

Ricerca e imprenditorialità accademica. Trasferimento tecnologico in contesti di transizione digitale e decarbonizzazione dell'ambiente costruito

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Maria Azzalin, <https://orcid.org/0000-0002-4890-9251>

maria.azzalin@unirc.it

Dipartimento di Architettura e Design, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria, Italia

Abstract. Interoperabilità, digitalizzazione, gestione informativa, tecnologie *smart*, *digital twin* sono alcuni degli elementi che caratterizzano la mission aziendale di BIGsrl *Spin-off* Accademico. Questioni aperte che configurano opportunità di ricerca e sviluppo capaci di stimolare crescita economica e sostenibilità all'interno dei processi di trasformazione dell'ambiente costruito. Parallelamente le azioni di costruzione, sperimentazione e implementazione di un *Management Model* per la gestione digitale dell'ambiente costruito ne definiscono l'operatività configurando specifiche esperienze di trasferimento tecnologico; i relativi impatti e benefici, i ritorni sul piano della formazione insieme ai nuovi potenziali orizzonti di ricerca, confermando il ruolo di BIGsrl come *player* d'innovazione.

Parole chiave: Transizione digitale; Decarbonizzazione; BIM; *Digital Twin*; Manutenzione Predittiva.

Ricerca e imprenditorialità accademica. BIGsrl una storia di sinergia possibile

Il modello della tripla elica, che unisce università, imprese e istituzioni, sottolinea l'importanza degli atenei come centri

di formazione e ricerca di base, ma allo stesso tempo riconosce loro il ruolo strategico di hub di innovazione e motore di sviluppo industriale.

In questo ecosistema dinamico che integra contemporaneamente dimensioni culturali, sociali, economiche e di innovazione, gli *spin-off* accademici rappresentano gli elementi catalizzatori di un processo, la cui essenza risiede nel concetto stesso di conoscenza come bene economico e nell'idea della sua valorizzazione come volano di sviluppo (Foray, 2004). Rappresentano realtà e strumenti capaci di trasferire la conoscenza teorica in soluzioni tecnologiche operative, generando valore e benefici nell'ecosistema territoriale. Uno scenario i cui numeri sono indicativi: nel 2022, sono stati censiti ben 2.020 *spin-off*

in Italia, con un aumento e una crescita significativa rispetto agli anni precedenti (Rapporto Netval, 2024). Uno scenario di imprenditorialità accademica consolidato in cui si colloca anche BIGsrl, Building Innovative Governance srl *Spin-off* Accademico dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria (www.bigspinoff.it).

BIGsrl sperimenta e promuove un sistema di governance innovativo dei patrimoni immobiliari in un'ottica *life cycle thinking* e *climate neutral*, affrontando temi come la gestione sostenibile delle risorse, la decarbonizzazione, la digitalizzazione, l'adozione di tecnologie digitali e *smart*. Opera all'interno degli ambiti disciplinari della progettazione tecnologica ambientale, ne condivide gli approcci multidisciplinari, integrando cultura del progetto e approcci ad alto contenuto di innovazione tecnologica. La sua mission risponde ad un'esigenza concreta, ed espressa da tempo nell'ambito del settore delle costruzioni e delle trasformazioni dell'ambiente costruito, di rinnovamento delle prassi progettuali e operative compresa la necessità di integrare i nuovi approcci e strumenti tecnologici e digitali (Pérez *et al.*, 2024; Westergren *et al.*, 2024). Esigenze che le attuali sfide ambientali e climatiche poste da Agenda 2030 e dalle strategie europee per la transizione ecologica e digitale hanno reso urgenti e improrogabili (European Commission, 2020; 2021a; 2021b). L'interoperabilità, la gestione del capitale informativo, lo scambio di dati, le tecnologie digitali, il *digital twin*, sono alcuni dei temi che, affrontati nelle attività di ricerca sperimentale e sviluppo industriale confluiscano nelle azioni di trasferimento tecnologico, e nei servizi erogati da BIGsrl.

Il contributo è occasione per delineare, attraverso tre esperienze di trasferimento tecnologico, eterogenee tra loro, le dinami-

Research and Academic Entrepreneurship: Technological Transfer in the Contexts of Digital Transition and Decarbonisation of the Built Environment

Abstract. Interoperability, digitisation, information management, smart technologies, and digital twins are some of the key elements defining the corporate mission of BIGsrl, an Academic Spin-off. These open issues present research and development opportunities capable of driving economic growth and sustainability within the processes of transformation of the built environment. Simultaneously, the construction, experimentation, and implementation of a Management Model for the digital management of the built environment define its operational framework, creating specific technological transfer experiences. These experiences involve their related impacts and benefit, returns in terms of training, and new potential research horizons, thereby confirming BIGsrl's role as an innovation player.

Keywords: Digital Transition; Decarbonisation; BIM; Digital Twin; Predictive Maintenance.

Research and Academic Entrepreneurship: BIGsrl, A Story of Possible Synergy

The Triple Helix model, which integrates universities, businesses, and institutions, highlights the importance of universities as centres for basic research and education, while also recognising their strategic role as hubs for innovation and engines of industrial development.

In this dynamic ecosystem, which simultaneously integrates cultural, social, economic, and innovation dimensions, academic spin-offs serve as catalysts for a process, whose essence lies in the concept of knowledge as an economic asset and the idea of its enhancement as a driver of development (Foray, 2004). They represent entities and tools capable of transferring theoretical knowledge into operational technological solutions, generating

value and benefits within the territorial ecosystem. A scenario whose numbers are indicative: in 2022, there were 2,020 spin-offs registered in Italy, showing a significant increase compared to previous years (Netval Report, 2024). This is a well-established scenario of academic entrepreneurship in which BIGsrl is also positioned. BIGsrl (Building Innovative Governance Srl) is an academic spin-off from the University Mediterranea of Reggio Calabria (www.bigspinoff.it). BIGsrl experiments with and promotes an innovative governance system for real estate assets, adopting a life cycle thinking and climate-neutral approach, addressing issues such as sustainable resource management, decarbonisation, digitalisation, and the adoption of smart digital technologies. It operates within the fields of environmental technological design, sharing

che hanno permesso a BIGsrl di emergere come attore di innovazione, interagendo attivamente con il tessuto imprenditoriale e con quello delle amministrazioni pubbliche, mettendo in valore, attraverso un processo sinergico di mutuo scambio il *know-how* scientifico e di ricerca con le nuove conoscenze *market oriented*. Si cercherà di evidenziarne le ricadute e i benefici economici e di innovazione, introducendo alcuni possibili indicatori identificati per misurare gli impatti concreti delle esperienze descritte e valutare le future attività di implementazione dei servizi e le opportunità di ricerca.

Una storia di sinergia possibile

La storia di BIGsrl è il risultato tangibile della sinergia tra ricerca, esperienza professionale e realtà industriale. Costituita, da sei Founders¹, dall'Università Mediterranea di Reggio Calabria, e da un partner industriale, Acca Software spa, BIGsrl, nasce nel 2018 come *spin-off* universitario e start-up innovativa, ed è oggi in fase di accreditamento come Piccola e Media Impresa Innovativa².

Il progetto imprenditoriale nasce dalla volontà di valorizzare i risultati delle ricerche condotte negli anni dai *founders*, sui temi della manutenibilità, manutenzione e gestione del patrimonio costruito, con le potenzialità delle tecnologie digitali. L'obiettivo è migliorare i processi di manutenzione e gestione del patrimonio costruito, affrontando le sfide dei cambiamenti climatici e della decarbonizzazione del comparto attraverso le potenzialità della digitalizzazione e delle tecnologie emergenti, supportando committenti pubblici e privati, enti e Pubbliche Amministrazioni (PA), nei relativi processi decisionali e attuativi.

Questa visione ha consentito la creazione di un'impresa con un

alto valore tecnico-scientifico e un forte carattere di innovatività, trasferito nel *Management Model* (MM), un'infrastruttura collaborativa che rappresenta il *core business* dell'azienda nonché l'asse portante dei tre servizi oggi erogati a regime di Gestione Documentale (SGD), Digitalizzazione (SD) e *Cloud Computing* per la Manutenzione (SCCM) (Fig. 1).

L'originalità del progetto imprenditoriale, sin dalla sua prima declinazione in fase di *start up*, ha trovato conferma nell'interesse di Acca Software spa, uno dei principali attori nel campo delle soluzioni software per le costruzioni, divenuto successivamente partner industriale di BIGsrl; nella capacità di accesso a finanziamenti pubblici, come Coopstartup Calabria Ricomincio da T(r)E (2016), il POR Calabria FESR 2014/2020 (2018), e Smart&Start Italia (2021). Ed inoltre, nel riconoscimento di diversi premi per l'innovatività, tra cui Startcup Calabria (2016), SuperScienceMe (2021), e per tre edizioni consecutive il "Premio per l'Innovazione" della Camera di Commercio, consolidando la sua competitività e il ruolo di innovatore nel settore.

Ad oggi, BIGsrl integra ricerca industriale e sviluppo sperimentale, processi di trasferimento tecnologico e azioni di Terza Missione collaborando con enti pubblici, società e aziende pubbliche e private, società di ingegneria. Tra le collaborazioni più rilevanti, quelle con la Città Metropolitana e il Comune di Reggio Calabria, l'Aterp Regione Calabria e l'Agenzia del Demanio, che hanno permesso di ottenere impatti significativi sia a livello economico che di *know-how* in tema di digitalizzazione dei processi e di modellazione interoperabile (Servizi SDG e SD), in un processo osmotico di scambio tra ricerca di base e ricerca applicata, tra richieste e risposte *market oriented*.

