



## **GOOD PRACTICES FOR THE RECOVERY PROJECT BEYOND THE PANDEMIC**

---

### **BUONE PRATICHE PER IL PROGETTO DI RECUPERO OLTRE LA PANDEMIA**

Edited by | a cura di Martina Bosone

La scuola di Pitagora

8 | **Rehabilitation, Maintenance and Innovation of the Built Environment**  
Recupero, Manutenzione e Innovazione dell'Ambiente Costruito

The series addresses the issue of rehabilitation and management of the built environment, in relation to the ongoing evolution of the needs of life. The need to develop methodologies and tools for the protection of identity and the control of the quality of use requires the coordination of multiple disciplinary contributions, engaged in the search for a dialectical relationship between conservation and transformation. In the design process, the identification of constraints that the built environment resists to changes provides protection of cultural identity, safeguarding the meaning and the role of evidence of the evolution of society and its tangible culture. The project is conceived as a means of governance of the processes of adaptation of the existing heritage to new needs arising from the evolution of the urban settlements, through strategies of protection, organisation, and management of resources. It is an iterative path, in which the decision-making phases are constantly guided by information, aimed at identifying intervention solutions whose outcome can be verified in the subsequent decision-making phases. The books published present the results of research, surveys, and projects, with the aim of promoting the scientific dissemination at national and international level.

The volumes published in the series are subject to double-blind peer review.

#### SCIENTIFIC COMMITTEE

**Stefania De Medici** – Struttura Didattica Speciale di Architettura, Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, Università degli Studi di Catania, Siracusa, Italy (Scientific Committee Chair)

**Rogério Amoêda** – School of Architecture and Arts, Lusíada University, Porto, Portugal

**Roberto Bobbio** – Dipartimento di Scienze per l'Architettura, Università degli Studi di Genova, Genova, Italy

**Daniela Bosia** – Dipartimento di Architettura e Design, Politecnico di Torino, Torino, Italy

**María Lourdes Gutiérrez Carrillo** – Departamento Construcciones Arquitectónicas Universidad de Granada, Granada, Spain

**Gabriella Caterina** – Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Napoli, Italy

**Donatella Diano** – Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Napoli, Italy

**Pasquale De Toro** – Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Napoli, Italy

**Katia Fabbricatti** – Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Napoli, Italy

**Vittorio Fiore** – Dipartimento di Scienze Umanistiche, Università degli Studi di Catania, Catania, Italy

**Maria Cristina Forlani** – Dipartimento di Architettura, Università degli Studi "G. d'Annunzio", Chieti-Pescara, Italy

**Giovanna Franco** – Dipartimento di Scienze per l'Architettura, Università degli Studi di Genova, Genova, Italy

**Antonella Mami** – Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Palermo, Palermo, Italy

**Elvira Nicolini** – Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Palermo, Palermo, Italy

**Stefania Oppido** – CNR, Istituto di Ricerca su Innovazione e Servizi per lo Sviluppo, Napoli, Italy

**Maria Rita Pinto** – Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Napoli, Italy

**Donatella Radogna** – Dipartimento di Architettura, Università degli Studi "G. d'Annunzio", Chieti-Pescara, Italy

**Zain ul Abedin** – COMSAT Institute of Information Technology, Islamabad, Pakistan

† **Serena Viola** – Dipartimento di Architettura, Università degli Studi di Napoli "Federico II", Napoli, Italy

**Maria Rosaria Vitale** – Struttura Didattica Speciale di Architettura di Siracusa, Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, Università degli Studi di Catania, Siracusa, Italy

**GOOD PRACTICES FOR THE RECOVERY  
PROJECT BEYOND THE PANDEMIC  
BUONE PRATICHE PER IL PROGETTO DI  
RECUPERO OLTRE LA PANDEMIA**

Edited by Martina Bosone  
A cura di Martina Bosone

**SIT<sub>d</sub>A**

Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura

Cluster **Riuso Riqualificazione Manutenzione**

La scuola di Pitagora editrice

*A Serena Viola*

*Coloro che hanno presunto  
di saperne non erano essi stessi esistenti,  
né noi per loro. E allora? Eppure resta  
che qualcosa è accaduto, forse un niente  
che è tutto.*

*Those who presumed to know it  
were themselves non-existent,  
as we were for them. And so what? Yet the fact remains  
that something happened, perhaps a trifle  
which is everything.*

(Eugenio Montale, *Satura, Xenia II*, 13)

© Copyright 2024 La scuola di Pitagora editrice

Via Monte di Dio, 14

80132 Napoli

Tel.-Fax +39 081 7646814

[www.scuoladipitagora.it](http://www.scuoladipitagora.it)

[info@scuoladipitagora.it](mailto:info@scuoladipitagora.it)

Cover: Toshiko Horiuchi MacAdam, "Rainbow Net – Hakone open air museum playground",  
Hakone – Japan, 2012 (Credits: © Marceline Pirkle)

Reproduction, copy or photocopies, transmission or translation of this publication, in any  
form and by any means, is prohibited without written permission of the publisher.

ISBN 978-88-6542-953-2

This book, available as PDF on website [www.scuoladipitagora.it](http://www.scuoladipitagora.it), has been printed on de-  
mand.

# Table of contents

## Sommario

<b>13</b>	<b>Preface</b>
<b>17</b>	<b>Prefazione</b> Antonella Mamì and Maria Rita Pinto
<b>21</b>	<b>Introduction</b>
<b>27</b>	<b>Introduzione</b> Martina Bosone
<b>33</b>	<b>THEME 1. PROCESS INNOVATION IN THE POST COVID ERA: REGENERATION OF COLLECTIVE USE SPACE</b>
<b>33</b>	<b>TEMA 1. INNOVAZIONE DI PROCESSO NELL'ERA POST COVID: RIGENERAZIONE DELLO SPAZIO DI FRUIZIONE COLLETTIVA</b>
	<b>Sub-theme 1.1. Regeneration and maintenance of public space, between culture, creativity and social inclusion</b>
	<b>Sottotema 1.1. Recupero e manutenzione dello spazio pubblico, tra cultura, creatività e inclusione sociale</b>
<b>35</b>	1.1.1 Recoding public spaces for a new urban imaginary through the use of textile architecture
<b>49</b>	Ri-codificare lo spazio pubblico per un nuovo immaginario urbano tramite l'architettura tessile Giulia Procaccini, Carol Monticelli, Alessandra Zanelli
<b>55</b>	1.1.2 Inclusive green areas: the Parkout project
<b>63</b>	Spazi verdi inclusivi: il progetto Parkout Daniela Bosia, Tanja Marzi, Lorenzo Savio
<b>69</b>	1.1.3 Smart working, an opportunity for triggering building recovery processes and reducing territorial inequalities?
<b>77</b>	Smart working, un'opportunità per attivare processi di recupero dell'ambiente costruito e ridurre le disuguaglianze territoriali? Martina Bosone, Katia Fabbri, Stefania Oppido
<b>81</b>	1.1.4 Ceci N'est Pas Un Projet. Prossima apertura: an open construction site for the collective production of space and sociality
<b>89</b>	Ceci N'est Pas Un Projet. Prossima Apertura: un cantiere aperto per la produzione collettiva di spazio e socialità Francesco Caneschi

- 93** 1.1.5 The enlightenment of Theory of Urban Morphology to Public Space Design – Based on cases study of urban micro-renovation in Barcelona and Shangai  
Zhang Dongqing
- 101**  
**111** 1.1.6 Agri-culture: for physical and social stitching in the area of the dionysian walls of Adrano  
Agri-cultura: per una ricucitura fisica e sociale nell'area delle mura dionigiane di Adrano  
Vittorio Fiore, Fernanda Cantone
- 115**  
**123** 1.1.7 Urban regeneration means caring. Urban regeneration of Roversi square in Reggio Emilia  
La rigenerazione è cura. Rigenerazione di Piazza Roversi a Reggio Emilia  
Maddalena Fortelli, Andrea Rinaldi
- 127**  
**135** 1.1.8 Managing Collective Living:  
The Case of University Residences of the Polytechnic University of Milan  
Gestire l'abitare collettivo: il caso delle residenze universitarie del Politecnico di Milano  
Maria Teresa Gullace, Cinzia Maria Luisa Talamo, Francesco Vitola
- 139**  
**147** 1.1.9 Digital solutions to support decision-making for sustainable development  
Soluzioni digitali a supporto del decision making per lo sviluppo sostenibile  
Virginia Adele Tiburcio, Filippo Montorsi
- 151**  
**159** 1.1.10 Recovery and regeneration of sacred monastic gardens between sociality and inclusiveness  
Recupero e rigenerazione dei giardini sacri monastici tra socialità ed inclusività  
Adriana Trematerra, Enrico Mirra
- 163**  
**171** 1.1.11 Urban renewal at the neighbourhood level in Flanders.  
A district-oriented collective approach to urban block renovation  
Rigenerazione urbana alla scala di quartiere nelle Fiandre.  
Un approccio collettivo di quartiere per il rinnovamento dell'isolato urbano  
Alexis Versele, Chiara Piccardo

**Sub-theme 1.2. Regeneration and maintenance of Common Goods:  
shared management of the built and natural heritage, between the public and private sectors**  
**Sottotema 1.2. Recupero e manutenzione dei Beni comuni:  
gestione condivisa del patrimonio costruito e naturale, tra pubblico e privato**

- 175**  
**181** 1.2.1 Smart Working: new opportunities for spatial regeneration from Southern Italy  
Smart Working: dal Sud nuove opportunità di rigenerazione dei territori  
Francesca Romano
- 185**  
**193** 1.2.2 Soft-approach to global challenges: innovative urban services delivery models  
Soft-approach alle sfide globali: modelli di gestione innovativi dei servizi urbani  
Chiara Bernardini, Giancarlo Paganin, Cinzia Maria Luisa Talamo
- 197**  
**207** 1.2.3 Peripheral dwellings: the reuse of the bonanno castle of Tremilia for a renewed Grand Tour  
Dimore periferiche: riuso del castello Bonanno di Tremilia per un rinnovato Gran Tour  
Cristina Bramante, Enrica Gargante, Paola Incognito
- 211**  
**219** 1.2.4 Rehabilitating the parish facilities as a proximity urban heritage: the milanese experience  
Riabilitare le strutture oratoriali quale patrimonio urbano di prossimità: l'esperienza milanese  
Francesca Daprà, Marika Fior
- 223** 1.2.5 Regeneration strategies for fragile territories as an opportunity for urban, neighbourhood and building recovery

- 231** Le strategie di rigenerazione dei territori fragili come occasione di recupero urbano, di quartiere ed edilizio  
Elvira Nicolini, Stefania De Medici
- 237** 1.2.6 Home of people and equality. New regeneration models of the built environment for the city of Empoli
- 247** Home of people equality. Nuovi modelli di rigenerazione dell'ambiente costruito per la città di Empoli  
Rosa Romano, Francesco Alberti
- 253** 1.2.7 From urban commons to collaborative ecosystems: the OBRAS project in Bologna and Bogotá
- 261** Dai beni comuni urbani agli ecosistemi collaborativi: il progetto OBRAS a Bologna e Bogotá  
Francesca Sabatini, Danila Longo, Beatrice Turillazzi
- 265** 1.2.8 Renovation of the built heritage: Law 338/00 between the public and private sectors
- 273** Innovazioni nel recupero del patrimonio costruito: la Legge 338/00 tra pubblico e privato  
Valentina Spagnoli, Claudio Piferi

**Sub-theme 1.3. Regeneration and maintenance of urban open spaces: between sociality and ecosystem services**

**Sottotema 1.3. Recupero e manutenzione degli spazi aperti urbani: tra socialità e servizi ecosistemici**

- 277** 1.3.1 U-GARDEN, a dynamic garden to rediscover Bologna Opera House Terrace
- 287** U-GARDEN, un giardino dinamico per riscoprire la Terrazza del Teatro Comunale di Bologna  
Serena Orlandi, Giulia Turci
- 291** 1.3.2 The 15-minute city: a new urban reconversion model after COVID-19
- 299** La città dei 15 minuti: un nuovo modello di riconversione urbana post COVID19  
Ilaria Capobianco, Giuseppe Ceravolo, Maria Regina Macrini
- 303** 1.3.3 Park am Gleisdreieck: ecological infrastructure to support the city
- 311** Park am Gleisdreieck: infrastruttura ecologica a supporto della città  
Rossella Franchino, Caterina Frettoloso, Rafaela De Martino
- 315** 1.3.4 Utrecht's green bus stops: from bus stops to bee stops
- 321** Le fermate degli autobus green di Utrecht: da bus stops a bee stops  
Noemi Scagliarini

**325** **THEME 2. INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR THE REGENERATION AND MAINTENANCE OF THE BUILT HERITAGE**

**325** **TEMA 2. TECNOLOGIE INNOVATIVE PER IL RECUPERO E LA MANUTENZIONE DEL PATRIMONIO COSTRUITO**

**Sub-theme 2.1. New models and digital technologies for the maintenance and life cycle management of artefacts**

**Sottotema 2.1. Nuovi modelli e tecnologie digitali per la manutenzione e la gestione del ciclo di vita dei manufatti**

- 327** 2.1.1 The digitalisation of AECO:  
Exploration of the benefits in the Operation and Maintenance phase

- 333** La digitalizzazione dell'industria AECO:  
Indagine sui benefici della fase di esercizio e manutenzione  
Alice Paola Pomè, Chiara Tagliaro
- 339** 2.1.2 The widespread office: design and management of hybrid spaces  
towards space-as-a-service approaches  
**347** L'ufficio diffuso: progettazione e gestione di spazi ibridi  
verso approcci *space-as-a-service*  
Nazly Atta, Valentina Gingardi
- 353** 2.1.3 The religious heritage in the ancient centre of Caserta. Analysis, management and protection  
**361** Il patrimonio religioso nel centro antico di Caserta. Analisi, gestione e tutela  
Fabiana Guerriero, Rosa De Caro
- 365** 2.1.4 Processes of social inclusion through digital recovery  
and multi-resolution vision of cultural and architectural heritage  
**371** Processi di inclusione sociale attraverso il recupero digitale  
e la visione multirisoluzione del patrimonio culturale e architettonico  
Gennaro Pio Lento

**Sub-theme 2.2. New models and digital technologies for the reuse of urban and building systems and components in a circular economy perspective**

**Sottotema 2.2. Nuovi modelli e tecnologie digitali per il riuso di sistemi e componenti urbani ed edilizi, in una prospettiva di economia circolare**

- 375** 2.2.1 Regeneration of small urban centres in inland areas:  
digital technologies, circularity and material culture  
**383** Rigenerare i piccoli centri urbani delle aree interne:  
tecnologie digitali, circolarità delle risorse e cultura materiale  
Cheren Cappello, Antonello Monsù Scolaro
- 387** 2.2.2 BIM and building simulation software for the circular industrial regeneration project  
**399** Software BIM e di simulazione predittiva per il progetto circolare di rigenerazione industriale  
Luca Morganti, Theo Zaffagnini
- 403** 2.2.3 An integrated system for better energy management of the building  
**407** Un sistema integrato per una migliore gestione energetica dell'edificio  
Caterina Claudia Musarella
- 411** 2.2.4 The construction of new Community Hospitals: an example of flexible strategies for the  
rehabilitation of the existing building stock  
**417** La realizzazione di nuovi Ospedali di Comunità:  
un esempio di strategie flessibili di recupero del patrimonio edilizio  
Laura Sacchetti
- 421** 2.2.5 The regeneration of villages and the revitalisation of built heritage for widespread receptivity  
**429** Il rilancio dei borghi e gli interventi di recupero del patrimonio costruito  
per una ricettività diffusa  
Teresa Villani



---

# Preface

## Best practices for the recovery project BEYOND the pandemic

Antonella Mamì and Maria Rita Pinto

Between 2020 and 2022, society and the world economy were dramatically affected by the pandemic caused by the COVID-19 virus. The exceptional nature of the phenomenon and the inadequate readiness of local and national governments in managing the health emergency have forced people to limit interactions and review how they use public and private space. In the second quarter of 2020, the suspension of many productive activities not directly related to the health sector or the production of basic goods caused a contraction of the economy comparable only to that experienced during World War II. Learning and working remotely have affected not only educational and professional paths, but also human relations, social capital, and the organization of people's living environment. Governments have taken extraordinary measures to support employment and income, the banking sector has been mobilized to continue providing credit to businesses and households. All available resources were used to protect national economies while supporting workers and entrepreneurs.

Nowadays, with the emergency over, the return to everyday life

requires a shared effort to return people to a condition of normality. This attribute inevitably appears new, as it cannot disregard the experience of two indelible years.

Studies and research in architecture must also restart from the lessons learned, from the critical observation of solutions to unprecedented everyday problems, adopted spontaneously or with the guidance of institutions worldwide. The pandemic experience is, therefore, a new starting point for defining and experimenting with new models of public and private space use, within the constraints imposed by COVID-19 and new shared values.

The volume *Good practices for the recovery project BEYOND the pandemic*, edited by Martina Bosone, presents the results of a reflection on the changes triggered by the pandemic caused by the COVID-19 virus in the field of building and urban regeneration and maintenance. This reflection, developed as part of the activities of the Reuse Redevelopment Maintenance Cluster of the Italian Society of Architectural Technology (SITdA), is concerned with new approaches to design for the built environment. Contemporary scientific debate is looking from a

new perspective at issues that have been central to research in the disciplinary field of Architectural Technology for many years, driven by new needs that have emerged in the pandemic phase. The scientific community, which has always recognized education and research as the engines of growth in every country, is now in agreement to entrust universities with a strategic role in developing the search for a new normality after COVID-19. The creative effort demonstrated by many universities could be a valuable resource to give rise to new models of living and adapting physical space, based on acquired skills and capabilities, building networks of goods, services, sites, and social relations, and the contamination between knowledge and everyday life. Against this backdrop, the Call for Best Practices "Good Practices for the Recovery Project BEYOND the Pandemic" launched by the Reuse Redevelopment Maintenance Cluster of the Italian Society of Architectural Technology (SITdA) was an extraordinary opportunity to innovate research themes on renovation, regeneration and maintenance, an expression of the 12 sites that are represented in the Cluster. The launch of the Call for

Best Practices was preceded by an interesting and fertile discussion that returned to the monitoring of the research themes on the Reuse, Redevelopment and Maintenance practiced in the different universities, represented by the leaders.

