

# Tra quantità e qualità informativa. Misure e dismisure multiscala in contesti a rischio

Federica Maietti  
Guido Galvani  
Martina Suppa  
Fabio Planu  
Gabriele Giau

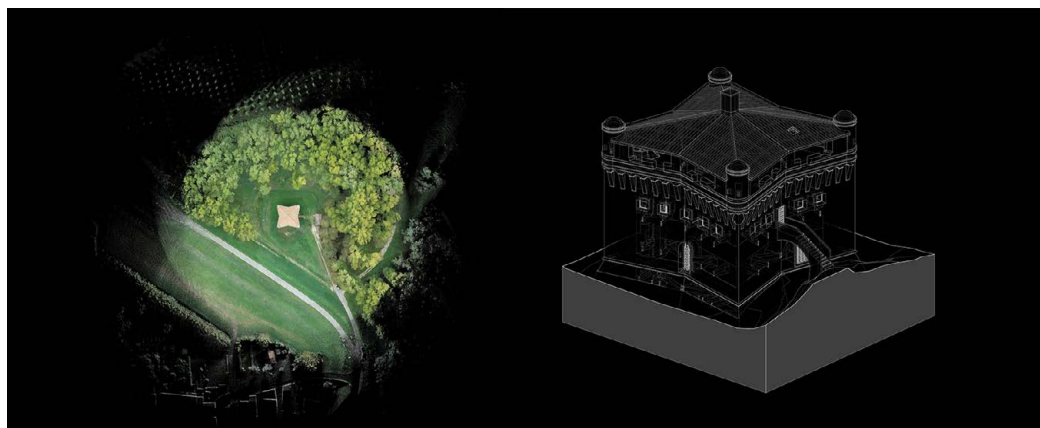
## Abstract

La necessità di documentare e conservare significati e valori del patrimonio culturale, ha determinato negli anni la crescente applicazione di tecnologie digitali integrate e lo sviluppo di approcci metodologici e strumenti di modellazione finalizzati alla documentazione integrata del patrimonio storico costruito. Alla quantità di dati numerico-metrici si è sommata, quindi, la quantità (potenziale) delle informazioni ad essi connesse. A fronte di database caratterizzati da una "dismisura quantitativa" del dato, è divenuto quindi via via sempre più necessario ottimizzare il flusso procedurale dell'acquisizione digitale al fine di ottenere modelli strutturati perseguendo un approccio qualitativo-informativo. Modelli tridimensionali che garantiscano livelli di conoscenza, di analisi e possibilità di archiviazione dei dati digitali a differenti livelli di scala e di approfondimento. Dati che devono essere discretizzati e interpretati secondo diverse finalità.

Il presente contributo, attraverso il caso studio della Rocca Possente di Stellata, in provincia di Ferrara, intende mostrare alcuni dei risultati ottenuti in questi ultimi anni dal gruppo di ricerca del Laboratorio TekneHub e del Centro di ricerca dipartimentale DIAPReM sulla trasformazione che dalla "dismisura" del dato dei modelli numerici porta alla sistematizzazione del dato informativo.

## Parole chiave

rilevamento digitale integrato, documentazione, patrimonio architettonico, qualità informativa, patrimonio a rischio.



Contesto territoriale nell'elaborazione a nuvola di punti e modello H-BIM della Rocca Possente di Stellata. Elaborazione degli autori.

## Introduzione e contesto della ricerca

Il rilievo e il modello HBIM della Rocca Possente di Stellata si collocano all'interno dell'attività di ricerca che il Laboratorio TekneHub e il Centro di ricerca dipartimentale DIAPReM dell'Università degli Studi di Ferrara, hanno condotto in collaborazione con l'Agenzia per la Ricostruzione – Sisma Emilia 2012, della Regione Emilia-Romagna, a seguito degli eventi sismici che hanno colpito la Regione nel maggio del 2012. Nello specifico, l'oggetto di studio di seguito presentato, insieme al Castello Lambertini a Poggio Renatico, in provincia di Ferrara, e Palazzo Schifanoia a Ferrara è stato selezionato come caso pilota per l'attività di ricerca svolta all'interno del *Work Package 4* del progetto *Interreg Firespill* [1] con l'obiettivo di sviluppare e applicare strategie progettuali di rilievo 3D nell'ambito della tematica specifica inerente alla documentazione digitale del patrimonio culturale costruito esposto a particolari condizioni di rischio [Maietti et al, 2022].

Per le specifiche finalità del progetto, il coinvolgimento del gruppo di ricerca è stato focalizzato sulla condivisione e trasferimento del proprio *know-how* in merito allo sviluppo e verifica dell'ottimizzazione delle procedure di rilievo integrato finalizzata all'acquisizione di dati 3D digitali per la realizzazione di modelli morfometrici sulla base dei quali elaborare modelli informativi HBIM, quali strumenti di gestione e monitoraggio. I rilievi integrati digitali realizzati hanno avuto, quindi, l'obiettivo di testare l'ottimizzazione delle fasi di acquisizione e processamento dei dati tenendo conto delle specifiche condizioni di rischio e di difficile accessibilità in fase di cantiere, oltre l'acquisizione di dati necessari a decodificare, classificare e analizzare gli aspetti geometrico-morfologici, i significati paesaggistico-urbani e i distinti attributi storico-architettonici che caratterizzano i tre casi studio [Galvani et al. 2023].

Conoscere e analizzare la specificità e unicità dei rapporti grammaticali, delle regole proporzionali, metriche e geometriche della singola architettura nella loro relazione intrinseca con la dimensione estesa del contesto geografico-paesaggistico, porta il rilevatore prima e il modellatore successivamente ad applicare procedure e processi ottimizzati di acquisizione ed elaborazione dei dati e delle informazioni, tali da fissare un'ordine-misura al fine di descrivere e interpretare coerentemente l'oggetto di indagine nella sua complessità.

L'approccio della documentazione integrata per i tre casi pilota, finalizzato ad ottenere modelli morfometrici e modelli parametrici ispezionabili, interrogabili e interoperabili sulle specificità della vulnerabilità (sismica ma non solo), ha portato ad adottare un approccio metodologico per il quale le relazioni fisiche e fenomenologiche tra la scala architettonica e la scala di paesaggio naturale o storico fossero in continuo rapporto.

Controllare la duplice scalarità, dalla fase di rilievo alla modellazione parametrica, quindi, ha costituito il punto di partenza dell'approccio metodologico e applicativo, al fine di discre-



Fig. 1. Viste della Rocca Possente di Stellata nel contesto paesaggistico. Foto degli autori.

tizzare le singole categorie architettoniche che nello specifico contesto geografico erano sottoposte a particolari condizioni di rischio.

È stata quindi impostata una metodologia multi-scalare basata su diversi metodi integrati di acquisizione, per garantire una copertura descrittiva coerente e complessiva dei beni oggetto di indagine, includendo sia la scomposizione di forme e geometrie all'interno del modello digitale tridimensionale, che la classificazione in categorie degli elementi soggetti ad analisi [Rossi et al. 2019].

Tale metodologia può essere convertita in uno strumento operativo per gli attori coinvolti nel processo di documentazione, conservazione e nel progetto di intervento. La definizione di un flusso procedurale integrato, attraverso indicatori specifici, può supportare l'identificazione dei requisiti di acquisizione da soddisfare per ottenere modelli digitali affidabili, usabili ed efficaci, controllando il livello di accuratezza delle componenti architettoniche e il loro significato semantico come base per la gestione programmata del bene sottoposto a rischio.

Fig. 2. Sezione a scala paesaggistica del modello digitale a nuvola di punti della Rocca Possente di Stellata. Elaborazione degli autori.



