

## OPEN INNOVATION PER LA GESTIONE DEGLI IMMOBILI IN REGIME EMERGENZIALE E DI POST EMERGENZA PANDEMICA

### OPEN INNOVATION FOR PROPERTY MANAGEMENT IN EMERGENCY AND POST-EMERGENCY PANDEMIC REGIME

Massimo Lauria, Maria Azzalin

#### ABSTRACT

Il contributo introduce un'esperienza di ricerca in corso, BIMaid – Protocolli Bim-basedforCovid19. Inserita nell'ambito di un percorso di R&D, finalizzato alla governance innovativa dei patrimoni immobiliari condotto da BIG Srl, spin-off accademico della 'Mediterranea' di Reggio Calabria, la ricerca accoglie la sfida della gestione degli edifici in regime emergenziale e di post emergenza da Covid-19. Propone, attraverso Protocolli Smart BIM-based, soluzioni metodologiche e di processo per pianificare e gestire la 'nuova normalità', in un'ottica di garanzia di distanziamento sociale, sanificazione ambientale e adeguamento degli spazi. In termini generali, asseconda la transizione in atto verso una politica della gestione che utilizzi gli strumenti propri della cultura digitale e dell'interoperabilità per tenere sotto controllo le principali variabili già in fase decisionale.

The paper introduces an ongoing research activity named BIMaid – Bim-basedforCovid19 Protocols. It is part of R&D program developed by BIG Srl – Academic spin-off of 'Mediterranea' of Reggio Calabria – aimed at innovative governance of real estate assets, that welcomes the challenge of managing buildings in an emergency and post-emergency regime from Covid-19. It proposes, through Smart BIM-based Protocols, methodological and process solutions to plan and manage the 'new normal', to guarantee social distancing, environmental sanitation, and adaptation of spaces. In general terms, it supports the ongoing transition towards a management policy that uses the tools of digital culture and interoperability to keep the main variables under control already in the decision-making phase.

#### KEYWORDS

information communication technologies, building information modeling, internet of things, resilienza, emergenza pandemica

information communication technologies, building information modeling, internet of things, resilience, pandemic emergency

**Massimo Lauria**, Architect and PhD, is an Associate Professor at the Art and Territory Department of the 'Mediterranean' University of Reggio Calabria (Italy). He carries out activities in the field of construction process management with attention to building maintenance issues. He is the author of over 70 scientific publications and Scientific Responsible for BIG Srl academic spin-off. Mob. +39 335/66.63.306 | E-mail: mlauria@unirc.it

**Maria Azzalin**, Architect and PhD, is an Expert in Architecture Technology at the Department of Art and Territory of the 'Mediterranean' University of Reggio Calabria (Italy). She carries out research activities mainly in the field of building maintenance and redevelopment, in particular on the issues of assessing the 'service life', durability, reliability and maintainability in construction. She is a co-Founder of BIG Srl academic spin-off. Mob. +39 338/99.23.598 | E-mail: maria.azzalin@unirc.it

Contrasto, prevenzione, riorganizzazione, innovazione, resilienza sono riconosciuti da diversi studiosi (Benyus, 1997; Bar-Cohen, 2005; Cohen-Shacham et alii, 2016) quali pilastri dell'approccio adattivo che, mentre consente agli organismi viventi di sopravvivere in contesti ostili, definisce al contempo nuovi paradigmi per ripensare il funzionamento dei sistemi artificiali (Antonini, 2019; Lucarelli et alii, 2020; Scalis, 2020) ma anche, e con sempre maggiore evidenza, definiscono il più complesso e generale rapporto di interazione tra natura e artefatti, nonché per estensione e similitudine, tra analogico e digitale. Dicotomie che l'emergenza pandemica in atto ci ha indotto e ci induce a 'ripensare' tanto nei termini e nei loro significati, quanto nelle reciproche relazioni.