Specifically, the Department of Architecture (DiARC) of the University of Naples 'Federico II' (responsible: Serena Viola), in its most recent experiences, has developed crossover strategies between artistic production and the possibility of encouraging community participation for their empowerment and active involvement within the processes of regeneration and maintenance. The themes on which expertise has been developed are those of livability of places, but, more than anything else, of building resilient communities capable of carrying out processes aimed at extending the life cycle of buildings and promoting new skills and new production chains. The experience of the Naples office focuses on the issue of the relationship between culture, heritage, and artistic and creative production to restore to the community the capacity to produce new values, to take possession of its knowledge, and thus accompany processes of productivity and prosperity in the built environment. Already strongly established themes are the assessment of the compatibility and sustainability of interventions to reuse the commons and the experimentation with innovative equipment and instrumentation for shared maintenance of the built environment.

The Department of Architecture and Industrial Design (DADI) of the University of Campania 'Luigi Vanvitelli' (responsible: Rossella Franchino) develops research in the area of the demand for ecosystem services, a need underscored especially by the pandemic that has prompted us to think about innovative ways of accessing and using

built and open spaces to stimulate a new sociality. In the scenario determined by the pandemic caused by the COVID-19 virus, open spaces become an element of the complex urban system to be reasoned about to meet various challenges. They assume the role of drivers for human health and interpret renewed patterns of the livability of built space. This reasoning is declined according to a multiscale approach, including a wide area perspective in which the territory is conceived as a system of open spaces, characterized by flexibility and usable at different times and ways. The Department of Architecture (DiDA) of the University of Florence (responsible: Leonardo Zaffi) develops research on the regeneration of public space as a place of relationship. They are interpreted through three keys to design character that concern: urban accessibility, as the implementation of the right to access and as a tool for social inclusion; urban agriculture, interpreted in general as a plant resource for the regeneration of public space; self-building and temporary intervention for the regeneration of urban commons. The theme is the second-time appropriation of urban space, to be reviewed in different ways also in the light of the pandemic experience, as an element of well-being capable of improving the quality of life.

The Department of Civil Engineering and Architecture (DICAR) The University of Catania (responsible: Stefania De Medici) and the Department of Architecture (D'ARCH) of the University of Palermo (responsible: Antonella Mami) boast a close collaboration on the themes of renovation and maintenance. The Sicilian offices develop research on the theme of community covenants and principals as tools for the possible revitalization of the attractiveness of the territories of the South and

in particular of the internal areas. Key objectives are: improving the quality of life in the places to which people belong or the places they have chosen to live. Starting from this objective, the research develops ways of creating and consolidating community ties that can act as a driving force for regeneration actions especially in the small municipalities of inland areas, cut off from those development dynamics that characterize the tourist enjoyment of coastal strips and main centres. The relocation of job, which occurred during the pandemic caused by the COVID-19 virus, can become an opportunity to promote sustainable development of the territories, thanks in part to the creation of digital infrastructure available to local communities to foster conditions for development.

The collaborative capacity of communities is, moreover, a strategic and widely developed research theme about the area of renovation and maintenance of the commons. These approaches highlight an aspect that the Reuse Redevelopment Maintenance Cluster of the Italian Society of Architectural Technology (SITdA) has always valued, relating to the ability to hold together the strong identities of territories concerning issues addressed at the national and European levels. Emerges very clearly the need to contextualize national and European research themes, which have arisen especially in this time of the pandemic, by declining them in the specifics of the territories and relation to the diversity of their profiles. It is possible to outline a network that, starting from the territory, lands on themes of national and European relevance and then returns to the territory itself. This aspect strongly characterizes the approach of renovation and maintenance within Technological Design.

The Department of Civil, Construction and Environmental Engineering (DICEA) of the University of Rome ‘Sapienza’ (responsible: Annamaria Giovenale) has long been developing research on the management of building and urban redevelopment processes, starting from the planning phase. The management of complex processes is now seeing increased levels of effectiveness and efficiency thanks to the digital transition. Currently, the research carried out by the office experiments with highly innovative tools, such as that of the Digital Twin. It links artificial intelligence, sensing, and other innovative technologies, revolutionizing the process of renovation and maintenance of the built environment because they make it possible to prefigure scenarios in which it is possible to define not only the modes of intervention but also to simulate the impacts on it produced by transformations.

The Department of Civil, Energy, Environmental and Materials Engineering (DIIES) of the Mediterranean University of Reggio Calabria (responsible: Massimo Lauria) is developing research on Open Innovation and Smart BIM Based Protocols for the management of buildings in emergency and post-emergency COVID-19. The objective is the realization of a platform capable of returning real-time information on how users use the space and the conditions of well-being inside the buildings with sensors that return parameters related to these factors. The theme of management and maintenance as real-time governance of the life cycle of buildings refers to both the prevention and monitoring phase and the intervention phase following malfunctions, fault reports, etc.

The Department of Architecture, Construction Engineering, and the Built Environment (DABC) of the

Polytechnic of Milan (responsible: Cinzia Talamo) has as its research theme the extension of the life cycle of artifacts as a common field in which the strategies of refurbishment and maintenance meet and connect. The following issues are grafted into this scenario: the prospects for innovation in information management given by Big Data; the issue of compatibility and reversibility of technological solutions intended for refurbishment; the renovation of abandoned heritage with particular attention to tertiary buildings and the typological and technological functional rethinking of the great heritage consisting of apartment buildings built after World War II.

The Department of Architecture (DdA) of the University of Studies “G. d’Annunzio” of Chieti – Pescara (responsible: Donatella Radogna) deals with the following research topics as a priority: slow tourism, with initiatives carried out in collaboration with local administrations concerning some important territorial areas that define the specificities of Abruzzo; new forms of living declined according to specific modalities related to the territory and with attention also to abandoned buildings in the historic center to be reused as residences for the elderly still viable who have the right to a good quality of life. Moreover, the approach to the renovation project includes the development of circular technological and environmental solutions that contemplate the reuse of waste products, of natural origin.

The Department of Architecture (DA) of the University of Bologna (responsible: Beatrice Turillazzi) and the Department of Architecture (DA) of the University of Ferrara (responsible: Emanuele Piaia) carry out research in synergy on the themes of regeneration and maintenance. The strategic theme of investigation is the regeneration

of urban voids and disused building complexes in which numerous research experiences conducted in collaboration between the two universities converge, selecting numerous good practices for the definition of models exportable to other contexts. The urban regeneration of spaces represents a strategy for responding to issues in the social sphere, economic order, and territorial security. The reclamation of these spaces is increasingly taking place through processes of social inclusion, to also provide concrete responses to new models of urban development that guarantee the improvement of the quality of life. This increasing availability of spaces is also due to the change and transformation of values that come into play in the conception of an idea of the city in which it is necessary to rethink economic models, models of living and working, with a change that is reflected in the definition of new functions.

The Department of Architecture and Design (DAD) of the Polytechnic University of Turin (responsible: Daniela Bosia) develops research based on consolidated experience on the issues of inland areas, including through collaboration with Local Action Groups and other local entities. The relationship between renovation and landscape (food, environment, land, crops) as interpreted by the European Landscape Convention remains a central element in research activities. The theme of the regeneration of urban open spaces to ensure accessibility for the elderly has taken on new perspectives in the post-COVID-19 period because of their potential use for the benefit of all citizens. Finally, the circular economy perspective has been strongly established for years, through the development and testing of rehabilitation products derived from the reuse of by-products and waste from the food sector.

This volume presents an account of the activity of research and analysis of good practices, virtuous examples of intervention solutions and approaches to design for the built heritage, capable of intercepting renewed living needs, revising spatial models, and triggering stable relationships between places, architecture, people, and resources. The critical analysis work carried out by the participating researchers highlights how Europe and Italy can contribute to the definition of appropriate responses, with projects that redesign collective and private spaces, and reconfigure services and processes.

The search for best practices is aimed at investigating not only the adequacy of physical transformations of the built environment but also the channels of communication and collaboration activated by actors operating in the settlement systems to be regenerated. The proposed approach assumes settlement systems as a site for verifying the effectiveness of regeneration and maintenance processes and actions, according to the demands emerging from the territory and the virtuous relationships between built heritage and environmental, economic, and socio-cultural systems. The observed scenario shows more effective forms of mediation between the interests and expectations of the different actors involved than in the past.

Specifically, significant synergies emerge for improving the liveability of places, for building resilient communities capable of carrying out processes aimed at extending the life cycle of existing buildings, and for promoting new skills and new production chains.

The themes addressed in the volume deal primarily with the regeneration of space for collective use and the development of innovative technologies for the renovation and maintenance of the built heritage. These themes are declined through a variety of interpretations, which returns to the complexity of the framework of research interests in the field of Architectural Technology and, in particular, of the field of Technologies of Building and Urban Regeneration.

The objective of the initiative promoted by the Reuse Redevelopment Maintenance Cluster of the Italian Society of Architectural Technology (SITdA), which was certainly achieved, was to stimulate new ideas capable of generating innovation and contributing to the reactivation of economic development, according to principles of sustainability and the reuse of the built environment by adapting it to new needs, not least those of the circular economy.

Complex settlement systems, which emerge from the review of best practices, require constant monitoring of transformation ac-

tions and an innovative approach to enhancement policies, to seek new dynamic balances between protection and development. New communities are emerging, capable of identifying the key values of their living environments, strengths to elaborate visions that reflect shared aspirations, and agree on development models that meet the needs of progress without conflicting with the demands of protecting local heritage. The role of local communities shapes a new scenario that provides, concretely, for effective and sustainable regeneration policies. This approach requires process innovation to entrust communities with heritage custodial responsibilities, involving them, in synergy with other actors, in the choices of conservation and transformation of settlement systems.

Main recipients of the Call for Best Practices “Good Practices for the recovery project BEYOND the Pandemic” were young researchers, who, although integrated into established research groups, were able to look with new eyes at issues sedimented in the international scientific debate. The models they identified testify to an effective synthesis of research, experimentation, and spontaneous regeneration processes, which constitutes the volume’s main element of originality.

---

# Prefazione

## Buone pratiche per il progetto di recupero OLTRE la pandemia

Antonella Mamì e Maria Rita Pinto

Tra il 2020 e il 2022 la società e l'economia mondiale sono state colpite in modo drammatico dalla pandemia causata dal virus COVID-19. L'eccezionalità del fenomeno e l'inadeguata preparazione dei governi locali e nazionali nella gestione dell'emergenza sanitaria hanno costretto le persone a limitare le interazioni ed a rivedere le modalità d'uso dello spazio pubblico e privato. Inoltre, la sospensione di molte attività produttive non direttamente legate al settore sanitario o alla produzione di beni di prima necessità ha provocato, a partire dal secondo trimestre del 2020, una contrazione dell'economia paragonabile solo a quella registrata durante la Seconda Guerra Mondiale. La didattica e il lavoro a distanza hanno inciso, oltre che sui percorsi formativi e professionali, sulle relazioni umane, sul capitale sociale, nonché sull'organizzazione dell'ambiente di vita delle persone. I governi hanno adottato misure straordinarie per sostenere l'occupazione e il reddito, il settore bancario è stato mobilitato per continuare a fornire credito a imprese e famiglie. Tutte le risorse disponibili sono state impiegate per proteggere le economie nazionali, sostenendo al tempo stesso lavoratori e imprenditori.

Oggi, terminata l'emergenza, il ritorno alla quotidianità richiede uno sforzo condiviso per restituire alle persone una condizione di normalità. Tale attributo appare inevitabilmente nuovo, poiché non può prescindere dall'esperienza di due anni incancellabili.

Anche gli studi e le ricerche nel campo dell'architettura devono ripartire dalla lezione appresa, dall'osservazione critica di soluzioni a inediti problemi quotidiani, adottate in modo spontaneo o con la guida delle istituzioni in tutto il mondo. L'e-

sperienza pandemica costituisce, dunque, un nuovo punto di partenza per definire e sperimentare nuovi modelli di utilizzo dello spazio pubblico e privato, nel rispetto dei limiti imposti dal virus COVID-19 e di nuovi valori condivisi.

Il volume *Buone pratiche per il progetto di recupero OLTRE la pandemia*, curato da Martina Bosone, presenta i risultati di una riflessione sui cambiamenti innescati dalla pandemia causata dal virus COVID-19 nel campo del recupero e della manutenzione edilizia ed urbana. Tale riflessione, sviluppata nell'ambito delle attività del Cluster *Riuso Riqualificazione Manutenzione* della Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura (SITdA), ha ad oggetto nuovi approcci al progetto per l'ambiente costruito. Il dibattito scientifico contemporaneo guarda da una nuova prospettiva questioni da molti anni centrali nelle ricerche del settore disciplinare della Tecnologia dell'Architettura, sotto la spinta di nuove esigenze emerse in fase pandemica.

La comunità scientifica, che ha sempre riconosciuto nella formazione e nella ricerca i motori della crescita di ogni Paese, è oggi concorde ad affidare alle università un ruolo strategico nello sviluppo della ricerca di una nuova normalità post COVID-19. Lo sforzo creativo dimostrato da molte università potrebbe essere una risorsa preziosa per dare luogo a nuovi modelli di vita e di adattamento dello spazio fisico, basato sulle competenze e capacità acquisite, sulla costruzione di reti di beni, servizi, siti e relazioni sociali, sulla contaminazione tra sapere e vita quotidiana.

In questo scenario, la *Call for Best Practices* "Buone pratiche per il progetto di recupero OLTRE la pandemia" lanciata dal Cluster *Riuso Riqualificazione Manutenzione* della Società Italiana della Tecnologia dell'Ar-

chitettura (SITdA) è stata una straordinaria opportunità per innovare i temi di ricerca sul recupero e la manutenzione, espressione delle 12 sedi che sono rappresentate nel Cluster. Il lancio della *Call for Best Practices* è stata, infatti, preceduta da un interessante e fertile confronto che ha restituito il monitoraggio dei temi di ricerca sul Riuso, la Riqualificazione e la Manutenzione praticati nelle diverse sedi universitarie, rappresentate dai responsabili.

In particolare, il Dipartimento di Architettura (DiARC) dell'Università degli Studi di Napoli 'Federico II' (responsabile: Serena Viola), nelle esperienze più recenti, ha sviluppato strategie di *crossover* tra la produzione artistica e la possibilità di incentivare la partecipazione delle comunità per un loro *empowerment* e un loro coinvolgimento attivo all'interno dei processi di recupero e di manutenzione. I temi sui quali è stata sviluppata un *expertise* sono quelli della vivibilità dei luoghi, ma, più di tutto, della costruzione di comunità resilienti capaci di portare avanti processi volti al prolungamento del ciclo di vita degli edifici e alla promozione di nuove competenze e nuove filiere produttive. L'esperienza della sede di Napoli verte sulla questione del rapporto tra cultura, patrimonio, produzione artistica e creativa per restituire alla comunità la capacità di produrre nuovi valori, di riappropriarsi dei propri saperi e quindi di accompagnare i processi di produttività e di prosperità nell'ambiente costruito. Temi già fortemente consolidati sono la valutazione della compatibilità e la sostenibilità degli interventi di riuso dei beni comuni e la sperimentazione di attrezzature e strumentazioni innovative per una manutenzione condivisa dell'ambiente costruito.

Il Dipartimento di Architettura e Disegno Industriale (DADI) dell'Università degli Studi

della Campania 'Luigi Vanvitelli' (responsabile: Rossella Franchino) sviluppa ricerche nel settore della domanda di servizi ecosistemici, esigenza sottolineata soprattutto dalla pandemia che ci ha spinto a riflettere su modalità innovative di accesso e di fruizione degli spazi costruiti e degli spazi aperti per stimolare una nuova socialità. Nello scenario determinato dalla pandemia causata dal virus COVID-19, gli spazi aperti diventano un elemento del sistema urbano complesso su cui ragionare per soddisfare diverse sfide. Essi assumono il ruolo di *driver* per la salute umana ed interpretano rinnovati modelli di vivibilità dello spazio costruito. Questo ragionamento è declinato secondo un approccio multiscale, anche in una prospettiva di area vasta in cui il territorio è concepito come un sistema di spazi aperti, caratterizzato da una flessibilità e fruibile in tempi e modalità diverse.

Il Dipartimento di Architettura (DiDA) dell'Università degli Studi di Firenze (responsabile: Leonardo Zaffi) sviluppa ricerche sulla rigenerazione dello spazio pubblico, inteso come luogo di relazione ed interpretato attraverso tre chiavi di lettura a carattere progettuale che riguardano: l'accessibilità urbana, come attuazione del diritto all'accesso e come strumento di inclusione sociale; l'agricoltura urbana, interpretata in generale come risorsa vegetale per la rigenerazione dello spazio pubblico; l'autocostruzione e l'intervento temporaneo per la rigenerazione degli *urban commons*. Il tema, quindi, è quello della riappropriazione dello spazio urbano, da rileggere con modalità diverse anche alla luce dell'esperienza pandemica, come elemento di benessere capace di migliorare la qualità della vita.

Il Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura (DICAR) L'Università degli Studi di Catania (responsabile: Stefania De Medici) e del Dipartimento di Architettura (D'ARCH) dell'Università degli Studi di Palermo (responsabile: Antonella Mami) vantano una stretta collaborazione sui temi del recupero e della manutenzione. Le sedi siciliane sviluppano ricerche sul tema dei patti e dei presidi di comunità come strumenti per il possibile rilancio della capacità di attrazione dei territori del Sud e in particolare delle aree interne. Obiettivi fondamentali sono: il miglioramento della qualità di vita dei luoghi ai quali le persone appartengono o dei luoghi che hanno scelto per vivere. Partendo da questo obiettivo, la ricerca sviluppa modalità di creazione e di consolidamento di legami di comunità che siano in grado di fare da volano ad azioni di recupero soprattutto nei piccoli comuni delle aree interne, tagliati fuori da quelle dinamiche di sviluppo caratterizzanti la fruizione turistica delle fasce costiere e dei centri principali. La delocalizzazione del lavoro, avvenuta

durante la pandemia causata dal virus COVID-19, può diventare occasione di promozione di sviluppo sostenibile dei territori, anche grazie alla creazione di infrastrutture digitali a disposizione delle comunità locali per favorire le condizioni di sviluppo. La capacità collaborativa delle comunità è, inoltre, un tema di ricerca strategico ed ampiamente sviluppato in relazione all'ambito del recupero e della manutenzione dei beni comuni. Questi approcci evidenziano un aspetto che il Cluster *Riuso Riqualificazione Manutenzione* della Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura (SITdA) ha sempre valorizzato, relativo alla capacità di tenere insieme le forti identità dei territori rispetto alle tematiche affrontate a livello nazionale ed europeo. Emerge molto chiaramente la necessità di contestualizzare temi di ricerca nazionali ed europei, sorti soprattutto in questo tempo di pandemia, declinandoli nello specifico dei territori ed in relazione alla diversità dei loro profili. In questo modo è possibile delineare una rete che, partendo dal territorio, atterra su temi di rilevanza nazionale ed europea per poi ritornare sul territorio stesso. Questo aspetto caratterizza fortemente l'approccio del recupero e della manutenzione all'interno della Progettazione Tecnologica.

