

# 9 DEFENSIVE ARCHITECTURE OF THE MEDITERRANEAN

Anna MAROTTA, Roberta SPALLONE (Eds.)



PROCEEDINGS of the International Conference on Modern Age Fortification of the Mediterranean Coast  
FORTMED 2018

DEFENSIVE ARCHITECTURE OF THE MEDITERRANEAN  
Vol. IX

Editors  
Anna Marotta, Roberta Spallone  
Politecnico di Torino. Italy

POLITECNICO DI TORINO

Series *Defensive Architectures of the Mediterranean*

General editor  
Pablo Rodríguez-Navarro

The papers published in this volume have been peer-reviewed by the Scientific Committee of FORTMED2018\_Torino

© editors  
Anna Marotta, Roberta Spallone

© papers: the authors

© 2018 edition: Politecnico di Torino

ISBN: 978-88-85745-12-4



FORTMED - Modern Age Fortification of the Mediterranean Coast, Torino, 18th, 19th, 20th October 2018

## Organization and Committees

### Organizing Committee

Anna Marotta. (Chair). Politecnico di Torino. Italy  
Roberta Spallone. (Chair). Politecnico di Torino. Italy  
Marco Vitali. (Program Co-Chair and Secretary). Politecnico di Torino. Italy  
Michele Calvano. (Member). Politecnico di Torino. Italy  
Massimiliano Lo Turco. (Member). Politecnico di Torino. Italy  
Rossana Netti. (Member). Politecnico di Torino. Italy  
Martino Pavignano. (Member). Politecnico di Torino. Italy

### Scientific Committee

Alessandro Camiz. Girne American University. Cyprus  
Alicia Cámara Muñoz. UNED. Spain  
Andrea Pirinu. Università di Cagliari. Italy  
Andreas Georgopoulos. Nat. Tec. University of Athens. Greece  
Andrés Martínez Medina. Universidad de Alicante. Spain  
Angel Benigno González. Universidad de Alicante. Spain  
Anna Guarducci. Università di Siena. Italy  
Anna Marotta. Politecnico di Torino. Italy  
Annalisa Dameri. Politecnico di Torino. Italy  
Antonio Almagro Gorbea. CSIC. Spain  
Arturo Zaragoza Catalán. Generalitat Valenciana. Castellón. Spain  
Boutheina Bouzid. Ecole Nationale d'Architecture. Tunisia  
Concepción López González. UPV. Spain  
Faissal Cherradi. Ministerio de Cultura del Reino de Marruecos. Morocco  
Fernando Cobos Guerra. Arquitecto. Spain  
Francisco Juan Vidal. Universitat Politècnica de València, Spain  
Gabriele Guidi. Politecnico di Milano. Italy  
Giorgio Verdiani. Università degli Studi di Firenze. Italy  
Gjergji Islami. Universiteti Politeknik i Tiranës. Albania  
João Campos, Centro de Estudos de Arquitectura Militar de Almeida. Portugal  
John Harris. Fortress Study Group. United Kingdom  
Marco Bevilacqua. Università di Pisa. Italy  
Marco Vitali. Politecnico di Torino. Italy  
Nicolas Faucherre. Aix-Marseille Université – CNRS. France  
Ornella Zerlenga. Università degli Studi della Campania 'Luigi Vanvitelli'. Italy  
Pablo Rodríguez-Navarro. Universitat Politècnica de València. Spain  
Per Cornell. University of Gothenburg. Sweden  
Philippe Bragard. Université catholique de Louvain. Belgium  
Rand Eppich. Universidad Politècnica de Madrid. Spain  
Roberta Spallone. Politecnico di Torino. Italy  
Sandro Parrinello. Università di Pavia. Italy  
Stefano Bertocci. Università degli Studi di Firenze. Italy  
Stefano Columbu, Università di Cagliari. Italy  
Teresa Gil Piqueras. Universitat Politècnica de València. Spain  
Víctor Echarri Iribarren. Universitat d'Alacant. Spain

## Organized by



**POLITECNICO  
DI TORINO**

Dipartimento di  
Architettura e Design

## Partnerships



UNIVERSITAT  
POLITÈCNICA  
DE VALÈNCIA



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
FIRENZE



Universitat d'Alacant  
Universidad de Alicante

## Patronages



CITTA' DI TORINO



unione  
italiana  
disegno



FONDAZIONE  
DELL'ORDINE DEGLI  
INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI  
TORINO

