



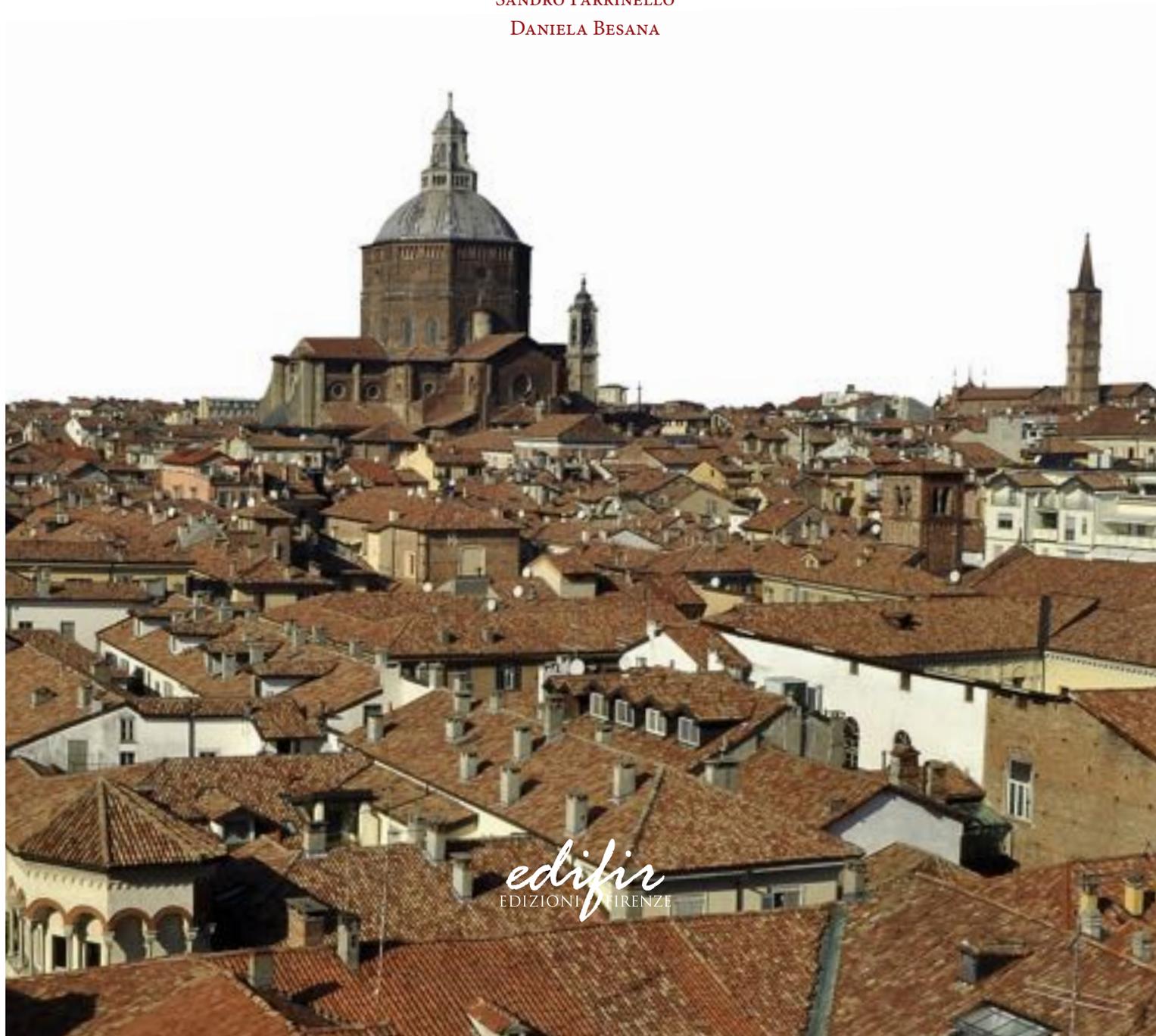
ReUSO 2016

CONTRIBUTI PER
LA DOCUMENTAZIONE, CONSERVAZIONE
E RECUPERO DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO
E PER LA TUTELA PAESAGGISTICA

a cura di

SANDRO PARRINELLO

DANIELA BESANA



edifir
EDIZIONI FIRENZE



ReUSO 2016

CONTRIBUTI PER
LA DOCUMENTAZIONE, CONSERVAZIONE
E RECUPERO DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO
E PER LA TUTELA PAESAGGISTICA

a cura di

SANDRO PARRINELLO

DANIELA BESANA

edifir
EDIZIONI FIRENZE

La collana “Disegno, rilievo e progettazione” nella quale rientra questa pubblicazione, ha un collegio di referee internazionali. “Contributi per la documentazione, conservazione e recupero del patrimonio architettonico e per la tutela paesaggistica” ha un Comitato Scientifico ed il testo è stato sottoposto ad una commissione di referee composta da numerosi membri italiani e stranieri. “Contributi per la documentazione, conservazione e recupero del patrimonio architettonico e per la tutela paesaggistica” is a peer-reviewed book.

© Copyright 2016
by Edifir Edizioni Firenze s.r.l.
Via Fiume, 8 – 50123 Firenze
Tel. 055289639 – Fax 055289478
www.edifir.it – edizioni-firenze@edifir.it

Responsabile del progetto editoriale
SIMONE GISMONDI

Responsabile editoriale
ELENA MARIOTTI

Progetto grafico
FRANCESCA PICCHIO

Impaginazione
FRANCESCA PICCHIO

ISBN 978-88-7970-8016-6

In copertina: *Immagine panoramica della città di Pavia dal campanile della Chiesa di San Michele.*
(foto di Francesca Picchio)

Fotocopie per uso personale del lettore possono essere effettuate nei limiti del 15% di ciascun volume/fascicolo di periodico dietro pagamento alla SIAE del compenso previsto dall'art. 68, comma 4, della legge 22 aprile 1941 n. 633 ovvero dall'accordo stipulato tra SIAE, AIE, SNS e CNA, ConfArtigianato, CASA, CLAAI, ConfCommercio, ConfEsercenti il 18 dicembre 2000. Le riproduzioni per uso differente da quello personale sopracitato potranno avvenire solo a seguito di specifica autorizzazione rilasciata dagli aventi diritto/dall'editore.



ReUSO 2016

DIREZIONE

SANDRO PARRINELLO
Università degli Studi di Pavia

SEGRETARIO

DANIELA BESANA
Università degli Studi di Pavia

COMITATO D'ONORE

ACIDINI, CRISTINA
Presidente, Accademia delle Arti del Disegno Firenze

AURICCHIO, FERDINANDO
Professore, Direttore DICAR, Università di Pavia

CARBONARA, GIOVANNI
Professore, Università La Sapienza Roma

CIAPONI, CARLO
Professore, Preside Facoltà di Ingegneria, Università di Pavia

CONDE LÁZARO, CARLOS
Rector Magnífico Universidad Politécnica de Madrid

DEI, LUIGI
Magnífico Rettore, Università degli Studi di Firenze

DI BIASE, CAROLINA
Professoressa, Politecnico di Milano

FAGIOLO, MARCELLO
Professore, Università La Sapienza Roma

G^a-GUITIÉRREZ MOSTEIRO, JAVIER
Catedrático, ETSAM. UPM

GARCÍA SANTOS, ALFONSO
Catedrático, DCTA. ETSAM. UPM

GARCÍA CODOÑER, ANGELA
Catedrática de la Universitat Politècnica de València

KADLUCZKA, ANDRZEJ
Professor, Polytechnic University of Cracow

MALDONADO RAMOS, LUIS
Catedrático y Director, ETSAM. UPM

MECCA, SAVERIO
Professore e Direttore, Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Firenze

MEDINA RAMÓN, FRANCISCO JAVIER
Titular Universidad y Director, ETSIE. UPV

MORA MÁS, FRANCISCO JOSÉ
Rector Magnífico de la Universitat Politècnica de València

MUÑOZ COSME, ILDEFONSO
Subdirector General, Instituto de Patrimonio Cultural de España

PEREZ DE PRADA LUIS
Jefe del Departamento de Planificación y Gestión Técnica del Patrimonio Nacional

RUGGE FABIO
Professore, Rettore Università di Pavia

SANTOS PINHEIRO, NUNO
Profesor, Universidade Lusíada de Lisboa

SUAREZ-INCLAN DUCASSI, M^a ROSA
Presidenta, ICOMOS España

VALQUENDE PAYÁ, MANUEL
Director de Departamento de Construcción arquitectónicas

COMITATO SCIENTIFICO

ALONSO DURÀ, ADOLFO
Universitat Politècnica de València

AMIRANTE, ROBERT
Università degli Studi di Napoli Federico II

ANAYA DÍAZ, JESÚS
Universidad Politécnica de Madrid

ARROYO, CARLOS
Universidad Europea de Madrid

BERTOCCI, STEFANO
Università degli Studi di Firenze

BERIZZI, CARLO
Università di Pavia

BERNARDO, GRAZIELLA
Università degli Studi della Basilicata

BESANA, DANIELA
Università di Pavia

BEVILACQUA, MARIO
Università degli Studi di Firenze

CANO-LASSO PINTOS, DIEGO
Universidad San Pablo CEU

CAPOBIANCO, LORENZO
Seconda Università degli Studi di Napoli

CÁRCEL CARRASCO, JAVIER
Universitat Politècnica de València

CASAR FURIÓ, MARIA EMILIA
Universitat Politècnica de València

CASSINELLO PLAZA, PEPA
Universidad Politécnica de Madrid

CATTANEO, TIZIANO
Università di Pavia

CONTE, ANTONIO
Università degli studi della Basilicata

CRUZ FRANCO, PABLO ALEJANDRO
Universidad de Extremadura

DALLA NEGRA, RICCARDO
Università degli Studi di Ferrara

DE LOTTO, ROBERTO
Università di Pavia

DE VITA, MAURIZIO
Università di Firenze

DOGLIONI, FRANCESCO
Università IUAV di Venezia

EKSAREVA, NADIA
Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture

FARNETI, FAUZIA
Università degli Studi di Firenze

GALLI, LETIZIA
Università di Pavia

GARCÉS DESMAISON, MARCO ANTONIO
Universitat Jaume I

GAMBARDELLA, CHERUBINO
Seconda Università degli Studi di Napoli

GRECO, ALESSANDRO
Università di Pavia

GRITTI, ANDREA
Politecnico di Milano

GUIDARINI, STEFANO
Politecnico di Milano

GUIDA, ANTONELLA
Università degli studi della Basilicata

HIDALGO DELGADO, FRANCISCO
Universitat Politècnica de València

HUI, ZHAI
Kunming University of Science and Technology

ESTEBAN CHAPAPRÍA, JULIÁN
Conselleria de Cultura i Esport- Generalitat Valenciana