Il Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale (DICEA) dell'Università di Roma 'Sapienza' (responsabile: Annamaria Giovenale) sviluppa da tempo ricerche sulla gestione dei processi di riqualificazione edilizia ed urbana, a partire dalla fase di programmazione. La gestione di processi complessi vede oggi incrementare il livello di efficacia ed efficienza grazie alla transizione digitale. Attualmente, le ricerche portate avanti dalla sede sperimentano strumenti fortemente innovativi, come quello del *Digital Twin*, che, collegati all'intelligenza artificiale, alla sensoristica e ad altre tecnologie innovative, rivoluzionano il processo di recupero e di manutenzione dell'ambiente costruito perché consentono di prefigurare scenari in cui è possibile definire non solo le modalità di intervento, ma anche simulare gli impatti su di esso prodotti dalle trasformazioni.

Il Dipartimento di Ingegneria Civile, dell'Energia, dell'Ambiente e dei Materiali (DIIES) dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria (responsabile: Massimo Lauria) sviluppa ricerca sul tema dell'*Open Innovation* e dei Protocolli *Smart BIM Based* per la gestione degli immobili in regime emergenziale e di post emergenza COVID-19. L'obiettivo è la realizzazione di una piattaforma capace di restituire in tempo reale informazioni sulle modalità di fruizione dello spazio da parte degli utenti e sulle condizioni di benessere all'interno degli edifici attraverso l'utilizzo di sensori che restituiscono parametri legati a tali fattori. Il

tema della gestione e della manutenzione come governo in tempo reale del ciclo di vita degli edifici è riferita sia la fase di prevenzione e monitoraggio che a quella di intervento in seguito a malfunzionamenti, segnalazioni di guasto, ecc.

Il Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito (DABC) del Politecnico di Milano (responsabile: Cinzia Talamo) ha come tema di ricerca il prolungamento del ciclo di vita dei manufatti come ambito comune in cui le strategie del recupero e quella della manutenzione si incontrano e si connettono. In questo scenario si innestano le seguenti questioni: le prospettive di innovazione della gestione dell'informazione data dai *Big Data*; il tema della compatibilità e della reversibilità delle soluzioni tecnologiche destinate al recupero; la rifunionalizzazione del patrimonio abbandonato con particolare attenzione agli edifici terziari e al ripensamento funzionale tipologico e tecnologico del grande patrimonio costituito dai condomini costruiti dopo il secondo conflitto mondiale.

Il Dipartimento di Architettura (DdA) dell'Università degli Studi "G. d'Annunzio" di Chieti – Pescara (responsabile: Donatella Radogna) affronta prioritariamente i seguenti temi di ricerca: il turismo lento, con iniziative svolte in collaborazione con le amministrazioni locali riguardanti alcuni ambiti territoriali importanti che definiscono le specificità abruzzesi; le nuove forme dell'abitare declinate secondo modalità specifiche legate al territorio e con attenzione anche ad edifici abbandonati nel centro storico da riusare come residenze per gli anziani ancora vitali che hanno diritto ad una buona qualità di vita. L'approccio al progetto di recupero prevede, inoltre, lo sviluppo di soluzioni tecnologiche e ambientali circolari che contemplano il riuso di prodotti di scarto, di origine naturale.

Il Dipartimento di Architettura (DA) dell'Università di Bologna (responsabile: Beatrice Turillazzi) e il Dipartimento di Architettura (DA) dell'Università di Ferrara (responsabile: Emanuele Piaia) svolgono ricerche in sinergia sui temi del recupero e della manutenzione. Tema di indagine strategico è il recupero dei vuoti urbani e dei complessi edilizi dismessi in cui convergono numerose esperienze di ricerca condotte in collaborazione tra le due università, selezionando numerose buone pratiche per la definizione di modelli esportabili in altri contesti. La rigenerazione urbana degli spazi rappresenta una strategia per rispondere a tematiche di ambito sociale, di ordine economico e di sicurezza del territorio. Il recupero di questi spazi avviene sempre di più attraverso processi di inclusione sociale, con lo scopo di dare risposte concrete anche ai nuovi modelli di sviluppo urbano

che garantiscano il miglioramento della qualità della vita. Questa disponibilità crescente di spazi è dovuta anche al cambiamento e alla trasformazione dei valori che entrano in gioco nella concezione di un'idea di città in cui è necessario ripensare i modelli economici, i modelli dell'abitare e del lavorare, con un cambiamento che si riflette nella definizione di nuove funzioni.

Il Dipartimento di Architettura e Design (DAD) del Politecnico di Torino (responsabile: Daniela Bosia) sviluppa ricerche sulla base di consolidata esperienza sulle questioni delle aree interne, anche attraverso la collaborazione con i Gruppi di Azione Locali (GAL) e con altre realtà del territorio. Il rapporto tra recupero e paesaggio (cibo, ambiente, territorio, coltivazioni) così come interpretato dalla Convenzione Europea del Paesaggio, rimane un elemento centrale nelle attività di ricerca. Il tema della riqualificazione degli spazi aperti urbani per garantire l'accessibilità agli anziani ha assunto nuove prospettive nel periodo post COVID-19, per il loro potenziale utilizzo a favore di tutti i cittadini. Infine la prospettiva dell'economia circolare è fortemente consolidata da anni, attraverso lo sviluppo e la sperimentazione di prodotti per il recupero derivanti dal riutilizzo di sottoprodotti e scarti del settore alimentare.

Il volume presenta il resoconto di un'attività di ricerca e analisi di buone pratiche, esempi virtuosi di soluzioni di intervento e approcci al progetto per il patrimonio costruito, capaci di intercettare le rinnovate esigenze di vita, di rivedere i modelli spaziali e innescare relazioni stabili tra luoghi, architetture, persone e risorse. Il lavoro di analisi critica svolta dai ricercatori che hanno aderito all'iniziativa evidenzia come l'Eu-

ropa e l'Italia possono contribuire alla definizione di risposte adeguate, con progetti che ridisegnano gli spazi collettivi e privati, riconfigurano servizi e processi.

La ricerca di buone pratiche è finalizzata a indagare non solo l'adeguatezza delle trasformazioni fisiche dell'ambiente costruito, ma anche i canali di comunicazione e di collaborazione attivati dagli attori che operano nei sistemi insediativi da rigenerare. L'approccio proposto assume i sistemi insediativi come luogo di verifica dell'efficacia dei processi e delle azioni di recupero e manutenzione, in funzione delle domande che emergono dal territorio e delle relazioni virtuose tra patrimonio costruito e sistemi ambientale, economico e socio-culturale. Lo scenario osservato evidenzia più efficaci forme di mediazione tra gli interessi e le aspettative dei diversi attori coinvolti, rispetto al passato. In particolare, emergono significative sinergie per migliorare la vivibilità dei luoghi, per la costruzione di comunità resilienti, capaci di portare avanti processi volti al prolungamento del ciclo di vita degli edifici esistenti e alla promozione di nuove competenze e nuove filiere produttive.

I temi affrontati nel volume riguardano prioritariamente la rigenerazione dello spazio di fruizione collettiva e lo sviluppo di tecnologie innovative per il recupero e la manutenzione del patrimonio costruito. Questi temi sono declinati attraverso una varietà di interpretazioni, che restituisce la complessità del quadro degli interessi di ricerca del settore della Tecnologia dell'Architettura e, in particolare, dell'ambito delle Tecnologie del Recupero Edilizio e Urbano.

L'obiettivo dell'iniziativa promossa dal Cluster *Riuso Riqualificazione Manutenzione* della Società Italiana della Tecnologia

dell'Architettura (SITdA), certamente raggiunto, è stato quello di stimolare nuove idee in grado di generare innovazione, contribuire alla riattivazione dello sviluppo economico secondo principi di sostenibilità e al riutilizzo dell'ambiente costruito adeguandolo a nuove esigenze, non ultime quelle dell'economia circolare.

I sistemi insediativi complessi, che emergono dalla rassegna di buone pratiche, richiedono un monitoraggio costante delle azioni di trasformazione e un approccio innovativo alle politiche di valorizzazione, per cercare nuovi equilibri dinamici tra tutela e sviluppo. Si delineano nuove comunità, capaci di individuare i valori chiave dei loro ambienti di vita, punti di forza per elaborare visioni che riflettano aspirazioni condivise e per concordare modelli di sviluppo che non siano in conflitto con le istanze di tutela del patrimonio locale. Il ruolo delle comunità locali disegna un nuovo scenario che prevede, concretamente, politiche di recupero efficaci e sostenibili. Tale approccio richiede un'innovazione di processo per affidare alle comunità responsabilità di custodia dei patrimoni, coinvolgendole, in sinergia con gli altri attori, nelle scelte di conservazione e trasformazione dei sistemi insediativi.

Principali destinatari della *Call for Best Practices* "Buone pratiche per il progetto di recupero OLTRE la pandemia" sono stati i giovani ricercatori, i quali, pur se integrati in gruppi di ricerca consolidati, hanno saputo guardare con occhi nuovi questioni sedimentate nel dibattito scientifico internazionale. I modelli da loro individuati testimoniano un'efficace sintesi tra ricerca, sperimentazione e processi spontanei di rigenerazione, che costituisce il principale elemento di originalità del volume.

---

# BIM and building simulation software for the circular industrial regeneration project

Luca Morganti\*, Theo Zaffagnini\*\*

## 1. International instances of sustainability and urban recovery

The IPCC's report *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability* aims to highlight the feasibility and effectiveness of containing global warming in various scenarios. Some adaptation scenarios with the most significant mitigation potential are related to urban systems, such as creating green infrastructure and sustainable land use and urban planning. In the technological, social, and environmental realms, some scenarios have high potential feasibility and are beneficial for several *Sustainable Development Goals* (IPCC, 2022, p. 22). Furthermore, considering that the construction sector causes 37% of global CO<sub>2</sub> emissions (UNEP, 2021) and is responsible for 50% of material extractions and 35% of European waste generation (Eurostat, 2018), it is essential to manage the city's needs with solutions designed with sustainable Life Cycle Thinking. The leading solutions for minimising the negative impact on the environment should consist of re-purposing and refurbishing actions in existing built contexts, implemented through recovery interventions and only when maintenance is impractical since such actions would be consonant with durable and circular processes. The recovery's environmental advantages strengthen the Circular Economy (CE) Hierarchy principle. That aims to indicate

which building interventions are to be favoured to eliminate waste and non-renewable materials from the construction chain. In descending order from the top principle of the hierarchy, there is: *maintain, refurbish, re-purpose, deconstruct for reuse and recycle* (LETI, 2022; Huuhka & Vestergaard, 2020). This principle, together with others of energy efficiency of buildings, constitutes a clear guideline for legislation concerning the recovery and maintenance of the existing heritage. An example of this is the European Directives that are part of the "Fit for 55" package, aimed at reducing emissions throughout the life cycle of the building and at implementing circular processes (Council of the EU, 2022). Redeveloping the built heritage is a precise objective for reducing our environmental impact (Di Ruocco, 2021).

Given these emergency needs, an in-depth study of the opportunities in regenerating buildings classified as industrial archaeology is proposed. This will encompass the creation of architectural projects based on simulation software for control in the design phase and by applying digital devices for monitoring and verification, useful for buildings' bioclimatic and maintenance management. These industrial architectural testimonies represent a potential resource thanks to their morpho-tyological and dimensional characteristics. After a knowledge phase, the asset can be readapted for various purposes by protect-

\* PhD candidate – International Doctorate in Architecture and Urban Planning, Department of Architecture (DA), University of Ferrara.

\*\* Associate Professor at University of Ferrara, Department of Architecture (DA).

**Fig. 1.** Condition of the former warehouse of chemical fertilisers SIR and a view of the regeneration project (Source: photo and elaboration by the authors).

ing the testimonial value and the memory of the local identity (Buchanan, 2005). They can also become drivers of transformation and re-functionalization of the relevant peri-urban areas with the progressive expansion of the city. This is also in light of their frequent location in strategic points for the placement of city services. Finally, the advantages of using predictive simulation software and Internet of Things (IoT) networks integrated with adequate sensors in a post-pandemic context will be highlighted. Scenarios that are rarely considered during the design of industrial regeneration processes.

## 2. Methodological recovery approach, digital tools and subjects involved

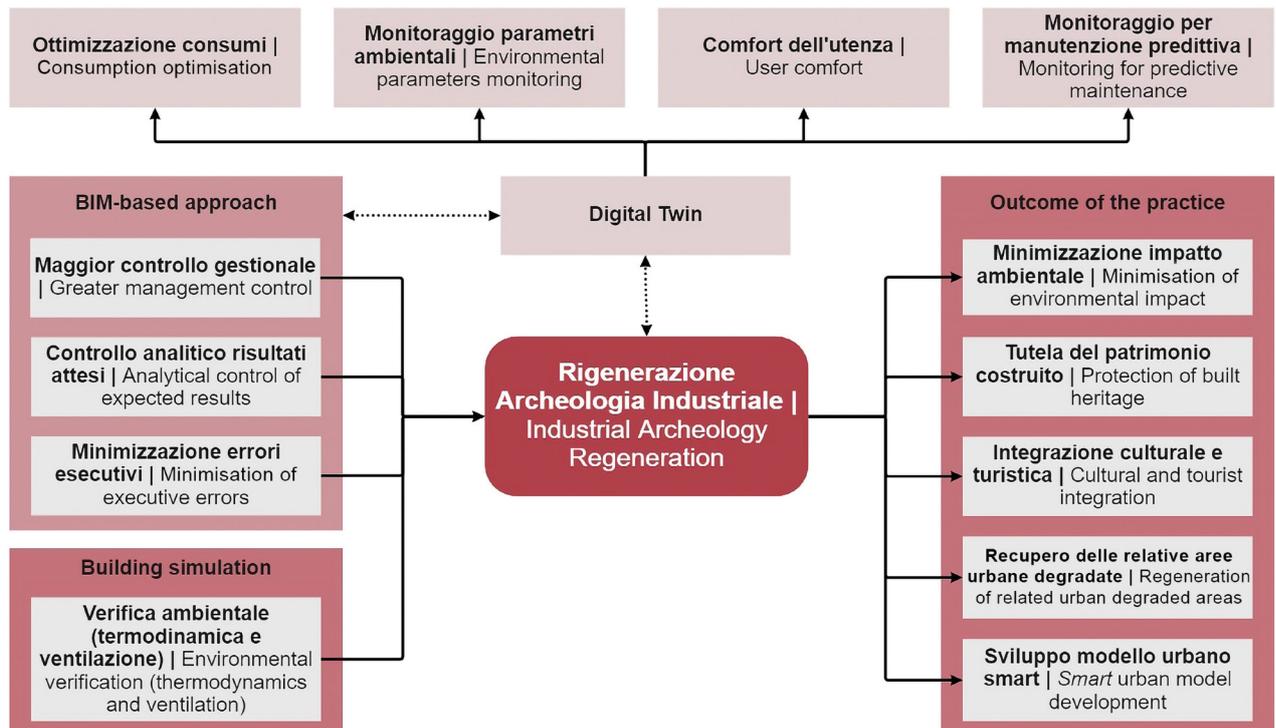
In this time of digital transition, various IT tools used for the construction sector can be used in these recovery actions. Examples are Building Performance Simulators (BPS), used to predict energy consumption, ventilation and lighting behaviour (Morganti & Zaffagnini, 2021), and the well-known BIM, for designing and executive management (Ayman *et al.*, 2020). These BIM tools have also demonstrated their usefulness in regenerating and conserving former industrial contexts (Biagini & Arslan, 2018; Pavlovskis *et al.*, 2019). For example, the BIM model can become a Digital-Twin (DT) of the building, with which owners and managers can monitor the environmental parameters in real time (Hooshyar, 2018) (Fig. 2). There

are also simulation programs able to describe a wide range of phenomena on an urban scale (such as heat islands or wind speeds) that can be used to enhance a site-specific green territorial planning (Losasso *et al.*, 2020).

It is essential to emphasise first how these processes, even before owners, designers and specialist technicians, must attract the interest of public administrations and territorial planners. They must identify these realities and highlight the possibilities of environmental, social and economic development through methodological approaches of Smart urban development integrated with Green strategies.

The first practical step of this practice is the digital drawing of the buildings. That must involve technicians specialised in detecting its complexity and BIM operators able to implement any geometric and material specificity in the model. The precision of this first phase is essential to minimise executive errors and control and contain the environmental impact and costs. Using the model to quantify the site's maximum percentage of recyclable or reusable materials is possible. Thanks to plug-ins compatible with BIM models, it can be used as a support tool for the Life Cycle Assessment of the intervention (Ahmed *et al.*, 2021). The automated digital analysis of the environmental impact of buildings is interesting for many stakeholders, such as companies that have to respond to the new regulatory requirements, specialised research centres and funding for innovative circular economy programs and digital transition projects (such as Horizon Europe).





The holistic approach required from these “work’s cathedrals” in the designing phase must consider energy aspects, the hygroscopicity of materials, soil characteristics, lighting, the concentration of urban particulates, indoor and outdoor, and so on. Applying these software tools is necessary to manage all these aspects together. By studying the composition of the architectural elements and their materiality, it is possible to create envelopes that allow passive control of heat exchanges, natural air flows and the other aspects mentioned by exploiting the existing volumes and openings. These software applications allow the analytical quantification and verification of the expected energy efficiency and bioclimatic strategies. They can also assess the economic advantage expected in the recovery project from the first design phase.

The UNI EN ISO 52016 and UNI EN ISO 52017 standards came into force in 2018 and have introduced dynamic energy calculation. Those standards confirm the need to integrate the building requirements calculation method with the simulation models, particularly for dimensioning cooling systems.

