



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_dA

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

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, has been printed on de-
mand.

Table of contents

Sommario

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

Sottotema 2.3. Nuovi modelli dell'abitare e requisiti ambientali e tecnologici per il progetto post COVID-19
Sub-theme 2.3. New models of living and environmental and technological requirements for the post-COVID-19 project

- 433** 2.3.1 BIM-Based protocols for smart and safe building management
443 Protocolli BIM-Based per la gestione smart and safe degli edifici
 Maria Azzalin, Cosimo Metastasio, Francesco Saturno
- 447** 2.3.2 The regeneration of student housing post-COVID-19.
455 The Polimi "Leonardo Da Vinci" residence
 La rigenerazione dello *Student Housing* post COVID-19.
 La residenza Polimi "Leonardo Da Vinci"
 Oscar Eugenio Bellini, Matteo Gambaro, Marianna Arcieri
- 459** 2.3.3 Renovation tools for appropriate transformation of the post-COVID-19 built environment
471 Strumenti di recupero per un'appropriata trasformazione dell'ambiente costruito
 post COVID-19
 Francesca Ciampa, Mariagiovanna Pacifico, Annarita Villano
- 475** 2.3.4 New statutes for post-Covid design. Experimentation to renovate restaurants
491 Nuovi statuti del progetto post-COVID. Sperimentazioni di rifunzionalizzazione dei ristoranti
 Alice Maria Gelsomino, Linda Latorre, Massimo Lauria
- 495** 2.3.5 Design "reactivity" for the enhancement of the built environment.
503 New models of living in abandoned office buildings
 La "reattività" del progetto per la valorizzazione del costruito.
 Nuovi modelli dell'abitare nel terziario dismesso
 Giulia Vignati, Laura Daglio, Elisabetta Ginelli
- 507** **Conclusions**
511 **Conclusioni**
 Martina Bosone

The digitalisation of AECO: exploration of the benefits in the operation and maintenance phase*

Alice Paola Pomè**, Chiara Tagliaro**

1. Introduction

The significant growth in energy consumption, driven by economic development, increased world population, and the implementation of new technologies, is causing dramatic consequences for the environment (Elnour *et al.*, 2022). Buildings are responsible for more than one-third of the global energy consumption and nearly 40% of the total CO₂ emitted (Himeur *et al.*, 2020). The Architecture-Engineering-Construction-Operation industry (AECO) plays a central role in minimising environmental degradation. Therefore, technological improvement may contribute to minimising the environmental impact of the built environment. However, the concrete benefits and the return on the investment of technological adoption still need to be demonstrated for broader and more successful support of environmental sustainability goals from the AECO. This paper aims to bring evidence of the advantages of technology for AECO through an empirical study.

The European Union is working hard to optimise the use of resources, especially energy use, across the European markets. However, even if the European Green Deal aims to make Europe the first climate-neutral continent, only 25% of existing European buildings comply with the new standards (Verma, 2020). In some other areas of the world, like the Middle East, the en-

vironmental impact of buildings is even higher. For instance, the building stock of the United Arab Emirates (UAE) uses more than 70% of the national demand for electricity (Afshari *et al.*, 2014). Worldwide, UAE also has the highest footprint per capita, expected to increase by 85% in the next few decades (Smeetsa *et al.*, 2012). To reduce buildings' environmental impact, it is urgent to transit towards a less energy-intensive and more sustainable built environment (Lin *et al.*, 2018).

Even though several measures have been taken worldwide to boost sustainable energy consumption, fossil fuel use does not decrease globally, probably also due to the economic growth of developing countries. Compared to 1990, when electricity production generated by fossil fuels was almost 62% (World-Nuclear 2021), in 2019, it reached 63% (Our World in Data, 2022). This demand is expected to keep growing and overcome the current demand by 1.5 in 2050 (GhaffarianHoseini *et al.*, 2017).

The latest global crises (i.e., the COVID-19 pandemic and the Russia-Ukraine war) have not affected energy consumption. While energy demand decreased during the pandemic for commercial and industrial activities, it increased for domestic uses (Mastropietro *et al.*, 2020). For example, offices made adjustments to keep employees in the workplace. During COVID-19, social distancing norms imposed changes in workplace configuration, but after the

* Selected as best contribution in sub-theme 2.1.

** Polytechnic University of Milan, Department of Architecture, Built Environment and Construction Engineering.

pandemic, the workplace has been asked to adapt to the new ways of working (Deiss *et al.*, 2021). The International Energy Agency (2020) observed that the energy demand in 2020 has been the largest in the last 70 years. What has changed after COVID-19 is how buildings operate, not the energy consumption. The primary-energy consumption of residential buildings has increased (Deiss *et al.*, 2021), not affecting the overall consumption during and after the pandemic (Jiang *et al.*, 2021). This highlighted the importance of understanding energy consumption effects on the environment, economy, and society, therefore optimising energy use (Deiss *et al.*, 2021). Besides the pandemic, the skyrocketing price of energy pushes governments to take on the energy conservation challenge (Afshari *et al.*, 2014), aiming to improve supply security, economic efficiency, and business competitiveness. This goal, though, faces economic, institutional, social, and political issues and technical constraints.

Indeed, buildings' energy efficiency has been recognised as the optimal strategy for reducing CO₂ emissions (Afshari *et al.*, 2014). Sustainable construction first entails reducing waste generation and optimising resource use (Artistizabal-Mondalve *et al.*, 2022). Li *et al.* (2018) also show that lowering buildings' environmental impact depends primarily on people (occupants and facility managers), building envelopes, and maintenance programming. Li's study verifies that the two main factors affecting building energy consumption are (1) the cleanliness usage/utilisation level of heating, ventilation, and air conditioning (HVAC) and (2) the proper maintenance of the MEP (Mechanical, Electrical, Plumbing) assets. Both these factors depend on human action and maintenance. Other stud-

ies in the literature also highlight the relationship between HVAC and building energy use. Energy in buildings is mainly used for HVAC systems, with a share of 40%. Then, lighting systems account for about 11%, domestic systems, such as water heating and refrigerators, for 18%, and the remaining (nearly 30%) is for internal equipment and electronics (Energygov, 2015). Developing management strategies based on users' preferences and continual maintenance are needed to ensure the proper operation of buildings. Also, proactive and predictive maintenance approaches could help identify faults in buildings' systems, avoiding unnecessary and excessive energy use over long periods (Colmenar-Santos *et al.*, 2013).