## Table of contents

<b>Preface</b> .....	XV
<b>Contributions</b>	
DIGITAL HERITAGE	
<i>Quivi surgeva nel lido estremo un sasso: la torre dell’Arma</i> .....	925
<i>M. Abbo, F. L. Buccafurri</i>	
Il Castello di Gorizia, analisi geometrica e rilievo con tecnologie avanzate.....	933
<i>G. Amoroso, P. Cochelli, V. Riavis</i>	
“Turris ad nocturnum navigantibus lumen”.....	941
<i>M. Arena, F. Fatta</i>	
Dalla dismissione alla valorizzazione: progetti e interventi per il Forte di Exilles (To) negli anni 1978-2018.....	949
<i>C. Bartolozzi, F. Novelli</i>	
Rilievo digitale dell’area archeologica costiera della Rocca di San Silvestro.....	957
<i>S. Bertocci, A. Lumini</i>	
New tools for the valorization and dissemination of the results of TOVIVA project.....	965
<i>S. Bertocci, P. Rodriguez-Navarro, M. Bercigli</i>	
Sperimentazioni cinquecentesche dei Sangallo verso le fortificazioni toscane. Il caso del Forte Sangallo a Nettuno.....	973
<i>D. Calisi, M. G. Cianci</i>	
Dalla nuvola di punti al progetto di restauro. L’estrazione di dati per la valorizzazione dell’antica fortificazione di Casertavecchia.....	981
<i>V. Cera, L. A. Garcia</i>	
Da castello a castello, il problema della difesa della costa ionica: i casi delle fortificazioni di Catania e Aci Castello.....	989
<i>G. Di Gregorio</i>	
Las torres vigías artilladas de Felipe II en la Región del Murcia. Representación tridimensional virtual de la Torre Navidad.....	997
<i>J. García León, P. E. Collado Espejo, M. Ramos Martínez, L. Cipriani, F. Fantini</i>	

Rappresentando il Forte di Gavi: ieri, oggi, domani.....	1005
<i>A. Marotta, V. Cirillo, O. Zerlenga</i>	
Rappresentazione sincronica e ricostruzioni diacroniche della Rocca di Senigallia. Un approccio di conoscenza integrato.....	1013
<i>A. Meschini, E. Petrucci</i>	
I sotterranei dei castelli di Otranto e di Gallipoli: dal rilievo laser scanner 3D all'analisi Strutturale.....	1021
<i>G. Muscatello, A. Quarta, C. Mitello</i>	
Rilievo tridimensionale del palazzo fortificato di Entella.....	1029
<i>R. Netti</i>	
Torri costiere nella Sicilia sud-orientale: il rilievo per la conoscenza e la messa in valore delle emergenze architettoniche.....	1037
<i>G. Nicastro</i>	
Sistemi fortificati dell'Adriatico centrale: indagini storiche, rappresentazioni contemporanee e ricostruzioni digitali.....	1045
<i>C. Palestini, A. Basso</i>	
Augmented Iconography. AR applications to the fortified Turin in the <i>Theatrum Sabaudiae</i> .....	1053
<i>V. Palma, M. Lo Turco, R. Spallone, M. Vitali</i>	
Il rilievo della torre degli Appiani a Marciana Marina.....	1061
<i>G. Pancani</i>	
Nuvole di punti per l'accessibilità universale del patrimonio storico: il caso studio del castello di Francolise.....	1067
<i>L. M. Papa, S. D'Auria</i>	
La Documentazione delle mura di Verona Rilievo, analisi e schedatura delle fortificazioni veronesi.....	1075
<i>S. Parrinello, P. Becherini</i>	
Sul limitare del Mediterraneo: Antonelli e la fortificazione di Gibilterra.....	1083
<i>S. Parrinello, F. Picchio, R. De Marco, A. Dell'Amico</i>	
Rappresentare l'architettura militare. Il bastione di Santa Croce a Cagliari in epoca sabauda.....	1091
<i>A. Pirinu, N. Contini, M. Utzeri</i>	
Il castello di Popolonia: dal rilievo alla documentazione visuale.....	1097
<i>P. Puma, A. Guidi</i>	
Método para el levantamiento del patrimonio construido mediante técnicas digitales: Puerta de la Colada de la muralla de Ciudad Rodrigo (Salamanca).....	1101
<i>A. Sánchez Corrochano, A. Greco, D. Besana, E. Martínez Sierra</i>	

Un navigatore per monumenti: proposta di applicazione software per valorizzare i monumenti culturalmente e storicamente con soluzioni informatiche, GIS e GPS.....1109  
*L. Serra*

Partimonio costruito e BIM: il palazzo di Francesco de' Medici nella Fortezza Vecchia di Livorno fa un secondo passo nell'epoca digitale.....1117  
*G. Verdiani, V. Donato, L. Pianigiani, F. Marsugli*

Cannons, galleries, ruins and Digital Survey: a first report about the “Molo Cosimo” after seventy years of abandon.....1125  
*G. Verdiani, A. Frasconi*

#### CULTURE AND MANAGEMENT

Il castello normanno di Ginosa (TA). Progetto di salvaguardia e valorizzazione di una memoria.....1133  
*A. Albanese, F. Allegretti, C. Castellana, A. Colamonico, F. Fiorio, M. Marasciulo*

The fortification system on the Elba Island: analysis of the strategic evolution and the military technologies.....1141  
*G. Baldi, A. Mancuso, A. Pasquali, M. Pucci*

Un percorso virtuale nel Forte di Fenestrelle tra memoria e attualità.....1149  
*O. Bucolo, D. Miron, R. Netti*

La fruizione multimediale del Castello di Lecce.....1157  
*G. Cacudi*

Some aspect of relationships of old and new in moroccan fortification.....1165  
*M. Cherradi*

Tutela, recupero, valorizzazione delle torri costiere come parte integrante di sistemi territoriali complessi. La “nuova vita” della Torre di Cerrano (Abruzzo, Italia).....1171  
*A. Colecchia*