JURINA, LORENZO
Politecnico di Milano

LA VARRA, GIOVANNI
Università di Udine

LIONE, RAFFAELLA
Università degli Studi di Messina

LÓPEZ GONZÁLEZ, MARÍA CONCEPCIÓN
Universitat Politècnica de València

MANGANARO, MARIO
Università degli Studi di Messina

MANDELLI, EMMA
Università di Firenze

MARINI, SARA
Università IUAV di Venezia

MARIOTTONI, CARLOS ALBERTO
Universidade Estadual de Campinas

MECCA, IPPOLITA
Università degli Studi della Basilicata

MINUTOLI, FABIO
Università di Messina

MOLINARI, LUCA
Seconda Università degli Studi di Napoli

MONJO CARRIÓ, JUAN
Universidad Politécnica de Madrid

MORA ALONSO-MUÑOYERRO, SUSANA
Universidad Politécnica de Madrid

MORANDOTTI, MARCO
Università di Pavia

NANETTI, ANDREA
Nanyang Technological University

COMITATO ORGANIZZATORE

NAVARRO FAJARDO, JUAN CARLOS
Universitat Politècnica de València

NIGLIO, OLIMPIA
Kyoto University

OBRACAJ, PIOTR
Politechnika Opolska

ONAT HATTAP, SIBEL
Mimar Sinan Fine Arts University

PAGLIUCA, ANTONELLO
Università degli Studi della Basilicata

PALMERO IGLESIAS, LUIS
Universitat Politècnica de València

PARRINELLO, SANDRO
Università degli Studi di Pavia

PÉREZ ARROYO, SALVADOR
Universidad Politécnica de Madrid

PIZARRO POLO, ÁNGEL
Universidad de Extremadura

PUGNALONI, FAUSTO
Università Politecnica delle Marche

RAMÍREZ BLANCO, MANUEL JESÚS
Universitat Politècnica de València

ROBLES, EDUARDO
Florida A&M University

ROIG PICAZO, M. PILAR
Universitat Politècnica de València

ROSSI, ADRIANA
Seconda Università degli Studi di Napoli

RUEDA MÁRQUEZ DE LA PLATA, ADELA
Universidad de Extremadura

SAENZ GUERRA, JAVIER
Universidad San Pablo CEU

SANCHIS SAMPEDRO, FRANCISCO JAVIER
Universitat Politècnica de València

SCALA, PAOLA
Università degli Studi di Napoli Federico II

SROCZYNSKA, JOLANTA
Cracow University of Technology

TIBERI, RIZIERO
Università degli Studi di Firenze

VAN RIEL, SILVIO
Università degli Studi di Firenze

VIERA DA ANDRADE JUNIOR, NIVALDO
Universidade Federal da Bahia

ZUCCHI, CINO
Politecnico di Milano

CARLO BERIZZI
DICAr – Università di Pavia

DANIELA BESANA
Università di Pavia

TIZIANO CATTANEO
DICAr – Università di Pavia

ROBERTO DE LOTTO
Università di Pavia

LETIZIA GALLI
Università di Pavia

ALESSANDRO GRECO
Università di Pavia

MARCO MORANDOTTI
Università di Pavia

LUIS PALMERO IGLESIAS
Università Politecnica di Valencia

SANDRO PARRINELLO
Università di Pavia

SEGRETERIA

*DICAr Dipartimento Ingegneria Civile e Architettura
Università di Pavia*

EMANUELE GIORGI

MATTEO LOCATELLI

SIMONE LUCENTI

DARIO MARINO

ROSAMARIA OLIVADESE

FRANCESCA PICCHIO

*DIDA Dipartimento di Architettura
Università di Firenze*

MONICA LUSOLI



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
DI PAVIA



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITÀ
DEGLI STUDI
FIRENZE



UNIVERSIDAD
POLITECNICA
DE MADRID



COMUNE
DI PAVIA

CNA
PPC

CONSIGLIO NAZIONALE
DEGLI ARCHITETTI
PIANIFICATORI
PAESAGGISTI
E CONSERVATORI



DICAR
DIPARTIMENTO
INGEGNERIA CIVILE
E ARCHITETTURA



LANDSCAPE
SURVEY AND DE-
SIGN LABORATORY



ORDINE DEGLI ARCHI-
TETTI PIANIFICATORI
PAESAGGISTI E CONSERVATO-
RI DELLA PROVINCIA DI PAVIA

Ordine
Ingegneri
provincia di Pavia



PRESENTAZIONI

FABIO RUGGE <i>Rettore dell'Università di Pavia</i>	23
CARLO CIAPONI <i>Preside di Ingegneria, Università di Pavia</i>	24
FERDINANDO AURICCHIO <i>Rettore dell'Università di Pavia</i>	25

L' ATTUALITÀ DEL "REUSO"

SANDRO PARRINELLO <i>Direttore Scientifico di Reuso 2016</i>	26
---	----

INDICE

AREA TEMATICA 1 STRATEGIA DI DOCUMENTAZIONE DEL PATRIMONIO

<i>Alfonso Ippolito, Martina Attenni, Carlo Inglese, Simone Russo</i> RILIEVO, MISURA E QUALITÀ. QUESTIONI SUL METODO	32
<i>M. Centofanti, S. Brusaporci, P. Maiezza</i> TRA "HISTORICALBIM" ED "HERITAGEBIM": BUILDING INFORMATION MODELING PER LA DOCUMENTAZIONE DEI BENI ARCHITETTONICI.	42
<i>P. Tunzi</i> LA FOTOMODELLAZIONE PER DOCUMENTARE IL PATRIMONIO STORICO. THE IMAGIN BASED TO DOCUMENT THE HISTORICAL HERITAGE.	52
<i>E. Chiavoni</i> IL DISEGNO PER LA VALORIZZAZIONE DELLA CITTÀ. UN PROGETTO PER ROMA DI WILLIAM KENTRIDGE.	62
<i>N. Bruno, R. Roncella, M. Santise, C. Vernizzi, A. Zerbi</i> INTEGRATED SURVEY FOR ARCHITECTURAL RESTORATION: A METHODOLOGICAL APPROACH IN THE CASE STUDY OF CODIPONTE (MS).	68
<i>E. Asenjo Rubio</i> LA REUTILIZACIÓN DEL ANTIGUO CONVENTO DE LA TRINIDAD DE MÁLAGA COMO PARQUE DE LOS CUENTOS. ESTUDIO HISTÓRICO DOCUMENTAL DE SUS INTERVENCIONES.	78
<i>A. Carolina Bierrenbac</i> ESTRATEGIAS PARA LA DOCUMENTACIÓN DE LAS ARQUITECTURAS MODERNAS DE SALVADOR – EL ARCHIVO DEL DOCOMOMO-BAHIA.	88
<i>M. Bigongiari</i> LA CATTEDRALE DI SASAMON: ANALISI DIAGNOSTICHE E RILIEVO STRUTTURALE PRELIMINARI AL PROGETTO DI CONSOLIDAMENTO.	98

<i>B. Barrio Rodríguez</i> LA CIUDAD DE ZAMORA. TERRITORIO, DEFENSA Y EVOLUCIÓN DE SUS SISTEMAS CONSTRUCTIVOS.	108
<i>K. Mezenina, J. Bushmakova</i> TRACES OF THE PAST IN A COMPLEXITY OF THE PRESENT: CENSUS OF USOLYE ARCHITECTURAL COMPLEX.	118
<i>M. Bostenaru Dan</i> PIONEER WOMEN IN ARCHITECTURE.	126
<i>C. Galli, M. Greco</i> RESTAURO E APPLICAZIONI INFORMATICHE. LA GESTIONE DIGITALE DELLA COMMESSA PER LA DOCUMENTAZIONE E IL MIGLIORAMENTO DELLA QUALITÀ DEGLI INTERVENTI DI CONSERVAZIONE DELLE SUPERFICI ARCHITETTONICHE.	136
<i>M. Vidal Rocío</i> CONSTRCCIÓN DE BÓVEDAS MEDIEVALES: ANÁLISIS Y COMPARACIÓN DE LAS DISTINTAS METODOLOGÍAS DE MEDICIÓN, INTERPRETACIÓN Y PLETAMIENTO DE HIPÓTESIS.	148
<i>V. Campani, G. Berti, M. Tanganelli, S. Viti</i> VALUTAZIONE DEL COMPORTAMENTO STRUTTURALE DELL'ACQUEDOTTO MONUMENTALE DI LUCCA, TEMPIETTO DI SAN CONCORDIO.	158
<i>G. Pancani</i> SCUOLA A PONTEDERA, IL RILIEVO PER L'ANALISI STATICA DELL'EDIFICIO.	168
<i>M. Bercigli</i> STRATEGIE DI RILIEVO PER LA DOCUMENTAZIONE DI VIA PALAZZUOLO A FIRENZE.	176
<i>A. Basso</i> IL RIUSO VIRTUALE DEGLI EDIFICI, RIVIVERE IL REALE CON LO STRUMENTO DIGITALE.	182
<i>S. Parrinello, S. Porzilli</i> RILIEVO LASER SCANNER 3D PER L'ANALISI MORFOLOGICA E IL MONITORAGGIO STRUTTURALE DI ALCUNI AMBIENTI DEGLI UFFIZI A FIRENZE.	188
<i>V. Bagnolo, A. Pirinu</i> LA FOSSA DI SAN GUGLIELMO A CAGLIARI. METODOLOGIE DI LETTURA PER IL RECUPERO E LA VALORIZZAZIONE DEL PAESAGGIO URBANO.	198
<i>D. Gambini, R. Mario Azzara, M. Tanganelli, S. Viti</i> STRUMENTI DI GESTIONE DI AREE URBANE COMPLESSE: APPLICAZIONE AD UN CASO STUDIO.	208
<i>R. Catuogno, D. De Crescenzo, A. di Luggo</i> IL RILIEVO COME STRUMENTO PER LA CONOSCENZA E LA VALORIZZAZIONE DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO A CARATTERE RELIGIOSO DI NAPOLI .	218
<i>M. Pugnaletto, C. Paolini, M. Fulvimari</i> L'EDILIZIA DEI MANICOMI, CONOSCENZA E RECUPERO: IL CASO DEL MANICOMIO PROVINCIALE A L'AQUILA.	226
<i>F. Picchio, P. Becherini</i> SISTEMI DI ANALISI E METODOLOGIE DI RILIEVO INTEGRATO PER LA DOCUMENTAZIONE DELL'OLTREPÒ PAVESE: IL TERRITORIO COMUNALE DI BARBIANELLO.	240
<i>P. Becherini, R. De Marco</i> ESPERIENZE DI RILIEVO INTEGRATO NELLA FABBRICA DELLA CERTOSA DI PAVIA.	252

