

Quodlibet Studio

Città e paesaggio. Album

Progetto SISMI-DTC Lazio

Conoscenze e
innovazioni per la
ricostruzione e il
miglioramento sismico
dei centri storici
del Lazio

a cura di
Lucina Caravaggi

Quodlibet

Prima edizione: xxxx 2020
© 2020 Quodlibet srl
via Giuseppe e Bartolomeo Mozzi, 23
62100 Macerata
www.quodlibet.it
Stampa: xxxxxxxxxxxxxxxx
ISBN 978-88-229-0557-4

Quodlibet Studio. Città e paesaggio
Collana a cura di Manuel Orazi

Comitato scientifico:
Sara Marini (Università Iuav di Venezia)
Gabriele Mastrigli (Università degli Studi di Camerino)
Stefano Catucci (Sapienza Università di Roma)
Luca Emanuelli (Università degli Studi di Ferrara)

Progetto grafico dell'interno: 46xy
Progetto grafico della copertina: Francesco Nicoletti

Volume realizzato con il contributo del
DIAP Dipartimento di Architettura e Progetto
Sapienza Università di Roma

GRUPPI DI RICERCA

I numeri in apice indicano l'ente/dipartimento/istituto di afferenza (vedi elenco)

I. VULNERABILITÀ SISMICA

Responsabile: Heleni Profyriou⁹

La Carta del Rischio per i centri storici.

Conoscenza e gestione del patrimonio storico applicate a due centri laziali

Responsabile: Donatella Fiorani³
Gruppo di ricerca: Carlo Cacace²⁴, Maria Elena Corrado²⁴, Antonella Negri², Maria Letizia Mancinelli²³, Marta Acierno³, Silvia Cutarelli³, Ada Gisela Donatelli³, Annarita Martello³

Sistema di conoscenze dirette e indirette per la rappresentazione 3D dell'edificato storico. Il caso studio di Cornillo Nuovo

Responsabile: Daniela Esposito³
Gruppo di ricerca: Marco Canciani¹⁷, Daniela Concas³, Fabrizio De Cesari³, Antonio Mirandola³, Mauro Saccone¹⁷, Giulia Catalani³, Francesca Romana Galandrelli³, Daniela Cotugno³.

Conoscenza dei sistemi costruttivi locali per interventi di conservazione, miglioramento e messa in sicurezza di centri storici e singoli edifici a rischio sismico. Il caso studio di Leonessa

Responsabile: Michele Zampilli¹⁷
Gruppo di ricerca: Marianna Larovere¹⁷, Lea Fanny Pani¹⁷, Marco Canciani¹⁷, Mauro Saccone¹⁷, Marco D'Angelico¹⁷

La resilienza territoriale: condizioni di partenza e progetti di innovazione per le aree interne del Lazio e Profili di vulnerabilità territoriale

Responsabile: Cristina Imbrogli¹
Gruppo di ricerca: Ettore Guernero¹

La resilienza comunitaria: cornice concettuale e strumenti di misura

Responsabile: Marino Bonaiuto²
Gruppo di ricerca: Silvia Ariccio²

L'architettura per ricominciare

Responsabile: Orazio Carpenzano¹
Gruppo di ricerca: Fabio Balducci¹

PlaceMaker. Ricostruzione dell'identità urbana nei luoghi colpiti dal sisma e Letteratura scientifica internazionale sui temi del sisma. Nota sintetica

Responsabile: Paola Brunori¹⁷, Heleni Profyriou⁹, Marichela Sepe¹⁰

2. PERICOLOSITÀ SISMICA

Responsabile: Luigi Callisto⁵

Definizione delle azioni sismiche di base

Responsabile: Salomon Hallemikael¹⁶, Guido Martini¹⁶, Salvatore Paolini¹⁶

Modellazione numerica tridimensionale della risposta sismica dell'abitato di Anatrice

Responsabile: Massimiliano Moscatelli¹¹

Gruppo di ricerca: Iolanda Gaudiosi¹¹, Roberto Razzano¹¹, Giuseppe Lanzo⁵, Luigi Callisto⁵

Modellazione numerica bidimensionale della risposta sismica nel comune di Accumoli

Responsabile: Gabriele Scarascia Mugnozza⁷

Gruppo di ricerca: Patrizia Caprari⁷, Gian Marco Marmori⁷, Guido Martini¹⁶, Salvatore Martino⁷, Stefano Rivellino⁷

Scenari di rischio dell'interazione tra spostamenti indotti da fenomeni franosi e rete viaria

Responsabile: Gabriele Scarascia Mugnozza⁷

Gruppo di ricerca: Patrizia Caprari⁷, Carlo Esposito⁷, M. Ferrarotti, Gian Marco Marmori⁷, Guido Martini¹⁶, Salvatore Martino⁷

