



Colloqui.AT.e 2019

Ingegno e costruzione nell'epoca della complessità
Forma urbana e individualità architettonica

Atti del Congresso

Torino, 25-28 settembre 2019

a cura di Emilia Garda, Caterina Mele, Paolo Piantanida



**POLITECNICO
DI TORINO**

Dipartimento di Ingegneria
Strutturale, Edile e Geotecnica

artec

Associazione Scientifica
per la Promozione dei Rapporti
tra Architettura e Tecniche dell'Edilizia

Edizioni Politecnico di Torino

Colloqui.AT.e 2019

**Ingegno e costruzione
nell'epoca della complessità**

atti del congresso
Torino, 25-27 settembre 2019

a cura di
Emilia Garda, Caterina Mele, Paolo Piantanida

edizioni Politecnico di Torino

Colloqui.AT.e 2019

Ingegno e costruzione nell'epoca della complessità

atti del congresso

Torino, 25-27 settembre 2019

a cura di

Emilia Garda, Caterina Mele, Paolo Piantanida

© Politecnico di Torino

ISBN: 978-88-85745-31-5

coordinamento editoriale: Cristiana Chiorino

progetto grafico: Giuliana Di Mari e Antonio Vottari

È vietata la riproduzione anche parziale se non espressamente autorizzata.

I contributi sono stati selezionati con doppia revisione anonima.

Ciascun contributo riflette unicamente il punto di vista degli Autori e

i Curatori non possono essere ritenuti responsabili delle informazioni contenute.

Comitato Scientifico

Rossano ALBATICI

Frida BAZZOCCHI

Carlo CALDERA

Santi Maria CASCONI

Giorgio CROATTO

Marco D'ORAZIO

Enrico DASSORI

Enrico DE ANGELIS

Pierluigi DE BERARDINIS

Flavia FASCIA

Fabio FATIGUSO

Giovanni FATTA

Marina FUMO

Ilaria GAROFOLO

Maria Paola GATTI

Claudio GERMAK

(Presidente SID)

Manuela GRECCHI

Antonella GUIDA

Riccardo GULLI

(Presidente Ar.Tec.)

Tullia IORI

Raffaella LIONE

Maria Teresa LUCARELLI

(Presidente SITdA)

Angelo LUCCHINI

Saverio MECCA

(Presidente ISTeA)

Marco MORANDOTTI

Renato MORGANTI

Stefania MORNATI

Placido MUNAFÒ

Emilio PIZZI

Francesco POLVERINO

Enrico QUAGLIARINI

Angelo SALEMI

Antonello SANNA

Enrico SICIGNANO

Gabriele TAGLIAVENTI

Giunta Ar.Tec.

Riccardo GULLI

Marco D'ORAZIO

Antonella GUIDA

Manuela GRECCHI

Raffaella LIONE

Francesco POLVERINO

(Presidente)

(Vicepresidente)

(Tesoriere)

Comitato Organizzativo

Carlo CALDERA

(Coordinatore)

Sara FASANA

Caterina FRANCHINI

Emilia GARDA

Marika MANGOSIO

Fabio MANZONE

Caterina MELE

Carlo OSTORERO

Paolo PIANTANIDA

Roberto VANCETTI

Valentina VILLA

Marco ZERBINATTI

Segreteria

Emiliano CEREDA

Giuliana DI MARI

Emmanuele IACONO

Umberto MECCA

Alessandra RENZULLI

Alessio SCHEPISI

Federico VECCHIO

Gianvito VENTURA

Antonio VOTTARI

Prefazione

Nel mondo contemporaneo dominato dalla velocità, dalla liquidità, dalla digitalizzazione, dall'impermanenza e dalla trasformazione rapida delle conoscenze, l'ambizioso richiamo all'ingegno del titolo del convegno, riferito alla Costruzione può forse apparire antiquato e per certi versi contraddittorio. Il rimando alla forma urbana e all'individualità architettonica se relazionato alla complessità delle problematiche urbane, all'eterogeneità e alla frammentazione dei tessuti urbani ed edilizi delle città contemporanee può allo stesso modo apparire di primo acchito poco pertinente.

Eppure se questo nostro tempo è dominato dalla complessità e dall'incertezza il riferirsi alla capacità umana primaria, l'ingegno, significa riportare tutte le questioni tecniche e architettoniche alla loro essenza. Sgombrato il campo dal rumore di fondo generato dall'immensa mole di informazioni visive, uditive, materiali e immateriali che assalgono i nostri sensi in ogni momento, restano le testimonianze materiche, gli edifici, i monumenti, i territori, i paesaggi che sono in attesa di essere vivificati, ricomposti, riconnessi in nuove realtà per dare risposta ai problemi complessi del nostro tempo. Porre in evidenza l'ingegno significa anche richiamarsi ai fondamenti della nostra disciplina, l'architettura

tecnica e ridare valore al metodo scientifico saldamente radicato nella cultura tecnica dell'ingegneria. Significa anche rimettere al centro la cultura progettuale, riflettere e interrogarsi sulle prospettive e sulle sfide che come progettisti, costruttori, formatori ci attendono nel prossimo futuro.

La varietà e l'eterogeneità dei contributi presentati nelle tre sessioni tematiche : Construction history and preservation; Construction and building performance, Design and building technologies, con una preponderanza di studi nella prima sessione, fortemente incentrata sugli aspetti conoscitivi storici, tecnologici, della costruzione, nei suoi singoli episodi o nei complessi urbani e territoriali, denota una ricca e vivace articolazione di spunti e interessi dell'ambito disciplinare e la sua attualità malgrado la difficoltà poste dalle continue sfide e trasformazioni della nostra società.

Riaffermare la centralità del progetto nell'epoca della complessità significa in ultima analisi la capacità di affrontare le sfide e le opportunità contemporanee attraverso i valori e le competenze provenienti dalle comuni radici dalla cultura progettuale dell'ingegneria e dell'architettura.

Il convegno si configura come spazio privilegiato per l'analisi, la discussione, il confronto (locale e globale) tra tutti gli operatori del settore delle costruzioni, per suggerire soluzioni e percorsi sul solido della tradizione, innovativi, sperimentali per rinnovare e riconfigurare la cultura della Progettazione.

Emilia Garda, Caterina Mele, Paolo Piantanida

SOMMARIO GENERALE



A CONSTRUCTION HISTORY
AND PRESERVATION

6



B CONSTRUCTION AND
BUILDING PERFORMANCE

599



C DESIGN AND BUILDING
TECHNOLOGIES

1001



B

**CONSTRUCTION AND
BUILDING PERFORMANCE**

Construction and building performance

Nell'epoca della complessità quali e quante sono le sfide che il settore costruttivo deve affrontare? Certamente la questione energetica continua ad essere centrale, anche se negli ultimi anni viene coniugata con elementi nuovi che ampliano il tema alla qualità globale dell'edificio al suo peso sull'ambiente e coinvolgono aspetti che riguardano la gestione digitale ed intelligente dell'edificio, in quello che generalmente definiamo smart building.

Tra le diverse attività umane il settore costruttivo ha avuto e continua ad avere un peso molto rilevante dal punto di vista dell'impatto ambientale non solo per i consumi di energia primaria e secondaria ma anche per l'impiego delle risorse naturali necessarie nelle diverse fasi di un processo che sembra avere nel suo efficientamento uno degli obiettivi primari. L'introduzione dei protocolli di certificazione ambientale per la sostenibilità globale degli edifici come il protocollo ITACA in Italia, mutuato dal protocollo americano LEED, ha spostato l'accento dai soli consumi energetici a quelli relativi a tutte le componenti e fasi del processo edilizio che riguardano la costruzione, dal progetto alla realizzazione fino ad arrivare alla dismissione nel fine vita, e ha messo in luce come la strada da percorrere per determinare una vera svolta in termini di qualità globale e di sostenibilità del manufatto edilizio sia ancora molto lunga. Inoltre il conseguimento di una maggior sostenibilità dell'edificio soprattutto per quanto riguarda gli aspetti energetici, non implica automaticamente una maggiore sostenibilità urbana. Numerosi studi hanno ormai dimostrato che ridurre i consumi del singolo edificio non genera a livello urbano una minore domanda di energia. Nonostante gli indubbi progressi per rendere gli edifici meno energivori (almeno le nuove realizzazioni), la città esistente è ancora costituita per la maggior parte da manufatti che sono poco performanti dal punto di vista energetico, inoltre lo stile di vita e di consumo della nostra civiltà urbanizzata richiede una grande quantità di energia che dipende ancora per larga parte dai combustibili fossili, c. d. climalteranti, come ben

analizzato nel report Roadmap for transition towards low-GHG and resilient buildings (2016) della Global Alliance for Building and Construction. Nel tentativo di risolvere questi problemi la ricerca nel settore costruttivo sta esplorando la realizzazione di involucri con materiali e tecniche sempre più innovativi e performanti (ad esempio le bolle in EFTE che costituiscono la copertura dell'Aquatic Center di Beijing o l'uso di bioreattori a base di alghe per la facciata della BIQ House di Amburgo), estendendo e superando il concetto di Zero Energy Building (ZEB). Vengono proposte nuove e innovative strategie per ridurre i consumi energetici come lo User-Centered Design che parte dal monitoraggio del comportamento degli utenti e che vede nella digitalizzazione intelligente degli edifici, partendo dalla scala urbana a quella del singolo edificio e delle singole unità abitative, una strada molto promettente. La via smart, al di là dell'abuso a volte troppo enfatico del termine, pare molto interessante anche per la gestione dei dati delle problematiche manutentive, non solo per la costruzione di archivi relativi agli aspetti tecnici e progettuali fino alla scala del dettaglio dell'edificio che possono costituire una vera e propria miniera di dati utilizzabili in futuro per contrastare i fenomeni di obsolescenza fisiologica e patologica dei manufatti e per consentire interventi mirati, di riparazione, di miglioramento prestazionale e anche di gestione intelligente e sostenibile del fine vita, allargando il campo della gestione all'intera vita utile dell'edificio considerato anche alla scala urbana. Certamente l'uso ormai diffuso di strumenti di gestione digitale delle informazioni favorisce la interoperabilità e la raccolta di dati in tutto il processo edilizio, rendendo ancora più necessaria la validazione dei modelli relazionali ed interpretativi nel mutato quadro metodologico, prima ancora che strumentale.