### La Rocca Possente di Stellata: un rilievo multiscalare

La Rocca Possente di Stellata di Bondeno, in provincia di Ferrara, una struttura difensiva che sorge sulle rive del Po le cui vicende storiche si sviluppano tra l'XI e il XVII secolo [2], è stata selezionata come caso studio del progetto Firespill allo scopo di consolidare procedure di acquisizione integrata e processamento di dati per la realizzazione di modelli informativi utilizzabili per la gestione e il monitoraggio di beni culturali sottoposti a particolari in condizioni di rischio. Tale obiettivo, perseguito dalla Regione Emilia-Romagna in diverse iniziative di ricerca, viene in questo contesto verticalizzato su edifici del patrimonio culturale appartenenti al cratere del Sisma del 2012, attribuendo all'analisi una forte integrazione tra architettura e territorio circostante, a sottolineare il concetto di appartenenza di questo patrimonio alle comunità locali [Libro et al. 2023].

Le Rocche, dal punto di vista morfo-tipologico, rientrano nella tipologia architettonica complessa delle fortificazioni. Tali tipologie si rintracciano prevalentemente sull'area di pianura, caratterizzata da un'orografia del terreno avente meno vincoli; documenti storici attestano l'erogazione di ingenti risorse economiche per salvaguardare il loro stato di conservazione, in quanto soggette a crolli locali e a cedimenti strutturali [Mantovani 2005]. Generalmente le rocche si insediavano lungo presidi fluviali, ed erano pertanto soggette a inondazioni, a fenomeni di risalita di umidità e cedimenti fondali. Inoltre si ha testimonianza del problema di ristagno delle acque, alimentate dalla falda superficiale, e dell'occupazione dei piani terra da

Fig. 3. Cartografia storica del territorio di Stellata e della Rocca Possente nei secoli (da: Maietti 2004).



parte dei detriti portati [Zanazzi 2022], che in particolar modo interessa la Rocca di Stellata. La Rocca di Stellata si colloca lungo la sponda destra del fiume Po in una zona liminare tra il corso d'acqua e l'argine. Il rapporto scalare tra paesaggio e oggetto architettonico, quindi, ha rappresentato una delle questioni prioritarie nell'impostazione del progetto di rilievo finalizzato alla documentazione per la mitigazione del rischio, con particolare riferimento a fenomeni di allagamento durante le piene del fiume. Tali condizioni di rischio, poste dal contesto geografico-paesaggistico, hanno influito sulla scelta dei metodi e delle tecniche da applicare durante la campagna di rilievo, dovendo infatti garantire per il bene oggetto di studio una copertura di acquisizione su scala territoriale [Adami et al. 2016].

Il progetto di rilievo è stato quindi strutturato nell'ottica di ottimizzare le procedure e le fasi di acquisizione integrata, finalizzando il rilievo digitale alla restituzione di un modello capace di fornire informazioni numerico-dimensionali dell'impianto geometrico-spaziale.

Il rilievo del contesto paesaggistico è stato realizzato tramite fotogrammetria aerea con drone, acquisendo 73 milioni di coordinate per rilevare una porzione di circa 5 ettari di superficie. Per tale procedura di acquisizione è stato utilizzato un dispositivo UAS Dji Matrice 300 con montato uno scanner Dji Zenmuse L1 che garantisce una copertura di rilievo adeguata alla scala territoriale, aspetto rilevante che in caso di calamità garantisce una prima ricognizione dei danni durante le prime fasi emergenziali. Il modello morfologico è stato ricucito su una rete d'appoggio topografica acquisita con stazione totale. Attraverso il rilievo topografico è stato possibile integrare il rilievo a scala territoriale con quello a scala architettonica. Il rilievo della Rocca è stato realizzato utilizzando, per gli esterni, due tipi di strumentazione laser scanner: il Leica C10 e il Leica BLK360. Lo spazio interno è stato rilevato solo morfologicamente utilizzando il Leica BLK360, allo scopo di effettuare un'acquisizione ottimizzata speditiva, dettata dalle particolari condizioni di rischio in cui versava il bene architettonico al momento del rilievo. Successivamente gli ambienti interni sono stati registrati sulla rete topografica esterna.



Fig. 4. Vista planimetrica della nuvola di punti ottenuta tramite fotogrammetria aerea per la documentazione del contesto paesaggistico della Rocca di Stellata. Elaborazione degli autori.



## Necessità informative e scenari di gestione del rischio

Il modello numerico a nuvola di punti fornisce una quantità di coordinate che devono essere interpretate per poter essere discretizzate. Il modello, infatti, rappresenta uno “strumento spaziale” ispezionabile e navigabile che consente di misurare le componenti metrico-dimensionali, con tolleranze di accuratezza millimetrica. Inoltre, attraverso l'approccio olistico del metodo integrato oltre al dato misurabile è possibile acquisire informazioni della caratterizzazione materica di superficie e quindi dello stato di conservazione dell'oggetto architettonico [Bertocchi et al. 2012].

All'interno del processo di *reverse modeling* applicato al patrimonio storico costruito, selezionare, classificare e gerarchizzare la molteplicità dei dati acquisiti richiede uno sforzo di codifica da parte del modellatore, che, tenendo conto dello scopo e della scala di rappresentazione finale, deve ricondurre le coordinate a un sistema di famiglie per descrivere l'architettura nelle sue principali componenti.

Sorgono, pertanto, alcune criticità; la prima relativa alle librerie parametriche e semantiche semiautomatizzate in BIM [Fai et al. 2014] per la rappresentazione di specifiche componenti del patrimonio storico, la seconda alla sovrapposizione coerente tra il modello morfometrico e il modello parametrico. Aderenza che risulta essere ancora più complessa quando l'oggetto architettonico è sottoposto a particolari condizioni quali quadri fessurativi e processi deformativi, dovuti a eventi calamitosi o fenomeni strutturali intrinseci, che ne caratterizzano la variazione geometrica.

Il tema della misura, in questo senso, tradotto nel concetto di livello di accuratezza del modello, viene controllato attraverso intervalli di tolleranza [Historic England 2017] tra modello numerico e modello parametrico, attraverso cui è possibile leggere, per sovrapposizione, i disallineamenti, le variazioni angolari, gli scostamenti che l'edificio ha subito. A partire da questa considerazione, ormai consolidata, si può affermare che l'applicazione della metodologia BIM sul patrimonio culturale, più che restituire un'aderenza di misura metrica e geometrica, fornendo un ordine-misura sul sistema informativo, che va codificato e gerarchizzato al fine di costruire un database interrogabile e usabile al fine di programmare azioni per la gestione del bene.

Per il caso di Stellata, quindi, a partire dalla nuvola di punti, secondo le procedure scan-to-HBIM (*Heritage Building Information Modeling*), è stato realizzato il modello *As Built*, corrispondente allo stato del manufatto successivo all'intervento di restauro. L'approccio è stato orientato verso la “modellazione”, intesa come l'insieme di decisioni e azioni che guidano il processo di costruzione e di definizione del contenuto informativo di tutti gli elementi che compongono la Rocca. Ogni elemento è quindi arricchito di contenuti aggiuntivi per mostrarne non solo le proprietà quantitative (ad esempio, la geometria), ma anche quelle qua-

