

PVBLICA



## **ReUSO 2024**

### **Documentazione, restauro e rigenerazione sostenibile del patrimonio costruito**

a cura di  
Alessio Cardaci, Francesca Picchio, Antonella Versaci



ISBN: 978-88-99586-454



PUBLICA

## **ReUSO 2024**

### **Documentazione, restauro e rigenerazione sostenibile del patrimonio costruito**

a cura di  
Alessio Cardaci, Francesca Picchio, Antonella Versaci

**ISBN: 978-88-99586-454**

Alessio Cardaci, Francesca Picchio, Antonella Versaci (a cura di)  
*Reuso 2024: Documentazione, restauro e rigenerazione sostenibile del patrimonio costruito*  
© PUBLICA, Alghero, 2024  
ISBN 978 88 99586 454  
Pubblicazione Ottobre 2024

I saggi contenuti in questo volume sono stati sottoposti  
a referaggio cieco (*double blind peer review*) da parte di *referee*  
facenti parte di un apposito comitato scientifico.

Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate  
Università degli Studi di Bergamo

Dipartimento Ingegneria Civile Architettura DICAr  
Università degli Studi di Pavia

Dipartimento di Ingegneria e Architettura  
Università degli Studi di Enna “Kore”



PUBLICA  
WWW.PUBLICAPRESS.IT



## COMITATI

### DIREZIONE SCIENTIFICA

Alessio Cardaci – Università degli Studi di Bergamo  
Francesca Picchio – Università degli Studi di Pavia  
Antonella Versaci – Università degli Studi di Enna ‘Kore’

### COMITATO D'ONORE

Sergio Cavalieri – Magnifico Rettore Università degli Studi di Bergamo  
Elena Carnevali – Sindaco del Comune di Bergamo  
Sergio Gandi – Vicesindaco del Comune di Bergamo, delegato alla Cultura e Rapporti con l'Università  
Elisabetta Bani – Pro-Rettore Università degli Studi di Bergamo  
Giuseppe Franchini – Direttore DISA – Università degli Studi di Bergamo  
Andrea Penna – Direttore DICAr – Università degli Studi di Pavia  
Francesco Castelli – Direttore DIA – Università degli Studi di Enna “Kore”  
Francesca Fatta – Presidente UID – Unione Italiana Disegno  
Rossella Salerno – Vicepresidente UID – Unione Italiana Disegno  
Fabio Fatiguso – Presidente Ar.Tec. – Società Scientifica di Architettura Tecnica  
Renata Picone – Presidente SIRA – Società Italiana per il Restauro dell'Architettura  
Maurizio Caperna – Vicepresidente SIRA – Società Italiana per il Restauro dell'Architettura  
Elena Svalduz – Presidente AISU – Associazione Italiana di Storia Urbana  
Massimiliano Savorra – Vicepresidente AISU – Associazione Italiana di Storia Urbana  
Edoardo Currà – Presidente AIPAI – Associazione Italiana per il Patrimonio Archeologico Industriale  
Bernardo Naticchia - Presidente ISTeA - Italian Society Science Technology and Engineering of Architecture  
Roberta Frigeni – Direttore del Museo delle Storie di Bergamo  
Cristiana Iommi – Responsabile Biblioteca Civica Angelo Mai e Archivi storici  
Giovanni Carlo Federico Villa – Presidente Ateneo di Scienze Lettere ed Arti  
Laura Serra Perani – Vicepresidente Ateneo di Scienze Lettere ed Arti  
Maria Mencaroni Zoppetti – Vicepresidente Ateneo di Scienze Lettere ed Arti  
Sergio Tosato - Presidente della Fondazione Dalmine  
Carolina Lussana - Vice-Presidente della Fondazione Dalmine  
Mariangela Carlessi - Presidente della Fondazione ‘Giusi Pesenti Calvi’

### COMITATO SCIENTIFICO

Andrea Arrighetti – Università degli Studi di Siena  
Marcello Balzani – Università degli Studi di Ferrara  
Calogero Bellanca – Università degli Studi di Roma ‘La Sapienza’  
Andrea Belleri – Università degli Studi di Bergamo  
Stefano Bertocci – Università degli Studi di Firenze  
Daniela Besana – Università degli Studi di Pavia  
Matteo Bigongiari – Università degli Studi di Firenze  
Vanessa Borges Brasileiro – Universidade Federal de Minas Gerais  
Maria Sole Brioschi – Università degli Studi di Bergamo  
Susanna Caccia Gherardini – Università degli Studi di Firenze  
Alessio Cardaci – Università degli Studi di Bergamo  
Santi Cascone – Università degli Studi di Catania  
Chiara Circo – Università degli Studi di Catania

Antonio Conte – Università degli Studi della Basilicata  
 Valentina Cristini – Universitat Politècnica de València  
 Fauzia Farneti – Università degli Studi di Firenze  
 Marinella Fossetti – Università degli Studi di Enna ‘Kore’  
 Emanuele Garda – Università degli Studi di Bergamo  
 Daniela Giretti – Università degli Studi di Bergamo  
 Alessandra Ghisalberti – Università degli Studi di Bergamo  
 Alessandro Greco – Università degli Studi di Pavia  
 Antonella Guida – Università degli Studi della Basilicata  
 Mariangela Liuzzo – Università degli Studi di Enna ‘Kore’  
 Nora Lombardini – Politecnico di Milano  
 Alessandra Marini – Università degli Studi di Bergamo  
 Giovanni Minutoli – Università degli Studi di Firenze  
 Camilla Mileto – Universitat Politècnica de València  
 Giulio Mirabella Roberti – Università degli Studi di Bergamo  
 Susana Mora Alonso-Muñoyerro – Universidad Politécnica de Madrid  
 Marco Morandotti – Università degli Studi di Pavia  
 Maurizio Oddo – Università degli Studi di Enna ‘Kore’  
 Luis Palmero Iglesias – Universitat Politècnica de València  
 Caterina Palestini – Università degli Studi “G. d’Annunzio” Chieti-Pescara  
 Elisabetta Palumbo – Università degli Studi di Bergamo  
 Sandro Parrinello – Università degli Studi di Firenze  
 Francesca Picchio – Università degli Studi di Pavia  
 Davide Prati – Università degli Studi di Bergamo  
 Monica Resmini – Università degli Studi di Bergamo  
 Marco Ricciarini – Università degli Studi di Pavia  
 Paolo Riva – Università degli Studi di Bergamo  
 Emanuele Romeo – Politecnico di Torino  
 Riccardo Rudiero – Politecnico di Torino  
 Giuseppe Ruscica – Università degli Studi di Bergamo  
 Massimiliano Savorra – Università degli Studi di Pavia  
 Barbara Scala – Università degli Studi di Brescia  
 Marco Tanganelli – Università degli Studi di Firenze  
 Ilaria Trizio – Istituto per le Tecnologie della Costruzione CNR  
 Silvio Van Riel – Università degli Studi di Firenze  
 Fernando Vegas López-Manzanares – Universitat Politècnica de València  
 Antonella Versaci – Università degli Studi di Enna ‘Kore’  
 Maria Rosaria Vitale – Università degli Studi di Catania

#### SEGRETERIA ORGANIZZATIVA

Pietro Azzola – Università degli Studi di Bergamo  
 Sara Brescia – Università degli Studi di Pavia  
 Gabriele Daleffe – Università degli Studi di Bergamo  
 Anna Dell’Amico – Università degli Studi di Pavia  
 Elisabetta Doria – Università degli Studi di Pavia  
 Luca Renato Fauzia – Università degli Studi di Enna ‘Kore’  
 Francesca Galasso – Università degli Studi di Pavia  
 Silvia La Placa – Università degli Studi di Pavia  
 Monica Lusoli – Università degli Studi di Firenze  
 Giulia Porcheddu – Università degli Studi di Pavia  
 Michele Russo – Università degli Studi di Enna ‘Kore’

#### COMITATO FONDATORE ASSOCIAZIONE ReUSO

Stefano Bertocci – Università degli Studi di Firenze  
 Fauzia Farneti – Università degli Studi di Firenze  
 Giovanni Minutoli – Università degli Studi di Firenze  
 Susana Mora Alonso-Muñoyerro – Universidad Politécnica de Madrid  
 Silvio Van Riel – Università degli Studi di Firenze

#### CON IL SUPPORTO DI



#### CON IL PATROCINIO DI



#### SPONSOR







## INDICE

- XXI *Introduzione*
- XXIV *Conservare il patrimonio in tempo di crisi*
- XXVI *Presentazioni istituzionali*
- XXVIII *Lista degli autori*

### SEZIONE 1 - Tecnologie e strumenti al servizio del percorso di conoscenza: letture storico-critiche, documentazione, rappresentazione, valorizzazione del patrimonio costruito e paesaggistico anche mediante il mondo digitale

- 3 Renato Morganti, Laura Ciammitti  
*Strumenti per il recupero del patrimonio costruito: relazioni tra normativa e manualistica*
- 15 Daniele Romagnoli  
*BIM e GIS 3D per la mappatura del degrado: casi studio a confronto*
- 27 Francesca Lembo Fazio  
*Riuso dell'antico a Roma e nei suoi territori circostanti. Alcuni casi nei possedimenti sotto l'influenza degli Orsini*
- 39 Riccardo Rudiero  
*Across religious wars and resistance: the transnational valorization of Waldensian Valleys*
- 49 Sonia Mollica  
*Il Villaggio del Fanciullo di Marcello D'Olivo: per una valorizzazione del pensiero progettuale*
- 61 Valentina Astini, Mariana Bettolli, Pasquale Cucco, Carla Ferreyra  
*Among the rocks: Rocca gloriosa's castle as a place of knowledge and interpretation*
- 73 Federica Pompejano, Sara Mauri, Marta Casanova, Sara Rocco  
*DBMS and GIS for the knowledge of the Ferrania (post) industrial site (Savona, Italy) within the Land-in-pro research project*
- 83 Antonella Salucci, Serena Sanseviero  
*Integrità dell'immagine dell'abitare collettivo. da 'Prato-Della-Fiera' a primo quartiere social-housing d'Abruzzo*
- 95 Marco Bussoli, Giacomo Cardella  
*Conoscenza della fabbrica e consolidamento: il caso di San Francesco a Ferrara*
- 105 Daniele Romagnoli, Marta Lalli  
*Modelli 3D e progetto di restauro: strumenti e metodi per l'analisi e la risoluzione del testo architettonico*
- 117 Cassia De Lian Cui, Edoardo Currà, Antonio Fioravanti, Wei Yan  
*AI-powered built heritage: enhancing interpretation and recovery processes with generative ai models*
- 129 Anna Gallo  
*Acqua e architettura. Percorsi di conoscenza del patrimonio storico urbano per future strategie di gestione, tutela e valorizzazione nell'ottica della sostenibilità*



- 141 Giuseppe Fortunato, Lorenzo Russo, Antonio Agostino Zappani  
*Verso un modello informativo della facciata della chiesa di San Domenico in Soriano Calabro*
- 153 Federica Fiorio, Nicola Parisi  
*Il ruolo del digitale nella conoscenza e valorizzazione del patrimonio culturale: prospettive multidisciplinari per la costruzione di approccio progettuale integrato*
- 163 Giovanni Caffio  
*Ri-generare i piccoli comuni abruzzesi: un'esplorazione attraverso il disegno a mano libera*
- 173 Vincenzo Cirillo, Rosina Iaderosa  
*Il rilievo integrato e la documentazione digitale per la conoscenza dei borghi storici*
- 185 Gennaro Pio Lento, Angelo De Cicco  
*I Jardines de Alfabia sull'isola di Palma de Mallorca in Spagna. Processi di conoscenza del patrimonio naturale e costruito*
- 195 Gianluca Gioioso  
*Il chiostro della cattedrale dell'Assunzione di Maria Vergine e di San Frutos a Segovia, in Spagna. Conoscenza, rappresentazione, documentazione*
- 205 Antonella Salucci, Emanuela Chiavoni  
*Osservatorio urbano tra disegno, colore e fotografia. Piazza Perin del Vaga al Flaminio, Roma*
- 217 Stefano Cecamore, Claudio Mazzanti  
*Dalle case di terra alle ville suburbane: architettura rurale da tutelare nella Regione Abruzzo*
- 229 Stefano Cecamore, Giancarla Eleuterio  
*Ciudad y patrimonio construido, análisis y valorización de la Arquitectura del Siglo XX en el contexto de conservación y desarrollo urbano. Villa Clemente en Pescara*
- 241 Alessio Altadonna, Alessia Chillemi, Giuseppina Salvo, Fabio Todesco  
*Digitalizzazione del patrimonio edilizio a Massa San Nicola (ME): un caso di studio per una gestione efficiente dei dati e la conservazione*
- 253 Domenico Iovane, Margherita Cicala  
*Documentazione e conoscenza per un re-uso consapevole: la Filanda del Complesso Monumentale del Belvedere di San Leucio*
- 265 Fabiana Guerriero, Luigi Corniello  
*The Temple of Debod in Madrid. Knowledge and representation of monumental architecture in Spain*
- 275 Luca Sbrogiò  
*Livelli di informazione e di sviluppo nella modellazione informativa degli edifici storici (HBIM) per il restauro*
- 287 Francesco Trovò, Ilaria Forti  
*Le Galeazze dell'Arsenale di Venezia tra didattica e opportunità di riuso*
- 299 Luigi Corniello  
*Tecnologie e strumenti per la conoscenza della rete infrastrutturale dei trasporti in Albania*
- 309 Alessia Garozzo, Rosario Scaduto  
*Architetture dismesse. Rappresentazione e valorizzazione*
- 321 Caterina Palestini, Stella Lolli, Elena Eramo  
*Lecture grafiche per la valorizzazione delle memorie tangibili e intangibili di Lama dei Peligni*
- 333 Riccardo Florio, Raffaele Catuogno, Teresa Della Corte, Anna Sanseverino, Alessandra Tortoriello, Mario Delli Prisco, Caterina Borrelli  
*Costruzione di un ecosistema informativo digitale: il caso studio del c.d. Tempio di Venere a Baia*
- 345 Alessio Altadonna, Antonino Nastasi  
*Palinsesti inevitabili: alcune letture e rilievi sulla città di Milazzo*
- 357 Carlo Biagini, Andrea Bongini, Daniele D'Errico, Gianmarco Dell'Orca  
*Exchange Information Requirements (EIR) in BIM Uses for the structural analysis of historic buildings: the case study of Aldobrandeschi Palace in Grosseto*
- 369 Raissa Garozzo, Angela Moschella, Cettina Santagati  
*Tecnologie digitali a supporto del percorso di conoscenza del patrimonio industriale: l'ex-conceria dei fratelli Rizzo ad Acireale*
- 381 Silvia La Placa, Elisabetta Doria, Jolanta Sroczynska  
*Fast survey methodologies for knowledge, analysis, and digital valorization of the built heritage in educational context*
- 393 Stefano Bertocci, Federico Cioli, Maria Chiara Forfori  
*Protocolli sperimentali per la documentazione del patrimonio teatrale. Esperienze di rilievo digitale dei teatri storici fiorentini*
- 403 Ilaria Trizio, Francesca Savini, Gianluca Ciuca, Antonio Sandoli, Giovanni Fabbrocino, Adriana Marra  
*Progettazione integrata in ambiente HBIM del recupero di un'area urbana in stato di abbandono*
- 415 Alessio Cardaci, Pietro Azzola, Antonella Versaci  
*A virtual museum in the Upper Town of Bergamo. Reuse and digitalisation to preserve and enhance the former convent of San Francesco*
- 427 Anna M. Gueli, Mariangela Liuzzo, Giuseppe Margani, Giuseppe Stella  
*Un approccio multidisciplinare per lo studio dell'uso e del riuso degli antichi edifici termali*
- 439 Regina Helena Vieira Santos  
*Architettura Moderna: Clube Paineiras do Morumby*
- 451 Giovanni Pancani, Rosa Romani, Maddalena Branchi  
*I centri minori del Casentino, come laboratorio di rigenerazione sociale, ambientale ed economica delle aree interne*
- 463 Matteo Bigongiari  
*La Cittadella Appiani a Piombino: uno sguardo sul passato per valorizzare gli interventi futuri*