3. METODOLOGIE PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO

Responsabile: Franco Bontempi⁵, Gianmarco de Felice¹⁸

Metodologia per la definizione degli interventi alla scala territoriale e urbana

Responsabile: Luigi Sorrentino⁵
Gruppo di ricerca: Silvia Perobelli, Alessandra Marotta

Metodologia per la definizione degli interventi a livello di aggregato edilizio e del singolo edificio

Responsabile: Maura Imbimbo²⁰, Daniela Address⁵, Marialaura Malena¹⁶
Gruppo di ricerca: Marco Canciani¹⁷, Valentina Cima²⁰, Cristina Gatta⁵, Francesca Gobbin¹⁸, Ernesto Grande²⁵, Assunta Pelliccio², Marco Saccucci²⁰, Marialugia Sangirardi¹⁸

Metodologia e criteri di intervento a livello di aggregato edilizio

Responsabile: Gianmarco de Felice¹⁸
Gruppo di ricerca: Marialugia Sangirardi¹⁸, Francesca Gobbin¹⁸

Metodologia e criteri di intervento alla scala di oggetti in musei, luoghi di culto, edifici strategici

Responsabile: Gerardo De Camo¹⁶
Gruppo di ricerca: Ivan Roselli¹⁶, Vincenzo Fioriti¹⁶, Sara Foriti¹⁶, Angelo Tatti¹⁶

4. METODOLOGIE INNOVATIVE E SMART MATERIALS PER IL RIPRISTINO, IL RESTAURO E IL RECUPERO

Responsabile: Maria Laura Santarelli⁶

Conoscenza e comparazione ante e post-sisma attraverso elaborazioni da telerilevamento e GIS

Responsabile: Lorenza Fiumi¹⁵
Gruppo di ricerca: Dario Gallo¹⁵, Cinzia Crenca¹⁵, Carlo Meoni¹⁵

Valutazione della vulnerabilità sismica attraverso l'integrazione di tecniche tradizionali e sistemi BIM

Responsabile: Elena Gagliarelli¹²
Gruppo di ricerca: Luciano Cessari¹², Giovanni Cangì¹², Filippo Calcerano³, Letizia Martinelli¹², Leo Lorenzi¹², Luigi Caligiuni¹², Sara Aoun¹²

Smart materials per l'efficientamento e il ripristino delle superfici storiche

Responsabile: Maria Laura Santarelli⁶
Gruppo di ricerca: Gabriella Bretti¹⁴, Roberto Natalini¹⁴, Barbara de Filippo¹⁴, Maurizio Ceseri¹⁴, Mohammad Sharbaf⁶, Andrea Brotzu⁶, Stefano Natali⁶

Il legno come smart material nei manufatti

soggetti a trauma sismico
Responsabile: Manuela Romagnoli⁸
Gruppo di ricerca: Francesco Marri⁸, Florian Zikell⁸, Rosania Cairà⁸, Swati Tamantim⁸

Smart materials per la conservazione affidabile ed il ripristino delle proprietà di manufatti metallici e lapidei artificiali

Responsabile: Gabriella Di Carlo¹³
Gruppo di ricerca: Camilla Tenenini¹³, 22, Maria Paola Staccioli¹³, Luca Tortora²², Maria Laura Santarelli⁶

Materiali compositi innovativi per il

miglioramento sismico del patrimonio edilizio

Responsabile: Maura Imbimbo²⁰, Sonia Marfia¹⁸, Stefano De Santis¹⁸
Gruppo di ricerca: Martina Staviole²⁰, Ernesto Grande²⁵, Gianmarco de Felice¹⁸, Francesca Roscini¹⁸

5. TEST DI VERIFICA SISMICA SU TECNOLOGIE E MATERIALI

Responsabile: Gerardo De Canio¹⁶

Analisi delle caratteristiche delle murature di alcuni centri storici del cratere sismico del Lazio finalizzata ai test di verifica

Responsabile: Domenico Liberatore⁵
Gruppo di ricerca: Omar AlShawa, Silvia Perobelli, Luigi Sorrentino⁵

Risultati dei test di verifica sperimentali

Responsabile: Gerardo De Canio¹⁶
Gruppo di ricerca: Alessandro Colucci¹⁶, Vincenzo Fioriti¹⁶, Sara Forliti¹⁶, Ivan Roselli¹⁶, Alessandro Picca¹⁶, Angelo Tatti¹⁶

6. MONITORAGGIO STRUTTURALE SOSTENIBILE

Responsabile: Achille Paolone⁵

Monitoraggio dinamico. Il caso del Tempio di Minerva Medica in Roma

Responsabile: Achille Paolone⁵, Ivan Roselli¹⁶, Silvia Santini¹⁷
Gruppo di ricerca: Carlo Baggio¹⁷, Jacopo Ciambella⁵, Alessandro Colucci¹⁶, Gerardo De Canio¹⁶, Vincenzo Fioriti¹⁶, Ivan Roselli¹⁶, Angelo Tatti¹⁶, Sara Forliti¹⁶, Valerio Sabbatini¹⁷, Fernando Sartia¹⁶, Silvia Santini¹⁷, Claudio Sebastiani¹⁷