Estudio integral de la Torre Navidad, en Cartagena (España), para su correcta conservación, puesta en valor y musealización.....1179  
*P. E. Collado Espejo, J. García León, J. F. García Vives*

Fortified architecture in Spanish chain Paradores de Turismo. 90 years of heritage management for touristic purposes.....1187  
*P. Cupeiro López*

Difendere la Terra d’Otranto. Le torri di avvistamento della Serie di Nardò.....1195  
*G. Danesi, A. Gagliardi*

Il castello Ursino a Catania: la costa scostata.....1203  
*G. Di Gregorio, F. Condorelli*



Archeologia della distruzione: i seicenteschi “Castelli del Mare” presso Castelfranco, a Finale Ligure (SV). Individuazione del tracciato e dei resti di una delle più imponenti fortezze del Ponente, contributo per la salvaguardia e la valorizzazione di un sito fragile e dimenticato.....	1317
<i>G. Pertot</i>	
Impronte del passato, forme del futuro: la valorizzazione dei siti fortificati attraverso l’arte Contemporanea.....	1325
<i>S. Pons</i>	
Programme to capitalize the fortified cultural heritage in Europe Research-Tourism-Marketing-Networking.....	1331
<i>D. Röder</i>	
Memoria dell’antico in alcune fortificazioni microasiatiche.....	1335
<i>E. Romeo</i>	
Una verifica nella gestione della conservazione programmata dei castelli recetto della Valtenesi a dieci anni dalle prime azioni: valutazioni, esiti e nuovi indirizzi.....	1341
<i>B. Scala</i>	
Il patrimonio fortificato della Repubblica di Venezia: per un’ipotesi di riformulazione della candidatura UNESCO.....	1349
<i>E. Zanardo</i>	
 MISCELLANY	
Fortificación del siglo XX en la orilla norte del estrecho de Gibraltar.....	1357
<i>A. Atanasio-Guisado, A. Martínez-Medina</i>	
Fortificazioni nel Mediterraneo: disegni di ambito spagnolo nella seconda metà del XVI secolo.....	1365
<i>P. Davico</i>	
Geometria e rappresentazione nell’architettura militare e civile a Malta.....	1373
<i>A. Mollicone</i>	
El 'aura' del 'residuo': aproximación estética y fenomenológica en torno a la ruina militar Moderna.....	1379
<i>R. Nicolau Tejedor, A. Martínez-Medina</i>	
L’opera di Punta Rossa, Caprera. Strategie di conoscenza e di progetto per un patrimonio costruito militare e il suo paesaggio.....	1387
<i>S. Pieri</i>	
Protection of a UNESCO transnational site: three different legislations for the "Venetian Works of Defence between the 16th and 17th Centuries: Stato da Terra – Western Stato da Mar".....	1395
<i>S. Rocco</i>	

# Rappresentazione sincronica e ricostruzioni diacroniche della Rocca di Senigallia. Un approccio di conoscenza integrato

Alessandra Meschini<sup>a</sup>, Enrica Petrucci<sup>b</sup>

<sup>a</sup>University of Camerino, School of Architecture and Design, Camerino, Italy, [alessandra.meschini@unicam.it](mailto:alessandra.meschini@unicam.it),

<sup>b</sup>University of Camerino, School of Architecture and Design, Camerino, Italy, [enrica.petrucci@unicam.it](mailto:enrica.petrucci@unicam.it)

## Abstract

The paper proposes an analysis of the Rocca Roveresca in Senigallia (AN), carried out through historical studies and specific digital surveys. The fortress, in its current structure, was surveyed through 3D laser scanner instruments. At the same time, historical research, conducted in the archives, collected the documentation to the historical evolutionary events that led to the constructive formal material of the fortress as well as more recent restorations. The set-up of all the information obtained between the survey campaign and archival investigation focused at two goals: to elaborate suitable overall representations of the current status of the Rocca but also to produce synthetic but exhaustive 3D models that reconstruct diachronically the most important evolutionary phases of the monument.

**Keywords:** patrimonio culturale, strutture difensive, ricostruzioni 3D analitiche, valorizzazione.

## 1. Oggetto e obiettivi degli studi

La conservazione del patrimonio architettonico storico deve necessariamente basarsi su una appropriata fase di indagini a differenti livelli. La ricerca presentata è partita dunque dal convincimento che operare con un approccio interdisciplinare costituisca una modalità operativa imprescindibile per conseguire un apporto alla conoscenza. Il lavoro svolto ha posto quale oggetto di studio l'architettura fortificata della Rocca Roveresca di Senigallia (AN), attualmente sede di un museo statale, esempio singolare di fortezza della costa medio adriatica.

La metodologia di approccio allo studio ha messo in campo da un lato una campagna di rilevamento strumentale 3D finalizzata a produrre opportune rappresentazioni d'insieme dello stato attuale della Rocca capaci di restituire la complessità formale, dall'altro lato una ricerca storico-critica, svolta in vari archivi, mirata ad acquisire la documentazione utile a ripercorrere le vicende storico – evolutive che hanno determinato modificazioni

costruttivo-formali della Rocca nonché i più recenti interventi di restauro. Il confronto tra le conoscenze acquisite dalle discipline coinvolte ha permesso di individuare e comprendere le stratificazioni che hanno progressivamente definito la conformazione odierna della Rocca. Pertanto, gli intenti specifici individuati dalla ricerca sono stati quelli di effettuare una rilettura analitica della fortezza e quindi 'ricostruire' tramite idonee rappresentazioni 2D e 3D, sia lo stato attuale sia le trasformazioni che essa "conserva" nell'insieme della sua complessa articolazione spaziale.