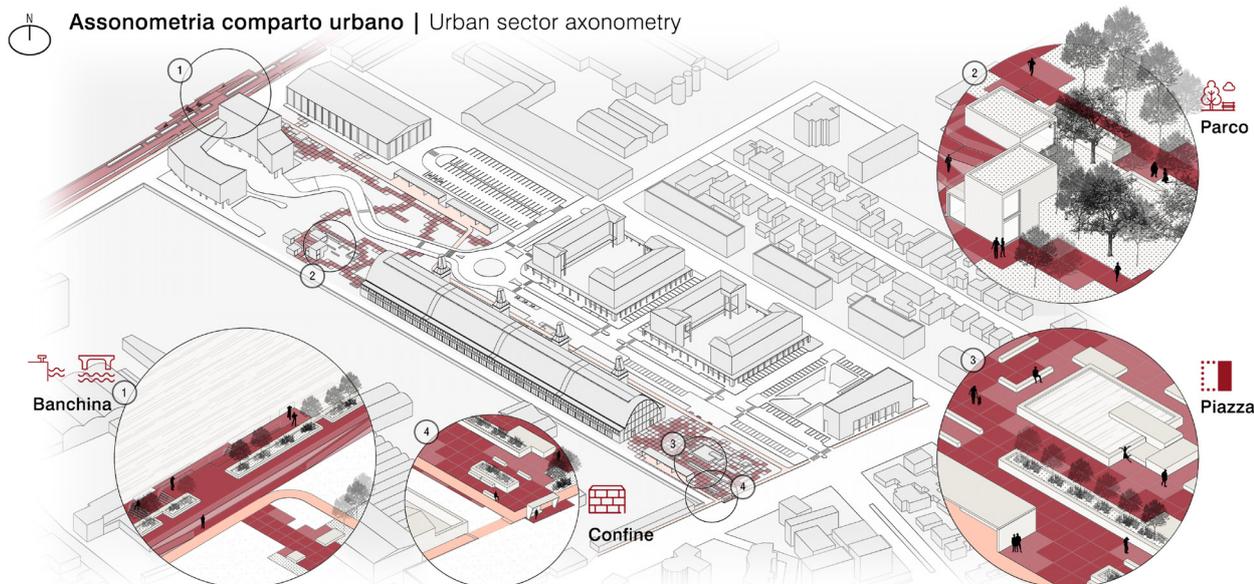
Below are highlighted the original features of the practice through a case study presentation of a multiphysics simulation program applied to an industrial regeneration project.

### 3. The case of the former warehouse SIR in Ravenna’s dock

In many Italian cities, areas of industrial archaeology characterise the urban landscape and reinforce the memory of the social transformation of the territory. Ravenna’s “Darsena di città” (City dock) exemplifies these realities. This area and its industrial buildings have been affected by decommissioning processes after a change in port functionality and productivity geography. Today, this area aims to become the new hub of city development, also thanks to its proximity to the historic centre.

The former warehouse of chemical fertiliser SIR (Società Interconsorziale Romagnola) is on this site, which is the object of the study project presented (Fig. 1). It was built in 1957 and nowadays is catalogued

**Fig. 2.** Diagram of the relationship between proposed practice, support software and expected outcomes (Source: Elaboration by the authors).



**Fig. 3.** Project axonometry of the urban intervention sector in which the former SIR is located (Source: Elaboration by the authors and Lambertini E.).

as paraboloid industrial archaeology. The building comprises 34 cast-in-situ reinforced concrete arches, 30 meters wide and 17 meters high, arranged for a length of 175 meters.

The objectives of this work were different and multi-scale. They have been developed according to different operational guidelines that characterised the scales addressed. These are the refurbishment proposal for the entire urban area (Fig. 3), the re-purpose and regeneration plan of the building and software verification of the predicted passive bioclimatic models.

The urban refurbishment project was developed following an analysis of the physical elements and directives of the municipal plans of the Ravenna's dock. From their relationship, a methodological approach to intervention was devised to develop innovative approaches to contemporary design (*Smart City, Smart Mobility*).

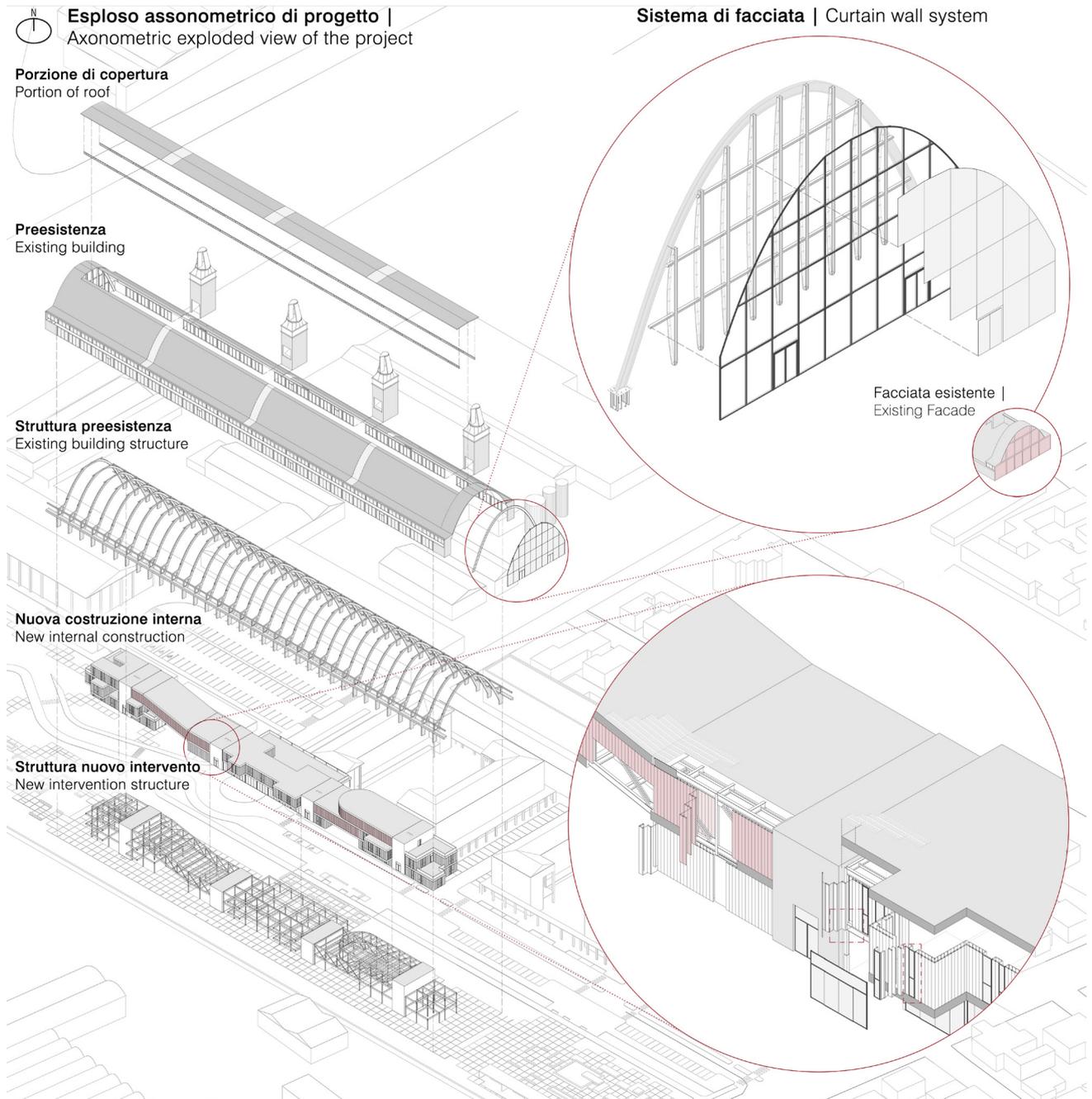
Focusing on the urban sector in which the former SIR is located, the functions identified for the intervention are representative of the individual and collective cultural development objectives desired by local urban plans (university study spaces, spaces for co-working and a FabLab). These were mainly placed in new architectural volumes positioned under the existing massive parabolic roof, according to the type of intervention of the nested building. It consists of volumes (typically modular) placed within pre-existing building organisms as

a potential response to the theme of recovery and reuse (Maniero & Fattori, 2021). Two well-known Italian industrial recovery projects with a similar intervention methodology to the proposed case study are the recovery project of the Officine Reggiane by architect Andrea Olivieri and that of the Opificio Golinelli in Bologna by Diverserighestudio, both completed in 2019.

To create these new environments, it has been planned to use reversible and recyclable technological solutions capable of coping with the considerable complexity of the project's environmental system. The two primary materials are steel and glass, although their embodied energy. Carbon fibre reinforcements were chosen for the structural consolidation of the reinforced concrete. At the same time, further adjustments, such as any static stiffeners, should be verified following careful investigation operations in compliance with the anti-seismic regulations in force (Fig. 4).

#### 4. Application of the multiphysics simulation model

The multiphysics simulation programme used for the most innovative part of the study is COMSOL Multiphysics® in its version 5.5, a software program based on advanced numerical methods typically em-



ployed in various technical and scientific fields (Fig. 5). The analysis was divided into three distinct phases: a first of feasibility study; a second of numerical study; a last one of thermodynamic study.

The operability of the digital system focused on the following steps, corresponding to the three phases described:

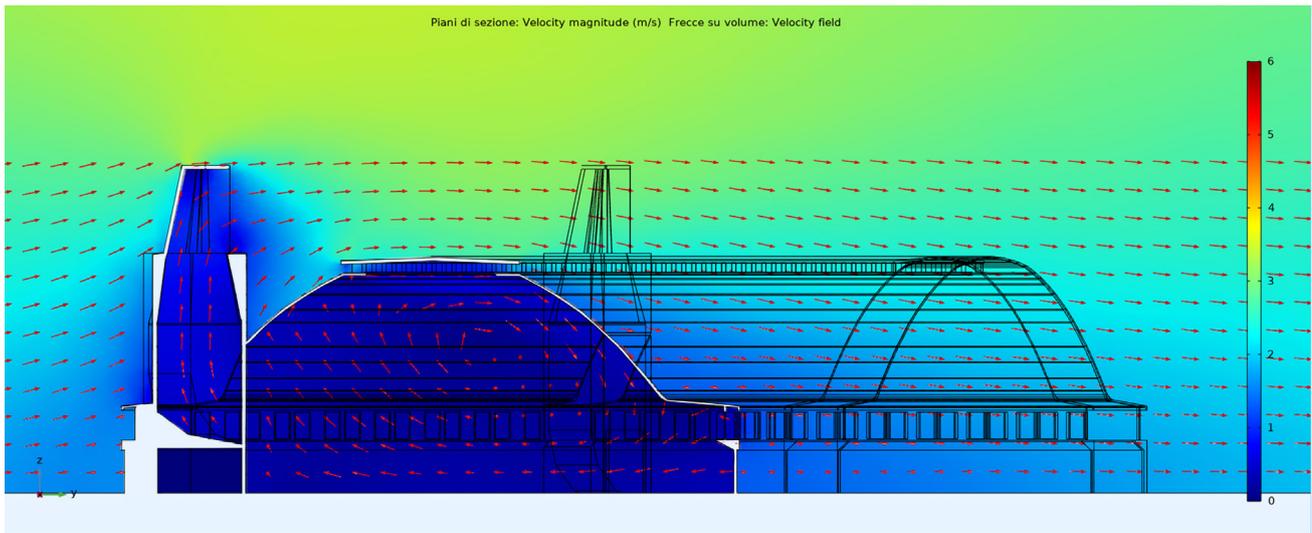
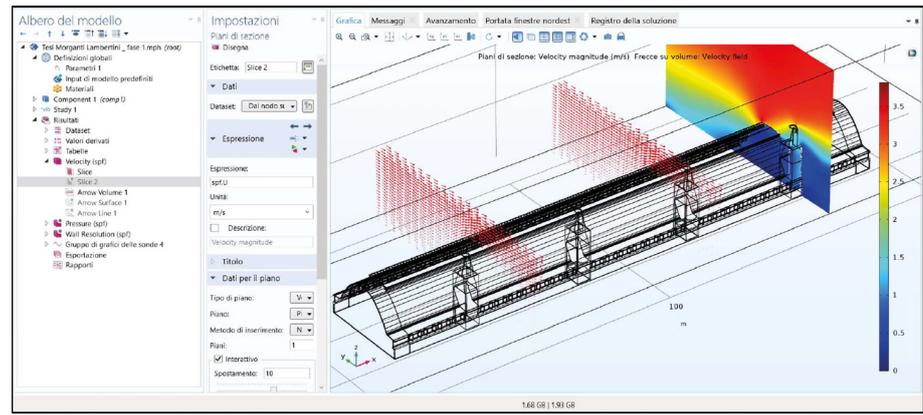
1) The first phase consisted of the investigation and outline of the possibilities offered by the existing form in the climatic conditions where it is found to implement passive environmental systems. The 3D model of the current state has been analysed.

2) The second phase measured the air exchange and flow rates for natural ventilation in the various possible opening layouts. This also aims to check their adequacy to regulatory standards. In this phase, a significant portion of the model was analysed after integrating the new internal architectures. Measurement sensors called *Boundary Layers* were also placed in the model; thanks to them, it was possible to extrapolate specific analytical data from the program.

3) The third and last phase aimed to quantify the thermal contribution by the heat dispersions of the new volumes inside

**Fig. 4.** Exploded axonometric view of the digital project model (Source: Elaboration by the authors and Lambertini E.).

**Fig. 5.** COMSOL Multiphysics® interface for viewing the fluid dynamics simulation results (Source: Elaboration by the authors).



**Fig. 6.** 1st Phase simulation: 45°-inclined section of the paraboloid passing over a wind chimney (Source: Elaboration by the authors).

the paraboloid towards the space interposed to the existing envelope. Only one significant bay of the building was analysed due to the complexity of the calculation.

It emerged that in normal wind conditions, the existing openings generate sufficient constant air flows inside the building, and its parabolic section does not generate over or under-pressure areas. It tends to create a circular flow with a horizontal axis inside the construction (Fig. 6). This has highlighted the possibility of leaving empty spaces on the ground floor of the new intervention to let the natural circulation of airflow, exploiting it for summer cooling and indoor natural ventilation. Moreover, the former loading towers on the northeast front of the building appeared to be suitable for transformation into wind chimneys. Thanks to them, the flows of natural air currents can be optimised, and electrical energy can be generated through the tur-

bines positioned inside them. That energy will integrate the one generated by the photovoltaic panels on the roof.

To provide benchmarks, the necessary air volumes within the various environments were estimated to ensure indoor well-being. These refer to the UNI 10339 standard on aerulic systems. The calculation result highlighted the need for an overall air exchange of  $3.6 \text{ m}^3/\text{sec}$  for the entire volume of the ex-SIR, that is,  $69.000,0 \text{ m}^3$ . Then, the obtained value was assumed as the global minimum rate. Starting from it, a specific minimum value for every single bay of the paraboloid was determined (both for greater comprehensibility and usability of the data and for a calculation need of the simulation software). The final result is a requirement of  $0.11 \text{ m}^3/\text{sec}$  per bay (i.e. every 5 linear m of building corresponding to the net measure between the paraboloid's arches). The first measurements have shown that the air input

in an average wind speed can reach a spike of one hundred and fifty times more significant than the minimum required. That in case of total opening of the external casing (Fig. 7, Tab. 1). Starting from this encouraging data, many other simulations were carried out to evaluate which of the different alternating or partialised opening schemes of the windows were most suitable for guaranteeing natural ventilation based on the different seasonal conditions.

The effectiveness of wind chimneys was verified in the circumstances in which, due to the total absence of current, it is necessary to force the ventilation with the turbines provided inside mechanically. The results show how the aspiration of the chimneys causes air movement in the project at ideal speeds for the comfort of the interior spaces (Fig. 8, Tab. 2).

For the realisation of the third and last phase, it was necessary to implement the model of all the information related to the physical characteristics of its elements. In particular, for the two envelopes, the relevant parameters for the measurement of thermodynamic phenomena were the thermal transmittance of the walls of the internal air-conditioned envelope [ $W/m^2K$ ] and the reflectance and emissivity of the external surface of the paraboloid and of the windows [%]. The thermodynamic analysis was calculated with an air exchange rate corresponding to the minimum required by the legislation. These latest simulations have shown that the mitigation of the temperature in the intermediate environment reaches values of about 2 °C to 5 °C of difference concerning the external environment. These are significant results for the comfort and energy efficiency of buildings.

## 5. Value of the building simulation in the post covid-19 transition

The COVID-19 pandemic (2020-2023) has highlighted how much the ventilation needs of spaces can change in the short term. A significant increase has been observed in the development and application of digital tools for monitoring and managing numerous building types for public and private services, particularly for adapting to the new needs to contrast the pandemic spread (Umair *et al.*, 2021; Spennemann, 2021). Digital analysis tools allow to foresee any intensification mechanisms of the airflow circulation rate to be applied to possible future scenarios. These mechanisms can integrate passive natural ventilation systems with active mechanical ventilation systems, or vice versa, to form a hybrid system. Even in the case of intervention on already operational structures, applying the same analysis processes for different efficiency scenarios is possible. This approach takes account of the globality of the physical phenomena involved. This scenario has been expected for public places between 2020 and 2021 in Italy, where it has been necessary to upgrade the ventilation systems due to the pandemic. This software program can also be used to analyse the risk of infection in the presence of airborne viral diseases concerning the average contamination of pollutants and the geometry of the place (Leng, 2020).

If the digital study model is realised with a BIM-based program and detailed enough, it can become a Digital Twin (DT) of the building. Then, combining it with an Internet of Things (IoT) network, thanks to sensors integrated into the building, it would

be possible to take real-time measurements, such as those related to user comfort and the concentration of atmospheric particulate and CO<sub>2</sub>. This can automate ventilation systems to reduce the risk of infection, whose operation has been validated with predictive simulations in the design phase. A research team from the Polytechnic University of Milan conducted application studies of Soft DT in school buildings to monitor air quality and mitigate the risk of contagion from COVID-19. The research methodology led to training an artificial neural network and activating ventilation systems defined by schemes previously analysed and controlled by an IoT communication protocol (Re Cecconi *et al.*, 2021; Tagliabue *et al.*, 2021).

