamenti superficiali effettuati nel passato*, in *La Certosa di Pavia: passato e presente nella facciata della Chiesa*, CNR, Roma.

Amoroso G. 1995, *Il restauro della Pietra nell'architettura monumentale*, Flaccovio Editore, Palermo.

⁶The term is given in the above-mentioned research report.

testo, è bene ricordare che nel progetto si è deciso di non andare a ripristinare il manto di copertura, ormai assente da diversi secoli. Per questo motivo, lo stato di conservazione del paramento, composto da blocchi perfettamente squadrati in calcare microcristallino da costruzione, non risultava compromesso, ma nemmeno in buone condizioni; il materiale lapideo non presentava evidenti segni di erosione ma la stilatura dei giunti e lo stato di conservazione delle creste si presentavano in condizioni pessime. Le lavorazioni iniziali, come spiega l'autore, basate sulle analisi dei campioni analizzati, hanno previsto, anche in questo caso, una pulizia del paramento con acqua deionizzata a bassa pressione e spazzola di saggina. Successiva alla pulitura, sono state le iniezioni di malta consolidante e una nuova stilatura dei giunti e delle creste murarie. Successiva alla pulitura, per procedere in maniera manualistica, ci sarebbe dovuta essere la stesura di un protettivo, tuttavia non è un passaggio affatto banale poiché la scelta del giusto protettivo deve essere ponderata; fondamentale è il documento Normal 20/85⁵, il quale stabilisce i requisiti più importanti che un protettivo deve avere, tra cui possiamo citarne alcuni: la stabilità degli agenti chimici, sia agli inquinanti acidi dell'atmosfera che alle radiazioni UV. Abbastanza noto, come riporta anche una importante ricerca sul tema (Bralia, Matteini, Moles, Sabatini, 1990) condotta tra l'Opificio delle Pietre Dure di Firenze e l'Istituto di Mineralogia e Petrografia dell'Università di Siena, è il caso della Fonte Gaia di Siena. Il complesso marmoreo realizzato da Jacopo della Quercia all'inizio del XY secolo, come riportato nei risultati della ricerca, deve il suo colore giallastro alla presenza di pellicole sottili e coerenti di ossalato di calcio, derivanti da trattamenti protettivi, di natura organica, applicati sulle superfici durante le opere di “manutenzione”⁶. È un caso esemplificativo di come l'applicazione di composto chimico possa fare reazione andando a cambiare l'aspetto di un determinato monumento. Un altro requisito stabilito dal documento Normal è, per riportare le

⁵Doc. NORMAL 20/85, *Materiali Lapidei: “Criteri per la progettazione, l'esecuzione ed il controllo degli interventi conservativi su materiali lapidei”*, CNR-ICR, 1986.

⁶Il termine viene riportato nella relazione della ricerca sopra citata.

esatte parole: “la reversibilità del protettivo, o quanto meno, della facile rimovibilità quando il protettivo abbia perduto la sua efficacia”. Questo requisito mette in evidenza un’altra criticità intrinseca nelle proprietà dei protettivi stessi, ovvero la limitata durabilità nel tempo; effettivamente, i prodotti esistenti oggi sul mercato hanno un ciclo di vita limitato. Questo vuol dire che dopo un determinato periodo è necessario realizzare un nuovo cantiere di restauro, con tutti gli aspetti che questo implica: pratiche, ponteggi, sicurezza ecc. Aspetti sicuramente minori quando si valuta la salvaguardia di un bene culturale, ma che rimangono inevitabili. Contestualizzando il caso alla chiesa di Rocca San Silvestro, non sarebbe stato lungimirante utilizzare un prodotto, non strettamente necessario, con la consapevolezza che dopo alcuni anni sarebbe nata la necessità di rimuoverlo e applicarlo nuovamente.

Bibliografia Bibliography

- Arrighetti A. 2017, *Rocca San Silvestro*, Archeologia per il restauro, Didapress, Firenze.
- Bianchi G. 1997, *Rocca S. Silvestro e Campiglia M.ma: storia parallela di due insediamenti toscani attraverso la lettura delle strutture murarie*, in Atti del I Congresso di Archeologia Medievale (Pisa, 29-31 Maggio 1997), a cura di S. Gelichi, Firenze.
- Dezzi Bardeschi M. 2005, *Per una storia del consolidamento chimico-fisico dei materiali*. In Memoria e restauro dell’architettura: saggi in onore di Salvatore Boscarino, 116-25. Edited by M. Dalla Costa and G. Carbonara. Milano: FrancoAngeli s.r.l.
- Francovich R. 1991, *Rocca San Silvestro*, Roma.
- Viollet-le-Duc E. 1867, *Dictionnaire Raisonné de l’Architecture Française*, voce “Pierre”, vol. VII, Paris, pp. 121-130.
- Arrighetti A. 2017, *Rocca San Silvestro*, Archeologia per il restauro, Didapress, Firenze.
- Bianchi G. 1997, *Rocca S. Silvestro e Campiglia M.ma: storia parallela di due insediamenti toscani attraverso la lettura delle strutture murarie*, in Atti del I Congresso di Archeologia Medievale (Pisa, 29-31 Maggio 1997), a cura di S. Gelichi, Firenze.
- Boito C. 1983, *Questioni pratiche di Belle Arti*, Hoepli, Torino.
- Bralia A., Matteini M., Moles A., Sabatini G. 1990, *Le patine della ‘Fonte Gaia di Siena’: studi e confronti tra i prodotti di formazione naturale e gli analoghi di sintesi* in OPD restauro.
- Dezzi Bardeschi M. 2005, *Per una storia del consolidamento chimico-fisico dei materiali*. In Memoria e restauro dell’architettura: saggi in onore di Salvatore Boscarino, 116-25. Edited by M. Dalla Costa and G. Carbonara. Milano: FrancoAngeli s.r.l.
- Di Matteo C. 1981, *La restauration du portal royal de Chartres et l’utilisation des silicates au XIX siècle*, The conservation of stone II, atti del convegno internazionale di studi, Bologna, 27/30 ottobre 1981, Centro per la conservazione delle Sculture all’Aperito.
- Francovich R. 1991, *Rocca San Silvestro*, Roma.
- Guidobaldi F., Mecchi A.M. 1986, *Trattamenti per I materiali lapidei dei monumenti estratti dalla manualistica tecnica del XIX secolo e dell’inizio del XX secolo*, in Manutenzione e conservazione del costruito fra tradizione e innovazione, atti del convegno di Bressanone, Padova.
- Lewin S. Z. 1966, *The preservation of cultural stone, 1839-1965*, in Art and archeology Technical Alstrets, J. Paul Getty Trust, VI, I.
- Liberti S. 1955, *Consolidamento dei materiali da costruzione nei monumenti antichi*. In Bollettino dell’Istituto Centrale del Restauro, pp. 21-22.
- Viollet-le-Duc E. 1867, *Dictionnaire Raisonné de l’Architecture Française*, voce “Pierre”, vol. VII, Paris, pp. 121-130.



BIM, Building Information Modeling è un metodo di progettazione collaborativo che consente di integrare in un unico modello le informazioni utili in ogni fase della progettazione: architettonica, strutturale, impiantistica, energetica, cantieristica e gestionale. In sostanza, il BIM, rappresenta la concretizzazione e la sintesi di un processo di gestione dell'edificio in tutte le fasi del suo ciclo di vita, basato sulla collaborazione tra le diverse figure interessate che vanno ad interfacciarsi su modello dell'edificio che risulta essere un 'equivalente virtual' dell'edificio reale, formato da elementi "intelligenti", ovvero prototipi digitali degli elementi fisici. A partire da questi evidenti vantaggi, la metodologia BIM si è sviluppata rapidamente nell'ambito della progettazione architettonica ex novo e numerose sono le situazioni che ne promuovono l'utilizzo. Inoltre con il D.M. 560/2017, decreto attuativo del D. Lgs. 50/2016, in Italia è stata resa obbligatoria introduzione dell'uso di metodi e strumenti elettronici per gli appalti pubblici, tra cui la metodologia BIM. Attualmente, infatti, il progetto architettonico viene gestito dagli operatori coinvolti in modo indipendente e attraverso numerosi elaborati e vede spesso una mancanza di comunicazione e una conoscenza frammentaria del progetto, che a sua volta genera un allungamento di tempi ed un aumento dei costi. In questo contesto la metodologia BIM si propone come una nuova frontiera digitale con enormi potenzialità che se adottata in modo opportuno e condivisa, può essere una risposta a numerose problematiche. Tra i vantaggi vi è soprattutto la possibilità di anticipare in studio molti dei problemi che generalmente sorgono nella fase di cantiere, limitando gli errori e riducendo i costi attraverso una valutazione preventiva di più alternative in maniera estremamente rapida e precisa

BIM, Building Information Modeling is a collaborative/cooperative design method that allows to integrate in a single model all the information useful in each phase of the design, i.e. architectural, structural, plant, energy, construction and management phases. Essentially, BIM represents the concretization and the synthesis of a building management process at all stages of its life cycle. It is based on the collaboration among the different roles involved that interface on the building model that turns out to be a 'virtual equivalent' of the real building, formed by "intelligent" elements, that is digital prototypes of the physical elements. Starting from these noticeable advantages, the BIM methodology has developed rapidly in the field of ex novo architectural design and it can be used in many situations. Moreover, with Ministerial Decree 560/2017, an implementation decree of Legislative Decree 50/2016, the introduction of the use of electronic methods and tools for public procurement, including the BIM methodology, has been made mandatory in Italy. Currently, in fact, the architectural project is managed by the operators working independently and through numerous documents, so that it often experiences a lack of communication and fragmented knowledge of the project, which in turn generates an extension of timeframe and an increase in costs. In this context, the BIM methodology is proposed as a new digital frontier with enormous potential that, if adopted in an appropriate and shared way, can be an answer to many problems. Among the advantages there is above all the possibility to predict in studio many of the problems that generally arise in the construction phase, limiting errors and reducing costs through a preventive evaluation of more alternatives in

an extremely rapid and precise way compared to the traditional method. In a two-dimensional CAD comparison, there are only lines and geometric figures containing a limited amount of information and no parameters or relationships. In addition, each modification must be manually updated for each elaborate, incurring variants and extending the timeframe considerably. Each object within the 3D model corresponds to a set of geometric and dimensional values, but also to parametric data and constraints. From the 3D model it is possible to extrapolate all the necessary 2D drawings, consistent for each view and required scale, greatly reducing the errors arising from this phase. Following this methodology, the project develops as a sequence of changes made by the operators of the different disciplines in the various design phases. With the evolution and the enrichment of the information contained inside the model, it is possible to refine the calculations of quantities and spaces in order to process estimates more and more precise with respect to times and costs. Referring to the above-mentioned BIM regulation, this phased methodology, involving complex work in the initial stage which requires a high level of knowledge, is compulsory and based on a starting price. Currently, the best results have mainly concerned new constructions or interventions that do not require to interface with pre-existing buildings with specific characteristics. However, in Italy this discipline is still little explored.