AREA TEMATICA 2
STRATEGIE E METODOLOGIE PER IL RESTAURO E LA
CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO

<i>A. Guida, A. Pagliuca, V. D. Porcari</i> APPROCCIO METODOLOGICO PER LA CONOSCENZA DELLE APPARECCHIATURE MURARIE IN ARCHITETTURE STORICHE: IL CASO DI PALAZZO ZICARI DI MATERA.	274
<i>G. Acampa, M. T. Campisi, I. Zarbo</i> FRA CONSERVAZIONE E RIUSO: STRUMENTI DI VALUTAZIONE PER UNA PROGETTAZIONE CRITICA.	284
<i>A. Mondello</i> UNA RICERCA A SUPPORTO DEL METODO EMPIRICO SPERIMENTALE PER LO STUDIO DELLE TORRI CAMPANARIE IN SICILIA ORIENTALE E IN CASTILLA Y LEÓN.	294
<i>L. Jurina</i> LA "TORRE NELLA TORRE": DUE CASI DI CONSOLIDAMENTO A PAVIA.	304
<i>S. Van Riel</i> IL RECUPERO, LA VALORIZZAZIONE E IL RE-USO NEI CENTRI STORICI E L'ESEMPIO APPLICATIVO SUL TESSUTO ANTICO DI FICARRA (ME).	312
<i>S. Panelli, V. Cinieri, G. Lupo, E. Capelli</i> POTENZIALITÀ DELLA METAGENOMICA NELLA DIAGNOSTICA PER LA CONSERVAZIONE DEI BENI CULTURALI.	322
<i>L. Puccini</i> LA FRUIZIONE DEL CENTRO STORICO DI PONTREMOLI: PROPOSTA DI RESTAURO.	332
<i>S. Avukatoğlu Kalle, K. Kutgün Eyüpgiller</i> DETERMINING THE PRINCIPLES FOR DOCUMENTATION AND STRUCTURAL ANALYSIS OF HISTORICAL MINARETS, AND DETERMINATION OF CAUSES OF DAMAGES AND RESTORATION.	340
<i>L. Jurina, E. O. Radaelli</i> MESSA IN SICUREZZA PROVVISORIA DEGLI EDIFICI A RISCHIO DI CROLLO.	350
<i>E. Coisson, S. Tonna</i> RISARCIRE IL DANNO, RITROVARE UN SIMBOLO: IL PONTE E LA ROCCA DI CODIPONTE IN LUNIGIANA.	358
<i>R. Sabelli</i> LA CASA COMUNE DI FIESOLE: TRASFORMAZIONI NELLA STORIA PER IL RIUSO.	368
<i>F. Pisani</i> LA CASA DEL MUTILATO DI LECCE, INDAGINI PER LA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ STRUTTURALE.	378
<i>S. Onat Hattap</i> METHODS OF ASSESSMENT FOR RESTORATION OF HISTORIC KAYAKÖY (KARMYLASSOS).	386

<i>V. Cinieri, M. Morandotti, M. Setti, E. Zamperini</i> ANALISI E CONSERVAZIONE DEL PATRIMONIO ARCHEOLOGICO DI KINIK HÖYÜK.	392
<i>E. Lomoschitz Mora-Figueroa</i> CONVENTO DE LAS AGUSTINAS RECOLETAS.	402
<i>F. Festuccia</i> IL RESTAURO DELLA BASILICA DELLA MADONNA DELLA QUERCIA.	414
<i>C. Chiara Iacovella, L. Elicio, D. Galeota</i> CONSOLIDAMENTO CRITICO E NUOVE TECNOLOGIE NEL RESTAURO POST-SISMA. PROPOSTE PER L'INTERVENTO SULL'EX CONVENTO DI S. TERESA A L'AQUILA.	422
<i>N. Ieksarova, V. Yeksarov</i> ADAPTIVE REUSE OF THE MARITIME HERITAGE. METHODOLOGICAL ASPECTS OF THE JOINT TRAINING OF MASTERS OF THE SCHOOLS OF ARCHITECTURE OF MARSEILLE AND ODESSA.	432
<i>V. Cinieri, M. C. Reguzzi, E. Zamperini</i> CONSERVATION OF TIMBER ELEMENTS OF ITALIAN TRADITIONAL BUILDING: AN OWNERS' VADEMECUM FOR BIOTIC DECAY PREVENTION.	440
<i>L. Menegatti</i> UN PERCORSO DI VISITA INTERATTIVO NELLA BASILICA DI SANTA PUDENZIANA A ROMA.	450
<i>M. Lusoli, P. Bongiovì</i> LA VALORIZZAZIONE E LA FRUIZIONE DI UN PARCO STORICO: DALLA CONOSCENZA AL PIANO DI MANUTENZIONE.	460
<i>B. Billeci, M. Dessì</i> DOCUMENTARE E PROGRAMMARE LA CONSERVAZIONE A SCALA TERRITORIALE. UN DATABASE PER LA PIANIFICAZIONE DELLA TUTELA DELLE CHIESE IN SARDEGNA (ITALIA).	470
<i>L. Blotto:</i> LE COOPERATIVE VINICOLE DEL VAR: ARCHITETTURA E STRATEGIE PER LA VALORIZZAZIONE.	480
<i>G. Cardani, R. Pizzoli</i> IL VALORE DEL RIUSO DELLE ANTICHE STRUTTURE CARCERARIE: IL CARCERE AUSTRIACO DI BUSTO ARSIZIO (VA).	490
<i>J. Manuel Medina del Rio</i> TIPOS DE LUZ GOTICA DE LAS CATEDRALES ESPANOLAS	498
<i>L. Galli</i> RIUSO: UNO STATUTO SPECIALE PER IL RESTAURO?	510
<i>R. Pizzoli, E. Gardi, G. Rossi</i> RECUPERO E RIUSO DELLE ANTICHE STRUTTURE RELIGIOSE.	514
<i>S. Carbut, R. Pizzoli</i> LA RISCOPERTA E RIPROPOSIZIONE DELLE TECNICHE TRADIZIONALI LA NUOVA PROGETTAZIONE INTESA COME UN ULTERIORE ANELLO DELLA STORIA DI UN EDIFICIO: IL CASO STUDIO DI CASA CANAVESI-BOSSI A BUSTO ARSIZIO (VA).	522

<i>L. Giorgetti</i> "SALIRÒ, SALIRÒ...". IPOTESI DI RIUSO PER IL POZZO PIEZOMETRICO DISMESSO DEL CORFINO IN GARFAGNANA.	530
<i>F. Capriolo</i> LA RESIDENZA PATRIZIA DEI CONTI OCCELLI IN NICHELINO.	540
<i>F. Novelli</i> SE LA CHIESA CAMBIA COLORE. TEMI DI CONSERVAZIONE DELLE FACCIATE DELLE CATTEDRALI.	550
<i>I. Fernández Plazaola, Q. Angulo Ibáñez, Quiteria, F. J. Sanchis Sampedro, A. Rossi</i> CONSOLIDACIÓN Y REÚSO DEL COBERTIZO DEL MOLL DE COSTA DE PORTCASTELLÓ.	558
<i>P. A Cruz Franco, A. Rueda Márquez de la Plata</i> ANÁLIS CONSTRUCTIVO DEL MÓDULO Y LA BÓVEDA DE ROSCA EN LAS EDIFICACIONES PALACIEGAS DE LA CIUDAD DE CÁCERES.	564
<i>G. Minutoli</i> THE KITCHENS OF THE ROYAL PALACE OF MADRID , HISTORY AND NEW MUSEUM DISPLAY	570

AREA TEMATICA 3 STRATEGIE PER LA COMPATIBILITÀ DEGLI INTERVENTI

<i>L. G. Felice Cannas</i> STRATEGIE PER LA COMPATIBILITÀ DEGLI INTERVENTI: IL CASO DEL CENTRO STORICO DI SANTIAGO DE COMPOSTELA.	582
<i>M. Galizia, C.Santagati, V. Ficicchia</i> IL RILIEVO PER IL PROGETTO SOSTENIBILE: UN GIARDINO URBANO PER COMUNICARE E VALORIZZARE LE CATACOMBE DI SAN GIOVANNI A SIRACUSA.	592
<i>R. M. Dal Mas</i> IL PROGETTO DELLA SCALA NELLA RIFUNZIONALIZZAZIONE DELLO SPAZIO STORICO: IL PALAZZO 'CREPADONA' A BELLUNO.	600
<i>T. Miranda, J. Anaya, A. García Santos</i> REUSE OF ORIGINAL BUILDING MATERIALS IN THE HOUSING REHABILITATION IN THE LATE 19TH CENTURY OF THE MADRID'S ARCHITECTURE.	610
<i>S. Caccia Gherardini</i> THE "ANCIENT DUOMO OF PISA". FROM THE RESTORATION OF SANPAOLESI TO THE EVALUATION AND MONITORING OF ITS RESTORATION TECHNIQUES	620
<i>A. Savorelli</i> LA FABBRICA DELLE CANDELE A FORLÌ. UN'OFFICINA MECCANICA DISMESSA NEI LUOGHI DEGLI ANTICHI ORTI DEL CONVENTO DI S. CATERINA TRASFORMATA IN CENTRO DI AGGREGAZIONE GIOVANILE.	628
<i>V. Antigüedad-García, J.Anaya-Díaz</i> GREAT SPAN STRUCTURES IN NORTH AMERICA IN 1950'S AND THE BRILLIANT COLLABORATION OF EUROPE. THE REUSE OF HANGARS SOLUTIONS.	638