475 Gianlorenzo Dellabartola, Anna Dell'Amico  
*Georeferenziazione e analisi multilivello per la conoscenza e la rappresentazione digitale dell'isola di Madonna del Monte a Venezia*

487 Anna Marotta, Giulio Marchettoni  
*La cittadella di Alessandria, faro di pace in Europa: un progetto del Consiglio d'Europa dalla storia al futuro*

**SEZIONE 2 - Restauro, riuso, fruizione, valorizzazione:  
teorie, orientamenti e indirizzi metodologici per la conservazione del patrimonio  
architettonico, archeologico, paesaggistico e delle componenti materiche e strutturali**

499 Fabio Ambrogio  
*Il teatro e l'anfiteatro di Magontiacum. Progetti e trasformazioni per la tutela del patrimonio archeologico. Un work in progress*

511 Elisabetta Grandis  
*Nascita e adattamenti del tempio valdese di Genova: da Carlo Gabetti a Giovanni Klaus Koenig*

521 Matilde Caravello  
*La Grotticina di Madama: il rilievo critico di un arredo cinquecentesco all'interno del Giardino di Boboli a Firenze*

531 Andrea Savorelli  
*Il chiostro dell'abbazia di San Mercuriale a Forlì, dal restauro di "innovazione" di Gustavo Giovannoni del 1939 ai restauri conservativi nel nuovo millennio*

541 Emanuele Romeo  
*Alcune considerazioni sul restauro archeologico tra conservazione della memoria e valorizzazione compatibile*

551 Maria Parente, Federica Ottoni  
*Una conoscenza guidata tra geometria, storia e struttura: la conservazione delle strutture in legno in ambiente H-BIM*

563 Ilaria Forti, Isabella Friso, Gabriella Liva, Irene Rocca  
*San Francesco della Vigna a Venezia. Tecniche di rilievo per la valorizzazione e il monitoraggio dei beni architettonici*

575 Chiara Atanasi Brilli  
*Progetto di riqualificazione e restauro del complesso edilizio del mercato coperto di piazza Cavour\_ PNNR Missione 5 Rigenerazione Urbana*

585 Gabriella Guarisco, Daniela Oreni  
*La conoscenza per la valorizzazione della foresteria dell'abbazia cistercense di Chiaravalle Milanese*

597 Brunella Canonaco  
*Dalla conoscenza alla conservazione di un patrimonio di archeologia industriale nel Mediterraneo: le Imprese della Cannamele*

609 Angela Valentina Campolongo, Federica Castiglione  
*Analisi per la conoscenza di un opificio molitorio emblematico nella Calabria Citra: il Mulino di Mezzo nella Valle del Fullone.*

621 Adriana Trematerra  
*Strategie di valorizzazione per un turismo religioso sostenibile: il riuso dell'architettura ortodossa balcanica*

631 Marta Inama, Cinzia Martino, Alessia Vergari  
*Advanced technologies for built cultural heritage conservation: palazzo Polo – Freguglia facade*

641 Cecilia Antonini Lanari  
*Restauro e museografia in Italia*

649 Calogero Bellanca, Susana Mora Alonso-Muñoyerro  
*Un ejemplo histórico en España: los Paradores*

661 Laura Suvieri, Fabio Bianconi, Marco Filippucci, Andreas Lechner  
*Typological adaptive reuse of contemporary European commercial derelicts. Studies for the transformations of real estate into multifunctional third spaces*

673 Valentina Vacca  
*Narrating ancient landscapes: infrastructure and archaeological areas*

681 Enrica Petrucci, Claudia Vagnozzi  
*Itinerari di patrimonio alla riscoperta dei manufatti legati all'uso dell'acqua*

693 Maria Grazia Ercolino  
*L'insediamento industriale della Snia-Viscosa a Roma: cento anni di [r]esistenza tra storia, natura e architettura*

705 Alessandra Renzulli, Luisa Lombardo  
*Between the enhancement of heritage and geotourism: sustainable approaches for the re-generation of Geoparks UNESCO*

717 Manlio Montuori, Luca Rocchi  
*La conservazione preventiva nei luoghi custodi della memoria e il monitoraggio degli agenti biodeteriogeni*

727 Giovanna Badaloni  
*Oltre il Muro. Verso Nuovi Scenari di Valorizzazione e Riuso della Cittadella di Ancona*

739 Benida Kraja, Fiona Nepravishta, Vjola Ilia  
*The impact of systematic cataloging on the preservation of cultural heritage for traditional albanian tower house*

749 Francesca Albani, Matteo Gambaro  
*Il patrimonio diffuso come occasione per la città di riscoprire sé stessa. Il caso delle zone "extra moenia" di Monza*

761 Calogero Vinci, Gianvito Cacciatore  
*I balconi in travertino di Alcamo. Analisi e conoscenza per un recupero compatibile*

- 773 Fiona Nepravishta  
*Industrial heritage preservation and adaptive reuse: Kombinat case study*
- 785 Anna Laura Petracci  
*L'auto-recupero nel cantiere di restauro del Palazzo del Podestà al Galluzzo a Firenze: una forma partecipata per il riuso e la valorizzazione del patrimonio culturale*
- 797 Elisabetta Caterina Giovannini, Davide Prati, Virna Maria Nannei, Giulio Mirabella Roberti  
**Interdisciplinarity in architecture: an HBIM data modelling approach for the church of San Tomè in Almenno (BG)**
- 809 Anna Trupia  
*Scenari di riuso e valorizzazione delle rovine archeologiche. Il caso delle Terme Imperiali di Caracalla a Roma*
- 821 Marco Ricciarini, Anastasia Cottini, Veronica Braccini  
*Metodologie di documentazione digitale per la valutazione e il recupero di insediamenti urbani: i casi studio di Camporgiano, Fornovolasco e Villa Basilica (LU)*
- 833 Antonella Versaci, Raimon Farré Moretó, Núria Salvadó Aragonès, Luca Renato Fauzia, Michele Russo, Irene Vaccalluzzo  
*Dalla percezione del genius loci al progetto. Proposte di riuso dell'ex chiesa di Sant'Anna a Piazza Armerina*
- 845 Massimiliano Savorra, Francesca Galasso  
*Digital storytelling and participatory tools. Enhancing and preserving the urban historical memory of the city of Bethlehem*
- 857 Sofia Velichanskaia, Nora Lombardini  
*"Bitter work": the problem of safeguarding policies the Modernist heritage of former Soviet Republics*
- 867 Miriam Terzoni, Nora Lombardini  
*Awareness of context identity for the conservation of cultural heritage*
- 877 Monica Resmini  
*La facciata delle Marmoreas... Doms di Benedetto Ghislandi (detta dell'Arciprete): cronaca di un restauro*
- 887 Beatrice Bolandrini, Roberta Grazioli  
*Affreschi strappati nel monastero di S. Spirito a Bergamo: restauro e rinascita*
- 897 Christian Campanella, Michela Tesson  
*Le ragioni del progetto (di architettura). Ritrovare Santa Marta*
- 909 Clara Verazzo  
*The modern ruin. some reflections about the monument Gabriele D'Annunzio*
- 921 Daniela Oreni, Gianfranco Pertot  
*La tormentata vicenda della chiesa e dell'ex monastero di San Bernardo in Milano, sede del collegio Calchi Taeggi. Studi e rilievi per la conoscenza, la conservazione e il riuso*
- 933 Alessandro Bazzoffia  
*Peschiera: fortezza veneziana di terraferma tra il Garda e il Mincio*

- 941 Fauzia Farneti  
*Palazzo Pucci a Firenze e il restauro innovativo di Piero Sanpaolesi*
- 951 Susanna Caccia Gherardini  
*Usus sine doctrina. Around a possible theory of micro-restoration*

**SEZIONE 3 - Mitigazione del rischio sismico, idrogeologico e antropico dei Beni Culturali, architettonici, urbani e ambientali: indirizzi e criticità degli interventi di conservazione finalizzati alla tutela del Patrimonio**

- 963 Andrea Donelli  
*Dissonanze: disegno – rilievo recupero e/o restauro del costruito edilizio*
- 975 Guido Romano, Gabriele Bernardini, Enrico Quagliarini, Marco D'Orazio  
*Flood risk in historic built environments: how do safe human behaviors matter?*
- 985 Maria Teresa Cristofaro, Giorgio Caselli, Costanza Stramaccioni, Marco Tanganelli  
*Studio sperimentale delle prestazioni meccaniche di una malta a base di calce per interventi su edifici monumentali*
- 997 Filippo Maria Del Vecchio, Anna Livia Ciuffreda, Agnese Gasparotti, Marco Tanganelli  
*Approcci integrati per la conoscenza ai fini della valutazione della sicurezza strutturale di edifici scolastici*
- 1009 Nebai Osorio Ugalde  
*Riabilitazione del patrimonio storico per la sostenibilità di Città del Messico*
- 1019 Gülru Koca  
*Evaluation of retrofit interventions in terms of seismic resistance*
- 1029 Cesare Tocci, Francesca De Cola  
*La standardizzazione del rilievo del danno. Meccanismi ricorrenti nei sistemi voltati in occasione del terremoto de L'Aquila del 2009*
- 1041 Francesco Monni, Enrico Quagliarini  
*Confinamento di colonne in muratura di mattoni facciavista con micro-trefoli in acciaio annegati nei giunti di malta: risultati sperimentali*
- 1053 Francesco Monni  
*L'intervento di recupero come risorsa per avviare un processo di conservazione preventiva: il caso del Palazzo Comunale di Corinaldo (Marche, Italia)*

**SEZIONE 4 - Strategie di intervento sul patrimonio costruito: abitabilità, accessibilità, trasformabilità, adattabilità e resilienza**

- 1065 Francesco Spada, Laura Greco  
*Un contributo alla conoscenza del patrimonio costruito prefabbricato del Sud-Italia. Due interventi degli anni Settanta a Cosenza*



- 1077 Pierfrancesco Fiore, Antonio Nesticò, Francesco Pisani, Emanuela D'Andria  
*Strategies for the sustainable regeneration of small towns: integrated reuse. Model and application to a case study in Campania (Italy)*
- 1087 Domenico Amati, Marica Marazia, Sabrina Mellacqua  
*Il patrimonio ecclesiastico abbandonato: il caso dell'ex convento di Sant'Elia a Trepuzzi. Conoscenza, conservazione, restauro e valorizzazione*
- 1099 Cristina Navajas Jaén  
*El museo Kolumba de Peter Zumthor en Colonia. Una construcción sobre las ruinas de la antigua iglesia gótica*
- 1111 Maria Grazia Cianci, Michela Schiaroli  
*Lo spazio dell'immateriale. La ex fabbrica Mira Lanza, tra permanenze archeologiche e connessioni dello spazio urbano*
- 1121 Domenico Chizzoniti, Tommaso Lolli, Amra Salihbegovic  
*The post-war reconstruction of spaces for worship.three project proposals in Mosul*
- 1133 Michele La Noce, Grazia Massimino, Gaetano Sciuto  
*Il recupero dell'architettura rurale. Il caso studio della masseria Maucini*
- 1143 Laura Magri  
*Efficientamento energetico e valorizzazione dell'architettura residenziale del secondo Novecento. Sfide, ricadute e potenzialità degli incentivi fiscali*
- 1151 Rolando Pizzoli, Paola Bassani, Giuliana Cardani  
*The preservation of cultural heritage through the national recovery and resilience plan: opportunities and criticalities*
- 1161 Fausta Fiorillo, Riccardo Mirri, Giuliana Cardani  
*Back to court: a reuse perspective to preserve identity and memory of Palazzo Visconti Nuovo (Brignano Gera d'Adda - BG)*
- 1173 Federica Ribera, Antonello Pagliuca, Pier Pasquale Trausi, Giulia Neri, Roberto Facendola  
*Conoscenza e recupero della Palazzina di Comando dell'Idroscalo di Taranto di Armando Brasini*
- 1183 Santi Maria Cascone, Lucrezia Longhitano, Salvatore Polverino, Giuliana Sciacca  
*Conoscenza, recupero e riutilizzo. Il caso genovese del Tabarca*
- 1195 Giorgia Ranieri  
*Patrimonio architettonico VS. speculazione edilizia: la masseria Solito a Taranto*
- 1205 Giorgia Strano, Francesca Castagneto  
*Ripensare i nuovi luoghi della cultura: strategie ibride di recupero e riuso culturale. Il progetto di rigenerazione urbana degli Ex Magazzini della Stazione Ferroviaria di Noto*
- 1217 Vincenzo Sapienza, Angelo Monteleone  
*Digital building technologies for the architectural sustainable modules, in fragile context. Application in the fragile context of Aeolian islands*
- 1229 Daniela Besana, Carmine Isi, Marco Morandotti  
*Strumenti di valutazione per la lettura del grado di reversibilità del patrimonio costruito*
- 1241 Rebecca Moroni, Cinzia Maria Luisa Talamo, Oscar Eugenio Bellini  
*Il riuso a scopi sociali dei beni confiscati alla criminalità organizzata: il caso di regione Lombardia*
- 1253 Valentina Spagnoli, Maria Vittoria Arnetoli, Sandra Carlini  
*La residenzialità studentesca come strumento di rigenerazione del patrimonio storico e moderno dismesso*
- 1263 Salvatore Di Maggio, Calogero Di Maggio, Rossella Corrao, Calogero Vinci  
*Volte realine. Interventi di recupero e manutenzione*
- 1273 Gianni Di Giovanni  
*Una metodologia operativa per il recupero tecnologico degli aggregati edilizi: verso un modello di interoperabilità*
- 1283 Attilio Ferraro, Emanuela D'Andria, Pierfrancesco Fiore  
*Riuso adattivo e flessibilità architettonica: un modello partecipato e sostenibile per la trasformazione del Complesso "Lanzani" in Barlassina (MB), Italia*
- 1295 Vjola Ilia, Florian Nepravishta, Benida Kraja  
*Restoration and revitalisation of Korça and Gjirokastra bazaars in Albania*
- 1307 Giuseppe Canestrino, Roberta Lucente  
*Dialoghi compositivi con le fortificazioni. Una mappatura (2009 -2024) per la codifica di possibili azioni progettuali sulle fortezze "alla moderna"*
- 1319 Alessandro Greco, Marco Morandotti, Daniela Besana  
*Strategie e approcci sostenibili per l'edilizia universitaria: la rigenerazione dell'area degli "Istituti Scientifici" in Pavia*
- 1331 Alberto Anello, Angelo Ganazzoli, Luigi Savio Margagliotta  
*Il borgo rurale nella contemporaneità: progetti per la valorizzazione*
- 1343 Antonino Margagliotta, Paolo De Marco, Emanuele Richiusa  
*Il patrimonio e la città. Un'occasione di riuso adattivo*
- 1355 Teresa Casale, Emilia Garda, Valentina Porta  
*L'educazione alla legalità. Il caso dei beni confiscati alle mafie*
- 1367 Luca Zecchin  
*Architettura interrotta. Paesaggio interspeciale*
- 1379 Simonetta Acacia  
*Uso e riuso delle ville genovesi tra trasformazioni urbane e tutela*
- 1391 Emanuele Garda, Marta Rodeschini  
*Strumenti di partenariato speciale e processi di rigenerazione del patrimonio pubblico: l'esperienza del Monastero del Carmine a Bergamo*
- 1403 Pedro Murilo Freitas, Cristina Tasso, Ana Marques, João Ling, Teresa Cunha Ferreira  
*Training Experiences on Contemporary Architectural Heritage through heuristic activities: values-based reuse designs for the Escuelas Profesionales San José, Valencia, Spain*