This can optimise the operational costs of buildings. According to the Building Laboratory of the University of Barcelona by Garcia-Sanz-Calcedo (2014), 65% of the lifetime cost of a building is devoted to maintenance and running costs, while 5% to design, 20% to construction, and 10% to renovation/demolition. Mourtzis *et al.* (2017) observe that 30% of operational costs are devoted to maintenance procedures. Among maintenance costs, there aren't only economic costs but also costs of shutdown, atmospheric emissions, energy consumption, and equipment ageing. Therefore, optimising the Operation and Maintenance phase (O&M), which also represents the most significant portion of a building lifecycle, may reduce the environmental impact of the AECO. Furthermore, Digital technologies will help control buildings' consumption and measure performance (Bröchner *et al.*, 2019).

For instance, building management systems (BMS) are used to monitor and control all the mechanical and electrical com-

ponents and computer-based methods of buildings (GhaffarianHoseini *et al.*, 2017; Reddy, 2011). The high level of energy use in the AECO has driven the need to decrease consumption by adding to BMS amplified sensor data and improved computational support (Klein *et al.*, 2012). Chen *et al.* (2015) confirm that an efficient facility maintenance and management system enables sustaining buildings more effectively. Consequently, building maintenance has enlarged its relevance in recent decades, mainly because of the increased sophistication of buildings (García-Sanz-Calcedo *et al.*, 2017). As maintenance is a core activity to reduce operational costs, the planning phase of maintenance has become increasingly more relevant (Mourtzis *et al.*, 2017). Facility managers have started integrating progressively new technologies, such as dynamically adaptive systems for self-maintenance and machine monitoring (Mourtzis *et al.*, 2017). Optimising the O&M has become even more crucial as the pandemic urged the need for rethinking the meaning of "resilience" in the AECO (Takewaki, 2020). The issue does not concern only the increased risk of infection but the new ways of living. This makes the O&M central to introducing flexibility and adaptability in the built environment (Takewaki, 2020).

Moreover, according to the European Energy Performance of Building Directive (EPBD) 2018/844/EU, "Smart Buildings" are the answer to minimise the environmental effects of the AECO and to introduce flexibility in the built environment. Smart buildings are designed as nearly Zero Energy Buildings (nZEB) and constructed with advanced monitoring and control systems (Kumar *et al.*, 2022), which allow the indoor environment to adapt to user

needs and external conditions, such as climate (Union E. Directive, 2018). These buildings use renewable energy and are managed through technologies that provide smart monitoring, automated control and supervision, demand-side flexibility, and fault detection and diagnostics (European Commission, 2010). Wireless technologies, intelligent algorithms, and networking infrastructure integrate smart management in buildings (Kumar *et al.*, 2022). Sensing systems, which play a crucial role in monitoring smart building performance (Bali *et al.*, 2019), are used to save energy for lighting or HVAC systems, reduce environmental and operational costs, and improve operational benefits (Kumar *et al.*, 2022).

The integration of digital technologies in the AECO is often called PropTech (abbreviation for Property Technology). PropTech companies aim to adopt digital technology to improve operations (Saull *et al.*, 2019) and increase transparency (Trofimoy *et al.*, 2016). Several technologies are transforming the AECO (Boston Consulting Group, 2020; Baum, 2020; UNISSU, 2021; IPM, 2021): Blockchain and distributed ledger, Artificial Intelligence (AI) and Machine Learning (ML), Big data analytics, data science and data sharing, Internet of Things (IoT), Website and smartphone apps, Location analytics and geospatial (such as drones, 5G technology, and autonomous vehicles), Compute edge and cloud, 3D printing and 3D modelling, Human-machine interface and application program interfaces (APIs), Robotic systems and automation, Sensors, Digital Twin, Virtual reality (VR) and Augmented reality (AR), and Material Innovation. Big data, data analytics, and sensor technologies are at the core of the PropTech phenomenon, which aims to improve the efficiency and effectiveness of operations (Braesemann and Baum, 2020). PropTech companies represent a unique opportunity for implementing smart and sustainable building management. However, many argue that the real benefits of technology integration into buildings are still to be demonstrated. This entails relevant costs upfront; therefore, it must be proven that such investments are convenient.

2. Objective and methodology

Technologies are spreading across the AECO, accelerating the adoption of digital strategies (Xie *et al.*, 2020). Digitalisation is modifying how AECO operators plan, deliver, operate, maintain, and manage the built environment. However, how can the benefit be measured? And how does the change in operations integrate sustainable development in the AECO?

This study aims to highlight what concrete benefits the adoption of certain technologies entails in the O&M of a building's lifecycle. To demonstrate it, the paper analyses a case-study company by investigating the economic costs, environmental impacts, and users' well-being obtained through innovative technology integration of BMS and Artificial Intelligence (AI). The case-study company, Netix Controls,¹ has been chosen by convenience as a best practice in adopting digital technologies for optimising building management.

After a desktop analysis of the company and of four projects that the company recently developed, the authors conducted two interviews with (1) the Europe Business Development Director and (2) the Director – Technical & Operations (Europe) and Chief Technology Officer. The interviews' objective was to understand the platform functioning deeply. The questions revolved around the following points: (1) how Netix Controls is introducing buildings' predictive maintenance, (2) which future implementations are expected to improve building management, and (3) which are the implications of the use of such technological framework on cities and territories. Based on the results from these questions, in the conclusions, the paper discusses future trends of digital technologies in the AECO.

3. Case study: Netix Controls

Netix Controls, located in Schiphol-Rijk, Netherlands, and part of the Sanjeev Bhatia Group, was established in 2016. The company leverages technology to provide innovative and sustainable solutions

¹ Netix Controls, accessible on: <https://www.netixglobal.com>

based on the principles of IoT and AI, utilising a proprietary framework (called Niagara Framework) for facilities and building management. The company, present in the international market (such as USA, Finland, and UAE), has analysed the traditional BMS for years to implement a new software called Konnect. This AI-powered platform allows energy analytics, remote connectivity, and predictive maintenance. This way, Netix Controls surpasses the traditional BMS by providing real-time alerts, an overview of the entire facility analysed, and integration with third-party devices. Furthermore, any existing BMS infrastructure can be linked to Konnect according to the “Android Approach”, making this product exceptionally adaptable. This empowers end-users with an intuitive system, avoids major costs for replacement, and remotely connects buildings. Konnect is a full-featured, cloud-based asset and energy management software designed to increase building reliability, efficiency, and sustainability.

3.1 Comparison of success implementations

The analysis of four projects (Table 1) that implement live data systems provided by Netix Controls is reported below to demonstrate the benefits in energy and cost savings and in adapting assets to users' preferences and needs by taking actions in real-time.

Project 1 connects chillers in 77 buildings to control energy and asset management. These buildings are commercial units in the UAE and include more than twenty thousand I/O points (i.e., modules connecting the input and output field devices). The main issue of Project 1 is to integrate different manufacturer chillers. The customer aims to optimise energy

management, as more than 50% of the annual electricity consumption of those 77 buildings is attributable to chillers.