Monitoraggio strutturale con sensori di deformazione a base grafene

Responsabile: Alessio Tamburrano⁴
Gruppo di ricerca: Irene Bellagamba⁴, Jacopo Ciambella⁵

UNIVERSITÀ, DIPARTIMENTI E ISTITUTI DI RICERCA

Sapienza, Università di Roma (RM1)

¹DIAP - Dipartimento di Architettura e Progetto
²CIRPA - Centro Interuniversitario di Ricerca in Psicologia Ambientale
³DSDRA - Dipartimento di Storia Disegno e Restauro dell'Architettura
⁴CNIS-DIAEE - Centro di Ricerca per le Nanotecnologie Applicate all'Ingegneria (Dipartimento di Ingegneria Astronautica, Elettrica ed Energetica)
⁵DISG - Dipartimento di Ingegneria Strutturale e Geotecnica
⁶CISTEC-DICMA - Centro di ricerca in Scienza e tecnica per la conservazione del patrimonio storico architettonico (Dipartimento Ingegneria Chimica Materiali Ambiente)
⁷DST - Dipartimento di Scienze della Terra

Università della Tuscia

⁸Dipartimento per l'Innovazione dei Sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali DIBAF - WOODINCULT

CNR

⁹DSU - Dipartimento Scienze Umane e Sociali, Patrimonio Culturale
¹⁰ISMED - Istituto di Studi sul Mediterraneo
¹¹IGAG - Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria

¹²ISPC - Istituto di Scienze del Patrimonio Culturale
¹³SMN - Istituto per lo Studio dei Materiali Nanostrutturati
¹⁴IAC - Istituto per le Applicazioni del Calcolo "M. Picone"
¹⁵INM - Istituto Ingegneria del Mare

ENEA

¹⁶SSPT - Dipartimento Sostenibilità dei Sistemi Produttivi e Territoriali

Università degli Studi Roma Tre (RM3)

¹⁷Dipartimento di Architettura
¹⁸Dipartimento di Ingegneria
¹⁹Dipartimento di Scienze

Università di Cassino

²⁰DICEM - Dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica
²¹DLF - Dipartimento di Lettere e Filosofia

INFN, Istituto Nazionale di Fisica Nucleare

Istituti del MiBACT

²²Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione
²³Istituto Centrale per il Restauro

Università degli Studi Guglielmo Marconi

²⁴Dipartimento di Ingegneria della Sostenibilità, Università degli Studi Guglielmo Marconi



- 10** La Regione Lazio al fianco del Progetto SISMI-DTC Lazio
Paolo Orneli, Claudio Di Bernardino
- 12** Il DTC Lazio, nel territorio e per il territorio
Maria Sabrina Sarto
- 14** Progetto SISMI-DTC Lazio. Conoscenze e innovazioni per la ricostruzione e il miglioramento sismico dei centri storici del Lazio
Lucina Caravaggi
- 27** English abstract
- Parte prima**
Vulnerabilità sismica
- 34** Introduzione
Heleni Porfyriou
- 38** La Carta del Rischio per i centri storici. Conoscenza e gestione del patrimonio storico applicate a due centri laziali
Donatella Fiorani, Annarita Martello, Silvia Cutarelli, Adalgisa Donatelli
- 44** Sistema di conoscenze dirette e indirette per la rappresentazione 3D dell'edificato storico. Il caso studio di Cornillo Nuovo
Daniela Esposito, Marco Canciani, Daniela Concas, Fabrizio De Cesaris, Antonio Mirandola, Mauro Saccone
- 52** Conoscenza dei sistemi costruttivi locali per interventi di conservazione, miglioramento e messa in sicurezza di centri storici e singoli edifici a rischio sismico. Il caso studio di Leonessa
Michele Zampilli, Marianna Larovere, Lea Fanny Pani
- 60** La resilienza territoriale. Condizioni di partenza e progetti di innovazione per le aree interne del Lazio
Cristina Imbrogliani
- 68** Profili di vulnerabilità territoriale
Ettore Guerriero
- 78** La resilienza comunitaria. Comice concettuale e strumenti di misura
Marino Bonaiuto, Silvia Ariccio
- 86** L'architettura per ricominciare
Orazio Carpenzano, Fabio Balducci