- 1415 Maurizio Oddo, Alessandro Barracco  
*Architettura, Storia e Contemporaneità. Innovazione tecnologica versus Restauro del Moderno*
- 1427 Regina Helena Vieira Santos, Leticia Falasqui Tachinardi Rocha  
*Solar da Marquesa de Santos, del XVIII secolo, il suo reuso*
- 1437 Michelle Gualdi, Andrea Belleri, Elisabetta Palumbo  
*Riuso di pannelli in acciaio formato a freddo per la riqualificazione integrata di edifici esistenti e per nuove costruzioni*
- 1447 Pablo Alejandro Cruz Franco, Elena Gómez Bernal, María Pérez Sendín, Adela Rueda Márquez de la Plata  
*Nuevas fronteras en la conservación del patrimonio: integración de NERF en la restauración de monumentos arquitectónicos y control de obra.*
- 1457 Pablo Alejandro Cruz Franco, Diego Gaspar Rodríguez, Elena Gómez Bernal, María Pérez Sendín, Adela Rueda Márquez de la Plata  
*DIGIMAP: diseño y gestión eficiente de gemelos digitales mediante sistemas de información: bases de datos geospaciales para la preservación del patrimonio arquitectónico*
- 1469 Giorgio Ghelfi  
*Trattamenti conservativi per la pietra. Il caso della Porta de las Granadas dell'Alhambra*
- 1479 Eugenio Vassallo, Bogumil Filipczuk, Giuseppe Nucara, Riccardo Sonzogni, Virginio Brocajoli, Carlo Pavan, Alessio Leondini, Paolo Sette  
*Dal Restauro del Grand Hotel di San Pellegrino Terme spunti e riflessioni su questioni di metodo e scelte operative*

**SEZIONE 5 - Strategie di intervento per la gestione, la rivitalizzazione e la rigenerazione delle città, dei centri storici e delle aree periferiche: pianificazione, strategie e progetti di intervento sul costruito urbano, sul territorio e sul paesaggio**

- 1489 Pablo Altaba Tena, Juan A. García-Esparza, Anna Valentín  
*Assembling cultural and natural values in vernacular landscapes: an experimental analysis*
- 1499 Samia Chergui  
*Using building archaeology for a more careful and efficient restoration of architectural heritage in ottoman Algiers*
- 1511 Alessandra Palma  
*Ri-costruire con la vegetazione. Kamarina (Ragusa) e la percezione del tempo*
- 1523 Laura Lucarelli, Arturo Gallozzi, Marcello Zordan, Michela Cigola  
*Conservazione e recupero dei centri storici minori: il caso di Atina nel Lazio Meridionale*
- 1535 Laura Lucarelli, Arturo Gallozzi, Michela Cigola, Marcello Zordan  
*Castelli e architetture difensive nei centri minori italiani. Il caso studio della Valle di Comino*
- 1547 Ivana Passamani, Olivia Longo, Virginia Sgobba, Davide Sigurtà  
*Il paesaggio dentro l'architettura. Microarchitetture per una nuova mobilità sostenibile e resiliente*

- 1559 Barbara Scala  
*Oltre il mutuo aiuto: il valore del credere nelle risorse locali per la rivitalizzazione del territorio e del paesaggio dell'alta Valle Trompia*
- 1571 Alessandra Vazzoler, Olivia Longo, Davide Sigurtà  
*Progetto di valorizzazione architettonica e urbana delle "Ex Trafilerie" a Nave (BS)*
- 1583 Francesca Bilotta, Francesco Garofalo  
*Fabbriche rurali nella Piana di Sibari: l'esempio di masseria Torre della Chiesa*
- 1593 Maria Paola Gatti, Giorgio Cacciaguerra  
*To regenerate the small villages of the Terragnolo Valley through responsible and sustainable tourism*
- 1603 Claudia Battaino, Maria Paola Gatti, Andrea Zaniboni  
*The Arco landscape factory: conservation, valorisation and use of the rural heritage*
- 1613 Cristian Tolù, Stefania Mornati, Iliaria Giannetti  
*Valorizzare il patrimonio della prefabbricazione leggera in Italia: una piattaforma digitale a supporto della "decostruzione selettiva"*
- 1623 Mariangela Carlessi, Fabrizio Bonomi, Sergio Valetti  
*The 'Belvedere' Compendium in Alzano Lombardo. Themes and strategies for managing a multifaceted and complex heritage*
- 1635 Emanuele Giaccari, Paolo Giannandrea, Marianna Calia, Mariangela Piumini, Emanuel Quarto  
*Il patrimonio immobiliare abbandonato di Alianello in Basilicata. Analisi e proposte per il riuso*
- 1649 Lia Ferrari, Massimo Cotti  
*Architetture storiche rurali: una proposta di valorizzazione per il "Casello" della Commenda Gerosolimitana in Calerno*
- 1661 Giulia Luciani  
*Patrimonio in azione. Mobilizzare il passato nella rigenerazione ecologica delle città europee*
- 1673 Corrado Scudellaro  
*I fattori di rischio antropico sul patrimonio in terra lionese: cause, sintomi e prospettive*
- 1683 Mariangela Carlessi, Alessandra Kluzer  
*Oltre ogni ragionevole dubbio. Accogliere l'attitudine dei luoghi come trait-d'union tra conoscenza e progetto funzionale*
- 1693 Ornella Zerlenga, Vincenzo Cirillo, Riccardo Miele  
*In-accessibilità. Santa Maria della Sanità in Napoli fra best-practices e spazi inesplorati*
- 1703 Amra Salihbegović  
*Military brownfields. From assessment to design strategy for the Sarajevo University Campus*
- 1713 Giulia Formato  
*I silos granari. Difficoltà e opportunità per il riuso a confronto*

- 1725 Elena Zanazzi, Luca Leoni  
*Chiese emiliane e storia sismica recente: un'indagine sull'(in)efficacia degli interventi pregressi*
- 1737 Altea Panebianco, Barbara Caselli  
*Piattaforme digitali per le aree interne. Il caso studio di Stigliano*
- 1749 Lorna Dragonetti, Cecilia Mazzoli, Anna Chiara Benedetti, Annarita Ferrante  
*Riqualificazione energetica del patrimonio edilizio scolastico recente: metodo S.C.O.R.E.S. per la valutazione degli impatti delle strategie sostenibili di intervento*
- 1761 Stefano Cecamore  
*Earthquakes and endless reconstructions. Irpinia 1980, from Lioni to Cairano towards adequate protection and conservation of the historic centres*
- 1773 Stefano Cecamore, Arianna Petraccia  
*La chiesa dei SS. Marciano e Nicandro, terremoti, trasformabilità e adattabilità del patrimonio culturale aquilano*
- 1785 Stefano Cecamore  
*Una comunità per la conservazione e valorizzazione della Piana del Cavaliere. La tutela del patrimonio e la chiesa di San Giorgio Martire a Pereto (AQ)*
- 1795 Ilva Hoxhaj  
*Valona tra suolo e acqua: riconnettere il tessuto urbano attraverso il progetto del waterfront*
- 1805 Francesco Paolo R. Marino  
*Ventilated rainscreen, new materials and modern construction techniques in the renovation and recovery of a historic heritage building*
- 1817 Gianluca D'Agostino  
*Il patrimonio architettonico di Shahjahanabad: un destino incerto per le haveli della città vecchia di Delhi tra abbandono, heritage hotels e centri culturali*
- 1825 Esther Almarcha Núñez-Herrador, Rafael Villena Espinosa, José Manuel López Torán  
*Patrimonio monumental y turismo en la España Franquista*
- David Ordóñez-Castañón, Teresa Cunha Ferreira, Poliana Marques da Silva  
1835 *Continuity and creation: adaptive reuse of a manor house in Esposende as Municipal Library by Bernardo Ferrão (1979-1992), Portugal*
- 1847 Carlo Atzeni, Stefano Cadoni, Massimo Faiferri, Stefano Mais, Silvia Mocci, Marco Moro, Fabrizio Pusceddu  
*Scientific infrastructure and landscape. First developments of the "Laboratory of architecture and territory" of the etic project*
- 1857 Marco Galimberti, Mauro Casartelli  
*Aree industriali dismesse: fragilità delle strategie di intervento per il comparto sud della Ticosa di Como (1982-2024)*
- 1867 Elena Cantatore, Vincenzo Ambrosio, Margherita Lasorella, Fabio Fatiguso  
*The systematization of technical information about architectural heritage in historic district by Citygml-Based Models. Preliminary activities towards digital recovery plans*
- 1879 Francesca Privitera, Emiliano Romagnoli  
*Contemporary Models of Co-living for 'the three human ages': strategie di intervento per una rigenerazione urbana e sociale del quartiere del Soccorso a Prato*
- 1891 Caio Felipe Gomes Violin, Renata Baesso Pereira  
*The reuse Project of Fazenda Mato Dentro in the city of Campinas-SP (Brazil): From a manor house to a Peace Museum*
- 1899 Albina Sciotti, Ippolita Mecca  
*Il riuso degli edifici storici dismessi: il caso delle carceri*
- 1911 Alberto Cervesato  
*Borghi urbani. Sguardi progettuali per il riuso*
- 1923 Francesca Picchio, Marianna Calia, Silvia La Placa, Rossella Laera  
*Strategie di documentazione integrata e di rilievo speditivo per la valorizzazione dei contesti fragili*
- 1935 Sara Brescia, Giulia Porcheddu, Francesca Picchio  
*Strategie di rappresentazione di uno scavo archeologico*
- 1947 Chiara Marchionni  
*Strategies for the regeneration and revitalisation of historic port areas: the case of the "caliscendi" of the port of Giulianova (TE)*
- 1959 Silvia Meschini, Lavinia Chiara Tagliabue, Stefano Rinaldi, Giovanni Miri, Andrea Bracciali, Roberto Nai, Rosa Meo, Giuseppe Di Giuda  
*Blockchain-Driven Transparency: Revolutionizing Construction Tenders with Smart Contracts and Sustainable Waste Management*
- 1971 Luca Guardigli, Annarita Ferrante, Sara Lanzoni, Carlo Costantino, Lei Sun  
*Exploring the potential of wood for urban densification: a case study of sustainable architectural design education*
- 1983 Chiara Marchionni, Eleonora Laurini, Marianna Rotilio, Gianni Di Giovanni  
*La rigenerazione urbana sostenibile per le città resilienti. Il caso di studio del complesso sportivo di "Centi Colella" dell'Aquila*
- 1995 Elena Paudice  
*La memoria dei territori della produzione e la forma del paesaggio. Tutelare l'abitare attraverso il recupero della storia dei luoghi*
- 2007 Martina Porcu  
*Il ruolo delle grandi fabbriche dismesse nei processi di riqualificazione e rigenerazione urbana*
- 2019 Ana Velosa, Hugo Rodrigues, Paulo Silva  
*Intervention in historic villages: conservation, rehabilitation and sustainability*





## INTRODUZIONE

Anche quest'anno il convegno ReUSO, in continuità con le scorse edizioni, si conferma un evento di interesse e attualità nei confronti di una sempre più ampia comunità scientifica che opera con prezioso impegno nei confronti della conoscenza, della conservazione e della salvaguardia del patrimonio.

Il tema del "riuso" di luoghi del nostro presente, che da sempre subiscono modificazioni di forma e di funzione per adattarsi alle necessità emergenti dell'odierno vivere dell'uomo, incontra oggi più che mai l'aspetto di una concreta possibilità di un loro riutilizzo. Le recenti crisi che hanno interessato la nostra contemporaneità, dall'improvviso arresto del boom edilizio alla crisi pandemica, alle più vicine e drammatiche vicende belliche o idrogeologiche che stanno sconvolgendo le nostre città, ci stanno costringendo ad un sostanziale ripensamento dei luoghi che abitiamo. Questi dovranno rispondere ad una molteplicità di esigenze, da quella estetico-conservativa ad una più manutentiva e gestionale, che garantisca sicurezza e qualità per l'edificio e per chi lo abita, in un ri-uso inteso su varie discipline e declinazioni. Il carattere interdisciplinare del convegno, che dalla sua prima edizione fonda, su un'attenta analisi e conoscenza del patrimonio costruito, lo sviluppo di proposte per un suo riutilizzo consapevole, vuole mostrare una profonda connessione di tematiche che spesso agiscono autonomamente ma che, in questo contesto, trovano ampio margine di dialogo per sviluppare soluzioni a vantaggio della comunità scientifica e non.

Tale collaborazione si riflette a partire dalla stessa struttura di questa dodicesima edizione. Organizzata a Bergamo dal 29 al 31 ottobre 2024, ReUSO 2024 si avvale della preziosa collaborazione di tre Atenei, affidandone, nello specifico, la direzione scientifica al Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate (DISA) dell'Università degli studi di Bergamo, al Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura dell'Università degli studi di Pavia (DICAr) e al Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università degli studi di Enna "Kore".

Beneficiando del patrocinio delle Società scientifiche dei settori disciplinari del Disegno, del Restauro dell'Architettura e della Tecnologia, del supporto di numerosi partner istituzionali, fondazioni, istituzioni museali, associazioni culturali e aziende operanti per la documentazione del patrimonio esistente, l'evento ha inteso stimolare la discussione sulle questioni inerenti a un riutilizzo consapevole e sostenibile del patrimonio costruito e paesaggistico, fondato su un rigoroso e accurato progetto di conoscenza e documentazione, necessario alla comprensione e al mantenimento della memoria storica dei luoghi e dei beni.