The extension of the application of this methodology to historical architecture has been defined by the international scientific community HBIM, Historic Building Information Modeling¹. The essential difference from BIM, as pointed out by Professor Simone Garagnani² - specialized in the

rispetto al metodo tradizionale. Facendo un confronto in CAD bidimensionale, al suo interno esistono solo linee e figure geometriche contenenti un numero limitato di informazioni e nessun parametro o relazione, inoltre ciascuna modifica, deve essere manualmente aggiornata per ogni elaborato incorrendo in varianti e allungando notevolmente le tempistiche. Nel progetto BIM il disegno rimane al centro del processo progettuale ma cambia la metodologia. Ogni oggetto all'interno del modello tridimensionale corrisponde ad un insieme di valori geometrici e dimensionali, ma anche a dati e vincoli parametrici. Dal modello 3D è possibile estrapolare tutti gli elaborati 2D necessari, coerenti per ciascuna vista e scala richiesta, riducendo notevolmente gli errori derivanti da questa fase. Seguendo questa metodologia il progetto si sviluppa come il susseguirsi delle modifiche apportate dagli operatori delle diverse discipline nelle diverse fasi progettuali. Con l'evolversi e l'arricchirsi delle informazioni contenute all'interno del modello, è possibile affinare i calcoli di quantità e spazi presenti in modo da elaborare stime sempre più precise rispetto a tempistiche e costi. Facendo riferimento alla normativa BIM sopra citata, è prevista l'obbligatorietà di questa metodologia in maniera progressiva basata sull'importo a base di gara, andando a coinvolgere nella fase iniziale lavori complessi per cui è necessario un elevato livello di conoscenza. Attualmente i migliori risultati hanno riguardato principalmente costruzioni ex novo o interventi per cui non risultasse necessario interfacciarsi con preesistenze con specifiche caratteristiche. Tuttavia in Italia rimane una disciplina ancora poco esplorata. L'estensione dell'applicazione di questa metodologia all'architettura storica è stata definita dalla comunità scientifica internazionale HBIM, Historic Building Information Modeling¹. La sostanziale differenza rispetto al BIM, come puntualizza il professor Simone Garagnani², specializzato nell'applicazione della metodologia BIM al

¹ The term Historical or Heritage Building Information Modeling was first used in 2009 in a scientific article by Professor Maurice Murphy, and his colleagues, of the Dublin Institute of Technology

² Simone Garagnani, Construction Engineer and PhD in Building and Territorial Engineering. He has carried out over the years assignments of teaching and tutoring at the School of Engineering / Architecture of the University of

¹ Il termine Historical o Heritage Building Information Modeling è stato utilizzato la prima volta nel 2009 in un articolo scientifico del professore Maurice Murphy, e dei suoi colleghi, del Dublin Institute of Technology

² Simone Garagnani, Ingegnere Edile e Dottore di Ricerca in Ingegneria Edilizia e

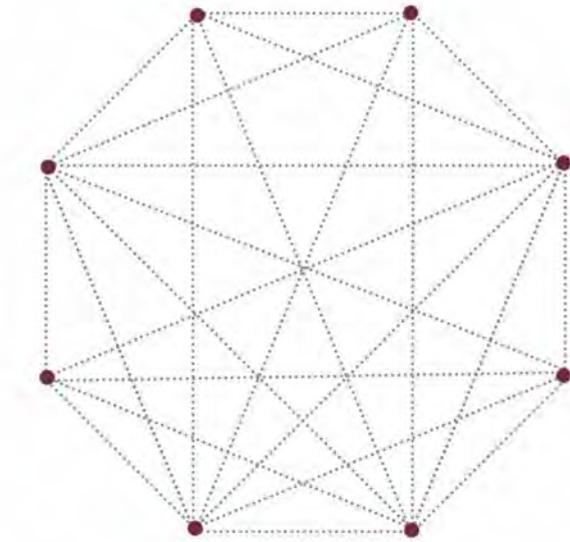


Figura 1
Gestione del progetto attuale

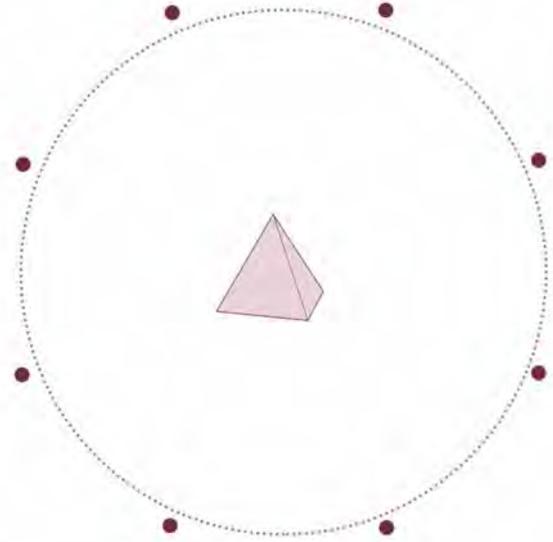


Figura 2
Gestione del progetto BIM

patrimonio esistente, risiede sostanzialmente nel tipo di informazioni che i due tipi di modelli digitali conservano. Come è stato appurato il BIM nel caso della progettazione ex novo è una metodologia vincente. Il punto di forza di questo tipo di sistema informativo è la gestione della complessità, delle forme da modellare e delle relazioni tra le informazioni, risolta attraverso l'utilizzo di elementi parametrici ripetibili. La difficoltà di applicazione di questa metodologia al patrimonio esistente e al progetto di restauro nasce proprio dalla molteplicità e dalla diversità degli elementi architettonici, in particolare modo nel campo del restauro archeologico. Per poter descrivere al meglio l'oggetto studiato, risulta necessario creare delle famiglie ad hoc, in quanto l'oggetto edilizio dovrebbe avere caratteristiche che il software BIM applica di default ma che non sono né scontate né ovvie in elementi storici e archeologici. Ogni elemento, o ciò che ne rimane, è unico in sé e privo di linearità e standardizzazione. È evidente quindi come un

application of the BIM methodology to the existing heritage - resides substantially in the type of information that the two types of digital models preserve. As it has been established, BIM in the case of ex novo design is a successful methodology. The strength of this type of information system is the management of complexity, of the shapes to be modeled and of the relationships between the information, solved through the use of repeatable parametric elements. The difficulty in applying this methodology to the existing heritage and to the restoration project arises precisely from the variety and diversity of architectural elements, particularly in the field of archaeological restoration. In order to best describe the studied object, it is necessary to create ad hoc families, since the building object should have characteristics that the BIM software applies by default but that are neither obvious nor taken for granted in historical and archaeological elements. Each element, or what remains of it, is unique in itself and lacks

Territoriale. Ha svolto negli anni incarichi di docenza e tutorato presso la Scuola di Ingegneria/Architettura dell'Università di Bologna, nei corsi di Disegno dell'Architettura I e II, Rilievo dell'Architettura, Modellazione Virtuale per l'Architettura ed Informatica Grafica

Bologna, in the courses of Drawing of Architecture I and II, Architectural Survey, Virtual Modeling for Architecture and Graphic Informatics)

linearity and standardization. It is therefore evident that an object with these characteristics is not compatible with the automatic functions of commercial BIM software, which have settings based on geometric regularity and existing libraries. For this reason, in order to use it, it is necessary to implement new families that represent the historical or archaeological object in all its characteristics.

Given these premises, it was decided to test the HBIM methodology on the case study of Rocca San Silvestro, and in particular on a small element, the technical unit A of plot number II of the fortress. The object of study consists of ancient stone walls with irregularly shaped faces. The ground in beaten earth is steep with different changes of altitude of the walking surface. The project of realization of the three-dimensional HBIM model has adapted to the "parametric" logic of the program, evaluating it, as a limit rather than an advantage, in this case of archaeological restoration. Fundamental support for the moderation was the point cloud and photogrammetric survey. In fact, in order to describe all the components of the artifact, it has been necessary to create a new type of masonry, defined by specific characteristics, for each section of different thickness, leaving in the background the distinction by construction phases. The latter within the software used are modifiable only along the longitudinal direction of the cross-section, losing the fundamental data, especially in the field of historical and archaeological architecture. Compared to the traditional graphic restitution in CAD environment, a loss of detail in the definition of the regulatory profiles of the masonry was evident. The next step was the attribution of the materials. Not being able to assign to each elevation the relative photo-plane, already reconstructed in detail by previous analysis through photogrammetry, a generic material has been attributed to the masonry. Also in this case a limitation of the software is noticed and causes a loss of detail and a further slowdown of the project. It is therefore fundamental the elaboration of specific abacuses for the understanding of the artifacts, containing "model

oggetto con queste caratteristiche non sia compatibile con le funzioni automatiche di software commerciali BIM, che hanno delle impostazioni improntate sulla regolarità geometrica e su librerie esistenti. Per questo per poterlo utilizzare è necessario implementare con nuove famiglie che rappresentino l'oggetto storico o archeologico in tutte le sue caratteristiche. Date queste premesse è stato scelto di sperimentare la metodologia HBIM al caso studio di Rocca San Silvestro, e in particolare ad un elemento di dimensioni contenute, l'unità tecnica A del lotto II della rocca. L'oggetto di studio si presenta costituito da murature antiche in sasso con paramenti dall'andamento irregolare. Il terreno in terra battuta a sua volta risulta scosceso con diversi cambi di quota del piano di calpestio. Il progetto di realizzazione del modello tridimensionale HBIM si è adattato alla logica "parametrica" del programma valutandola, in questo caso di restauro archeologico, come un limite più che un vantaggio. Fondamentale supporto per la moderazione è stato il rilievo tramite nuvola di punti e fotogrammetrico. Per descrivere tutte le componenti del manufatto si è infatti reso necessario creare una nuova tipologia di muratura, definita da specifiche caratteristiche, per ogni sezione di diverso spessore, lasciando in secondo piano la differenziazione per fasi costruttive. Quest'ultimi all'interno del software utilizzato sono modificabili solo lungo la direzione longitudinale, perdendo il dato fondamentale, soprattutto nel campo dell'architettura storica e archeologica, della sezione trasversale. Rispetto alla tradizionale restituzione grafica in ambiente CAD è risultata evidente una perdita di dettaglio della definizione dei profili regolatori delle murature. Il passaggio successivo è stata l'attribuzione dei materiali. Non potendo assegnare ad ogni prospetto il relativo fotopiano, già ricostruito in modo dettagliato da analisi precedenti tramite fotogrammetria, è stato attribuito un materiale generico alle murature. Anche in questo caso si evidenzia una limitazione del software, che porta ad un perdita di dettaglio e rallenta ulteriormente il progetto. Risulta quindi fondamentale l'elaborazione di abacchi specifici ai fini della comprensione del manufatti, contenenti "elenchi