<i>S. Cascone, G. Sciuto</i> RECUPERO E RIUSO DI EDIFICI DISMESSI DA DESTINARE A RESIDENZE UNIVERSITARIE. UN CASO DI STUDIO A CATANIA.	646
<i>M. Pavlović</i> REUSE OF BASTION COMPLEX – PROJECT FOR SAHAT AND BAROQUE GATE IN BELGRADE FORTRESS.	656
<i>A. Guida, I. Mecca, C. Nuccorini</i> L'ARCHITETTURA DELL'INDUSTRIA MOLITORIA TRA CONOSCENZA E CONSERVAZIONE.	664
<i>M. Locatelli</i> EXISTING SCHOOLS BUILDINGS AND RENEWAL STRATEGIES: IMPROVING EXISTING STRUCTURE FOR TEACHING.	674
<i>A. Versaci, A. Cardaci, L. R. Fauzia</i> ACCESSIBILITÀ E RIUSO DI UN'ARCHITETTURA FORTIFICATA: IL CASTELLO DI LOMBARDIA A ENNA TRA CONOSCENZA E CONSERVAZIONE.	684
<i>A. Guida, I. Mecca, G. Damone, V. Scarano</i> RECUPERO E TRASFORMAZIONE DELLA MASSERIA GIORDANO A ROCCANOVA (BASILICATA): DA AZIENDA AGRICOLA A 'CATTEDRALE DEL VINO'.	694
<i>F. Farneti</i> IL RIUSO MUSEALE DI UNA RESIDENZA STORICA: PALAZZO GALEOTTI A PESCIA.	702
<i>A. Di Paola, A. Ferrante</i> RESTAURO E RIDEFINIZIONE FUNZIONALE DI UN'ARCHITETTURA CONTEMPORANEA: IL MUSEO DELLE NAVI ROMANE DI NEMI (RM).	710
<i>S. Gron, M. Pellegrini</i> L'OGGETTO POVEGLIA, OPPORTUNITÀ DI UN'INDAGINE.	720
<i>I. Macaione, A. Ippolito, E. Anello</i> CROSS PHENOMENA-THE NATURE_CITY. THE CASE OF MATERA.	730
<i>E. Currà, V. La Chioma, E. Leggieri, M. Nettekoven, M. Russo, L. Severi, A. Spadoni</i> IL RECUPERO DEI MANUFATTI RURALI DEL SALTO CICOLANO.	736
<i>M. Zordan, F. Fragnoli</i> CONSERVAZIONE E RECUPERO DI DUE EDIFICI PARADIGMATICI A CASSINO: IL PALAZZO DI GIUSTIZIA E L'EDIFICIO POSTALE.	748
<i>C. Vincenza Manfredi</i> DAI MAGAZZINI BOCCONI (1885) A PALAZZO ZARA (2010): IL PROGETTO DI RIUSO DI UN GRANDE MAGAZZINO.	758
<i>E. Maggiani, F. Borghini</i> ISOLA PALMARIA: PREMESSE PER UN RIUSO TRA PROSPETTIVE E CRITICITÀ.	768
<i>R. Lione, F. Minutoli</i> L'USO-DISUSO CONSAPEVOLE DELLE RISORSE NEL CANTIERE EDILE.	778

<i>M. J. Żychowska, A. Białkiewicz</i> MODERN ARCHITECTURE AND NEW IMAGE OF DEGRADED NEIGHBORHOOD.	788
<i>D. Besana</i> LA FATTIBILITÀ TECNICO-COSTRUTTIVA NEL RIUSO DELL'ESISTENTE.	794
<i>A. Tarim, U. Fatih Küçükali</i> ANALYSIS OF USABILITY OF WOOD MATERIALS IN ECOLOGICAL ARCHITECTURE.	804
<i>E. Zapatero-Rodríguez</i> NEW ARCHITECTURES IN THE CONSOLIDATION OF HISTORIC MASONRY WALLS.	814
<i>R. García Quesada, F. Javier Martínez de Irureta</i> LITTLE ABOUT NOTHING AND GOOD ACOUSTIC BEHAVIOR.	820
<i>A. G. Loforese, A. Pagliuca</i> ARCHITETTURE RUPESTRI BIOCLIMATICHE, FONTE DI ENERGIA GEOTERMICA.	826
<i>E. O. Mahmoud Raslan</i> CONSIDERATION OF CLIMATE CONDITIONS IN CONSERVATION PROJECTS: "COMPARISON BETWEEN CONSERVATION PROJECTS IN EUROPE AND CONSERVATION PROJECTS IN EGYPT".	836

AREA TEMATICA 4 RICOMPORRE L'ARCHITETTURA: APPROCCI TEORICI E PRO- GETTUALI PER IL RIUSO DEGLI EDIFICI

<i>C. Burgos Vargas</i> REHABITAR EL ICONO. BATTERSEA POP CENTRE. UN NUEVO USO PARA LA BATTERSEA POWER STATION DE LONDRES.	848
<i>J. Gruszczyńska</i> ARE RECONSTRUCTION, REDEVELOPMENT AND FUNCTIONAL CHANGES A CHANCE FOR 'SURVIVAL' OF BUILDINGS FROM INDUSTRIAL ERA?	854
<i>M. Mattone</i> IL RIUSO DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO DELL'OLIVETTI A IVREA TRA ISTANZE CONSERVATIVE E ADEGUAMENTI FUNZIONALI E PRESTAZIONALI.	866
<i>C. Verazzo</i> MEMORIA E INNOVAZIONE. ALCUNE RIFLESSIONI SUL PATRIMONIO INDUSTRIALE IN ABRUZZO.	874
<i>A. Versaci</i> LES HALLES: IL NUOVO CUORE DELL'ANTICA PARIGI? UNA RIFLESSIONE SUL RUOLO DELL'ARCHITETTURA CONTEMPORANEA NELLA CITTÀ STORICA.	884
<i>G. Mondaini, C. Tombolini</i> RICOMPOSIZIONI CONTEMPORANEE: PROPOSTA DI VALORIZZAZIONE ARCHITETTONICA E PROGRAMMATICA DELL'EX COMPLESSO MONASTICO DI S. FRANCESCO AD ALTO AD ANCONA.	894

<i>C. Palestini</i> I MERCATI COPERTI PER IL RIUSO E LA RIQUALIFICAZIONE DI SPAZI PUBBLICI.	902
<i>M. Palma Crespo</i> LA RECUPERACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO PARA VIVIENDAS SOCIALES.	912
<i>M. R. Vitale, S. Colletta</i> IL RESTAURO DI UNA ROVINA. ANALISI COSTRUTTIVA E PROPOSTE DI RIUSO PER LA CHIESA DI S. ANNA A PIAZZA ARMERINA.	922
<i>E. Di Maggio</i> IL TEATRO DI NICOSIA. PROGETTAZIONE SU PREESISTENZE FRA COMPATIBILITÀ E (POTENZIALE) REVERSIBILITÀ.	932
<i>J. Garcia Sentamans, C. Lozano Carrió, J. Linares Millán, M. J. Ramírez Blanco</i> GÉNESIS DE LA TIPOLOGÍA BASILICAL. PRIMEROS TRAZOS DE LA ARQUITECTURA GÓTICA VALENCIANA EN EL NORTE DE MESOPOTAMIA.	942
<i>M. Pivetta, G. Razzolini, D. Lucia</i> REHABILITATION OF MAQUAM EN-NABI MUSA COMPLEX.	950
<i>A. Monaco</i> PATRIMONIO STORICO E ARCHITETTURA MODERNA: PROGETTI PER LE TORRI COSTIERE DELL'ISOLA D'ISCHIA.	960
<i>D. López Bragado, V.A. Lafuente Sánchez</i> EL PROCESO DE REVALORIZACIÓN PATRIMONIAL DEL RECINTO AMURALLADO DE ZAMORA EN LOS ÚLTIMOS CUARENTA AÑOS.	968
<i>B. Canonaco, F. Bilotta, F. Castiglione, F. Molezzi</i> CRITERI METODOLOGICI PER LA VALORIZZAZIONE E RIFUNZIONALIZZAZIONE DEI BENI CULTURALI: DUE APPLICAZIONI	978
<i>R. Vecchiattini, M. D'Andrea, E. Serpe, A. Schiappapietra</i> CONOSCENZA E VISITABILITÀ: IL PROGETTO DI RESTAURO DEL CAMPANILE DI SANTA MARIA DELLE VIGNE A GENOVA.	988
<i>C.M. Armenta García, L. Royo Naranjo:</i> LA TURISTIZACIÓN DE LOS CENTROS HISTÓRICOS Y SU PROTECCIÓN PATRIMONIAL. EL CASO DE LA CARRERA DEL DARRO DE GRANADA.	998
<i>F. Colmenero Fonseca, V. Ordaz Zubia</i> TRANSFORMACIÓN DE LA ANTIGUA HACIENDA DE CERVERA Y REUTILIZACIÓN DE LOS ESPACIOS EN GUANAJUATO, GTO.	1008
<i>L. Palmero Iglesias, G. Bernardo</i> HOTEL LAS ARENAS BALNEARIO RESORT: DEL USO POPULAR AL REUSO EXCLUSIVO.	1016
<i>E. Giaccari, J.C. Lesuisse</i> I TRULLI E IL PAESAGGIO CARSICO DELLA VALLE D'ITRIA STRATEGIE PER LA TUTELA E LA VALORIZZAZIONE.	1026
<i>F. Calabrese</i> IL RIUSO COME STRUMENTO DIALETTICO TRA INVENZIONE E MEMORIA.	1038