Lo studio e l'analisi di queste problematiche coinvolge molte ricerche della nostra disciplina e pare molto promettente dal punto di vista dei risultati per l'ampliamento delle conoscenze nell'ambito strettamente scientifico e per le ricadute applicative nel settore edilizio delle soluzioni più innovative o sperimentali. Inoltre tutto l'ambito IoT applicato agli edifici promette di essere veicolo di nuovi potenziali e innovativi sviluppi nel settore edilizio e di offrire a chi vi opera a vario titolo e competenza di sviluppare conoscenze e abilità tecniche improntate alla più ampia interdisciplinarietà e multidisciplinarietà.

Emilia Garda, Caterina Mele, Paolo Piantanida

■ AMBIENTI VIRTUALI PER LA CONOSCENZA E LA GESTIONE DEL PATRIMONIO ARCHITETTONICO-ARCHEOLOGICO A SCALA TERRITORIALE

Virtual environments to improve data assessment and management of the heritage architecture and archeology at territorial scale

Mariella De Fino*, **Antonello Martino***, **Fabio Fatiguso***

*POLITECNICO DI BARI (BARI, ITALIA) – MARIELLA.DEFINO@POLIBA.IT – ANTONELLO.MARTINO@POLIBA.IT – FABIO.FATIGUSO@POLIBA.IT

609 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

■ CONSUMO DI SUOLO E RISCHIO IDRAULICO NEL X MUNICIPIO DI ROMA

Land-Use and hydraulic risk in the X municipality of Rome.

Simona Mannucci*, **Federica Rosso***, **Carlo Cecere***

*SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA (ROME, ITALY) – SIMONA.MANNUCCI@UNIROMA1.IT – FEDERICA.ROSSO@UNIROMA1.IT – CARLO.CECERE@UNIROMA1.IT

619 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

■ HBIM PER LA CONOSCENZA E LA RAPPRESENTAZIONE DELLA COSTRUZIONE STORICA.

IL CASO DI VILLA PALMA-GUAZZARONI A TERNI

HBIM for knowledge and representation of historic construction. The case study of Villa Palma-Guazzaroni in Terni

Edoardo Currà*, **Alessandro D'Amico***, **Marco Angelosanti***

*SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA (ROMA, ITALIA) – EDOARDO.CURRA@UNIROMA1.IT – ALESSANDRO.DAMICO@UNIROMA1.IT – MARCO.ANGELOSANTI@UNIROMA1.IT

628 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

■ OSSERVATORIO SULLA COSTRUZIONE METALLICA E PROCEDURE BIM. IL CASO STUDIO DI UNA SCUOLA DI PIETRO BARUCCI A OSTIA

Monitoring of metal construction and BIM procedures. Case study of a school designed by Pietro Barucci in Ostia

Renato Morganti*, **Alessandra Tosone***, **Matteo Abita***, **Daniilo Di Donato***

*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DELL'AQUILA (L'AQUILA, ITALIA) – RENATO.MORGANTI@UNIVAQ.IT, ALESSANDRA.TOSONE@UNIVAQ.IT, MATTEO.ABITA@UNIVAQ.IT, DANILO.DIDONATO@UNIVAQ.IT

638 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

■ I RIVESTIMENTI LAPIDEI “MODERNI”. LA VOCAZIONE “INFORMATIVA” DEI NUOVI SCENARI DI TUTELA, DALL’H-BIM AL FASCICOLO DEL FABBRICATO

“MODERN” STONE FACING. The “informative” vocation of new scenarios of protection, from the H-BIM to the Building Dossier

A. Cernaro*

*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI MESSINA (MESSINA, ITALIA) – ACERNARO@UNIME.IT

648 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

■ BIM E MANUTENZIONE: SCENARI REALI O VIRTUALI?

BIM and maintenance: real or virtual scenarios?

Umberto Mecca*, **Giuseppe Moglia***, **Manuela Rebaudengo****, **Pablo Ruffino***

*DISEG, POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA); **DIST, POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA) – UMBERTO.MECCA@POLITO.IT – GIUSEPPE.MOGLIA@POLITO.IT

MANUELA.REBAUDENGO@POLITO.IT – PABLO.RUFFINO@POLITO.IT

659 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

I DRONI PER LA MANUTENZIONE DEGLI EDIFICI: RISVOLTI OPERATIVI E DI COSTO*UAV for building maintenance: operational and cost implications***Carlo Caldera***, **Rachele Grosso****, **Umberto Mecca***, **Manuela Rebaudengo****

*DISEG, POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA); **DIST, POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA) – CARLO.CALDERA@POLITO.IT – RACHELE.GROSSO@POLITO.IT

UMBERTO.MECCA@POLITO.IT – MANUELA.REBAUDENGO@POLITO.IT

669 [VAI ALL'ARTICOLO](#)**SISTEMI INFORMATIVI E STRUMENTI GRAFICI PER LA MANUTENZIONE DI MANUFATTI COMPLESSI***Information systems and graphic tools for the maintenance of complex buildings***Maurizio Marco Bocconcino***, **Fabio Manzone***

*DISEG - POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA) – MAURIZIO.BOCCONCINO@POLITO.IT – FABIO.MANZONE@POLITO.IT

679 [VAI ALL'ARTICOLO](#)**SCENARI 360°+5 PER L'ARCHIVIO DEL FUTURO***360°+5 scenarios for the archive of the future***Andrea Barbero***, **Matteo Del Giudice***, **Francesca Maria Ugliotti***, **Fabio Manzone***, **Anna Osello***

*POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA) – ANDREA.BARBERO@POLITO.IT – MATTEO.DELGIUDICE@POLITO.IT – FRANCESCA.UGLIOTTI@POLITO.IT

FABIO.MANZONE@POLITO.IT – ANNA.OSELLO@POLITO.IT

689 [VAI ALL'ARTICOLO](#)**RAPPRESENTAZIONE E RIUSO DELLA CONOSCENZA TECNICA PER L'IMPRESA DI COSTRUZIONI***Technical Knowledge representation and reuse for a general contractor***Davide Simeone***

*SALINI-IMPREGILO SPA (MILANO, ITALIA) – D.SIMEONE@SALINI-IMPREGILO.COM

698 [VAI ALL'ARTICOLO](#)**INTRODUZIONE AL PROACTIVE DESIGN PROCESS NELL'EPOCA DELLA COMPLESSITÀ***Introduction to Proactive Design Process in the complexity era***Antonio Fioravanti***, **Gabriele Novembri***, **Francesco Livio Rossini***

*DICEA – DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA EDILE, CIVILE E AMBIENTALE, SAPIENZA – UNIVERSITÀ DI ROMA.

708 [VAI ALL'ARTICOLO](#)**IL B.I.M. PER L'ARCHITETTURA TECNICA: INGEGNO E COSTRUZIONE NELL'EPOCA DELLA COMPLESSITÀ***B.I.M. for "architettura tecnica": intelligence and construction in the age of the complexity***Paolo Fiamma***

*UNIVERSITÀ DI PISA (PISA, ITALIA) PAOLO.FIAMMA@ING.UNIPI.IT

718 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

IL BUILDING INFORMATION MODELING E LA PROGETTAZIONE INTEGRATA: UNA PANORAMICA DELLO STATO ATTUALE

Building Information Modeling and Integrated Design: An Overview of the Current Status

Enrico Dassori*, **Clara Vite***, **Alessia Bernardotti***, **Arianna Sommariva***

*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA, SCUOLA POLITECNICA, DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA E DESIGN - dAD (GENOVA, ITALIA) – DASSORI@UNIGE.IT – CLARA.VITE@ARCH.UNIGE.IT

ALEBERNA92@GMAIL.COM - ARIANNA.SOMMARIVA@GMAIL.COM

728 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

INEFFICACIA DI INTERVENTI PARZIALI SUL COSTRUITO RESIDENZIALE

Ineffectiveness of partial actions on residential buildings

Raffaella Lione*, **Fabio Minutoli***, **Pietro Totaro****

*UNIVERSITÀ DI MESSINA (MESSINA, ITALIA); **LIBERO PROFESSIONISTA (MESSINA, ITALIA) RLIONE@UNIME.IT - FABMINUTOLI@UNIME.IT - PIETRO.TOTARO@FASTWEBNET.IT

738 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

PROGETTAZIONE PARAMETRICA PER LA VALUTAZIONE DELLE ADDIZIONI DI FACCIATA NEGLI EDIFICI ESISTENTI

Parametric design evaluation of user orientated pre-fab modules for the façade ADDITION in existing buildings

Anastasia Fotopoulou*, **Annarita Ferrante***

*DIPARTIMENTO DI ARCHITETTURA – UNIVERSITÀ DI BOLOGNA (BOLOGNA, ITALIA) ANASTASIA.FOTOPULO2@UNIBO.IT – ANNARITA.FERRANTE@UNIBO.IT

748 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

SISTEMI PASSIVI PER L'INDOOR COMFORT: LA GESTIONE DELLE SERRE SOLARI IN REGIME ESTIVO

Passive system for indoor comfort: solar greenhouse management in summer

Simona Colajanni*, **Antonio De Vecchi***, **Marco Bellomo***, **Francesca Maria Cammarata***, **Kapishanth Jeyathas***, **Maria Francesca Noto***