Altrettanto importanti nel campo della formazione accademica

multidisciplinary approaches and integrating project culture with high innovation technological strategies. Its mission responds to a concrete need, long-expressed within the construction sector and the transformation of the built environment, for a renewal of design and operational practices, including the integration of new technological and digital tools (Pérez *et al.*, 2024; Westergren *et al.*, 2024). These needs have become urgent and indispensable due to the current environmental and climate challenges outlined by Agenda 2030 and European strategies for ecological and digital transition (European Commission, 2020; 2021a; 2021b). Interoperability, information capital management, data exchange, digital technologies, and digital twins are some of the topics addressed in BIGsrl's experimental research and industrial development activities, which

culminate in technological transfer actions and services provided by the company.

This paper presents an opportunity to outline, through three heterogeneous technological transfer experiences, the dynamics that allowed BIGsrl to emerge as an innovation player, actively interacting with both the entrepreneurial sector and public administrations. This interaction highlights, through a synergistic process of mutual exchange, the integration of scientific research know-how with new market-oriented knowledge. The paper will explore the economic and innovation impacts of these experiences, introducing potential indicators identified to measure the concrete impacts of the described activities and evaluate future service implementation activities and research opportunities.

A Story of Possible Synergy

The story of BIGsrl is the tangible result of the synergy between research, professional experience, and industrial reality. Established in 2018 by six founders from the University Mediterranea of Reggio Calabria, along with an industrial partner, Acca Software S.p.A., BIGsrl was born as a university spin-off and innovative start-up, and is currently undergoing accreditation as a Small and Medium Innovative Enterprise (SME).

The entrepreneurial project originated from the desire to enhance the research outcomes achieved over the years by the founders, focusing on the themes of maintainability, maintenance, and management of the built heritage, in combination with the potential of digital technologies. The goal is to improve the maintenance and management processes of the built en-

vironment, addressing the challenges posed by climate change and decarbonisation within the sector through the possibilities offered by digitalisation and emerging technologies, while supporting both public and private clients, as well as public administrations (PAs), in their decision-making and operational processes.

This vision has enabled the creation of a company with high technical-scientific value and a strong innovative character, reflected in the Management Model (MM), a collaborative infrastructure that represents the company's core business as well as the backbone of the three services currently offered: Document Management (SGD), Digitalisation (SD), and Cloud Computing for Maintenance (SCCM) (Fig. 1).

The originality of the entrepreneurial project, from its early startup phase,

ca le ricadute dell'impegno di BIGsrl nella disseminazione di *know-how* in tema di digitalizzazione e utilizzo delle tecnologie di interoperabilità BIM attraverso attività di workshop in discipline curriculari³, partecipazioni a esperienze PCTO⁴ e tirocini formativi attivati presso la sua sede e aperti agli studenti del Corso di Laurea Magistrale in Architettura e del *Master* di II livello *Building Information Modelling* dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria.

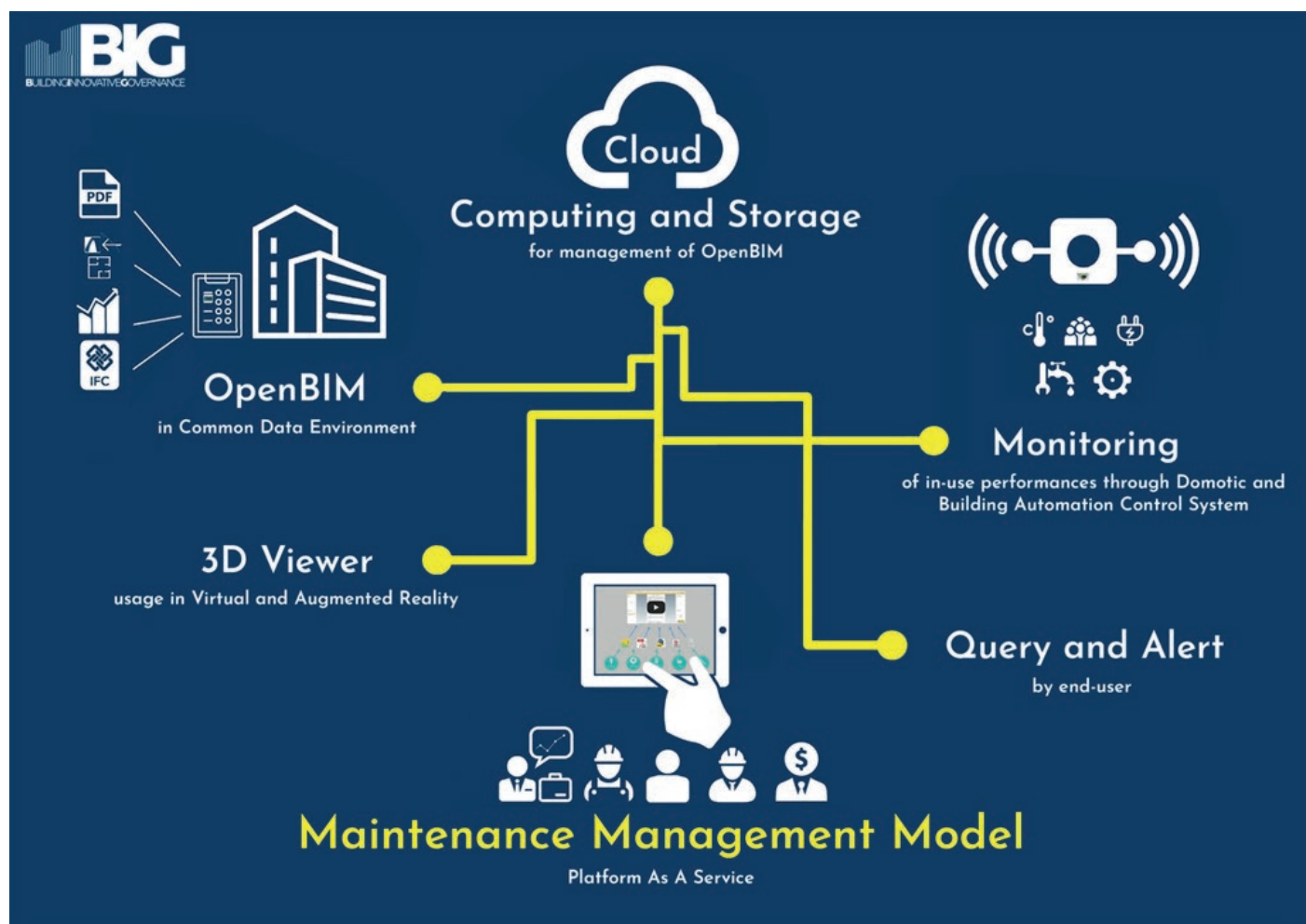
Le azioni di ricerca, le sperimentazioni applicative e in particolare la prototipazione di versioni customizzate del MM, alcune delle quali presentate a seguire, evidenziano i progressivi *upgrade* delle performance aziendali, gli sviluppi tecnologici e gli impatti positivi che ne derivano, sia a livello aziendale che nel territorio. *Upgrade* tecnologici, validati anche a livello scientifico grazie a diverse pubblicazioni su riviste specializzate (Lauria and Azzalin, 2020; 2022; 2023; 2024), che attestano la

solidità e il valore delle attività di BIGsrl nel campo della ricerca e dell'innovazione.

Innovazione di processo per la gestione dell'ambiente costruito. Il Management Model

Le soluzioni tecnologiche proposte da BIGsrl rispondono agli obiettivi di transizione ecologica e digitale definiti da Agenda 2030, dal *Next Generation EU* e

dalla Missione 4 del PNRR. La reingegnerizzazione dei processi, l'uso di sistemi informativi e database relazionali per la condivisione delle informazioni e l'approccio *digital twin*, insieme alla loro reciproca messa a sistema rappresentano l'originalità e l'innovazione del *Management Model* (MM), delineandone anche gli orizzonti di ricerca e implementazione futura connessa al raggiungimento di una nuova resilienza del patrimonio costruito nei confronti delle sfide poste dai cambiamenti climati-



ci: dagli eventi estremi, alla decarbonizzazione del comparto, al risparmio e all'efficientamento energetico.

In questo scenario, il MM si pone come infrastruttura collaborativa integrata accessibile online con un cloud dedicato per l'archiviazione e gestione dei modelli digitali. Progettato per la gestione avanzata del patrimonio costruito, con un forte focus sulla manutenzione predittiva, il MM garantisce l'interoperabilità tra diversi *software* e tra tutti gli operatori coinvolti nell'ottimizzazione del ciclo di vita di un edificio compresi gli *end-users*.

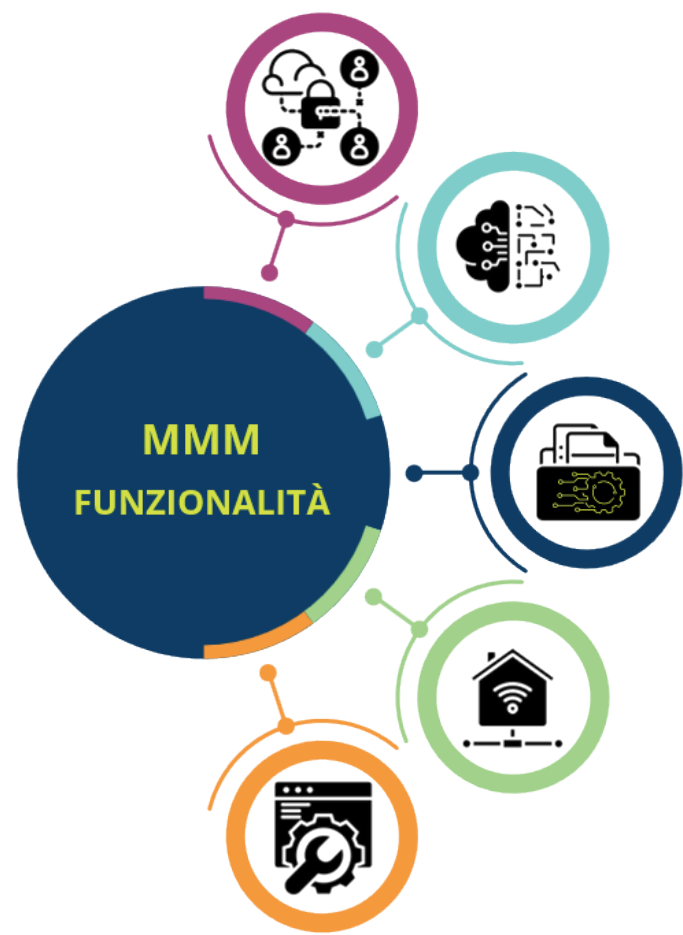
Due le funzionalità principali. L'una informativa, connessa alla capacità di fornire e gestire dati; l'altra di ottimizzazione dei processi attraverso l'automazione e l'analisi predittiva, a supporto del miglioramento dell'efficienza e della riduzione dei costi operativi. Inoltre, è integrabile con una serie di funzionalità aggiuntive implementabili e customizzabili (Fig. 2).