<i>F. Turri</i> DISMISSIONE E RECUPERO DEI BENI MILITARI: LE CASERME.	1048
<i>S. Bertocci, M. Ricciarini</i> IMPIANTISTICA SPORTIVA IN TOSCANA. IL RILIEVO COME STRUMENTO DI CONOSCENZA DELLE CARENZE STRUTTURALI DEGLI IMPIANTI SPORTIVI PER ATTIVARE UN PROCESSO DI VALORIZZAZIONE E RECUPERO.	1054
<i>C. Berizzi, R. Olivadese</i> THE REUSE INTO HOUSING IN ITALY: COMPARISON BETWEEN ITALIA AND INTERNATIONAL CASES FOR THE INNOVATION OF HOUSING MODELS.	1066
<i>F. Tosetto</i> IL REFERTO COME STRUMENTO DI IMMAGINAZIONE.	1076
<i>C. Bellanca, S. M. Alonso-Muñozoyerro</i> REFLEXIONS ABOUT RESTORATION AND USE (REUSO).	1084
<i>S. Marini</i> RITROVAMENTI, POST-PRODUZIONI, SOVRASCRITTURE	1090
<i>E. Pietrogrande</i> OSSERVAZIONI SUL NON FINITO NEL RECUPERO IN ARCHITETTURA.	1098
<i>L. Napoleone</i> CONSERVAZIONE DELL'ARCHITETTURA E CONSERVAZIONE DELL'ATMOSFERA: SULLA POSSIBILITÀ DI UN RECUPERO DEL PUNTO DI VISTA ESTETICO.	1106
<i>G. Burgio, S. Galfo</i> RIUSARE L'ARCHITETTURA: UNA FORMA DI BRICOLAGE SPAZIALE.	1116
<i>E. Garda, M. Mangosio, I. Murenu</i> NO MAN'S LAND. WHAT FUTURE FOR THE FORMER MILITARY AREAS?	1126
<i>N. Vieira de Andrade Junior</i> ESTRATEGIAS PROYECTUALES PARA LA REUTILIZACIÓN DEL PATRIMONIO ARQUITECTÓNICO: EXPERIENCIAS CONTEMPORÁNEAS LATINOAMERICANAS.	1136
<i>E. Rosmini, M. Argenti</i> CINQUANT'ANNI DI WESTBETH ARTIST COMMUNITY. RIUSO, PATRIMONIO INDUSTRIALE E VITA PARTECIPATIVA.	1148
<i>C. Berizzi, D. Marino</i> THE SPACE OF MEMORY. THE RELATION BETWEEN HISTORY, CONTEXT AND IDENTITY IN THE REUSE OF BERLIN PUBLIC SPACES	1158
<i>V. Moschetti</i> SENSATE ESPERIENZE_ RISCrittURA DI UN MERCATO NELLA CITTÀ VECCHIA DI TARANTO.	1168
<i>M. Della Rocca</i> THE COURTHOUSE AND PRISON COMPLEX IN TRENTO: AN ARCHITECTURE TO REUSE	1176
<i>M. Gallo, E. Garda, M. Mangosio</i> URBAN ACUPUNCTURE. REFLECTIONS ON ABANDONED INDUSTRIAL SITES IN TURIN.	1186
<i>L. Manzi</i> LA MISURA PICCOLA DELL'ARCHITETTURA RURALE A CARATTERE SACRO. SOVRASCRITTURE NEL PAESAGGIO DELL'ABBANDONO EMILIANO.	1196

<i>D. Concas</i> RISCALDARE GLI EDIFICI-CHIESE: COMFORT VS CONSERVAZIONE.	1204
<i>L. Floriano</i> PROGETTO DI RIQUALIFICAZIONE FUNZIONALE DELLA CHIESA DI SANTA SOFIA DEI TAVERNIERI A PALERMO.	1216
<i>M. Montanari, C. Berizzi, S. Maggi</i> THE SPACE OF MEMORY. THE RELATION BETWEEN HISTORY, CONTEXT AND IDENTITY IN THE REUSE OF BERLIN PUBLIC SPACES.	1226

AREA TEMATICA 5
STRUMENTI INNOVATIVI PER LA TUTELA E LA VALORIZZAZIONE DEI SISTEMI INSEDIATIVI

<i>A. Còccioli Mastroviti</i> STRUMENTI PER LA TUTELA E LA VALORIZZAZIONE DEI SISTEMI INSEDIATIVI STORICI: IL VINCOLO PAESAGGISTICO NELLA VAL TREBBIA.	1238
<i>A. R. Petroselli, M. Ioannilli</i> L'ANALISI MORFOTIPOLOGICA DELLO SPAZIO URBANO A SUPPORTO DELLA FORMULAZIONE DI POLITICHE DIFFUSE DI RIQUALIFICAZIONE.	1246
<i>A. Pugliano</i> LA VALORIZZAZIONE DEL PAESAGGIO CULTURALE ITALIANO.	1256
<i>F. Pugnaroni, C. Carlorosi, H. Tran Trung</i> TRANSFORMATIONS OF HISTORICAL URBAN LANDSCAPE AND PROCESSES OF HERITAGE OBJECTS. A CASE BETWEEN EAST AND WEST.	1266
<i>D. Fondi, F. Colonnese</i> STRUMENTI INNOVATIVI PER LA VALORIZZAZIONE DEI SISTEMI INSEDIATIVI. VIRTUAL HERITAGE VISUALIZATION NEL PROGETTO DI SMART CITY PER SANTA MARIA DELLA PIETÀ A ROMA.	1276
<i>R. De Lotto, G. Esopi, V. Gazzola, C. Morelli di Popolo, S. Sturla, E. M. Venco</i> METODO DI INTERVENTO PER LA RIGENERAZIONE DEGLI SPAZI APERTI IN CONTESTI STORICI.	1286
<i>F. De Matteis, S. Salvo, L. Reale</i> SPAZI E CONTESTI DELLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA E DEL RESTAURO OGGI. I QUARTIERI ROMANI DEL NOVECENTO.	1292
<i>C. Aghemo, A. Dameri, A. Paragamyran, R. Taraglio, L. Valetti</i> UN PROGETTO DI LUCE TRA CONOSCENZA E VALORIZZAZIONE: IL QUARTIERE EUR DI ROMA.	1298
<i>E. Varini, E. Turini, G. Brancucci, E. Garda, I. Vagge</i> LA RIQUALIFICAZIONE DELLE ATTIVITÀ ESTRATTIVE DISMESSE NELLA VALLE DEL RIO DELLA ROCCA (RE): UN PROGETTO TRA FRUIZIONE E CONSERVAZIONE.	1308
<i>T. Panzavolta, F. Croci, M. Bracalini, G. Galipò, F. G. Tellini, R. Tiberi</i> PROPOSTE DI INTERVENTO PER IL RECUPERO DI AREE BOSCHIVE DANNEGGIATE DA EVENTI METEORICI STRAORDINARI NELLA FORESTA DI VALLOMBROSA	1318
<i>E. Giorgi</i> CO-REUSE: A BIDIRECTIONAL RELATION OF SUSTAINABILITY BETWEEN REUSE INTERVENTIONS AND COMMUNITARIAN PARTICIPATION.	1326

<i>A. Álvarez Mora</i> HIPÓTESIS VERIFICADAS RELATIVAS AL COMPORTAMIENTO DE LOS CONJUNTOS HISTÓRICOS EN ESPAÑA.	1336
<i>R. Bonutto, E. Mazza, D. T. Ferrando, I. Vagge</i> VALLECAS 2048. SCENARI PER LA RIQUALIFICAZIONE DI UN QUARTIERE PERIFERICO MADRILENO.	1346
<i>G. Pastor, F. Marchionni, L. Torres, A. Sella.</i> (RE)DESCUBRIENDO EL PAISAJE LATINOAMERICANO. APORTES PARA EL DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE HERRAMIENTAS INNOVADORAS DE CATALOGACIÓN.	1356
<i>J. Sroczynska</i> PROMOTION TROUGH REVITALISATION –ŁÓDŹ CASE.	1368
<i>N. Fabris</i> LE GRANGE VERCELLESI E LE SUE CASCINE.	1378
<i>E. Romeo, E. Morezzi, R. Rudiero</i> IL PATRIMONIO ARCHEOLOGICO TRA TERREMOTI E RESTAURI. CONSERVAZIONE E VALORIZZAZIONE DEI PAESAGGI SISMICI.	1386
<i>M.D. Robador González, I. Mancera Cabeza,</i> LUZ Y COLOR EN EL PAISAJE DE PLAZAS DE SEVILLA.	1398
<i>T. Cattaneo</i> RE-URBANIZATION, RE-USE AND RE-GENERATION IN SHANGHAI.	1408
<i>R. De Lotto; G. Esopi; V. Gazzola; C. Morelli di Popolo; S.Sturla; E. Maria Venco</i> CONNECTIONS INSIDE URBAN CONTEXT TO CULTURAL HERITAGE ENHANCEMENT.	1418
<i>R. H. Vieira Santos</i> LARGO DO ROSÁRIO: PARTE DEL PRIMO INTERVENTO URBANO MODERNO DELLA CITTÀ DI SÃO PAULO.	1430
<i>L. Huang, W. Gan</i> TRADITIONAL SETTLEMENT EVOLUTION UNDER CHINESE CONTEXT: CASE STUDY OF PENGJIA ZHAI.	1436
<i>T Fang, Y Lei</i> TRADITIONAL SETTLEMENTS AND HOUSE PRESERVATION, ACTIVATION AND REUSING PLANNING AND DESIGN OF LANGDAO TRIBE. 2011“LANYU DESIGN CAMP” IN TAIWAN.	1442

LA CATTEDRALE DI SASAMON: ANALISI DIAGNOSTICHE E RILIEVO STRUTTURALE PRELIMINARI AL PROGETTO DI CONSOLIDAMENTO

Matteo Bigongiari¹

¹Università degli Studi di Firenze – DIDA, Dipartimento di Architettura

ABSTRACT

The objective of the text, presented here, is to describe a methodology that, starting from a complete 3D laser scanner survey, integrates the diagnostic and structural investigations on the building in the analysis, in view of the consolidation project. The Cathedral of Santa Maria La Real in Sasamon allows you to retrace the entire process applied to a monumental building from the results of the archaeological analysis to the deformation analysis, which are closely related. At last structural survey stands as a necessary tool to the designer to draw up the consolidation project, providing all relevant information to the structural calculation and at the same time showing how it has evolved over the years in the province of Burgos the concept of restoration.