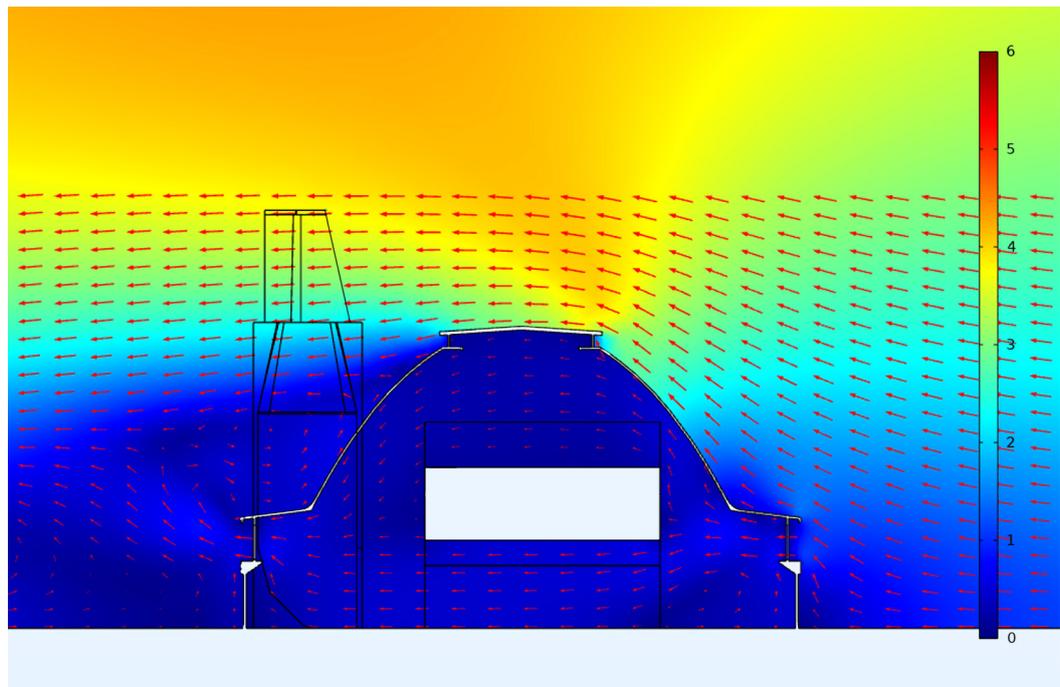
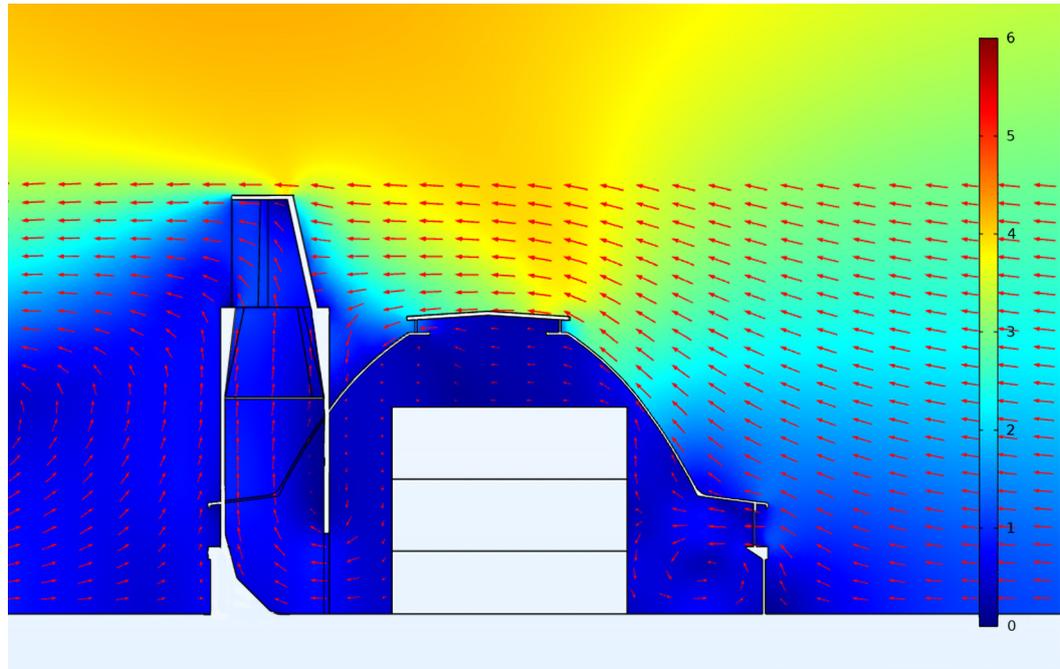
## 6. Conclusions

Returning in conclusion to the building subject of the case study, figure 10 is a summary scheme of the integration between the logic of the CE Hierarchy and the principles of regeneration of industrial heritage with the aid of digital instruments available on the market.

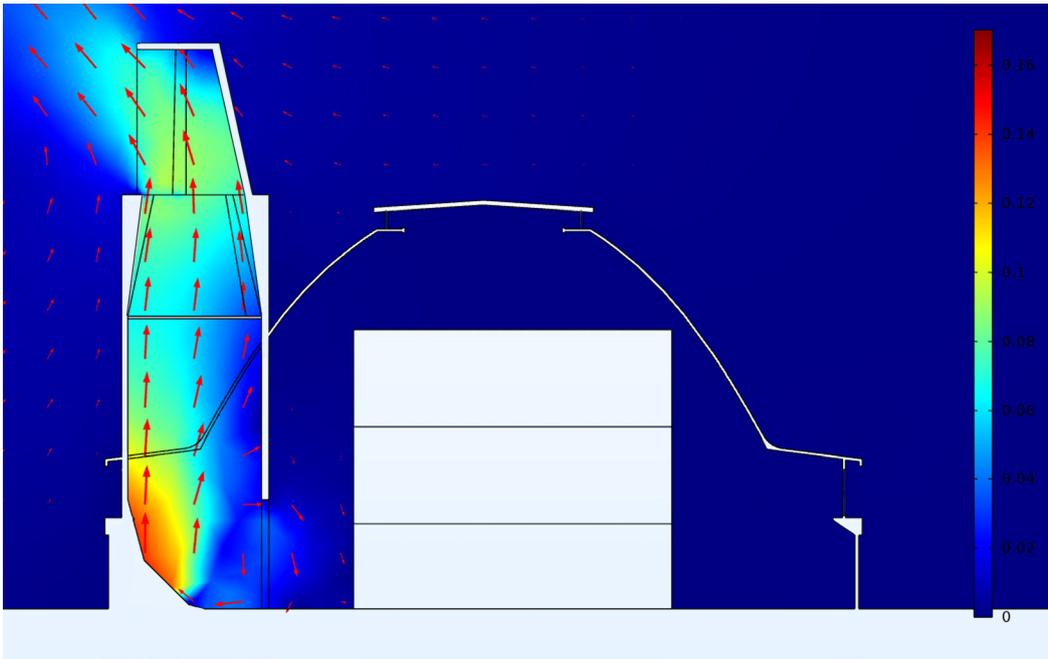
It is worth specifying that although the monumental value of the ex-SIR and its morphology were a characterising factor during the study. Industrial architectures of smaller dimensions or with different morphologies (even with compartmentalised interiors) can also be dedicated to adopting passive efficiency strategies. However, these opportunities would be complex to analyse and difficult to read without an in-depth multi-criteria analytical investigation, without which significant potential for enhancing the recovery intervention would be lost.

As for the two leading digital tools supporting these analyses,

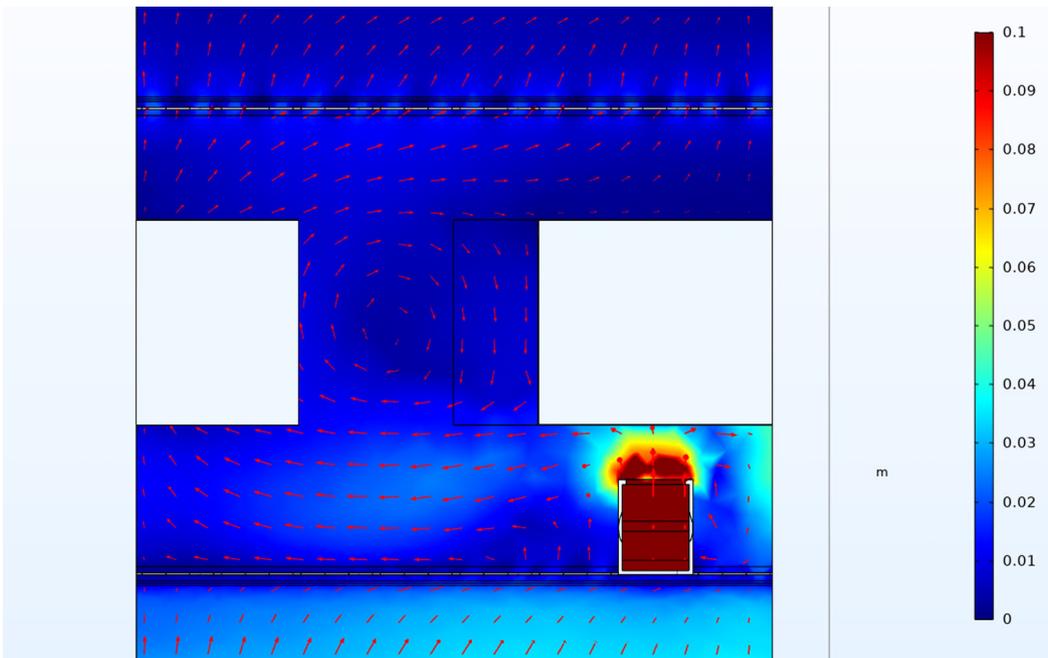
**Fig. 7., Tab. 1.** Phase two simulation: orthogonal section of the paraboloid passing over a wind chimney and through the raised volume. Summary of the results obtained from the incoming (In) and outgoing (Out) air flows measurements.



	In / Out	Velocity [m/s]	Flow rate per bay [m <sup>3</sup> /s]
N-E Windows sensor	Out	4,33E + 01	5,41E + 00
S-W Windows sensor	In	6,67E + 01	8,34E + 00
N-E Upper ribbon window sensor	Out	6,90E + 01	8,62E + 00
S-W Upper ribbon window sensor	In	6,61E + 01	8,27E + 00
Wind tower sensor	Out	2,22E + 01	2,69E + 00
	Total input per bay [m <sup>3</sup> /s] =	1,66E + 01	
	Δ In and Out [m <sup>3</sup> /s] =	-1,20E-01	
	Relative error in the measurement =	0,72%	

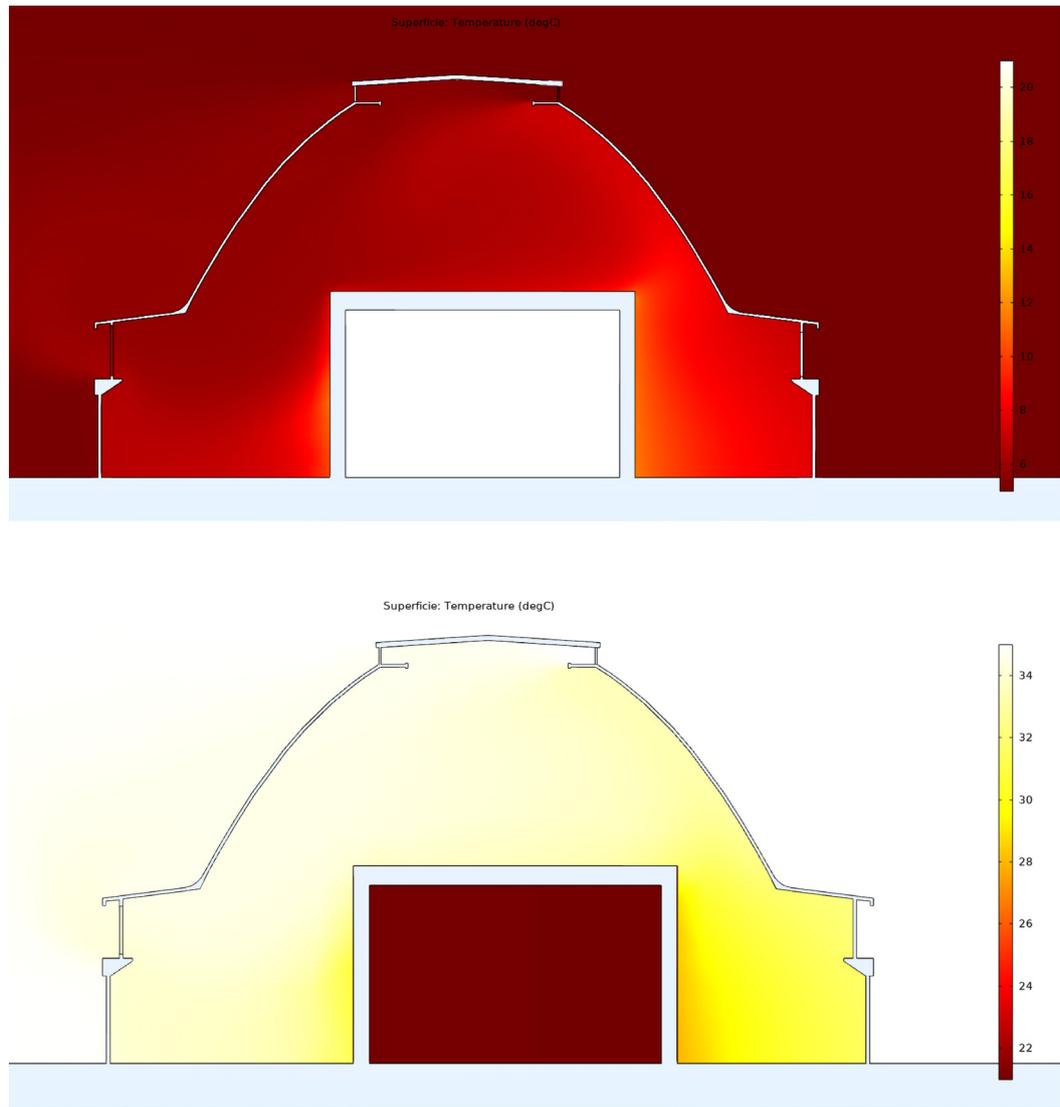


**Fig. 8., Tab. 2.** Phase two simulation: orthogonal section of the paraboloid passing over a wind chimney and ground floor plan. Summary of the results obtained in still wind conditions.

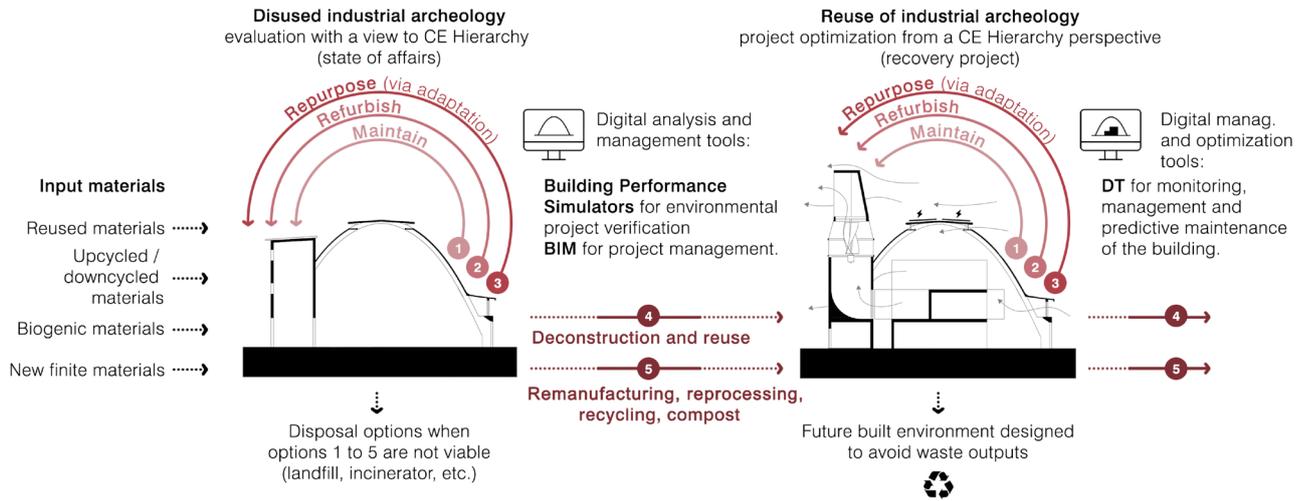


	In / Out	Velocity magnitude [m/s]	Flow rate per bay [m <sup>3</sup> /s]
N-E Windows sensor	In	4,16E-02	5,20E-03
S-W Windows sensor	In	5,83E-02	7,28E-03
N-E Upper ribbon window sensor	In	2,46E-02	3,07E-03
S-W Upper ribbon window sensor	In	2,40E-02	3,00E-03
Wind tower sensor	Out	1,19E+00	1,45E-01
	Total input per bay [m <sup>3</sup> /s] =	1,45E-01	

**Fig. 9., Tab. 3.** Phase three simulation: summer and winter thermodynamic analysis. Summary of the results obtained.



	In / Out	Flow rate per bay [m <sup>3</sup> / s]	
N-E Windows sensor	Out	1,00E-01	
S-W Windows sensor	/	/	
N-E Upper ribbon window sensor	/	/	
S-W Upper ribbon window sensor	In	1,21E-01	
	Total input per bay [m <sup>3</sup> /s] =	1.21E-01	
	T med [° C]	T Max [° C]	T min [° C]
Winter temperature sensor (Text = 5°C)	6,9	11,4	5,0
Summer temperature sensor (Text = 35°C)	33,3	35,0	27,9



other significant aspects related to the BIM environment and simulation software deserve mention.

In recent years BIM models began to develop their so-called seventh dimension (7D) concerning environmental sustainability assessment. Given their more complex and articulated nature, this specific management role is of great value in recovery projects, especially industrial buildings. Furthermore, once the intervention is completed, the BIM model integrated with IoT and artificial intelligence systems can become a predictive maintenance tool and a controller of energy consumption and environmental comfort (Rampini & Re Cecconi, 2022).

Building simulation software packages

are becoming more popular, although they are mainly applied to new construction studies. The program used in the presented case study is COMSOL Multiphysics®. It is used to study extremely specific phenomena and in experimental research of interventions on existing buildings. High-performance and user-friendly BPS programs are increasingly used to investigate entire building systems. The best-known internationally are *Virtual Environment*, produced by IES, and *DesignBuilder*. The multiphysics building simulation offers a more complete and accurate analysis, despite requiring higher costs, times and operator preparation than the BPS. For this reason, it is more effective for complex factories such as industrial archaeology.

**Fig. 10.** Summary scheme of the proposed good practice (Source: Elaboration by the authors).

---

# Software BIM e di simulazione predittiva per il progetto circolare di rigenerazione industriale

Luca Morganti, Theo Zaffagnini

## 1. Istanze internazionali di sostenibilità e rigenerazione urbana

Il report IPCC intitolato *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability* si propone di evidenziare quali scenari sono percorribili per fattibilità e fattore di contenimento del riscaldamento globale. Fra gli scenari di adattamento con maggior potenziale di mitigazione ce ne sono alcuni relativi a contesti urbani, come la realizzazione di infrastrutture *green* e l'uso sostenibile del suolo nella pianificazione urbana. Questi scenari presentano buone potenzialità nella dimensione tecnologica, sociale, ambientale e di fattibilità economica, oltre che essere benefici per numerosi *Sustainable Development Goals* (IPCC, 2022, pp. 22). Considerando inoltre che il settore edile causa il 37% delle emissioni mondiali di CO<sub>2</sub> (UNEP, 2021), è responsabile del 50% delle estrazioni di materiali e del 35% della generazione di rifiuti europei (Eurostat, 2018), diventa imprescindibile gestire le esigenze cittadine con soluzioni ideate da un approccio *Life Cycle Thinking* sostenibile. Azioni di riqualificazione e rigenerazione del patrimonio esistente, attuate tramite interventi di recupero e solo quando il semplice mantenimento non è percorribile, devono diventare la soluzione prioritaria per la minimizzazione dell'impatto ambientale grazie all'attivazione di processi durevoli e circolari. I vantaggi ambientali emersi da queste pratiche di recupero in ottica di *Circular Economy* (CE) stanno indirizzando a livello internazionale la cosiddetta *CE Hierarchy*, che ambisce a indicare quali interventi edilizi sono da favorire per l'eliminazione di materiali non rinnovabili e dei rifiuti dalla catena delle costruzioni. Qui, in ordine decrescente a partire dall'approccio più virtuoso, troviamo *maintain, refurbish,*

*re-purpose, deconstruct for reuse e recycle* (LETI, 2022; Huuhka & Vestergaard, 2020). Questi principi, assieme ad altri di efficienza energetica del costruito, costituiscono un chiaro indirizzo per legislazioni riguardanti il recupero e la manutenzione del patrimonio esistente. Ne sono un esempio le direttive europee facenti parte del pacchetto "Fit for 55", volte alla riduzione delle emissioni dell'intero ciclo di vita dell'edificio e all'attuazione di processi circolari (Council EU, 2022). La riqualificazione del patrimonio costruito è quindi un preciso obiettivo per la riduzione del nostro impatto ambientale (Di Ruocco, 2021).