I comportamenti, gli spazi, la quotidianità personale, relazionale e di lavoro, infatti improvvisamente necessitano di capacità di adattamento: di conformità a nuovi e pressanti requisiti di sicurezza, benessere, vivibilità, a innovative esigenze di fruizione e condivisione, a diverse qualità spaziali in cui vita privata e lavoro si confondono e si sovrappongono, sempre più spesso e sempre più a lungo. In altri termini si vanno configurando i caratteri di una 'nuova normalità', di una 'nuova socialità', sia relazionale e privata che lavorativa e pubblica, per lo più mediata e veicolata attraverso le tecnologie digitali. Comparto quest'ultimo nel quale si assiste allo sviluppo di soluzioni per favorire la produttività e/o l'apprendimento, alla implementazione di piattaforme di comunicazione e collaborazione unificata che combinano chat di lavoro, teleconferenza e condivisione di contenuti, alla proposta di funzionalità sempre più avanzate, customer and user friendly.<sup>1</sup>

Secondo la nuova edizione del Work Trend Index di Microsoft (2020), l'affermazione certamente matura, la relativa diffusione e la continua e accelerata evoluzione di dette nuove modalità tecnologiche – lette in relazione ai cambiamenti che l'emergenza Covid-19 ha introdotto – potrebbero aver già determinato una trasformazione definitiva nella cultura del lavoro: di fatto, una nuova 'prossimità' tra vita lavorativa e privata. Non a caso, ancora secondo lo stesso report, anche i canonici confini orari 9-18 della giornata lavorativa sembrano destinati nel prossimo futuro a modificarsi; così come i luoghi di lavoro, le sedi, gli uffici fisici, che sia pur non scomparendo del tutto, probabilmente saranno fortemente condizionati da policy orientate al lavoro agile. A fronte dunque di un processo di rapida e radicale trasformazione, in grado di offrire risposte strutturate sul piano della capacità di connettere persone a persone, persone a cose e cose a cose, restano tuttavia da ripensare complessivamente modalità di fruizione e qualità delle configurazioni spaziali che quelle attività (lavorare e abitare) dovranno ospitare.

Il settore delle costruzioni è quindi chiamato in causa – e con forza – nella definizione di nuovi statuti del progettare, del costruire e, in ultima analisi, del gestire nel tempo. Da un lato, si riaffermano, aggiornati, principi consolidati: sostenibilità ambientale, economica e sociale; circolarità; transizione ecologica; resilienza; adattamento. Dall'altro si vanno configurando nuo-

ve sfide legate alle potenzialità del digitale, nuove opportunità connesse al progresso in generale della società. Accanto ai principi dell'ambientalismo classico vanno affermandosi in maniera lenta ma decisa quelli dell'e-environmentalism che informa una nuova etica che integra analogico e digitale. Un passaggio decisivo dato che le sfide dei prossimi decenni si presentano legate soprattutto alla 'governance del digitale' piuttosto che alle sue innovazioni tecnologiche. Non solo, parafrasando un pensiero di Floridi (2020), la governance del blu del digitale non può che passare attraverso il verde dell'ambientalismo, inteso nel suo essere al tempo stesso ambientalismo sociale, politico ed economico. Posizioni che, anche in questo caso, richiamano, quali capisaldi etici, i principi di responsabilità e dell'aver cura (Jonas, 2009); un aver cura che, con riferimento al settore delle costruzioni, rimanda, a sua volta, all'azione del conservare in buono stato, proprio dei secoli passati, e che già da allora gli associava il moderno approccio adattivo sopra richiamato (Lauria and Azzalin, 2017).