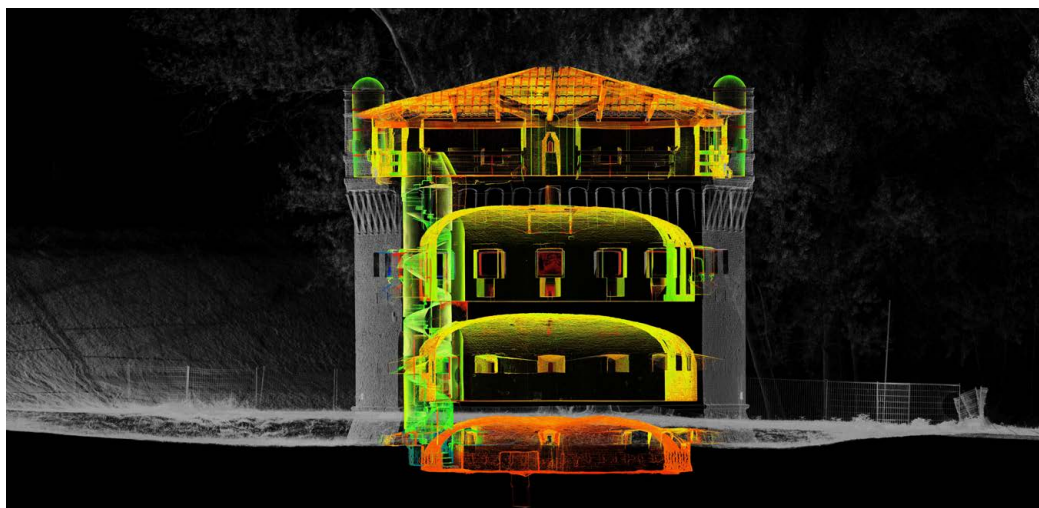


Fig. 5. Sezione del modello a nuvola di punti della Rocca di Stellata. Elaborazione degli autori.

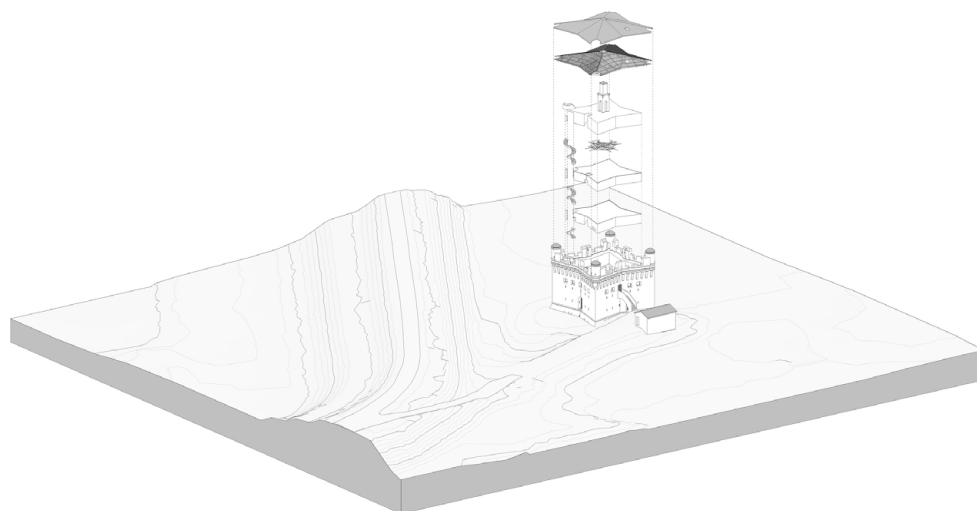


Fig. 6. Estrazioni dal modello BIM; modellazione del terreno ed esploso assonometrico della Rocca. Elaborazione degli autori.

litative [Bianchini et al. 2021], finalizzate alla gestione del bene e alla prevenzione del rischio. Azioni di gestione del rischio applicate al patrimonio devono il più possibile ovviare a informazioni frammentate e fonti eterogenee di dati [Garozzo et al. 2019] che devono essere messe in relazione ed essere resi disponibili come *know-how* organizzato attraverso gli attributi informativi.

Il modello HBIM della Rocca costituisce un ambiente digitale nel quale sono organizzate e integrate tutte le informazioni accessibili attraverso il modello 3D, che costituisce il tramite d'accesso al database informativo del manufatto architettonico per monitorare e programmare azioni di gestione proattiva. Nel caso specifico, sono state modellate mediante "famiglie" tutte le componenti costruttive, con particolare attenzione all'implementazione informativa delle componenti strutturali.

Il risultato è un database relazionale geometrico-informativo centralizzato, consultabile e implementabile in maniera decentralizzata dai differenti stakeholder, che costituisce il massimo beneficio durante il flusso gestionale, per la sua vocazione orientata all'ottimizzazione complessiva dei processi in termini di riduzione dei costi e di efficienza. Attraverso una struttura gerarchica delle informazioni e un'ontologia condivisa, il database può raccogliere e integrare dati, strutturati e non, relativi alla forma, caratterizzazione materica, dimensione, ubicazione, orientamento, ostacoli di accessibilità, carte di rischio; potranno poi essere implementati collegamenti con il database web GIS della Regione Emilia-Romagna [Galvani et al. 2023].

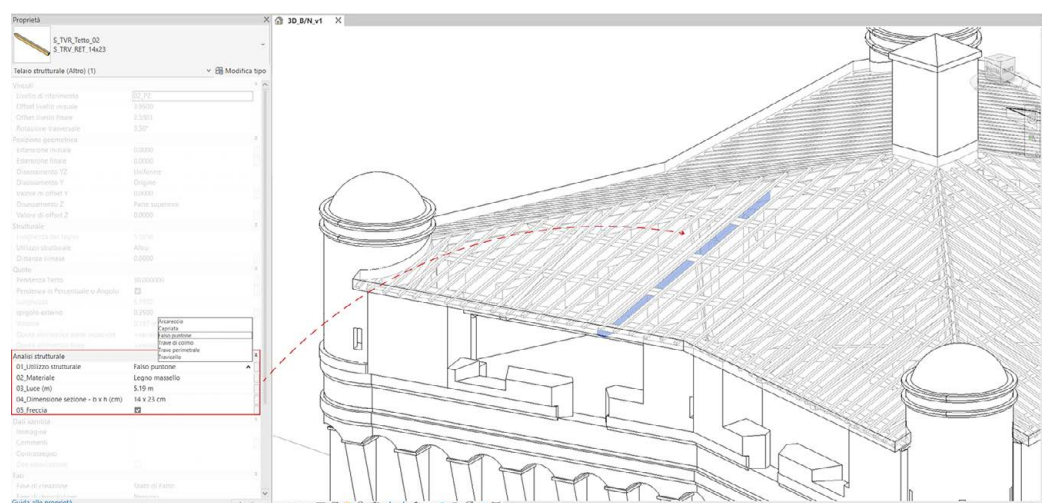


Fig. 7. Estrazioni dal modello BIM della Rocca di Stellata, in cui si evidenzia una possibile implementazione informativa delle componenti strutturali. Elaborazione degli autori.

Il modello HBIM della Rocca, dove i parametri necessari alla gestione del rischio selezionati sono favoriti dalla lettura nel manufatto attraverso i suoi elementi costitutivi [Brusaporci et al. 2018], rappresenta un progresso per la gestione dei manufatti architettonici in condizioni di rischio di tutto il patrimonio regionale.