La Rocca di Senigallia è un esempio di fortificazione di pianura caratterizzata da una planimetria quadrangolare con torrioni cilindrici ai vertici (Fig. 1). Tale conformazione rappresenta l'evoluzione rinascimentale del modello medievale del recinto con torre in cui le preesistenze vengono inglobate all'interno della nuova costruzione (De Florentiis, 1985).

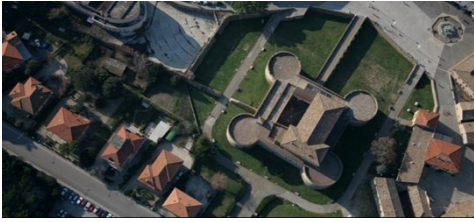


Fig. 1- Veduta dall'alto della Rocca nel contesto urbano

Nell'evoluzione della pratica fortificatoria della seconda metà del XV secolo, gli architetti militari al servizio delle Signorie locali realizzeranno nuove strutture difensive in relazione agli studi sulle tecniche di difesa. Nella Rocca, ad esempio, il cortile verrà a costituire nel tempo l'elemento di raccordo tra interno ed esterno, ma anche fra la parte residenziale e quella più propriamente militare.

## 2. La ricerca storico-critica

Nella Rocca Roveresca, pur prevalendo la configurazione tardo quattrocentesca, possono identificarsi significative testimonianze costruttive che sono state attentamente analizzate nella ricerca. Le prime evidenze architettoniche sono rappresentate dai resti di epoca romana (Siena, 1746). Gli interventi di restauro successivi al terremoto del 1930 hanno evidenziato la presenza, sulla parete nord del cortile (Fig. 2), di grossi blocchi squadrati di tufo giallo, proveniente dal Monte di Pesaro.



Fig. 2- L'interno del cortile in cui sono visibili le differenti testimonianze del periodo romano

Altri frammenti murari probabilmente appartenuti ad una primitiva torre di difesa sono composti da conci di pietra calcarea lavorati a bugnato e montati in opera pseudoisodoma (Fig. 3).



Fig. 3- La torre difensiva in opera pseudoisodoma di epoca tardo repubblicana

L'esame analitico e comparativo dei due frammenti porta a concludere che i resti delle mura in tufo e quelli della torre in pietra sono di due epoche differenti: i primi appartengono alla fondazione della colonia romana mentre la torre quadrangolare ad un rifacimento o un perfezionamento della primitiva cinta, avvenuto verso la fine dell'età repubblicana.

Dopo alterne vicende, il forte viene più volte espugnato e lasciato allo stato di rudere. Nel 1353 i Malatesta sono sconfitti dal Cardinal Egidio Alvarez Carrillo de Albornoz, legato e Vicario generale di papa Innocenzo IV.

L'Albornoz inizia i lavori per la ricostruzione della città di Senigallia, facendo realizzare una rocchetta intorno alla torre romana. Qualche anno dopo, nel 1371, le fortificazioni non sono ancora completate.

La Rocca, nel primo periodo malatestiano, assume la conformazione quadrangolare con bastioni rettangolari ai vertici, cortine laterizie a piombo con beccatelli e merli ghibellini (Figg. 4 e 5), oggi nuovamente visibili dopo gli interventi di restauro della seconda metà del '900.

Pandolfo III Malatesta ottiene la Signoria di Senigallia dopo il 1385, inaugurando il dominio alterno della sua famiglia sulla città che si evidenzierà maggiormente nell'opera di Sigismondo Pandolfo. Egli attua un rinnovo della Rocca a partire dall'Anno Santo del 1450, nell'ambito di un complessivo piano di riedificazione, ripopolamento e riordino

urbanistico e militare della città di Senigallia (Anselmi, 1990: pp.83-97). Il rinnovo della Rocca prevede la foderatura dei baluardi angolari mediante conci sagomati di arenaria per realizzare una scarpa obliqua utile alla difesa (Fig. 6).



Fig. 4- Cortine laterizie a piombo con beccatelli, ritrovate nel corso dei lavori di restauro



Fig. 5- Tracce dei merli ghibellini del periodo malatestiano



Fig. 6- Cortine laterizie a piombo con beccatelli, ritrovate nel corso dei lavori di restauro della seconda metà del '900.

Un altro importante protagonista delle trasformazioni della Rocca è Giovanni Della Rovere, genero di Federico da Montefeltro, Duca di Urbino (Bonvini Mazzanti, 1983: pp. 72-79), attraverso il quale viene in contatto con i migliori architetti militari del tempo, fra cui Luciano Laurana che progetta per la Rocca un fossato

perimetrale, allagabile dalle acque salmastre, collegato alla terraferma da un pontile in muratura, sezionato da un ponte levatoio (Mauro, 1985: pp. 81-84).