*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PALERMO (PALERMO, ITALIA); *CORRESPONDING AUTHOR: SIMONA.COLAJANNI@UNIPA.IT

755 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

AZIONI DI RIFUNZIONALIZZAZIONE DI EDIFICI SCOLASTICI PRIMARI PER UNA RETE DI SCUOLE INNOVATIVE TRANSFRONTALIERE

Repurposing of primary education buildings through actions for a network of cross-border innovative schools

Barbara Chiarelli*, **Carlo Antonio Stival***, **Nicola Strazza***, **Ilaria Garofolo***

*UNIVERSITÀ DI TRIESTE (TRIESTE, ITALIA) – BARBARA.CHIARELLI@PHD.UNITS.IT - CSTIVAL@UNITS.IT - NSTRAZZA@UNITS.IT - GAROFOLO@UNITS.IT

765 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

SISTEMI DI SCHERMATURA SOLARE PER SCUOLE DELL'INFANZIA NZEB IN ITALIA

Solar shadings for NZEB Kindergartens in Italy

Frida Bazzocchi*, **Cecilia Ciacci***, **Vincenzo Di Naso***

*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI FIRENZE (FIRENZE, ITALIA) SCUOLA DI INGEGNERIA – DICEA FRIDA.BAZZOCCHINIFI.IT – CECILIA.CIACCINIFI.IT – VINCENZO.DINASONIFI.IT

775 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

- **RESILIENZA E ADATTAMENTO: CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE E PRESTAZIONE TERMO-ENERGETICA IN REGIME DINAMICO DI COSTRUZIONI GALLEGGIANTI E ANFIBIE** 785 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Resilience and adaptation: construction and dynamic thermal-energy performance of amphibious and floating houses
Federica Rosso*, **Simona Mannucci***, **Marco Ferrero***, **Carlo Cecere***
 *SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA (ROMA, ITALIA) – FEDERICA.ROSSO@UNIROMA1.IT – SIMONA.MANNUCCI@UNIROMA1.IT – MARCO.FERRERO@UNIROMA1.IT – CARLO.CECERE@UNIROMA1.IT
- **DALLA CERTIFICAZIONE LEED® (LEADERSHIP IN ENERGY AND ENVIRONMENTAL DESIGN) ALLA CERTIFICAZIONE WELL BUILDING STANDARD®** 795 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
From the LEED® certification (Leadership in Energy and Environmental Design) to the WELL Building Standard®
Elisa Sirombo*, **Marco Filippi****, **Enrico Fabrizio****
 *GET SRL (TORINO, ITALIA); **POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA) – ELISA.SIROMBO@GET-CONSULTING.IT – MARCO.FILIPPI@POLITO.IT – ENRICO.FABRIZIO@POLITO.IT
- **EFFICIENZA ENERGETICA E SIMULAZIONE DEI FLUSSI OCCUPATIVI PER GLI SCENARI D'USO DI ELUX LAB, UNIBS** 804 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Energy efficiency and occupancy flow simulation for the use scenarios of eLUX Lab, UniBS
Lavinia Chiara Tagliabue*, **Barbara Angi***, **Angelo Luigi Camillo Cirbini***
 *UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BRESCIA (BRESCIA, ITALIA); LAVINIA.TAGLIABUE@UNIBS.IT – BARBARA.ANGI@UNIBS.IT – ANGELO.CIRIBINI@UNIBS.IT
- **VERSO IL CONTROLLO E LA GESTIONE DELLA MANUTENZIONE NEGLI EDIFICI SECONDO UN APPROCCIO “USER-CENTERED” E “CONDITION-BASED”** 814 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
Towards a User-centered and Condition-based approach for Building Maintenance: from users' engagement to automatic behaviors detection
Elisa Di Giuseppe*, **Gabriele Bernardini***, **Marco D'Orazio***
 *UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE (ANCONA, ITALIA) E.DIGIUSEPPE@STAFF.UNIVPM.IT – G.BERNARDINI@UNIVPM.IT – M.DORAZIO@STAFF.UNIVPM.IT
- **MODELLAZIONE BIM AD OGGETTI INTEGRATA CON ANALISI DATI IN TEMPO REALE: UN CASO DI STUDIO** 824 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
BIM and real time data analysis integration: a case study
Graziano Salvalai*, **Mattia Previtali***, **Fabrizio Banfi***
 POLITECNICO DI MILANO (MILANO, ITALIA) – GRAZIANO.SALVALAI@POLIMI.IT – MATTIA.PREVITALI@POLIMI.IT – FABRIZIO.BANFI@POLIMI.IT
- **BIM PER LA GESTIONE RAZIONALE DEGLI IMPIANTI DEGLI EDIFICI** 834 [VAI ALL'ARTICOLO](#)
BIM for rational management of MEP systems
Rosa Agliata*, **Roberto Macchiaroli***, **Luigi Mollo***
 *UNIVERSITÀ DELLA CAMPANIA “VANVITELLI” (AVERSA – CE, ITALIA) – ROSA.AGLIATA@UNICAMPANIA.IT – ROBERTO.MACCHIAROLI@UNICAMPANIA.IT – LUIGI.MOLLO@UNICAMPANIA.IT

ARCHITETTURA USER CENTERED: LA DOMOTICA A SERVIZIO DELL'ACCESSIBILITÀ*User centered Architecture: home automation for accessibility***Martina Nobili***

*SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA – MARTINA.NOBILI@UNIROMA1.IT

844 [VAI ALL'ARTICOLO](#)**NUOVA MATRICE DELLE ADIACENZE PER LA PROGETTAZIONE E RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA***New adjacency matrix for building design and refurbishment***Ugo Maria Coraglia*, **, Antonio Fioravanti***

*SAPIENZA UNIVERSITÀ DI ROMA (ROMA, ITALIA); **TU WIEN (VIENNA, AUSTRIA) UGOMARIA.CORAGLIA@UNIROMA1.IT – ANTONIO.FIORAVANTI@UNIROMA1.IT

853 [VAI ALL'ARTICOLO](#)**REALTÀ VIRTUALE E AUMENTATA: STRUMENTI DI COMUNICAZIONE PER IL POLITO***Virtual and Augmented Reality: communication tools for Polito***Anna Osello*, Ivana Scidà***

*POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA) – ANNA.OSELLO@POLITO.IT – IVANA.SCIDA@POLITO.IT

863 [VAI ALL'ARTICOLO](#)**FIRE SAFETY ENGINEERING, UNIVERSAL DESIGN, REALTÀ VIRTUALE: NUOVI STRUMENTI PER UNA PROGETTAZIONE SEMPRE PIÙ SMART***Fire Safety Engineering, Universal design, Virtual Reality: New tools for an increasingly smart design***Roberto Vancetti*, Filippo Così**, Emiliano Cereda***

*POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA); **AI STUDIO (TORINO, ITALIA) ROBERTO.VANCETTI@POLITO.COM - FCOSI@AIGROUP.IT - EMILIANO.CEREDA@STUDENTI.POLITO.IT

873 [VAI ALL'ARTICOLO](#)**CRITICITÀ NELL'IMPIEGO DEI SISTEMI DI GESTIONE DELL'ENERGIA E DEL COMFORT NEGLI EDIFICI***Critical issues in the use of energy & comfort management systems in buildings***Marco Filippi*, Enrico Fabrizio***

*POLITECNICO DI TORINO (TORINO, ITALIA); MARCO.FILIPPI@POLITO.COM – ENRICO.FABRIZIO@POLITO.IT

883 [VAI ALL'ARTICOLO](#)**NUOVI SISTEMI COSTRUTTIVI PER L'ARCHITETTURA***New construction systems for Architecture***Pierpaolo Ruttico*, Emilio Pizzi***

*POLITECNICO DI MILANO (MILANO, ITALIA); PIERPAOLO.RUTTICO@POLIMI.IT – EMILIO.PIZZI@POLIMI.IT

893 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

EMERGENZA ALLUVIONE NEI CENTRI URBANI: UN APPROCCIO BEHAVIORAL DESIGN-BASED PER LA MITIGAZIONE DEL RISCHIO

Flood emergency in existing city centers: proposing risk-reduction strategies through a behavioral design-based methodology

Gabriele Bernardini*, **Michele Lucesoli***, **Enrico Quagliarini***

*UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE (ANCONA, ITALIA) G.BERNARDINI@UNIVPM.IT – M.LUCESOLI@PM.UNIVPM.IT – E.QUAGLIARINI@STAFF.UNIVPM.IT

902 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

APPLICAZIONE DEI CRITERI AMBIENTALI MINIMI IN EDILIZIA

Application of minimum environmental criteria in construction

Santi Maria Cascone*, **Valerio Nobile***, **Nicoletta Tomasello***, **Matteo Vitale***

*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA (CATANIA, ITALIA) – SANTIMARIACASCONA@GMAIL.COM – VALERIO-NOBILE@HOTMAIL.IT – NICOLETTATOMASELLO@UNICT.IT – MATTEO.VITALE@UNICT.IT

912 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

DALLA PROGETTAZIONE ALLA DISMISSIONE DEL MANUFATTO EDILIZIO SECONDO I PRINCIPI DELL' "ECONOMIA CIRCOLARE"

From the design to the disposal of the building manufacture according to the principles of the "circular economy"

Santi Maria Cascone*, **Valerio Nobile***, **Giuseppe Russo***, **Nicoletta Tomasello***, **Matteo Vitale***

*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA (CATANIA, ITALIA) – SANTIMARIACASCONA@GMAIL.COM – VALERIO-NOBILE@HOTMAIL.IT – GIUSEPPE.RUSSO@UNICT.IT – NICOLETTATOMASELLO@UNICT.IT
MATTEO.VITALE@UNICT.IT