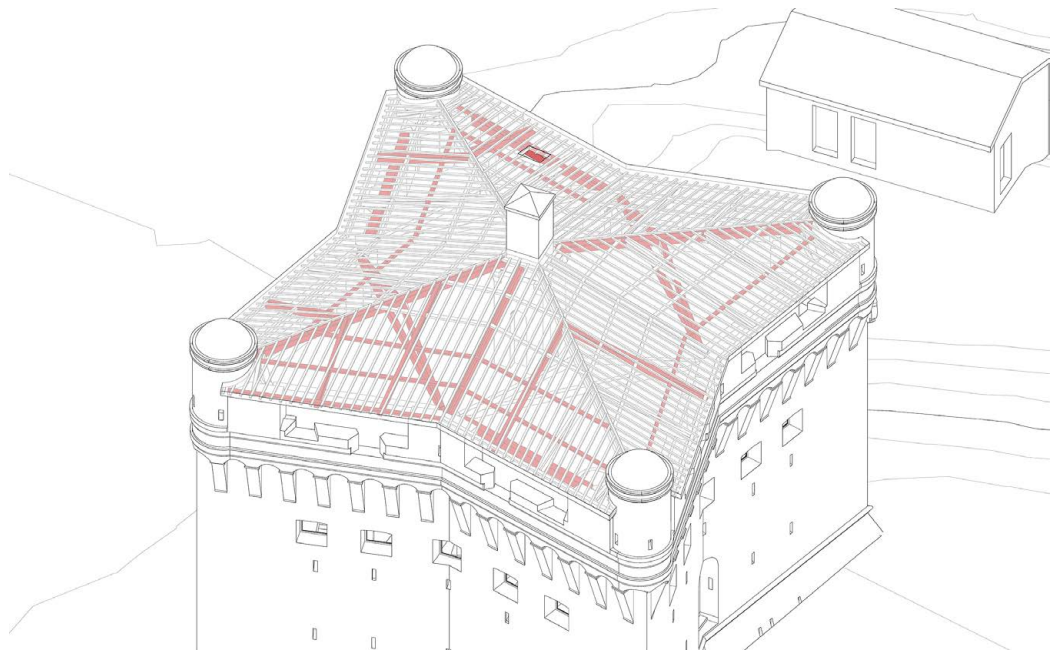


Fig. 8. Applicazione di filtri sui parametri informativi implementati per l'evidenziazione di caratteristiche di interesse; il modello fa riferimento alla simulazione di un possibile scenario di analisi delle travi in cui è stata riscontrata una deformazione. Elaborazione degli autori.

## Conclusioni

L'esempio del rilevamento della Rocca di Stellata consente di focalizzare il tema misura / dismisura secondo diverse accezioni, a partire dalla gestione della banca dati "quantitativa" (una "dismisura" di coordinate da ricondurre a un utilizzo finalizzato attraverso processi interpretativi), e alla necessità di "ricucire" una misura architettonica alla scala paesaggistica per ottenere modelli descrittivi utili alla riduzione o al controllo dei fattori di rischio.

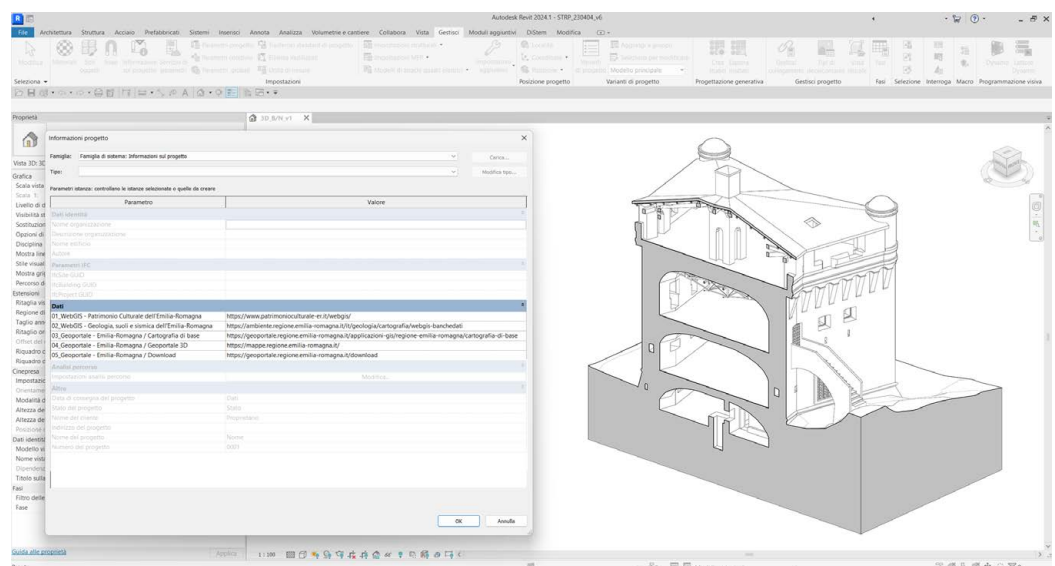


Fig. 9. Possibili scenari di sviluppo finalizzati al collegamento del modello HBIM con i database Vweb GIS regionali attraverso la predisposizione di parametri informativi URL attribuiti al modello. Elaborazione degli autori.

La gestione geo-spaziale del patrimonio costruito è imprescindibile dallo sviluppo di un unico contesto convergente [Banfi et al. 2022] che consenta approcci e letture multiscalarì alla gestione e monitoraggio del rischio, nonché la visualizzazione di scenari alternativi per valutare l'efficacia delle azioni previste [Raco 2022].

Per la gestione del patrimonio regionale a rischio, quale è la Rocca, è in fase di sviluppo una piattaforma collaborativa digitale integrata in cui i diversi stakeholder, a seconda delle specifiche competenze, possono accedere al modello tridimensionale sviluppato secondo un approccio "Open BIM" ovvero basato su standard aperti. Attraverso accessi diversificati mediante un browser standard è possibile interagire con le diverse gerarchie di livelli informativi necessari alla gestione e monitoraggio del rischio.

In questo modo, il patrimonio culturale costruito diffuso su tutto il territorio regionale, potrà essere conservato, gestito e confrontato diacronicamente con modelli digitali che rappresentano le diverse fasi evolutive dell'edificio, del tessuto urbano, o, come nel caso della Rocca di Stellata, del paesaggio circostante. Attraverso l'elaborazione di modelli tridimensionali, all'interno di sistemi di dati strutturati e non strutturati complesse, si possono ottenere nuove forme di rappresentazione, divenendo parte integrante del processo di informazione e comunicazione per la gestione del patrimonio culturale esposto a condizioni di rischio naturale o antropico.

#### Ringraziamenti

Progetto *FIRESPILL, Fostering Improved Reaction Of Crossborder Emergency Services And Prevention Increasing Safety Level*, Programma Interreg V-A Italia-Croazia 2014-20.

Leader Partner: Istituzione Pubblica RERA S.D. per il coordinamento e lo sviluppo della contea di Spalato-Dalmazia.

Partners: Regione Abruzzo; Regione Emilia-Romagna; ARPA FVG - agenzia regionale per la protezione dell'ambiente del Friuli-Venezia Giulia; Contea di Spalato-Dalmazia; COPE - Consorzio Punto Europa; Regione di Dubrovnik-Neretva; ATRACT - Centro Adriatico di formazione e ricerca per la preparazione e la risposta all'inquinamento marino accidentale; Contea di Zara; Regione Marche; Regione dell'Istria; Agenzia di sviluppo della contea di Šibenik-Knin; Regione Puglia; Capitaneria di porto - Guardia Costiera, direzione marittima di Pescara.

L'Università degli Studi di Ferrara, Dipartimento di Architettura, Laboratorio DIAPReM - TekneHub, ha partecipato in qualità di partner tecnico della Regione Emilia-Romagna, Agenzia per la Ricostruzione Sisma 2012 e Servizio Patrimonio. Gruppo di Ricerca Università degli Studi di Ferrara: Marcello Balzani (responsabile scientifico); Fabiana Raco (coordinatrice); Federica Maietti; Luca Rossato; Guido Galvani; Martina Suppa; Gabriele Giau; Fabio Planu; Dario Rizzi; Manlio Montuori; Claudia Pescosolido; Silvia Rossi; Shahrazad Aboulossoud.

#### Note

[1] *Firespill - Fostering Improved Reaction Of Crossborder Emergency Services And Prevention Increasing Safety Level*, finanziato nell'ambito del Programma di cooperazione transfrontaliera Interreg V-A Italia-Croazia 2014-20, <https://www.italy-croatia.eu/web/firespill>.