Il Complesso di Sant'Agostino, una delle sedi dell'Ateneo di Bergamo, diviene scenario di questo dibattito culturale, nobile testimonianza di un rapporto simbiotico instaurato con il territorio di cui costituisce la 'dorsale culturale'. La Città Alta di Bergamo ne diviene, in tal senso, un'eccellente cornice: circondata da imponenti mura veneziane, dichiarate Patrimonio dell'Umanità dall'UNESCO nel 2017, è tuttora un centro storico integro e vitale, reso tale da quel piano elaborato da Luigi Angelini negli anni Trenta del secolo scorso che ne permise il risanamento e la conservazione.

Straordinaria è stata l'adesione da parte di qualificati studiosi nazionali e internazionali, che hanno trovato in questo quadro un importante terreno di confronto e riflessione, di presentazione delle loro ricerche, di scambio di idee e visioni, in un ambito internazionale che contraddistingue Bergamo come una delle realtà più fiorenti in Italia.

Tale aspetto emerge anche nella scelta di favorire la partecipazione dei giovani ricercatori, sicuramente forieri di nuovi ed innovativi sviluppi della ricerca, indicando strade ancora non battute e in grado di intercettare fenomeni emergenti sui temi del convegno. Il positivo riscontro e l'ampia partecipazione di una comunità scientifica giovane hanno prodotto contributi e attività di ricerca all'avanguardia su molti settori disciplinari, sia in termini numerici che di qualità dei risultati presentati.

Le oltre duemila pagine di questo volume racchiudono i centosettantotto saggi selezionati in seguito ad un processo di double blind peer review da parte di revisori afferenti al comitato scientifico. Intrecciando competenze e saperi anche molto diversificati, la raccolta dei contributi giunti a questa dodicesima edizione dimostra la capacità di colleghi e ricercatori di aprire il proprio campo di ricerca per integrarsi in una visione unica volta a rileggere in maniera consapevole il passato e a preservarne i valori al fine di poter interpretare e tutelare il futuro del patrimonio ereditato esistente, in una visione sostenuta da criteri di uso compatibile e sostenibile.



In tal senso, gli autori sono stati invitati a riflettere su tali obiettivi, ordinati e organizzati in cinque diverse macro-sezioni:

**Sezione 1** - Tecnologie e strumenti al servizio del percorso di conoscenza: letture storico-critiche, documentazione, rappresentazione, valorizzazione del patrimonio costruito e paesaggistico anche mediante il mondo digitale;

**Sezione 2** - Restauro, riuso, fruizione, valorizzazione: teorie, orientamenti e indirizzi metodologici per la conservazione del patrimonio architettonico, archeologico, paesaggistico e delle componenti materiche e strutturali;

**Sezione 3** - Mitigazione del rischio sismico, idrogeologico e antropico dei Beni Culturali, architettonici, urbani e ambientali: indirizzi e criticità degli interventi di conservazione finalizzati alla tutela del Patrimonio;

**Sezione 4** - Strategie di intervento sul patrimonio costruito: abitabilità, accessibilità, trasformabilità, adattabilità e resilienza;

**Sezione 5** - Strategie di intervento per la gestione, la rivitalizzazione e la rigenerazione delle città, dei centri storici e delle aree periferiche: pianificazione, strategie e progetti di intervento sul costruito urbano, sul territorio e sul paesaggio.

La trasversalità dei temi trattati nei contributi ha consentito di organizzare gli atti seguendo gli argomenti delle ricerche anziché i settori scientifici, a testimonianza di un tema e di una tendenza metodologica che, per sua natura, appare multidisciplinare. Oltre a contributi che trattano delle più aggiornate pratiche di rilievo e documentazione digitale, anche con tecnologie e software di intelligenza artificiale, sono trattati aspetti legati all'interpretazione e alla gestione dei dati, alle pratiche di mantenimento e intervento sul bene, ai quali si aggiungono aspetti più teorici sui temi del restauro. Sono inoltre considerati centrali quegli aspetti di analisi strutturale e di messa in sicurezza antisismica, oltre agli aspetti legislativi ed economici legati al problema dell'edilizia fra sicurezza strutturale e compatibilità architettonica, così come le attività di recupero in contesti di fragilità fortemente connessi al territorio.

Un caloroso ringraziamento va, dunque, a chi ha reso possibile questo convegno, dall'Associazione ReUSO, che ha affidato alle tre sedi il compito di organizzare l'evento del 2024, al team di ricercatori dei tre atenei che hanno duramente lavorato perché questo dialogo scientifico potesse esserci anche quest'anno, ai patrocinanti e agli sponsor per il supporto che oggi giorno è quanto mai apprezzato, e a tutti i partecipanti di questo convegno, che, condividendo con noi gli esiti delle loro ricerche, hanno contribuito ad alimentare quella grande rete pulsante che è l'organismo ReUSO.

Alessio Cardaci, Francesca Picchio, Antonella Versaci  
*Direttori Scientifici del Convegno Reuso 2024*

## INTRODUCTION

Once again this year, the ReUSO conference, in continuity with past editions, reaffirms its position as an event of significant relevance and interest, engaging an ever-growing scientific community dedicated to the study, preservation, and protection of heritage. The theme of 'reuse' in our present—considering places historically adapted in form and function to meet evolving human needs—now presents a tangible opportunity for sustainable repurpose. Recent global crises, from the abrupt halt in construction growth to the pandemic and more immediate dramatic events like warfare and environmental disruptions, are driving a reassessment of inhabited spaces. These spaces will need to meet a wide array of needs, from aesthetic conservation to enhanced maintenance and management, ensuring safety and quality for buildings and occupants alike. This concept of reuse spans multiple disciplines and applications.

The interdisciplinary nature of the conference, which from its inception has focused on a careful analysis and understanding of built heritage to guide thoughtful reuse proposals, fosters the intersection of topics that often function independently. Here, however, they find generous opportunities for dialogue, fostering solutions that benefit both the scientific community and the broader public. This collaborative spirit is reflected in the very structure of this twelfth edition. Organized in Bergamo from October 29 to 31, 2024, ReUSO 2024 benefits from the collaboration of three universities: the scientific direction is led by the Department of Engineering and Applied Sciences (DISA) of the University of Bergamo,

the Department of Civil Engineering and Architecture (DICAr) of the University of Pavia, and the Department of Engineering and Architecture of Kore University of Enna.

With the sponsorship of scientific societies from the disciplines of Drawing, Architectural Restoration, and Technology, and with the support of numerous institutional partners, foundations, museums, cultural associations, and companies working in heritage documentation, this event aims to spark discussions on issues related to the mindful and sustainable reuse of built and landscape heritage. This objective rests on a rigorous and precise knowledge and documentation project, essential for preserving the historical memory of places and assets.

The Sant'Agostino Complex, a campus of the University of Bergamo, becomes the setting for this cultural dialogue—a noble testament to a symbiotic relationship with the region, forming a “cultural backbone”. Bergamo's Città Alta, surrounded by the monumental Venetian walls designated a UNESCO World Heritage site in 2017, is an ideal backdrop: it remains a vibrant and intact historic center, preserved thanks to Luigi Angelini's plan from the 1930s, which allowed for its restoration and conservation. The extraordinary participation of distinguished national and international scholars established this event as a valuable platform for idea exchange, presenting research, and sharing insights within an international framework that positions Bergamo as one of Italy's most flourishing research centers. This spirit is further embodied in the focus on young researchers, who bring innovative perspectives, explore uncharted areas, and capture emerging phenomena related to conference themes. The positive reception and active participation of a younger scientific community have generated pioneering contributions and research efforts across multiple fields, notable both in the number and quality of the essays presented.

This volume of over two thousand pages contains the 178 essays selected through a double-blind peer review process by the scientific committee's reviewers. Through combining diverse expertise and perspectives, this collection demonstrates the capacity of colleagues and researchers to broaden their fields and contribute to a unified vision that reinterprets the past and preserves its values, aiming to safeguard and interpret the future of inherited heritage with criteria for compatible and sustainable use.

In this vein, authors were encouraged to reflect on these goals, organized into five distinct macro-sections: **Section 1** - Technologies and tools for knowledge: historical-critical analysis, documentation, representation, and enhancement of built and landscape heritage, including digital means.

**Section 2** - Restoration, reuse, enjoyment, and enhancement: theories, orientations, and methodological approaches for the conservation of architectural, archaeological, and landscape heritage and their material and structural components.

**Section 3** - Mitigating seismic, hydrogeological, and anthropogenic risks for Cultural Heritage and urban and environmental assets, including challenges and guidelines for conservation aimed at protecting heritage.

**Section 4** - Intervention strategies for built heritage: habitability, accessibility, adaptability, and resilience.

**Section 5** - Intervention strategies for the management, revitalization, and regeneration of cities, historic centers, and peripheral areas: planning, strategies, and projects for urban, territorial, and landscape heritage. The thematic breadth of these contributions has allowed for organizing the proceedings by research topics rather than scientific sectors, showcasing the multidisciplinary nature of the theme and methodological approach. In addition to contributions on the latest practices in surveying and digital documentation—using AI-driven technologies and software—the collection also includes insights on data interpretation and management practices, maintenance and intervention methods, as well as theoretical aspects of restoration. Central topics also include structural and seismic analysis, along with legislative and economic considerations related to the balance between structural safety and architectural compatibility, and recovery activities in contexts of high environmental vulnerability.

We extend our heartfelt thanks to those who made this conference possible: the ReUSO Association, which entrusted the three universities with organizing the 2024 event, the team of researchers from the three universities who worked tirelessly to ensure this scientific dialogue could take place again this year, the sponsors and supporters whose contributions are increasingly valuable, and all the conference participants. By sharing their research findings, they have helped to foster the dynamic and interconnected network at the core of the ReUSO community.

Alessio Cardaci, Francesca Picchio, Antonella Versaci  
*Scientific Directors of the ReUSO 2024 Conference*

## CONSERVARE IL PATRIMONIO IN TEMPO DI CRISI

*“Testimone della presenza di un altro tempo all’interno del nostro tempo,  
l’ambasciatore d’un altro mondo all’interno del nostro mondo”*  
(I. Calvino)

La XII edizione del convegno ReUSO organizzata a Bergamo dal Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate (DISA) dell’Università degli studi di Bergamo è dedicata ai temi della documentazione, restauro e rigenerazione sostenibile del patrimonio costruito.

L’incontro ha mirato a stimolare la discussione da parte degli studiosi, raccolti quest’anno a Bergamo, presso la Sede universitaria di Sant’Agostino dal 29 al 30 Ottobre 2024 sulle questioni inerenti il riutilizzo consapevole e sostenibile del Patrimonio Costruito e Paesaggistico, fondato su un rigoroso e accurato progetto di conoscenza e documentazione necessaria all’intendimento e al mantenimento della memoria storica del luogo e del bene.

A giudicare dai numerosi interventi proposti dal convegno le tematiche proposte hanno stimolato il dibattito interdisciplinare coinvolgendo oltre che studiosi di livello nazionale ed internazionale anche numerosi giovani che si affacciano alla ricerca ed alla attività professionale in modo trasversale e con diverse prospettive, affrontano il delicato tema della conservazione, del riutilizzo e della rigenerazione dell’esistente anche sotto i differenti aspetti della sostenibilità e della migliore opportunità di conservazione e di fruizione da parte della collettività. In breve sintesi i temi hanno riguardato le tecnologie e gli strumenti al servizio del percorso di conoscenza fornendo letture storico critiche, linee guida per la valorizzazione del patrimonio costruito e paesaggistico anche mediante il mondo digitale. La conservazione ed il restauro, sono altri temi che hanno offerto un approfondimento teorico esponendo nuovi orientamenti, indirizzi metodologici e operativi per il patrimonio architettonico, archeologico, paesaggistico, anche per gli aspetti delle componenti materiche e strutturali. Il tema della mitigazione del rischio sismico, idrogeologico e antropico ha portato approfondimenti relativi a nuovi indirizzi e criticità per la valutazione degli interventi di conservazione fino alla discussione sulle strategie di intervento sul patrimonio costruito relative ai temi dell’accessibilità, adattabilità e resilienza. Un ultimo gruppo di contributi ha posto l’accento anche sui temi della gestione e della rivitalizzazione dei centri storici, delle città e delle aree periferiche dei territori. Abbiamo ormai capito che la documentazione digitale del patrimonio architettonico storico è un campo in continua evoluzione e che è diventato assolutamente indispensabile utilizzare tecnologie aggiornate per acquisire, analizzare, conservare e, soprattutto, condividere informazioni sugli edifici e sui monumenti storici. Questo tipo di documentazione aiuta a preservare il patrimonio culturale e rende più facilmente accessibili ai ricercatori e al pubblico le informazioni e le ricerche sviluppate.

Il tema della gestione del patrimonio architettonico ha evidentemente bisogno di una maggiore attenzione. Nello specifico gli enti preposti alla tutela ed alla gestione seguono diverse strategie anche se si sono attivati da tempo processi maggiormente evoluti, quali banche dati su piattaforme HBIM e progetti di documentazione digitale sensibilmente sviluppati.

Tuttavia pare ancora lontano l’obiettivo di i sistemi di protezione di dati che comportino anche aperture verso banche dati condivise ed inter operabili. Altre problematiche si aprono poi in relazione alla possibilità effettiva della conservazione dei dati digitali che sono sottoposti ai fenomeni dell’invecchiamento dei sistemi operativi ed ai naturali processi di obsolescenza dei supporti di registrazione, in relazione soprattutto alla straordinaria capacità di evoluzione ed aggiornamento dei software ed hardware offerta da un mercato in continua evoluzione.

Il rischio sistematico di origine antropica o naturale cui il Patrimonio, ed in particolare quello architettonico ed urbano, è costantemente sottoposto si è amplificato soprattutto per gli effetti dei cambiamenti climatici e dei conflitti bellici che, incredibilmente, ancor oggi si presentano in Europa e nel bacino Mediterraneo, evidenziano i numerosi rischi.

Riporto l’acuta analisi di Tommaso Montanari nel suo recentissimo lavoro intitolato “Se amore guarda. Un’educazione sentimentale al patrimonio culturale”<sup>1</sup>.

Nell’introduzione al volume asserisce: “abbiamo forse smarrito la ragione profonda per cui davvero ci interessiamo al patrimonio culturale e alla storia dell’arte: la forza di liberazione con cui apre i nostri occhi e il nostro cuore a una dimensione «altra». Il suo latente, ma fortissimo, conflitto col tempo presente, con il mondo com’è oggi (...)”.