Dopo la morte del Laurana, il Duca si rivolge a Francesco di Giorgio Martini e in seguito al suo rifiuto affida il lavoro a Baccio Pontelli (De Fiore, 1963, pp.65-67) che interpreta il progetto del Laurana, eseguendo le finestre e il fregio del corpo residenziale in stile urbinato, come anche parte delle cornici e delle decorazioni dei saloni interni e la scala elicoidale posta nel torrione nord-est.

A partire dal 1480, Pontelli progetta e realizza la nuova Rocca inglobando il perimetro di quella malatestiana con nuove cortine terrapienate e quattro torrioni cilindrici angolari e scarpati secondo i nuovi dettami balistici (Fig. 7), con beccatelli in pietra d'istria, caditoie per la difesa piombante e troniere per quella radente.

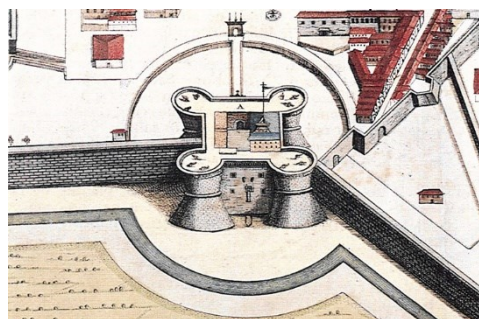


Fig. 7- Particolare della pianta della città di Senigallia attribuita a J. Blaeu (1660)

Il monumento risulta dunque articolato in due Rocche, l'una inglobata nell'altra: il corpo centrale, adibito a residenza signorile, è circondato dalla costruzione destinata alla difesa militare, con al centro il cortile quale elemento di raccordo fra le diverse funzioni. L'apparente irregolarità degli spazi interni e dei percorsi è ricercata dallo stesso Pontelli, con lo scopo di creare un forte senso di disorientamento. Le indagini effettuate durante gli interventi di restauro hanno messo in luce la consistenza del sistema terrapienato con una fodera esterna di muratura in laterizio a due teste; le camere interne, di differenti forme, sono ricavate nel riempimento composto da elementi lapidei

disordinati attraverso pareti in laterizio ad una testa con copertura a volta.

I successivi interventi di restauro modificano solo in minima parte l'impianto quattrocentesco conferito da Baccio Pontelli, cercando di adattare la struttura a nuovi usi (carcere di rigore e in seguito orfanotrofio). Dopo il terremoto del 1897 del VII grado e quello del 30 ottobre 1930 (VIII – IX scala Mercalli) si segnalano danni alle strutture. Nel 1932 la Rocca viene consegnata al Ministero dell'Educazione Nazionale e presa in consegna dalla Soprintendenza ai Monumenti delle Marche di cui è direttore, lo storico dell'arte Carlo Aru (Ministero 1995: pp.19-21).

Dalla documentazione conservata nell'Archivio di Stato di Ancona, al fondo Soprintendenza ai Monumenti è possibile individuare una prima fase di lavori che va dal 1932 al 1956, caratterizzata dall'urgenza di riparare i danni del terremoto; si tratta in prevalenza di lavori di consolidamento e riprese murarie. (ASAn, Soprintendenza ai monumenti per le Marche, B.87, anni 1901-1965). Dalla metà degli anni '50, per circa un decennio, si susseguono interventi a carattere manutentivo. Tra il 1965 e il 1980 (Figg. 8 e 9) gli interventi si configurano, invece, come opere di consolidamento statico e restauro architettonico. (ASBBAAN, Faldoni AN 54-55 "Lavori di Restauro", anni 1950-1962, FF. AN 57-58 "Progetto di consolidamento e restauro della Rocca roveresca di Senigallia", anni 1970-1976).

Dopo il 1980, proseguono i saggi archeologici per mettere in evidenza le preesistenze e le diverse fasi costruttive della Rocca e per consentire una corretta comunicazione dei livelli stratigrafici del monumento, creando le migliori condizioni di fruibilità. (ASBBAAN, FF. 104-106, "Lavori di restauro della Rocca Roveresca", anni 1982-1988; FF.160-170 "Lavori di manutenzione straordinaria", anni 1993-1996).

Gli interventi più recenti sono stati realizzati a partire dal 1985 e si configurano come opere di manutenzione e allestimento, volte al miglioramento dei servizi museali e ad una maggiore comprensione del monumento, attraverso la creazione di percorsi di visita per fare conoscere le stratificazioni storiche del monumento.

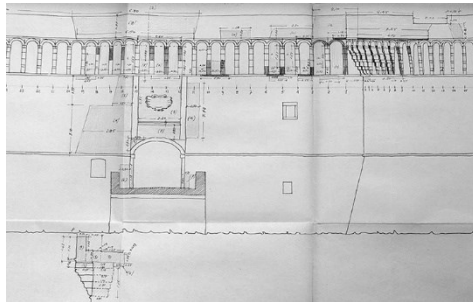


Fig. 8- Riprese murarie nelle cortine laterizie. Lavori degli anni 1965-1980

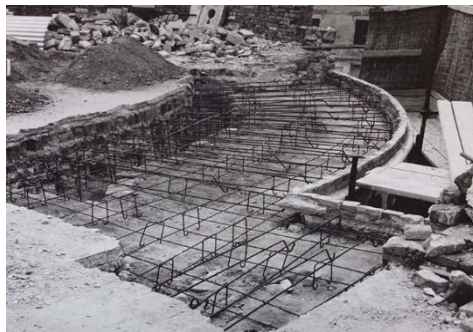


Fig. 9- Interventi di consolidamento statico e restauro architettonico degli anni 1965-1980

### 3. Il rilievo

Dato l'ambito nel quale è collocata l'esperienza e le competenze coinvolte, gli obiettivi individuati dalle attività di rilevamento sono stati quelli di: (i) realizzare adeguate rappresentazioni dello stato attuale della Rocca; (ii) individuare la permanenza di tracce delle stratificazioni storiche; (iii) costruire una base 3D di dati sulla quale poter effettuare analisi di confronto.