[2] La storia della Rocca è caratterizzata da una serie di distruzioni e ricostruzioni, fino a raggiungere la configurazione attuale. La sua costruzione fu voluta da Nicolò II d'Este nel 1362 come parte di un articolato sistema difensivo, ampliando una precedente struttura costruita intorno all'anno 1000. Ricostruita nel 1557 per volere di Ercole II d'Este, fu distrutta solo un anno dopo. Ricostruita nuovamente dopo l'incendio del 1510, fu demolita nel 1587. L'edificio attuale fu eretto da Papa Urbano VIII nel 1629. La pianta è a forma di stella a quattro punte, il prospetto è a tre piani, il primo dei quali è il basamento a contrafforte allungato e l'ultimo è terrazzato per consentire la vista della golenà. L'edificio in mattoni è stato danneggiato strutturalmente dal terremoto del 2012 e sottoposto a lavori di restauro e consolidamento. Contestualmente sul territorio regionale emiliano sorgono la Rocca di Reggiolo, la Rocca di Pieve di Cento, la Rocca estense di San Felice sul Panaro, e Rocca estense di San Martino in Rio.

#### Riferimenti Bibliografici

Adami A. et al. (2016). The Survey of Cultural Heritage After an Earthquake: The Case of Emilia-Lombardia in 2012. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XLI-B5, pp. 161–168.

Banfi F. et al. (2022). Digital Twin and Cloud Development: From Scan-to-BIM-to-DT Process to a 4D Multi-User Live App to Improve Building Comfort, Efficiency and Costs. In *Energies* n. 15, 4497, pp. 1-26.

Bertocchi S., Bini M. (2012). *Manuale di rilievo architettonico e urbano*. Novara: CittàStudi.

Bianchini C., Attenti M., Potestà G. (2021). Regenerative Design Tools for the Existing City: HBIM Potentials. In *Rethinking Sustainability Towards a Regenerative Economy*, pp. 23-43.

Brusaporci S., Maiezza P., Tata A. (2018). A framework for architectural heritage HBIM semantization and development. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XLII-2, pp. 179–184.

Fai S., Rafiero J. (2014). Establishing an Appropriate level of Detail (LOD) for a Building Information Model (BIM) – West Block, Parliament Hill, Ottawa, Canada. In *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* Vol.II-5, pp. 123-130.



Galvani G. et al. (2023). I rilievi di Palazzo Schifanoia, Castello Lambertini, Rocca Possente. In *Paesaggio Urbano* n. 1/2023, pp. LXIX-LXXXVI.

Garozzo R., Lo Turco M., Santagati C. (2019). Modelli informativi e gestione della complessità per un progetto integrato di conoscenza. In *diségno* Vol. 1, n. 4, pp. 225-236.

Historic England (2017). *BIM for Heritage. Developing a Historic Building Information Model*. <<https://historicengland.org.uk/images-books/publications/bim-for-heritage/>> (consultato il 20.01.2024).

Libro A., Letizia B. (2023). Le azioni pilota: definizione, attività svolte, valorizzazione di risultati. In *Paesaggio Urbano*, 1/2023, pp. LIII-LXVIII.

Maietti F. (2004). *Dalla grammatica del paesaggio alla grammatica del costruito - Territorio e tessuto storico dell'insediamento urbano di Stellata*. Firenze: Nardini.

Maietti F. et al. (2022). Progettazione strategica integrata per la gestione dei rischi e la salvaguardia del patrimonio esistente. Il progetto Firespill. In *Paesaggio Urbano* n. 3/2022, pp. 9-25.

Mantovani S. (2005). Fortificazioni estensi nella pianura tra Modena e Bologna all'epoca del duca Ercole I. In P. Bonacini, D. Cerami (a cura di). *Rocche e castelli lungo il confine tra Bologna e Modena. Atti della Giornata di Studio. Vignola, 25 ottobre 2003*, pp. 175-208. Vignola: 4 Esse.

Raco F. (2022). Integrated digital platforms for the documentation and management of cultural heritage at risk. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XLVIII-3/W1-2022, pp. 45-52.

Rossi A., Palmieri U. (2019). LOD per il patrimonio architettonico: la modellazione BIM per la fabbrica Solimene. In *diségno* Vol. 1, n. 4, pp. 213-224.

Zanazzi E. (2022). *Architetture fortificate emiliane colpite dal sisma del 2012. Dall'analisi dei meccanismi di dissesto alla definizione di strumenti per il rilievo speditivo e per la prevenzione delle vulnerabilità*. Tesi di dottorato in Ingegneria Civile e Architettura, tutor Prof.ssa E. Coisson, co-tutor D. Ferretti, A. Libro, Università degli studi di Parma.

#### **Autori**

Federica Maietti, Università degli Studi di Ferrara, federica.maietti@unife.it.

Guido Galvani, Università degli Studi di Urbino, guido.galvani@uniurb.it.

Martina Suppa, Università degli Studi di Ferrara, martina.suppa@unife.it.

Fabio Planu, Università degli Studi di Ferrara, fabio.planu@unife.it.

Gabriele Giau, Università degli Studi di Ferrara, gabriele.giau@unife.it.

*Per citare questo capitolo:* Maietti Federica, Galvani Guido, Suppa Martina, Planu Fabio, Giau Gabriele (2024). Tra quantità e qualità informativa. Misure e dismisure multiscala in contesti a rischio/Between information quantity and quality. Multiscale measures and dis-measures in risk contexts. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 3203-3220.

# Between information quantity and quality. Multiscale measures and dis-measures in risk contexts

Federica Maietti

Guido Galvani

Martina Suppa

Fabio Planu

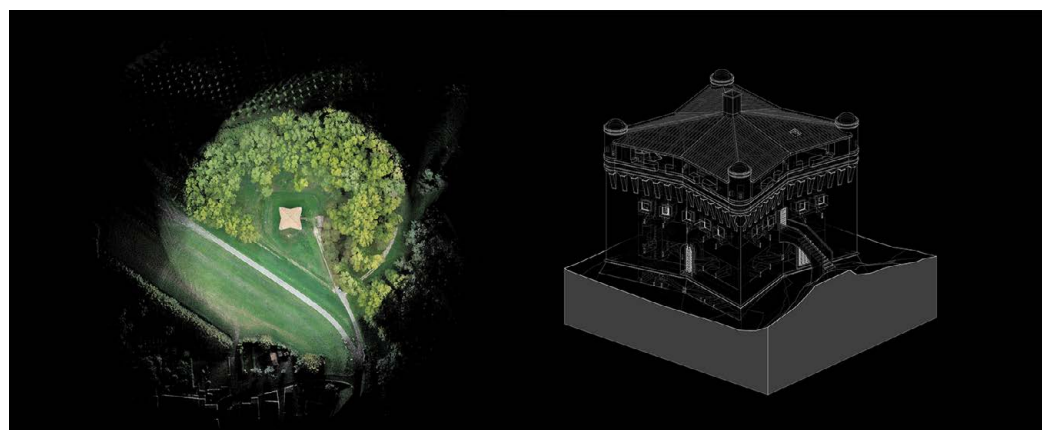
Gabriele Giau

## Abstract

Over the years, the need to document and preserve the meanings and values of Cultural Heritage has led to the increasing application of integrated digital technologies and the development of methodological approaches and modelling tools aimed at the integrated documentation of the built heritage. To the quantity of numerical-metric data has therefore been added the (potential) quantity of related information. Given databases characterised by a "quantitative dis-measure" of data, it has therefore become increasingly necessary to optimise the procedural flow of digital acquisition in order to obtain structured models by pursuing a qualitative-informative approach. Three-dimensional models able to guarantee levels of knowledge, analysis and the possibility of archiving digital data at different levels of scale. Data that must be discretized and interpreted according to different purposes. The present contribution, through the case study of the Rocca Possente di Stellata, in the province of Ferrara, intends to show some of the results obtained in recent years by the research group of the TekneHub Laboratory and the DIAPReM Departmental Research Centre on the transformation that leads from the "dis-measure" of the data of numerical models to the systematisation of the information data.