Project 2 connects infrastructures and buildings of several neighbourhoods for energy conservation and asset management. The assets are in the UAE and comprise over fifty thousand I/O Points. The client looks at smart automation energy management that studies feasibility to identify alternative locations and propose effective solutions. The challenge of Project 2 is to build up a network of BMS located in each building and connected through wireless technology.

Project 3 consists of installing a comprehensive energy monitoring system in a residential building located in the UAE. The client aims to answer critical questions, such as what's making the equipment underperform or why there are some peaks in energy consumption across weeks. The challenge of Project 3 is to build up an energy monitoring system showing, through a dashboard, real-time consumptions and providing insights for the end user to make informed decisions and improve energy performance.

Project 4 consists of integrating 14 buildings into a Central Server for efficient monitoring, control, and schedule chillers. The facilities are in the UAE and include over fourteen thousand I/O Points. The challenge of Project 4 is to implement a solution without integrating any new devices into buildings. The implemented system discovers parameters, maps, and exposes data in a unified manner, generates different alarm levels and reports maintenance information.

Great adaptability emerges in all projects. For example, Netix Controls worked on an intelligent controller platform that collected and analysed data from different

BMS pre-installed in the technical systems of buildings. Primarily, in project 4, Netix Controls worked on the existing controlling devices without integrating any new building sensors.

Second, Netix Controls worked on an adaptable framework and introduced adaptability into the buildings, starting from users' preferences and needs and the possibility to change environmental parameters in real-time according to external conditions, like climate (see projects 2 and 3).

Finally, by using this customised system, the projects reveal four areas of improvement:

1. Energy management: all the systems host a state-of-the-art energy monitoring dashboard, which provides real-time information, comparison among different years, and a set of KPIs to control consumption.

2. Return on investments: all the projects register a return on the investment due to the decrease in manhours for maintaining the asset, asset breakdown and repair (replacement costs), energy consumption, and users' feedback. Moreover, the four projects show a decrease of about 75% in the man-hours per year, even if the number of alarms per day remains the same, as well as a decrease of around 15% in energy costs.

3. Resource Optimization and Asset Management: all the systems allow to convert anomalies into service tickets for technicians who solve the close-out status and restore the system. This helps to avoid human error and ensure the satisfaction of user needs.

4. Detailed real-time fault detection and diagnosis: all the systems can improve the reliability, availability, maintainability, and safety of equipment thanks to continuous data monitoring and analysis of anomalies.

	Project 1	Project 2	Project 3	Project 4
Object	77 commercial buildings	Several neighbourhoods (93 residential and commercial buildings)	One residential building	14 commercial buildings
Location	UAE	UAE	UAE	UAE
Pain point	50% of annual electricity consumption is attributable to chillers.	– Loss in energy consumption and comfort; and – Create a network framework for an area of 50 km ² .	The equipment is underperforming, and there is a need to explain peaks in energy consumption.	Implement a solution without integrating any new devices in buildings.
# I/O points	20.000+	50.000+	N.A.	14.000+
Aim	Integrate different manufacturers' chillers.	Build up a network of BMS located in each building and connected through a wireless connection technology.	Install a comprehensive energy monitoring system with a dashboard for real-time energy consumption and efficient tracking.	Monitor, control, and schedule all the existing control devices of chillers, fire alarms, and lighting systems in a planned and automatic manner.
Solution	Netix Controls worked on developing an intelligent controller to extract data from chillers and unify them in a centralised and online platform.	Netix Controls developed a centralised platform collecting data from the 93 buildings, clustered according to their location.	Netix Controls developed a dashboard connected with sensors that enable the control of indoor temperature and air quality. In addition, ML software is added to the platform to allow automation control and proposing interventions.	Netix Controls developed a centralised system to collect and integrate data from different manufacturer chillers, fire alarms, and lighting systems of 14 buildings. The centralised platform maps the BMS equipment points, generates different alarm levels and emails to inform technicians and facility managers simultaneously, and defines a complete system validation based on ML.
Impact	Energy management optimisation.	Energy conservation and asset management optimisation.	Environmental, social, and economic benefits.	Online, shared, and well-organized maintenance operating logs of all systems.
Energy savings	Tracking chillers' operations from the platforms allows for controlling the temperature change remotely and digitally according to the external climate.	The BMS network allowed for saving electricity thanks to the efficient control of HVCA and lighting systems from the centralised framework.	After two years of dashboard operation, the controlled chillers have saved 40% of water and 30% of energy consumption.	The more reliable maintenance management improves the operation of HVCA, lighting, and fire systems of the 14 buildings. This reduces energy consumption in 1 year of operation by 15%.
Cost savings	The track of chillers' performance helped facility managers understand the causes of operational logs. This allows a better plan of maintenance activities, as the online platform started providing suggestions for improving efficiency and effectiveness. Moreover, the digital control of set operational parameters allowed reducing costs.	The centralised framework, collecting data automatically from BMS, allowed reducing the cost of manpower that was necessary to collect data manually.	After 2 years of dashboard operation, the building saved AED 67.000 (around € 17.000).	The centralised control dashboard enabled better, faster, and more reliable maintenance management, reducing the cost of operation by 20% in 1 year.
Adapt to users' needs & preferences.	N.A.	The centralised framework, controlling people's occupancy and preferences through the installed BMS systems, allowed adjusting temperature and light according to their needs.	The centralised system adapts indoor air quality (temperature and ventilation) to the occupancy level in real time.	N.A.
Actions in real-time	The online platform controls chillers in real-time by setting operational parameters (such as temperature and humidity) according to the outside climate.	The centralised framework controls the network in real time and adjusts temperature and lighting according to users' preferences and climate parameters.		N.A.

Tab. 1. Comparison of the four projects – elaboration of the authors on Netix Controls post-evaluation reports.

3.2 A chat in the digital transformation

The interviews first discussed the concept of predictive maintenance. Konnect not only collects and reports information, but by knowing the time, location, costs, and activities performed, it predicts how many times, when, and how a maintenance activity needs to be performed. Indeed, the system understands the use of different areas, such as parks, squares, or pools, and predicts maintenance activities or future implementation to answer user needs. In the words of one interviewee, Konnect “*gives voice to the buildings*”.

This application of the platform allows the potential implementation of Digital Twin technology. Both interviewees confirm their willingness to integrate Digital Twin. Indeed, by transforming IoT into a corresponding digital object that works as a whole, this technology would support inter-operator information exchange and data collection throughout the entire building lifecycle.

Finally, the interviewees believe the Konnect platform can be used for larger environments, such as cities and broader territories. For example, when used by a large real estate development company for monitoring over 100 vertical buildings together, the platform may connect thousands of buildings and infrastructures. The scale of Project 2 already shows the potential of this platform to expand into a multiple-building management system, which will contribute to

the development of Smart Cities. Such an application could support policymakers on different scales in managing various issues, from controlling swimming pool conditions to waste management, fire risk detection, and monitoring energy consumption.