920 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

RIDURRE L'IMPATTO AMBIENTALE DEGLI EDIFICI MEDIANTE L'UTILIZZO DI MATERIALI BIOGENICI. ANALISI LCA DI UN CASO ITALIANO

Minimising the environmental impact of buildings through the use of biogenic materials. An LCA analysis of an Italian case study

Giuliana Iannaccone*, **Francesco Pittau****, **Giovanni Dotelli*****

*POLITECNICO DI MILANO, DIP. ABC (MILANO, ITALIA); **ETH ZÜRICH, D-BAUG IBI (ZURICH, SWITZERLAND); ***POLITECNICO DI MILANO, DIP. DCMC (MILANO, ITALIA)
GIULIANA.IANNACCONA@POLIMI.IT - PITTAU@IBI.BAUG.ETHZ.CH – GIOVANNI.DOTELLI@POLIMI.IT

928 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

MATERIALI INNOVATIVI PER LE COSTRUZIONI: CONGLOMERATI CEMENTIZI A BASE DI GRAFENE

Innovative construction materials: graphene-based cement composites

Salvatore Polverino*, **Renata Morbiducci***, **Antonio E. del Rio Castillo****, **Francesco Bonaccorso****,

*UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI GENOVA (GENOVA, ITALIA); **ISTITUTO ITALIANO DI TECNOLOGIA (GENOVA, ITALIA) – SALV.POLVERINO@ARCH.UNIGE.IT – RENATA.MORBIDUCCI@UNIGE.IT
ANTONIO.DELRIO@IIT.IT – FRANCESCO.BONACCORSO@IIT.IT

937 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

■ INNOVAZIONE NELLA TERRA BATTUTA

*Innovation in rammed earth systems***Rosa Caponetto***, **Giada Giuffrida****

*DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA (DICAR); **UNIVERSITÀ DI CATANIA (CATANIA, ITALIA); RCAPO@DAU.UNICT.IT – GIADA.GIUFFRIDA@UNICT.IT

946 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

■ BIOCOSPOSITI A BASE DI TERRA CRUDA E FIBRE

*Biocomposites made of raw earth and fibers***Rosa Caponetto***, **Martina Maria Grazioso***, **Giada Giuffrida***

*DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA (DICAR)

UNIVERSITÀ DI CATANIA (CATANIA, ITALIA); RCAPO@DAU.UNICT.IT – MARTINAMARIAGRAZIOSO@GMAIL.COM – GIADA.GIUFFRIDA@UNICT.IT

956 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

■ PRODOTTI NATURALI INNOVATIVI PER L'EDILIZIA CIRCOLARE. LE MISCELE TERRA-CELLULOSA

*Innovative natural products for the circular economy. Earth-cellulose mixes***Maddalena Achenza***, **Paola Meloni****

*DICAAR_UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI (CAGLIARI, ITALIA); **DIMCM_UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CAGLIARI (CAGLIARI, ITALIA); MADDALENA.ACHENZA@UNICA.IT

PAOLA.MELONI@UNICA.IT

966 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

■ ANALISI DELLE PRESTAZIONI DI INVOLUCRI IN PAGLIA

*Analysys of straw envelope performance***Gaetano Sciuto***, **Stefano Cascone***, **Gianpiero Evola****, **Chiara Baroetto Parisi***

*DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE E ARCHITETTURA, UNIVERSITÀ DI CATANIA (CATANIA, ITALIA); **DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA ELETTRICA, ELETTRONICA E INFORMATICA,

UNIVERSITÀ DI CATANIA (CATANIA, ITALIA)

GSCIUTO@DAU.UNICT.IT - STEFANO.CASCONI@UNICT.IT - GEVOLA@UNICT.IT - CHIARA.BAROETTO@GMAIL.COM

973 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

■ SISTEMI COSTRUTTIVI EFFICIENTI A BASSO IMPATTO AMBIENTALE. PROGETTO E SPERIMENTAZIONE DI PARETI IN BALLE DI PAGLIA PER EDIFICI CON STRUTTURA DI LEGNO

*Low impact and energy efficient building systems. Design and tests of straw bale walls for timber structure buildings***Luca Guardigli***, **Cecilia Mazzoli***, **Davide Dall'Aglio****, **Riccardo Gulli***

*UNIVERSITÀ DI BOLOGNA (BOLOGNA, ITALIA); **STUDIO SAP (SAN GIORGIO DI PIANO, BO) – LUCA.GUARDIGLI@UNIBO.IT – CECILIA.MAZZOLI2@UNIBO.IT – DALLAGLIO@STUDIOSAP.IT –

RICCARDO.GULLI@UNIBO.IT

982 [VAI ALL'ARTICOLO](#)

HBIM PER LA CONOSCENZA E LA RAPPRESENTAZIONE DELLA COSTRUZIONE STORICA. IL CASO DI VILLA PALMA-GUAZZARONI A TERNI

HBIM for knowledge and representation of historic construction. The case study of Villa Palma-Guazzaroni in Terni

Edoardo Currà*, Alessandro D'Amico*, Marco Angelosanti*

* Sapienza Università di Roma (Roma, Italia)

edoardo.curra@uniroma1.it - alessandro.damico@uniroma1.it -

marco.angelosanti@uniroma1.it

Keywords: BIM, HBIM, Scan to BIM, photogrammetry, virtual reconstruction, constructive survey.

Riassunto

L'HBIM (*Heritage Building Information Modelling*) assume sempre maggiore importanza nell'ambito dei processi conoscitivi del patrimonio costruito, in particolare nel supportare l'investigazione della costruzione storica e delle sue prestazioni, per cui è indispensabile scegliere la metodologia di rilievo integrato più appropriata. L'articolo affronta la complementarità della fotogrammetria basata su UAV (*Unmanned Aerial Vehicles*) con TLS (*Terrestrial Laser Scanner*), le relative criticità e potenzialità per la restituzione di un modello HBIM approfondito dal punto di vista costruttivo. Il caso di studio scelto, villa Palma-Guazzaroni

a Terni, presenta diverse e importanti fasi costruttive storiche ed è caratterizzato da un diffuso degrado dei materiali in tutti gli elementi di fabbrica. Sono presenti inoltre fenomeni di dissesto, con rilevante quadro fessurativo, e crolli di parte delle chiusure orizzontali. Ciò ha permesso di sperimentare metodologicamente la definizione di un modello informato sugli aspetti dell'apparecchiatura costruttiva e del dissesto strutturale e valutarne la capacità di supportare utilmente la conoscenza dell'organismo edilizio.

Abstract

HBIM (*Heritage Building Information Modeling*) assume ever greater importance to cognitive processes of built heritage, especially regarding the critical definition of historical construction. Therefore, in this context it is essential to choose the most appropriate integrated survey methodology. The article addresses the complementarity of UAV photogrammetry (*Unmanned Aerial Vehicles*) with the TLS (*Terrestrial Laser Scanner*), the relative critical issues and potential ones for the return of a HBIM model, in-depth from a constructive point of view. The selected case study, Villa Palma-Guazzaroni in Terni, is defined by several important historical building phases and is characterized by a widespread degradation of materials in all constructive elements. There are also phenomena of instability, with a significant crack pattern, and the collapse of part of the horizontal closures. The aim is to experiment methodologically the definition of a model informed on the aspects of the constructive equipment and of the structural instability that supports an in-depth knowledge of the building organism.

Introduzione

«Ad ogni organismo edilizio (sia ripetibile che irripetibile) corrisponde una ed una sola apparecchiatura costruttiva, cioè *quel* sistema, e non altri, che coerentemente si integra nella concezione spaziale che è la ragion

d'essere dell'organismo stesso» [1]. Indagare l'apparecchiatura costruttiva di un organismo architettonico storico significa perciò investigare l'espressione materiale delle scelte operate dagli attori che hanno concorso nel tempo alla sua realizzazione e modificazione durante il ciclo di vita. Tale processo conoscitivo, fondamentale per la valutazione, la gestione e la conservazione del patrimonio storico, avviene in senso inverso rispetto all'azione progetto.

Gli strumenti del rilievo, oggi supportati dall'evoluzione digitale [2], sono funzionali alla definizione geometrica e sono a disposizione dello studioso di costruzione che dovrà farne attento uso per arrivare a definire il più possibile, natura e composizione degli elementi costruttivi all'interno della geometria definita. Basandosi sull'elaborazione di un modello tridimensionale realizzato con l'utilizzo di foto da UAV (*Unmanned Aerial Vehicle*) [3] e di scansioni da TLS (*Terrestrial Laser Scanner*) si può costruire un sistema di archiviazione e gestione dei dati, tra cui quelli costruttivi, dall'alto potenziale di ricerca [4]. In questo contesto si sta sviluppando e caratterizzando l'HBIM (*Heritage Building Information Modeling*) [5, 6]. Nonostante i riconosciuti vantaggi del BIM nell'industria AEC (*Architecture, Engineering & Construction*) per le nuove costruzioni, l'estensione di tale metodologia al patrimonio costruito esistente richiede specifiche considerazioni [4]. L'unicità di tali costruzioni non è insita solo nelle modalità di relazione degli elementi di fabbrica (EF) e dei componenti nel sistema *apparecchiatura costruttiva*, ma è da collocarsi anche al livello degli elementi stessi. Per l'oggetto edilizio pre-industriale si richiede l'adozione di librerie di famiglie di elementi di fabbrica, strutturate appositamente [1, 7, 8] e con componenti (elementi costruttivi funzionali - ECF) parametrici. In tal modo è possibile garantire l'inclusione nel modello di caratteristiche costruttive che poniamo a base dell'ipotesi di lavoro: materiali, tecnica costruttiva, stato di conservazione [9].