A differenza dell'apparente unitarietà dell'esterno, la Rocca presenta una complessità geomorfologica interna frutto proprio degli interventi fortificatori succedutesi nei secoli. Dopo un approfondito sopralluogo volto a conseguire una preliminare comprensione della conformazione della struttura sia nel suo complesso, sia nel dettaglio di individuate porzioni o specifici ambienti. Sulla scorta di tali osservazioni e di una documentazione grafica di base fornita dalla Soprintendenza è stato possibile: (i) individuare metodologie e

strumentazioni di rilievo più idonee; (ii) pianificare le fasi di acquisizione dati; (iii) definire l'accuratezza (precisione metrica) da adottare nell'acquisizione dei dati.

Date le caratteristiche architettoniche del manufatto si è determinato di eseguire un rilievo strumentale di tipo range-based, ovvero utilizzando la tecnologia laser-scanner. Ciò ha permesso, in tempi ridotti, di rilevare una gran mole di dati digitali in forma 3D ritenuti adeguati a catturare il massimo delle informazioni possibili. In Particolare ci si è avvalsi di due diverse strumentazioni e si è scelto di lavorare adottando un approccio multi-risoluzione. Pertanto, nella fase di acquisizione dei dati sono stati applicati due diversi assetti di scansione (densità di campionamento) in relazione al livello di dettaglio/complessità geometrica delle parti da rilevare e delle distanze di lavoro dalle superfici del manufatto.

Il rilievo delle parti esterne della Rocca (muri a scarpa e torrioni) è stato realizzato con il fine di ottenere una acquisizione utile per rileggere particolarità del paramento murario.

I rilievi degli interni sono stati condotti programmando differenti specifiche acquisizioni. Anzitutto sono stati rilevate tutte le diverse sale (coperte con sistemi voltati) della zona residenziale che si sviluppa su tre livelli sovrapposti nonché tutti gli ambienti posti ai livelli interrati. Sempre relativamente agli interni, sono stati effettuate opportune acquisizioni lungo la scala a doppia rampa che collega in alzato i tre livelli sopradetti con l'intento di stabilirne il corretto reciproco posizionamento altimetrico. Relativamente invece alla scala elicoidale situata nei pressi del torrione nord-est è stato possibile effettuare una sola stazione di scansione in quanto chiusa all'utilizzo per ragioni di sicurezza.

E' stato poi definito di eseguire un rilevamento più dettagliato di alcune individuate altre porzioni della Rocca in quanto riconosciute di particolare rilevanza ai fini degli obiettivi della ricerca e riguardanti, in particolare: l'inglobata torre romana che si sviluppa dal piano interrato al primo livello; il cortile interno nel quale, sul lato sud-est e ad un livello seminterrato, sono presenti

due spazi riconducibili anch'essi ad epoca romana ma altresì è presente una particolare soluzione al primo livello dell'angolo ovest; una intercapedine di camminamento interno posta al primo livello del fronte d'ingresso; il piano delle coperture ove sono visibili alcuni interventi realizzati dopo il 1985; i sottotetti a capriate del volume che emerge in copertura. L'intera campagna di rilevamento ha permesso di acquisire, con un totale di 97 scansioni, un data-set complessivo di 1676 milioni di punti.

La successiva fase di elaborazione dati ha riguardato anzitutto la creazione di un unico dato digitale in forma di "nuvola di punti" (registrazione e unione di tutte le scansioni) da cui sono state ricavate opportune rappresentazioni sia complessive della Rocca (Fig. 10) sia di dettaglio di alcune specifiche parti. Ad esempio sono state elaborate rappresentazioni in doppie sezioni ortogonali delle geometrie di tutti i diversi sistemi voltati dei diversi ambienti posti ai vari livelli. Inoltre, tale fase del lavoro di restituzione ha consentito di verificare e ridefinire: gli spessori di solai e sistemi voltati; le quote altimetriche dei principali livelli ma altresì dei piani di calpestio di altri ambienti secondari; il posizionamento e la forma delle principali nicchie e cavità, delle aperture che si aprono sulla cinta esterna nonché dei vani scavati nei torrioni; l'allineamento o meno delle pareti, lo spessore di maschi murari e muri di spina.

Tuttavia, per rispondere ai fini specifici della ricerca, ovvero poter effettuare quei riscontri individuati negli obiettivi prefissati, è stata sentita quasi immediatamente come indispensabile la necessità di individuare una modalità adeguata di condivisione e visualizzazione agevole dell'intero dato 3D acquisito in forma di nuvola di punti. Tale esigenza ha trovato risposta nell'utilizzo del plug-in di visualizzazione gratuito TruView per Internet Explorer. Tale applicativo permette infatti l'allestimento di una piattaforma di condivisione semplice e intuitiva dell'intero data-set delle nuvole registrate e allineate accessibile sia on-line che off-line da qualsiasi desktop, laptop o tablet abilitato per il Web.