Indice

- 94** PlaceMaker: Ricostruzione dell'identità urbana nei luoghi colpiti dal sisma
Marichela Sepe
- 98** Letteratura scientifica internazionale sui temi del sisma. Nota sintetica
Paola Brunori
- 100** English abstracts
- Parte seconda**
Pericolosità sismica
- 106** Introduzione
Luigi Callisto
- 110** Definizione delle azioni sismiche di base
Salomon Hailemikael, Guido Martini, Salvatore Paolini
- 114** Modellazione numerica tridimensionale della risposta sismica dell'abitato di Amatrice
Massimiliano Moscatelli, Isolda Gaudiosi, Roberto Razzano, Giuseppe Lanzo, Luigi Callisto
- 120** Modellazione numerica bidimensionale della risposta sismica nel comune di Accumoli
Patrizia Caprari, Gian Marco Marmoni, Guido Martini, Salvatore Martino, Stefano Rivellino, Gabriele Scarascia Mugnozza
- 126** Scenari di rischio dell'interazione tra spostamenti indotti da fenomeni franosi e rete viaria
Patrizia Caprari, Carlo Esposito, M. Ferrarotti, Gian Marco Marmoni, Guido Martini, Salvatore Martino, Gabriele Scarascia Mugnozza
- 132** English abstracts
- Parte terza**
Metodologie per il miglioramento sismico
- 136** Introduzione
Gianmarco de Felice
- 140** Metodologia per la definizione degli interventi alla scala territoriale e urbana
Luigi Sorrentino, Silvia Perobelli, Alessandra Marotta
- 148** Metodologia per la definizione degli interventi a livello di aggregato edilizio e del singolo edificio
Daniela Addressi, Maura Imbimbo, Marialaura Malena, Marco Canciani, Valentina Cima, Cristina Gatta, Francesca Gobbin, Ernesto Grande, Assunta Pelliccio, Marco Saccucci, Marialugia Sangrardi

- 156** Metodologia e criteri di intervento a livello di aggregato edilizio
Gianmarco de Felice, Francesca Gobbin, Marialuigia Sangirardi
- 162** Metodologia e criteri di intervento alla scala di oggetti in musei, luoghi di culto, edifici strategici
Gerardo De Canio, Ivan Rosselli, Vincenzo Fioriti, Sara Forliti, Angelo Tati
- 170** English abstracts
- Parte quarta**
Metodologie innovative e smart materials per il ripristino, il restauro e il recupero
- 176** Introduzione
Maria Laura Santarelli
- 180** Conoscenza e comparazione ante e post-sisma attraverso elaborazioni da telerilevamento e GIS
Lorenza Fiumi, Dario Gallo, Cinzia Crenca
- 186** Valutazione della vulnerabilità sismica attraverso l'integrazione di tecniche tradizionali e sistemi BIM
Elena Gigliarelli, Luciano Cessari, Filippo Calcerano, Letizia Martinelli
- 194** Smart materials per l'efficientamento e il ripristino delle superfici storiche
Gabriella Bretti, Roberto Natalini, Barbara de Filippo, Maurizio Ceseri, Maria Laura Santarelli, Mohamad Sharbaf, Andrea Brotzu, Stefano Natali
- 198** Il legno come smart material nei manufatti soggetti a trauma sismico
Manuela Romagnoli, Francesco Marini
- 204** Smart materials per la conservazione affidabile ed il ripristino delle proprietà di manufatti metallici e lapidei artificiali
Gabriella Di Carlo, Camilla Tennenini, Maria Paola Staccioli, Luca Tortora, Maria Laura Santarelli
- 208** Materiali compositi innovativi per il miglioramento sismico del patrimonio edilizio
Stefano De Santis, Maura Imbimbo, Sonia Marfà, Gianmarco de Felice, Ernesto Grande, Martina Stavole
- 214** English abstracts

Parte quinta
est di verifica sismica su tecnologie e materiali

- 220** Introduzione
Gerardo De Canio
- 224** Analisi delle caratteristiche delle murature di alcuni centri storici del cratere sismico del Lazio finalizzata ai test di verifica
Domenico Liberatore, Omar AlShawa, Silvia Perobelli, Luigi Sorrentino
- 232** Risultati dei test di verifica sperimentali
Gerardo De Canio, Alessandro Colucci, Vincenzo Fioriti, Sara Forliti, Ivan Roselli, Alessandro Picca, Angelo Tati
- 238** English abstracts

Parte sesta
Monitoraggio strutturale sostenibile

- 242** Introduzione
Jacopo Ciambella, Vincenzo Gattulli, Egidio Lofrano, Achille Paolone
- 246** Monitoraggio dinamico. Il caso del Tempio di Minerva Medica in Roma
Jacopo Ciambella, Achille Paolone, Carlo Baggio, Alessandro Colucci, Gerardo De Canio, Vincenzo Fioriti, Ivan Roselli, Sara Forliti, Angelo Tati, Valerio Sabbatini, Fernando Saitta, Silvia Santini, Claudio Sebastiani
- 254** Monitoraggio strutturale con sensori di deformazione a base grafene
Alessio Tamburrano, Irene Bellagamba, Jacopo Ciambella
- 262** English abstracts

La Carta del Rischio (D.F.)