I valori di maturità tecnologica, *Technology Readiness Level* (TRL), del *Management Model* sono differenziati in funzione degli *upgrade* tecnologici raggiunti dalle diverse prototipazioni realizzate e sperimentate, ognuna delle quali esprime innovazione incrementale, grazie all'integrazione di tecnologie abilitanti e innovazione radicale, legata alla standardizzazione del linguaggio di codifica dei dati (IFC, ISO16739). Tra le diverse prototipazioni, la più recente, il DT4SEM, un *Digital Twin* per il monitoraggio sismico, descritto nei paragrafi a seguire, ha raggiunto un TRL 9, una tecnologia testata con successo in ambienti operativi reali. Condizione per la quale si sta valutando l'avvio della procedura di richiesta di ricerca di anteriorità ai fini della brevettazione.

was confirmed by the interest of Acca Software S.p.A., one of the leading actors in the field of software solutions for construction, which later became BIGsrl's industrial partner. Additionally, the ability to access public funding, such as Coopstartup Calabria Ricomincio da T(r)E (2016), the POR Calabria FESR 2014/2020 (2018), and Smart&Start Italia (2021), further validated the initiative. Furthermore, BIGsrl received several awards for innovation, including the Startup Calabria (2016), Super-ScienceMe (2021), and for three consecutive editions, the "Innovation Award" from the Chamber of Commerce, consolidating its competitiveness and its role as an innovator in the sector.

To date, BIGsrl integrates industrial research and experimental development, technological transfer processes, and Third Mission activities by collaborating with public entities, public and

private companies, and engineering firms. Among its most notable collaborations are those with the Metropolitan City and the Municipality of Reggio Calabria, Aterp Regione Calabria, and the Agency of State Property, which have led to significant impacts both economically and in terms of know-how in the fields of process digitalisation and interoperable modelling (SDG and SD services). These collaborations represent an osmotic exchange between basic research and applied research, addressing market-oriented demands and responses. Equally important in the field of academic training are the outcomes of BIGsrl's commitment to disseminating know-how in digitalisation and the use of BIM interoperability technologies. This is achieved through workshops in curricular disciplines, participation in PCTO (Pathways for Transversal



Aspetti tecnologici e funzionamento del *Management Model*.

L'architettura del MM è costituita da tre componenti principali. Un Sistema di Interfaccia Informativo (*Data Integration Layer*), che garantisce l'integrazione tra diverse fonti di dati e software, utilizzando protocolli *open standard* come l'IFC (ISO 16739). Questo livello facilita la comunicazione tra applicazioni di modellazione 3D, *facility management* e analisi predittiva, con-

Skills and Orientation) experiences, and internships at BIGsrl's headquarters, which are open to students from the Master's degree in Architecture and the II-level Master in Building Information Modelling at the University Mediterranea of Reggio Calabria.

Research activities, practical experiments, and particularly the prototyping of customised versions of the MM – some of which are presented here – highlight the progressive upgrades of the company's performance, technological developments, and the positive impacts that follow, both at the company level and within the local community. These technological upgrades, scientifically validated through several publications in specialised journals (Lauria and Azzalin, 2020; 2022; 2023; 2024), confirm the robustness and value of BIGsrl's activities in the field of research and innovation.

Process Innovation for Built Environment Management: The *Management Model*

The technological solutions proposed by BIGsrl align with the ecological and digital transition goals outlined in Agenda 2030, the Next Generation EU, and Mission 4 of the Italian National Recovery and Resilience Plan (PNRR). The re-engineering of processes, the use of information systems and relational databases for data sharing, and the digital twin approach, along with their integration, represent the originality and innovation of the *Management Model* (MM). This model also outlines the future research and implementation horizons associated with achieving enhanced resilience of the built environment in the face of challenges posed by climate change, including extreme events, decarbonisation of the sector, and energy efficiency and savings.

sentendo una condivisione fluida e affinabile dei dati, anche in tempo reale.

Una Piattaforma Collaborativa (PaaS), accessibile da *desktop* e dispositivi mobili, che gestisce tutte le tipologie di dati e *dataset*, i modelli digitali BIM e i dati provenienti da dispositivi IoT; ed è adattabile a diverse esigenze, integrando anche realtà virtuale (VR) per simulazioni immersive. La piattaforma supporta la collaborazione in tempo reale tra i vari attori del processo di gestione e manutenzione, permettendo la simulazione tramite algoritmi di *machine learning* e intelligenza artificiale a supporto di processi decisionali di manutenzione programmata e/o predittiva.

Un *Cloud* Dedicato, un'infrastruttura scalabile che raccoglie, conserva e gestisce i dati provenienti da database, modelli digitali, come BIM e *Digital Twin*, ecc., garantendo alta disponibilità e protezione dei dati attraverso sistemi di *backup* e *disaster recovery*.

A questi tre componenti si associano le potenzialità date dall'interazione con il *Digital Twin*, le nuvole di punti, il BIM e i sistemi IoT, la realtà virtuale, che divengono di volta in volta a seconda delle specificità della sperimentazione veri e propri strumenti di caratterizzazione del MM.

Il *Digital Twin*, in quanto modello dinamico e sincronizzato che replica in tempo reale le condizioni fisiche delle infrastrutture, consente nel MM di simulare scenari di guasto e ottimizzare le operazioni di manutenzione e ripristino. L'integrazione con la realtà aumentata (AR) e la realtà virtuale (VR) migliora ulteriormente la visualizzazione e il controllo da parte degli operatori migliorando modalità e tempi di intervento con un forte impatto sulla sostenibilità e sull'efficienza operativa.

Il BIM è integrato nel MM attraverso la Piattaforma Collabo-

rativa, che permette di visualizzare e interrogare i modelli tridimensionali e la generazione automatica di report specifici in relazione alle funzionalità attivate e/o richieste: consumi energetici, comportamento sismico, uso degli spazi, ecc.

Infine, i sistemi di sensori IoT forniscono i dati, che, in tempo reale aggiornano il *Digital Twin*, alimentando algoritmi di analisi predittiva per migliorare l'efficienza operativa e supportare decisioni. Le recenti prototipazioni customizzate del MM, e in particolare il DT4SEM, rappresentano un esempio significativo dell'uso integrato di tali tecnologie, assunte come comune denominatore per rispondere alle attuali sfide globali: dalla sostenibilità al digitale, dall'energia all'efficientamento, dalla riduzione delle emissioni alla decarbonizzazione (Errandonea *et al.*, 2020; Baghalzadeh Shishehgharkhaneh *et al.*, 2022; Yin *et al.*, 2023).

Azioni di trasferimento tecnologico in contesti di transizione digitale. Esperienze applicative

BIGsrl ha fondato, fin dall'inizio la propria operatività su un approccio sistemico che combina metodi induttivi ad approcci cosiddetti *curiosity-driven*, determinanti nell'esplorazione di soluzioni non convenzionali che aprono a possibilità tecnologiche non ancora esplorate. Così è stato anche per le sperimentazioni riportate a seguire grazie alle quali sono stati possibili gli attuali *upgrade* delle funzionalità del MM. Ciascuna sperimentazione, in particolare, nell'integrare processi di rilievo digitale tramite nuvola di punti (Scan to BIM) (Banfi, *et al.*, 2022; Mirzaei *et al.*, 2022), tecnologie di realtà virtuale e aumentata (Botton, 2018), e di *Imaging Method*, ha garantito la costruzione di modello digitale *as-built*, (BIM authoring o IFCopenBIM) (Nawrocka *et al.*, 2023), combinato con un siste-

In this context, the MM serves as an integrated collaborative infrastructure, accessible online through a dedicated cloud for the storage and management of digital models. Designed for the advanced management of built heritage, with a strong focus on predictive maintenance, the MM ensures interoperability between different software and all operators involved in optimizing the lifecycle of a building, including end-users.

There are two main functionalities. The first, "Informational", is related to the ability to provide and manage data, while the second optimises processes through automation and predictive analytics, supporting the improvement of efficiency and reduction of operational costs. Additionally, it can be integrated with a range of customisable and implementable additional functionalities (Fig. 2).

The Technology Readiness Levels (TRL) of the Management Model vary depending on the technological upgrades achieved through different prototypes, each demonstrating incremental innovation via the integration of enabling technologies, as well as radical innovation linked to the standardisation of data coding languages (IFC, ISO16739). Among the various prototypes, the most recent, the DT4SEM, a digital twin for seismic monitoring, described in the following sections, has reached a TRL 9, a technology successfully tested in real-world operational environments. Consequently, the procedure for filing a patent search for prior art is being considered.

Technological Aspects and Functionality of the Management Model

The architecture of the MM consists of three main components:

Data Integration Layer: This ensures integration between various data sources and software, using open standards such as IFC (ISO 16739). This layer facilitates communication between 3D modelling applications, facility management, and predictive analysis, allowing for smooth, real-time data sharing and refinement.