Il presente contributo si colloca in questo campo di ricerca ed è così articolato:

1. studio storico e ricerche archivistiche;
2. prime indagini in situ per la progettazione della campagna di rilievo e l'individuazione delle emergenze costruttive da indagare;
3. campagna di rilievo integrato (TLS, fotogrammetrico, indagini dirette e strumentali per i caratteri della costruzione);
4. implementazione del modello BIM per l'analisi strutturale e il progetto di consolidamento.

L'oggetto della ricerca è villa Palma-Guazzaroni a Terni (Fig. 1), dimora rinascimentale suburbana interessata nel tempo da diverse modificazioni che non ne hanno oscurato i caratteri originari.

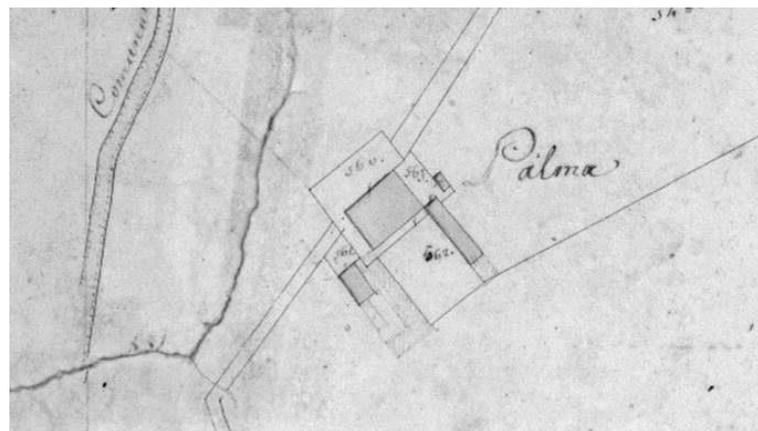


Fig. 1: Mappa catastale (Aggiornamento del 1860 circa).

Dal rilievo all'HBIM

Una delle maggiori sfide nell'utilizzo della metodologia BIM per la documentazione del patrimonio architettonico è il superamento della propensione dei software di BIM *Authoring* verso la standardizzazione [10]. La maggior parte di questi programmi sono ottimizzati per i nuovi edifici, *AD as-designed* [11], con sistemi costruttivi industrializzati, in cui piccole deviazioni geometrico-dimensionali tra elementi simili non sono considerate rilevanti. Con l'utilizzo di queste metodologie, viene velocizzato l'intero processo di progettazione e la collaborazione tra diversi professionisti coinvolti. Il BIM per il patrimonio esistente trova delle affinità con quanto viene definito per i modelli *AS as-built* [11], costruiti con elementi unici che, sebbene simili, non possono mai essere considerati identici [4]. I principali fattori che non permettono tale standardizzazione sono l'artigianalità delle tecnologie costruttive storiche, i processi di modifica e trasformazione avvenuti nel tempo, la potenziale disomogeneità in materiali e in elementi costruttivi base degli EF, ad esempio nelle murature, e i fenomeni di degrado [4]. Almeno dal punto di vista geometrico e materico superficiale le tecnologie di acquisizione digitale permettono di registrare con precisione irregolarità e deformazioni [12, 13].

Rilievo integrato: TLS e fotogrammetria da UAV

Adottando strumenti digitali l'acquisizione dei dati può essere basata sull'utilizzo di tecnologie LiDAR¹ o su immagini², eventualmente integrate con altre tecniche nelle lacune. Nonostante il risultato affine ottenibile da scansione laser e fotogrammetria digitale, le due tecniche sono profondamente diverse. La scansione è un procedimento polare vincolato ad un unico punto di ripresa con relative zone d'ombra, anche definite *grey areas*³[14], mentre la fotogrammetria è il prodotto di una serie

continua di fotogrammi da almeno due punti di vista diversi, legata alla condivisione di punti omologhi [2]. Il problema delle zone d'ombra da TLS non sempre può essere risolto effettuando più scansioni con lo stesso scanner. La fotogrammetria architettonica è invece distinguibile tra *close-range* terrestre e aerea da UAV. Quest'ultima è realizzata tramite "droni", equipaggiati con una camera su un nodo motorizzato, in grado di raggiungere le parti di un edificio difficilmente rilevabili, come le coperture, visibili esclusivamente dall'alto. Ma la ricchezza dei dati così acquisiti deve essere trattata con cautela, poiché variano l'affidabilità e l'accuratezza, essendo molto influenzate da condizioni ambientali, strumentazione utilizzata ed esperienza dell'operatore [13]. Gli output di queste tecniche sono nuvole di punti strutturate⁴ o non strutturate⁵, lontane dall'essere modelli informati, obiettivo ricercato dal punto di vista morfologico e semantico, per incorporare tutte le meta-informazioni [15].

HBIM

Il termine HBIM è coniato da Murphy [5] che lo presenta come una soluzione innovativa, in cui gli elementi architettonici sono oggetti intelligenti, che integrano dati storici e informazioni sull'apparecchiatura costruttiva. In quest'ottica, l'HBIM è un sistema interscalare, consistente nella modellazione di elementi architettonici parametrizzati sulla base delle regole della manualistica e dei dati derivanti da indagini sull'edificio [7]. La base di partenza per la definizione di tali modelli sono le nuvole di punti, da TLS e fotogrammetria digitale, che interessano l'organismo architettonico storico [5]. La massa dei dati acquisibili è potenzialmente così elevata da imporre la selezione degli elementi della nuvola di punti, che di fatto è acritica [6] e difficilmente computabile [15]. Numerose ricerche in questo ambito [8, 13, 15–17] hanno messo in luce potenzialità e problematiche legate alla definizione di una *pipeline* per la modellazione BIM di oggetti intelligenti. La creazione del *plug-in GreenSpider* di

TORNA ALL'INDICE

1. La tecnologia LiDAR, Light Detection and Ranging o Laser Imaging Detection and Ranging, consiste nell'emissione di onde elettromagnetiche pulsate generalmente da un TLS (sorgente laser).
2. La fotogrammetria digitale permette l'estrazione di informazioni tridimensionali e texture da una sequenza di immagini attraverso algoritmi *Structure-from-Motion* (SfM).
3. Le *grey areas* sono aree non rilevabili a causa della presenza di ostruzioni, come ad esempio persone, vegetazione o veicoli.
4. Le nuvole strutturate sono con "origine fissa" - dati provenienti da laser scanner (i.e. formati come *fls*, *zfls*, *pts*).
5. Le nuvole non strutturate non sono ancorate ad un sistema di riferimento fisso (i.e. formati *.las*).

Garagnani⁶ [15], ha influenzato gli studi sulle *shape grammars* (*script* per la realizzazione di forme). La soluzione offerta da Sampietro [8] definisce *shape grammar* specifiche per singole tipologie di elementi costruttivi (es: volte), per rappresentare l'insieme generabile da determinate regole e parametri, definiti attraverso software VPL (*Visual Programming Language*) come *Autodesk Dynamo*. Altre ricerche riguardano la creazione di famiglie parametriche nidificate (a creare dizionari H-IFD)⁷, con la definizione dell'aggregazione gerarchica dei componenti a seconda della funzione strutturale, non strutturale e decorativa [13]. Una soluzione per superare il limite nella modellazione BIM di forme irregolari e complesse è offerta da Oreni et al. [16] con l'importazione in ambiente BIM di NURBS, a cui vengono aggiunte le informazioni su materiali (i.e. stato conservativo). Altri ricercatori hanno ragionato sul tema dell'automazione nella conversione della nuvola di punti in oggetti semantici [11, 18], evidenziando però sempre come ricorrere al processo BIM per il patrimonio costruito risulti piuttosto dispendioso in termini di tempo e risorse impiegate [13]. Infatti, il costruito storico è caratterizzato da un elevato grado di non omogeneità: stratificazioni evolutive, geometrie complesse e commistioni di tecniche costruttive che aumentano il livello di complessità della trasposizione di questa conoscenza nei modelli informativi. È importante, quindi, comprendere fino a che LoD (*level of development*) si debba effettivamente arrivare nella modellazione degli elementi costruttivi base [13], poiché la creazione di modelli strutturali discontinui (*micro-models*), in cui vengono discretizzati singolarmente gli elementi della muratura (blocchi o elementi lapidei) e i giunti di malta, è computazionalmente onerosa, difficilmente gestibile e non sempre le informazioni sull'apparecchiatura costruttiva vanno oltre le semplici ipotesi [19]. Inoltre, la modellazione richiede un certo grado di semplificazione e astrazione ed eccessivi dettagli possono essere inappropriati [20]. Per tale ragione, è necessario sottolineare come il

concetto di LoD non si applichi solo alla geometria, ma anche all'accuratezza, all'affidabilità [20, 21] e alla *transparency* [4] degli elementi.

Il caso studio: Villa Palma-Guazzaroni

L'abbandono e la mancanza d'uso sono tra le maggiori cause di perdita del patrimonio storico costruito. È il processo noto come DBN (*Demolition By Neglect*) [22]. Il caso di studio, costituito da villa Palma-Guazzaroni a Terni (Fig. 2), è soggetto a tale rischio per l'elevato stato di abbandono, per documentarlo al meglio sono state applicate procedure digitali e speditive per il processamento delle nuvole di punti e la modellazione in ambiente BIM. Il complesso di villa Palma si trova nell'unità di paesaggio di "Colle dell'Oro"⁸. L'analisi costruttiva e stilistico-tipologica ha permesso di elaborare una restituzione dello stato originario del complesso, costituito da un volume isolato con un loggiato ad arcate sul fronte sud, affiancato da due svettanti torri colombarie.



Fig. 2: Immagine da UAV di Villa Palma-Guazzaroni.