4. Conclusions

The study shows that technologies can optimise AECO. Among these, BMS integrating IoT, AI, and ML is central in optimising buildings’ sustainable performance during O&M by making buildings more adaptable to user needs. Furthermore, COVID-19 and the recent energy crisis due to the war have proved the importance of fast response to changeable users’ habits. Therefore, buildings must introduce technological systems to manage maintenance activities, energy consumption, waste generation, and users’ occupation to increase people’s well-being and reduce environmental impact.

This has been proved by the case of Netix Controls, which demonstrated energy and cost savings and real-time user-needs adaptation through the technology implementation in buildings. This company has developed a very adaptable system, continuously learning and evolving. The system can also manage energy, waste, and utilisation by analysing maintenance activities. Pre-

sented the possibility of implementing an adaptable building, the study shows how technologies would have been of great help during COVID-19 because technologies would have allowed the building to “be instructed” and automatically improve indoor ventilation while reducing the risk of infection. Moreover, one of the most promising outcomes of this technology lies in implementing predictive maintenance, which may help avoid human mistakes. The case study analysed in this paper shows the relationship between technology and sustainability. Its system optimises costs, reduces consumption, and improves users’ well-being by “listening” to the building. To understand the magnitude of this relation, a further study among several companies needs to be conducted. Future developments of this study will compare a sample of companies located in different countries to highlight experiences and possible developments.

Moreover, this study suggests the implementation of Digital Twin into this system. This integration may create a living simulation model that can learn from multiple sources and update itself by predicting current and future environmental and use conditions. This will progressively change how the O&M of the building lifecycle is conceived and managed while transforming the AECO and making our cities more environmentally sustainable.

La digitalizzazione dell'industria AECO: indagine sui benefici della fase di esercizio e manutenzione

Alice Paola Pomè, Chiara Tagliaro

1. Introduzione

La crescita significativa del consumo energetico, determinata dallo sviluppo economico, dall'aumento della popolazione mondiale e dall'implementazione di nuove tecnologie, sta causando conseguenze drammatiche per l'ambiente (Elnour *et al.*, 2022). Gli edifici sono responsabili di oltre un terzo del consumo energetico globale e di quasi il 40% delle emissioni totali di CO₂ (Himeur *et al.*, 2020). L'industria dell'Architettura-Ingegneria-Costruzione-Operazione (AECO) svolge un ruolo centrale nel ridurre al minimo il degrado ambientale. L'adozione di tecnologie può contribuire a minimizzare l'impatto ambientale dell'ambiente costruito. Tuttavia, i benefici concreti e il ritorno sull'investimento dell'adozione di tecnologie devono ancora essere dimostrati per un sostegno più ampio e di successo agli obiettivi di sostenibilità ambientale da parte dell'AECO. Il presente lavoro si propone di dimostrare i vantaggi della tecnologia per gli AECO attraverso uno studio empirico.

L'Unione Europea sta lavorando duramente per ottimizzare l'uso delle risorse, in particolare l'uso dell'energia, in tutti i mercati europei. Tuttavia, anche se il Green Deal europeo mira a rendere l'Europa il primo continente neutrale dal punto di vista di impatto climatico, solo il 25% degli edifici europei esistenti è conforme ai nuovi standard (Verma, 2020). In altre aree del mondo, come il Medio Oriente, l'impatto ambientale degli edifici è ancora più elevato. Ad esempio, il patrimonio edilizio degli Emirati Arabi Uniti (EAU) utilizza più del 70% della domanda nazionale di elettricità (Afshari *et al.*, 2014). Nel mondo, gli EAU hanno anche la più alta impronta pro capite, che si prevede aumenterà nei prossimi decenni

dell'85% (Smeetsa *et al.*, 2012). Per ridurre l'impatto ambientale degli edifici, è urgente passare a un ambiente costruito meno energivoro e più sostenibile (Lin *et al.*, 2018).

Anche se in tutto il mondo sono state adottate diverse misure per incrementare il consumo energetico sostenibile, l'uso di combustibili fossili non sembra diminuire su scala globale, probabilmente anche a causa della crescita economica dei Paesi in via di sviluppo. Rispetto al 1990, quando la produzione di elettricità generata da combustibili fossili era quasi del 62% (World-Nuclear 2021), nel 2019 ha raggiunto il 63% (Our World in Data, 2022). Si prevede che questa domanda continuerà a crescere, superando quella attuale di 1,5 nel 2050 (GhaffarianHoseini *et al.*, 2017).

A questo proposito, le ultime crisi globali (la pandemia da COVID-19 e la guerra Russia-Ucraina) non hanno avuto l'effetto sperato nella riduzione dei consumi energetici. Infatti, se durante la pandemia la domanda di energia è diminuita per le attività commerciali e industriali, è aumentata per gli usi domestici (Mastropietro *et al.*, 2020). Ad esempio, gli uffici hanno apportato modifiche per mantenere i dipendenti nei luoghi di lavoro. Durante il COVID-19, le norme di allontanamento sociale hanno imposto cambiamenti nella configurazione del luogo di lavoro; ma, dopo la pandemia, il luogo di lavoro è chiamato ad adattarsi alle nuove modalità di lavoro (Deiss *et al.*, 2021). L'Agenzia internazionale dell'energia (2020) ha osservato che la domanda di energia nel 2020 è stata la più grande degli ultimi 70 anni. Ciò che è cambiato dopo la COVID-19 è il modo di operare degli edifici, non il consumo energetico. Il consumo di energia primaria degli edifici residenziali è aumentato (Deiss *et al.*, 2021), senza influenzare il consumo complessivo durante

e dopo la pandemia (Jiang *et al.*, 2021). Ciò ha evidenziato l'importanza di comprendere l'effetto del consumo energetico per le sue conseguenze ambientali, economiche e sociali e di ottimizzare l'uso dell'energia (Deiss *et al.*, 2021). Oltre alla pandemia, l'aumento vertiginoso del prezzo dell'energia spinge i governi ad affrontare la sfida della conservazione dell'energia (Afshari *et al.*, 2014), con l'obiettivo di migliorare la sicurezza dell'approvvigionamento, l'efficienza economica e la competitività delle imprese. Questo obiettivo, tuttavia, si scontra con problemi economici, istituzionali, sociali e politici, oltre che con vincoli tecnici.