Collaborative Platform (PaaS): Accessible via desktop and mobile devices, this platform manages all types of data, datasets, BIM digital models, and IoT data. It is adaptable to various needs and also integrates virtual reality (VR) for immersive simulations. The platform supports real-time collaboration among the various actors involved in management and maintenance processes, enabling simulation via machine learning algorithms and artificial intelligence to support decision-making for planned and/or predictive maintenance.

Dedicated Cloud: A scalable infrastructure that collects, stores, and manages data from databases, digital models such as BIM and Digital Twins, etc., ensuring high availability and data protection through backup and disaster recovery systems.

These three components are enhanced by the interaction with the Digital Twin, point clouds, BIM, IoT systems, and virtual reality, which, depending on the specifics of the experiment, serve as characterisation tools for the MM.

The Digital Twin, as a dynamic and synchronised model that replicates in real-time the physical conditions of infrastructures, enables the MM to simulate failure scenarios and optimise maintenance and restoration operations. Integration with augmented reality (AR) and virtual reality (VR) further enhances visualisation and

ma innovativo di gestione visuale e di navigazione 3D, *customer oriented* fruibile anche tramite dispositivi mobili da parte di diversi tipi di operatori/utenti. Un sistema, di cui si sta verificando la scalabilità e replicabilità in altri contesti e scale di riferimento a partire da una versione Beta dell'applicazione messa a disposizione da ACCA Software. Ulteriore valore aggiunto comune a ciascuna esperienza, è la definizione di protocolli specificatamente dedicati per l'acquisizione, lo scambio e l'utilizzo delle informazioni, in conformità alle indicazioni della norma ISO 29481-1:2016, che definisce i processi e i relativi flussi di informazioni nel ciclo di vita di una costruzione. Ciò ha assicurato non solo la strutturazione e la disponibilità dei relativi protocolli ma la coerenza e l'efficacia di tali processi per la gestione del capitale informativo, confermandone la replicabilità.

Stabilimento FonteMangiatorella, Stilo, Reggio Calabria
Esperienza applicativa di integrazione IoT, realtà virtuale e aumentata nei processi di gestione e manutenzione (Progetto PRE-SMA)

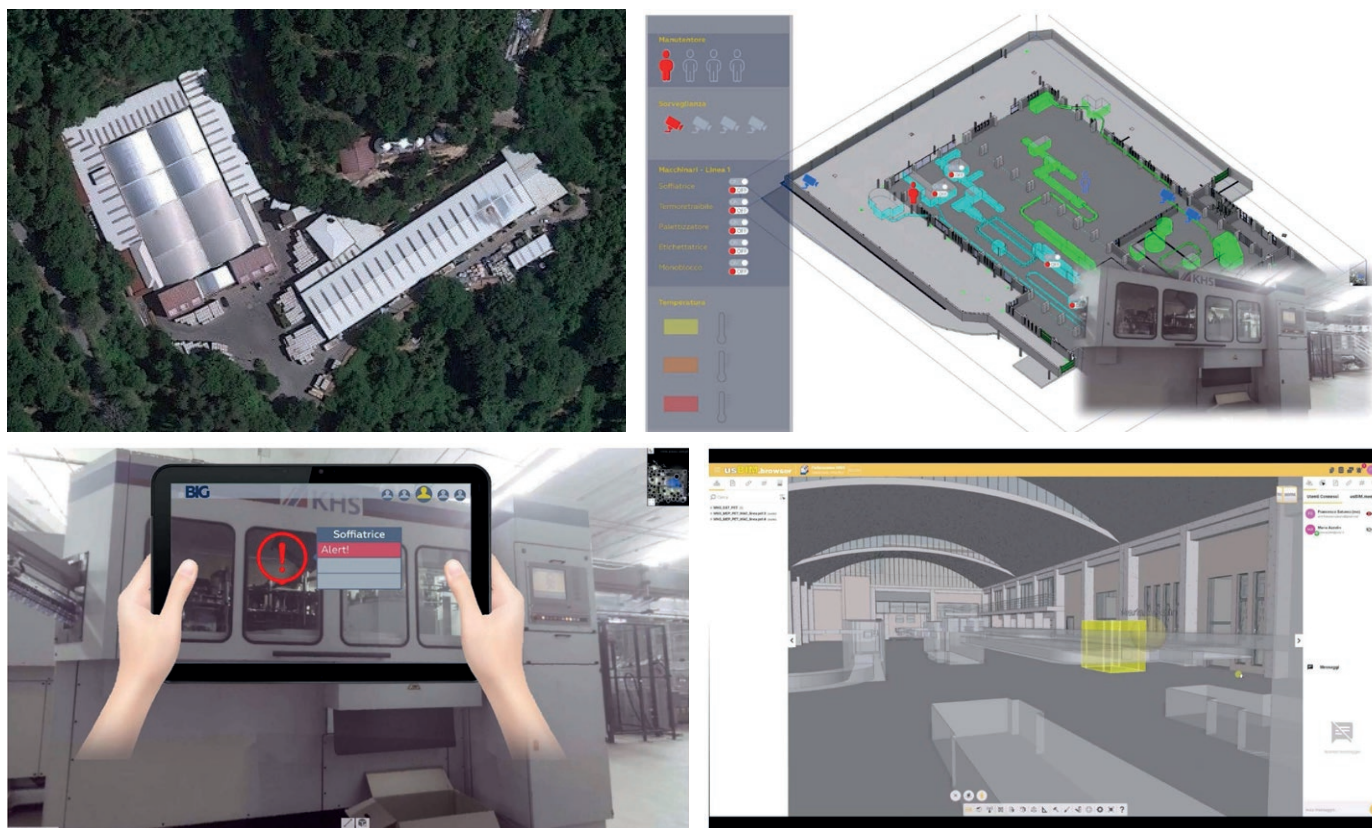
BIG Srl, in qualità di *partner* tecnologico, ha supportato Mangiatorella S.p.A., *leader* nel settore delle acque minerali nel Sud

Italia, nell'avvio di un progetto di ammodernamento della gestione dello stabilimento di Stilo (RC) con l'obiettivo principale di ottimizzare l'efficienza operativa e contenere i costi di manutenzione. In tale ambito, BIG Srl ha proposto e implementato un sistema di gestione digitale, integrando modelli BIM, sistemi IoT per il monitoraggio in tempo reale delle prestazioni ambientali e funzionalità personalizzate per la manutenzione predittiva, il monitoraggio delle condizioni operative e ambientali degli impianti, la gestione degli interventi da remoto e la sperimentazione di modalità di *worker training* (Fig. 3) (Lauria and Azzalin, 2023).

Il sistema è stato implementato da dispositivi mobili, realtà aumentata e da un sistema di gestione operativa interattiva, il *Visual Site Maintenance Management*, grazie alla *partnership* con ACCA Software, che ne ha fornito una versione Beta, customizzata durante la fase di sperimentazione.

L'utilizzo della realtà aumentata, l'integrazione con dispositivi mobili e *wearables*, uniti a *tag* e tecnologie di localizzazione ha consentito la sperimentazione di simulazioni di *worker training* innovative per la formazione degli addetti alla manutenzione e per la gestione degli stessi interventi di manutenzione anche da remoto.

03 |



BIGsrl ha svolto un ruolo centrale nell'integrazione e nel *testing* delle tecnologie in un contesto industriale reale, applicando il suo expertise in tema di manutenzione predittiva, gestione dei processi e modellazione BIM. Il sistema proposto ha mostrato evidenti benefici per l'azienda, tra cui un notevole miglioramento dell'efficienza operativa, la riduzione dei tempi di inattività degli impianti e l'ottimizzazione delle risorse. Inoltre, il sistema, dinamico e adattabile, si è dimostrato scalabile e replicabile adattandosi facilmente ad altri contesti industriali, confermando la sua versatilità.

DT4SEM, Edificio Residenziale, Ponte della Libertà, Reggio Calabria

Esperienza applicativa condotta in collaborazione con Berna Engineering srl, la startup Sysdev e ACCA Software spa per il monitoraggio continuo delle prestazioni sismiche, applicato in via sperimentale ad un edificio residenziale esistente sottoposto a ristrutturazione.

La sperimentazione condotta con Berna Engineering srl, Sysdev e ACCA Software integra in un intervento di riqualificazione, l'opportunità offerta dal Sisma-bonus, di ottimizzare la sicurezza strutturale e le performance sismiche dell'edificio (Fig. 4) (Lauria and Azzalin, 2024).

La sperimentazione è il risultato dell'integrazione delle tecnologie ed *expertise* messe a disposizione dai diversi *partner* coinvolti: sono stati combinati i modelli BIM, il sistema di sensori per il rilevamento delle sollecitazioni sismiche, e la piattaforma *cloud usBIM*.

La sincronizzazione del modello virtuale dell'edificio con la struttura fisica, avviato a regime dall'ottobre 2024, consente ad

oggi il monitoraggio costante e aggiornamenti in tempo reale del modello digitale. Un aspetto particolarmente innovativo del sistema è l'analisi dei *Big Data*, che permette di identificare e prevedere anomalie nel comportamento sismico, supportando decisioni tempestive. Inoltre, in caso di eventi sismici, il sistema consente di effettuare valutazioni post-evento, ottimizzando le operazioni di emergenza e contribuendo a una gestione più efficiente delle risorse, dei tempi di intervento e di verifica di agibilità successiva al sisma.

Determinante anche in questo caso il contributo di BIGsrl, che ha coordinato le azioni di integrazione delle diverse tecnologie, rendendo i sensori non semplici elementi del sistema di monitoraggio ma elementi propri del modello BIM, intervenendo direttamente sugli *script* e i relativi attributi di modellazione. La sperimentazione condotta ha consentito a BIGsrl di raggiungere per la prototipazione specifica del DT4SEM un livello di maturità tecnologica del MM pari a un TRL9, configurando un modello replicabile e aprendo a nuove prospettive nel campo della progettazione, ristrutturazione, gestione e monitoraggio sismico delle strutture edilizie (Kulinan *et al.*, 2023).