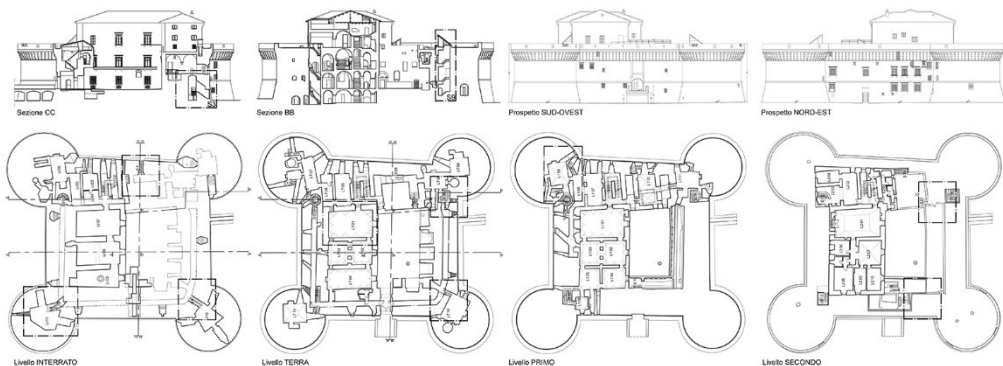


Fig.10- Esempio delle restituzioni dal rilievo LS della Rocca: piante, prospetti e sezioni d'insieme

L'accesso avviene attraverso una Site-map che può essere creata in modo automatico dal software utilizzato per la gestione ed elaborazione delle nuvole di punti potendone impostare l'orientamento della vista ritenuta conveniente (top o prospettica) purché sia tale da comprendere l'intero data-set ovvero ponendo attenzione al fatto che vengono inclusi nell'esportazione solo gli scanworld la cui origine si trova nella finestra attiva. Il risultato che si ottiene è una cartella contenente tutti i file relativi all'archivio desiderato: un file html (che attiva l'accesso all'applicativo), una immagine png (la site-map che costituisce l'interfaccia di navigazione delle nuvole di punti) e una serie di sottocartelle relative agli scanworld con le informazioni metriche. Attraverso tale operazione (automatica) tutte le nuvole di punti che sono state ricomprese nel data-set esportato vengono compresse e trasformate in immagini panoramiche ad alta definizione navigabili a 360°, interrogabili, misurabili e commentabili grazie ad appositi

strumenti del plug-in. Ciò che viene visualizzato attivando l'applicativo è l'immagine della Site-map con tutte le scan-position delle stazioni effettuate contrassegnate da un triangolo giallo e dalla propria denominazione. Queste icone altro non sono che collegamenti ipertestuali nello spazio TruView (Fig. 11).

Infatti, selezionando la scansione desiderata attraverso l'icona triangolare, permettono di accedere all'interfaccia dell'applicativo ovvero di visualizzare esattamente ciò che lo strumento ha acquisito da quella determinata posizione ma altresì la posizioni di altre scansioni limitrofe, sempre individuabili dall'icona gialla triangolare, potendo agevolmente passare dalla visualizzazione dell'una all'altra.

L'applicativo non si limita a permettere l'esplorazione con funzioni di pan e zoom delle immagini delle nuvole di punti ma fornisce altresì un set intuitivo di strumenti che consentono di effettuare analisi di

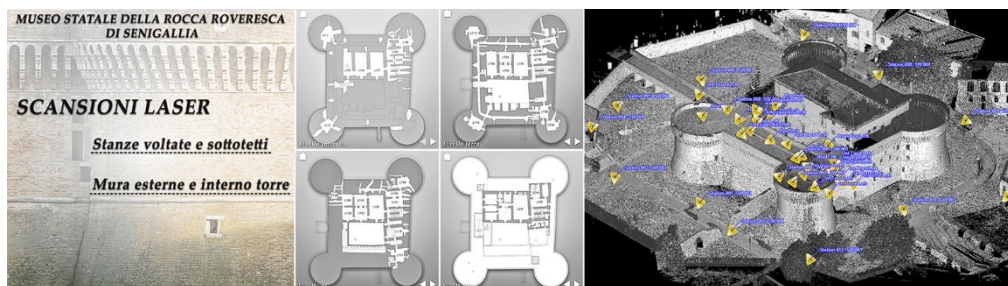


Fig. 11- La piattaforma di condivisione TruView: schermata all'avvio dal file .html; le site-map, in vista ortografica per gli ambienti interni e in vista prospettica per l'insieme, create per navigare il data-set



Fig. 12- Esplorazione delle nuvole 3D da TruView. la torre romana, l'intercapedine con i beccatelli, il cortile, la sala al livello 1: misure di distanze, coordinate di punti, link a documenti e altri scanworld

approfondimento salvabili sotto forma di screenshot. È possibile infatti interrogare/estrarre le coordinate reali tridimensionali di un punto (pixel) oppure selezionare due punti (pixel) e misurarne la distanza il cui risultato appare sull'immagine della nuvola di punti; ma ancora si possono scrivere commenti (mark-up) o creare collegamenti ipertestuali a documenti o applicazioni esterne e infine salvare e condividere tutto quanto analizzato e annotato nella specifica vista (Fig. 12). L'utilizzo di una simile piattaforma, per altro facilmente allestibile con tale plug-in, ha permesso quella importante fase di confronto e analisi in collaborazione attuata usufruendo direttamente dei dati digitali dell'intero data-set 3D di acquisizione.