Alla luce di queste istanze, si intende proporre un approfondimento delle possibilità offerte dalla rigenerazione di fabbricati classificati come archeologie industriali tramite la realizzazione di progetti architettonici basati su software di simulazione, per il controllo in fase progettuale, e dall'applicazione di dispositivi digitali di monitoraggio e di verifica, utili sia alla gestione bioclimatica del costruito che per la gestione dei consumi e delle manutenzioni dell'oggetto edilizio. Queste testimonianze architettoniche industriali rappresentano una potenziale risorsa grazie alle loro caratteristiche morfo-tipologiche e dimensionali che, dopo una fase conoscitiva del bene, possono essere riadattate a svariati fini tutelando il valore testimoniale e la memoria dell'identità locale (Buchanan, 2005). Possono inoltre diventare *driver* di trasformazione e rifunzionalizzazione delle aree periurbane di pertinenza che, con il progressivo espandersi della città, si trovano spesso in punti strategici per la collocazione dei servizi cittadini. Infine, si evidenzieranno i vantaggi offerti dall'utilizzo di software di simulazione predittiva e di *network Internet of Things* (IoT), integrati con sensoristiche adeguate,

in un contesto post-pandemico, raramente considerati durante processi di rigenerazione industriali.

## 2. Approccio metodologico al recupero, strumenti digitali e soggetti coinvolti

In questa fase di transizione digitale, numerosi strumenti informatici al servizio dei progettisti e degli attori del settore edilizio possono trovare un efficace impiego in queste virtuose azioni di recupero. Ne sono esempio i *Building Performance Simulators* (BPS), predittivi del comportamento energetico, di ventilazione e illuminazione (Morganti & Zaffagnini, 2021), e gli ormai consolidati BIM, efficaci per il *management* ideativo ed esecutivo (Ayman *et al.*, 2020). Questi strumenti BIM hanno inoltre già dimostrato la loro utilità nella rigenerazione e conservazione di contesti ex-industriali (Biagini & Arslan, 2018; Pavlovskis *et al.*, 2019) e in alcuni casi possono essere tradotti in un *Digital-Twin* (DT) del costruito con cui proprietari e gestori possono monitorare i parametri ambientali in *real-time* (Hooshyar Yousefi & Najjar Azali, 2018) (Fig. 2). Sempre con le medesime finalità, su scala urbana, sono utilizzabili anche programmi di simulazione in grado di descrivere fenomeni ambientali urbani localizzati (come le isole di calore o l'effetto venturi generato dal vento fra i palazzi) per valorizzare approcci *Green* di pianificazione territoriale *site-specific* (Losasso *et al.*, 2020).

Si ritiene importante sottolineare in principio come questi processi, prima ancora di proprietari, progettisti e tecnici specialisti, debbano interessare le pubbliche amministrazioni e i pianificatori territoriali. I quali

hanno la possibilità di individuare queste realtà ed evidenziarne le opportunità di sviluppo ambientale, sociale ed economico attraverso approcci metodologici di sviluppo urbano *Smart* integrati a strategie *Green*.

La fase iniziale di progetto, secondo le predette necessità, deve poi necessariamente iniziare dalla restituzione digitale dei manufatti, deve coinvolgere tecnici specializzati nella rilevazione di edifici complessi e operatori BIM capaci di implementare ogni complessità geometrica e materica nel modello. La precisione di questa prima fase è fondamentale sia per minimizzare gli errori esecutivi sia per controllare e contenere i costi e l'impatto ambientale. Infatti, è possibile usare il modello per quantificare la massima percentuale di materiali riciclabili o riutilizzabili presenti nel sito; oppure come strumento di supporto al *Life Cycle Assessment* dell'intervento, anche grazie a *plug-in* specifici compatibili con i modelli BIM (Ahmed *et al.*, 2021). L'analisi digitale automatizzata dell'impatto ambientale delle costruzioni è di grande interesse sia per le imprese che devono rispondere alle nuove prescrizioni normative, sia per i centri di ricerca tecnologici e per i programmi di finanziamento di progetti innovativi di economia circolare e transizione digitale (come *Horizon Europe*).

L'applicazione di *software* di simulazione predittiva a queste ampie e complesse "cattedrali del lavoro" trova la sua ragione d'essere nell'approccio olistico che, in fase progettuale, deve tenere conto di aspetti energetici, igroscopicità dei materiali, caratteristiche idrogeologiche del terreno, illuminazione, concentrazione di particolati urbani, *comfort indoor* e *outdoor*, e così via. Studiando la volumetria e il rapporto fra pieni e vuoti degli elementi architettonici e la matericità è possibile concepire involucri che permettono un controllo passivo degli scambi di calore, dei flussi d'aria naturali e degli altri aspetti menzionati sfruttando i citati rapporti morfologici e le aperture esistenti. Per quanto complessi da analizzare, trovano nell'applicazione di *software* di simulazione predittiva (anche dinamica) una quantificazione analitica e la possibilità di verifica dei modelli di efficienza energetica e bioclimatica previsti, oltre che una valutazione del vantaggio economico previsto nel progetto di recupero sin dalla prima fase progettuale.

A ulteriore conferma della necessità di integrare il metodo di calcolo dei fabbisogni dell'edificio con i modelli simulativi sopraccitati, in particolare per il dimensionamento di impianti di raffrescamento, dal 2018 sono entrate in vigore le norme UNI EN ISO 52016 e UNI EN ISO 52017, che introducono il calcolo energetico a regime dinamico.

Con la pratica presentata a seguire si intende evidenziare le modalità applicative di

questi programmi di simulazione impiegati nel progetto di rigenerazione industriale, descrivendo uno specifico caso studio applicativo.

### 3. Il caso del magazzino ex-SIR nella darsena di Ravenna

In numerose città italiane le aree di archeologia industriale caratterizzano il paesaggio urbano e rafforzano la memoria della trasformazione sociale del territorio. La cosiddetta Darsena di città a Ravenna è un esempio di queste realtà. Negli ultimi decenni, in seguito a una mutata geografia della funzionalità e della produttività portuale, è stata interessata da processi di dismissione che hanno trascinato con loro la maggior parte degli edifici industriali. Oggi questa zona ambisce a diventare il nuovo fulcro dello sviluppo ravennate, anche grazie alla sua vicinanza al centro storico.

In questo contesto si trova l'oggetto del progetto di studio qui presentato, ovvero l'ex magazzino di concimi chimici SIR (Società Interconsorziale Romagnola) (Fig. 1). Realizzato nel 1957 e classificato come caso di archeologia industriale paraboloidale. Il fabbricato è composto da 34 archi in cemento armato gettati in opera disposti per 175 metri di lunghezza, 30 m di larghezza e 17 m di altezza.

Gli obiettivi di progetto sono stati diversi e multiscalarari e si sono sviluppati secondo diverse direttrici operative caratteristiche delle scale affrontate. Tra questi spiccano la proposta di riqualificazione dell'intero comparto urbano (Fig. 3), il piano di rigenerazione funzionale dell'immobile e la verifica con *software* di simulazione ambientale dei modelli bioclimatici passivi previsti.

Il progetto di riqualificazione urbana è stato sviluppato in seguito a un'analisi degli elementi fisici e delle direttive dei piani comunali della Darsena ravennate, dalla cui relazione si è ideato un approccio metodologico di intervento per lo sviluppo di approcci innovativi della progettazione contemporanea (*Smart City, Smart Mobility*).

Concentrandosi sul comparto in cui l'ex-SIR è locato, le funzioni individuate per l'intervento risultano essere rappresentative degli obiettivi di sviluppo culturale individuale e collettivo voluti dai piani urbanistici locali. Si sono previsti spazi di studio universitari, spazi per lo *smart-working* e un *Fab-Lab*. Questi ambienti sono stati collocati principalmente in nuovi volumi architettonici posizionati sotto l'imponente copertura paraboloidale esistente secondo una tipologia di intervento del *nested-building*. Consistente in volumi (tipicamente modulari) collocati all'interno di organismi edilizi preesistenti come una potenziale ri-

sposta rispetto al tema del recupero e riuso (Maniero & Fattori, 2021). Due noti progetti italiani di recupero industriale che hanno previsto una metodologia di intervento simile a quella del caso studio proposto sono il progetto di recupero delle Officine Reggiane dell'arch Andrea Oliva e quello dell'Opificio Golinelli a Bologna di Diverse-righostudio entrambi ultimati nel 2019.

Per la realizzazione di questi nuovi ambienti si è optato per soluzioni tecnologiche reversibili e riciclabili capaci di far fronte alle notevoli complessità del sistema ambientale del progetto, come acciaio e vetro (seppur notoriamente energivori in fase di produzione). Per il consolidamento strutturale del cemento armato si è optato per rinforzi in fibra di carbonio, mentre ulteriori adeguamenti, come eventuali irrigidimenti statici, sarebbero da verificare in seguito ad accurate operazioni di indagine in ottemperanza alle normative antisismiche vigenti (Fig. 4).

### 4. L'applicazione del modello di simulazione multifisica

Il programma di simulazione multifisica utilizzato per la parte più innovativa dello studio è COMSOL Multiphysics® nella sua versione 5.5, un *software* multiplatforma basato su metodi numerici avanzati tipicamente impiegato in svariati ambiti tecnici e scientifici (Fig. 5). L'analisi bioclimatica è stata divisa in tre fasi distinte: una prima di studio di fattibilità; una seconda di studio numerico; un'ultima di studio termodinamico.

L'operabilità del sistema digitale ha visto in dettaglio i seguenti approfondimenti corrispondenti alle tre fasi descritte:

1) Indagine e verifica delle possibilità di attuazione di sistemi ambientali passivi offerti dalla forma della preesistenza e nelle condizioni climatiche in cui si trova. Tramite l'analisi del modello 3D dello stato di fatto.

2) Misurazione della velocità e della portata di ricambio dell'aria per ventilazione naturale nelle varie conformazioni di apertura possibili e verifica dell'adeguatezza rispetto agli standard normativi. Per fare ciò si è analizzata una porzione significativa del modello integrato con le nuove architetture interne e con sonde per la misurazione dei flussi d'aria (*Boundary Layers*), grazie alle quali si è potuto ottenere specifici dati analitici.

3) Quantificazione dell'apporto termico dato dalle dispersioni di calore dei nuovi volumi interni al paraboloidale verso lo spazio interposto all'involucro esistente. Per questa fase si è analizzata una sola campagna significativa del progetto a causa della complessità del calcolo termodinamico.

Durante la prima fase di analisi si è constatato come in condizioni di vento normale le aperture preesistenti siano già sufficienti per generare flussi d'aria costanti all'interno dell'edificio e di come la sua sezione parabolica non generi zone di sovra o sotto pressione, ma tenda a creare una corrente circolare ad asse orizzontale al suo interno (Fig. 6). Ciò ha evidenziato la possibilità di creare dei vuoti al piano terra del nuovo intervento per non impedire la circolazione naturale dell'aria, sfruttandola per il raffreddamento estivo e per l'aerazione naturale degli spazi *indoor*. Inoltre, le ex-torrette di carico sul fronte nord-est sono risultate adatte alla trasformazione, in seguito ad un mirato intervento, in camini del vento. Grazie a questi infatti si possono ottimizzare i flussi delle correnti d'aria naturali e contemporaneamente generare energia elettrica attraverso turbine posizionate al loro interno, da integrare a quella generata dai pannelli fotovoltaici in copertura.

Prima di procedere con la seconda fase si sono stimati i volumi d'aria necessari all'interno dei vari ambienti per garantire il benessere *indoor*, in riferimento alla norma UNI 10339 sugli impianti aerulici. Il risultato del calcolo ha evidenziato la necessità di un ricambio d'aria complessivo di 3,6 m<sup>3</sup>/sec per l'intero volume dell'ex-SIR, ovvero 69.000,0 m<sup>3</sup>. Assumendo il valore ottenuto come minimo globale si è proceduto determinando un valore specifico minimo per singola campata del paraboloide (sia per una maggiore comprensibilità e spendibilità del dato sia per una necessità di calcolo del *software* di simulazione) ottenendo un fabbisogno di 0,11 m<sup>3</sup>/sec per campata (ovvero ogni 5 m lineari di fabbricato corrispondenti alla misura netta tra gli archi del paraboloide). Le prime misurazioni hanno mostrato che, in caso di totale apertura dell'involucro esterno, l'afflusso di aria in un regime ventoso medio può raggiungere picchi centocinquanta volte maggiori di quelli minimi richiesti (Fig. 7, Tab. 1). Partendo da questo dato incoraggiante sono state condotte numerose altre simulazioni per valutare quale fra i diversi possibili schemi di apertura alternata o parzializzata delle finestrate fosse più efficiente. Ovvero quali di essi fossero più adatti a garantire una ventilazione naturale in ragione delle diverse condizioni stagionali.

A seguire si è verificata l'efficacia dei camini del vento nelle circostanze in cui, in totale assenza di corrente, fosse necessario attivare meccanicamente la ventilazione grazie alle turbine previste all'interno. I risultati evidenziano come l'aspirazione dei camini provoca movimenti d'aria in tutte le aree sottese al paraboloide a velocità ideali per il comfort degli spazi interni (Fig. 8, Tab. 2).

Per la realizzazione della terza ed ultima

fase si è dovuto implementare il modello di tutte le informazioni relative alle caratteristiche fisiche degli elementi dei due involucri rilevanti per la misurazione dei fenomeni termodinamici, come la trasmittanza delle pareti dell'involucro climatizzato interno [W/m<sup>2</sup>K] e la riflettanza ed emissività della superficie esterna del paraboloide e delle finestrate [%]. L'analisi termodinamica è stata calcolata in una condizione di ricambio d'aria corrispondente ai minimi previsti dalla normativa. I risultati di queste ultime simulazioni hanno dimostrato che la mitigazione della temperatura nell'ambiente intermedio raggiunga valori dai circa 2°C ai 5°C di differenza rispetto all'ambiente esterno; risultati significativi per *comfort* ed efficienza energetica del costruito.

### 5. Valenze della simulazione nella transizione post covid-19

L'evento pandemico di cui siamo stati testimoni dal 2020 al 2023 ha evidenziato quanto le esigenze di ventilazione degli spazi siano determinanti e come possano cambiare nel breve periodo. Si è infatti constatato un importante incremento allo sviluppo e l'applicazione di strumenti digitali per il monitoraggio e la gestione di numerose tipologie edilizie per servizi pubblici e privati, in particolare per l'adattamento alle nuove esigenze di contrasto alla diffusione pandemica (Umair *et al.*, 2021; Spennemann, 2021). Gli strumenti di analisi digitale, come quelli impiegati anche nel riuso di reperti architettonici industriali dismessi, consentono infatti di simulare e valutare eventuali meccanismi di intensificazione della portata d'aria di ricircolo da applicare in ragione di possibili ed inattesi scenari futuri. Tali meccanismi possono prevedere un'integrazione dei sistemi passivi di ventilazione naturale con sistemi attivi di ventilazione meccanica, o viceversa, a formare un sistema misto. Anche nel caso di intervento su strutture già operative, in cui è necessario un potenziamento dei sistemi di ventilazione – casistica molto diffusa per i luoghi pubblici fra il 2020 e il 2021 – è possibile applicare gli stessi processi di analisi per diversi scenari di efficientamento che tengano conto della globalità dei fenomeni fisici interessati. Questi *software* trovano anche un'applicazione per l'analisi del rischio di infezione in presenza di patologie virali a trasmissione aerea rispetto alla contaminazione media degli inquinanti e alla geometria del luogo (Leng, 2020).

Nel caso in cui il modello digitale di studio si realizzasse con un approccio *BIM-based* sufficientemente dettagliato da poterlo considerare un *Digital-Twin* (DT) del costruito, l'abbinamento con un network *Internet*

*of Things* (IoT), grazie a una sensoristica integrata all'edificio, permetterebbe la misurazione di numerosi parametri per il monitoraggio in *real-time* del comfort dell'utente, della concentrazione di particolato atmosferico e di CO<sub>2</sub>. Ciò può contribuire all'automazione di sistemi di ventilazione preposti alla riduzione del rischio di infezione, di cui si è validato il funzionamento con simulazioni predittive in fase di progetto. Un team di ricerca del Politecnico di Milano, ha svolto in quest'ottica specifici studi applicativi di *Soft DT* in edifici scolastici per il monitoraggio della qualità dell'aria e la mitigazione del rischio di contagio da COVID-19. La ricerca, mediante un'innovativa metodologia, ha portato all'addestramento di una rete neurale artificiale e all'attivazione di sistemi di ventilazione definiti da schemi preventivamente analizzati e controllati da un protocollo di comunicazione IoT (Re Cecconi *et al.*, 2021; Tagliabue *et al.*, 2021).

### 6. Conclusioni

Tornando in conclusione all'edificio oggetto del caso studio si riporta in seguito uno schema riassuntivo di integrazione fra la logica della *CE Hierarchy* e i principi di rigenerazione del patrimonio industriale con l'ausilio delle strumentazioni digitali disponibili sul mercato (Fig. 10).

Vale la pena precisare che per quanto la valenza monumentale dell'ex-SIR e la sua morfologia siano risultate un fattore caratterizzante durante lo studio, le architetture industriali di minori dimensioni, o con diverse morfologie (anche con interni compartimentati), possono essere anch'esse vocate all'adozione di strategie passive di efficientamento. Tali opportunità sarebbero tuttavia di complessa analisi e difficile lettura in assenza di un'indagine analitica multicriteriale approfondita, senza la quale si perderebbero di vista importanti potenzialità di valorizzazione dell'intervento di recupero.

Per quanto riguarda i due principali strumenti digitali a supporto di queste analisi, merita un cenno un altro aspetto significativo legato all'ambiente BIM e ai software di simulazione.