La sperimentazione si configura come una *best practice* che può essere applicata a contesti edilizi diversi, consolidando un approccio altamente tecnologico e innovativo nel controllo delle prestazioni sismiche degli edifici residenziali privati, con un impatto significativo sia sulla sicurezza che sull'economia del settore e per i proprietari.

control by operators, improving intervention modes and times, with a significant impact on sustainability and operational efficiency.

BIM is integrated into the MM via the Collaborative Platform, which allows the visualisation and querying of 3D models, and the automatic generation of specific reports related to activated and/or requested functionalities, such as energy consumption, seismic behaviour, space usage, etc.

Finally, IoT sensor systems provide real-time data, updating the Digital Twin and feeding predictive analytics algorithms to improve operational efficiency and support decision-making. The recent customised prototypes of the MM, particularly the DT4SEM, provide a significant example of the integrated use of these technologies. Considered together, these technologies serve as common denominators

for addressing current global challenges, including sustainability, digitalisation, energy efficiency, emission reduction, and decarbonisation (Er-randonea *et al.*, 2020; Baghalzadeh Shishegharkhaneh *et al.*, 2022; Yin *et al.*, 2023).

Technology Transfer Actions in Digital Transition Contexts: Applied Experiences

BIGsrl has built its operations from the outset on a systemic approach that combines inductive methods with so-called curiosity-driven approaches. These have been crucial in exploring unconventional solutions that open up untapped technological possibilities. This approach has also been applied to the experiments described below, which have enabled the current upgrades in the functionalities of the Management Model (MM).

Each experiment, particularly in integrating digital survey processes via point clouds (Scan to BIM) (Banfi *et al.*, 2022; Mirzaei *et al.*, 2022), virtual and augmented reality technologies (Botton, 2018), and Imaging Methods, has facilitated the construction of an as-built digital model (BIM authoring or IFCopenBIM) (Nawrocka *et al.*, 2023), combined with an innovative visual management and 3D navigation system. This system is customer-oriented and accessible through mobile devices by various operators/users. The system's scalability and replicability in other contexts and reference scales are currently being assessed, starting with a Beta version of the application provided by ACCA Software. Another added value common to each experience is the definition of specific protocols dedicated to the acquisition, exchange, and use of information, in

accordance with the ISO 29481-1:2016 standard, which defines the processes and related information flows during the lifecycle of a building. This has ensured not only the structuring and availability of these protocols but also the coherence and effectiveness of these processes for managing informational capital, confirming their replicability.

FonteMangiatorella Plant, Stilo, Reggio Calabria.

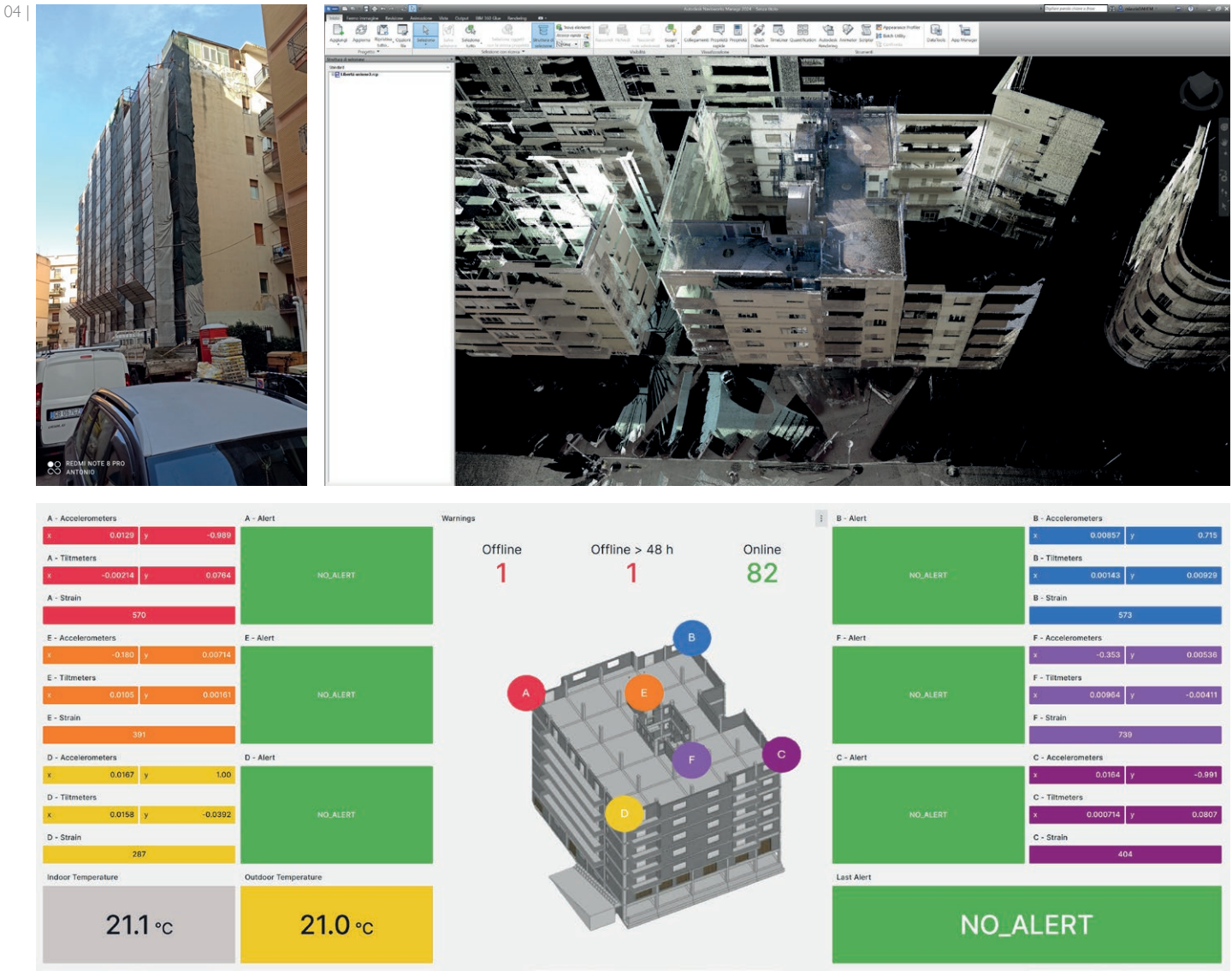
Applied Experience of IoT Integration, Virtual and Augmented Reality in Management and Maintenance Processes (PRESMA Project)

BIGsrl, as a technological partner, supported Mangiatorella S.p.A., a leader in the mineral water sector in Southern Italy, in launching a project to modernise the management of the Stilo (RC) plant. The primary goal

04| a. L'edificio campione in Via Ponte della Libertà, Reggio Calabria; b. La nuvola di punti per la realizzazione del modello BIM; c. La dashboard della piattaforma collaborativa per la visualizzazione real time di dati
a. The sample building on Via Ponte della Libertà, Reggio Calabria; b. The point cloud for the creation of the BIM model; c. The dashboard of the collaborative platform for real-time data visualisation

ParcoCafè Capua Investments S.r.l
Esperienza applicativa per la gestione di un cantiere e del piano vendite di un edificio residenziale in costruzione attraverso l'uso innovativo della realtà virtuale (VR).
L'esperienza di trasferimento tecnologico realizzata con ParcoCafè da Capua Investments S.r.l. ha avuto come obiettivo l'integrazione del MM con funzionalità avanzate connesse all'utilizzo della realtà virtuale (VR). Questa soluzione ha ottimizzato non solo la gestione delle fasi di cantierizzazione del progetto e di gestione successiva del cantere ma ha innovato l'interazione tra gli operatori di vendita, i potenziali acquirenti, tra questi e l'impresa, migliorando l'efficacia dei servizi offerti (Wang *et al.*, 2024; Rogage, *et al.*, 2024).

L'integrazione della VR ha permesso di creare postazioni dinamiche e interattive, rendendo possibile la visualizzazione virtuale degli immobili in vendita fin dalla fase di costruzione. Gli utenti hanno potuto esplorare in modo immersivo e interattivo il progetto, grazie a visualizzazioni 3D che offrivano una visione dettagliata sia degli spazi comuni che delle singole unità abitative. Questo approccio innovativo ha significativamente migliorato il piano vendite, aumentando la consapevolezza degli spazi da parte degli utenti e ottimizzando l'esperienza di acquisto. Ha inoltre consentito una gestione più efficiente delle variazioni al capitolato richieste dai clienti, offrendo la possibilità di visualizzare in tempo reale le modifiche, riducendo il margine di errore nelle decisioni.



Il ruolo di BIG S.r.l. è stato determinante nel condurre questa sperimentazione, applicando soluzioni tecnologiche avanzate che hanno trasformato sia il processo realizzativo migliorando le operazioni di cantiere e incidendo positivamente su tempi e costi di realizzazione; che quello commerciale utilizzato da Capua Investments S.r.l, con impatti positivi su efficienza, soddisfazione dei clienti e competitività sul mercato.

Dagli outputs agli outcomes delle azioni di trasferimento tecnologico

ma anche gli *outcome*, ossia i benefici a medio e lungo termine, culturali, sociali ed economici, che influenzano l'ecosistema territoriale in cui l'azienda opera. Secondo il *framework Know-what, Know-where, Know-why* di Frondizi (2020), questi *outcome* sono essenziali per misurare l'impatto del trasferimento tecnologico attraverso metriche specifiche (EU, 2020).