## Keywords

integrated digital survey, documentation, architectural heritage, information quality, heritage at risk.



Territorial context in the point cloud model and H-BIM model of the Rocca Possente in Stellata. Elaboration by the authors.

## Introduction and research context

The survey and the HBIM model of the Rocca Possente di Stellata are part of the research activity that the TekneHub Laboratory and the Departmental Research Centre DIAPReM of the University of Ferrara, developed in collaboration with the Agency for Reconstruction - Sisma Emilia 2012, of the Emilia-Romagna Region, following the seismic events that struck the Region in May 2012. Specifically, the object of study presented in this paper, together with the Lambertini Castle in Poggio Renatico, in the province of Ferrara, and Palazzo Schifanoia in Ferrara, was selected as a pilot case for the research activity carried out within Work Package 4 of the Interreg Firespill project [1] with the objective of developing and applying 3D survey strategies within the specific topic of digital documentation of the built cultural heritage exposed to particular risk conditions [Maietti et al, 2022].

Due to the specific aims of the project, the involvement of the research group was focused on sharing and transferring its know-how on the development and verification of the optimisation of integrated survey procedures aimed at the acquisition of 3D digital data to create morphometric models on the basis of which HBIM information models can be elaborated, as management and monitoring tools. The integrated digital surveys carried out had, therefore, the objective of testing the optimisation of the data acquisition and processing phases, taking into account the specific conditions of risk and difficult accessibility during the construction site, as well as the acquisition of data necessary to decode, classify and analyse the geometric-morphological aspects, the landscape-urban meanings and the distinct historical-architectural features that characterise the three case studies [Galvani et al. 2023].

Knowing and analysing the specificity and uniqueness of the grammatical relationships, proportional, metric and geometric rules of the single architecture in their intrinsic relationship with the extended dimension of the geographic-landscape context, leads the surveyor first and the modeller later to apply optimised procedures and processes for the acquisition and processing of data and information, such as to establish an order-measure in order to coherently describe and interpret the object of investigation in its complexity.

The approach of integrated documentation for the three pilot cases, aimed at obtaining explorable, interpretable and interoperable morphometric and parametric models on the specificities of vulnerability (seismic, but not only), led to the adoption of a methodological approach for which the physical and phenomenological relationships between the architectural scale and the scale of the natural or historical landscape were in continuous relation. Checking the twofold scale, from the survey phase to the parametric modelling, therefore, provided the starting point of the methodological and applicative approach, in order to di-



Fig. 1. Views of the Rocca Possente in Stellata in the surrounded landscape. Pictures by the authors.

scritise the different architectural categories that in the specific geographical context were exposed to particular risk conditions.

A multi-scalar methodology based on different integrated acquisition methods has therefore been set up to guarantee a consistent and overall descriptive coverage of the assets under investigation, including both the decomposition of shapes and geometries within the three-dimensional digital model and the classification into categories of the elements under analysis [Rossi et al. 2019].

This methodology can be converted into an operational tool for the actors involved in the documentation, conservation and intervention project process. The definition of an integrated procedural flow, through specific indicators, can support the identification of the acquisition requirements to be met in order to obtain reliable, usable and effective digital models, monitoring the level of accuracy of the architectural components and their semantic meaning as a basis for the planned management of the asset under risk.

Fig. 2. Landscape-scale section of the point cloud digital model of the Rocca Possente in Stellata. Elaboration by the authors.



### The Rocca Possente in Stellata: a multiscale survey

The Rocca Possente in Stellata di Bondeno, in the province of Ferrara, a defensive structure located on the banks of the Po River, whose historical events took place between the 11th and 17th centuries [2], was selected as a case study for the Firespill project in order to consolidate integrated data acquisition and processing procedures for the creation of information models that can be used for the management and monitoring of cultural heritage assets subjected to particular risk conditions. This objective, pursued by the Emilia-Romagna Region in various research initiatives, is in this context focused on Cultural Heritage buildings belonging to the 2012 Earthquake crater, attributing to the analysis a strong integration between architecture and the surrounding territory, underlining the concept of belonging of this heritage to local communities [Libro et al. 2023].

Fortresses, from a morpho-typological point of view, fall within the complex architectural typology of fortifications. Such typologies are mainly found in the lowland area, characterised by a terrain orography with fewer constraints; historical documents attest to the release of considerable economic resources to safeguard their state of conservation, as they were subject to local collapse and structural failure [Mantovani 2005]. Generally, fortresses were established along river headlands, and were therefore subject to flooding, rising damp and subsidence. Moreover, there is evidence of the problem of water stagnation, fed by the surface water table, and of the occupation of the ground floors by carried debris [Zanazzi 2022], which particularly affects the Rocca di Stellata.

Fig. 3. Historic cartography of the territory of Stellata and the Rocca Possente over the centuries. Source (from: Maietti 2004).





The Rocca in Stellata is located along the right bank of the river Po in a liminal area between the watercourse and the embankment. The scalar relationship between landscape and architectural object, therefore, represented one of the priority issues in setting up the survey project aimed at documenting risk mitigation, with particular reference to flooding phenomena during river floods. These risk conditions, due to the geographic-landscape context, influenced the choice of methods and techniques to be applied during the survey campaign, as they had to guarantee a territorial scale acquisition coverage for the object under analysis [Adami et al. 2016].

The survey project has been thus structured in order to optimize procedures and steps of the integrated data acquisition, aiming the digital survey to the representation of a model able to provide numerical-dimensional information about the geometric-spatial overall context.

The digital acquisition of the landscape context has been realised through aerial photogrammetry with drone, by acquiring 73 millions of coordinates to survey an overall area of about 5 hectares. For this procedure, a UAS Dji Matrice 300 system has been used, embedded with a Dji Zenmuse LI scanner to ensure an adequate coverage of the survey at the territorial scale, a relevant requirement that in case of calamity guarantee a first exploration of possible damages during the preliminary emergency phases. The morphology model has been connected on a topographic network acquired by a total station. Through the topographic survey has been possible to integrate the overall survey at a territorial level with the survey at architectural scale.

The survey of the Rocca has been performed by using, for external surfaces, two kinds of laser scanners: a Leica C10, and a Leica BLK360. The interiors have been acquired just morphologically by using the Leica BLK360, in order to develop a quick and optimized acquisition, due to the specific risk conditions in which the building was during the survey. Then the interior scans were registered and connected on the exterior topographic network.



Fig. 4. Planimetric view of the point cloud obtained by aerial photogrammetry for the documentation of the landscape context of the Rocca in Stellata. Elaboration by the authors.

### Informative needs and risk management scenarios

The numerical point cloud model provide a quantity of coordinates to be interpreted in order to be discretized. The model, indeed, represents a “spatial tool” explorable and accessible allowing to measure the metrical-dimensional elements, with millimetric accuracy. Moreover, through the holistic approach of the integrated survey methodology, in addition to measurable data it is possible to acquire information concerning materials of surfaces and the state of conservation [Bertocci et al. 2012].

Within the reverse modeling process applied to built heritage, selecting, classifying and hierarchically arranging a multiplicity of data require a coding effort by the modeler that, considering the aim and the scale of the final representation, has to trace back coordinates into a system of “libraries” to describe the architecture and its main components.

Within the process, some criticalities arise: the first is related to semi-automatic BIM parametric semantic libraries [Fai et al. 2014] for the representation of specific historical elements; the second to the consistent superimposition between the morphometric model and the parametric model. A consistency that can be more complex when the architecture is characterized by specific conditions such as cracks and deformations due to calamitous events or intrinsic structural stresses, determining geometric variations.