KEYWORDS

Laser Scanner, structural survey, diagnostic analysis, deformation analysis, Cathedral.

1. Introduzione

Il progetto di ricerca interdisciplinare tra l'Università degli studi di Firenze e l'Università Politecnica di Madrid dal titolo "complessi religiosi e sistemi difensivi sul Cammino di Santiago di Compostela" ha preso in esame come primo oggetto di studio la Cattedrale di Santa Maria La Real di Sasamon, situata nel borgo omonimo a 40 km da Burgos lungo la via di pellegrinaggio che porta dai Pirenei a Santiago de Compostela¹.

All'interno del gruppo di lavoro, durante il periodo di sviluppo della ricerca (2014 -2015) il presente testo costituisce un resoconto delle attività di analisi e diagnostica che sono state sviluppate successivamente alla acquisizione e restituzione del rilievo laser scanner 3D², documento fondamentale per intraprendere il percorso conoscitivo di un edificio articolato come quello oggetto delle presenti analisi. Il rilievo è stato adeguatamente integrato con le informazioni derivanti dai fotogrammi e dalle indagini archeologiche e, successivamente, è stata posta attenzione in particolare alle analisi diagnostiche e al rilievo strutturale

dell'edificio, in modo da completare lo studio con le informazioni necessarie al progettista per intraprendere un progetto di restauro e consolidamento.

2. Considerazioni sull'evoluzione dell'edificio

I risultati dell'analisi archeologica³, necessaria allo studio del comportamento statico del manufatto, hanno evidenziato perlomeno sei i periodi costruttivi, ognuno di questi caratterizzato da una o più fasi che hanno portato a modificare, per cause strutturali o per volontà delle committenze, la struttura stessa nel corso del tempo.

Il primo periodo corrisponde probabilmente all'impianto romanico dell'edificio, comunque anteriore al XIII secolo; a causa della rara presenza di sistemi costruttivi in fase e dell'attuale assenza di fonti scritte risulta complessa la sua identificazione. In questo periodo è ipotizzabile che la struttura fosse più bassa dell'attuale mantenendo un assetto orientato ad ovest con la facciata principale "a capanna" e con la presenza del campanile ubicato nello stesso punto dell'attuale.

Il secondo periodo, di chiaro stile gotico, sembra invece caratterizzato da due o più fasi costruttive che testimoniano numerosi lavori di restauro ed ampliamento della cattedrale, sia in occupazione planimetrica che in elevato, in linea con la crescente importanza che l'edificio probabilmente assunse dal XIII secolo. Fra le trasformazioni più evidenti, condotte a più riprese, si possono annoverare la costruzione del transetto, che modifica la struttura interna della cattedrale, ed il rialzamento del campanile e della navata centrale con la costruzione di numerosi archi rampanti collegati ai prospetti esterni sud e nord della chiesa. In questo caso la lettura stratigrafica e l'analisi di alcuni sistemi costruttivi (tecniche costruttive murarie e delle aperture, archi rampanti, elementi decorativi e contrafforti) si impongono come tracce piuttosto importanti del riassetto dell'edificio.

Il terzo periodo costruttivo si pone cronologicamente tra il XIV e l'inizio del XV secolo e si caratterizza principalmente con un ulteriore ampliamento della chiesa e la costruzione del chiostro e degli ambienti nel cortile nord.

Il quarto periodo costruttivo è collocabile alla fine del XV e al XVI secolo e appare caratterizzato dalla costruzione delle cappelle sul lato sud della chiesa, le quali, sfruttando murature preesistenti, portano ad un'ulteriore ridefinizione degli spazi e degli elementi interni ed esterni. Si assiste in questo periodo ad un reimpiego piuttosto importante di materiale costruttivo e decorativo di secondo periodo, in particolare nel prospetto esterno sud dove alcuni elementi gotici vengono decontestualizzati per divenire sistemi decorativo-strutturali inseriti nella muratura.

Il quinto periodo costruttivo è cronologicamente attribuibile all'età moderna (XVIII-XIX secolo), quando la chiesa sembra modificarsi all'interno e all'esterno per restauri volti alla conservazione e al parziale ampliamento del complesso.

Il XX secolo rappresenta l'ultimo periodo costruttivo, composto da una serie di fasi che comprendono, dopo l'incendio del complesso avvenuto all'inizio del secolo; le ricostruzioni di buona parte della navata nord e del chiostro, operate nel corso degli anni Sessanta, rappresentano gli elementi più evidenti di questa ultima fase.

3. *Analisi dei dissesti e delle deformazioni*

Una corretta analisi stratigrafica è propedeutica allo studio del comportamento statico di un

edificio storico; per comprendere il funzionamento strutturale di un monumento quale la cattedrale di Sasamón, il primo passo è ricostruire lo schema di trasmissione delle forze pertinenti al modello originale progettato alcuni secoli addietro.

Le varie trasformazioni subite dal manufatto nel corso del tempo sono probabilmente andate ad intaccare il modello strutturale iniziale del fabbricato, provocandone un diverso comportamento agli sforzi.

Queste modifiche possono far sì che alcuni elementi strutturali non seguano più il precedente schema di contenimento delle forze, il che può provocare cedimenti strutturali parziali o totali dello scheletro di un edificio.

Oltre che dare informazioni sull'evoluzione del complesso ecclesiastico l'analisi stratigrafica ha approfondito tramite lo studio delle U.S. (unità stratigrafiche) le connessioni tra le diverse fasi costruttive dell'edificio, e permette di documentare attraverso una analisi puntuale sulle varie porzioni di muratura le eventuali cause di un dissesto rilevato; per esemplificare il concetto basta ricordare come proprio nel punto di connessione tra due U.S. differenti è possibile individuare lesioni strutturali; questo perché nell'intervenire sulle murature antiche può accadere che le nuove costruzioni non vengano ben ammorsate tra di loro, cosa che porta proprio questa zona ad essere il punto di debolezza del paramento murario, quindi nel caso di dissesti, questi andranno ad apparire proprio localizzati nei punti di discontinuità di fase.

L'analisi dei dissesti e delle deformazioni è stata effettuata in due fasi.

Una prima fase sul campo, dove sono stati annotati i principali dissesti, le principali lesioni, analizzando sia se le soluzioni di continuità fossero passanti da una parte all'altra del paramento murario che il verso della lesione stessa.

Una seconda fase in laboratorio dove le annotazioni prese sul campo sono state restituite sui rilievi a filo di ferro, in modo da individuare precisamente le lesioni sia in alzato che in pianta; dopo di che sono state studiate le deformazioni tramite la procedura dell'elevation map, direttamente dalla nuvola di punti.

3.1 *Elevation Map*

L'elevation map è un metodo di colorazione della nuvola di punti, ottenuta dal software Cyclone, utile a visualizzare le aree in cui si concentrano

i fuori piombo delle murature; una volta impostato un piano verticale, viene calcolata la distanza dei punti della nuvola dal piano lungo l'asse ortogonale. È possibile stabilire il determinante⁴ in base al quale la gradazione cromatica dei punti passa da un colore a quello successivo; Per rendere più intuibile il significato dell'operazione si è scelta una scala colori blu-verde-giallo-rosso, dove il verde sta a indicare il punto 0 da cui parte la misurazione e il rosso un fuori piombo eccessivo (oltre i 30cm). Il dato fornito direttamente dal software se correttamente discretizzato, fornisce indicazioni utili all'analisi deformativa dei paramenti murari.

Analisi prospetto sud

Il prospetto sud presenta alcune deformazioni consistenti.

La prima è individuabile nel paramento murario che racchiude le cappelle cinquecentesche. La causa di tale deformazione è da ricercare nella spinta del sistema di coperture a volta della navata, sommata alla spinta dell'orditura del tetto. Probabilmente in origine le murature erano state progettate per resistere alla sola spinta delle volte, il venir meno dell'importanza della chiesa ha costretto a una copertura provvisoria dapprima lignea, oggi sostituita con una in acciaio. La deformazione dei paramenti murari è causa delle lesioni individuabili lungo i contrafforti esterni della chiesa che tendono a ribaltarsi. È inoltre importante evidenziare come la struttura originaria funzionasse secondo lo schema gotico di una struttura puntiforme, non affidando ai paramenti ma ai contrafforti la resistenza alle spinte.

La seconda è individuabile nella cella campanaria; questa non è una struttura costruita nello stesso periodo rispetto al corpo principale della torre ed è stata oggetto di numerosi interventi di restauro recenti (solaio e copertura).

I numerosi interventi di restauro subiti dall'edificio, con inserimento di numerosi elementi pesanti in cemento armato non hanno portato un pericoloso appesantimento della struttura che deve garantire la resistenza alle sole forze statiche non trovandosi in una zona sismica.

Analisi prospetto ovest

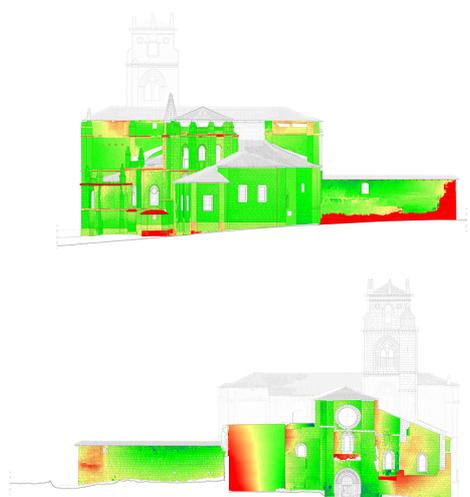


Fig.1 Elevation map del prospetto est ed ovest

Il prospetto ovest presenta alcune deformazioni consistenti.

La prima è individuabile nel chiostro medievale all'angolo del braccio ovest con il braccio nord; la causa di questa deformazione è probabilmente da ricercare in un cedimento fondale dato che la copertura spinge nel senso opposto al paramento, ed il carico che deve sopportare non è eccessivo essendo un unico piano; l'intervento di restauro degli anni '90 ha portato ad avere una nuova copertura leggera che mancava sicuramente da dopo l'800.