#### 4. Le ricostruzioni 3D diacroniche

Gli studi condotti hanno prodotto specifiche osservazioni attinenti alla ricostruzione delle trasformazioni della Rocca permettendo di produrre sintetici ma esaustivi modelli 3D relativi alle seguenti sei fasi evolutive:

I Fase: Periodo Romano. Al livello interrato sono visibili le murature in blocchi di pietra dei resti delle fondamenta della torre romana.

II Fase: Basso Medioevo. Intervento riconoscibile consistito nella realizzazione della prima

fortificazione albornoziana in parte eretta sui resti romani. I setti murari di tale fase delimitano all'incirca il cortile interno attuale.

III Fase: Periodo Malatestiano. Ampliamento della fortificazione in conformazione quadrangolare con bastioni rettangolari e cortine laterizie a piombo con beccatelli e merli ghibellini. Dal rilievo è stato possibile individuare la discontinuità con il successivo ampliamento dei Della Rovere.

IV Fase: Sigismondo Malatesta. Aggiunta di una scarpa di rinforzo in pietra arenaria alla cinta muraria visibile nei sotterranei.

V Fase: Giovanni Della Rovere. Progettazione della nuova Rocca in cortine terrapienate e torrioni circolari d'angolo scarpati inglobando la fase Malatestiana.

VI Fase: fine del XV secolo. Realizzazione di un rafforzamento interno al di sopra dell'ingresso principale sul muro difensivo con le arcate del cortile. (Fig. 13).

#### 5. Conclusioni

Il metodo d'indagine proposto ha senz'altro permesso di giungere ad una più completa



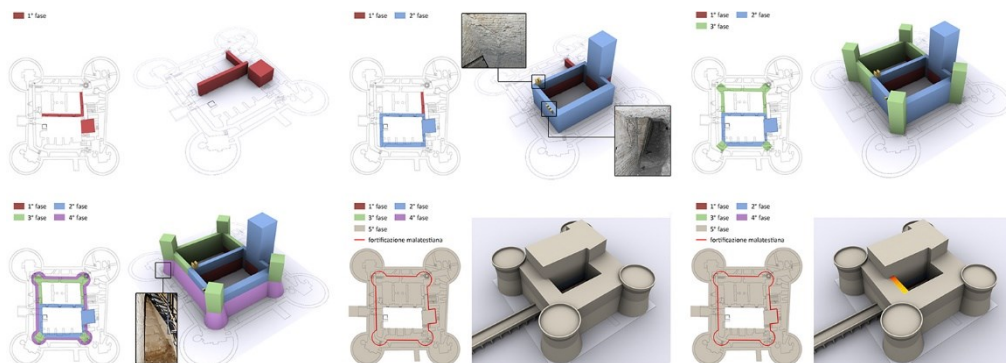


Fig. 13- Le sintetiche modellazioni 3D elaborate per esplicitare le fasi di trasformazioni della Rocca

comprensione delle varie fasi di trasformazione del complesso, a partire da quelle più antiche, definendo le modificazioni e le aggiunte costruttive, mediante evidenze documentarie e rilievi strumentali.

La fase di ricostruzione degli schematici ma al tempo stesso rappresentativi modelli 3D ha

costituito senz'altro quel momento di sintesi e verifica di quanto acquisito sia separatamente che nel confronto dalle discipline coinvolte nello studio tanto da auspicare che la "lettura" delle specificità di questo particolare manufatto possa offrire un utile apporto alla conoscenza delle strutture difensive complesse.

## References

- Anselmi, S. (1990) Torrioni, mura, porte e rivellini. Le fortificazioni quattrocentesche di Senigallia. *Quaderni monografici di "Proposte e ricerche"*, 6, 83-97.
- Bonvini Mazzanti, M. (1983) *Giovanni Della Rovere. Un 'principe nuovo' nelle vicende italiane degli ultimi decenni del XV secolo*. Senigallia, Edizioni 2G.
- De Fiore, G. (1963) *Baccio Pontelli architetto fiorentino*. Roma, Edizioni dell'Ateneo.
- De Florentiis, F. (1985) *Architettura fortificata nelle Marche: mura, torri, rocche, castelli*. Cinisello Balsamo (MI), Silvana Editore.
- Mauro, M. (1985) *Castelli Rocche Torri Cinte Fortificate delle Marche*. Istituto Italiano dei Castelli, Ancona.
- Ministero per i beni culturali e ambientali, Soprintendenza per i beni ambientali e architettonici delle Marche (1995) *I Della Rovere e la Rocca di Senigallia tra storia e restauro: guida alla Mostra*. Rimini, grafica Nanni.
- Siena, L. (1746) *Storia della città di Sinigaglia*. Senigallia, Stamperia Calvani.