Infatti, l'efficienza energetica degli edifici è stata riconosciuta come la strategia ottimale per ridurre le emissioni di CO₂ (Afshari *et al.*, 2014). L'edilizia sostenibile comporta innanzitutto la riduzione della produzione di rifiuti e l'ottimizzazione dell'uso delle risorse (Artizizabal-Mondalve *et al.*, 2022). Li *et al.* (2018) dimostrano inoltre che la riduzione dell'impatto ambientale degli edifici dipende principalmente dalle persone (occupanti e gestori delle strutture), dall'invocato degli edifici e dalla programmazione della manutenzione. Lo studio di Li verifica che i due principali fattori che influenzano il consumo energetico degli edifici sono (1) il livello di pulizia dell'uso/utilizzo del riscaldamento, della ventilazione e del condizionamento (HVAC) e (2) la corretta manutenzione degli impianti MEP (meccanici, elettrici e idraulici). Entrambi questi fattori dipendono dall'azione e dalla manutenzione umana. La relazione tra HVAC e uso dell'energia negli edifici è evidenziata anche da altri studi in letteratura. L'energia negli edifici è utilizzata principalmente per i sistemi HVAC, circa il 40%, mentre i sistemi di illuminazione rappresentano circa l'11%, i sistemi domestici, come il riscaldamento

dell'acqua e i frigoriferi, il 18% e il restante (quasi il 30%) è destinato alle apparecchiature interne e all'elettronica (Energygov, 2015). Per garantire il corretto funzionamento degli edifici, è necessario sviluppare strategie di gestione basate sulle preferenze degli utenti e sulla manutenzione continua. Inoltre, approcci di manutenzione proattiva e predittiva potrebbero aiutare a identificare i guasti nei sistemi degli edifici, evitando un uso inutile ed eccessivo di energia per lunghi periodi (Colmenar-Santos *et al.*, 2013).

In questo modo è possibile ottimizzare i costi operativi degli edifici. Secondo il Building Laboratory dell'Università di Barcellona di Garcia-Sanz-Calcedo (2014), il 65% del costo di vita di un edificio è dedicato alla manutenzione e ai costi di gestione, mentre il 5% alla progettazione, il 20% alla costruzione e il 10% alla ristrutturazione/demolizione. Mourtzis *et al.* (2017) osservano che il 30% dei costi operativi totali è dedicato alle procedure di manutenzione. Tra i costi di manutenzione non ci sono solo quelli economici, ma anche quelli di arresto, emissioni in atmosfera, consumo energetico e invecchiamento delle apparecchiature. Pertanto, l'ottimizzazione della fase di funzionamento e manutenzione (O&M), che rappresenta la più consistente (per costo e per durata) del ciclo di vita di un edificio, può ridurre l'impatto ambientale dell'AECO. Le tecnologie digitali, quindi, aiuteranno a controllare i consumi degli edifici e a misurarne le prestazioni (Bröchner *et al.*, 2019).

Ad esempio, i sistemi di gestione degli edifici (BMS) sono utilizzati per monitorare e controllare tutti i componenti meccanici ed elettrici e i sistemi informatici degli edifici (GhaffarianHoseini *et al.*, 2017; Reddy, 2011). L'alto livello di utilizzo di energia negli AECO ha spinto la necessità di ridurre i consumi aggiungendo ai BMS dati amplificati dai sensori e un migliore supporto computazionale (Klein *et al.*, 2012). Chen *et al.* (2015) confermano che un sistema efficiente di manutenzione e gestione degli impianti consente di sostenere gli edifici in modo più efficace. Di conseguenza, la manutenzione degli edifici ha ampliato la sua importanza negli ultimi decenni, soprattutto a causa della maggiore sofisticazione degli edifici (García-Sanz-Calcedo *et al.*, 2017). Poiché la manutenzione è un'attività fondamentale per ridurre i costi operativi, la sua pianificazione è diventata sempre più rilevante (Mourtzis *et al.*, 2017). I gestori degli edifici hanno iniziato a integrare progressivamente nuove tecnologie, come i sistemi adattivi dinamici per l'auto-manutenzione e il monitoraggio del sistema edificio (Mourtzis *et al.*, 2017). L'obiettivo di ottimizzare l'O&M è diventato ancora più cruciale in quanto la pandemia ha sollecitato la necessità di ripensare il significato

di "resilienza" nell'AECO (Takewaki, 2020). Il problema non riguarda solo l'aumento del rischio di infezione, ma anche i nuovi modi di vivere. Ciò rende l'O&M centrale per introdurre flessibilità e adattabilità nell'ambiente costruito (Takewaki, 2020).

Inoltre, secondo la direttiva europea sulla prestazione energetica degli edifici (EPBD) 2018/844/UE, gli "edifici intelligenti" sono l'unica risposta per ridurre al minimo gli effetti ambientali dell'AECO e per introdurre la flessibilità nell'ambiente costruito. Gli edifici intelligenti sono progettati come edifici a energia quasi zero (nZEB) e costruiti con sistemi avanzati di monitoraggio e controllo (Kumar *et al.*, 2022), che consentono all'ambiente interno di adattarsi alle esigenze degli utenti e alle condizioni esterne, come il clima (Direttiva EPBD, 2018). Questi edifici utilizzano energia rinnovabile e sono gestiti attraverso tecnologie che forniscono monitoraggio intelligente, controllo e supervisione automatizzati, flessibilità sul lato della domanda e rilevamento e diagnostica dei guasti (Commissione Europea, 2010). Le tecnologie wireless, gli algoritmi intelligenti e le infrastrutture di rete integrano la gestione intelligente degli edifici (Kumar *et al.*, 2022). I sistemi di rilevamento, che svolgono un ruolo chiave nel monitoraggio delle prestazioni degli edifici intelligenti (Bali *et al.*, 2019), sono utilizzati per risparmiare energia per l'illuminazione o i sistemi HVAC, ridurre i costi ambientali e operativi e migliorare i vantaggi operativi (Kumar *et al.*, 2022).

L'integrazione delle tecnologie digitali nell'AECO viene spesso definita PropTech (abbreviazione di Property Technology). Le aziende PropTech mirano ad adottare la tecnologia digitale per migliorare le operazioni (Saul *et al.*, 2019) e aumentare la trasparenza (Trofimov *et al.*, 2016). Diverse tecnologie stanno trasformando l'AECO (Boston Consulting Group, 2020; Baum, 2020; UNISSU, 2021; IPM 2021): Blockchain e distributed-ledger, Intelligenza Artificiale (AI) e Machine Learning (ML), Big data analytics, data science e condivisione dei dati, Internet of Things (IoT), siti web e app per smartphone, Location analytics e geospaziale (come droni, tecnologia 5G e veicoli autonomi), Compute edge e cloud, stampa 3D e modellazione 3D, Interfaccia uomo-macchina e interfacce per programmi applicativi (API), Sistemi robotici e automazione, Sensori, Digital Twin, Realtà virtuale (VR) e realtà aumentata (AR) e Innovazione dei materiali. Big data, analisi dei dati e tecnologie dei sensori sono al centro del fenomeno PropTech, che ha l'obiettivo di migliorare l'efficienza e l'efficacia delle operazioni (Braesemann e Baum, 2020). Le aziende PropTech rappresentano un'opportunità unica per implementare una gestione intelligente e sostenibile degli edi-

fici. Tuttavia, molti sostengono che i reali benefici dell'integrazione della tecnologia negli edifici siano ancora da dimostrare. In effetti, ciò comporta costi rilevanti in anticipo, quindi è necessario dimostrare che tali investimenti sono validi.