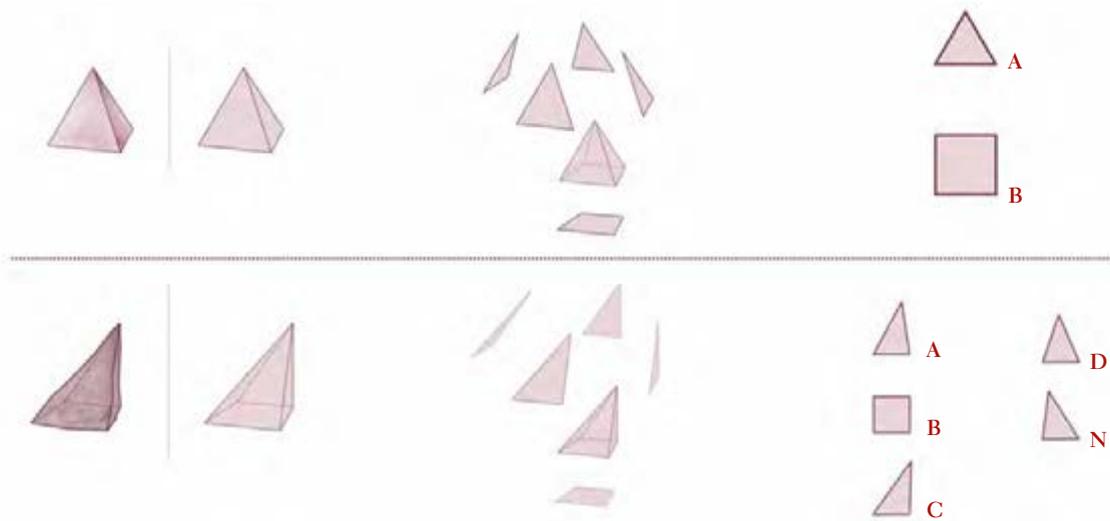


Figura 3
Schematizzazione della metodologia BIM applicata alla progettazione ex novo

Figura 4
Schematizzazione della metodologia BIM applicata al progetto di restauro

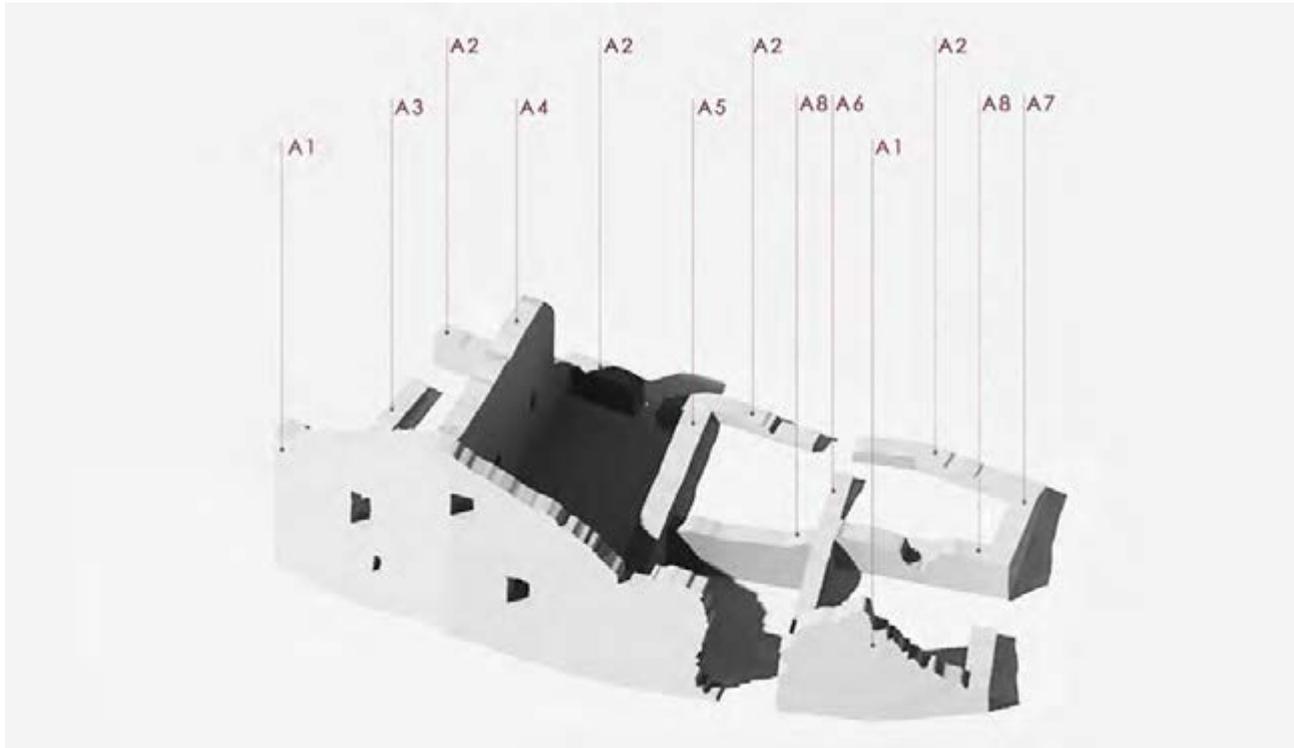


Figura 5
Applicazione della metodologia HBIM
al caso studio UT A lotto II

lists" linked to the typology to which the different elements belong. The main goal of this step is the classification, fundamental in this field, and the possibility to integrate the work done through the traditional survey.

Applying the parametric BIM methodology in the archaeological and historical field stems from the need to create complete databases within this field, containing all the necessary information related to a given architectural object and through which users can interface. However, this technology applied to archaeological restoration is still limited by the basic principle of the methodology, namely the standardization of elements within families of parameters. Regarding modeling, it is often necessary to create ad hoc families, because of the unique elements, lacking any symmetry and regularity. The lack of linearity and standardization is not very compatible with the functions of the BIM software, that is focused on elements characterized by geometric regularity and referable to libraries within the program. In particular, the application of HBIM technology for the development of this case study presented both advantages and major limitations in modeling. From the classification point of view, a digital database has been created containing a large amount of information, which can be consulted by all the operators involved in the restoration project, which can be updated at any time during the life of the artifact. In addition to the attachments inserted, the abacuses contain information relating to the geometry of the element, fundamental for estimates and costs. From the point of view of modeling, instead, the limitations of the program have emerged. The elaborated model loses accuracy compared to the real object and lacks precision. The masonries are, even if widely modified, standardized and lacking of the complexity that characterizes them. Moreover, the time optimization in this case study guaranteed by the use of the BIM methodology is lost, compromised by the need to create, as already mentioned, ad hoc typologies for each wall face belonging to the plot examined. This turns out to be a necessary step

del modello" legati alla tipologia a cui appartengono i diversi elementi. L'obiettivo principale di questo passaggio è la catalogazione, fondamentale in questo ambito, e la possibilità di integrare il lavoro svolto attraverso il rilievo tradizionale. Applicare la metodologia parametrica BIM in ambito archeologico e storico nasce dalla necessità di creare database completi all'interno di questo settore, attraverso i quali possano interfacciarsi gli utenti e contenere tutte le informazioni necessarie relative ad un determinato oggetto architettonico. Tuttavia questa tecnologia applicata al restauro archeologico trova ancora dei limiti legati al principio base della metodologia, ovvero la standardizzazione dei elementi all'interno di famiglie di parametri. Per quanto riguarda la modellazione si rende spesso necessario la creazione di famiglie ad hoc, essendo, nella maggior parte dei casi, gli elementi unici nel loro genere, privi di qualsiasi simmetria e regolarità. La mancanza di linearità e standardizzazione risulta poco compatibile con le funzioni del software BIM, incentrato su elementi caratterizzati da regolarità geometrica e riconducibili a librerie presenti all'interno del programma. In particolare l'applicazione della tecnologia HBIM per lo sviluppo del caso studio analizzato ha presentato sia dei vantaggi che dei grandi limiti nella modellazione. Dal punto di vista della catalogazione è stato creato un database digitale contenente una grande quantità di informazioni, consultabili da tutti gli operatori coinvolti nel progetto di restauro, e aggiornabili in ogni momento durante il corso di vita del manufatto. Oltre agli allegati inseriti, all'interno degli abachi sono contenute informazioni relative alle geometrie dell'elemento, fondamentali per le stime ed i costi. Dal lato della modellazione invece sono emerse le limitazioni del programma. Il modello elaborato perde di verosimiglianza con l'oggetto reale e manca di precisione. Le murature risultano, seppur ampiamente modificate, standardizzate e prive della complessità che le caratterizza. Inoltre, l'ottimizzazione dei tempi garantita dall'utilizzo della metodologia BIM, applicata a questo caso studio, si perde, compromessa dalla necessità di creare, come già detto, tipologie ad hoc per ogni

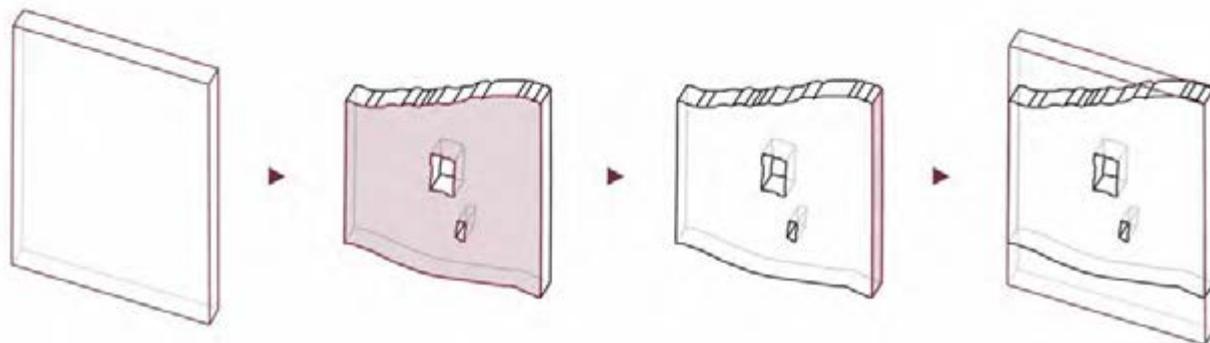
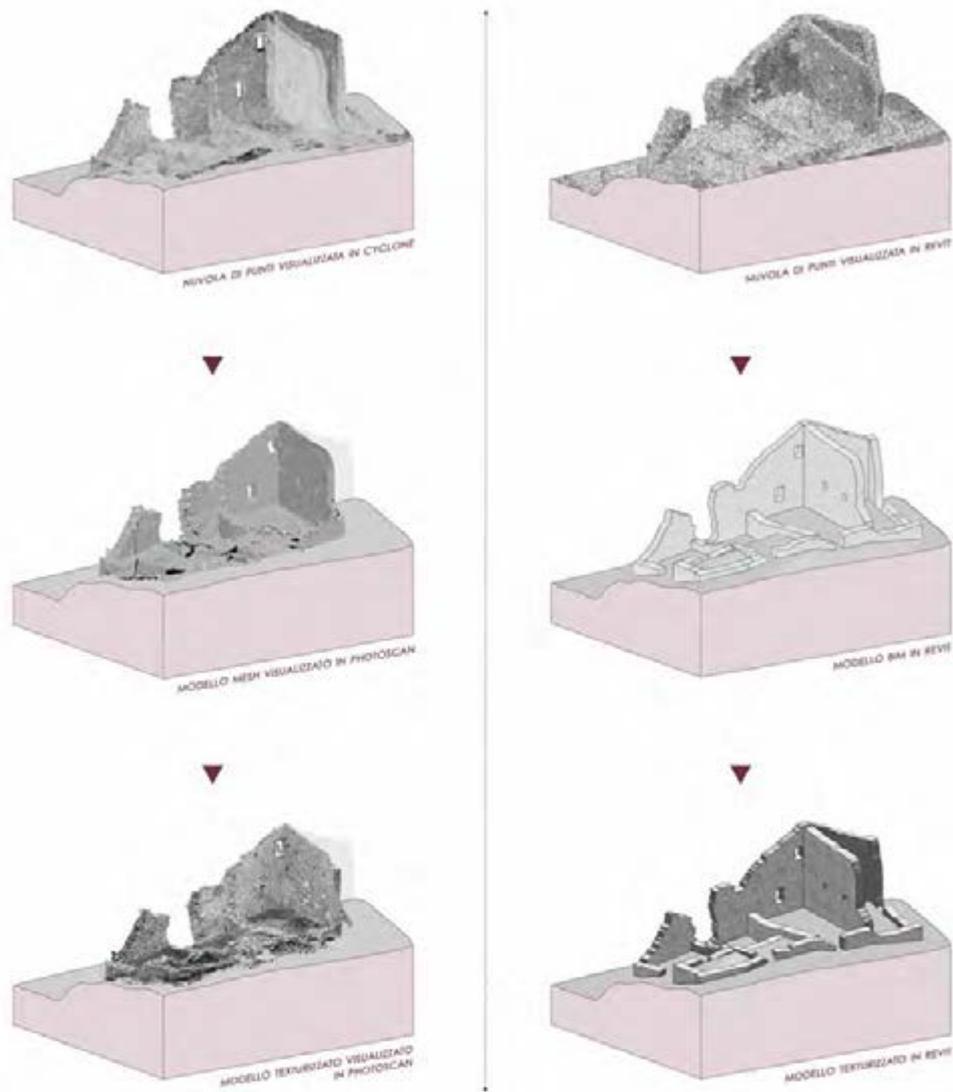