La Carta del Rischio è stata messa a punto dal Ministero per i Beni e le Attività Culturali negli scorsi anni Novanta per valutare il rischio di perdita del patrimonio in riferimento alla pericolosità del territorio e alla vulnerabilità dei beni architettonici, archeologici e artistici. Il sistema acquisisce cartografie tematiche dedicate alla definizione di pericolosità statico-strutturali (come sismi, frane, valanghe ecc.), ambientali-aria (derivanti da inquinamenti di diversa natura) e antropiche (legata per esempio a pressioni demografiche o tipi di funzioni particolari) e le relative misurazioni, e valuta in modo omogeneo la vulnerabilità dei beni sulla base del rilevamento di dati diversi (*Carta del Rischio* 1996; Capponi 1998; Cacace 2019).

La piattaforma digitale è attualmente in corso d'implementazione in riferimento alla definizione delle vulnerabilità dei centri storici grazie al lavoro congiunto dell'Istituto Centrale per il Restauro, dell'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione e di un gruppo di lavoro dell'Università Sapienza di Roma (Fiorani 2019). Si è quindi definita l'architettura generale del sistema su sei livelli schedografici rispettivamente dedicati a: Centro storico come intero; Unità Urbane (Aggregati e Residenze Puntuali e Specialistiche); Spazi Urbani; Fronti Edilizi; Unità Edilizie. Questa prima fase è stata accompagnata dall'informatizzazione del primo modello schedografico e dalla raccolta dati su alcuni centri storici laziali (Calcata, San Vito Romano, Sermoneta).

Gli indici di vulnerabilità vengono espressi alla scala delle Unità Urbane, delle quali possono essere ispezionati gli aspetti architettonici e costruttivi e le condizioni di degrado significative. Tali osservazioni vengono computate in termini di incidenze percentuali diverse (calcolate in base a unità corrispondenti ai "piani equivalenti"), a loro volta elaborate con un algoritmo appositamente studiato. Un ulteriore algoritmo consente di esprimere un indice di trasformazione recente dell'edificio.

Una prima informatizzazione delle schede relative alle Unità Urbane ha consentito di effettuare la validazione del sistema tramite l'imputazione di dati relativi alle componenti del Centro Storico di Cittaducale (Rieti) e di Genazzano (Roma). Il primo abitato è stato scelto in quanto interno al cratere del terremoto del 2016, il secondo, completamente diverso dal primo per caratteristiche morfologiche, tipologiche e costruttive, è servito a verificare l'applicabilità estensiva del sistema sui centri storici.

La Carta del Rischio per i centri storici

Conoscenza e gestione del patrimonio storico applicate a due centri laziali

Donatella Fiorani, Annarita Martello,

Silvia Cutarelli, Adalgisa Donatelli

I In particolare, il gruppo di lavoro, coordinato da Donatella Fiorani, ha visto la partecipazione di Carlo Cacace e Maria Elena Corrado per l'Istituto Centrale per il Restauro, Antonella Negri e Maria Letizia Mancinelli per l'Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione e di Marta Acerno, Silvia Cutarelli, Adalgisa Donatelli, Donatella Fiorani e Annarita Martello per il Dipartimento di Storia, Disegno e Restauro dell'Architettura.

Il processo di validazione condotto grazie al progetto Sismi ha consentito di effettuare alcune correzioni nella scheda e nel sistema, consistenti in: a) ampliamento dei vocabolari predisposti; b) modifica e integrazione di alcune voci; c) modifica della normativa per il calcolo di alcune incidenze; d) inserimento di nuovi indici d'incidenza; e) inserimento di fattori di confidenza; f) integrazioni degli algoritmi relativi alla vulnerabilità delle Unità Urbane (Fiorani, Donatelli, Cutarelli, Martello 2019).

Cittaducale (A.M.)

Il centro storico di Cittaducale, edificato a partire dal 1308 sul colle di Cerreto Piano (450 m s.l.m.), domina la valle del fiume Velino. Il rilievo è assecondato dalla cinta muraria, leggibile nel tratto orientale con la Torre di San Manno, presso Porta Napoli e lungo l'asse principale di corso Mazzini. Il reticolo viario regolare intercetta quindi le strutture difensive delineando isolati pressoché uniformi. Dopo il sisma del 2016 solo pochi edifici sono stati danneggiati ed evacuati. I frequenti eventi sismici nella regione hanno favorito la trasformazione del tessuto medievale, soprattutto con riconfigurazioni cinque-seicentesche. L'impianto conserva viceversa inalterato un sistema edilizio morfologicamente omogeneo, composto da aggregati compatti o allungati con cortili assimilabili agli spazi aperti di pertinenza delle schiere originarie (fig. 1).