2. Obiettivo e metodologia

Le tecnologie si stanno diffondendo in tutta l'AECO, accelerando l'adozione di strategie digitali (Xie *et al.*, 2020). La digitalizzazione sta modificando il modo in cui gli operatori dell'AECO pianificano, operano, mantengono e gestiscono l'ambiente costruito. Tuttavia, come si possono misurare i benefici? E come il cambiamento delle operazioni integra lo sviluppo sostenibile nell'AECO?

Questo studio si propone di evidenziare quali benefici concreti comporta l'adozione di determinate tecnologie nell'O&M del ciclo di vita di un edificio. Per dimostrarlo, il documento analizza un caso-studio di un'azienda, analizzando i costi economici, gli impatti ambientali e il benessere degli utenti che si ottengono attraverso l'integrazione tecnologica innovativa di BMS e Intelligenza Artificiale (AI). Il caso-studio, Netix Controls, è stato scelto per convenienza come best practice nell'adozione di tecnologie digitali per l'ottimizzazione della gestione degli edifici.

Dopo un'analisi a tavolino dell'azienda e di quattro progetti sviluppati di recente, gli autori hanno condotto due interviste con (1) il direttore dello sviluppo commerciale in Europa e (2) il direttore tecnico e operativo (Europa) e il Chief Technology Officer. L'obiettivo delle interviste era quello di comprendere a fondo il funzionamento della piattaforma. Le domande ruotavano intorno ai seguenti punti: (1) come Netix Controls sta introducendo la manutenzione predittiva degli edifici, (2) quali implementazioni future si prevede miglioreranno la gestione degli edifici e (3) quali sono le implicazioni dell'uso di tale struttura tecnologica su città e territori. Sulla base dei risultati di queste domande, nelle conclusioni il documento discute le tendenze future delle tecnologie digitali nell'AECO.

3. Caso studio: Netix Controls

Netix Controls, con sede a Schiphol-Rijk, Paesi Bassi, e parte del Gruppo Sanjeev Bhatia, è stata fondata nel 2016. L'azienda sfrutta la tecnologia per fornire soluzioni innovative e sostenibili, basate sui principi dell'IoT e dell'AI, utilizzando un framework proprietario (chiamato Niagara Framework)

per la gestione degli impianti e degli edifici. L'azienda, presente sul mercato internazionale (USA, Finlandia ed Emirati Arabi), ha analizzato per anni i BMS tradizionali per implementare un nuovo software, chiamato Konnect, una piattaforma alimentata dall'intelligenza artificiale che consente analisi energetiche, connettività remota e manutenzione predittiva. In questo modo Netix Controls supera il BMS tradizionale fornendo avvisi in tempo reale, una panoramica dell'intero impianto analizzato e l'integrazione con dispositivi di terze parti. Qualsiasi infrastruttura BMS esistente può essere collegata a Konnect secondo l'"approccio Android", che rende questo prodotto eccezionalmente adattabile. Ciò consente agli utenti finali di disporre di un sistema intuitivo, di evitare costi elevati per le sostituzioni e di collegare gli edifici da remoto. Konnect è un software completo di gestione degli asset e dell'energia basato su cloud, progettato per aumentare l'affidabilità, l'efficienza e la sostenibilità degli edifici.

3.1 Confronto tra progetti di successo

Di seguito viene riportata l'analisi di quattro progetti (Tabella 1) che implementano sistemi di dati in tempo reale, forniti da Netix Controls, per dimostrare i vantaggi in termini di risparmio energetico e di costi, nonché di adattamento degli asset alle preferenze e alle esigenze degli utenti, intervenendo in tempo reale.

Il progetto 1 consiste nel collegare i refrigeratori di 77 edifici per controllare l'energia e la gestione degli asset. Questi edifici sono unità commerciali situate negli Emirati Arabi Uniti e comprendono più di ventimila punti I/O (cioè moduli che collegano i dispositivi di campo in ingresso e in uscita). Il problema principale del Progetto 1 è l'integrazione di refrigeratori di produttori diversi. Il cliente mira a ottimizzare la gestione dell'energia, poiché oltre il 50% del consumo annuale di elettricità di questi 77 edifici è attribuibile ai refrigeratori.

Il progetto 2 consiste nel collegare le infrastrutture e gli edifici di diversi quartieri allo scopo di risparmiare energia e gestire gli asset. Gli asset si trovano negli Emirati Arabi Uniti e sono costituiti da più di cinquantamila punti I/O. Il cliente guarda a una gestione intelligente dell'energia per l'automazione, che effettua studi di fattibilità per identificare posizioni alternative e proporre soluzioni efficaci. La sfida del Progetto 2 è quella di costruire una rete di BMS collocati in ogni edificio e collegati attraverso la tecnologia wireless.

Il Progetto 3 consiste nell'installazione di un sistema di monitoraggio energetico completo in un edificio residenziale situato negli Emirati Arabi Uniti. Il cliente intende rispondere a domande cruciali, come ad

esempio cosa fa sì che le apparecchiature non funzionino a dovere o perché si verificano alcuni picchi di consumo energetico nel corso delle settimane. La sfida del Progetto 3 consiste nel creare un sistema di monitoraggio energetico che mostri, attraverso un cruscotto, i consumi in tempo reale e fornisca all'utente finale informazioni utili per prendere decisioni informate e migliorare le prestazioni energetiche.

Il progetto 4 consiste nell'integrare 14 edifici a un server centrale per monitorare, controllare e programmare in modo efficiente i refrigeratori. Gli edifici si trovano negli Emirati Arabi Uniti e comprendono più di quattordicimila punti I/O. La sfida del Progetto 4 consiste nell'implementare una soluzione senza integrare alcun nuovo dispositivo negli edifici. Il sistema implementato scopre i parametri, mappa ed espone i dati in modo unificato, genera diversi livelli di allarme e riporta informazioni sulla manutenzione.

In tutti i progetti emerge una grande adattabilità. Netix Controls ha lavorato su una piattaforma di controllo intelligente in grado di raccogliere e analizzare i dati provenienti da diversi BMS preinstallati negli impianti tecnici degli edifici. In particolare, nel progetto 4, Netix Controls ha lavorato sui dispositivi di controllo esistenti senza integrare nuovi sensori negli edifici.