La seconda è individuabile nella parte alta del muro intonacato; questa è probabilmente una rimanenza di antiche strutture (forse un piano superiore al chiostro) che adesso rimane strutturalmente non; la muratura non molto coerente rispetto al resto della chiesa influisce negativamente sulla struttura.

Una terza è individuabile tra il rosone e la finestrazione della navata centrale; le aperture non in fase con la muratura hanno indebolito il paramento, il crollo delle volte della navata ha aggravato probabilmente il problema provocando grosse lesioni.

Analisi prospetto est

Il prospetto est non presenta evidenti deformazioni.

Lievi fuori piombo si possono individuare nelle absidi inferiori più vicine al prospetto sud do-

vuti chiaramente alla somma della spinta delle volte sommata a quella delle coperture; analizzando il dato comunque il ribaltamento del fronte non risulta eccessivo. Può trarre in inganno anche la colorazione del transetto sopra di esso, questo perché la parte di muratura che sembra fuori piombo in realtà appartiene ad un differente piano di proiezione leggermente più esterno rispetto alla muratura in pietra: si tratta infatti di porzioni di muratura in laterizio intonacata a finta pietra, inserita probabilmente per evitare correnti d'aria all'interno del sottotetto. La stessa cosa si può osservare nel lato diametralmente opposto sempre nel transetto.

Il dato del chiostro può far pensare ad un rigonfiamento nei pressi dell'ingresso nord, in realtà la colorazione tendente al giallo è dovuta alla vegetazione cresciuta sul paramento murario e al rumore digitale che questa ultima ha provocato nella battitura dei dati con il laser scanner.

Analisi della sezione longitudinale passante per la navata centrale

La sezione non presenta evidenti deformazioni.

La maggior parte dei paramenti qui analizzati ha da poco subito interventi di restauro strutturale conservativo e pertanto non appare deformata.

I paramenti della navata centrale ricevono le spinte delle nuove volte in mattoni forati, costruite probabilmente nel 1994, la struttura nervata portante è in cemento armato, i pilastri scendono a terra ma sono celati all'interno della muratura; questa copertura voltata in laterizio è sicuramente molto più leggera rispetto a quella esistente precedentemente pertanto il paramento murario spesso oltre un metro garantisce la stabilità strutturale contenendo anche le spinte della copertura a voltine in laterizio e cemento armato del tetto.

La zona absidale presenta un evidente intervento di consolidamento nelle nervature delle volte, probabilmente in cemento armato, anche se il riempimento è sempre in blocchi di pietra visibili nel sottotetto; le nuove nervature non hanno provocato instabilità strutturale. La parte del paramento più incoerente presente nel sottotetto non presenta ribaltamenti e oltretutto può vantare il supporto del retrostante vano

scale che ne impedisce la deformazione.

Analisi della sezione trasversale passante per la navata

La sezione non presenta evidenti deformazioni.

La maggior parte dei paramenti qui analizzati ha da poco subito interventi di restauro strutturale conservativo e pertanto non appare deformata.

La facciata esterna del chiostro non presenta fuori piombo; la struttura di copertura subisce la spinta della capriate in legno lamellare; un cordolo in cemento armato racchiude ad anello il chiostro irrigidendo la struttura ed evitando fuori piombo consistenti.

La navata centrale qui analizzata presenta un falso positivo, infatti il muro eretto a divisione dal transetto che sostiene strutturalmente solo il peso proprio è inclinato rispetto al resto del prospetto di pochi gradi, questo provoca la colorazione rossa.

Allo stesso modo le cappelle cinquecentesche presentano dei falsi positivi: durante le operazioni di rilievo la navata, che ospita il Museo Parroquial, era interessata da lavori, nei pressi delle murature erano accatastati oggetti e rifiuti che hanno provocato una scarsa pulizia a terra del dato.

Analisi della sezione trasversale passante per il transetto

La sezione non presenta evidenti deformazioni.

L'unica zona che lievemente subisce uno spostamento rispetto all'asse verticale è quella nei pressi delle murature dei portali, qui la spinta delle volte potrebbe far aprire a libro i due muri ortogonali: i contrafforti esterni soprattutto del prospetto sud presentano gravi lesioni segno di uno spostamento ingente, questo potrebbe aver provocato il trascinarsi delle murature prossime anche se intuibile in maniera lieve.

La zona coperta dal tetto ligneo non presenta deformazioni anche perché la copertura costruita evidentemente di fretta, è molto leggera, costituita solo da orditura principale, travetti, tavolato e coppi in laterizio.

Le numerose nervature all'interno del transetto e le modanature degli archi hanno permesso di analizzare solo le zone non realmente strutturali che servono solo da tamponamento esterno.

4. Rilievo strutturale

4.1 Metodologie di rilievo strutturale

Il rilievo strutturale è lo studio degli elementi resistenti di un edificio, del suo scheletro che ne permette l'elevazione da terra. Le indagini per un rilievo strutturale possono essere dirette o indirette, distruttive o non distruttive.

Chiaramente analizzando un edificio monumentale sono state evitate indagini dirette distruttive, quali ad esempio carotaggi, per non andare a deteriorare il monumento.

Lo scopo del rilievo strutturale è fornire una descrizione esaustiva di tutti gli elementi resistenti dell'edificio, dalle strutture di fondazione a quelle in elevazione.

Il rilievo strutturale a Sasamón è stato affrontato sia in via diretta, che indiretta; in maniera

indiretta sono state analizzate le foto d'archivio che mostrano il complesso in stato di rovina: in questo modo è stato possibile vedere la sezione delle murature e farsi un'idea delle metodologie costruttive; un'altra fonte indiretta utilizzata sono i confronti con le architetture circostanti, monumentali come le chiese delle città vicine, e non, ricordando che alcuni interventi nei sottotetti data la rapidità di esecuzione hanno richiesto l'utilizzo di tecnologie semplici, come ad esempio nelle coperture in legno.

Le analisi dirette non sono andate oltre l'osservazione diretta; chiaramente non è stato possibile fare saggi nelle murature, e non avendo a disposizione termografi o altri strumenti in grado di indicare in maniera non distruttiva la composizione delle strutture, molte soluzioni tecnologiche sono state solo supposte. Un'analisi più dettagliata è stata fatta nei sottotetti, dove



Fig.2 Sezione trasversale passante per la navata, analisi strutturale

lo scanner è riuscito a battere molti punti dalle numerose stazioni, ed è quindi stato possibile ottenere un rilievo completo che descrivesse tutti gli elementi delle varie orditure. Chiaramente durante la missione a Sasamón non avendo la certezza del dato dello scanner, tutti gli elementi strutturali delle coperture (travi e travetti) sono stati misurati a mano con strumenti di rilievo diretto, in modo da poterle in prima battuta confrontare con i dati dello scanner, in seconda ovviare a eventuali coni d'ombra, non difficili da incontrare in strutture così complesse.

Il risultato del rilievo strutturale deve fornire tutte le informazioni in base alle quali impostare i calcoli di verifica delle strutture, perciò oltre ad indicare i pacchetti dei solai e degli elementi verticali, è necessario fornire le quote

degli spessori di tali pacchetti in modo da poter calcolare il loro peso a metro quadro. Per poter concludere l'analisi dei carichi precisamente sarà necessario inoltre conoscere l'interasse tra le orditure e le sezioni delle travi e dei travicelli e la loro luce in modo da poterne calcolare il peso proprio; stessa cosa per tutti gli altri elementi strutturali

4.2 Risultati del rilievo strutturale

Il lavoro successivo alle operazioni di rilievo sul campo è stato quello di andare a sintetizzare le osservazioni fatte *in situ*, integrando le sezioni architettoniche con le informazioni tecnologiche; è stato possibile descrivere la maggior parte delle murature e delle strutture di copertura.