L’ampiezza dei problemi che sono emersi nello scorcio degli ultimi anni richiede non solo risposte tecniche, ma nuovi modelli di pensiero, stili di vita e valori. Come ci ha insegnato la crisi pandemica, le questioni sono strettamente legate e, per questo motivo, richiedono un pensiero sistemico capace di cogliere i legami tra i diversi aspetti. Seguo Montanari che prosegue nelle sue considerazioni: “per vedere - per sentire - questo, tuttavia, è necessario riattivare la sua connessione con la parte più intima della nostra anima individuale e collettiva; occorre una vera e propria educazione sentimentale, che non nasconda, ma al contrario metta al centro, il coinvolgimento di noi tutti in quello che chiamiamo patrimonio culturale. La scelta della parola «educazione» potrà a qualcuno sembrare forse discutibile. Ma non vorrei parlare né di istruzione (una cosa terribilmente necessaria, ma diversa), né della formazione, bensì proprio dell’educazione, cioè della possibilità di attingere in noi stessi quella inclinazione al rapporto con i luoghi e le cose che abbiamo coltivato per secoli, che pure, oggi, pare in larga parte smarrita”.

Si giunge quindi al compito fondamentale delle nostre attività universitarie, a mettere nuovamente l’accento sull’educazione dei giovani alla percezione dei legami tra i diversi argomenti: con un approccio interdisciplinare che è essenziale, si possono insegnare comportamenti virtuosi in grado di guardare anche altre culture e al loro fondamentale contributo.

In tale scenario, l’approfondimento delle relazioni a livello internazionale, come appare nei diversi contributi presentati nel volume, dimostra la capacità di catalizzare discipline diverse, di dare senso all’innovazione tecnologica, di praticare un approccio critico, di stimolare comportamenti virtuosi, di anticipare il futuro, che può giocare un ruolo fondamentale nella alla definizione dell’ambiente fisico e digitale, ma anche relazionale della contemporaneità.

Stefano Bertocci  
*Presidente associazione ReUso*

1 T. Montanari (2023), *Se amore guarda. Un’educazione sentimentale al patrimonio culturale*, ed. Einaudi, Torino.

## PRESENTAZIONI ISTITUZIONALI

Un caloroso benvenuto a tutti i partecipanti del convegno ReUso che quest'anno fa tappa presso l'Università di Bergamo. Un ringraziamento e un apprezzamento per l'enorme lavoro svolto al collega Prof. Alessio Cardaci e a tutti i colleghi e le colleghe che hanno organizzato questo evento.

Faccio gli onori di casa anche se il luogo che ospita questo evento non è la dimora del nostro Dipartimento. Il Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate ha sede nell'area industriale alle porte della città di Bergamo, un'area che non ha il fascino artistico della Città Alta, ma che è comunque un ambito di interesse per i professionisti che si occupano di recupero del costruito.

Questo contrasto di ambienti riflette l'apparente contrasto che è presente nelle molteplici discipline che popolano il nostro Dipartimento: noi annoveriamo 25 diversi ambiti disciplinari, dall'ingegneria energetica alla chimica, dall'architettura alle scienze fisiche, dalla meccanica al restauro, dall'ingegneria civile all'elettronica. Questa nostra caratteristica fino a pochi anni fa era considerata un elemento di forte debolezza rispetto ai dipartimenti monolitici e tuttora ci penalizza in molti indicatori utilizzati per misurare la qualità della ricerca: tuttavia, noi oggi consideriamo questa nostra peculiarità un punto di forza, perché sempre più le sfide che siamo chiamati ad affrontare richiedono un approccio sistemico e sempre più è richiesto avere tante diverse lenti per mettere a fuoco piani diversi, dettagli diversi, prospettive e profondità di campo diverse.

L'auspicio che esprimo in apertura di questa conferenza è che i tanti partecipanti possano lavorare all'insegna del dialogo tra discipline diverse, scardinando la tassonomia convenzionale del sapere, superando le barriere e le gelosie delle discipline, per costruire quel sapere polidimensionale che permette di conciliare la profondità delle conoscenze e la visione larga e non settoriale, perché è solo intersecando sapientemente saperi diversi che si può tessere la tela della conoscenza.

Grazie e buon lavoro.

Giuseppe Franchini,  
*Direttore del Dipartimento di Ingegneria e  
Scienze Applicate dell'Università degli studi di Bergamo*

Sono lieto di poter presentare questo convegno, incentrato sul tema complesso e articolato delle possibilità di gestione, tutela e rivitalizzazione del patrimonio esistente e che coinvolge trasversalmente numerosi settori disciplinari, dalla storia dell'architettura, al disegno, al restauro, all'urbanistica, alla scienza delle costruzioni, alla tecnologia e alla progettazione.

Ritengo che questa occasione di dialogo e confronto scientifico, arricchita dalla partecipazione di molti relatori internazionali con competenze diversificate sull'argomento, rappresenti una preziosa opportunità di approfondimento per gli studiosi di Ingegneria e Architettura.

La tutela del patrimonio culturale è certamente un obiettivo collettivo e un impegno fondamentale per la ricerca e il convegno ReUSO, fin dalla sua prima edizione, favorisce uno scambio culturale e scientifico incentrato proprio sulle più aggiornate metodologie e tecnologie applicate al mantenimento della memoria storica del luogo e del bene.

Il Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura (DICAr) dell'Università di Pavia, già organizzatore dell'evento alla sua IV edizione, rinnova il suo impegno insieme ai colleghi del Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate (DISA) dell'Università degli studi di Bergamo e del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università di Enna "Kore". Uno spirito di collaborazione nazionale che sottolinea l'importanza di questo incontro annuale e stimola una proficua discussione sui temi, quanto mai attuali, del riutilizzo consapevole e sostenibile del Patrimonio Costruito e Paesaggistico.

Questa XII edizione affronta diversificate tematiche, che spaziano da tecnologie e strumenti al servizio del percorso di conoscenza, a teorie e odierni orientamenti di restauro, per affrontare la gestione del rischi e la tutela del patrimonio, arrivando ai concetti di trasformabilità, adattabilità e rivitalizzazione dello

stesso. La numerosa partecipazione di ricercatori dall'Italia e dall'estero, oltre ad offrire la possibilità di un confronto di ampio respiro, dimostra l'impegno dei tre dipartimenti coinvolti nell'organizzazione, rendendo il convegno anche l'occasione di rafforzare i rapporti già in essere tra le università lombarde, tramite il settore del disegno, e di tesserne nuovi e duraturi con il gruppo di restauro dalla Sicilia.

Un sentito ringraziamento quindi agli organizzatori di questo XII Convegno Internazionale ed un augurio ai relatori e partecipanti ai lavori perché possano arricchire, con le loro esperienze, la riflessione sul tema della documentazione, della conoscenza, del restauro e del riuso del patrimonio architettonico, urbano e paesaggistico.

Andrea Penna  
*Direttore del Dipartimento di Ingegneria Civile e  
Architettura dell'Università degli Studi di Pavia*

È per me un grande onore e piacere introdurre il convegno ReUso 2024 che affronta un tema così vasto e cruciale come quello della gestione, conservazione e valorizzazione del patrimonio esistente. Desidero, innanzitutto, ringraziare sentitamente l'associazione ReUso e i suoi fondatori per aver voluto riproporre anche quest'anno un incontro di tale importanza, e i colleghi del Dipartimento di Ingegneria e Scienze Applicate dell'Università di Bergamo e del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università di Pavia, per averne voluto condividere con noi la direzione scientifica e il coordinamento.

Bergamo, nel contesto storico della Città Alta e all'interno di quel sito suggestivo e ricco di storia che è il Convento di Sant'Agostino, una delle sedi del locale Ateneo, si configura come l'ambito ideale per dibattere, in un'ottica di dialogo trasversale e interdisciplinare, un ambito così strategico per il rafforzamento delle identità culturali e lo sviluppo sostenibile della società.

La conoscenza del patrimonio stesso, la sua salvaguardia, la sua promozione e rivitalizzazione all'interno di scenari urbani e territoriali in costante cambiamento sono, in tal senso, obiettivi comuni della collettività tutta e che la ricerca scientifica ha il dovere di perseguire attraverso un impegno fondato su un equilibrio sapiente tra tradizione e innovazione. Appare sempre più necessario, infatti, indagare oltre la materia fisica del costruito, soffermandosi sulle potenzialità di riuso che questo offre, per intervenire sulle relazioni che nel tempo hanno fatto di questi luoghi e architetture, dei vitali giacimenti culturali e altrettante 'riserve di senso'.

Lo scambio scientifico tra le discipline coinvolte in questo convegno – dalla storia dell'architettura alla progettazione, dal restauro all'urbanistica, dalla scienza delle costruzioni alla tecnologia – si rivela, dunque, vitale, per contribuire a delineare nuovi possibili approcci per la cura del patrimonio architettonico e urbano e per una sua auspicabile e responsabile trasmissione alle generazioni future, basata sul riconoscimento dei valori in esso custoditi e del ruolo rivestito nei processi di costruzione o riattivazione delle comunità che lo vivono e lo fruiscono.

Questa dodicesima edizione del convegno si focalizza, in particolare, sull'apporto che le tecnologie e gli strumenti per la conoscenza, la dottrina e l'apparato operativo del restauro, lo sviluppo di nuove strategie volte alla riduzione dei rischi e all'analisi della vulnerabilità, e, ancora, di soluzioni di adattabilità e trasformazione, possono fornire alla materia. Un'opportunità di scambio ampia, garantita dall'eccezionale risposta di studiosi e ricercatori provenienti da varie nazioni – circa 370 autori, per un totale di 180 contributi – e frutto dello sforzo organizzativo e dell'impegno assunto, in un connubio armonioso e fruttuoso, dalle due università lombarde e dalla Kore.

Ringraziando ancora una volta i promotori, i relatori e tutti coloro i quali, a vario titolo, si sono prodigati per la buona riuscita di questo evento, porgo i saluti del Magnifico Rettore dell'Università degli Studi di Enna "Kore", professor Francesco Tomasello, e il mio sentito augurio di buon lavoro.

Francesco Castelli  
*Direttore del Dipartimento di Ingegneria e  
Architettura dell'Università degli Studi di Enna "Kore"*



**SEZIONE 1 - Tecnologie e strumenti al servizio del percorso di conoscenza: letture storico-critiche, documentazione, rappresentazione, valorizzazione del patrimonio costruito e paesaggistico anche mediante il mondo digitale**

Alessio Altadonna, Valentina Astini, Pietro Azzola, Mariana Bettolli, Carlo Biagini, Matteo Bigongiari, Andrea Bongini, Caterina Borrelli, Maddalena Branchi, Marco Bussoli, Giovanni Caffio, Alessio Cardaci, Giacomo Cardella, Marta Casanova, Raffaele Catuogno, Stefano Cecamore, Emanuela Chiavoni, Alessia Chillemi, Laura Ciammitti, Margherita Cicala, Vincenzo Cirillo, Luigi Corniello, Pasquale Cucco, Edoardo Currà, Daniele D'Errico, Angelo De Cicco, Teresa Della Corte, Cassia De Lian Cui, Gianlorenzo Dellabartola, Anna Dell'Amico, Mario Delli Priscoli, Gianmarco Dell'Orca, Elisabetta Doria, Giancarla Eleuterio, Elena Eramo, Carla Ferreyra, Iliaria Forti, Antonio Fioravanti, Federica Fiorio, Riccardo Florio, Giuseppe Fortunato, Anna Gallo, Alessia Garozzo, Raissa Garozzo, Gianluca Gioioso, Anna M. Gueli, Fabiana Guerriero, Rosina Iaderosa, Domenico Iovane, Marta Lalli, Silvia La Placa, Francesca Lembo Fazio, Gennaro Pio Lento, Mariangela Liuzzo, Stella Lolli, Giulio Marchettoni, Giuseppe Margani, Anna Marotta, Adriana Marra, Sara Mauri, Claudio Mazzanti, Sonia Mollica, Renato Morganti, Angela Moschella, Antonino Nastasi, Giovanni Pancani, Caterina Palestini, Nicola Parisi, Federica Pompejano, Sara Rocco, Daniele Romagnoli, Rosa Romani, Riccardo Rudiero, Lorenzo Russo, Antonella Salucci, Giuseppina Salvo, Anna Sanseverino, Serena Sanseviero, Cettina Santagati, Luca Sbrogiò, Rosario Scaduto, Jolanta Sroczyńska, Giuseppe Stella, Fabio Todesco, Alessandra Tortoriello, Francesco Trovò, Antonella Versaci, Regina Helena Vieira Santos, Wei Yan, Antonio Agostino Zappani.

**SEZIONE 2 - Restauro, riuso, fruizione, valorizzazione: teorie, orientamenti e indirizzi metodologici per la conservazione del patrimonio architettonico, archeologico, paesaggistico e delle componenti materiche e strutturali**

Francesca Albani, Fabio Ambrogio, Giovanna Badaloni, Alessandro Bazzoffia, Calogero Bellanca, Fabio Bianconi, Beatrice Bolandrini, Veronica Braccini, Chiara Atanasi Brillì, Susanna Caccia Gherardini, Gianvito Cacciatore, Christian Campanella, Angela Valentina Campolongo, Brunella Canonaco, Matilde Caravello, Federica Castiglione, Anastasia Cottini, Maria Grazia Ercolino, Fauzia Farneti, Raimon Farré Moretò, Luca Renato Fauzia, Marco Filippucci, Iliaria Forti, Isabella Friso, Francesca Galasso, Matteo Gambaro, Elisabetta Caterina Giovannini, Roberta Grazioli, Elisabetta Grandis, Gabriella Guarisco, Vjola Ilia, Marta Inama, Benida Kraja, Cecilia Antonini Lanari, Andreas Lechner, Gabriella Liva, Nora Lombardini, Luisa Lombardo, Cinzia Martino, Giulio Mirabella Roberti, Manlio Montuori, Susana Mora Alonso-Muñoyerro, Virna Maria Nannei, Fiona Nepravishta, Daniela Oreni, Federica Ottoni, Maria Parente, Gianfranco Pertot, Anna Laura Petracci, Enrica Petrucci, Davide Prati, Alessandra Renzulli, Monica Resmini, Marco Ricciarini, Irene Rocca, Luca Rocchi, Emanuele Romeo, Michele Russo, Núria Salvadó Aragonès, Andrea Savorelli, Massimiliano Savorra, Laura Suvieri, Miriam Terzoni, Michela Tessoni, Adriana Trematerra, Anna Trupia, Valentina Vacca, Irene Vaccalluzzo, Claudia Vagnozzi, Sofia Velichanskaia, Clara Verazzo, Alessia Vergari, Antonella Versaci, Calogero Vinci.

**SEZIONE 3 - Mitigazione del rischio sismico, idrogeologico e antropico dei Beni Culturali, architettonici, urbani e ambientali: indirizzi e criticità degli interventi di conservazione finalizzati alla tutela del Patrimonio**

Gabriele Bernardini, Giorgio Caselli, Anna Livia Ciuffreda, Maria Teresa Cristofaro, Francesca De Cola, Filippo Maria Del Vecchio, Andrea Donelli, Marco D'Orazio, Agnese Gasparotti, Gülru Koca, Francesco Monni, Nebai Osorio Ugalde, Enrico Quagliarini, Guido Romano, Costanza Stramaccioni, Marco Tanganelli, Cesare Tocci.