Figura 6
Confronto tra le diverse metodologie utilizzate

Figura 7
Schematizzazione della modellazione in Revit

- and not disadvantageous - for elements of modest dimensions. Basically, the advantages of BIM, in the application to the archaeological restoration project at present, can be exploited when the goal is the creation of a database in perspective of an intervention of valorization or as the basis of an ex novo design. On the other hand, the extremely precise metric information, resulting from the vector restitution from point cloud, in Revit environment are characterized by a high level of approximation.

paramento murario appartenente al lotto esaminato. Questo risulta essere un passaggio obbligato possibile, e non svantaggioso, per elementi di dimensioni contenute. In sostanza vantaggi del BIM, nell'applicazione al progetto di restauro archeologico allo stato attuale, possono essere sfruttati nel caso in cui l'intento sia la creazione di un database in prospettiva di un intervento di valorizzazione o come base di una progettazione ex novo. Di contro le informazioni metriche, estremamente precise risultati dalla restituzione vettoriale da nuvola di punti, in ambiente Revit risultano caratterizzate da un alto livello di approssimazione.

Bibliografia Bibliography

Arrigetti A. 2017, *Rocca San Silvestro - Archeologia per il restauro*, Dida, Firenze

Garagnani S. 2012, *Building Information Modeling semantico e rilievi ad alta risoluzione di siti appartenenti al Patrimonio Culturale*, su *Disegnarecon*, numero speciale

Garagnani S., Manfredini A.M. 2013, *Parametric accuracy-BIM process applied to the cultural heritage preservation*, su *3D- ARCH 2009*, "3D Virtual Reconstruction and Visualization of Complex Architectures" Proceedings

Boardman C., Bryan P. 2018, *3D Laser Scanning for Heritage Advice and Guidance on the Use of Laser Scanning in Archaeology and Architecture*, Historic England

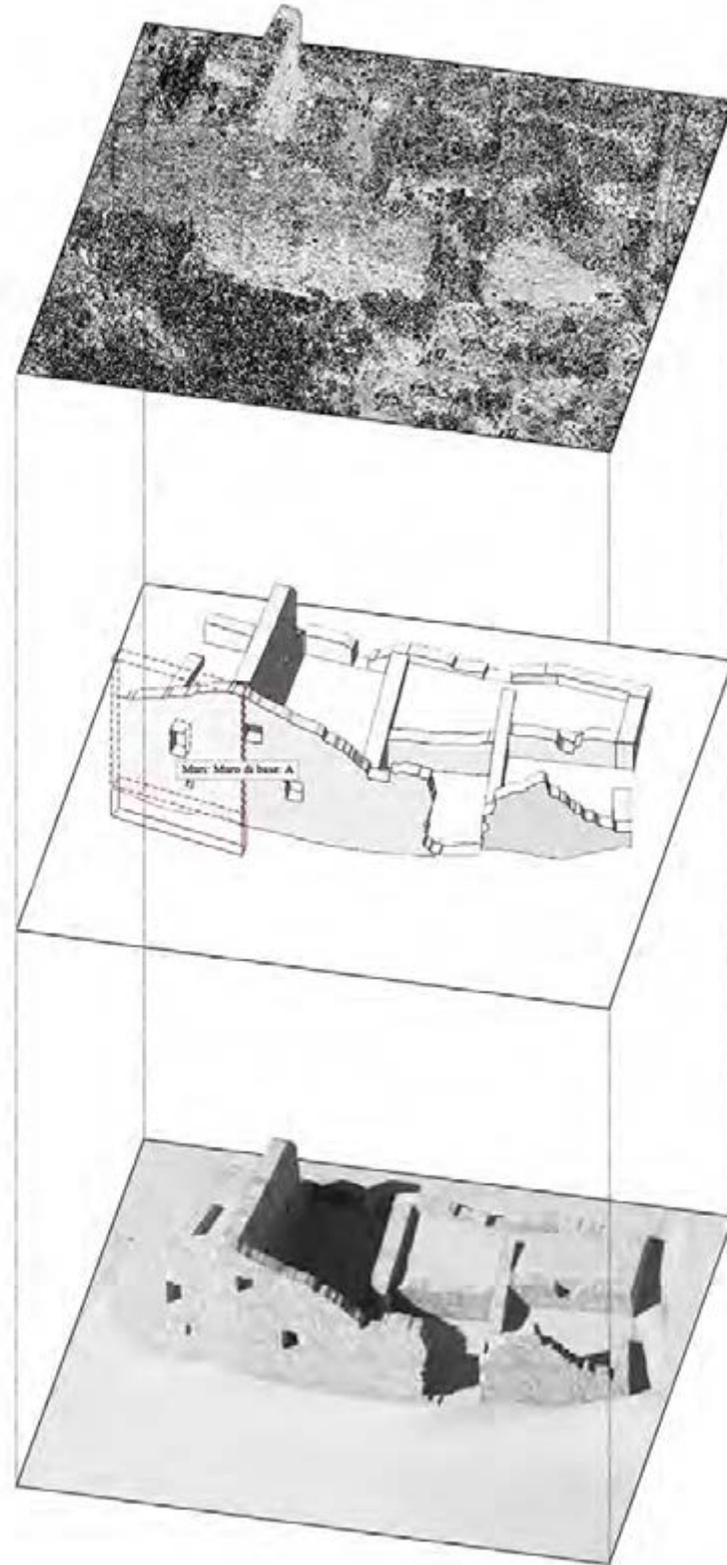


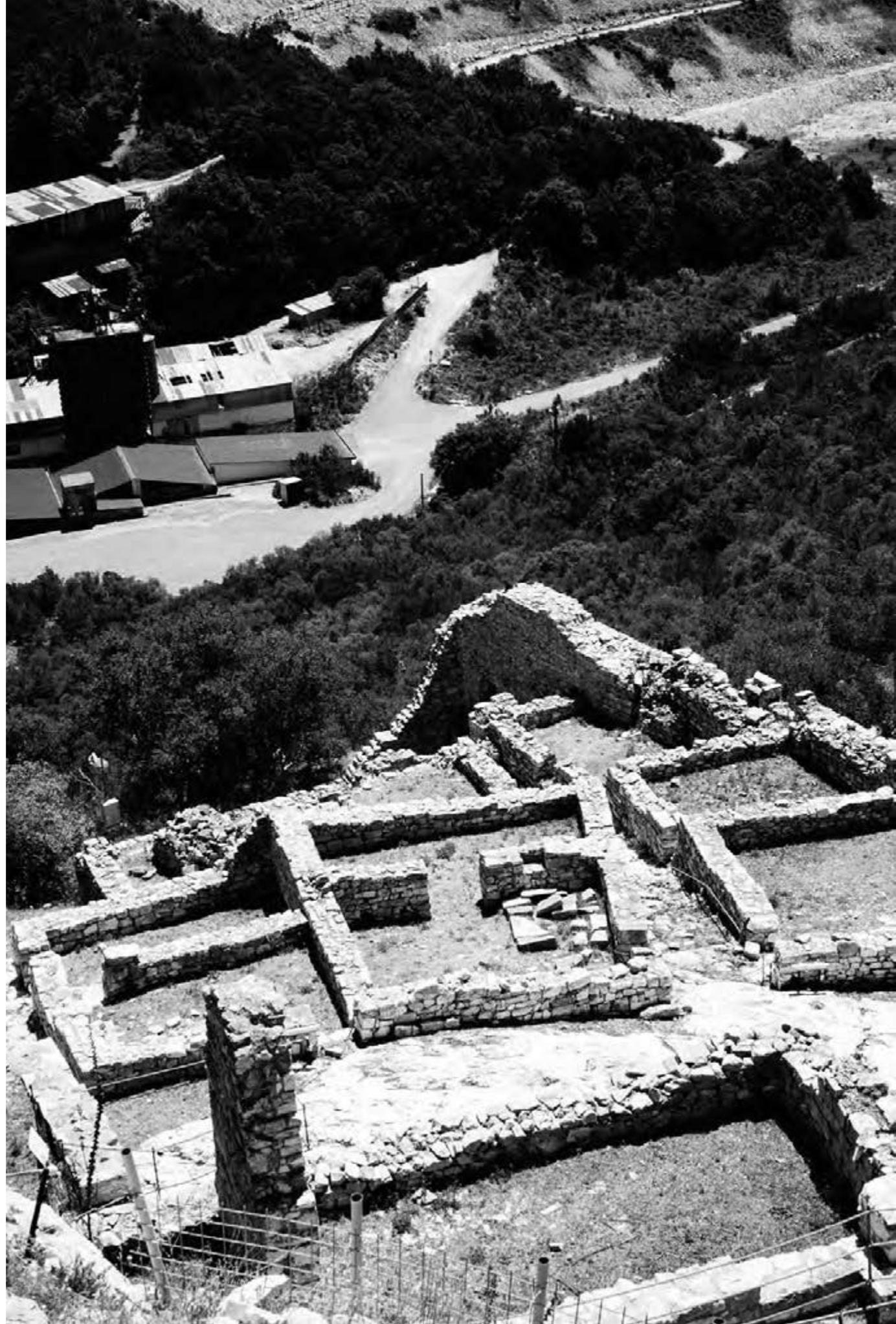
Figura 8
Nuvola di punti importata su Revit
Modello derivato dalla nuvola di punti con selezione di un elemento del modello
Modello texturizzato in Revit



In Italia più che in altri Paesi la cultura della conservazione del patrimonio storico è alla base dell'identità nazionale e incrocia l'economia, i saperi, l'innovazione, la tecnologia. Il ruolo che la fotografia di architettura ha ricoperto nella costruzione della storia dell'architettura moderna attraverso lo studio di casi e l'osservazione di fenomeni, nonché nella catalogazione e nella memoria di questa è basilare. Sia per aspetti tecnici come l'identificazione delle forme di degrado o la creazione di modelli fotogrammetrici o per attività divulgative come la comunicazione o il supporto all'informazione, la fotografia ha ricoperto e ricopre un ruolo di primo piano nel processo conoscitivo e in quello produttivo del cantiere architettonico di restauro. A differenza di altri strumenti di acquisizione, la fotografia, rappresenta l'unico chiasmo tra l'occhio dell'osservatore e l'oggetto, un punto di convergenza in cui la realtà oggettiva del soggetto costringe l'osservatore all'analisi e alla riflessione. Da questa considerazione è nata la scelta di escludere la cromaticità dalle immagini selezionate, l'intento è quello di non esaltare la presenza dell'oggetto attraverso il contrasto con lo sfondo boschivo all'interno del quale è immerso, e nemmeno di sottolineare le poche emergenze cromatiche all'interno delle distese di pietra bianca, ma, di dare rilevanza all'unicità della forma attraverso la luce. Lasciare libertà all'interpretazione della sostanza geometrica del manufatto, attraverso la quale è quindi possibile intuire maggiormente gli effetti deformativi del tempo su di esso, e di conseguenza intuirne lo sforzo all'interno del quale la sua forma è stata ripristinata o sanata. Infine, l'intento è quello di mostrare come gli aspetti anche più tecnici del cantiere di restauro possano essere un serbatoio di bellezza oltre che di conoscenza e memoria.