The topic of measure, in this framework, translated in the concept of model accuracy, is controlled through tolerance ranges [Historic England 2017] between the numerical model and the parametric model, through which it is possible to “read”, by superimpositions, misalignments, angular variations, and deviations that the building was subjected to. Starting from this consideration, very well known today, it is possible to state that the BIM methodology applied to Cultural Heritage can produce a metric and geometric consistency, proving an order-measure of the information system to be codified and hierarchized in order to create a database to be explored and used to set up actions for the management of the Cultural Heritage.

For the case of Stellata, therefore, starting from the point cloud, according to the scan-to-HBIM (Heritage Building Information Modeling) procedures, the As Built model was created, corresponding to the state of the building after the restoration work. The approach was oriented towards “modelling” as the set of decisions and actions that guide the process of construction and definition of the information content of all the elements of the fortress. Each element is therefore enriched with additional content to show not only its quantitative properties (e.g. geometry), but also its qualitative ones [Bianchini et al. 2021], aimed at asset management and risk prevention.

Risk management actions applied to heritage must as far as possible avoid fragmented information and heterogeneous sources of data [Garozzo et al. 2019] that must be related and

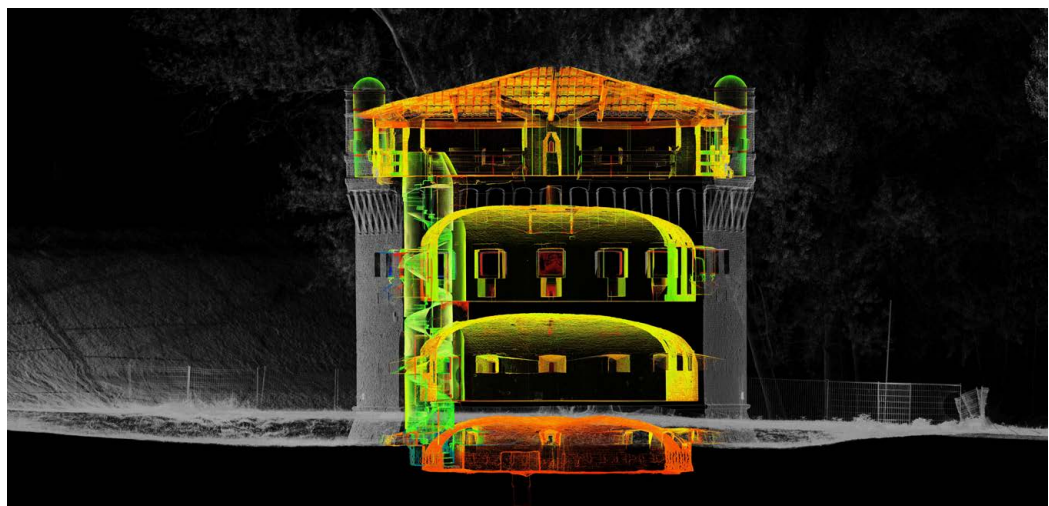


Fig. 5. Cross section of the point cloud model of the Rocca Possente in Stellata. Elaboration by the authors.

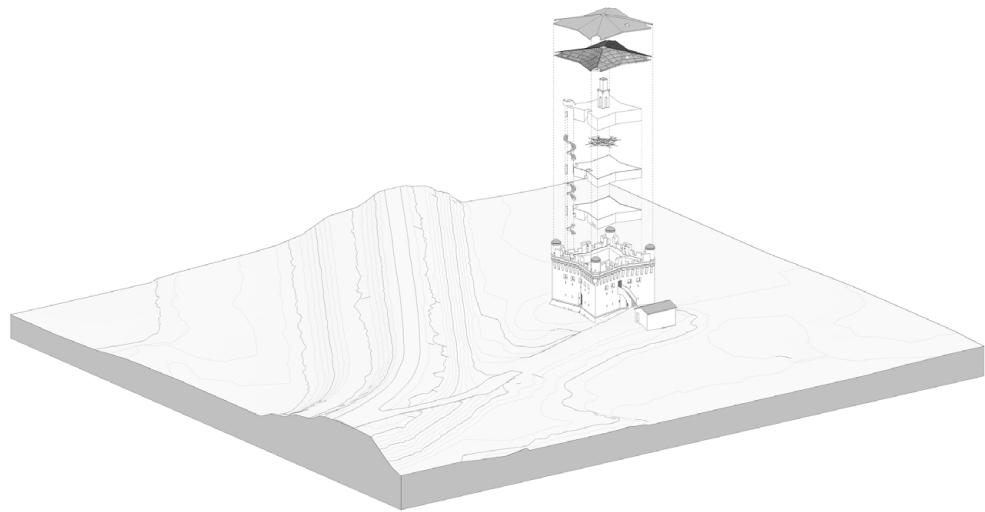


Fig. 6. Extractions from the BIM model; modelling of the terrain and exploded axonometric view of the Rocca. Elaboration by the authors.

made available as structured know-how through information attributes.

The HBIM model of the Rocca is a digital environment in which all the information accessible through the 3D model are organized and integrated, which provides access to the information database of the architectural artefact in order to monitor and plan proactive management actions. In this specific case, all the building components were modelled by means of “families”, with particular attention to the informative implementation of the structural components.

The outcome is a “centralized” relational geometric-informative database, that can be explored and implemented in a “de-centralized” way by different stakeholders, able to provide the maximum benefit during the management phases, thanks to its proprieties oriented to the overall process optimization in terms of costs reduction and efficiency. Through a hierarchical structure of information and a shared ontology, the database can collect and integrate data, structured or not, related to shape, materials, dimensions, locations, positioning and orientation, issues for accessibility, maps of risk factors; links with the Emilia-Romagna Region’s GIS web database may then be implemented [Galvani et al. 2023].

The H-BIM model of the Rocca, where parameters required and selected for the risk management are more readable thanks to the analysis of constructive elements [Brusaporci et al. 2018], represents an advancement in the management of buildings at risk for all the regional built heritage.

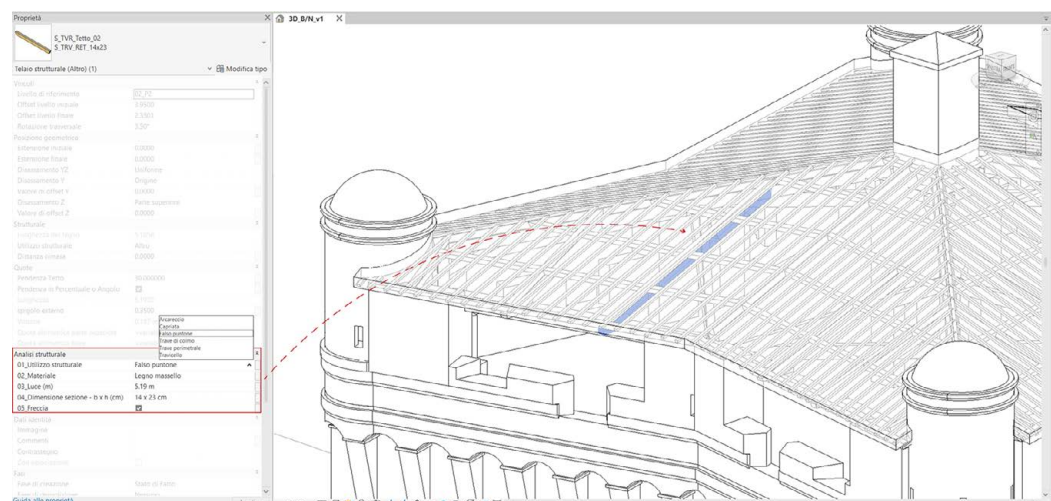


Fig. 7. Extractions from the BIM model of the Rocca in Stellata, showing a possible informative implementation of structural components. Elaboration by the authors.





integrated collaborative platform is under development, where different stakeholders, according to different skills and expertise, can access the three dimensional model developed according to an “Open BIM” approach, that is based on open standards. Through different access by standard browsers it is possible to interact with different layers or hierarchies of information levels, essential for risk management and monitoring.