Talvolta i volumi edificati, tutti con spiccato a terra e dislivelli poco rilevanti (due o tre piani), risultano tra loro collegati mediante archi di contrasto o con vani-ponte (fig. 2). I vuoti edilizi sono perlopiù dovuti a crolli, parziali o totali, demolizioni o mancate edificazioni. Il comportamento strutturale è inoltre condizionato dalla presenza di anditi aperti e dalla diffusione di tetti a padiglione.

I due fattori di confidenza introdotti per esplicitare l'attendibilità dei dati raccolti hanno aiutato a risolvere alcuni problemi di rilevamento sul campo. Il "Fattore di confidenza/ispezionabilità" (f_c) tiene conto dell'effettiva accessibilità alle aree non edificate, alle corti interne o agli spazi aperti pertinenziali ed è calcolato in riferimento alla somma del numero di piani dei fronti ispezionabili e di quello relativo ai fronti ipotizzati sulla base del materiale documentario disponibile. Il "Fattore di confidenza/visibilità" (f_v) considera invece il rapporto esistente tra il numero di piani ispezionabili con rivestimenti e il numero di piani ispezionabili totali (fig. 3). A Cittaducale, la presenza diffusa d'intonaco sui fronti edilizi rende difficile l'identificazione dei sistemi costruttivi impiegati e delle sostituzioni o dei rifacimenti, anche parziali, delle murature. Le relative incidenze sono pertanto basse o medie (1%-50%)².

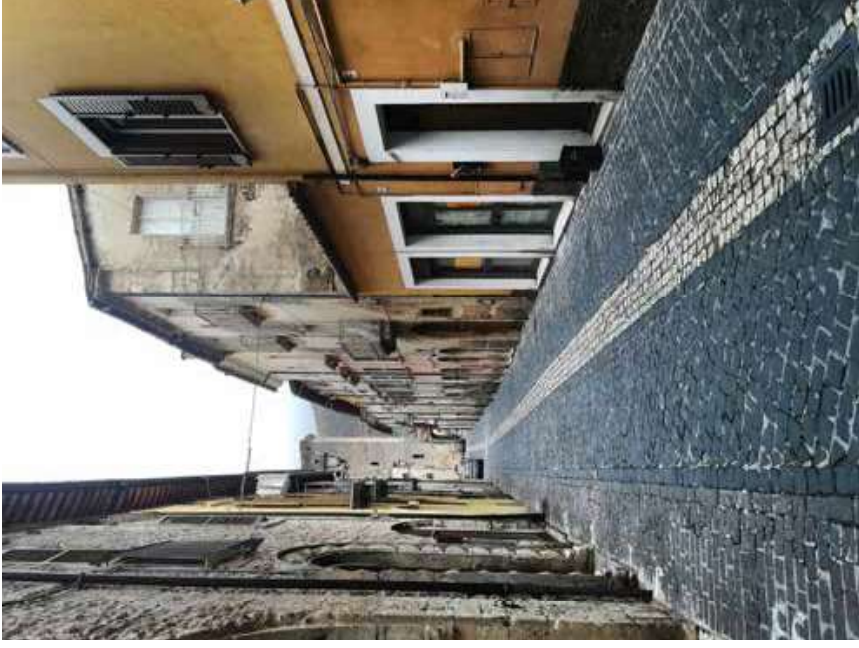
² Alcuni interventi, come quelli relativi alla riconfigurazione delle bucaure storiche, sono comunque deducibili.



1. Il centro storico di Cittaducale (Rieti): dalla foto aerea è chiaramente leggibile la configurazione regolare dell'impianto. La griglia ortogonale del sistema viario definisce il perimetro delle Unità Urbane analizzate.



2. Cittaducale (Rieti), collegamento edilizio tra Unità Urbane attigue su via Duca Roberto. Si evidenziano inoltre alcuni degli elementi che contribuiscono alla definizione degli indici di trasformazioni e modifiche moderne e di vulnerabilità (sostituzione moderna delle finiture e degli infissi, degrado superficiale).



3. Cittaducale (Rieti), Unità Urbana-Aggregato su corso Mazzini. Il "Fattore di confidenza/visibilità" (f_c), introdotto per la diffusa presenza di fronti ricoperti da intonaco, considera il rapporto esistente tra il numero di piani ispezionabili con rivestimenti e il numero di piani ispezionabili totali.

Le recenti ritinte e sostituzioni d'intonaci sono state realizzate evidenziando la presenza di antichi portici, lacerti murari, stipiti di vani tamponati e conservando gli elementi decorativi. L'incidenza di questi interventi è generalmente molto elevata (51%-100%). Allo stesso modo, gli infissi storici sono spesso sostituiti (con elementi in legno, metalli e pvc), per un'incidenza mediamente alta (51%-99%).