In Italy, more than in other countries, the culture of the preservation of the historical heritage is at the base of the national identity and crosses economy, knowledge, innovation and technology. The role that architectural photography has played in the construction of the history of modern architecture through the study of cases and the observation of phenomena, as well as in the cataloguing and memory of this is fundamental. Whether for technical aspects such as the identification of forms of degradation or the creation of photogrammetric models, or for popular activities such as communication or information support, photography has played and continues to play a major role in the cognitive and productive process of the architectural restoration worksite. Unlike other acquisition tools, photography represents the only chiasm between the eye of the observer and the object, a point of convergence where the objective reality of the subject forces the observer to analysis and reflection. From this consideration was born the choice to exclude the chromaticity from the selected images, the intent is not to exalt the presence of the object through the contrast with the wooded background in which it is immersed, nor to emphasize the few chromatic emergencies within the expanses of white stone, but to give importance to the uniqueness of the form through light. Leaving freedom to the interpretation of the geometric substance of the artifact, through which it is therefore possible to better understand the deformative effects of time on it, and consequently to intuit the effort within which its form has been restored or healed. Finally, the intent is to show how even the most technical aspects of the restoration site can be a reservoir of beauty as well as knowledge and memory.

























- Abbate G., Cannarozzo T., Trombino G. (ed.) 2010, *Centri storici e territorio. Il caso di Scicli*, Firenze.
- Arbol, H. van Londen, A. Orejas, Commission Européenne Action COST A27, Bochum.
- Arrighetti A. 2012, *Archeologia dell'Architettura e ricognizione di superficie nel comune di Sesto Fiorentino (FI)*, «Archeologia dell'Architettura», XVII, Firenze, pp. 173-190.
- Arrighetti A. 2015, *L'archeosismologia in architettura*, Firenze.
- Arrighetti A. 2017, Rocca San Silvestro. Archeologia per il restauro, Firenze.
- Aveta A. 2005, *Conservazione e valorizzazione del patrimonio culturale. Indirizzi e norme per il restauro architettonico*, Napoli.
- Aveta A., Casiello S., La Regina F., Picone R., (eds.) 2005bis, *Restauro e consolidamento*, Atti del convegno *Restauro e consolidamento dei beni architettonici e ambientali. Problematiche attuali*, Roma.
- Bacciotti E. 1886, *Firenze illustrata nella sua storia, famiglie, monumenti, arti e scienze dalla sua origine fino ai nostri tempi*, Firenze.
- Balzani M. (a cura di) 2011, *Restauro, Recupero, Riqualificazione. Il progetto contemporaneo nel contesto storico*, Milano.
- Barbato G., Del Bufalo A. 1978, *L'Abruzzo e i centri storici della provincia dell'Aquila. Schedatura dei comuni e frazioni di interesse storico artistico con bibliografia e cronologia degli Abruzzi del IV sec. a.e. al 1978*, L'Aquila.
- Bargellini P., Guarnieri E. 1977-1978, *Le strade di Firenze*, Firenze.
- Bellini A. (ed.) 1986, *Tecniche della conservazione*, Milano.
- Bernardini A. (ed.) 2000, *La vulnerabilità degli edifici: valutazione a scala nazionale della vulnerabilità sismica degli edifici ordinari*, CNR-Gruppo per la Difesa dai Terremoti, Roma.
- Bertetti P. 2020, *Che cos'è la transmedialità*, Roma, Carocci.
- Benedetti D., e Petrini V. 1984, Sulla vulnerabilità sismica degli edifici in muratura: un metodo di valutazione, in «L'Industria delle Costruzioni», pp. 66-78, Roma.
- Biadi L. 1824, *Notizie sulle antiche fabbriche di Firenze non terminate e sulle variazioni alle quali i più ragguardevoli edifizj sono andati soggetti*, Firenze.
- Bianchi G. 1995, *L'analisi dell'evoluzione di un sapere tecnico per una rinnovata interpretazione dell'assetto abitativo e delle strutture edilizie del villaggio fortificato di Rocca San Silvestro*, in *Acculturazione e mutamenti. Prospettive nell'archeologia medievale del Mediterraneo*, VI ciclo di lezioni sulla ricerca applicata in *Archeologia*, a cura di E. Boldrini, R. Francovich, Firenze, pp. 361-396.
- Bianchi G. 1996, *Trasmissione dei saperi tecnici e analisi dei procedimenti costruttivi*, «Archeologia dell'Architettura», I, pp. 53-64.
- Bianchi G. 1997, *Rocca S. Silvestro e Campiglia M.ma: storia parallela di due insediamenti toscani attraverso la lettura delle strutture murarie*, in *Atti del I Congresso di Archeologia Medievale (Pisa, 29-31 Maggio 1997)*, a cura di S. Gelichi, Firenze, pp. 437-444.
- Blasi C. 2003, *Fasi e metodologie di progetto per gli interventi di consolidamento*, in *Trattato sul consolidamento*, Rocchi P., pp. C32-C33, Roma.
- Bocchi F., Cinelli G. 1677, *Le bellezze della città di Firenze*, Firenze.

- Borbottoni F. 1895-1896, *Catalogo e illustrazione storica della collezione di N.120 dipinti a olio su tela*, Firenze.
- Boscarino S., Prescia R. 1992, *Il restauro di necessità*, Milano.
- Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Gasparini P., Giorgetti E., Parotto M. 1997, *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.e. al 1990*, INGV, Roma.
- Boschi S., Borghini A., Del Monte E., Ortolani B., Vignoli A. 2013, *Methodology for ante and post-earthquake assessment of existing masonry buildings: a case study of an aggregate*, in Atti del XV Convegno Nazionale ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia, Padova.
- Brandi C. 1960, *Segno e immagine*, Milano.
- Brandi C. 1994, *Il restauro. Teoria e pratica*, Roma.
- Breurer T. 1987, *Il "monumento storico" oggi: questioni teoriche e scientifiche*, «Restauro & città», no. 8-9.
- Bulli V. 1850, *Nuova guida della città di Firenze ossia descrizione di tutte le cose che vi si trovano degne d'osservazione, con piante e vedute, ultima edizione compilata da Giuseppe Francois*, Firenze.
- Burci E. 1865, *Guida artistica della città di Firenze, riveduta e annotata da Pietro Fanfani*, Firenze.
- Caccia Gherardini S. 2012, *Elogio della cura. Il progetto di restauro: orientamenti critici ed esperienze / In praise of care. The restoration project: critical orientation and experience*, Pisa.
- Caccia Gherardini S. 2016, *The architectural restoration and conservation handbook*, Firenze.
- Caccia Gherardini S. 2019, *L'eccezione come regola: il paradosso teorico del restauro*, Firenze.
- Carbonara G. (ed.) 1984, *Restauro e cemento in architettura*, vol. ii, Roma.
- Carbonara G. (ed.) 1996, *Trattato di restauro architettonico*, Torino.
- Carbonara G. (ed.) 2008, *Trattato di restauro architettonico. Secondo aggiornamento. Grandi temi di restauro*, Torino.
- Carbonara G. 1976, *La reintegrazione dell'immagine*, Roma.
- Carbonara G. 1990, *Restauro dei monumenti. Guidati agli elaborati grafici*, Roma.
- Carocci C.F., Lagomarsino S. 2009, *Gli edifici in muratura nei centri storici dell'Aquilano*, in «Progettazione Sismica», pp.117-134, 3, Pavia.
- Carocci G. 1897, *Firenze scomparsa. Ricordi storico-artistici*, Firenze.
- Carocci G. 1906, *I dintorni di Firenze*, Firenze.
- Carocci G. 1908, *I dintorni di Firenze, edizione completamente rinnovata*, Firenze.
- Cascone G., Casini A. 1998, *Preindustrial Mining Techniques in the Mountains of Campiglia M.ma (LI)*, in *Craft Specialization: Operational Sequences and Beyond, Papers from Third Annual Meeting European Association of Archeologists, Ravenna*, di S. Milliken, M. Vidale, BAR International Series 720, vol. IV, pp. 149-151.
- Casini A., Francovich R. 1992, *Problemi di archeologia mineraria nella Toscana medievale: il caso di Rocca San Silvestro (LI)*, in *Les Techniques Minières de l'Antiquité au XVIII Siècle*, Editions du CTHS, Paris, pp. 249-265.
- Cavani A., Fidone E., Leoni G., Linzasoro J.i., Messina B., Pretelli M., Ugolini A., Varagnoli A., Zamboni A. (a cura di) 2010, *Ricomporre la rovina*, Firenze, Alinea.
- Centaura G.A., Grandin G.N. 2013, *Restauro del colore in Architettura*, Firenze.
- Centaurio G.A. (ed.) 2008, *Tecnologie e conservazione degli apparati pittorici e del colore nell'edilizia storica*, Firenze.