TORNA ALL'INDICE

6. Il nome "Greenspider" deriva dalla funzione del plug-in che connette punti nello spazio come se fossero ideali tele di ragno, favorendo la generazione di oggetti intelligenti destinati inizialmente ad analisi di sostenibilità energetica. Questo plug-in è scritto in C# con Revit API 2012.

7. H-IFD (Heritage International Framework for Dictionaries). Alcuni esempi di plug-in usati per implementare il concetto di H-IFD sono *Point Tools* (per Rhino) e *Leica tool* (per Revit).

8. Tale area ricade all'interno dell'area con vincolo paesistico, ambientale e archeologico nota come "fascia pedemontana", che si interpone tra la piana di Terni e i Monti Martani.

Ipotesi confermata da una vista della villa apparsa negli affreschi cinquecenteschi che costituivano il fregio delle pareti del salone principale, un tempo occultati da una volta a schifo in mattoni in foglio realizzata nel XIX secolo dai principi Bonaparte-Ruspoli, allora proprietari [23], ora nuovamente visibili per il crollo della volta stessa. A questo periodo risale anche la chiusura delle logge, la loro sopraelevazione con un terzo ordine di arcate cieche e la definizione del giardino all'italiana nella corte interna (Fig. 3). Seguendo le mutazioni catastali, si evince la vendita da parte dell'ultimo principe Ruspoli all'Ing. Arch. A. Guazzaroni che restaurò completamente la villa negli anni '20 del '900, insieme ai giardini. Dopo ulteriori passaggi di proprietà, comincia l'abbandono che continua tutt'oggi. In seguito al crollo di parte della copertura, che ha lasciato affreschi e solai esposti alle intemperie, nel 2014 è stato imposto dalla "Soprintendenza Archeologia Belle Arti e Paesaggio dell'Umbria" un intervento di somma urgenza⁹, che si è tradotto nella costruzione di una copertura reticolare spaziale sorretta da una struttura di ponteggi, la quale è risultata tanto una complicazione quanto uno stimolo per l'individuazione della metodologia più appropriata di rilievo, operazione necessariamente critica. La fase di campagna è stata preceduta da una attenta individuazione dei metodi appropriati, a seconda delle esigenze geometrico-morfologiche della villa. Per ottenere un rilievo esecutivo della geometria e delle caratteristiche costruttive, si è proceduto con un rilievo digitale integrato sia per gli esterni (i) che per gli spazi interni (ii).

Per quanto riguarda gli esterni(i), era impossibile effettuare un rilievo diretto, in quanto il corpo centrale della villa è circondato dai citati ponteggi che non permettono di avvicinarsi. Anche il rilievo indiretto con TLS avrebbe comportato la necessità di effettuare un numero troppo elevato di scansioni per sfruttare l'angolo di parallasse, file di eccessive dimensioni e con diffusi punti ciechi dovuti agli impalcati metallici del ponteggio. Date le premesse, la scelta si è orientata sul rilievo

fotogrammetrico con mirrorless full-frame Sony e con UAV DJI Phantom 4¹⁰, per i piani alti e documentare la fatiscenza della copertura della villa [24].

Per quanto riguarda gli ambienti interni (ii) si sono sfruttate le potenzialità integrate di fotogrammetria digitale e TLS, dando luogo anche a un confronto applicato tra le due tecniche¹¹. Le varie scansioni sono state orientate nel sistema di riferimento finale con rototraslazioni 3D grazie ad algoritmi ICP (*Iterative closest point*) utilizzati dal software JRC Reconstructor per ridurre al minimo la differenza tra coppie di nuvole di punti. Il rilievo digitale è stato integrato da misurazioni dirette di singoli elementi costruttivi e ornamenti (Fig. 4).

Parallelamente alla rappresentazione dello stato di fatto, riportata in elaborati propedeutici agli interventi di recupero, si è utilizzata la metodologia BIM per lo studio costruttivo e strutturale.

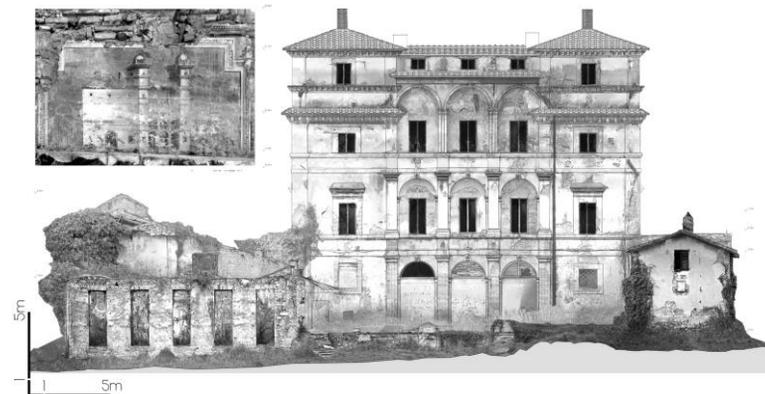


Fig. 3: Villa Palma-Guazzaroni. Rilievo del prospetto sud. Nel riquadro una rappresentazione del XVII sec. Si evidenziano la sopraelevazione della loggia e la tamponatura dei primi due livelli di arcate.

TORNA ALL'INDICE

9. La comunicazione di inizio interventi di manutenzione ordinaria, messa in sicurezza, è datata 22/01/2014 e prevede opere di somma urgenza del complesso monumentale denominato villa Palma a Terni. In relazione a quanto comunicato con nota n°9473 del 21/01/2014 relativa a lavori di riparazione di somma urgenza.

10. Il progetto di presa si è strutturato attraverso l'acquisizione di sequenze di foto perpendicolari ed oblique, in modo da garantire una sovrapposizione orizzontale del 80% e verticale del 60%.

11. Sono state effettuate circa 2000 fotografie per la restituzione fotogrammetrica, tra interni ed esterni, e 46 scansioni con TLS.

Rimarcando che il LoD deve essere calibrato in funzione del “BIM *use*” (scopo del modello, l’obiettivo è stato quello di realizzare un modello informato con un livello di dettaglio adeguato all’analisi prestazionale. Tale approccio ha previsto che la complessità dell’organismo edilizio (i.e. ornati e fuori piombo) venisse affidata a elaborati descrittivi di dettaglio di tipo tradizionale da includere nel file BIM piuttosto che alla modellazione, la cui elaborazione fino alla più dettagliata modanatura, può essere irrilevante dal punto di vista dell’analisi strutturale globale [19]. Questo ragionamento va di pari passo con la scelta della *modellazione continua*, in cui ci si avvale di tecniche di *omogeneizzazione* per definire un continuo equivalente alla tessitura muraria: pur essendo la muratura composta di elementi con differenti caratteristiche meccaniche, vengono individuati dei moduli ricorrenti e stabilite delle caratteristiche equivalenti al singolo modulo che può così essere modellato come un continuo [19].

Applicazione sul caso di studio

La sperimentazione metodologica sul caso studio prescelto ha evidenziato criticità e opportunità della costruzione di un modello HBIM per il progetto di recupero di un organismo architettonico esistente.

Rilievo geometrico

La *pipeline* per l’elaborazione delle immagini ha seguito il tipico schema di elaborazione dei dati fotogrammetrici¹² [25]. Oltre alla fase di campagna, è stata studiata con cura anche quella di pre-processamento delle foto. Per ottenere una nuvola di punti pulita dai ponteggi sono state elaborate, attraverso l’uso di un programma di fotogrammetria, le foto con applicate delle apposite maschere, in modo da far processare solamente le parti visibili dell’edificio. In questo modo, non si è

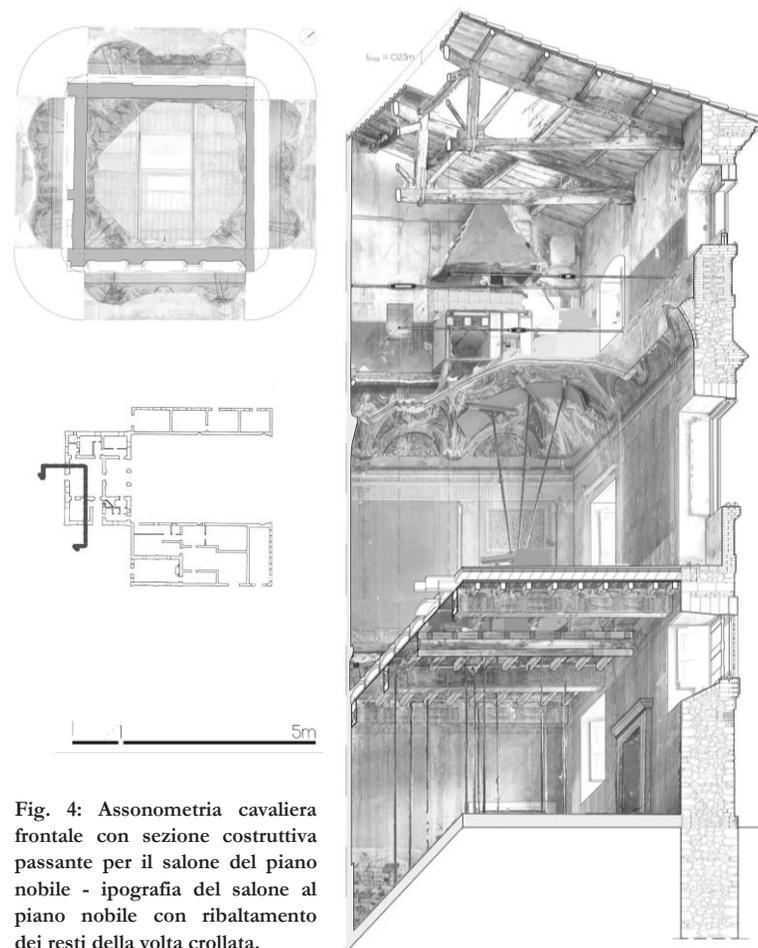


Fig. 4: Assonometria cavaliera frontale con sezione costruttiva passante per il salone del piano nobile - ipografia del salone al piano nobile con ribaltamento dei resti della volta crollata.