La valutazione dello stato di conservazione delle Unità Urbane risente della difficoltà riscontrata nella distinzione di sistemi costruttivi differenti e nell'individuazione di discontinuità murarie. Tranne che nelle strutture inagibili per il terremoto del 2016 o in abbandono, non si riscontrano gravi dissesti strutturali anche per la diffusa presenza di presidi antisismici (catene e speroni). Non si osservano fenomeni di degrado materico significativi ma diverse patologie sono presenti sugli intonaci, la cui incidenza varia tra il 26% e il 99%.

Genazzano (S.C.)

Il centro storico di Genazzano, nato nell'XI secolo su uno sperone tufaceo dei monti Prenestini, si è esteso fino al XV secolo lungo la dorsale longitudinale del rilievo e in epoca moderna è stato perlopiù sottoposto a interventi di ristrutturazione, con la perimetrazione delle piazze e la rettificazione di alcune strade.

La morfologia del sito ha condizionato l'articolazione dei tessuti, che si diversificano in base alla posizione e in relazione alle fasi di ampliamento e trasformazione³; le Unità Urbane (fig. 4) assumono dunque configurazioni eterogenee (quadrangolari, lineari, compatte o irregolari). Cortili e recinti sono rari, mentre risultano più frequenti gli anditi di separazione fra unità edilizie ed elevati fondati sul banco di roccia affiorante. Gli aggregati sono sovente collegati da case-ponte o da volumi d'intasamento, la cui presenza ha reso complessa la delimitazione delle Unità Urbane. I vuoti edilizi, determinati da crolli accidentali o dai bombardamenti del secondo conflitto mondiale, sono limitati e localizzati alle estremità degli isolati. Le sostituzioni integrali sono sporadiche e l'edificato conserva ancora significative testimonianze di età medievale e moderna.

I fronti prospicienti i tracciati principali presentano in genere tre o quattro piani, mentre i prospetti opposti raggiungono talvolta cinque o più piani fuori terra. Numerosi corpi aggettanti (scale esterne, balconi, tettoie, volumi di servizio, generalmente in cemento armato o con struttura metallica) si osservano sui percorsi secondari e ai confini dell'abitato (fig. 5).

Come a Cittaducale, i fronti interni sono poco accessibili e il "Fattore

di confidenza/ispezionabilità" è quindi elevato; a Genazzano, tuttavia, i piani ipotizzati non prospettano su corti o aree pertinenziali private, ma sono definiti dai dislivelli fra unità edilizie adiacenti e risultano pertanto facilmente computabili. I fronti intonacati si concentrano lungo le strade principali o sulle piazze, mentre gli edifici conservano in genere apparecchi murari di tufo a vista; il "Fattore di confidenza/visibilità" assume pertanto valori diversi in relazione alla posizione dell'aggregato nel centro storico.

Data l'impossibilità di accedere agli ambienti interni, il riconoscimento delle sostituzioni moderne è limitato alle ricostruzioni delle coperture; si rilevano invece frequenti interventi di riparazione, con riprese di cortine, rifacimenti di angolate e riconfigurazioni delle aperture. Le finiture storiche e gli elementi decorativi sono spesso conservati, tuttavia in alcune aree i rivestimenti tradizionali sono ricoperti da intonaci recenti (fig. 6). Più consistente appare la sostituzione degli infissi lignei con elementi in metallo o pvc.

Lo stato di conservazione, condizionato dalle vulnerabilità costruttive e dai fenomeni di degrado e dissesto, varia con il livello d'uso e di manutenzione e con la frequenza degli interventi manutentivi. Si segnalano le particolari condizioni di vulnerabilità degli edifici ai margini dell'edificato, che presentano altezze notevoli sui fronti orientati verso i pendii dell'altura.

Conclusioni (A.D.)

L'applicazione della scheda Unità Urbana-Aggregato sui centri storici di Cittaducale e Genazzano ha consentito da un lato di "validare" i tracciati schedografici e calibrare gli algoritmi impiegati per il calcolo dell'Indice di trasformazioni e modifiche moderne (I_{tmm}) e dell'Indice di vulnerabilità (I_v), dall'altro di ragionare sui primi risultati emersi. Al di là di specifiche modifiche introdotte nelle formulazioni

algoritmiche rispetto alla prima impostazione, la sperimentazione condotta sui due centri ha suggerito un ulteriore ragionamento sul sistema dei pesi impiegato per l'elaborazione degli indici globali I_{tmm} e I_v . Nella valutazione speditiva di trasformazioni e vulnerabilità, finora calcolate con pesi derivanti dal livello delle incidenze registrate nelle schede⁴, sono stati aggiunti altri criteri di pesatura che consentono di elaborare in modo differenziato gli indici I_{tmm} e I_v . L'esigenza di focalizzare l'attenzione sulle fragilità sismica del costruito ha offerto l'occasione per valutare vulnerabilità e trasformazioni in chiave strutturale, dando priorità agli indicatori che incidono sul comportamento statico degli aggregati, quali le "Vulnerabilità costruttive"; i "Dissesti e modifiche strutturali"; le "Trasformazioni

3 Per esempio, nella zona a nord del castello, più modificata, gli impianti sono tipologicamente poco caratterizzati, mentre l'espansione lungo corso Vanutelli presenta una maglia ortogonale irregolare e i borghi meridionali presentano tessuti lineari.