**SEZIONE 4 - Strategie di intervento sul patrimonio costruito: abitabilità, accessibilità, trasformabilità, adattabilità e resilienza**

Simonetta Acacia, Domenico Amati, Alberto Anello, Vittoria Arnetoli, Alessandro Barracco, Paola Bassani, Andrea Belleri, Oscar Eugenio Bellini, Daniela Besana, Virginio Brocajoli, Giuseppe Canestrino, Giuliana Cardani, Maria Sandra Carlini, Teresa Casale, Santi Maria Cascone, Francesca Castagneto, Domenico Chizzoniti, Maria Grazia Cianci, Rossella Corrao, Pablo Alejandro Cruz Franco, Teresa Cunha Ferreira, Emanuela D'Andria, Francesca De Cola, Paolo De Marco, Gianni Di Giovanni, Calogero Di Maggio, Salvatore Di Maggio, Roberto Facendola, Leticia Falasqui Tachinardi Rocha, Attilio Ferraro, Bogumil Filipezuk, Pierfrancesco Fiore, Fausta Fiorillo, Angelo Ganazzoli, Emanuele Garda, Emilia Garda, Giorgio Ghelfi, Elena Gómez Bernal, Alessandro Greco, Laura Greco, Michelle Gualdi, Vjola Ilia, Carmine Isi, Benida Kraja, Michele La Noce, Alessio Leondini, João Ling, Tommaso Lolli, Lucrezia Longhitano, Roberta Lucente, Marica Marazia, Antonino Margagliotta, Luigi Savio Margagliotta, Ana Marques, Grazia Massimino, Sabrina Mellacqua, Riccardo Mirri, Angelo Monteleone, Marco Morandotti, Rebecca Moroni, Pedro Murilo Freitas, Cristina Navajas, Florian Nepravishta, Giulia Neri, Jaén Antonio Nesticò, Giuseppe Nucara, Maurizio Oddo, Antonello Pagliuca, Elisabetta Palumbo, Carlo Pavan, María Pérez Sendín, Francesco Pisani, Rolando Pizzoli, Salvatore Polverino, Valentina Porta, Giorgia Ranieri, Federica Ribera, Emanuele Richiusa, Marta Rodeschini, Diego Gaspar Rodríguez, Adela Rueda Márquez de la Plata, Amra Salihbegovic, Vincenzo Sapienza, Michela Schiaroli, Giuliana Sciacca, Gaetano Sciuto, Paolo Sette, Riccardo Sonzogni, Francesco Spada, Valentina Spagnoli, Giorgia Strano, Cinzia Maria Luisa Talamo, Cristina Tasso, Cesare Tocci, Pier Pasquale Trausi, Eugenio Vassallo, Calogero Vinci, Regina Helena Vieira Santos, Luca Zecchin.

**SEZIONE 5 - Strategie di intervento per la gestione, la rivitalizzazione e la rigenerazione delle città, dei centri storici e delle aree periferiche: pianificazione, strategie e progetti di intervento sul costruito urbano, sul territorio e sul paesaggio**

Esther Almarcha Núñez-Herrador, Pablo Altaba Tena, Carlo Atzeni, Renata Baesso Pereira, Claudia Battaino, Anna Chiara Benedetti, Francesca Bilotta, Fabrizio Bonomi, Andrea Bracciali, Sara Brescia, Giorgio Cacciaguerra, Stefano Cadoni, Marianna Calia, Mariangela Carlessi, Mauro Casartelli, Barbara Caselli, Stefano Cecamore, Alberto Cervesato, Samia Chergui, Michela Cigola, Carlo Costantino, Massimo Cotti, Teresa Cunha Ferreira, Gianluca D'Agostino, Gianni Di Giovanni, Giuseppe Di Giuda, Lorna Dragonetti, Massimo Faiferri, Annarita Ferrante, Lia Ferrari, Giulia Formato, Marco Galimberti, Arturo Gallozzi, Juan A. García-Esparza, Francesco Garofalo, Maria Paola Gatti, Emanuele Giaccari, Paolo Giannandrea, Iliaria Giannetti, Luca Guardigli, Ilva Hoxhaj, Alessandra Kluzer, Rossella Laera, Sara Lanzoni, Silvia La Placa, Eleonora Laurini, Luca Leoni, Olivia Longo, José Manuel López Torán, Laura Lucarelli, Giulia Luciani, Stefano Mais, Chiara Marchionni, Francesco Paolo R. Marino, Poliana Marques da Silva, Cecilia Mazzoli, Ippolita Mecca, Rosa Meo, Silvia Meschini, Giovanni Miri, Silvia Mocchi, Stefania Mornati, Marco Moro, Roberto Nai, David Ordóñez-Castañón, Alessandra Palma, Altea Panebianco, Ivana Passamani, Elena Paudice, Arianna Petraccia, Francesca Picchio, Mariangela Piumini, Giulia Porcheddu, Martina Porcu, Francesca Privitera, Fabrizio Pusceddu, Emanuele Quarto, Stefano Rinaldi, Emiliano Romagnoli, Marianna Rotilio, Amra Salihbegović, Virginia Sgobba, Davide Sigurtà, Barbara Scala, Albina Sciotti, Corrado Scudellaro, Davide Sigurtà, Lavinia Chiara Tagliabue, Lei Sun, Cristian Tolù, Anna Valentín, Sergio Valetti, Alessandra Vazzoler, Rafael Villena Espinosa, Caio Felipe Gomes Violin, Elena Zanazzi, Andrea Zaniboni, Marcello Zordan.





## SEZIONE 1

### Tecnologie e strumenti al servizio del percorso di conoscenza:

letture storico-critiche, documentazione, rappresentazione,  
valorizzazione del patrimonio costruito e paesaggistico  
anche mediante il mondo digitale

Alessio Cardaci, Francesca Picchio, Antonella Versaci (a cura di)

**Reuso 2024: Documentazione, restauro e  
rigenerazione sostenibile del patrimonio costruito**

© PUBLICA, Alghero, 2024

ISBN 978 88 99586 454

Pubblicazione Ottobre 2024





## **AI-POWERED BUILT HERITAGE: ENHANCING INTERPRETATION AND RECOVERY PROCESSES WITH GENERATIVE AI MODELS**

**Cassia De Lian Cui** - Sapienza University of Rome, Rome, Italy, email: [cassiadelian.cui@uniroma1.it](mailto:cassiadelian.cui@uniroma1.it)  
**Edoardo Currà** - Sapienza University of Rome, Rome, Italy, email: [edoardo.curra@uniroma1.it](mailto:edoardo.curra@uniroma1.it)  
**Antonio Fioravanti** - Sapienza University of Rome, Rome, Italy, email: [antonio.fioravanti@uniroma1.it](mailto:antonio.fioravanti@uniroma1.it)  
**Wei Yan** - Texas A&M University, College Station, Texas, USA, email: [wyan@tamu.edu](mailto:wyan@tamu.edu)

**Abstract:** Effective intervention and valorization activities of built heritage require robust knowledge representation and management, yet traditional methods often struggle with the complexities of diverse data sources and evolving knowledge structure. This paper presents an approach leveraging AI-driven methodologies, specifically Large Language Models (LLMs) to improve interpretation and recovery efforts in heritage preservation. The proposed framework introduces a novel methodology utilizing Generative Pre-trained Transformer (GPT) to facilitate knowledge extraction and interpretation within the heritage practices as the objective of the research. The approach encompasses phases including data collection, preparation and prompt engineering to train the tailored AI model with specific domain knowledge. The application to the Sanctuary of Hercules and the former Segrè papermill, shows the experiment results of the model trained through customization of LLM and evaluated through a qualitative prompt-response process. The results show that text-based data can be processed by the model quite effectively. In the meantime, image-based information is far more effective in the learning stages if it is enhanced with labels and metadata tagging. By bridging the gap between traditional methodologies and AI-driven technologies, the impact of the research lies in that the developed workflow enhances data accessibility, interpretation accuracy, and supports informed decision-making processes in built heritage. The paper contributes to advancing the integration of AI in heritage preservation, offering valuable insights for further research and practical applications in the field.

**Keywords:** Built Heritage, Prompt Engineering, Natural Language Processing, Generative Pre-Trained Transformer, GPT, Knowledge Retrieval.

### **1. Introduction**

Knowledge representation and management activities are at the core of the recovery and valorization processes in the built heritage field. Every intervention action is based on collected, analyzed, and interpreted information and data. The complexity of these phases results from using a large amount of heterogeneous data from different sources, both historical and archival research and direct in situ investigation. Current processes often struggle to handle knowledge defined by changes, inconsistencies, and uncertainties at a higher logical level of connections [1].

The creation of informative systems of the built heritage combines distinct disciplines and enables multiple relations between distant classes of information [2]. Although there are several methodologies for digitalizing geometric and non-geometric information in literature, the query activity still relies on programming languages and high technical expertise. It is possible to perform SQL (Structured Query Language) queries on relational databases [3] and SPARQL (Protocol and RDF Query Language) queries on semantic web technologies such as ontologies [4], requiring prior knowledge and understanding of specific data structures and logic. The diffusion of AI-driven approaches in the AEC sector, specifically



LLMs (Large Language Models), shifts the research horizon towards a new paradigm. Natural language processes are more intuitive and accessible for experts and nonexpert users by reducing the barrier to querying structured databases [5]. Among LLMs, GPTs (Generative Pre-trained Transformers) have impressive learning abilities by using textual prompts [6], allowing and enhancing the understanding of intricate architectural features of complex heritage sites without requiring a technical background. Those GPT models can achieve knowledge extraction by inputting text-based and image-based data alongside integrated task instruction and selected contextual examples [7]. Automating descriptions and responses based on domain knowledge could aid the documentation process in heritage preservation activities thanks to its efficient development and experimentation. This iterative approach can also speed up and enhance collaboration between technical and non-technical stakeholders.

This paper proposes a prompt engineering framework to train a GPT model within heritage domain knowledge for recovery and valorization activities. The trained model can finally help the actors retrieve specific information during the decision-making process. This work first investigates the opportunities of using this technology by describing the capabilities of LLMs. Then, it defines the methodological workflow, starting with selecting a specific pre-trained model type, the data collection and preparation stage, and finally, the prompt engineer training phase. Eventually, the approach is applied to a unique case study of the Sanctuary of Hercules and the Former Segrè papermill in Tivoli (Rome), and it is tested through a qualitative prompt-response validation to understand current challenges and limitations in using an existing pre-trained application.

The contributions of the proposed approach include bridging the gap in the applications of generative AI models in the heritage field, and at the same time, augmenting accessibility and interpretation in a more user-friendly way. After being trained with domain knowledge, this system can be a supporting tool in different contexts both for learning and engagement for the general public, and in helping efficiently the recovery plans.

## 2. Digital Retrieval Methods vs Large Language Models (LLMs)

The knowledge retrieval and management methodologies in the built heritage field are undergoing significant transformations. Experimentation of multiple digital workflows has already enhanced data accessibility and interpretation, yet there remains substantial space for improvement, particularly in how these systems manage and retrieve complex knowledge. This section delineates the traditional structured methods, the capabilities of LLMs in the current approaches, and the opportunities for the unique study field of cultural heritage.

### 2.1. Existing Digital Retrieval Approaches

In heritage practices, digital archives are widely used to store textual descriptions, images, architectural drawings, and conservation reports. Although this method seems the most straightforward, it generates a vast amount of noninteroperable data stored in different archives. This approach makes the query of interconnected information very challenging, and usually, the information lacks a semantic description. To fully comprehend heritage assets, it is fundamental to collect and relate data from different domains and create a unique historical archive as a valuable source of information, from which any research, investigation, or conservation activity can extract new knowledge [8].

Several efforts have been undertaken in the heritage information modeling context to overcome limitations and manage query data. The information stored in the model is exported through different tools, and SQL queries can eventually be performed. For instance, Revit DB Link [9] exports Revit project data to an Access or SQL Server database; WhiteFeet Tools [10] for Revit allows the connection with Access, SQL Server, or MySQL database and the management of sheets and schedules in Excel. Nevertheless, these queries rely upon structured information and data, requiring a predefined relational database schema, which is less suitable for retrieving knowledge about data relations beyond their tabular organization.

For this reason, many semantic enrichment approaches and collaborative platforms utilize ontologies to structure knowledge to attribute precise semantic meaning, enabling the representation of multiple knowledge domains and the relations between formalized entities [11]. This powerful technology offers SPARQL query for RDF (Resource Description Framework) data of a semantic web [12], allowing more

flexibility in evolving data models and deducing new relationships from existing data that strengthens data interconnection and automatic reasoning. Despite the capabilities of semantic web technologies, crafting efficient SPARQL requires specific technical skills that are not widely available among the professionals involved in decision-making processes.

### 2.2. Opportunities of Natural Language Processing with LLMs

NLP (Natural language processing) has significantly improved in the last few years thanks to the development of LLMs. LLMs are a particular class of ML (Machine Learning) models designed to understand and generate human-like language by pre-training on massive amounts of text data [13][14]. One of the pre-trained models is ChatGPT-4.0, launched in March 2023, enabling previously unattainable levels of fluency and coherence in a machine-generated text [15]. These models have been effectively used in various applications, including chatbots, content generation, machine translation interpreting, and NL generation, with minimal additional training [16]. Their learning relies on a prompt-based approach provided by the users to guide the model's response. In the near future, these processes could be automated by increasing efficiency and reducing the need for manual interventions.

General approaches of ChatGPT are related to the categorization of text into predefined classes with limited training data [17], generating summaries of specific text [18], and extracting information using contextual prompts [19].

Some initial research and applications of generative AI technologies have been performed in the AEC (Architecture, Engineering and Construction) sector. Zheng et al. focused on integrating the GPT model with Building Information Modeling BIM (Building Information Modeling) [20]. Their primary purpose was to retrieve information from the building information model using natural language and BSON (Binary JSON) to extract building objects and properties from BIM and clean and store the information in MongoDB. You et al. focused on automated sequence planning of construction tasks [21], similar to Prieto et al.'s [22] work. Some other studies support hazard recognition and construction safety education using ChatGPT-3.5 [23].

However, in the existing literature, there are no study cases of prompt-based approaches in the built heritage context to train GPT models with domain knowledge. Hence, a major research question is how to design an effective prompt engineering workflow and study its performance compared to the existing methods. The potential of LLMs is based on the possibility of integration with current digital frameworks, improving significantly existing infrastructure and enhancing accessibility for interdisciplinary activities.

### 3. AI-Driven Framework for Accessing and Interpreting Heritage Data

The study of the built environment uses a plurality of sources and many disciplines, starting from their sectorial data. In this variety of methods, epistemologies, and knowledge, it is possible to overcome hyper-specialist approaches by considering the complexity of the built "monument" within the historical context [24].