Nel caso di BIGsrl, pur non avendo ancora dati di monitoraggio degli indicatori oggettivi di efficienza operativa, competitività sul mercato e sostenibilità economica e sociale, è sufficientemente evidente l'impatto delle sue attività rispetto a ciascuno degli indicatori citati e i contributi alla diffusione di un ambiente di innovazione aperta. Con la messa a regime dell'ultimo servizio il SCCM nel 2024, di fatto si esaurisce il *Business Plan* della fase di *start-up* che vede raggiunti gli obiettivi e le tappe del relativo *time to-market*. I *feedback* raccolti durante le fasi di sperimentazione e i risultati raggiunti hanno confermato la validità dei modelli proposti e dimostrano come l'innovazione tecnologica, unita a una visione orientata al mercato e alle ne-

Molte sono le sfide che uno *spin-off* affronta, tra le principali ci sono gli *output* immediati, come ricavi o investimenti,

cessità delle aziende, possa portare a benefici significativi non solo per l'azienda, e gli attori coinvolti ma anche per la società nel suo complesso, in termini di sostenibilità, risparmio energetico e sicurezza.

In uno scenario, nel quale le sfide climatiche e la decarbonizzazione dei processi sono sempre più urgenti, l'adozione di tecnologie avanzate come il BIM, l'IoT, la realtà aumentata e quella virtuale, ha permesso di migliorare l'efficienza operativa e trasformare le pratiche di gestione del patrimonio costruito, ma anche di accelerare il percorso di sostenibilità per le imprese e gli enti che hanno collaborato con BIGsrl o acquistato e/o sperimentato i servizi erogati.

Sul piano sociale, le azioni di BIGsrl hanno stimolato lo sviluppo di competenze ad alta specializzazione con un impatto positivo sul mercato del lavoro creando opportunità occupazionali con l'assunzione di personale altamente qualificato, sia a tempo determinato che indeterminato.

Un ulteriore impatto rilevante riguarda il livello culturale locale e la formazione, grazie ai tirocini curriculari che gli studenti del 4° e 5° anno del Corso di Laurea in Architettura hanno svolto e possono svolgere presso la sede di BIGsrl (14 tirocini per la maggior parte di 200 ore tra il 2022 e 2024) che offrono loro un'importante opportunità di crescita e implementazione delle proprie competenze. I risultati, attualmente ottenuti da BIGsrl testimoniano l'efficacia dell'imprenditorialità accademica nel generare un circolo virtuoso che promuove innovazione e sviluppo economico locale. Un processo che contribuisce alla diffusione di una cultura scientifica e imprenditoriale che può fungere da modello replicabile, con benefici che continueranno a emergere nel medio e lungo periodo.

was to optimise operational efficiency and reduce maintenance costs. In this context, BIGsrl proposed and implemented a digital management system, integrating BIM models, IoT systems for real-time monitoring of environmental performance, and customised functionalities for predictive maintenance, operational and environmental condition monitoring, remote intervention management, and the experimentation of worker training modes (Fig. 03) (Lauria and Azzalin, 2023).

The system was implemented using mobile devices, augmented reality, and an interactive operational management system, the Visual Site Maintenance Management, thanks to a partnership with ACCA Software, which provided a custom Beta version during the experimental phase. The use of augmented reality, integra-

tion with mobile devices and wearables, combined with tags and localisation technologies, allowed for the experimentation of innovative worker training simulations for maintenance staff training and management of maintenance interventions remotely. BIGsrl played a central role in integrating and testing technologies in a real industrial context, applying its expertise in predictive maintenance, process management, and BIM modelling. The proposed system demonstrated clear benefits for the company, including significant improvements in operational efficiency, reduced downtime of plants, and optimised resource management. Additionally, the system proved to be dynamic, adaptable, scalable, and replicable, easily fitting into other industrial contexts, confirming its versatility.

DT4SEM, Residential Building, Ponte della Libertà, Reggio Calabria.

Applied Experience in Collaboration with Berna Engineering Srl, Sysdev Startup, and ACCA Software for Continuous Seismic Performance Monitoring

The experiment conducted with Berna Engineering Srl, Sysdev, and ACCA Software integrates, in a renovation project, the opportunity provided by the Sismabonus to optimise the structural safety and seismic performance of the building (Fig. 4) (Lauria and Azzalin, 2024).

The experiment results from the integration of technologies and expertise provided by the different partners involved, precisely BIM models, a sensor system for seismic strain detection, and the cloud platform usBIM. The synchronisation of the virtual building model with the physical struc-

ture, which started in October 2024, allows for constant monitoring and real-time updates of the digital model. A particularly innovative aspect of the system is the Big Data analysis, which helps identify and predict anomalies in seismic behaviour, enabling timely decisions. Furthermore, in the event of seismic events, the system facilitates post-event evaluations, optimising emergency operations and contributing to a more efficient management of resources, intervention times, and post-earthquake habitability checks. BIGsrl's contribution was also critical in this case, coordinating the integration of different technologies, making sensors not just elements of the monitoring system, but integral parts of the BIM model, directly intervening on the scripts and associated modelling attributes. The experiment allowed BIGsrl to reach a technological maturity level

Conclusioni

Come team di ricercatori l'esperienza della costituzione di BIG srl ha rappresentato una sfida e un importante banco di prova. Integrare metodologie scientifiche con la pratica aziendale è stato complesso, sia nella fase iniziale di analisi dell'idea imprenditoriale che durante la costituzione dell'impresa e il suo ingresso nel mercato. Questo processo ha rappresentato tuttavia anche un'occasione di crescita, sviluppando una nuova modalità di approccio alla ricerca, capace di valutare con una sensibilità e attenzione diversa *input* e *output*, impatti e *outcome*. Un diverso approccio che ha trovato applicazione nella partecipazione a bandi di ricerca europei, dove la comprensione delle dinamiche aziendali e del mercato e le relazioni con il mondo delle imprese è sempre più strategico e determinante. Altrettanto importante ai fini della crescita aziendale il dialogo e il confronto con *stakeholders*, con attori locali, imprese e comunità.

Oggi, BIGsrl, guardando al futuro, sta consolidando la propria posizione nel mercato, con l'obiettivo di diversificare ulteriormente la propria offerta. La continua ricerca di investitori e nuove collaborazioni con grandi aziende, così come la partecipazione a progetti di ricerca internazionali, ne sottolineano lo spirito di espansione e innovazione. In attesa di definire un nuovo *business plan*, il precedente, costruito per Smart&Start Italia (2021) è stato pienamente realizzato, BIGsrl si prepara a integrare nuove funzionalità al MM che permettano di affrontare con maggiore efficacia le sfide legate alla decarbonizzazione e alla transizione energetica, settori nei quali le proiezioni di crescita sono particolarmente promettenti.

La storia di BIGsrl, ad oggi, ha dimostrato come il trasferimento

tecnologico possa essere una leva fondamentale. Le tecnologie avanzate integrate nelle sperimentazioni condotte e messe a regime attraverso i servizi erogati, non solo hanno migliorato la gestione e la manutenzione degli edifici, ma hanno anche aperto la strada a un modello replicabile e scalabile che contribuirà a ridurre l'impatto ambientale e ad accelerare la transizione digitale ed ecologica del patrimonio costruito.

Il continuo impegno nell'innovazione, combinato con un approccio scientifico e pragmatico, pone BIGsrl in una posizione privilegiata per fronteggiare le sfide future in un settore sempre più orientato verso la sostenibilità e la digitalizzazione (Sepasgozar *et al.*, 2023).

RINGRAZIAMENTI E RICONOSCIMENTI

Per l'implementazione, prototipazione, brevettazione, sperimentazione e messa in commercio dei propri servizi il gruppo di ricerca ha ottenuto tre distinti finanziamenti:

2016 *BimCo*, Legacoop e Regione Calabria Coopstartup Calabria Ricominicio da T(r)E". Finanziamento di € 15.000,00).

2018-2021 *BIG*, *Building Innovative Governance*, POR Calabria FESR 2014/2020 Azione 1.4.1 Sostegno alla creazione di Microimprese Innovative Startup e Spinoff della Ricerca (DDG approvazione n. 8169 del 08.07.2019 CUP J31b1900033000J). Responsabile Scientifico prof. M. Lauria; Ruolo dell'autore Coordinatore operativo. Finanziamento ammesso: circa € 125.000.

2019-2022 PRESMA Infinity BIM PROgettazione, ESecuzione e MANutenzione del modello digitale delle costruzioni per il *digital twin* della fabbrica Infinita Bando PON «Imprese e competitività». FESR, Fondo per la crescita sostenibile, Decreto di N. 0002411 MISE, Responsabile scientifico per l'UO di Reggio Calabria: Massimo Lauria Ruolo dell'autore Coordinatore operativo.

of TRL9 for the specific DT4SEM prototype, establishing a replicable model and opening new perspectives in the design, renovation, management, and seismic monitoring of building structures (Kulinan *et al.*, 2023).

The experiment is now a best practice that can be applied to different building contexts, consolidating a highly technological and innovative approach to monitoring the seismic performance of private residential buildings, with a significant impact on both safety and the economy of the sector and for the owners.

ParcoCafè Capua Investments S.r.l. Applied Experience for Construction Site and Sales Plan Management of a Residential Building Using Virtual Reality (VR)

The technology transfer experience carried out with ParcoCafè by Capua

Investments S.r.l. aimed at integrating the MM with advanced functionalities related to the use of virtual reality (VR). This solution optimised not only the management of the project's construction phases and subsequent construction site management but also innovated the interaction between sales operators, potential buyers, and the company, improving the effectiveness of the services offered (Wang *et al.*, 2024; Rogage *et al.*, 2024).

The integration of VR allowed for the creation of dynamic and interactive stations, making it possible to virtually visualise properties for sale even during the construction phase. Users could explore projects immersively and interactively, thanks to 3D visualisations offering detailed views of both common areas and individual residential units.