4 Il peso maggiore è associato al sotto-indice tematico che risulta avere maggiore rilevanza; agli altri sotto-indici sono impiegati pesi decrescenti e proporzionali alla rispettiva incidenza.



4. Carta del Rischio: veduta satellitare di Genazzano (RM) con la perimetrazione del Centro Storico e delle Unità Urbane. Delimitati da percorsi aderenti ai caratteri oridografici del sito, le Unità Urbane presentano dimensioni e proporzioni diverse in base alla posizione e in relazione alle fasi di ampliamento e trasformazione dell'abitato.

5. Veduta dei fronti sul margine ovest del centro storico di Genazzano con le Unità Urbane su via della Portella. Sono evidenti numerose superfezioni moderne, costituite perfino da volumi in aggetto, nonché la distribuzione esterna degli impianti.

6. Veduta di un'Unità Urbana in via Martino V a Genazzano. Il recente intervento in facciata ha lasciato a vista i cantonali e le cornici in tufo delle aperture, mentre l'intonaco storico è stato ricoperto dalla nuova tinteggiatura.

e modifiche costruttive⁵. La stima speditiva degli indici I_{imm} e I_v dal punto di vista sismico risulta così affidata a considerazioni che legano la valutazione degli aspetti strutturali con quelli architettonici e costruttivi, inesorabilmente congiunti.

Dalla schedatura condotta per Cittaducale, emerge, infatti, un livello di fragilità strutturale contenuto, evidentemente dovuto alla configurazione compatta del tessuto urbano, alle poche trasformazioni costruttive che hanno interessato gli aggregati, alla limitata altezza dei fronti esterni delle Unità Urbane. È stata anche rilevata una sostanziale assenza di gravi dissesti strutturali.

Per l'abitato di Genazzano, che insiste su una zona meno predisposta, rispetto a Cittaducale, al verificarsi di terremoti "abbastanza forti"⁶, la lettura delle variabili da cui dipende il calcolo degli indici I_{imm} e I_v mostra caratteristiche architettoniche e costruttive che rendono gli aggregati piuttosto vulnerabili sotto l'azione di un sisma. In particolare, i notevoli dissesti e la presenza di numerosi corpi aggettanti osservati sui fronti secondari costituiscono carenze rilevanti in caso di eventi tellurici.

I primi risultati scaturiti da questa sperimentazione, quindi, esibiscono un metodo di lavoro che, pur procedendo con valutazioni speditive, riesce a cogliere in modo corretto le problematiche più significative (susceptibili di successivi approfondimenti). Le specifiche vulnerabilità di abitati diversi vengono così identificate tramite un sistema di indicatori legati ai caratteri costruttivi e architettonici che possono costituire punti di debolezza o di resistenza rispetto alle sollecitazioni sismiche.

Bibliografia

- Cacace C. (2019), *La Carta del Rischio per il patrimonio culturale*, in Fiorani D., *Il futuro dei centri storici. Digitalizzazione e strategia conservativa*, Quasar, Roma, pp. 65-74.
- Capponi A. (1998), *La Carta del Rischio del patrimonio culturale italiano: indagini tematiche e cartografia*, "Ricerche di storia dell'arte", 65, pp. 13-16.
- Carta del Rischio del Patrimonio Culturale*, Ufficio centrale per i beni archeologici, artistici e storici – ICR, Roma 1996.
- Fiorani D. (2019), *Il futuro dei centri storici. Digitalizzazione e strategia conservativa*, Quasar, Roma.
- Fiorani D., Donatelli A., Cutarelli S., Martello A. (2019), *Vulnerabilità dei centri storici. Validazione della scheda Unità Urbana del sistema Carta del Rischio tramite la sua applicazione su due centri laziali*, "Materiali e Strutture. Problemi di conservazione", n.s., VII, 16, pp. 69-96.

5. A tale scopo, il sistema Carta del Rischio consente di introdurre diversi parametri di pesatura nella struttura degli algoritmi senza che sia modificato il relativo software di calcolo.

6. In base alla classificazione sismica stabilita dall'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, il comune di Genazzano è classificato con grado "2B", ovvero è esposto a terremoti abbastanza forti, con accelerazione "a_g" inferiore a 0,20. Cittaducale è classificata con grado "2A", con "a_g" uguale o superiore a 0,20.