TORNA ALL'INDICE

12. Calibrazione della telecamera, orientamento dell’immagine, estrazione della superficie e generazione di ortofoto

rimandato il lavoro di rimozione delle opere provvisorie ad una successiva fase di editing. Inoltre, l'utilizzo del TLS è stato fondamentale per lo studio degli ambienti sotterranei¹³. Le scansioni sono state effettuate al buio, ottenendo nuvole con la luminosità della sola riflettanza prodotta dal laser, senza gli abbagliamenti che luci artificiali avrebbero generato sulle superfici umide investite.

Analisi costruttiva verso un "BIM use" strutturale

La tipologia di rilievo adottata per caratterizzare l'oggetto dal punto di vista geometrico e costruttivo ha permesso di descrivere e interpretare il quadro fessurativo e deformativo. Con l'uso del TLS è stato possibile individuare la presenza di meccanismi di collasso locale, a volte non individuati dal solo quadro fessurativo, in modo rapido e potendo tenere una distanza di sicurezza dalle strutture più danneggiate. Le scansioni laser hanno consentito l'acquisizione di una grande quantità di dati: misure complessive e di elementi singoli, presenza di anomalie, deformazioni anche limitate e non rilevabili ad occhio nudo [26].

Questo ha permesso di verificare il discostamento delle facciate della villa rispetto ad un piano verticale, parallelo al prospetto non deformato, attraverso l'uso di DSM (Digital Surface Model). In particolare, tale analisi è stata finalizzata all'individuazione del meccanismo di ribaltamento al di fuori del piano della facciata della cappella gentilizia (Fig. 5), con cerniera alla base, e del meccanismo analogo nel prospetto nord della villa, con la formazione di un cuneo di distacco in quota. L'individuazione dei meccanismi di collasso è una fase delicata che deve essere compiuta come atto di sintesi di una grande quantità di informazioni da quelle più indiziarie (fasi costruttive, materiali) a quelle geometriche e del dissesto (lesioni e deformazioni). La costruzione di un HBIM permette di fare sistema tra le diverse informazioni e, con tools adeguati, approntare il

modello strutturale e verificare la congruenza delle deformate generate attraverso l'analisi di simulazione con quelle rilevate.

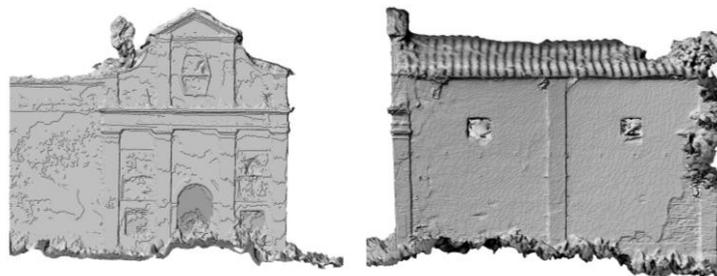


Fig. 5: DSM dei due prospetti della cappella gentilizia con evidenziati i meccanismi di ribaltamento al di fuori del piano.

CAMPIONE n°8 -PIETRA/LATERIZIO (risorsi singoli)		IPOTESI DATAZIONE: Metà XIX secolo	SPES. MURATURA: 0,55 m
		POSA IN OPERA: Corsi sub-orizzontali	RESIST. A COMPRESS.: 200 - 300 N/cm²
		RIPIANAMENTI: Sì (passo 0,50 m)	LOCALIZZAZIONE: P. Sud (+0,40 m)
		FUNZIONE: Portante	MACROELEMENTO: Maschio murario
PIETRA			
Tipo: Calcare			
Colore: bianco/grigio			
Pezzatura: Bozze e castoli			
Provenienza: Fiume/cava locale			
Lavor. blocchi: -			
LATERIZIO			
Colore: Rosso tenue			
Forma: Parallelepipeda			
Cottura: Cotto			
Dimensioni: Varia			
MALTA			
Colore: Grigio			
Legante: Calce			
Granul. inerte: Media			
Spes. giunti: 1-3 cm			

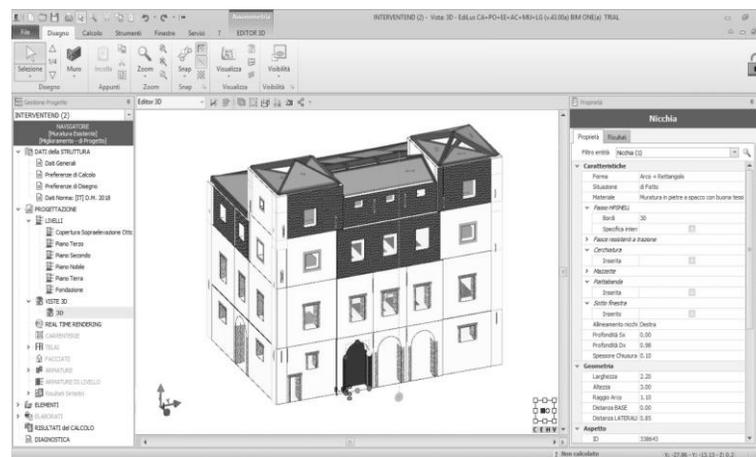
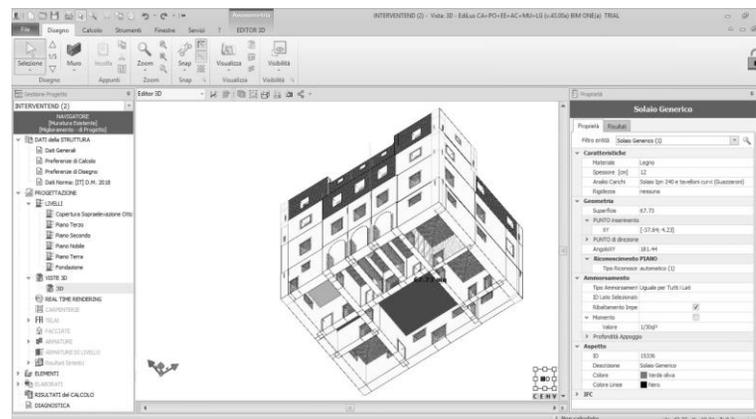
Fig. 6: villa Palma-Guazzaroni: esempio di campione di muratura in pietra e laterizio a ricorsi singoli. L'ortomosaico fotogrammetrico è accompagnato dal ridisegno schematico del campione, insieme con le caratteristiche fisico-meccaniche per la caratterizzazione strutturale.

TORNA ALL'INDICE

13. L'uso del TLS ha permesso di realizzare un rilievo rapido e preciso nonostante l'assenza di luce naturale e la pericolosità del luogo, resa palese da recenti crolli.

La scelta del “BIM use” costruttivo e strutturale ha portato con sé la necessità di caratterizzare i singoli elementi con le loro specifiche proprietà fisico-meccaniche (Fig. 6). Si è operato con Edilus di ACCA (Fig. 7), software BIM Tool utilizzato come BIM Authoring per la possibilità offerta di caratterizzare tutti gli elementi del modello secondo i parametri delle nuove NTC 2018 (agg. 2019). La stratigrafia del terreno è stata modellata in base ai dati della relazione geotecnica del 2008, che fa parte dei documenti di indagine iniziale sulla consistenza del bene. Il metodo ha permesso di inserire parametri specifici nella modellazione degli EF e degli ECF: nelle volte sono stati caratterizzati la forma, lo spessore, il riempimento e il relativo spessore in chiave e alle imposte; nei solai, i materiali, lo spessore, la rigidezza, il tipo di ammassamento alle pareti (definendo la profondità dell'appoggio, e la capacità o meno di impedire il ribaltamento. Inoltre, le murature, grazie allo studio degli aspetti costruttivi, sono state definite in base ai valori di riferimento per le tipologie murarie da tabella C8.5.I (ex C8A.2.1 da NTC 2008), in funzione del livello di conoscenza acquisito (Fig. 6). A questo proposito, si è fatto riferimento ai criteri di descrizione delle tecniche murarie per la predisposizione di moduli schedografici codificati [27] per strutturare schede di rilievo rispondenti ad un procedimento di riconoscimento oggettivo, evitando di dare un ordine privilegiato e non pienamente condiviso alle informazioni da archiviare.

Fig. 7: villa Palma-Guazzaroni: schermata dal software ACCA Edilus con il modello del corpo principale; (in alto) vista assonometrica dal basso con selezionato il solaio guazzaroniano, in IPN 240 e tavelle curve, per il quale è stata strutturata una specifica analisi dei carichi in Edilus; (in basso) vista assonometrica dall'alto con selezionata un'arcata della loggia al piano terra.