Generative AI models respond to the challenge of requiring advanced tools to manage and analyze the multi-layered information of heritage sites. The GPT model for this research, GPT-4.0, suited this application since it can generate coherent, context-aware text outputs crucial to interpreting diverse and often incomplete information. When trained with specific domain knowledge, these models can also handle large sets of heterogeneous data and generate user-specific responses.

The proposed workflow, as shown in fig. 1, starts with the definition of the purpose of the application and the objectives of training the GPT model. This methodological step defines the users, general public, or specialists and all the requirements for the model response. Since we are dealing with heritage artifacts, the model should be able to reply with specialized knowledge related to multiple domains of interest. The architectural assets domain requires the topological space relations and the classification of building components and materials as the quantitative and qualitative properties of construction zones, components, and materials. At the same time, the cultural heritage domain focuses on the tangible and immaterial values embodied in the studied assets and the relations established with the historical, technological, social, and geographic contexts. Other knowledge domains can also be involved depending on the specific case study.

The next phase regards the data collection, where the research leads to the analysis of different sources:

- Archaeological sources consist of the physically-present remains that can be directly investigated.
- Written sources, unpublished and published.
- Visual sources, iconographic, cartographic and photographic.
- Oral sources, oral stories as testimonies of collective identification.

From these sources, it is possible to perform an initial classification and structuring based on the requirements and the available information in different formats. The data preparation phase, before the AI training, represents a crucial activity for model training performance. Since the GPT is trained on image-based and text-based knowledge, a detailed annotation including contextual information, significance, and preliminary interpretation is necessary, along with tagging data with labels describing the nature of the knowledge.

A preliminary analysis of the compatibility with the model helps improve the success of the training; this involved linking historical and present pictures with a textual description or a historical map to its geographic coordinates.

The model training phase started by creating a custom GPT model through the configuration key. A customizable framework was applied to define the instruction where each component controls the model's output. The following pentagram structure is to ensure the prompts are adequate, relevant, and appropriate:

- Context: background information necessary to contextualize the model's responses.
- Persona: depending on the user group (public or specialists), how the model's persona is tailored to fit the audience.
- Task: the main objective of the model, such as answering specific types of queries or providing data-driven insights.
- Output: expected format and tone of the model's responses, whether casual or formal.
- Constraints: limitations or boundaries within which the model operates, ensuring relevance and appropriateness of responses.

Once the instruction is defined, the iterative training started and it involved several stages depending on the quantity and quality of the gathered and pre-structured knowledge (fig. 2). The process begins with creating a list of prompts within certain knowledge domains, Prompt IDs, and expected answers. Then, the prompts are sent to the model with follow-up questions to adjust the model responses.

Along with the established dialogue, the model is fed in multiple steps with different types of knowledge: current and historical images, historical text documentation, construction drawings and architectural plans, construction text documentation, and labeled historical images.

The aims are not only to evaluate the final results and response to the defined prompts but also to understand how the model reacts to different types of information and which are more effective and efficient in the training stage. For this reason, prompt response validation is performed at every step of the process according to the following criteria.

- Accuracy: correctly verified according to records and context accuracy.
- Relevance: no diverging into unrelated topics.
- Completeness: addressed relevant key aspects and sufficient depth.
- Clarity: no ambiguity and use of proper terminology, whether a specialist or general public.
- Conciseness: balance between details and efficiency.
- Interactivity and adaptability: capable of following up questions.

Once the training process is complete, the final evaluation can ensure the practical applicability of the proposed framework.

#### 4. An unique case study: The Sanctuary of Hercules and Former Segrè Papermill

The proposed framework is finally applied to the case study of the Sanctuary of Hercules and the Former Segrè Paper Mill in Tivoli. This unique site is the product of human and natural activities of the past four centuries. The main religious and commercial functions have shaped the morphological, typological, and constructive features by adapting, in the years, the old Roman structures into many industrial reuses, up to its final abandonment in the 1970s when the latest production process of the Segrè family was

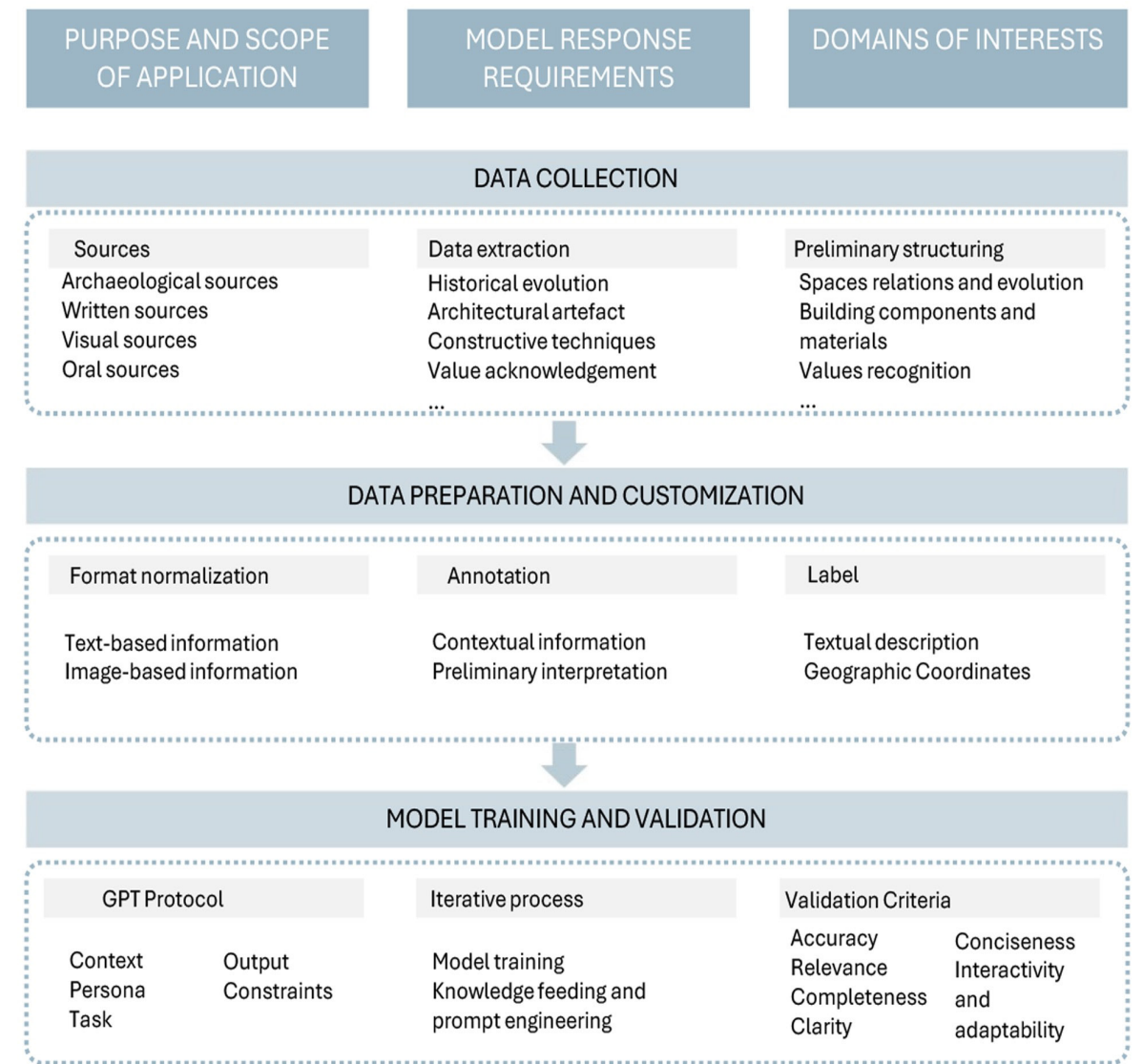


Fig. 1 - Overall methodological framework for accessing and interpreting heritage knowledge.

decommissioned [25]. The extraordinary value of this site is inherent in the multiple stratifications and in the possibility of highlighting those historical layers in informed intervention actions for the recovery and valorization processes.

One of the challenges in this case study is to deal with a large amount of data subjected to inconsistencies, uncertainties, and changes over time. For this reason, the purpose of this application regards the definition of a customized GPT model that, through natural language prompts, is able to respond within specific knowledge domains. Therefore, the model response should be text-based and follow the defined pentagram structure.

The data collection phase was performed through historical and archival research, and direct in situ investigation was conducted using an integrated survey. After that, the data preparation stage involved a pre-analysis and aggregation of all the information, structuring specific text data and annotations, and labeling the images and architectural and construction drawings.

#### 4.1. GPT Model Customization and Training

Tailoring and adjusting the AI tool represent the main focuses of this application. The development of BHKR (Built Heritage Knowledge Retriever) involves a detailed customization of the GPT model to align it with specific requirements. The functionality of the BHKR relies first on aggregating diverse data types from various sources into a coherent structure that simplifies access and manipulation. Then the



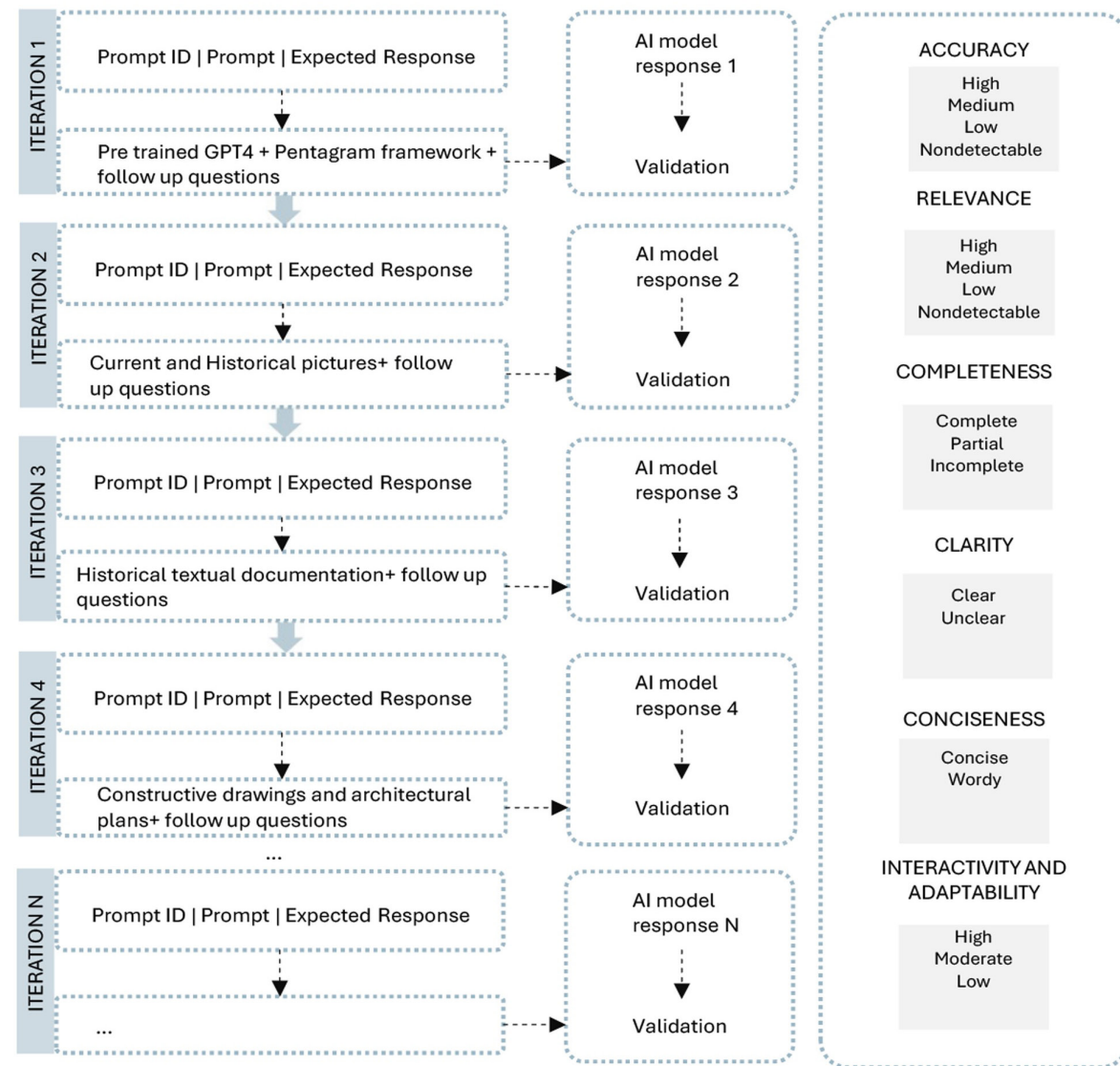


Fig. 2 - Prompt engineering workflow to train GPT model. In each iteration the approach comprises writing textual prompt, followed by the model’s response and finally the evaluation based on the six criterias.

structure provides outputs that are useful for the stakeholders involved in the decision-making process with a focus on precision and context-appropriateness. Here is the detailed definition of the pentagram framework that is provided to the GPT model:

*Context:* Your users are professionals from diverse fields such as architecture, engineering, archaeology, and history. These users often face challenges due to the unstructured and poorly integrated nature of existing data, which complicates the accessibility, management, and sharing of information. Common issues include data duplication, inconsistencies, and loss. Your role is crucial in delivering structured knowledge in a user-friendly manner to improve data exchange processes and enhance decision-making accuracy significantly. You can access a rich repository of historical and current images, detailed documentation, and other pertinent data about specific sites, including the Sanctuary of Hercules and the Former Segrè Papermill.

*Persona:* You are “BHKR” (Built Heritage Information Retriever), a highly advanced, friendly, and adaptable AI Chatbot designed to support stakeholders involved in the decision-making processes for interventions and valorization activities at heritage sites. Your core function is to access and synthesize a wide array of data, including image-based and text-based resources that detail the historical evolution of sites, their multifaceted uses over time, and the building components and materials used in different historical periods.

*Task:* Using natural language prompts, you are tasked with extracting relevant concepts and relations

from a comprehensive database that includes but is not restricted to building information data. Your responses should address queries related to the historical evolution of the site, different functions and reuses of spaces, and specifics of building components and materials across various historical periods.

*Output:* Your output consists of text-based responses generated from a GPT model that has been trained to include all relevant information about the Sanctuary of Hercules and the Former Segrè Papermill. This model uses domain knowledge and structured information to answer prompts related to changes in space functions over time, building components, and materials. The responses are designed to be directly actionable and informative for heritage site management and conservation efforts.

*Constraints:* Focus primarily on mapping the information from natural language queries to provide accurate, clear, and contextually appropriate responses. Avoid straying into general advice or areas outside the defined scope. Ensure all content is suitable and precise and respects the objectives of the users, making it directly applicable to heritage site management and conservation planning.

Once we structured the pentagram framework, the model training phase started. In order to evaluate the model in the different stages, five prompts were defined. As shown in Table 1, two of them are related to historical features, one more general on the case study and one more specific regarding the last reuse of the site, the former Segrè papermill. Then, two more concern the constructive aspects, and finally, the last one involves reasoning over more disciplines. The idea is indeed to start with simple questions since there are no evaluation in literature about the behaviour of the model.