In secondo luogo, Netix Controls non solo ha lavorato a un framework adattabile, ma ha anche introdotto l'adattabilità negli edifici, a partire dalle preferenze e dalle esigenze degli utenti e dalla possibilità di modificare i parametri ambientali in tempo reale in base alle condizioni esterne, come il clima (vedi progetti 2 e 3).

Infine, utilizzando questo sistema personalizzato, i progetti mostrano quattro aree di miglioramento:

1. Gestione dell'energia: tutti i sistemi ospitano un cruscotto di monitoraggio energetico all'avanguardia, che fornisce informazioni in tempo reale, un confronto tra i diversi anni e una serie di KPI per controllare i consumi.

2. Tutti i progetti registrano un ritorno sull'investimento grazie alla diminuzione delle ore di lavoro per la manutenzione degli asset, dei guasti e delle riparazioni (costi di sostituzione), del consumo energetico e del feedback degli utenti. Inoltre, i quattro progetti mostrano una diminuzione di circa il 75% delle ore di lavoro all'anno, anche se il numero di allarmi al giorno rimane invariato, e una riduzione di circa il 15% dei costi energetici.

3. Ottimizzazione delle risorse e gestione degli asset: tutti i sistemi consentono di convertire le anomalie in ticket di assistenza per i tecnici che risolvono e restituiscono al sistema lo stato di chiusura. Ciò contribuisce a evitare l'errore umano e

a garantire la soddisfazione delle esigenze degli utenti.

4. Rilevamento dettagliato dei guasti e diagnosi in tempo reale: tutti i sistemi possono migliorare l'affidabilità, la disponibilità, la manutenibilità e la sicurezza delle apparecchiature grazie al monitoraggio continuo dei dati e all'analisi delle anomalie.

3.2 Una conversazione nella trasformazione digitale

Nelle interviste si è parlato innanzitutto del concetto di manutenzione predittiva. Konnect non si limita a raccogliere e riportare informazioni, ma, conoscendo tempi, luoghi, costi e attività svolte, inizia a prevedere quante volte, quando e come un'attività di manutenzione deve essere eseguita. Infatti, il sistema comprende l'utilizzo di diverse aree, come parchi, piazze o piscine, e prevede le attività di manutenzione o le implementazioni future per rispondere alle esigenze degli utenti. Secondo le parole di un intervistato, Konnect "dà voce agli edifici".

Questa applicazione della piattaforma consente la potenziale implementazione della tecnologia Digital Twin. Entrambi gli intervistati confermano la volontà di integrare il Digital Twin. Infatti, questa tecnologia, trasformando l'IoT in un oggetto digitale interconnesso che funziona come un tutt'uno, supporterebbe lo scambio di informazioni tra diversi operatori e la raccolta di dati durante l'intero ciclo di vita dell'edificio.

Infine, gli intervistati ritengono che la piattaforma Konnect possa essere utilizzata per ambienti più ampi, come città e territori più vasti. La piattaforma, utilizzata da una grande società di sviluppo immobiliare per il monitoraggio di oltre 100 edifici verticali, può collegare migliaia di edifici e infrastrutture. La scala del Progetto 2 mostra già il potenziale di questa piattaforma per espandersi in un sistema di gestione di più edifici, che contribuirà allo sviluppo delle Smart City. Un'applicazione di questo tipo potrebbe supportare i responsabili politici su diverse scale nella gestione di un'ampia gamma di problematiche, dal controllo delle condizioni delle piscine alla gestione dei rifiuti, dal rilevamento del rischio di incendio al monitoraggio dei consumi energetici.

4. Conclusioni

Lo studio dimostra che le tecnologie possono ottimizzare l'AECO. Tra queste, il BMS con l'integrazione di IoT, AI e ML è fondamentale per ottimizzare le prestazioni sostenibili degli edifici durante l'O&M, rendendo gli edifici anche più adattabili

alle esigenze degli utenti. Il COVID-19, così come la recente crisi energetica dovuta alla guerra, hanno dimostrato l'importanza di una risposta rapida alle mutevoli abitudini degli utenti. Gli edifici devono introdurre sistemi tecnologici per gestire le attività di manutenzione, i consumi energetici, la produzione di rifiuti e l'occupazione degli utenti per contribuire ad aumentare il benessere delle persone e ridurre l'impatto ambientale.

Questo è stato dimostrato dal caso di Netix Controls, che ha dimostrato risparmi energetici e di costi e l'adattamento in tempo reale alle esigenze degli utenti attraverso l'implementazione della tecnologia negli edifici. Questa azienda ha sviluppato un sistema molto adattabile, in continua evoluzione e apprendimento. Il sistema, partendo dall'analisi delle attività di manutenzione, è in grado di gestire anche l'energia, gli sprechi e l'utilizzo. Presentando

la possibilità di implementare un edificio adattabile, lo studio mostra come le tecnologie sarebbero state di grande aiuto durante il COVID-19, perché avrebbero permesso all'edificio di "essere istruito" e di migliorare automaticamente la ventilazione interna riducendo il rischio di infezioni. Inoltre, uno dei risultati più promettenti di questa tecnologia è l'implementazione della manutenzione predittiva, che può aiutare a evitare errori umani. Il caso di studio analizzato in questo articolo mostra la relazione tra tecnologia e sostenibilità. Il sistema ottimizza i costi, riduce i consumi e migliora il benessere degli utenti "ascoltando" l'edificio. Per comprendere l'entità di questa relazione, è necessario condurre un ulteriore studio tra diverse aziende. I futuri sviluppi di questo studio metteranno a confronto un campione di aziende situate in diversi Paesi per evidenziare esperienze e possibili sviluppi.

Inoltre, questo studio suggerisce l'implementazione del Digital Twin in questo sistema. Tale integrazione potrebbe creare un modello di simulazione vivente in grado di apprendere da più fonti e di aggiornarsi prevedendo le condizioni ambientali e di utilizzo attuali e future. Ciò cambierà progressivamente il modo di concepire e gestire l'O&M del ciclo di vita degli edifici, trasformando al contempo l'AECO e rendendo, infine, le nostre città più sostenibili dal punto di vista ambientale.

Ringraziamenti

Gli autori desiderano ringraziare Fabio Lamberti, Europe Business Development Director di Netix Global, e Dustine Stanley, Director – Technical & Operations (Europe) e Chief Technology Officer di Netix Konnect AI per la collaborazione e il supporto.