[TORNA ALL'INDICE](#)

Conclusioni

La descrizione dell'elemento architettonico dal punto di vista costruttivo, oltre che geometrico, segna un'importante distinzione rispetto all'uso del BIM per le nuove costruzioni, in cui l'avanzamento nello sviluppo del progetto corrisponde al graduale aumento della definizione delle componenti del modello. Nell'HBIM invece, l'oggetto di studio è l'edificio costruito per il quale, anche alla fine del percorso di analisi, non è assicurata una conoscenza completa e uniforme del manufatto, con conseguente LoD non omogeneo nel modello. Sebbene l'analisi della costruzione di un edificio storico si basi su documentazione archivistica, osservazione dell'edificio e test diagnostici, una conoscenza completa dei suoi elementi di fabbrica, caratterizzata da un elevato livello di affidabilità, può essere raggiunta solo nella fase di cantiere quando, come ad esempio nel caso del consolidamento delle volte, le membrature più interne degli elementi di fabbrica vengono alla luce [28]. Oppure come nel caso di studio, quando un elevato stato di dissesto, permetta di avanzare nella conoscenza costruttiva dell'oggetto edilizio, finalizzandone lo studio alla sua ricostruzione e recupero. Lo stretto legame tra la rappresentazione della costruzione e le fonti da cui deriva, porta al problema della trasparenza e alla conseguente necessità di dichiarare il livello di affidabilità dei vari elementi inseriti nel modello informativo [21]. La sperimentazione metodologica ha permesso di evidenziare la potenzialità dell'approccio HBIM diretto all'uso strutturale, rimarcando come una corretta analisi costruttiva sia la base necessaria su cui impostare simulazioni e specifiche indagini prestazionali.

Bibliografia

1. Mandolesi E (1978) Edilizia 1. UTET, Torino, Italy
2. Carpiceci M (2012) Fotografia digitale e architettura: storia, strumenti ed elaborazioni con le odierne attrezzature fotografiche e informatiche, Roma
3. Sona G, Pinto L, Pagliari D, et al (2014) Experimental analysis of different software packages for orientation and digital surface modelling from UAV images. *Earth Sci Informatics* 7:97–107. <https://doi.org/10.1007/s12145-013-0142-2>
4. Brusaporci S, Maiezza P, Tata A (2018) A framework for architectural heritage hbim semantization and development. *Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci - ISPRS Arch* 42:179–184. h
5. Murphy M, McGovern E, Pavia S (2009) Historic building information modelling (HBIM). *Struct Surv* 27:311–327
6. D'Amico A, Currà E (2017) From TSL survey to HBIM, issues on survey and information modeling implementation for the built heritage The case study of the Temple di Bacco Ravello. *eCAADe 35 - Digit Herit Shock - Shar Comput Knowledge! - Proc 35th eCAADe Conf - Vol 2*, Sapienza Univ Rome, Rome, Italy, 20-22 Sept 2017 2:39–48
7. Dore C, Murphy M (2014) Semi-automatic generation of as-built BIM façade geometry from laser and image data. *J Inf Technol Constr* 19:
8. Sampietro F, Masciopinto ML, Cincotta IWJ, Bergonzoni G (2018) Computational design nel processo HBIM. In: *3D Modeling & BIM 2018 Nuove Frontiere*. pp 318–333
9. Apollonio FI, Gaiani M, Zheng S (2012) BIM-based modeling and data enrichment of classical architectural buildings. *SCIRES-IT Sci Res Inf Technol* 2:41–62. <https://doi.org/10.2423/i22394303v2n2p41>
10. Saygi G, Remondino F (2014) Management of Architectural Heritage Information in BIM and GIS: State-of-the-Art and Future Perspectives. *Int J Herit Digit Era* 2:695–713
11. Pătrăucean V, Armeni I, Nahangi M, et al (2015) State of research in

- automatic as-built modelling. *Adv Eng Informatics* 29:162–171. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2015.01.001>
12. Fai S, Sydor M (2013) Building Information Modelling and the documentation of architectural heritage: Between the “Typical” and the “Specific.” 2013 Digit Herit Int Congr 1:731–734. <https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2013.6743828>
 13. Oreni D, Brumana R, Georgopoulos A, Cuca B (2013) Hbim For Conservation And Management Of Built Heritage : Towards A Library Of Vaults And Wooden Bean Floors. II:215–221
 14. Boardman C, Bryan P (2018) 3D Laser Scanning for Heritage Advice and Guidance on the Use of Laser Scanning in Archaeology and Architecture. *Historic England*
 15. Garagnani S (2013) Building Information Modeling and real world knowledge: A methodological approach to accurate semantic documentation for the built environment. *Proc Digit 2013 - Fed 19th Int'l VSMM, 10th Eurographics GCH, 2nd UNESCO Mem World Conf Plus Spec Sess fromCAA, Arqueol 20* at 1:489–496
 16. Oreni D, Brumana R, Della Torre S, et al (2014) Survey turned into HBIM: the restoration and the work involved concerning the Basilica di Collemaggio after the earthquake (L'Aquila). *ISPRS Ann Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci II–5:267–273*. <https://doi.org/10.5194/isprsannals-II-5-267-2014>
 17. Salzano A, Menna C, Asprone D, et al (2018) Digitalizzazione del danno sismico di edifici su piattaforma BIM attraverso tecniche di intelligenza artificiale. *Ingenio* 2:1–17
 18. Che E, Jung J, Olsen M (2019) Object Recognition, Segmentation, and Classification of Mobile Laser Scanning Point Clouds: A State of the Art Review. *Sensors* 19:810. <https://doi.org/10.3390/s19040810>
 19. Cannizzaro F (2011) Un nuovo approccio di modellazione della risposta sismica degli edifici storici. UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI CATANIA
 20. Tobiáš P (2017) BIM, GIS and semantic models of cultural heritage buildings. *Geoinformatics FCE CTU*. <https://doi.org/10.14311/gi.15.2.3>
 21. Maiezza P (2019) As-Built Reliability in Architectural Hbim Modeling. *ISPRS - Int Arch Photogramm Remote Sens Spat Inf Sci XLII–2:461–466*
 22. Newman G, Kim B (2014) GIS-based framework for assessing neglect in the historic built environment. *WIT Trans Ecol Environ* 191:1127–1138. <https://doi.org/10.2495/SC140952>
 23. Bruno Toscano (a cura di) (1980) L'UMBRIA. Manuali per il territorio. TERNI
 24. Carpicci M, Angelosanti M (2019) Dal rilievo alla ricostruzione storica, il caso di villa Palma-Guazzaroni. *Dei S.R.L. Tipografia Del Genio Civile, Roma*
 25. Gaiani M, Remondino F, Apollonio FI, Ballabeni A (2016) An advanced pre-processing pipeline to improve automated photogrammetric reconstructions of architectural scenes. *Remote Sens* 8:. <https://doi.org/10.3390/rs8030178>
 26. Andreotti C, Liberatore D, Sorrentino L (2014) Identifying Seismic Local Collapse Mechanisms in Unreinforced Masonry Buildings through 3D Laser Scanning. *Key Eng Mater* 628:79–84. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/kem.628.79>
 27. Criteri di descrizione delle tecniche murarie per la predisposizione di moduli schedografici codificati - Ricognizione bibliografica. Ministero per i Beni e le Attività Culturali ICCD - Istituto Centrale per il Catalogo e la Documentazione criteri
 28. Brusaporci S, Maiezza P (2016) Tra " Historical Bim " Ed " Heritage Bim": Building Information

Ringraziamenti

alla nostra comunità scientifica per avere ideato Colloqui.AT.e che, ancora oggi, rappresentano un importante momento di confronto e arricchimento culturale

a tutti coloro che hanno lavorato alla doppia revisione anonima dei contributi al Convegno

a Carlo Caldera per il coordinamento di tutta l'équipe

a Elisabetta Galatola per l'ideazione del logo del Congresso

a Marco Zerbinatti per il disegno a pié di pagina del profilo di Torino

a Sara Fasana e Marco Zerbinatti per il progetto delle pagine dei contributi

a Giuliana Di Mari e Antonio Vottari per le fotografie di copertina

Colloqui.AT.e 2019 è stato patrocinato da:

Politecnico di Torino

R3C - Interdepartmental Center Responsible Risk Resilience Centre

Dipartimento di Ingegneria Strutturale, Edile e Geotecnica, Politecnico di Torino

Ordine degli Architetti Paesaggisti Pianificatori e Conservatori della Provincia di Torino

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Torino

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Novara

Ordine degli Ingegneri della Provincia di Vercelli

ANCE Torino - Collegio Costruttori Edili

Do.Co.Mo.Mo. Italia - Associazione italiana per la documentazione e la conservazione degli edifici e dei complessi urbani moderni

Associazione Alumni Polito

Associazione culturale LandscapeFOR

A.I.D.I.A. - Associazione Italiana Donne Ingegneri e Architetti

Colloqui.AT.e 2019 è stato sostenuto da:

Idrocentro S.p.A. - Unimetal

Co.Ge.Fa S.a.s. - costruzioni edili

Domus Ristrutturazioni S.r.l.

Gruppo AMAG - PAG

Mario Castellino 1933 - marmi, pietre, legno

Traiano Luce 73

Torino Inspiring Places a flyer guide

Gioelli Cane



POLITECNICO
DI TORINO



POLITECNICO
DI TORINO

Dipartimento
di Ingegneria Strutturale,
Edile e Geotecnica



ORDINE DEGLI
INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI
TORINO



ORDINE DEGLI
INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI
VERCELLI

ANCE
TORINO
COLLEGIO
COSTRUTTORI
EDILI

do.co.mo.mo
italia



Unimetal.net

idrocentro



DOMUS
ristrutturazioni



Torino
Inspiring
Places
a flyer guide

GIOIELLI
CANE

MARIO CASTELLINO
marmi • pietre • legno

1933



Colloqui.AT.e 2019 (Torino) si pone in continuità con le precedenti edizioni 2014 (Vico Equense), 2015 (Bologna), 2016 (Matera), 2017 (Ancona), 2018 (Cagliari) anche nell'intento di delineare l'orizzonte tematico della ricerca associata al settore scientifico disciplinare ICAR/10 in relazione sia con gli ambiti di pertinenza della disciplina, sia con le istanze poste dalla società, in termini di bisogni, di valorizzazione delle risorse e di dinamiche di sviluppo associate all'innovazione tecnica.

Foto di copertina: Giuliana Di Mari e Antonio Vottari



9 788885 745315