The training of the AI model involved several iterations. Each iteration is labor intensive as it needs manual work in the training process to input data to the GPT model, and inspect the model’s output. One of the aims of the application was to show and discuss the learning process and how data from various sources, such as textual records, archival photographs, constructive drawings, and structured metadata, are memorized or even understood by the AI model, reflected by its responses to questions. Since there were no similar evaluation work in the literature, this is the first rigorous evaluation of a generative AI model in the built heritage field. It was necessary to understand and acknowledge the model’s behavior based on different inputs (figs. 3a, 3b, 4).

For this application, we used GPT-4.0, and the total number of iterations and steps was seven. The qualitative prompt response validation was followed every stage of the training.

- Pre-trained GPT-4.0. The first stage of the model testing resulted in very vague answers. The responses indeed were based on general knowledge and standard practices, and when follow-up questions tried to focus on more specific information, some parts were made up by the AI model.
- GPT pentagram framework. The protocol integration and the model customization did not change the overall outputs for the different prompts. Thanks to the follow-up questions, the aspects

|                             | Prompt ID | Prompt   |
|-----------------------------|-----------|--|
| Historical aspects          | HIST1001  | Describe the evolution of the Sanctuary of Hercules and former Segrè Papermill functional areas over centuries. What were the key periods of significant change?   |
| Historical aspects          | HIST1002  | How have the functions of workspaces evolved in the former Segrè Papermill?  |
| Constructive aspects        | TECH1003  | Could you provide a general view on the building components and materials used at the Sanctuary of Hercules across different historical periods?   |
| Constructive aspects        | TECH1004  | Could you list the construction techniques used for the storage room of the Segrè papermill build during the XX century?   |
| Interdisciplinary knowledge | INTER1005 | Detail how the work tools found at the Former Segrè Papermill reflect the technological advancements and working conditions of the early 20th century and how they incorporate the intangible cultural values of industrial archaeology. |

Tab. 1 - Model training phase based on five prompts.



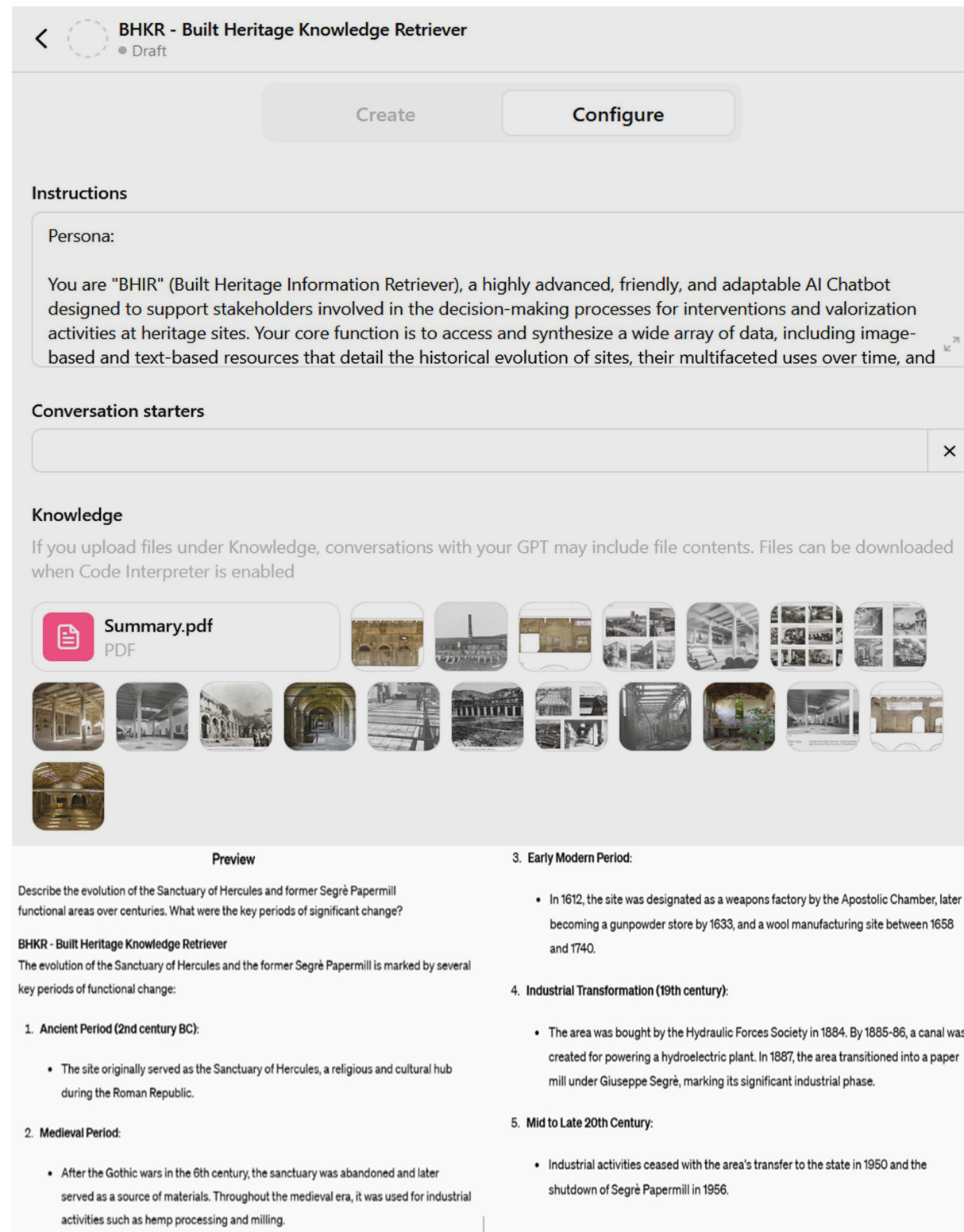


Fig. 3 - Final AI model response after all the training stages to prompt HIST1001.

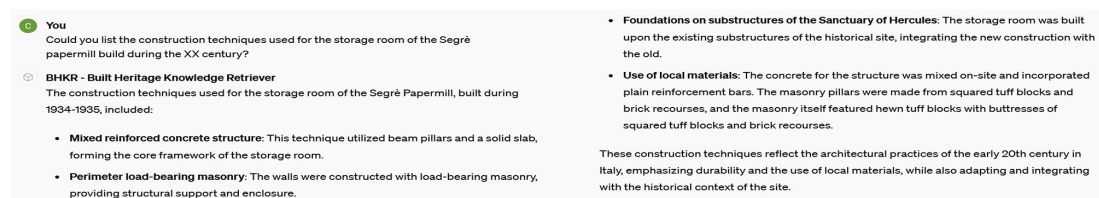


Fig. 4 - Final AI model response after all the training stages to prompt TECH1004.

that improved were the conciseness and clarity of the information. This stage highlighted the high interactivity and adaptability of the model.

- Present and Historical Images. This training phase provided the model with a series of current images of the site and images derived from archival research with some existing labels (such as the sources provenance and synthetic descriptions of the images content). The model improved some of the answers through this newly added information by depicting knowledge from the images.
- Historical documentation (text). After adding textual information, all of the prompt's answers started to be much more precise, especially the one related to historical aspects. In order to get the structured answers, some follow-up questions were used.
- Architectural and constructive documentation (drawings). First, some drawings were added to the model to improve the responses related to constructive knowledge.
- Architectural and constructive documentation (text). Text data then followed the drawings. At this stage of the refinement process, the model interactions improved in accuracy, completeness, and relevance.
- Labeled images. The last phase of this training was labeling the architectural and constructive drawings.

The figures show the final answers of the AI model for prompts HIST1001 and TECH1004, as examples. Overall, the model is able to process very well text-based information. Meanwhile, if enriched with labels and metadata tagging, image-based information is much more effective in the learning stages.

The GPT answers to HIST1001 have grown in accuracy, and after several follow-up questions can be considered successful. While for the TECH1004 the GPT started from general and made-up information. The inaccuracy of the information changed with labeled images and specific textual information. For this second case it was more difficult to let the model focus on the case study instead of broadening or replying with general knowledge.

The use of AI tools in terms of enhancing data accessibility and interpretability shows a great potential for the development of specific applications that can manage and analyze heritage data efficiently. During the recovery and valorization activities, the knowledge of the studied asset follows an incremental process. By using the generative models, new information or new studies can be added by the different specialists, and the application, thanks to the high interactivity and adaptability, will quickly adjust the responses based on the newly gained knowledge.

However, during the application of the AI model, some challenges arose. The inconsistencies due to the different sources in the gathered data lead to intensive manual work to format the information. Gaps in the records resulted in some incomplete or uncertain inputs, and distinguishing accurate information was challenging. To overcome these difficulties, we tried to iteratively refine the training process based on the model outputs and customize model capabilities to let it embrace the complexity of the built heritage artefacts. Future work will consider periodic updates with new data to check the model's consistency and improve the replicability and scalability at different levels to potentially apply the generative AI models widely in the built heritage field.

#### 4. Conclusions

The paper proposes an innovative approach to integrate AI-driven methodologies in heritage conservation and valorization activities. The presented framework introduces a GPT model to enhance knowledge querying and extraction within heritage activities. The methodology is structured in several stages, from the data collection and preparation to the prompt engineering and validation phases. The proposed approach is finally applied to the case study of the Sanctuary of Hercules and the former Segrè papermill, demonstrating the potential improvements and challenges in the intervention activities.

The novelty of this framework lies in its ability to overcome the limitations of the current and traditional methodologies. Enhancing data accessibility, interpretation, and accuracy supports informed decision-making processes. The integration of GPT allows more efficient and effective knowledge management. As digital technologies and AI rapidly evolve, further improving the model's results and consistency will be possible. Future research will need to include feedback from specialists and the general public on the utility and impact of the AI outputs, thereby extending the applicability of this model. In



the built heritage context, once understood the behaviour and the effective training process of the GPT model, the final aim will be focused on creating and generating new knowledge from the existing knowledge bases. The possibility to query more than one case study and create relations between different classes of information will be the centre of the future works.

The application of generative AI in the heritage process represents a cutting-edge approach. However, among various challenges, model updates and validation are constantly needed to ensure the relevance and impact on the practices. Future work will also explore the integration of this application with other technologies by working directly through the OpenAI API and BIM of the built heritage. This new methodology will facilitate interoperability and the creation of a comprehensive heritage system that combines AI with other digital tools enabling data analysis and visualization in a new era of heritage valorization.

## References

- [1] C. D. L. Cui, D. Simeone, S. Cursi, A. Fioravanti, and E. Currà, “Knowledge Modelling and Fuzzy Ontologies Integration for Classical and Industrial Archaeologies,” *Proc. Int. Conf. Educ. Res. Comput. Aided Archit. Des. Eur.*, vol. 1, pp. 861–870, 2023,
- [2] A. Aiello, R. Pierobon-Benoit, and F. Proto, “Concettualizzazione e contestualizzazione dei beni culturali archeologici,” *Archeol. e Calc.*, vol. 16, pp. 321–339, 2005.
- [3] N. Bruno and R. Roncella, “HBIM for conservation: A new proposal for information modeling,” *Remote Sens.*, vol. 11, no. 15, 2019, doi: 10.3390/rs11151751.
- [4] P. Pauwels, S. Zhang, and Y. C. Lee, “Semantic web technologies in AEC industry: A literature overview,” *Autom. Constr.*, vol. 73, pp. 145–165, 2017,
- [5] A. Saka et al., “Developments in the Built Environment GPT models in construction industry : Opportunities , limitations , and a use case validation,” *Dev. Built Environ.*, vol. 17, no. October 2023, p. 100300, 2024, doi: 10.1016/j.dibe.2023.100300.
- [6] P. Liu, W. Yuan, J. Fu, Z. Jiang, H. Hayashi, and G. Neubig, “Pre-train , Prompt , and Predict : A Systematic Survey,” vol. 55, no. 9, 2023, doi: 10.1145/3560815.
- [7] OpenAI, “Introducing ChatGPT,” 2022. <https://openai.com/index/chatgpt/>
- [8] R. Letellier, *Recording, Documentation, and Information Management for the Conservation of Heritage Places guiding principles.*
- [9] “Revit DB Link.” <https://knowledge.autodesk.com/it/support/revit-products/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/ITA/Revit-AddIns/files/GUID-BBA71A6A-8D7A-4050-A279-9783A-E6E918F-htm.html>
- [10] “WhiteFeet Tools.” <http://www.whitefeet.com/>
- [11] D. Simeone, S. Cursi, and M. Acierno, “BIM semantic-enrichment for built heritage representation,” *Autom. Constr.*, vol. 97, pp. 122–137, Jan. 2019,
- [12] B. Quilitz and U. Leser, “Querying Distributed RDF Data Sources with SPARQL,” pp. 524–538, 2008.
- [13] A. Radford, J. Wu, R. Child, D. Luan, D. Amodei, and I. Sutskever, “Language Models are Unsupervised Multitask Learners,” 2018.
- [14] C. Raffel, A. Roberts, M. Matena, and P. J. Liu, “Exploring the Limits of Transfer Learning with a Unified Text-to-Text Transformer,” vol. 21, pp. 1–67, 2020.
- [15] “GPT Model Fine-Tuning.” <https://platform.openai.com/docs/guides/fine-tuning>
- [16] S. Min et al., “Rethinking the Role of Demonstrations : What Makes In-Context Learning Work ?,” no. 2.
- [17] T. B. Brown et al., “Language Models are Few-Shot Learners,” no. NeurIPS, 2020.
- [18] X. Yang, Y. Li, X. Zhang, H. Chen, S. Barbara, and W. Cheng, “Exploring the Limits of ChatGPT for Query or Aspect-based Text Summarization,” 2023.
- [19] X. Wei et al., “ChatIE : Zero-Shot Information Extraction via Chatting with ChatGPT”.
- [20] J. Zheng and M. Fischer, “BIM-GPT : a Prompt-Based Virtual Assistant Framework for BIM Information Retrieval”.
- [21] Z. You and L. Feng, “Integration of Industry 4 . 0 Related Technologies in Construction Industry : A Framework of Cyber-Physical System,” vol. 8, 2020,
- [22] S. A. Prieto and E. T. Mengiste, “Investigating the Use of ChatGPT for the Scheduling of Construction Projects,” 2023.
- [23] S. M. J. Uddin, A. Albert, and A. Ovid, “Leveraging ChatGPT to Aid Construction Hazard Recognition and Support Safety Education and Training,” 2023.
- [24] G. Pietro Brogiolo, “revista de prehistòria i antiguitat de la mediterrània occidental journal of western mediterranean prehistory and antiquity Dall’Archeologia dell’architettura all’Archeologia della complessità,” vol. 38, pp. 7–38, 2007.
- [25] E. Currà, A. D’Amico, and M. Angelosanti, “HBIM between Antiquity and Industrial Archaeology: Former Segr&egrave; Papermill and Sanctuary of Hercules in Tivoli,” *Sustainability*, vol. 14, no. 3. 2022.