- Centauro G.A., Chiesi D., Grandin C.N. 2011, *Centro storico di Firenze metodologie ed applicazioni di restauro nella manutenzione dei fronti edilizi urbani*, Poggibonsi.
- Chiovelli R. 2006, *Tecniche costruttive murarie medievali. La Toscana*, L'Erma di Bretschneider, Roma.
- Christillin E., Greco C. 2021, *Le memorie del futuro*, Einaudi, Torino.
- Circolare Ministeriale n. 617 del 02/02/2009, "Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14/01/2008".
- Cocco G.B., Giannattasio C. 2017, *Misurare Innestare Comporre. Architetture storiche e progetto / Measure Graft Compose*. Historical architectures and design, Pisa.
- Colombo L. 1995, *Il colore degli antichi*, Fiesole.
- Cozzi M., Carapelli G. 1993, *Edilizia in Toscana nel primo novecento*, Firenze.
- Crisan R., Fiorani D., Kealy L., Musso S.F. 2015, *Conservation / Reconstruction. Small Historic Centres Conservation In The Midst Of Change*, Hasselt, Belgium.
- Cristallini E. 2006, *Carlo Ludovico Ragghianti, Bruno Zevi e il dibattito sulla tutela del patrimonio artistico negli anni della ricostruzione (1945-1960)*, in Andaloro M. (ed.), *La teoria del restauro da Riegl a Brandi*, pp. 117-128, Firenze.
- Croci G. 2001, *Conservazione e restauro strutturale dei beni architettonici*, Torino.
- Dalla Negra R., Mariano N. 2008, *L'architetto restaura. Guida al laboratorio di restauro architettonico*, Caserta.
- De Martino G. 2004, *L'edificio allo stato di rudere: aspetti teorici e metodologici*, in *Il Monumento e la sua conservazione. Note sulla metodologia del progetto di restauro*, di E. Romeo, Celid, Torino, pp.73-100.
- De Stefani L., Coccoli C. (eds.) 2011, *Guerra, monumenti, ricostruzione. Architetture e centri storici italiani nel secondo conflitto mondiale*, Venezia.
- De Vita M. (ed.) 2011, *Città storica e sostenibilità – Historic Cities and sustainability*, Firenze.
- De Vita M. 2012, *Verso il Restauro. Temi, tesi, percorsi didattici per la conservazione*, Firenze.
- De Vita M. 2015, *Architetture nel tempo. Dialoghi della materia, nel restauro*, Firenze.
- Decreto del Commissario Delegato per la Ricostruzione della Regione Abruzzo n. 3 del 03/_09/2010, "Linee guida per la ricostruzione".
- Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 6 giugno 2001, "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia".
- Decreto Legislativo n. 301 del 27 dicembre 2002, "Modifiche ed integrazioni al decreto del Presidente della Repubblica 6 Giugno 2001, n. 380, recante testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia di edilizia".
- Decreto Ministeriale del 14/01/2008, "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".
- Della Negra R. 2013, *Dov'era, ma non com'era: il restauro quale nodo centrale della ricostruzione post-sisma*, in «Paesaggio Urbano», pp. 8-13.
- Della Torre S. 2013, *Dall'equilibrio al divenire. Strumenti e tecniche per il coordinamento e la programmazione delle attività conservative*, in *Tecniche di restauro. Aggiornamento*, a cura di S.F. Musso, Torino, Utet, pp. 303-317.
- Della Torre S. 2014a, *La programmazione degli interventi: qualità, modello di gestione, riconoscimento delle esternalità positive*, «Materiali e strutture. Problemi di conservazione», V-VI, Roma, pp. 107-118.

- Della Torre S. 2014b, *Prevenire e integrare: le premesse teoriche della conservazione programmata*, in *Strumenti per la gestione del patrimonio culturale: la proposta del FAI*, a cura di L. Suzzani, F.p. Turati, Sant'Arcangelo di Romagna, pp. 35-46.
- Dezzi Bardeschi C. 2010, *Archeologia e conservazione – Teoria, metodologie e pratiche di cantiere*, Santarcangelo di Romagna.
- Dezzi Bardeschi C. 2017, *Abbecedario Minimo. Cento voci per il Restauro*, Firenze.
- Dezzi Bardeschi M. 1993, Autenticità e limiti dell'interpretazione, «ANANKE», no. 2, pp. 10-12.
- Dezzi Bardeschi M. 2018, *La conservazione accende il progetto*, Artustudiopaparo, Napoli.
- Di Biase C. (ed.) 2010, *Il restauro dei monumenti: materiali per la storia del restauro*, Santarcangelo di Romagna.
- Di Biase C. 2010, *Il restauro dei monumenti*, Bologna.
- Di Biase C. 2013, *Manufatti della città breve. Tecniche e materiali del xx secolo nel paesaggio contemporaneo*, in Musso S.F. (ed.), *Tecniche di Restauro. Aggiornamento*, pp. 195-236, Torino.
- Di Napoli G. 2006, *Il colore dipinto. Teorie, percezione e tecniche*, Torino.
- Di Nucci A. 2009, *L'arte di costruire in Abruzzo: tecniche murarie nel territorio della Diocesi di Valva e Sulmona*, Roma.
- Di Stefano R. 1979, *Il recupero dei valori. Centri storici e monumenti. Limiti della conservazione e del restauro*, Napoli.
- Dillon A. 1959, *Architettura e colore*, in *Atti del X Congresso di Storia dell'Architettura (Torino 8-15 settembre 1957)*, pp. 29-36, Roma.
- Dogliani F. 1997, *Stratigrafia e restauro. Tra conoscenza e conservazione dell'architettura*, Trieste.
- Dogliani F. 2008, *Firmitas*, in *Nel restauro. Progetti per le architetture del passato*, pp. 121-155, Venezia.
- Dogliani F. 2008, *Nel restauro. Progetti per le architetture del passato*, Venezia.
- Dogliani F., Mirabella Roberti G. 2004, *Prove sperimentali speditive e valutazioni di vulnerabilità delle murature*, in *Monumenti & terremoti*, Roma.
- Dogliani F., Parenti R. 1993, *Murature a sacco o murature a nucleo in calcestruzzo? Precisazioni preliminari desunte dall'osservazione di sezioni murarie*, in *Calcestruzzi antichi e moderni: storia, cultura e tecnologia*, Atti del Convegno di Studi - Bressanone 6-9 luglio 1993, pp. 137-156, Padova.
- Dogliani F., Petrini V., Moretti A. 1994, *Le chiese e il terremoto*, Trieste.
- Dolce M., Masi A., Samela C., Santarsiero G., Vona M., Zuccaro M., Cacace G., Papa F. 2004, *Esame delle caratteristiche tipologiche e del danneggiamento del patrimonio edilizio di San Giuliano di Puglia*, XI Convegno nazionale ANIDIS L'Ingegneria Sismica in Italia - Genova 25-29/01/2004, Genova.
- DPC 2000, Dipartimento della Protezione Civile, *Manuale per la compilazione della scheda di 1° livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica (AeDES)*, 2010, Roma.
- DPC-ReLUIS 2010, "Linee guida per il rilievo, l'analisi ed il progetto di interventi di riparazione e consolidamento sismico di edifici in muratura in aggregato".
- Emiliani V. (ed.) 2005, *L. Borgese, L'Italia rovinata dagli italiani. Scritti sull'ambiente, la città, il paesaggio (1946-70)*, Milano.
- Esposito D. 1998, *Tecniche costruttive murarie medievali. Murature "a tuffelli" in area romana*, L'Erma di Bretschneider, Roma.
- Fabiani F., Grilli R., Musetti V. 2016, *Verso nuove modalità di gestione e presentazione della documentazione di restauro: SICaR web la piattaforma in rete del Ministero dei Beni e delle Attività Culturali e del Turismo*, «Bollettino Ingegneri», Collegio degli Ingegneri della Toscana, n. 3/2016, pp. 3-13.
- Fanelli G. 1973, *Firenze architettura e città*, Firenze.
- Fantozzi F. 1842, *Nuova guida ovvero descrizione storico artistico critica della città e contorni di Firenze*, Firenze.

- Fantozzi F. 1843, *Pianta geometrica della città di Firenze alla proporzione di 1 a 4500 levata dal vero e corredata di storiche annotazioni*, Firenze.
- Farinelli R., Francovich R. 1992, *Potere ed attività minerarie nella Toscana altomedievale*, in *La Storia dell'Alto Medioevo italiano (VI-X secolo) alla luce dell'archeologia*, Convegno Internazionale, Siena, 2-6 dicembre 1992, di R. Francovich, G. Noyé, Firenze, pp. 443-465.
- Farinelli R., Francovich R. 1999, *Paesaggi minerari della Toscana Medievale: castelli e metalli*, Castrum 5, Roma, pp. 467-488.
- Farneti F. (ed.) 2006, *Naso: tre secoli di storia, Architettura, Arte e Terremoti*, Firenze.
- Farneti F. (ed.) 2009, *Naso guida alla visita della città*, Firenze.
- Farneti F. (ed.) 2012, «Naso, terra grande, ricca e antica» *Tessuto urbano e architettura dal Cinquecento al Novecento*, Firenze.
- Ferraro G. 2001, *Il Libro dei luoghi*, (Caudo G. ed.), Milano.
- Fichera G. 2011, *Archeologia sperimentale alla Rocca di San Silvestro. Dal ciclo di produzione della calce alla costruzione di una casa*, «Archeologia dell'Architettura», XVI 2011, pp. 86-95.
- Fiorani D. (ed.) 2009, *Restauro e tecnologie in architettura*, Roma.
- Fiorani D. 1996, *Tecniche costruttive murarie medievali. Il Lazio meridionale*, L'Erma di Bretschneider, Roma.
- Fiorani D. 1999, *L'invecchiamento e il degrado*, in *Trattato di restauro architettonico*, G. Carbonara (ed.), pp. 295-418, Torino.
- Fiorani D. 2004, *Restauro architettonico e strumenti informatici: guida agli elaborati grafici*, Napoli.
- Fiorani D., Kealy L., Musso S.F. 2017, *Conservation adaptation. Keeping alive the spirit of the place adaptive reuse of heritage with symbolic value*, Hasselt, Belgium.
- Follini V., Rastrelli M. 1802, *Firenze antica, e moderna illustrata*, Firenze.
- Formigli G. 1849, *Guida per la città di Firenze e i suoi contorni*, Firenze.
- Francovich R. (a cura di) 1993, *Archeologia delle attività estrattive e metallurgiche*, V ciclo di lezioni sulla ricerca applicata in archeologia, Firenze.
- Francovich R. 1979, *Alcuni problemi pratici fra archeologia, restauro e pianificazione territoriale (in margine all'esperienza toscana)*, «Archeologia Medievale», VI, pp. 35-46.
- Francovich R. 1981, *Il Palazzo Lanfranchi a Pisa: un contributo al dibattito sul restauro nei centri storici*, «Archeologia Medievale», VIII, pp. 601-604.
- Francovich R. 1982, *Restauro architettonico e archeologia stratigrafica*, in L. Marino, C. Pietramellara (a cura di), *Con tributi sul restauro archeologico*, Firenze, pp. 59-68.
- Francovich R. 1991, *Rocca San Silvestro*, Roma.
- Francovich R. 1993, *L'industria estrattiva dall'antichità ad oggi*, in *La storia naturale della Toscana meridionale*, a cura di F. Giusti, Milano, pp. 559-568.
- Francovich R. 1994, *Le ragioni di un parco alle radici dell'archeologia mineraria. Le miniere di Campiglia Marittima nelle pagine dei naturalisti e dei geologi dell'Ottocento*, Venezia.
- Francovich R. 2003, *Dalla ricerca al parco archeologico: il caso di Rocca San Silvestro e l'esperienza della Società Parchi val di Cornia*, in *Un'impresa per sei parchi. Come gestire in modo imprenditoriale e innovativo il patrimonio culturale e ambientale pubblico*, di A. Casini, M. Zucconi, Il Sole 24ore, Milano.