Partendo dagli assunti brevemente tratteggiati, il contributo introduce e presenta un'esperienza di ricerca in corso, BIMaid – Open Innovation e Protocolli Smart BIM-based. Inserita nell'ambito di un percorso più generale di R&D, finalizzato alla governance innovativa dei patrimoni immobiliari condotto da BIG Srl, spin-off accademico della 'Mediterranea' di Reggio Calabria – di cui gli autori sono fondatori – l'esperienza accoglie la sfida della gestione degli immobili in regime emergenziale e di post emergenza Covid-19. Propone, attraverso Protocolli Smart BIM-based, soluzioni metodologiche e di processo per pianificare e gestire la 'nuova normalità', in un'ottica di garanzia di distanziamento sociale, sanificazione ambientale e adeguamento degli spazi.

Presentata anche in occasione del recente Bando MIUR FISR2020, BIMaid rientra, con proprie specificità, nelle azioni di R&D di BIG Srl, relative alla messa a punto di una infrastruttura ICT di rete, il Maintenance Management Model, finalizzata a supportare i processi decisionali e di gestione del costruito, promuovendo un dialogo attivo e inedite modalità di condivisione delle informazioni (open data e web semantico) tra gli operatori del settore e tra questi e gli utenti finali (Lauria and Azzalin, 2020). Aspetti questi ultimi che si ritrovano quali elementi costituenti l'architettura del Progetto PRESMA – Infinity BIM: PROgettazione, ESecuzione e MANutenzione del modello digitale delle costruzioni per il digital twin della fabbrica infinita – recentemente approvato dal MISE, al quale gli scriventi partecipano, e che rappresenta ulteriore importante occasione di approfondimenti scientifico-disciplinari e di trasferimento di know-how, anche in riferimento all'implementazione degli aspetti applicativi di BIMaid.

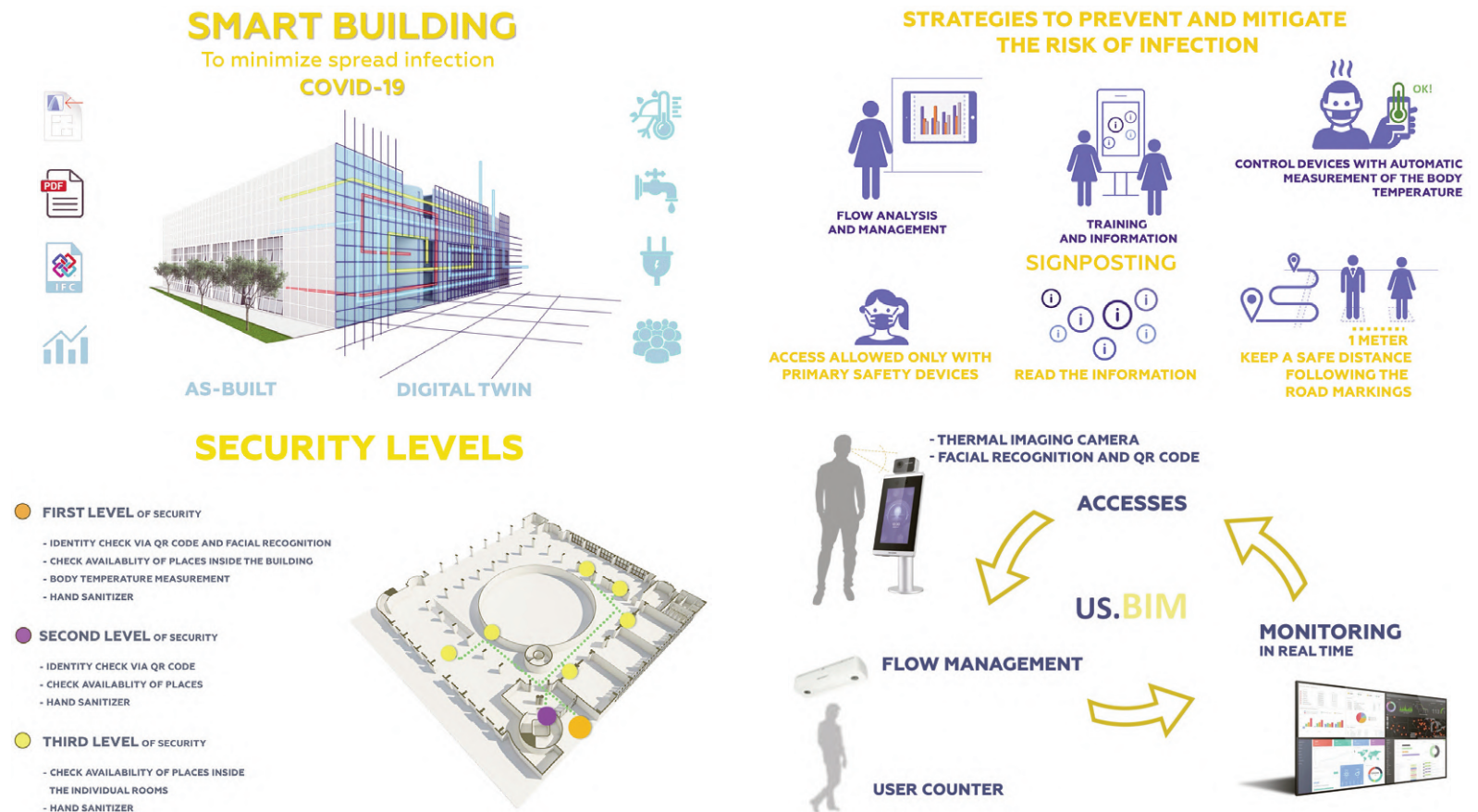
**Background** | Il tema della gestione degli edifici, che costituisce l'ambito generale nel quale si colloca la ricerca, si è modificato negli anni, trasformandosi da approccio operativo, inteso come insieme di attività necessarie a correggere e a mantenere le condizioni di funzionamen-