Queste sono chiaramente le più interessan-

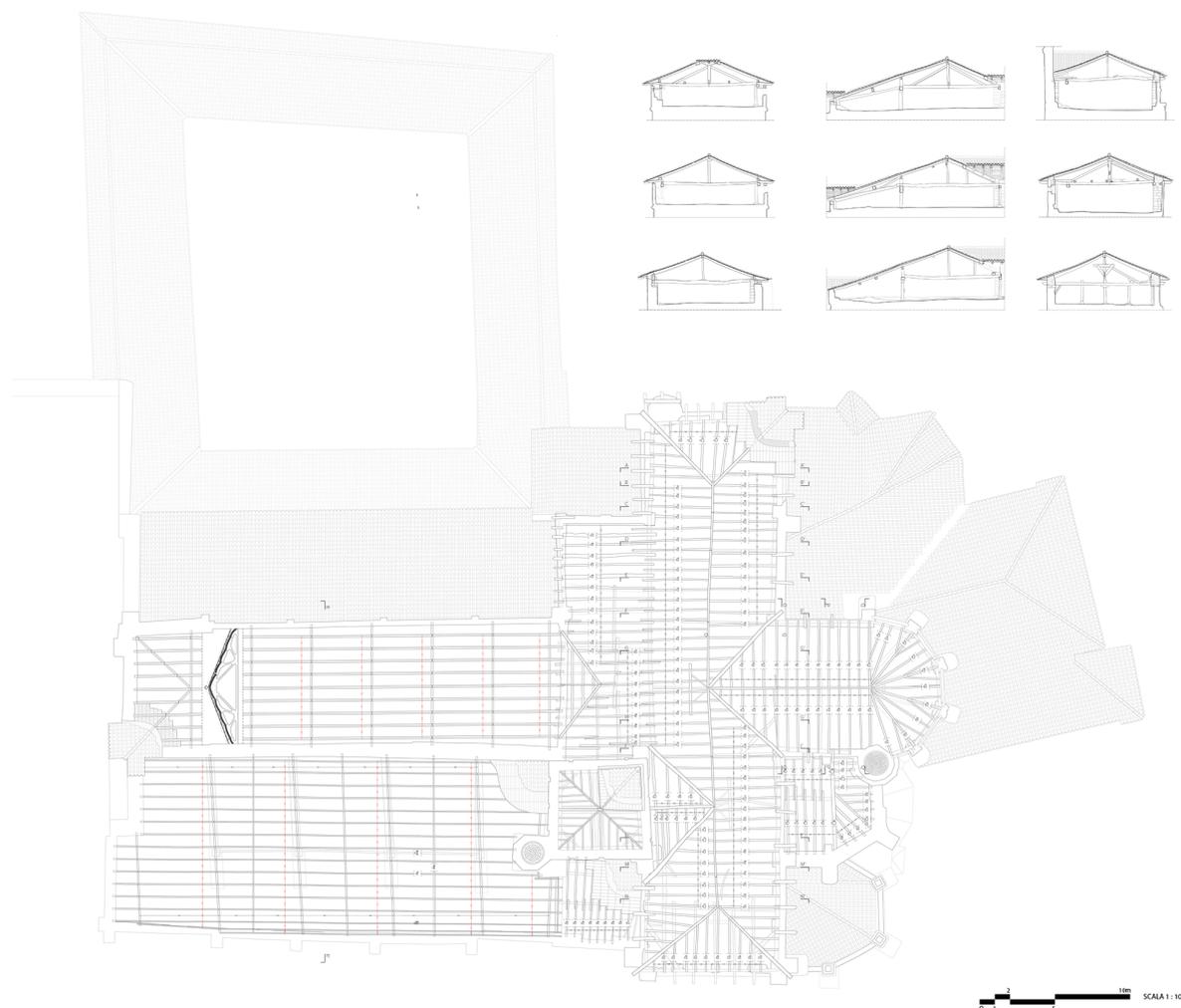


Fig.3 Sfogliato delle coperture; in alto alcune delle sezioni strutturali delle coperture

ti e caratterizzanti, e possono essere suddivise per tipologie e per periodi storici differenti; un primo tipo è la copertura lignea del transetto, costituita da un'orditura principale composta da castelli di travi, che coprono la luce dell'intera campata del transetto; essendo la luce libera di inflessione dell'orditura principale importante gli elementi orizzontali risultano visibilmente inflessi; stessa cosa si può dire dell'orditura secondaria composta dai travetti in legno; anche questi sono visibilmente inflessi; in alcune zone si possono vedere anche travetti fortemente lesionati, oppure da sostituire perché ammorati a causa delle infiltrazioni d'acqua; lo stato di conservazione di questa copertura risente della presenza di volatili che causano degrado coprendo tutti gli elementi di guano. Gli strati successivi che compongono il tetto ligneo sono un tavolato ligneo e sopra di esso un manto di copertura in laterizio coppo-coppo che fanno sì che la copertura sia nonostante tutto piuttosto leggera; sono da considerare causa dell'inflessione degli elementi strutturali soprattutto le pressioni dovute al vento molto forte su questi ampi tavolati, e la presenza invernale della neve (ci troviamo ad una altezza superiore agli 800 m s.l.m.); questa struttura di copertura poggia puntualmente sulle strutture di contenimento delle spinte della prima chiesa gotica, i contrafforti si presentano con la guglia mozzata per poter alloggiare la nuova copertura, un sistema di travi perimetrali sostiene i travicelli.

Molto complessi sono i castelli di travi che si trovano nei punti di displuvio e compluvio, questi sono ad ombrello: da un finto monaco centrale si diramano quattro travi ortogonali tra loro e altre quattro ruotate di 45 gradi a sostenere le travi principali.

L'analisi strutturale ci ha permesso di studiare attentamente tutte le orditure di questa copertura, per ogni sistema di travi è stata restituita una sezione strutturale a se stante.

Una seconda tipologia si trova nel sottotetto che copre la navata laterale e le cappelle cinquecentesche, questa struttura nasconde alla vista gli archi rampanti che oggi hanno perso il loro funzionamento e appaiono fortemente lesionati e puntellati. La struttura di questa copertura è in acciaio: un sistema a doppia orditura di putrelle a doppio t poggia parallelamente alla facciata sopra i contrafforti, e ortogonalmente ad essa su entrambi i lati penetra in un



Fig. 4 Modelli 3D illustrativi degli interventi di restauro realizzati nel tempo: (dall'alto) copertura lignea dell'abside; copertura in acciaio delle navate laterali; copertura in c.a. della navata centrale; copertura del chiostro in legno lamellare

cordolo in cemento armato. I travetti, a doppia t anch'essi, sono saldati all'orditura secondaria e sostengono gli strati di chiusura composti da una lamiera ondulata in eternit sopra cui sono disposti direttamente i coppi.

Una terza tipologia copre la navata centrale: questa è rimasta a lungo scopercchiata, fino ai lavori compiuti nel '94. Questi lavori hanno ricostruito un sistema voltato con nervature in c.a. e vele in mattoni forati, la stessa parete nord è stata ricostruita in mattoni forati, mentre dall'esterno ci appare intonacata a finta pietra. Il sistema di volte è protetto da una copertura in cemento armato prefabbricato: sei capriate non in asse con le volte sorreggono travetti a doppio t anch'essi in c.a. precompreso; sopra di essi un sistema a voltine in blocchi forati serve da piano su cui gettare una colata di malta, il tutto è protetto dall'acqua dal manto di copertura coppo-coppo.

L'ultima tipologia di coperture si trova nel chiostro ed è la più recente, risalente ai lavori conclusi nel 1996. Il chiostro è rimasto a lungo completamente scoperto, questi lavori hanno fornito una nuova copertura che lungo due bracci su quattro ripresenta un sistema voltato che ricorda quello antico in pietra; il progetto di restauro però ha previsto costolonature in legno lamellare e vele in rete elettrosaldata in modo da ricordare l'antica copertura simbolicamente, senza occludere quella moderna in legno lamellare.

5. Conclusioni

Il lavoro svolto su Santa Maria La Reál costituisce un *corpus* di documenti utili al progettista per redigere un progetto di restauro congruo e preciso, fornendo tutte le informazioni necessarie a comprendere la storia, la conservazione materica e strutturale di questo monumento. Dal punto di vista della conservazione del patrimonio culturale, questo rilievo fornisce una precisa testimonianza delle condizioni attuali della cattedrale, descrivendo in maniera completa le sue caratteristiche geometriche e funzionali; la analisi dei degradi e dei dissesti inoltre danno una precisa indicazione sugli interventi materici necessari per riportare in ottimo stato di conservazione l'edificio e di quali zone sono a rischio danneggiamento, necessitando quindi un pronto intervento; purtroppo l'analisi

condotta tramite elevation map non può essere troppo utile con strutture puntiformi nervate come i pilastri della chiesa, questo perché il dato fornito dalla macchina virtuale è di difficile interpretazione. L'accurato rilievo strutturale invece è sicuramente utile per il progettista che dovrà intervenire sulla messa in sicurezza della copertura lignea, oggi molto deteriorata, fornendo un quadro completo del suo stato di conservazione e delle sue caratteristiche geometriche-strutturali; l'analisi invece prodotta sulle restanti coperture fornisce un abaco che testimonia l'evoluzione del concetto di restauro architettonico nella zona della Castiglia nei pressi di Burgos: in un primo periodo il restauro di un edificio di tale importanza era concepito solo in puro senso funzionale, come dimostra la copertura lignea del transetto necessaria ad evitare le infiltrazioni d'acqua all'interno del sistema voltato; questi interventi hanno portato ad un edificio stilisticamente originale ma sempre più lontano dal suo originario concepimento. Stessa cosa si può dire per il tetto in acciaio della navata laterale: il tetto è andato a celare le strutture originarie senza rispettarle, come si vede nei contrafforti che sono stati prima di tutto segati per permettere di disporre le travi prima in legno oggi in acciaio, successivamente sono stati utilizzati come base di appoggio per i cubi di cemento che sorreggono la copertura. In periodo più recente invece si vede un netto cambiamento: l'intervento nella navata centrale infatti è palesemente anastilotic, vengono gettati pilastri in cemento armato e ricoperti con pietra a copiare pilastri cinquecenteschi, muraure in blocchi forati intonacati a finta pietra, stessa cosa per le volte e le nervature in cemento armato. Pochi anni dopo il tutto si modifica di nuovo, probabilmente per la finezza del progettista, che ne fa un caso unico nella Spagna degli anni '90: il tetto del chiostro infatti, necessario a garantirne la conservazione, è progettato per ricordare l'antica sembianza di questa struttura riposizionando le volte costolonate, ma non in finta pietra, bensì riconoscendo l'onestà strutturale del legno. Il legno non viene nascosto ma esaltato, le strutture originarie rispettate, infatti le costolonature sono da esse staccate come se volassero il che rende il progetto leggero come il ricordo dell'antica copertura, mostrando in trasparenza attraverso la rete elettrosaldata il nuovo intervento strutturale.

NOTE

- 1 I responsabili del progetto di ricerca sono Stefano Bertocci e Giovanni Minutoli per l'Università di Firenze, Susana Mora per l'Università Politecnica di Madrid.
- 2 Il rilievo laser scanner 3D è stato progettato e coordinato da Giovanni Pancani
- 3 Coordinata dal Dott. Andrea Arrighetti
- 4 Conoscendo l'affidabilità dello strumento con cui si è stato eseguito il rilievo e la scala di restituzione, è stato fissato come determinante 1cm.

BIBLIOGRAFIA

- Bertocci, S., & Bini, M., (2012). *Manuale di Rilevamento Architettonico ed Urbano*. Torino.
- Van Riel, S., (2007). *Consolidamento degli edifici storici, appunti e note*. Firenze.
- Docci, M., & Maestri, D., (2010). *Manuale di rilevamento architettonico e urbano*. Bari. Laterza.
- Bertocci, S., & Minutoli, G., & Pancani, G., & Mora, S., (2015). *Complessi religiosi e sistemi difensivi sul Cammino di Santiago de Compostela: rilievi ed analisi per la valorizzazione e il restauro della cattedrale di Santa Maria La Real a Sasamón*. Firenze.
- Bertocci, S., & Minutoli, G., & Pancani, G. (2015). *Rilievo tridimensionale e analisi dei dissesti della Pieve di Romena*. *Disegnare con (8)* 14-gennaio2015. Retrieved from <http://www.disegnarecon.univaq.it>.