Negli ultimi anni si è infatti iniziata a sviluppare la cosiddetta settima dimensione (7D) dei modelli BIM, riguardante aspetti di valutazione di sostenibilità ambientale. Questo loro specifico ruolo gestionale rappresenta un grande valore aggiunto nei progetti di riuso, specialmente in quelli di carattere industriale. Questo per la loro natura più complessa e articolata. Inoltre, una volta completato l'intervento, il modello BIM eventualmente integrato con si-

stemi IoT e di intelligenze artificiali (AI) può trasformarsi, con opportuni accorgimenti, anche in uno strumento di manutenzione predittiva (Rampini & Re Cecconi, 2022).

I software di simulazione sono invece in crescente diffusione, seppur siano applicati prevalentemente a studi di nuove costruzioni. Il programma utilizzato nel caso studio, COMSOL Multiphysics®, viene solitamente impiegato per l'analisi di fenomeni estremamente specifici anche nella

ricerca sperimentale di interventi sull'edilizia esistente. Per le indagini su interi sistemi edilizi vanno diffondendosi programmi BPS sempre più performanti e con interfacce *user friendly*; tra i più noti a livello internazionale vi sono *Virtual Environment*, prodotto da IES, e *DesignBuilder*. La simulazione multifisica, nonostante richieda costi, tempi e preparazione degli operatori più elevati rispetto ai BPS, offre un'analisi più completa e precisa, quindi più efficace per l'appro-

fondimento di complesse fabbriche quali le archeologie industriali.

### Riconoscimenti

Gli autori ringraziano il Prof. Ing. Michele Bottarelli per l'indirizzo nell'uso del Software di Simulazione.

### REFERENCES

- Ahmed, A., Amoudi, O., Tong, M., Callaghan, N. (2021). A review of the challenges to integrating BIM and building sustainability assessment. *AIP Conference Proceedings*, 2428. <https://doi.org/10.1063/5.0071055>
- Ayman, R., Alwan, Z., McIntyre, L. (2020). BIM for sustainable project delivery: review paper and future development areas. *Architectural Science Review*, 63(1), pp. 15–33. <https://doi.org/10.1080/00038628.2019.1669525>
- Biagini, C., Arslan, P. (2018). "Industrial Heritage in the historical neighbourhood: BIM strategies for urban regeneration". *Disegnarecon - Advanced technologies for historical cities visualization*, 11(21).
- Buchanan, A. (2005). Industrial Archaeology: Past, Present and Prospective. *Industrial Archaeology Review*, 27(1), pp. 19–21. <https://doi.org/10.1179/030907205X44321>
- Di Ruocco, G., Melella, R., Cucco, P., Capuano, C. (2021). Sustainable strategies for the recovery and conservation of historical buildings. LCA approach for CO2e reduction. *Sustainable Mediterranean Construction*, pp. 127–132.
- Hooshyar Yousefi, B., Najjar Azali, N. (2018). Integration of BIM and IoT in the Building Heritage: A KM Conceptual Framework. In *Proceedings of the Landscape in Transition: Middle East Landscape Architecture Conference (MELAC 2018)*, Tehran, Iran, pp. 11–23.
- Huuhka, S., Vestergaard, I. (2020). Building conservation and the circular economy: a theoretical consideration. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 10(1), pp. 29–40. <https://doi.org/10.1108/JCHMSD-06-2019-0081>
- IPCC, (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, M. Tignor, E.S. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Craig, S. Langsdorf, S. Löschke, V. Möller, A. Okem, B. Rama (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge.
- Leng, J., Wang, Q., Liu, K. (2020). Sustainable design of courtyard environment: From the perspectives of airborne diseases control and human health. *Sustainable Cities and Society*, 62, pp. 102405. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2020.102405>
- LETI, (2022). Circular Economy for the built environment: a summary. *Circular Economy 1-pager*, p. 1. <https://www.leti.london/circulareconomy1pager>
- Losasso, M., Lucarelli, M.T., Rigillo, M., Valente, R. (eds) (2020). *Adattarsi al clima che cambia, Innovare la conoscenza per il progetto ambientale: Adapting to the Changing Climate. Knowledge Innovation for Environmental Design*. Maggioli, Santarcangelo di Romagna.
- Maniero, A., Fattori, G. (2021). The requalification of industrial buildings: A circular economy perspective. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, 22, pp. 159–169. <https://doi.org/10.36253/techne-10592>
- Morganti, L., Zaffagnini, T. (2021). Strumenti di simulazione predittiva della ventilazione a servizio del progetto di architettura. *L'Ufficio Tecnico*, Maggioli, Santarcangelo di Romagna, n. 9/2021, pp. 11–20.
- Pavlovskis, M., Migilinskas, D., Antucheviciene, J., Kutut, V. (2019). Implementing BIM for industrial and heritage building conversion. In *17th International Colloquium Sustainable Decisions In Built Environment proceedings*. <https://doi.org/10.3846/colloquium.2019.003>
- Rampini, L., Re Cecconi, F. (2022). Artificial Intelligence enabling Digital Twin in existing buildings. In *21st International Multidisciplinary Scientific GeoConference (SGEM 2021)*, 21, pp. 99–106. <https://doi.org/10.5593/sgem2021V6.2/s26.11>
- Re Cecconi, F., De Angelis, E., Tagliabue, L., Ciribini, A.L.C., Rinaldi, S., Bellagente, P. (2021). Soft Digital Twin for IEQ enabling the COVID risk mitigation in educational spaces. In *16 SDEWES Conference digital proceedings*, Dubrovnik, Croatia, pp. 1034/1–12.
- Spennemann, D. H. (2021). Residential architecture in a post-pandemic world: implications of covid-19 for new construction and for adapting heritage buildings. *Journal of Green Building*, 16(1), pp. 199–215. <https://doi.org/10.3992/jgb.16.1.199>
- Tagliabue, L.C., Re Cecconi, F., Rinaldi, S., Ciribini, A.L.C. (2021). Data Driven Indoor Air Quality Prediction in Educational Facilities Based on IoT Network. *Energy & Buildings*, 236, pp. 110782/1–13. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.110782>
- Umair, M., Cheema, M. A., Cheema, O., Li, H., & Lu, H. (2021). Impact of COVID-19 on IoT Adoption in Healthcare, Smart Homes, Smart Buildings, Smart Cities, Transportation and Industrial IoT. *Sensors*, 21(11), p. 3838. <https://doi.org/10.3390/s21113838>
- UNEP: United Nations Environment Programme (2021). *2021 Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*. Global Alliance for Buildings and Construction, Nairobi.
- UNI EN ISO 52016-1:2018, Prestazione energetica degli edifici - Fabbisogni energetici per riscaldamento e raffrescamento, temperature interne e carichi termici sensibili e latenti - Parte 1: Procedure di calcolo. Available at: <https://store.uni.com/uni-cen-iso-tr-52016-2-2018> (Last access: 12/09/2023).
- UNI EN ISO 52017-1:2018, Prestazione energetica degli edifici - Carichi termici sensibili e latenti e temperature interne - Parte 1: Procedure generali di calcolo. Available at: <https://store.uni.com/uni-en-iso-52017-1-2018> (Last access: 12/09/2023).

### Acknowledgements

The authors thank Prof. Ing. Michele Bottarelli for advising on using the Simulation Software.

---

# Conclusioni

Martina Bosone

I contributi presentati in questo volume hanno mostrato elementi di continuità ma anche di innovazione rispetto allo stato dell'arte. Come ormai ampiamente dimostrato in letteratura, il tema del recupero e manutenzione dello spazio pubblico, ha implicazioni di tipo multidimensionale, includendo aspetti culturali, sociali economici ed ambientali (Rice, 2023).

Nell'ambito del primo topic "Innovazione di processo nell'era post COVID: rigenerazione dello spazio di fruizione collettiva", gli autori del primo sottotema "1.1 Recupero e manutenzione dello spazio pubblico, tra cultura, creatività e inclusione sociale" hanno evidenziato l'interconnessione tra questi aspetti confermando il ruolo dei progetti di recupero come strumento di rigenerazione del capitale sia fisico che umano e sociale. Il tema della relazione tra qualità della vita e qualità dello spazio pubblico si sta affermando sempre più (Beck, 2009; Cattell et al., 2008; Facho et al., 2021), soprattutto a seguito di eventi come quello pandemico. Alcuni contributi hanno interpretando il benessere come categoria da includere nelle politiche urbane, costruendo strategie adeguate, piuttosto che come esigenza espressa dalle comunità. In aggiunta a questo tipo di analisi, i contributi presentati hanno focalizzato il loro punto di vista su tutte le esperienze di recupero in cui l'obiettivo di migliorare la qualità urbana è stato perseguito da un'azione collettiva di diversi stakeholder che, in virtù di una concordanza di esigenze, ha collaborato alla definizione e all'attuazione di soluzioni progettuali capaci di rispondere ai bisogni espressi dalla comunità (Piaia & Frighi, 2022). In questi casi l'esito formale delle azioni di recupero dello spazio fisico è una diretta conseguenza di un processo di autoapprendimento che si sviluppa in una

dimensione comunitaria in cui agendo insieme si ricostituiscono allo stesso tempo le relazioni di cura e fiducia dell'altro. Proprio alla luce di queste considerazioni, i contributi risultano particolarmente significativi per aver approfondito l'importanza di un approccio decisionale integrato e partecipativo (De Carlo, 1973; Schiaffonati, 2008), in cui si abbattano ruoli e gerarchie, si annullano le differenze tra soggetto educante e soggetto educato e tutti diventano attori di un processo di riappropriazione che passa per le coscienze individuali, si realizza in una visione collettiva e si concretizza nello spazio pubblico. Il sottotema fa esplicito riferimento alla creatività, considerata come ingrediente fondamentale per gestire la complessità di processi in cui sono chiamati in gioco bisogni, obiettivi, interessi e valori talvolta conflittuali (Martin, 2010; Meroni, 2007). Proprio rispetto al ruolo della creatività i contributi hanno presentato casi molto interessanti in cui essa è stata interpretata alla luce di un *green thinking* (Begum et al., 2022): la creatività diventa lo strumento per attuare il paradigma circolare ed incentrato sull'uomo al fine di migliorare l'attrattività di un luogo, la sua vivacità e l'intensità delle relazioni umane. L'innovazione introdotta dagli autori risiede nell'aver interpretato la creatività come presupposto per l'utilizzo di tecnologie innovative coerenti con le dinamiche evolutive della natura e che, pertanto, risultano utili a portare avanti azioni in modo coordinato e collaborativo, implementando così il modello circolare (Mami & Mormino, 2014; Viola et al., 2021).

Inoltre, gli autori evidenziano anche l'influenza positiva della creatività sulla capacità di adattamento dei nuovi modelli di gestione e delle nuove forme di economia messe in campo dalle esperienze presentate, in quanto essa consente di trasformare

le singole risorse in un complesso di relazioni tra loro interconnesse e complementari (Bosia, 2022), attraverso un processo di continuo apprendimento e riaggiustamento, che passa attraverso correzioni, fallimenti, riorganizzazioni, sperimentazioni. Queste condizioni attivano processi di autoapprendimento, con il coinvolgimento del capitale sociale ma anche del capitale naturale e di tutte le forme di capitale immateriale. Solo in questo modo il progetto di recupero e manutenzione può tenere insieme cultura, creatività e inclusione sociale, aspirando ad effetti di lungo termine. Infine, alcuni autori avviano una riflessione sul tema della valutazione e del monitoraggio dei progetti di recupero avviati: questo aspetto sta assumendo sempre maggiore importanza nel panorama europeo e offre ancora interessanti prospettive di ricerca da indagare. Secondo quanto detto prima, poiché la ricerca della soluzione progettuale più soddisfacente è condotta in maniera partecipata e non preconstituita secondo un approccio top-down, essa diventa un processo di continua sperimentazione e riadattamento. Di conseguenza, anche il processo di valutazione sarà iterativo e interattivo e supporterà la valutazione degli impatti in tutti gli step necessari fino a giungere a quello della soluzione soddisfacente o accettabile. Anche se sono sempre più le pratiche in cui metodi di valutazione multicriterio riescono a mettere a sistema le esigenze legate alla manutenzione e al recupero degli spazi con quelle relative agli utenti, questo tema ha ancora un elevato potenziale da indagare.

Come spesso accade per temi complessi, difficilmente categorizzabili in schemi ben definiti, alcune questioni sono stati affrontati da più autori ma da diversi punti di vista. Questo aspetto ha conferito parti-

colare ricchezza ai contenuti della Call e ha suggerito riflessioni dal taglio decisamente interdisciplinare. È, ad esempio, il caso del tema dello Smart Working, affrontato sia nel sopracitato sottotema 1.1 "Regeneration and maintenance of public space, between culture, creativity and social inclusion", come modello di riequilibrio e riconnessione a scala territoriale, con particolare riferimento alle dinamiche insediative e alle disegualità tra centri maggiori e aree marginalizzate (Mami, 2015), che nel successivo sottotema 1.2 "Recupero e manutenzione dei Beni comuni: gestione condivisa del patrimonio costruito e naturale, tra pubblico e privato", come modello di innovazione di tipo procedurale, gestionale e normativo. Sebbene il tema dei beni comuni sia studiato ancora oggi soprattutto dalla disciplina della giurisprudenza (Mattei et al., 2010; Reviglio, 2008), esso ricopre una significativa rilevanza anche tra urbanisti, architetti e tecnologi (Gonzalez, 2014; Gravagnuolo et al., 2021; Sacconi & Ottone, 2015) per le implicazioni che esso comporta in termini di trasformazione dello spazio fisico ma soprattutto di evoluzione del tradizionale rapporto tra pubblico e privato (Arena, 2021; Arena & Iaione, 2015).

Sicuramente quello dei beni comuni è un fenomeno che si sta muovendo verso orizzonti di sempre maggiore legittimazione, grazie ad un consenso normativo derivante dall'evoluzione del quadro giuridico esistente che riconosce le forme giuridiche che rappresentano la cosiddetta "terza via" tra pubblico e privato (Ostrom, 1990). Rispetto a questo scenario, i contributi hanno confermato la valenza di questa innovazione normativa e procedurale soprattutto per la sua flessibilità e adattività in contesti differenti (Walker et al., 2004). Proprio su questo punto emergono delle questioni introdotte dagli autori che potrebbero essere ulteriormente sviluppate. Rispetto al framework ampiamente riconosciuto e adottato in Italia dei Regolamenti per la gestione condivisa dei beni comuni e dei Patti di Collaborazione proposti da Labsus (Labsus, 2014), è possibile che ci siano alcuni fattori che, localmente, possono impedire o quantomeno rallentare non solo l'adozione di uno strumento regolatorio ma, ancor prima, il riconoscimento stesso dei beni comuni e quindi della comunità che in essi si riconosce e di cui dovrebbe assumersi la cura? Questa può diventare una questione facilmente strumentalizzabile dalla politica che potrebbe intravedere nelle comunità autogestite un potenziale bacino elettorale o, viceversa, un baluardo di una resistenza avversa a cui opporsi con ostinazione. Soprattutto, se gli attori coinvolti hanno la possibilità di modificare le "regole del gioco", adattandole alle particolari esigenze locali, chi valuta l'efficacia

dei processi avviati e come lo fa? Questo discorso richiama la questione delle competenze: chi garantisce che tutto ciò che è formulato e condiviso in termini normativi sia poi realmente e ugualmente compreso da tutti i soggetti coinvolti? Anche rispetto all'uso di strumenti di monitoraggio e valutazione, chi avrebbe le competenze per farlo o chi sarebbe predisposto ad abilitare le comunità dei beni comuni all'uso corretto di tali strumenti in modo autonomo?

Nel caso dei beni comuni, le questioni restano ancora aperte e assumono ancora più rilevanza in considerazione degli esiti fallimentari delle politiche socio-economiche degli ultimi vent'anni che, soprattutto in Italia, hanno dimostrato enormi difficoltà nel processo di riabilitazione e gestione del patrimonio immobiliare pubblico, determinando l'abbandono di gran parte di esso e la situazione di degrado in cui tuttora versa (De Medici, 2021). La mancanza di risorse finanziarie pubbliche necessarie a sostenere i costi di gestione e la necessità di soddisfare requisiti sempre più impegnativi di sicurezza, comfort e fruibilità hanno rivelato la debolezza degli enti locali nell'elaborare strategie di recupero capaci di produrre effetti significativi di valorizzazione del patrimonio e, più in generale, del miglioramento della qualità delle aree urbane. Per questo motivo nell'interpretazione offerta dagli autori, i beni comuni rappresentano un campo di indagine di particolare interesse perché essi si pongono come modello di governance innovativo e circolare (Bosone et al., 2019; Garzillo et al., 2018), ovvero come modello rigenerativo, capace di ridare vita ad un contesto degradato a partire dalla rigenerazione della cultura civica in una dimensione relazionale (Zaffi, 2017), che include le generazioni future al fine di integrare bisogni e obiettivi particolari con quelli comuni, nel medio e lungo periodo (Menatti, 2017).

A tal proposito, gli autori sia del primo che del secondo sottotema hanno mostrato particolare sensibilità al focus propriamente individuato per il sottotema "1.3 Recupero e manutenzione degli spazi aperti urbani: tra socialità e servizi ecosistemici". È inevitabile che, soprattutto alla luce delle fragilità messe in luce dalla pandemia rispetto ai modelli di sviluppo finora adottati, tutti i contributi pongano l'accento su una necessaria reintegrazione del capitale naturale nei contesti urbani come fattore di resilienza territoriale e sociale, determinante non solo per il riallineamento dei disequilibri ambientali ma anche per quelli sociali (Franchino & Frettoloso, 2022). La lettura delle grandi questioni globali legate al cambiamento climatico attraverso soluzioni locali è un aspetto che emerge con forza ed è di particolare interesse in quanto alle aree comuni urbane viene attribuito il

valore di ecosistemi urbani caratterizzati da elevati standard ecologici ed ambientali. In questa prospettiva, anche il ruolo della governance assume un ruolo più ampio e significativo come abilitatrice di processi circolari fondati su una nuova mentalità in grado di combinare complementarità non solo nell'economia ma anche nella vita sociale e nel rapporto con la natura. Proprio in questo riallineamento tra le dinamiche di sviluppo e di rigenerazione urbana e quelle evolutive del sistema naturale risiede il fondamento del principio di equità generazionale, in quanto le generazioni future sono inevitabilmente le destinatarie degli effetti a lungo termine che saremo in grado di produrre con le azioni messe in campo oggi.