REFERENCES

- afshari, A., Nikolopoulou, C., Martin, M. (2014). Life-cycle analysis of building retrofits at the urban scale—A case study in United Arab Emirates. *J. Sustain.* 6, pp. 453–473.
- Artistizàbal-Monsalve, P., Vàsquez-Hernàndez, A., Botero, L.F. (2022). Perceptions on the processes of sustainable rating systems and their combined application with Lean construction. *Journal of Building Engineering*, 46, p. 103627.
- Bali, M., Half, D.A., Polle, D., Spitz, J. (2019). *Smart Building Design: Conception, Planning, Realization, and Operation*. Birkh"auser: Smart Build. Des.
- Baum, A., Saull, A., Braesemann, F. (2020). *PropTech 2020: The Future of Real Estate*. University of Oxford, Oxford, Saïd Business School.
- Bellintani, S., Ciarabella A., Delmenico A., Leoncini S.F., Pomè A.P., and Tagliaro, C. (2020). *Italian PropTech Monitor: soluzioni, tecnologie e strumenti per l'innovazione nel Real Estate*. Politecnico di Milano, Italy.
- Braesemann, F., and Baum, A. (2020). *PropTech: Turning Real Estate Into a Data-Driven Market?* Available at: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3607238 (Last access: 5.05.22).
- Bröchner, J., Haugen, T., & Lindkvist, C. (2019). Shaping tomorrow's facilities management. *Facilities*, 37(7/8), pp. 366–380.
- Chen, H-M., Hou, C-C., Wang, Y-H. (2013). A 3D visualized expert system for maintenance and management of existing building facilities using reliability-based method. *Expert System Appl*, 40(1), pp. 287–99.
- Colmenar-Santos, A., Terán de Lober, L.N., Borge-Diez, D., Castro-Gil, M. (2013). Solutions to reduce energy consumption in the management of large buildings. *Energy and Buildings*, 56, pp. 66-77.
- Deiss, B.M., Herishko, M., Wright, L., Maliborska, M., Abulencia, J.P. (2021). Analysis of Energy Consumption in Commercial and Residential Buildings in New York City before and during the COVID-19 pandemic. *Sustainability*, 13(21), p. 11586.
- Elmour, M., Fadli, F., Himeur, Y., Petri, I., Rezgui, Y., Meskin, N., Ahmad A.M. (2022). Performance and energy optimization of building automation and management systems: Towards smart sustainable carbon-neutral sports facilities. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 162, p. 112401.
- energygov. *An assessment of energy technologies and research opportunities*. (2015). Available at: <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2017/03/f34/qtr-2015-chapter5.pdf> (Last access: 1.03.21).
- European Commission (2010). *Directive 2010/31/EU of the European Parliament and of the Council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast)*. Available at: <http://data.europa.eu/eli/dir/2010/31/2018-12-24> (Last access: 1.03.21).
- Garcia-Sanz-Calcedo, J. (2014). *Mantenimiento eficiente de edificios*. AgenciaExtremena De La Energia.
- GhaffarianHoseini, A., Zhang, T., Nwadigo, O., GhaffarianHoseini, A., Naismith, N., Tookey, J., Raahemifar, K. (2017). Application of nD BIM Integrated Knowledge-based Building Management System (BIM-IKBMS) for inspecting post-construction energy efficiency. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 72, pp. 935-949.
- Himeur, Y., Alsalemi, A., Bensaali, F., Amira, A. (2020). Effective non-intrusive load monitoring of buildings based on a novel multi-descriptor fusion with dimensionality reduction. *Applied Energy*, 279, p. 115872.
- IEA (2020). *Global Energy Review 2020: The impacts of the Covid-19 crisis on global energy demand and CO2 emissions*. International Energy Agency (IEA), Paris. Available at: <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020> (Last access: 5.05.22).
- Jiang, P., Van Fan, Y., Klemes, J.J. (2021). Impacts of COVID-19 on energy demand and consumptions: challenges, lessons and emerging opportunities. *Appl Energy*, 285(1), p. 116441.
- Klein, L., Kwak J., Kavulya, G., Jazizadeh, F., Becerik-Gerber, B., Varakantham, P., Tambe, M. (2012). Coordinating occupant behavior for building energy and comfort management using multi-agent systems. *Automation in Construction*, 22, pp. 525-536.
- Kumar, T., Srinivasan, R., Mani, M. (2022). An Emergency-based Approach to Evaluate the Effectiveness of Integrating IoT-based Sensing Systems into Smart Buildings. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 52(C), p. 102225.
- Lin, M., Afshari, A., Azar, E. (2018). A data-driven analysis of building energy use with emphasis on operation and maintenance: A case study from the UAE. *Journal of Cleaner Production*, 192, pp. 169-178.
- Mastropietro, P., Rodilla, P., Batlle, C. Emergency measures to protect energy consumers during Covid-19 pandemic: A global review and critical analysis. *Energy Research & Social Science*, 68, p. 101678.
- Mourtzis, D.; Zogopoulos, V.; Vlachou, E. (2017). Augmented Reality Application to Support Remote Maintenance as a Service in the Robotics Industry. *Procedia CIRP*, 63, pp. 46–51.
- Our World In Data. *Electricity mix*. Available at: <https://ourworldindata.org/electricity-mix> (5.05.22).
- Reddy, K. P. (2011). *BIM for building owners and developers: Making a business case for Using BIM on projects*. Wiley, Indianapolis.
- Saull, A., Baum, A., Braesemann, F. (2020). Can digital technologies speed up real estate transactions? *Journal of Property Investment & Finance*, 38(4), pp. 349-361.
- Smeetsa, B.; Bayar, A. Sustainability of Economic Growth in Abu Dhabi—A Dynamic CGE Approach. In *Proceedings of the Topics in Middle Eastern and African Economies*, Chicago, IL, USA, 5–7 January 2012.
- Takewaki I. (2020) New Architectural Viewpoint for Enhancing Society's Resilience for Multiple Risks Including Emerging COVID-19. *Front. Built Environ.*, 6, p. 143.
- Trofimov, S., Szumilo, N., Wiegmann, T. (2016). Optimal database design for the storage of financial information relating to real estate investments. *Journal of Property Investment and Finance*, 34(5), pp. 535-546.
- Verma, S. (2020). *The crest of the Renovation Wave: a toolkit to decarbonise the European building stock*. Available at: <https://www.buildup.eu/en/news/crest-renovation-wave-toolkit-decarbonise-european-building-stock> (5.05.22)
- Unissu (2021). *PropTech Solutions*. Available at: <https://www.unissu.com/proptech-solutions> (5.05.22).
- World-Nuclear (2021). *Where does our electricity come from?* Available at: <https://www.eia.gov/tools/faqs/faq.php?id=427&t=3> (5.05.22).

Acknowledgements

The authors would like to thank Fabio Lamberti, Europe Business Development Director at Netix Global, and Dustine Stanley, Director – Technical & Operations (Europe) and Chief Technology Officer of Netix Connect AI, for the collaboration and support.

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 "Riutilizzo 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.