This innovative approach significantly improved the sales plan, increasing

users' awareness of the spaces and optimising the buying experience. It also allowed for more efficient management of client-requested variations to the specifications, offering real-time visualisations of changes and reducing decision-making errors.

BIGsrl played a decisive role in leading this experiment, applying advanced technological solutions that transformed both the construction process, improving construction operations and positively impacting project timelines and costs, as well as the commercial process used by Capua Investments S.r.l., with positive impacts on efficiency, customer satisfaction, and market competitiveness.

From Outputs to Outcomes of Technology Transfer Actions

An array of challenges are faced by a spin-off, with key aspects being the im-

mediate outputs, such as revenues or investments, as well as the outcomes – medium- and long-term benefits, including cultural, social, and economic factors – that influence the territorial ecosystem in which the company operates. According to the Know-what, Know-where, Know-why framework by Frondizi (2020), these outcomes are essential for measuring the impact of technology transfer through specific metrics (EU, 2020).

In the case of BIGsrl, despite the lack of monitoring data on objective indicators of operational efficiency, market competitiveness, and economic and social sustainability, the impact of its activities is sufficiently evident in relation to each of the mentioned indicators and its contributions to the dissemination of an open innovation environment. With the full deployment of the latest service, the SCCM, in

2021-2024 *Maintenance Management Model*, Programma di agevolazioni Smart&Start Italia, Invitalia spa, DM 24 settembre 2014 e ss.mm.ii. (CUP C31B21012560008/COR 7033269) Responsabile Scientifico prof. M. Lauria; Ruolo dell'autore Coordinatore operativo. Finanziamento ammesso: circa € 180.000,00.

2022-2024 *Approcci Digital Twin per la governance innovativa del costruito*, PON "Ricerca e Innovazione" D.M. 1062/2021(CUP C35F21001280009). Responsabile Scientifico prof. M. Lauria; Ruolo dell'autore Ricercatore RTDA.

Riconoscimenti

2016 "Startup Calabria 2016" Premio sezione speciale premio speciale per l'innovatività dell'idea di gestione del patrimonio immobiliare e dei servizi di rete nella categoria "settore City" e l'accesso diretto alla finale nazionale di Startup Europe Awards 2016, premio promosso dalla Commissione Europea.

2019 "Premio Innovazione" della Camera di Commercio di Reggio Calabria: Primo Premio per l'innovatività della tipologia di servizi proposti per la gestione integrata del patrimonio costruito e per l'organizzazione d'impresa (premio in denaro di tremila euro).

2021 "Premio Innovazione" della Camera di Commercio di Reggio Calabria: Primo Premio per l'innovatività nello sviluppo, sperimentazione e commercializzazione dei Servizi di Gestione Documentale (SGD) e di Digitalizzazione (SD) (premio in denaro di settemila euro).

2021 "SuperScienceMe – Research is your Re-Generation" Premio creatività nell'ambito delle iniziative della Notte della Ricerca di Università della Calabria, Università di Catanzaro, Università di Reggio Calabria, Università degli Studi della Basilicata, CNR, Regione Calabria e Regione Basilicata.

2023 "Premio Innovazione" della Camera di Commercio di Reggio Calabria: Primo Premio per l'innovatività dei servizi in chiave I4.0 e green (premio in denaro di quattromila euro).

2024, the business plan for the start-up phase is effectively completed, achieving the objectives and milestones of the corresponding time-to-market. Feedback collected during the experimentation phases and the results obtained have confirmed the validity of the proposed models, demonstrating how technological innovation, combined with a market-oriented vision and the needs of companies, can lead to significant benefits not only for the company and the involved stakeholders but also for society at large, in terms of sustainability, energy savings, and safety. In a scenario where climate challenges and the decarbonisation of processes are becoming increasingly urgent, the adoption of advanced technologies such as BIM, IoT, augmented reality, and virtual reality has enabled improvements in operational efficiency

and the transformation of built asset management practices. It has also accelerated the sustainability journey for the companies and organisations that have collaborated with BIGsrl or purchased and/or experimented with the services provided.

On a social level, BIGsrl's actions have stimulated the development of highly specialised skills, with a positive impact on the labour market, creating job opportunities with the hiring of highly qualified staff, both on a fixed-term and permanent basis.

Another significant impact is related to the local cultural and educational level, thanks to curricular internships offered to 4th and 5th year students from the Architecture degree programme, who interned at BIGsrl (14 internships, mostly 200 hours between 2022 and 2024). This provided them with an important opportunity for growth

NOTE

¹ Massimo Lauria, Arch. Prof. Ordinario, Presidente e Responsabile Scientifico.

Daniela Streva, Responsabile servizi economico-finanziari.

Maria Azzalin, Arch. RTDB, Responsabile Sezione Ricerca e Sviluppo.

Tommaso Melchini, Arch. PhD Responsabile Servizi Integrati Innovativi.

Domenico Bono, Arch. PhD, Esperto BIM.

Giovanni Malara, Arch. PhD Esperto BIM.

² L'idea imprenditoriale risale al 2016, quando il gruppo di ricercatori, partendo dai risultati di una tesi di Dottorato incentrata sul *Building Information Modeling* (BIM), avvia un processo di ridefinizione e sviluppo dell'idea originale che porta, prima, alla creazione di BimCo (2016), una società cooperativa e *start-up* innovativa, e, successivamente alla costituzione dello *Spin-off* nel 2018.

³ *Approcci Digital Twin* per il progetto dell'ambiente costruito (ICAR/12-CFU 6 – IV e V anno) Corso di Laurea Magistrale in Architettura Quinquennale Classe LM-4.

⁴ Progetto Pcto "La città metropolitana di Reggio Calabria in un *click*. Percorsi digitali per la conoscenza e la valorizzazione del patrimonio", Azioni di orientamento e formazione per A.S. 2022/2023 (Classi terze, quarte, quinte), Dipartimento dArTe, Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria e Liceo Scientifico "Leonardo da Vinci".

REFERENCES

Baghalzadeh Shishehgharkhaneh, M., Keivani, K., Moehler, R.C., Jelodari, N. and Roshdi Laleh, S. (2022), "Internet of Things (IoT), building information modeling (BIM), and digital twin (DT) in construction industry: A Review, Bibliometric, and Network Analysis", *Buildings*, Vol.12, issue 10, article 1503. Available at: <https://doi.org/10.3390/buildings12101503> (Accessed on 07/02/2025).

Banfi, F., Brumana, R., Salvalai, G. and Previtali, M. (2022), "Digital twin and cloud BIM-XR platform development: From scan-to-BIM-to-DT pro-

and skill enhancement. The results achieved by BIGsrl to date testify to the effectiveness of academic entrepreneurship in generating a virtuous circle that promotes innovation and local economic development. This process contributes to the spread of a scientific and entrepreneurial culture that can serve as a replicable model, with benefits that will continue to emerge over the medium and long term.

Conclusions

As a research team, the establishment of BIGsrl represented both a challenge and a critical testing ground. Integrating scientific methodologies with business practice was complex, both in the initial phase of analysing the entrepreneurial idea and during the establishment of the company and its market entry. However, this process also served as an opportunity for

growth, developing a new approach to research capable of evaluating inputs and outputs, impacts and outcomes, with greater sensitivity and attention. This alternative approach has been applied in participation in European research calls, where understanding business dynamics, the market, and relationships with the business world is increasingly strategic and decisive. Equally important for business growth is dialogue and engagement with stakeholders, local actors, businesses, and communities. Today, BIGsrl, looking to the future, is consolidating its position in the market with the goal of further diversifying its offerings. The continuous search for investors and new collaborations with large companies, as well as participation in international research projects, highlights its spirit of expansion and innovation. While awaiting the definition of a new

cess to a 4D multi-user live app to improve building comfort, efficiency and costs”, *Energies*, Vol. 15, issue 12, article 4497. Available at: <https://doi.org/10.3390/en15124497> (Accessed on 12/02/2025).

Boton, C. (2018), “Supporting constructability analysis meetings with Immersive Virtual Reality-based collaborative BIM 4D simulation”. *Automation in Construction*, Vol. 96, pp. 1–15. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2018.08.020> (Accessed on 12/02/2025).

Errandonea, I., Beltrán, S. and Arrizabalaga, S. (2020), “Digital Twin for maintenance: A literature review”, *Computers in Industry*, Vol. 123, article 103316. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.compind.2020.103316> (Accessed on 07/02/2025).

European Commission (2020a), *Stepping up Europe’s 2030 climate ambition. Investing in a climate-neutral future for the benefit of our people*, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Document 52020DC0562, COM/2020/562 final. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0562> (Accessed on 07/02/2025).

European Commission (2021a), *Fit for 55’. Delivering the EU’s 2030 climate target on the way to climate neutrality*, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Document 52021DC0550, COM/2021/550 final. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:52021DC0550> (Accessed on 07/02/2025).

European Commission (2021b), *Towards a green, digital and resilient economy: our European Growth Model*, Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions. Document 52022DC0083, COM/2022/83 final. Available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:52022DC0083> (Accessed on 07/02/2025).

business plan, the previous one, built for Smart&Start Italia (2021), has been fully implemented, and BIGsrl is preparing to integrate new functionalities into the MM to more effectively address the challenges related to decarbonisation and the energy transition, sectors in which growth projections are particularly promising. The story of BIGsrl to date has demonstrated how technology transfer can be a key lever. The advanced technologies integrated into the experiments conducted and implemented through the services provided have not only improved building management and maintenance but have also paved the way for a replicable and scalable model that will help reduce environmental impact and accelerate the digital and ecological transition of the built environment. BIGsrl’s ongoing commitment to innovation, combined with

a scientific and pragmatic approach, places it in a privileged position to face future challenges in a sector increasingly oriented toward sustainability and digitalisation (Sepasgozar *et al.*, 2023).