Nell'ambito del secondo topic "Tecnologie innovative per il recupero e la manutenzione del patrimonio costruito", gli autori del primo sottotema "2.1 Nuovi modelli e tecnologie digitali per la manutenzione e la gestione del ciclo di vita dei manufatti" hanno stimolato una riflessione ampia e strutturata sull'uso delle tecnologie digitali come strumento di pianificazione, gestione e monitoraggio degli edifici (Forlani et al., 2016), illustrando il cambiamento introdotto da una prospettiva sistemica, capace di considerare il ciclo di vita di un edificio tanto nelle scelte progettuali quanto nelle valutazioni di performance durante le fasi di attività. Certamente l'utilizzo delle tecnologie digitali nel settore edilizio è un fenomeno in evoluzione. La riflessione che la call ha voluto stimolare, ampiamente colta dagli autori, riguarda il modo con cui queste possono supportare e orientare scelte sostenibili. La vera questione, dunque, riguarda non tanto quali tecnologie utilizzare, ma come utilizzarle. La cultura finora predominante, attraverso un'acritica fiducia nelle tecnologie, è diventata la maggiore causa di alterazione delle dinamiche evolutive degli ecosistemi naturali, con tutte le conseguenze di cui oggi stiamo pagando gli effetti devastanti: perdita di biodiversità, cambiamento climatico, improvvise catastrofi, ecc. Nel processo di transizione verso modelli di sviluppo sostenibili è assolutamente necessario che le dinamiche evolutive della natura siano assunte come modello per riorganizzare tutti i processi di consumo e produzione. In questa prospettiva, dai contributi emerge chiaramente che il ruolo della Tecnologia dell'Architettura è quello di spostare il *focus* dal prodotto al processo (Giovenale & Paris, 2019): non basta garantire una maggiore durabilità del patrimonio costruito, ma è fondamentale che le tecnologie innovative siano utilizzate per progettare e gestire edifici considerati come organismi dotati di un loro metabolismo, in grado di adattarsi al contesto ambientale ed esigenziale in evoluzione

(Guazzo, 1984; Lauria, 2015) e contribuendo a riequilibrare le dinamiche di sviluppo dei contesti urbani verso modelli di città più sostenibili e circolari. L'aspetto di maggiore interesse posto dagli autori riguarda il ruolo delle tecnologie come strumento per raggiungere obiettivi di sviluppo integrale (Turillazzi et al., 2020): conoscenza, cooperazione, partnership, giustizia sociale e ambientale piuttosto che manipolazione, sorveglianza e controllo.

Queste riflessioni sono inevitabilmente connesse con quelle degli autori del secondo sottotema "2.2 Nuovi modelli e tecnologie digitali per il riuso di sistemi e componenti urbani ed edilizi, in una prospettiva di economia circolare", nelle quali è ulteriormente evidenziata la portata rigenerativa di tale prospettiva a diverse scale di applicazione. Assimilare il funzionamento sia degli edifici che degli interi contesti urbani al metabolismo degli organismi viventi, con flussi in entrata e in uscita, vuol dire interpretare i processi trasformativi come processi rigenerativi virtuosi capaci di trasformare i sistemi edilizi in ecosistemi capaci di attivare azioni circolari sia al loro interno che rispetto al contesto (Talamo, 2022). In quest'ottica, come sottolineato dagli autori, la dimensione umana del vivere, e di conseguenza la qualità della vita, diventano l'obiettivo principale delle strategie di intervento, stimolando azioni di coinvolgimento delle comunità nei pro-

cessi di recupero (Pinto, 2004), l'attivazione di processi decisionali condivisi e di dinamiche di sviluppo basate su reti territoriali (Manzini & Rizzo, 2017). I contributi della call si inseriscono pienamente nel più ampio dibattito europeo che sottolinea sempre più l'importanza di un approccio integrato allo sviluppo (European Commission, 2019, 2020) e in cui la tecnologia diventa driver fondamentale per attuare una transizione verde inclusiva (European Commission, 2021).

Alla luce di queste considerazioni, la vera sfida per il settore edilizio è quella di individuare soluzioni innovative alla luce di nuove esigenze. Nel terzo e ultimo sottotema del secondo topic "2.3 Nuovi modelli dell'abitare e requisiti ambientali e tecnologici per il progetto post COVID-19" emerge con chiarezza che la pandemia ha decisamente accentuato l'importanza della salute pubblica, della resilienza e della sostenibilità come nuove classi esigenti da considerare e rispetto alle quali elaborare scenari innovativi ad elevata adattività (Fiore & Castagneto, 2013). Proprio sull'adattività si aprono ulteriori ed interessanti spunti di riflessione in quanto essa diventa il presupposto fondamentale per elaborare soluzioni progettuali circolari (Radogna & Kalhofer, 2022; Viola et al., 2021) in grado di prolungare il ciclo di vita utile dell'ecosistema edilizio ma soprattutto capaci di integrarsi e sostenere altre componenti non auto-sostenibili, co-evolvendo con esse (Loorbach, 2010).

Concludendo, gli esiti della Call rappresentano la raccolta di alcune riflessioni emerse nel settore della Tecnologia dell'Architettura ed esprimono la reazione di una comunità scientifica rispetto ai cambiamenti imposti dalle vicende dei nostri tempi. Esse sono di rilevante importanza in quanto sono testimonianza di un'evoluzione che non è limitata allo specifico settore disciplinare, ma che riguarda l'uomo nella sua interezza, il suo modo di stare nel mondo e i valori che guidano le sue azioni. I contributi proposti nel volume si pongono come momento di riflessione e analisi per gli studiosi di diverse discipline: essi sono espressione e testimonianza di un approccio alla ricerca sempre più integrato e interdisciplinare che consente di affrontare con rigore e coerenza fenomeni complessi.

Questo è il momento in cui la Tecnologia dell'Architettura è chiamata a svolgere il suo ruolo riabilitativo rispetto a condizioni di crisi e di squilibrio non solo a livello spaziale, ma soprattutto a livello sociale. L'approccio sistemico che da sempre ha caratterizzato questo settore disciplinare assume ancora più rilevanza rispetto all'obiettivo dello "human flourishing" (Hannis, 2016): trasformare "spazi" in "luoghi", rigenerando le relazioni tra risorse, spazi, abitanti (Pinto & Viola, 2015) e orientando le dinamiche di sviluppo verso modelli più sostenibili e inclusivi.

## REFERENCES

- Arena, G. (2021). *With Covenants we build supportive and resilient communities*.
- Arena, G., & Iaione, C. (2015). *L'età della condivisione* (C. Editore (ed.)).
- Beck, H. (2009). Linking the quality of public spaces to quality of life. *Journal of Place Management and Development*, 2(3), 240–248. <https://doi.org/10.1108/17538330911013933>
- Begum, S., Ashfaq, M., Xia, E., & Awan, U. (2022). Does green transformational leadership lead to green innovation? The role of green thinking and creative process engagement. *Business Strategy and the Environment*, 31(1), 580–597. <https://doi.org/10.1002/bse.2911>
- Bosia, D. (2022). Dalla sostenibilità allo sviluppo appropriato: strategie per la ricostruzione di comunità resilienti. In A. Melis (Ed.), *Comunità Resilienti: Best practice italiane - Catalogo del Padiglione Italia Comunità Resilienti alla Biennale Architettura 2021* (pp. 92–96). D. Editore.
- Bosone, M., Micheletti, S., Gravagnuolo, A., Garzillo, C., & Wildman, A. (2019). Towards a circular governance for the adaptive reuse of cultural heritage. *BDC. Bollettino Del Centro Calza Bini*, 19(2), 279–305. <https://doi.org/10.6092/2284-4732/7270>
- Cattell, V., Dines, N., Gesler, W., & Curtis, S. (2008). Mingling, observing, and lingering: Everyday public spaces and their implications for well-being and social relations. *Health & Place*, 14(3), 544–561. <https://doi.org/10.1016/j.healthplace.2007.10.007>
- De Carlo, G. (1973). *L'architettura della partecipazione*. Il Saggiatore.
- De Medici, S. (2021). *Building the Commons? Feasibility and effectiveness in the shared management of the built heritage*. La scuola di Pitagora.
- European Commission. (2021). New European Bauhaus. *Europa.Eu*.
- European Commission. (2019). *The Human-Centred City: Opportunities for citizens through research and innovation*. <https://doi.org/10.2777/489486>
- European Commission. (2020). *The Human-Centred City: Recommendations for research and innovation actions*. <https://doi.org/10.2777/07963>
- Facho, O., Cama, T., Esenarro, D., Livia, J., Cuetoand, C., & Ramos, D. (2021). Recovery of residual public spaces to improve the quality of life of the inhabitants of San Borja, Lima. *Journal of Physics: Conference Series*, 2089(1), 012051. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2089/1/012051>
- Fiore, V., & Castagneto, F. (2013). Integrare i saperi, innovare le prassi. In *Recupero Valorizzazione Manutenzione nei Centri Storici. Un tavolo di confronto interdisciplinare* (pp. 9–12). LetteraVentidue.
- Forlani, M. C., Mussinelli, E., & Daglio, L. (2016). Tecnologia, ambiente e progetto. In M. T. Lucarelli, E. Mussinelli, & C. Trombetta (Eds.), *Cluster in progress. La Tecnologia dell'architettura in rete per l'innovazione* (pp. 198–209). Maggioli.
- Franchino, R., & Frettoloso, C. (2022). Integrated green strategies to make cities more liveable. In *Abitare la Terra - Dwelling on Earth* (pp. 64–67). Gangemi Editore. <https://www.gangemieditore.com/dettaglio/abitare-la-terra-dwelling/9439/18>
- Garzillo, C., Gravagnuolo, A., & Ragozino, S. (2018). Circular governance models for cultural heritage adaptive reuse: the experimentation of Heritage Innovation Partnerships. *Urbanistica Informazioni*, 278(Special Issue), 17–22. [https://www.researchgate.net/publication/344285025\\_Circular\\_governance\\_models\\_for\\_cultural\\_heritage\\_adaptive\\_reuse\\_the\\_experimentation\\_of\\_Heritage\\_Innovation\\_Partnerships](https://www.researchgate.net/publication/344285025_Circular_governance_models_for_cultural_heritage_adaptive_reuse_the_experimentation_of_Heritage_Innovation_Partnerships)
- Giovenale, A., & Paris, S. (2019). L'innovazione tecnologica nel progetto, tra processo e prodotto /Technological innovation in design, combining process and product. *DIID. DISEGNO INDUSTRIALE INDUSTRIAL DESIGN*, 62/63, 19–25. [https://www.researchgate.net/publication/352746531\\_DIID\\_62-63\\_02\\_L'innovazione\\_tecnologica\\_nel\\_progetto\\_tra\\_processo\\_e\\_prodotto](https://www.researchgate.net/publication/352746531_DIID_62-63_02_L'innovazione_tecnologica_nel_progetto_tra_processo_e_prodotto)
- Gonzalez, P. A. (2014). From a Given to a Construct: Heritage as a commons. *Cultural Studies*, 28(3). <https://doi.org/10.1080/09502386.2013.789067>
- Gravagnuolo, A., Micheletti, S., & Bosone, M. (2021). A Participatory Approach for “Circular” Adaptive Reuse of Cultural Heritage. Building a Heritage Community in Salerno, Italy. *Sustainability*, 13(9), 4812. <https://doi.org/10.3390/su13094812>
- Guazzo, G. (1984). Progettare in un campo di variabilità. In G. Guazzo & C. Cocchioli (Eds.), *Progetto e qualità ambientale. Abitare e vivere in un campo di variabilità*. Veutro.
- Hannis, M. (2016). *Freedom and Environment: Autonomy, Human Flourishing and the Political Philosophy of Sustainability* (first). Routledge. <https://doi.org/10.3197/096327116x14736981715823>
- Labsus. (2014). *Regolamento sulla collaborazione fra cittadini e amministrazione per la cura e la rigenerazione dei beni comuni urbani*. Labsus. <https://www.labsus.org/2014/02/beni-comuni-un-regolamento-cittadini-attivi-piu-forti/>
- Lauria, M. (2015). Approccio esigenziale-prestazionale e qualità dell'abitare. In C. Claudi de Saint Mhiel (Ed.), *Tecnologia e progetto per la ricerca in Architettura*. Clean.
- Loorbach, D. (2010). Transition management for sustainable development: A prescriptive, complexity-based governance framework. *Governance*, 23(1). <https://doi.org/10.1111/j.1468-0491.2009.01471.x>
- Mami, A. (2015). Resilience in small urban centers with a strong historical connotation. *TRIA, International Journal of Urban Planning*, 5, 53–66. <https://doi.org/https://doi.org/10.6092/2281-4574/3731>
- Mami, A., & Mormino, L. (2014). Sustainable Urban Requalification: Circularity of Processes for a New Metabolism. *Journal of Engineering and Architecture*, 2(2). <https://doi.org/10.15640/jea.v2n2a17>
- Manzini, E., & Rizzo, F. (2017). Small projects/large changes: Participatory design as an open participated process. *CoDesign. International Journal of CoCreation in Design and the Arts*, 7, 199–215.
- Martin, P. (2010). *What are Creative Spaces? Making Space for Creativity*. University of Brighton.
- Mattei, U., Reviglio, E., & Rodotà, S. (2010). *I beni pubblici. Dal governo democratico dell'economia alla riforma del codice civile*. Scienze e Lettere editore commerciale.
- Menatti, L. (2017). Landscape: From common good to human right. *International Journal of the Commons*, 11(2). <https://doi.org/10.18352/ijc.738>
- Meroni, A. (2007). *Creative communities: People inventing sustainable ways of living*. POLI.design.
- Ostrom, E. (1990). *Governing the Commons: The Evolution of Institutions for Collective*. Cambridge University Press.
- Piaia, E., & Frighi, V. (2022). Energy transition of urban districts. A viewpoint for the development of a decision support platform. *TECHNE - Journal of Technology for Architecture and Environment*, 23, 127–133. <https://doi.org/https://doi.org/10.36253/techne-12117>
- Pinto, M. R. (2004). *Il riuso edilizio. Procedure, metodi ed esperienze*. Libreria UTET.
- Pinto, M. R., & Viola, S. (2015). Identità sedimentate e nuova prosperità per il paesaggio urbano produttivo. *BDC - Bollettino Del Centro Calza Bini*, 15(1), 71–91. <https://doi.org/10.6092/2284-4732/3772>
- Radogna, D., & Kalhofer, G. (2022). Environmental and technological flexibility for new housing needs. *VITRUVIO - International Journal of Architectural Technology and Sustainability*, 7(1), 30–45. <https://doi.org/10.4995/vitruvio-ijats.2022.17461>
- Reviglio, E. (2008). Per una riforma del regime giuridico dei beni pubblici. Le proposte della commissione Rodotà. *Politica Del Diritto*, 3, 531–550.
- Rice, L. (2023). After Covid-19: urban design as spatial medicine. *URBAN DESIGN International*, 28(2), 97–102. <https://doi.org/10.1057/s41289-020-00142-6>
- Sacconi, L., & Ottone, S. (2015). *Beni comuni e cooperazione*. Società editrice il Mulino.
- Schiaffonati, F. (2008). Le origini del progetto

- to partecipato. In R. M. Vitrano (Ed.), *Architettura strategica. Tecnologie e strategie del progetto partecipato*. Luciano.
- Talamo, C. (2022). *Re-manufacturing networks for tertiary architectures. Innovative organizational models towards circularity*. FrancoAngeli. <https://series.francoangeli.it/index.php/oa/catalog/book/894>
- Turillazzi, B., Leoni, G., Gaspari, J., Iadanza, E., My, M., Massari, M., Boulanger, S., & Djalali, A. (2020). Heritage-led ontologies: digital platform for supporting the regeneration of cultural and historical sites. *Sustainable City, XIV*, 307–318. <https://doi.org/10.2495/SC200261>
- Viola, S., De Medici, S., & Riganti, P. (2021). The circular economy and built environment. Maintenance, rehabilitation and adaptive reuse: challenging strategies for closing loops. In P. Morganti & M. Coltelli (Eds.), *An Introduction to the Circular Economy*. Nova Science Publishers.
- Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and Society*, 9(2), 5.
- Zaffi, L. (2017). Azioni e progetti per micro interventi sullo spazio pubblico della città. In *Piccoli spazi urbani; valorizzazione degli spazi residuali in contesti storici e qualità sociale* (pp. 141–177). Liguori.

Le sfide globali che attualmente gravano sui contesti urbani, come il cambiamento climatico, la povertà sociale, il degrado urbano e gli eventi catastrofici, determinano pressioni perturbative su diverse sfere della nostra vita, evidenziando la necessità di ripensare agli spazi dell'abitare, individuale e collettivo, adottando un approccio integrato e interdisciplinare. La velocità e le modalità di risposta alle catastrofi o agli eventi perturbativi, l'adattività dei sistemi urbani rispetto alle istanze di cambiamento e il governo delle trasformazioni restano questioni aperte rispetto alle quali la Tecnologia dell'Architettura è chiamata ad intervenire, rispondendo allo stesso tempo alle attuali ed urgenti istanze di salute pubblica, resilienza e sostenibilità. In questo contesto il Cluster "Riuso Riqualificazione Manutenzione" della Società Italiana della Tecnologia dell'Architettura (SITdA) ha indetto una Call for Best Practices, invitando studiosi e professionisti del settore a condividere e descrivere esperienze e progetti capaci di indagare le declinazioni che il progetto di riuso, riqualificazione e manutenzione assume, alle diverse scale, in un contesto di nuova incertezza e fragilità. Gli esiti della Call sono qui presentati non come punto di arrivo di una ricerca già conclusa ma piuttosto come istantanea delle reazioni che si sono verificate negli studi e nelle sperimentazioni condotte nell'ambito del Cluster in riferimento alle dinamiche che la pandemia COVID-19 ha innescato e come testimonianza di nuove domande e interessi di ricerca, che presentano tuttora un grande potenziale di esplorazione e sviluppo.

The global challenges currently affecting urban contexts, such as climate change, social poverty, urban decay and catastrophic events, determine disruptive pressures on different spheres of our life, highlighting the need to rethink living spaces, both individual and collective, adopting an integrated and interdisciplinary approach. The speed and modalities of response to catastrophes or disruptive events, the adaptability of urban systems to instances of change, and the governance of transformations remain open questions to which Architectural Technology is called to act, responding at the same time to the current and urgent demands of public health, resilience and sustainability. It is in this context that the 'Reuse, Regeneration and Maintenance' Cluster of the Italian Society of Architectural Technology (SITdA) has issued a Call for Best Practices, inviting scholars and professionals in the sector to share and describe experiences and projects capable of investigating the declinations that the project of reuse, recovery and maintenance takes on, at different scales, in a context of new uncertainty and fragility. The results of the Call are presented here not as the end point of an already completed research, but rather to frame the reactions that occurred in the Cluster in relation to the dynamics that the COVID-19 pandemic triggered and to bear witness to the emergence of new research questions and interests, which still have great potential for exploration and development.