- Francovich R., Agrippa C., Boldrini E., Cappelli L., Ceccarelli Lemut M.L., Cucini C., Cuteri F., Guideri S., Paolucci G., Parenti R., Rovelli A., Vannini A. 1985, *Un villaggio di minatori e fonditori di metallo nella Toscana del Medioevo: San Silvestri (Campiglia M.ma)*, «Archeologia Medievale», XII, pp. 322-341.
- Francovich R., Buchanan J. 1994, *Il progetto del parco archeominerario di Rocca San Silvestro (Campiglia Marittima)*, in *I siti archeologici un problema di musealizzazione all'aperto*, Secondo Seminario di studi, a cura di B. Amendolea, Roma, pp. 176-195.
- Francovich R., Parenti R. (a cura di) 1987, *Rocca San Silvestro e Campiglia. Prime indagini archeologiche*, Firenze.
- Francovich R., Wickham C. 1994, *Uno scavo archeologico ed il problema dello sviluppo della signoria territoriale: Rocca San Silvestro e i rapporti di produzione minerari*, «Archeologia Medievale», XXI, Firenze, pp. 7-30.
- Galasco A., Frumento, S. 2011, *Analisi sismica delle strutture murarie*, Napoli.
- Galli G. 2009, *Indicazioni ed elaborati grafici per il progetto di restauro architettonico*, Roma.
- Gallo Curcio A. 2007, *Sul consolidamento degli edifici storici*, Roma.
- Garcia A., Llopis J., Marsia J.V., Torres A., Villaplana R. 2000, *El color en el Barrio de Velluters*, Valencia.
- Garcia A., Llopis J., Marsia J.V., Torres A., Villaplana R. 1995, *El color en el centro Històrico: Arquitectura històrica y color en el Barrio del Carmen de Valencia*, Valencia.
- Garneri A. 1924, *Firenze e dintorni in giro con un artista*, Firenze.
- Ginori Lisci L. 1972, *I palazzi di Firenze nella storia e nell'arte*, Firenze.
- Giovannoni G. 1913, *Il diradamento edilizio dei vecchi centri, il Quartiere della Rinascenza a Roma*, «Nuova Antologia», vol. 997.
- Giovannoni G. 1919, *Sistemazione edilizia del Quartiere del Rinascimento in Roma*, Roma.
- Giovannoni G. 1931, *Città vecchia ed edilizia nuova*, Torino.
- Giuffrè A. 1988, *Monumenti e terremoti. Aspetti statici del restauro*, Roma.
- Giuffrè A. 1991, *Lecture sulla meccanica delle murature storiche*, Roma.
- Giuffrè A. 1993, *Sicurezza e conservazione dei centri storici: il caso di Ortigia*, Bari.
- Giusberti P. 1944, *Il restauro archeologico*, Roma, p. 14.
- Giusti M.A. 2000, *Temi di restauro*, Torino.
- Giusti M.A. 2007, *La dimensione culturale del paesaggio urbano. Verso nuovi confini: identità storica e trasformazioni*, Roma.
- GNDT 2000, *Manuale per la compilazione della scheda di primo livello di rilevamento danno, pronto intervento e agibilità per edifici ordinari nell'emergenza post-sismica (AeDES)*, Dipartimento della Protezione Civile, Roma.
- Guccerelli D. 1969, *Stradario storico biografico della città di Firenze*, Firenze.
- Guideri S. (a cura di) 1995, *Rocca San Silvestro. Il percorso didattico*, Pisa.
- Guideri S. 2001, *Il Parco Archeominerario di San Silvestro nel Sistema dei Parchi della Val di Cornia (LI)*, in *Archeologia Industriale — Metodologie di recupero e di fruizione del bene Industriale*, Atti del Convegno, Prato 16 e 17 giugno 2000, a curadi L. Faustini et al., Firenze, 2001, pp. 179-185.
- Guideri S. 2003, *Tante storie per un'unica rete: Parco Archeominerario di San Silvestro, Parco Archeologico di Baratti, Museo archeologico del territorio di Populonia*, in *Un'impresa per sei parchi. Come gestire in modo imprenditoriale e innovativo il patrimonio culturale e ambientale pubblico*, di A. Casini, M. Zucconi, Il sole24ore, Milano.

- Guideri S. 2006, *Miniere, metallurgia e archeologia industriale nei Parchi della Val di Cornia*, «LOCUS. Rivista di cultura del territorio. Energia e Paesaggio», 2/2006.
- Guideri S. 2008a, *The Archaeological and Mining Park of San Silvestro — Campiglia Marittima (Tuscany, Italy)*, in *Landmarks. Profiling Europe's Historic Landscapes*, Veröffentlichungen aus dem Deutschen Bergbau — Museum Bochum, n. 158, pp. 133-142.
- Guideri S. 2008b, *Il Sistema dei Parchi della Val di Cornia e il Parco Archeominerario di San Silvestro (1996-2006)*, in *Archéologie et paysages des mines anciennes, de la fouille aumusée*, a cura di M.C. Bailly-Maitre, C. Jourdaine-Annequin,
- Guideri S. 2008c, *Planning and managing a historical mining landscape: the case of the Archeological and Mining Park of San Silvestro — Campiglia Marittima (Tuscany, Italy)*, Commission Européenne Action COST A27, in *Landmarks, profiling Europe's historic landscape*, di C. Bartels, M. Ruiz del Guideri S. 2009, *Les paysages miniers de Toscane*, in *Patrimoine, Images, Mémoires des paysages européens — Heritage, Images, Memory of European Landscapes*, a cura di L. Lévêque, M. Ruiz Àrbol, L. Pop, Paris.
- Guideri S. 2015, *Accessibilità e partecipazione. Nuovi progetti per la fruizione del patrimonio culturale*, in *Capitale culturale e capitale umano L'innovazione al servizio della Cultura*, Atti del XI Convegno Nazionale (Lucca, Real Collegio, 8 e 9 ottobre 2015), a cura di F. Velani, LuBeC 2015, pp. 194-197.
- Guideri S. 2017, *La Rocca di San Silvestro e il Sistema dei parchi della Val di Cornia*, in *Manuale di coltivazione pratica e poetica. Per la cura dei luoghi storici e archeologici nel Mediterraneo*, a cura di L. Latini, T. Matteini, Padova, pp. 281-286.
- Gurrieri F. 1974, *Teoria e cultura del restauro dei monumenti e dei centri antichi*, Firenze.
- Gurrieri F. 1976, *Teoria e cultura del restauro dei monumenti e dei centri antichi*, Firenze.
- Gurrieri F. 1983, *Dal restauro dei monumenti al restauro del territorio*, Firenze.
- Gurrieri F. 1992, *Restauro e conservazione*, Firenze.
- Gurrieri F. 1993, *Restauro e città. Contributi alla cultura del restauro e della conservazione*, Firenze.
- Gurrieri F. 2003, *L'istanza mastrodcasiana*, in *Trattato sul consolidamento*, P. Rocchi (Dir. scien.), pp. C3-C5, Roma.
- Gurrieri F., Belli G., Birignani C. 1998, *Il degrado delle città d'arte*, Firenze.
- Gurrieri F., Van Riel S., Semprini P. 2005, *Il restauro del paesaggio. Dalla tutela delle bellezze naturali e panoramiche alla governance territoriale - paesaggistica*, Firenze.
- Kealy L., Musso S.F. 2011, *Conservation / Transformation*, Leuven, Belgium.
- Limburger W. 1910, *Die Gebäude von Florenz: Architekten, Strassen und Plätze in alphabetischen Verzeichnissen*, Leipzig.
- Marino L. 2013, *Il rischio nelle aree archeologiche*, Alinea.
- Marotta A. 1999, *Policroma. Dalle teorie comparate al progetto del colore*, Torino.
- Mastrodcasa S. 1988, *Dissesti statici delle strutture edilizie*, Milano.
- Melucco Vaccaro A. 2000, *Archeologia e restauro*, Roma, pp. 217-239.
- Miarelli Mariani G. 1978, *Restauro e territorio. Appunti su un rapporto complesso e controverso*, «Palladio», iii s. xxv, no. 1, pp. 83-100
- Miarelli Mariani G. 1995, *Coloriture urbane: omologazione fra uniformità e dissonanze*, in «ANATH K. Cultura, Storia e Tecniche della Conservazione», a. III.
- Minutoli G. 2005, *Piani territoriali paesistici adottati nell'Italia centro meridionale, dopo l'entrata in vigore della legge 1497/39*, in *Degrado del paesaggio e complessità territoriale*, Van Riel S., Semprini M.P.(ed.), atti del convegno internazionale (Rimini 26-27 novembre 2004), pp. 141-149, Villa Verucchio.

- Minutoli G. 2005bis, *I borghi rurali in Sicilia tra storia e conservazione*, in *Il moderno tra conservazione e trasformazione*, Pratali Maffei S., Rovello F. (ed.), atti del convegno internazionale (Trieste 5-8 dicembre 2005), pp. 183-190. Trieste.
- Minutoli G. 2005tri, *Mussolinia di Caltagirone, la città dimenticata*, in *La conservazione dell'architettura moderna il caso Predappio: fra razionalismo e monumentalismo*, Van Riel S., Ridolfi A, atti del convegno (Predappio 26-27 settembre 2003), pp. 57-71, Forlì.
- Minutoli G. 2006, *Da piazza Filippo a largo S. Michele, tra spazi urbani ed emergenze architettoniche*, in *Naso: tre secoli di storia, architettura, arte e terremoti*, Farneti F. (ed.), pp. 41-54, Firenze.
- Minutoli G. 2009, *La vulnerabilità sismica dell'edilizia "minore" di Messina realizzata dopo il terremoto del 1908*, in *Il Sisma, ricordare prevenire progettare*, Fiandaca O., Lione R. (ed.), pp. 529-538, Firenze.
- Minutoli G. 2011, *Degrado dei manufatti e proposte per la conservazione architettonica e strutturale*, in *Ficarra identità urbana e architettonica*, Van Riel S (ed.), pp. 31-38, Firenze.
- Minutoli G. 2012bis, *Ciudades, arquitectura y restauración, los problemas de la conservación de los centros históricos*, in «*Informes de la Construcción*», pp. 23-34, Madrid.
- Minutoli G. 2012quat, *La ricostruzione post sismica di Messina (1909-1939)*, Firenze.
- Minutoli G. 2012tri, *Rilievo applicato al cantiere di restauro*, in *Manuale di rilievo architettonico e urbano*, S. Bertocci, M. Bini (ed.), pp. 317-341, Torino.
- Minutoli G. 2013, *Le città e le architetture della Sicilia autarchica: materiali, tecniche realizzative e proposte di conservazione*, in *REUSO: documentazione, conservazione e riutilizzo del patrimonio Architettonico*, Susana Mora (ed), pp. 59-66, Madrid.
- Minutoli G. 2015, «Un'accolta di gentiluomini» *Vicende sociali e urbane della «Casina di compagnia agatirso in Naso»*, Firenze.
- Minutoli G. 2016, *Villa Adriana, esperienze di rilievo digitale ed analisi per il restauro e la musealizzazione dell'Edificio dei Pilastri Dorici*, «*Restauro Archeologico*», 1/2016, Firenze, pp. 94-115.
- Minutoli G., Bertocci S. 2012quin, *Un database per il controllo della vulnerabilità sismica: il caso studio di Acciano*. In: «*DISEGNARE-CON*», pp. 115-120 Tomar (Portogallo).
- Minutoli G., Mora S., Bootello S., González P., Mora I. 2012, *Las ciudades de Roma, Florencia y Cracovia, patrimonio mundial*, in *Best Practices in World Heritage: Archaeology*, atti del convegno internazionale con revisione scientifica dei contributi (Menorca 9-13 aprile 2012), pp.159-171, Menorca.
- Mirri B. 1996, *Beni Culturali e centri storici. Legislazione e problemi*, Genova.
- Muratore O. 2008, *Il colore della città storica*, in *Una didattica per il restauro*, Calogero Bellanca (ed.), pp. 15-22, Roma.
- Musso S. (ed.) 2013, *Tecniche di Restauro. Aggiornamento*, Torino.
- Musso S. 1988, *Questioni di storia e restauro. Dall'architettura alla città*, Firenze.
- Musso S. 1997, *Itinerari bibliografici sulla tutela*, in Pedretti B. (ed.), *Il progetto del passato. Memoria, conservazione, restauro, architettura*, Milano.
- Musso S. 2004, *Recupero e restauro degli edifici storici. Guida pratica al rilievo e alla diagnostica*, Roma.
- Musso S. 2016, *Recupero e Restauro degli edifici storici*, Roma.
- Musso S.F. 2016, *Recupero e restauro degli edifici storici. Guida pratica al rilievo e alla diagnostica*, EPC Editore, Roma.
- Nizzi Griffi L. 1987, *Restauro statico dei Monumenti*, Firenze.
- Normal (commissione), *Raccomandazioni 1/88: "alterazione macroscopiche dei materiali lapidei: lessico"*, 1988.
- Oteri M. A. 2009, *Rovine. Visioni, teorie, restauri del rudere in architettura*, Argos, Pomezia