ACKNOWLEDGEMENTS

For the implementation, prototyping, patenting, experimentation, and commercialisation of its services, the research group has obtained three distinct funding grants:

2016: BimCo, Legacoop, and Region of Calabria Coopstartup Calabria “Ricomincio da T(r)E.” Funding of €15,000.00.

2018–2021: BIG, Building Innovative Governance, POR Calabria FESR 2014/2020 Action 1.4.1 Support for the Creation of Innovative Micro-enterprises, Startups, and Research Spin-offs (DDG approval no. 8169 of

EU-European Union (2020), *Knowledge Transfer Metrics. Towards a European-wide set of harmonised indicators*. Available at: <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC120716> (Accessed on 07/02/2025).

Foray, D. (2006), *The Economics of Knowledge*, The MIT Press, Cambridge, Massachusetts. Edizione italiana a cura di Saraceno, F. (2006), *L’economia della conoscenza*, Il Mulino, Milano.

Frondizi, R. (2020), *La Terza Missione delle Università. Strategia, Valutazione e Performance*, Giappichelli Editore, Torino.

Kulinan, A.S., Park, M. Aung, P.P.W., Cha, G. and Park, S. (2024), “Advancing construction site workforce safety monitoring through BIM and computer vision integration”, *Automation in Construction*, Vol. 158, article 105227 Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105227>. (Accessed on 17/02/2025).

Lauria, M. and Azzalin, M. (2020), “A Maintenance Management Model. Upgrading and Experimentation”, in Serrat C., Ramon Casas J. and Gibert V., *Current Topics and Trends on Durability of Building Materials and Components, DBMC 2020 (Eds)*, pp. 677–684, Available at: https://www.scipedia.com/public/Lauria_Azzalin_2020a. (Accessed on 12/02/2025).

Lauria, M. and Azzalin, M. (2022), “Digital twin approach for Maintenance Management”, in Arbizzani, E. *et al.* (Eds), *Technological Imagination in the Green and Digital Transition. CONF.ITECH 2022*, The Urban Book Series, Springer, Cham. Available at: https://doi.org/10.1007/978-3-031-29515-7_22 (Accessed on 12/02/2025).

Lauria, M., Azzalin, M. (2023) “Intelligent construction via Digital Twin approach” in: XVI International Conference on Durability of Building Materials and Components, DBMC 2023, China, K.F. Li and D.P. Fang (Eds) Available at: https://www.scipedia.com/wd/images/2/2e/Draft_Sanchez_Pinedo_19064154985.pdf (Accessed on 12/02/2025).

Lauria, M. and Azzalin, M. (2024), “Digital Transformation in the Construction Sector: A Digital Twin for Seismic Safety in the Life Cycle of Buildings”, *Sustainability*, Vol. 16, issue 18, article 8245 Available at: <https://doi.org/10.3390/su16188245> (Accessed on 12/02/2025).

08.07.2019, CUP J31b1900033000J). Scientific Director: Prof. M. Lauria; Role of the Author: Operational Coordinator. Approved funding: approximately €125,000.

2019–2022: PRESMA Infinity BIM (Digital Twin for the Factory’s Design, Execution, and Maintenance). PON “Enterprises and Competitiveness” FESR, Sustainable Growth Fund, Ministry of Economic Development (MISE) Decree no. 0002411. Scientific Director for the Reggio Calabria Unit: Prof. Massimo Lauria. Role of the Author: Operational Coordinator.

2021–2024: Maintenance Management Model, Smart&Start Italia Programme, Invitalia S.p.A., Ministerial Decree of September 24, 2014 and subsequent amendments (CUP C31B21012560008/COR 7033269). Scientific Director: Prof. M. Lauria; Role of the Author: Operational Coor-

dinator. Approved funding: approximately €180,000.00.

2022–2024: Digital Twin Approaches for Innovative Built Environment Governance, PON “Research and Innovation” D.M. 1062/2021 (CUP C35F21001280009). Scientific Director: Prof. M. Lauria; Role of the Author: RTDA Researcher.

Recognitions
2016 “Startup Calabria 2016” Special Prize for the innovation of the real estate management idea and network services in the “City Sector” category, granting direct access to the Startup Europe Awards 2016 national final, an award promoted by the European Commission.

2019 “Innovation Award” from the Chamber of Commerce of Reggio Calabria: First Prize for the innovation of the proposed services for integrated management of the built heritage and

Mirzaei, K., Arashpour, M., Asadi, E., Masoumi, H., Bai, Y. and Behnood, A. (2022), “3D point cloud data processing with machine learning for construction and infrastructure applications: A comprehensive review”, *Advanced Engineering Informatics*, vol. 51, article 101501. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.aei.2021.101501> (Accessed on 17/02/2025).

Mishra, M., Lourenço, B.P. and Ramana, G.V. (2022), “Structural health monitoring of civil engineering structures by using the internet of things: A review”, *Journal of Building Engineering*, vol. 48, article 103954. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.job.2021.103954> (Accessed on 07/02/2025).

Nawrocka, N., Machova, M., Jensen, R.L., Kanafani, K., Birgisdottir, H. and Hoxha, E. (2023), “Influence of BIM’s level of detail on the environmental impact of buildings: Danish context”, *Building and Environment*, vol. 245, article 110875. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2023.110875>. (Accessed on 17/02/2025).

Netval (2024), *19° Rapporto Netval, Network per la Valorizzazione della Ricerca*, La Tribuna Srl, Piacenza. Available at: <https://netval.it/rapporti-netval/rapporto-netval-2024/>. (Accessed on 07/02/2025).

ONU (2015), *Transforming our world. The 2030 Agenda for Sustainable Development*, Resolution adopted by the General Assembly on 25.09.2015. Available at: <https://www.refworld.org/legal/resolution/unga/2015/en/111816>. (Accessed on 07/02/2025).

Pérez, Y., Ávila, J. and Sánchez, O. (2024), “Influence of BIM and Lean on mitigating delay factors in building projects”, *Results in Engineering*, vol. 22, article 102236. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102236>. (Accessed on 17/02/2025).

Rogage, K. and Doukari, O. (2024), “3D object recognition using deep learning for automatically generating semantic BIM data”, *Automation in Construction*, vol. 162, article 105366. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2024.105366>. (Accessed on 12/02/2025).

Sepasgozar, S. M., Khan, A. A., Smith, K., Romero, J. G., Shen, X., Shirozhan, S., Li, H., and Tahmasebinia, F. (2023), “BIM and Digital Twin for Developing Convergence Technologies as Future of Digital Construction”

Buildings, vol. 13, issue 2, article 441. Available at: <https://doi.org/10.3390/buildings13020441>. (Accessed on 12/02/2025).

Wang, A., Dong, J., Lee, L.H., Shen, J. and Hui, P. (2024), “A Survey on Deep Learning for Design and Generation of Virtual Architecture”, *ACM Computing Surveys*, vol. 57, issue 2, article 29, pp. 1-41. Available at: <https://doi.org/10.1145/3688569>. (Accessed on 17/02/2025).

Westergren, U.H., Mähler, V. and Jadaan, T. (2024), “Enabling Digital Transformation: Organizational Implementation of the Internet of Things”, *Information & Management*, vol. 61, issue 6, article 103996. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.im.2024.103996>. (Accessed on 12/02/2025).

Xu, J., Shu, X., Qiao, P., Li, S. and Xu, J. (2023), “Developing a digital twin model for monitoring building structural health by combining a building information model and a real-scene 3D model” *Measurement*, vol. 217, article 112955. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.measurement.2023.112955> (Accessed on 07/02/2025).

Yin, Y., Zheng, P., Li, C. and Wang, L. (2023), “A state-of-the-art survey on Augmented Reality-assisted Digital Twin for futuristic human-centric industry transformation”, *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, vol. 81, issue C, article 102515. Available at: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2022.102515> (Accessed on 07/02/2025).

business organisation (cash prize of three thousand euros).

2021 “Innovation Award” from the Chamber of Commerce of Reggio Calabria: First Prize for the innovation in the development, testing, and commercialisation of Document Management Services (DMS) and Digitalisation (SD) Services (cash prize of seven thousand euros).

2021 “SuperScienceMe – Research is your Re-Generation” Creativity Award within the initiatives of the Research Night organised by the University of Calabria, University of Catanzaro, University of Reggio Calabria, University of Basilicata, CNR, Calabria Region, and Basilicata Region.

2023 “Innovation Award” from the Chamber of Commerce of Reggio Calabria: First Prize for the innovation of services in the context of I4.0 and green technologies (cash prize of four thousand euros).

NOTES

¹ Massimo Lauria, Arch. Arch. Full Professor, President and Scientific Director.

Daniela Strega, Head of Economic and Financial Services.

Maria Azzalin, Arch. RTDB, Head of Research and Development Services.

Tommaso Melchini, Arch. PhD Head of Innovative Integrated Services.

Domenico Bono, Arch. PhD, BIM Expert.

Giovanni Malara, Arch. PhD BIM Expert.

² The entrepreneurial idea dates back to 2016, when the research group, based on the results of a PhD thesis focused on Building Information Modelling (BIM), began a process of redefining and developing the original idea. This led to the creation of BimCo (2016), a cooperative society and innovative start-up, and later to

the establishment of the spin-off in 2018.

³ Digital Twin Approaches for Built Environment Design, Prof. M. Azzalin (ICAR/12 – 6 ECTS – 4th and 5th year) Master’s Degree in Architecture, Five-year Programme, Class LM-4.

⁴ PCTO Project “The Metropolitan City of Reggio Calabria in a Click. Digital Pathways for the Knowledge and Enhancement of Heritage”, Orientation and Training Actions for the School Year 2022/2023 (3rd, 4th, 5th Grades), Department of Architecture and Territorial Planning, University of Mediterranean Studies of Reggio Calabria and “Leonardo da Vinci” Scientific High School.