In this way, the built heritage widespread on the regional territory can be preserved, managed and compared diachronically with digital models representing different evolutionary phases of the building, the historical urban fabric and, as in the case of the Rocca Possente, with surrounding landscape. Through three dimensional models’ processing, within systems of data, structured or not structured, it is possible to achieve new forms of representation as integral parts of the information and communication process for the management of Cultural Heritage under natural or anthropic risks.

### Aknowledgements

Progetto *FIRESPILL, Fostering Improved Reaction Of Crossborder Emergency Services And Prevention Increasing Safety Level*, Programma Interreg V-A Italia-Croazia 2014-20.

Leader Partner: RERA S.D. Public Institution for the coordination and development of the Split-Dalmatia county.

Partners: Abruzzo Region; Emilia-Romagna Region; ARPA FVG – Regional Agency for the environmental protection of Friuli-Venezia Giulia; Split-Dalmatia county; COPE - Consorzio Punto Europa; Dubrovnik-Neretva Region; ATRACT - Centro Adriatico di formazione e ricerca per la preparazione e la risposta all'inquinamento marino accidentale (Adriatic Center of education and research for the preparedness and reaction to the accidental marine pollution); Zara County; Marche Region; Istria Region; Agency for the development of Šibenik-Knin County; Puglia Region; Port Authority – Coast Guard, marine supervision of Pescara.

The University of Ferrara, Department of Architecture, DIAPReM Center; TekneHub Laboratory, participated as technical partner of the Emilia-Romagna Region, Agency for Reconstruction – Sisma Emilia 2012 and Heritage Agency. Research group for the University of Ferrara: Marcello Balzani (scientific manager); Fabiana Raco (coordination); Federica Maietti; Luca Rossato; Guido Galvani; Martina Suppa; Gabriele Giau; Fabio Planu; Dario Rizzi; Manlio Montuori; Claudia Pescosolido; Silvia Rossi; Shahrazad Aboulousoud.

### Notes

[1] *Firespill - Fostering Improved Reaction Of Cross-border Emergency Services And Prevention Increasing Safety Level*, funded under the Interreg V-A Italy-Croatia 2014-20 Cross-border Cooperation Programme. <<https://www.italy-croatia.eu/web/firespill>>.

[2] The history of the Rocca is characterized by a series of destructions and re-constructions, until it reached its current configuration. Its construction was ordered by Nicolò II d'Este in 1362 as part of an articulated defensive system, expanding a previous structure built around the year 1000. Rebuilt in 1557 at the behest of Ercole II d'Este, it was destroyed only a year later. Rebuilt again after being burnt down in 1510, it was demolished in 1587. The present building was erected by Pope Urban VIII in 1629. The ground plan is in the shape of a four-pointed star; the elevation has three floors, the first of which is the extended buttress basement and the last is terraced to allow a view of the floodplain. The brick building was structurally damaged by the 2012 earthquake and underwent restoration and consolidation works. On the Emilian regional territory, there are the Rocca di Reggiolo, the Rocca in Pieve di Cento, the estense Rocca in San Felice sul Panaro, and the estense Rocca of San Martino in Rio.

### References

Adami A. et al. (2016). The Survey of Cultural Heritage After an Earthquake: The Case of Emilia-Lombardia in 2012. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XLII-B5, pp. 161–168.

Banfi F. et al. (2022). Digital Twin and Cloud Development: From Scan-to- BIM-to-DT Process to a 4D Multi-User Live App to Improve Building Comfort, Efficiency and Costs. In *Energies* n. 15, 4497, pp. 1-26.

Bertocchi S., Bini M. (2012). *Manuale di rilievo architettonico e urbano*. Novara: CittàStudi.

Bianchini C., Attenni M., Potestà G. (2021). Regenerative Design Tools for the Existing City: HBIM Potentials. In *Rethinking Sustainability Towards a Regenerative Economy*, pp. 23-43.

Brusaporci S., Maiezza P., Tata A. (2018). A framework for architectural heritage HBIM semantization and development. In *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* XLII-2, pp. 179–184.

Fai S., Rafiero J. (2014). Establishing an Appropriate level of Detail (LOD) for a Building Information Model (BIM) – West Block, Parliament Hill, Ottawa, Canada. In *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences* Vol.II-5, pp. 123-130.

Galvani G. et al. (2023). I rilievi di Palazzo Schifanoia, Castello Lambertini, Rocca Possente. In *Paesaggio Urbano* n. 1/2023, pp. LXIX-LXXXVI.

Garozzo R., Lo Turco M., Santagati C. (2019). Modelli informativi e gestione della complessità per un progetto integrato di conoscenza. In *diségno* Vol. 1, n. 4, pp. 225-236.

Historic England (2017). *BIM for Heritage. Developing a Historic Building Information Model*. <<https://historicengland.org.uk/images-books/publications/bim-for-heritage/>> (accessed 20.01.2024).

Libro A., Letizia B. (2023). Le azioni pilota: definizione, attività svolte, valorizzazione di risultati. In *Paesaggio Urbano*, 1/2023, pp. LIII-LXVIII.

Maietti F. (2004). *Dalla grammatica del paesaggio alla grammatica del costruito - Territorio e tessuto storico dell'insediamento urbano di Stellata*. Firenze: Nardini.

Maietti F. et al. (2022). Progettazione strategica integrata per la gestione dei rischi e la salvaguardia del patrimonio esistente. Il progetto Firespill. In *Paesaggio Urbano* n. 3/2022, pp. 9-25.

Mantovani S. (2005). Fortificazioni estensi nella pianura tra Modena e Bologna all'epoca del duca Ercole I. In P. Bonacini, D. Cerami (Eds.), *Rocche e castelli lungo il confine tra Bologna e Modena. Atti della Giornata di Studio. Vignola, 25 ottobre 2003*, pp. 175-208. Vignola: 4 Esse.

Raco F. (2022). Integrated digital platforms for the documentation and management of cultural heritage at risk. In *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.* XLVIII-3/W1-2022, pp. 45-52.

Rossi A., Palmieri U. (2019). LOD per il patrimonio architettonico: la modellazione BIM per la fabbrica Solimene. In *diségno* Vol. 1, n. 4, pp. 213-224.

Zanazzi E. (2022). *Architetture fortificate emiliane colpite dal sisma del 2012. Dall'analisi dei meccanismi di dissesto alla definizione di strumenti per il rilievo speditivo e per la prevenzione delle vulnerabilità*. Tesi di dottorato in Ingegneria Civile e Architettura, tutor Prof.ssa E. Coisson, co-tutor D. Ferretti, A. Libro, Università degli studi di Parma.

## Authors

Federica Maietti, Università degli Studi di Ferrara, federica.maietti@unife.it.

Guido Galvani, Università degli Studi di Urbino, guido.galvani@uniurb.it.

Martina Suppa, Università degli Studi di Ferrara, martina.suppa@unife.it.

Fabio Planu, Università degli Studi di Ferrara, fabio.planu@unife.it.

Gabriele Giau, Università degli Studi di Ferrara, gabriele.giau@unife.it.

To cite this chapter: Maietti Federica, Galvani Guido, Suppa Martina, Planu Fabio, Giau Gabriele (2024). Tra quantità e qualità informativa. Misure e dismisure multiscala in contesti a rischio/Between information quantity and quality. Multiscale measures and dis-measures in risk contexts. In Bergamo F., Calandriello A., Ciammaichella M., Friso I., Gay F., Liva G., Monteleone C. (a cura di). *Misura / Dismisura. Atti del 45° Convegno Internazionale dei Docenti delle Discipline della Rappresentazione/Measure / Out of Measure. Transitions. Proceedings of the 45th International Conference of Representation Disciplines Teachers*. Milano: FrancoAngeli, pp. 3203-3220.