- Pane R. 2009, *Dal monumento all'ambiente urbano: la teoria del diradamento edilizio*, in Casiello S. (ed.), *La cultura del restauro. Teorie e fondatori*, pp. 293-314, Venezia.
- Parenti R. 1988, *Sulla possibilità di datazione e di classificazione delle murature*, in *Archeologia e restauro dei monumenti*, Francovich R., Parenti R. (de.), pp. 280-30, Firenze.
- Parenti R. 1990, *Il metodo stratigrafico e l'edilizia storica*, in *Il modo di costruire*, Atti del 1° seminario internazionale, Roma, 6-8 giugno 1988, Casciato M., Mornati S., Scavizzi C. P. (eds.), pp. 297-309, Roma.
- Parenti R. 1992, *Fonti materiali e lettura stratigrafica di un centro urbano: i risultati di una sperimentazione 'non tradizionale'*, «Archeologia Medievale», XIX, pp. 7-62.
- Perego F. (ed.) 1986, *Anastilosi. L'antico, il restauro, la città*, Roma-Bari.
- Pesenti S. (ed.) 2001, *Il progetto di conservazione: linee metodologiche per le analisi preliminari, l'intervento, il controllo di efficacia*, Firenze.
- Portoghesi P. 1980, *Colore e città*, in «Domus», a. LIII.
- Rocchi P. 2003, *Trattato sul consolidamento*, Roma.
- Romby G.C. 1979, *Qualità dell'abitare nelle città toscane. Libri di fabbrica, muramenti, inventari (sec. XV)*, Firenze.
- Romeo E. 2004, *Il monumento e la sua conservazione. Note sulla metodologia del progetto di restauro*, Celid, Torino.
- Romeo E. 2007, *Gli esiti dei piani del colore in Piemonte: centri storici tra abbellimenti e grandi eventi*, in *Per una storia del restauro urbano. Piani strumenti e progetti per i centri storici*, M. Giambruno (ed.), pp. 259-268, Novara.
- Romeo E. 2016, *Valore di novità e valore d'antichità. Sul restauro di alcuni centri urbani piemontesi*, in *Che almeno ne resti il ricordo. Memoria, evocazione, conservazione dei beni architettonici e paesaggistici*, E. Morezzi, E. Romeo (ed.), pp. 121-128, Ariccia (RM).
- Romeo E. 2019, *John Ruskin e l'architettura classica. La rovina nei contesti medievali come accumulazione della memoria*, in «Memories on John Ruskin. Into this last», Special issue della rivista «Restauro Archeologico», Didapress, Firenze.
- Romeo E., Morezzi E. 2019, *Che almeno ne resti il ricordo. Memoria, evocazione, conservazione dei beni architettonici e paesaggistici*, WriteUp Site, Roma.
- Romeo E., Morezzi E., Rudiero R. 2017, *Riflessioni sulla conservazione del patrimonio archeologico*, Ermes, Roma.
- Roselli P. (ed.) 1994, *Le pietre dell'architettura. I restauri di Piero Sanpaolesi*, Firenze.
- Roselli P. 1991, *Restaurare la città oggi*, Firenze.
- Roselli P., Pacchiarini A. (eds.) 1993, *Dieci di anni di recupero in Italia*, Firenze.
- Sabelli R. (a cura di) 2014, *L'area archeologica di Fiesole. Conservazione della memoria e innovazioni per la fruizione*, Edizioni Polistampa, Firenze.
- Sabelli R. 2011, *Progettare il restauro. Schede operative d'intervento, Piano di manutenzione, Capitolato tecnico d'appalto*, Maggioli Editore, Santarcangelo di Romagna (RN).
- Sabelli R. 2015, *A project for conservation and valorization of the archaeological park of Populonia*, in *III Convegno Internazionale sulla documentazione, conservazione e recupero del patrimonio architettonico e sulla tutela paesaggistico*, di R. Sabelli, Valencia, pp. 2043-2050.
- Sanpaolesi P. 1973, *Discorso sulla metodologia generale del restauro dei monumenti*, Firenze.
- Scalora G., Monti G. 2010, *La conservazione dei centri storici in zona sismica. Un metodo operativo di restauro urbano*, Milano.
- Schiaparelli A. 1908, *La casa fiorentina e i suoi arredi nei secoli XIV e XV, volume primo*, Firenze.
- Simone R. 1996, *La città di Messina tra norma e forma*, Roma.

Spagnesi G. 1988, *Il colore della città*, Roma.

Storchi S., Toppetti F. (ed) 2013. *Le forme della ricostruzione. Terremoto Emilia*, Firenze.

Torsello P.B. 1984, *Restauro architettonico. Padri teorie immagini*, Milano

Torsello P.B. 1988, *La materia del Restauro. Tecniche e teorie analitiche*, Venezia.

Torsello P.B., Musso S. 2003, *Tecniche di restauro architettonico*, Torino.

Ugolini A. 2017, *Quale conoscenza per le 'aree archeologiche strutturate'*, in RICerca REStauro, Sezione IB_ *Questioni teoriche: Tematiche specifiche*, Roma, pp. 226-235.

Van Riel S. (ed.) 2011, *Ficarra identità urbana e architettonica*, Firenze.

Van Riel S., *Studio per favorire il recupero del patrimonio edilizio di base del centro storico di Ficarra*, relazione allegata al piano di recupero del centro storico di Ficarra presentato in ottemperanza alla L. R. n. 13 del 2015.

Von Stegmann C., Von Geymuller H. 1885-1908, *Die Architektur der Renaissance in Toscana: dargestellt in den hervorragendsten Kirchen, Palästen, Villen und Monumenten*, München.

Zocchi G. 1744, *Scelta di XXIV vedute delle principali Contrade, Piazze, Chiese e Palazzi della Città di Firenze*, Firenze.

Zucconi G. (ed.) 1996, *G. Giovannoni. Dal capitello alla città*, Milano.

RINGRAZIAMENTI

Vorrei ringraziare l'amico e collega Andrea Arrighetti con il quale ho condiviso questa importante esperienza scientifico/professionale. Silvia Guideri, direttore del parco Archeominerario di Rocca San Silvestro, sempre disponibile e propositiva. Stefano Bertocci che mi ha fatto conoscere questo incredibile sito. Sandro Parrinello con il quale abbiamo organizzato un seminario che ha permesso di far confrontare studenti italiani e cinesi. Matteo Bigongiari, Andrea Lumini, Sara Marchini, Marco Repole che hanno lavorato alla buona riuscita del presente lavoro. Pier Paolo Lagani che oltre ad aver seguito tutto il percorso di conoscenza e le fasi di restauro mi ha supportato nella redazione del presente volume.

Un sentito ringraziamento a Marco Sani che ha redatto insieme a me il progetto di restauro e ha condotto la direzione lavori. Infine, ringrazio la ditta Patella s.r.l. esecutrice del primo lotto dei lavori che ha contribuito economicamente alla realizzazione di questo volume e Stefano Buratti che si è occupato dell'analisi delle malte storiche e della realizzazione delle nuove malte per il restauro.

Titoli Pubblicati

1. Alessandro Brodini, *Lo Iuav ai Tolentini: Carlo Scarpa e gli altri. Storia e documenti*, 2020
2. Letizia Dipasquale, *Understanding Chefchaouen. Traditional knowledge for a sustainable habitat*, 2020
3. Vito Getuli, *Ontologies for Knowledge modeling in construction planning. Theory and Application*, 2020
4. Lamia Hadda (édité par), *Médina. Espace de la Méditerranée*, 2021
5. Letizia Dipasquale, Saverio Mecca, Mariana Correia (eds.), *From Vernacular to World Heritage*, 2020
6. Sarah Robinson, Juhani Pallasmaa (a cura di), traduzione di Matteo Zambelli, *La mente in architettura*, 2021
7. Magda Minguzzi, *The Spirit of Water. Practices of cultural reappropriation. Indigenous heritage sites along the coast of the Eastern Cape-South Africa*, 2021
8. Rita Panattoni, *I mercati coperti di Giuseppe Mengoni. Architettura, ingegneria e urbanistica per Firenze Capitale*, 2021
9. Stefano Follesa, *Il progetto memore. La rielaborazione dell'identità dall'oggetto allo spazio*, 2021
10. Monica Bietti, Emanuela Ferretti (a cura di), *Il granduca Cosimo I de' Medici e il programma politico dinastico nel complesso di San Lorenzo a Firenze*, 2021



Finito di stampare da
Officine Grafiche Francesco Giannini & Figli s.p.a. | Napoli
per conto di FUP
Università degli Studi di Firenze

Il presente volume raccoglie cinque anni di studi condotti da vari ricercatori coordinati dall'autore e descrive le diverse fasi del progetto di restauro e del cantiere di Rocca San Silvestro.

Il progetto di restauro si è sviluppato nella consapevolezza che il sito necessitava, non solo di un insieme di operazioni tecniche, ma anche di un atto critico che portasse alla redazione di un progetto non solo reversibile, riconoscibile e compatibile ma soprattutto un restauro sostenibile.

Questo è da valutarsi come momento di confronto tra archeologi e architetti e fa seguito al libro scritto da Andrea Arrighetti, *Rocca San Silvestro: Archeologia per il restauro*, edito nel 2017.

Giovanni Minutoli, ricercatore Legge 240/10, ha svolto gli studi universitari presso la Facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Firenze; nello stesso ateneo si è laureato in Materiali e Strutture dell'Architettura, curriculum Icar 19 nel 2011. Abilitato a professore di seconda fascia nel settore concorsuale 08/E2 Restauro.