to di un bene (Molinari, 1989), a processo, prima ingegneristico e successivamente proattivo, basato sui principi e le prassi della manutenzione predittiva (Cattaneo, 2012), giungendo infine alla definizione e affermazione delle teorie dell'Asset Management, teorie che risultano tuttavia ancora poco diffuse nelle prassi operative (Lee et alii, 2014). Oggi, in continuità con il quadro introdotto, e in risposta alle ricadute dei provvedimenti emanati per contenere il diffondersi della pandemia, i principi operativi che istruiscono le attività di gestione degli edifici riscoprono la centralità di termini storicamente codificati dalla cultura tecnologica della progettazione: ergonomia e sicurezza d'uso, fruibilità e adattabilità degli spazi, integrabilità tecnologica, sostituibilità, affidabilità, durabilità e manutenibilità.

A questi, si associano i portati introdotti dalle politiche attuative di Agenda Digitale (European Commission, 2010) e Industria 4.0 (European Commission, 2016) che stanno accompagnando il cammino, sia pur lento e difficoltoso, del settore delle costruzioni verso la Quarta Rivoluzione Industriale. Determinante a tal fine, nonché strategica, è l'opportunità offerta dall'utilizzo delle nuove tecnologie già disponibili ma non ancora diffusamente messe a sistema tra loro: il Building Information Modeling (BIM), l'Internet of Things e la sensoristica integrata, il Building Automation, nonché gli Smart System, generalmente utilizzati nello specifico ambito operativo della gestione degli edifici<sup>2</sup> che, pur risultando ancora non pienamente rispondenti alle esigenze specifiche del comparto, consentono comunque di gestire centralmente condizioni microclimatiche, dati derivanti dagli impianti e da sistemi di sicurezza; con benefici in termini di risparmio energetico e di razionalizzazione delle funzioni (Becerik-Gerber et alii, 2012; Isikdag, 2015; Shahinmoghadam and Motamedi, 2019).

Emergono dunque, con sempre maggiore incisività, questioni relative alla necessità di gestire grandi quantità di informazioni attinenti, peraltro, non più solo a dati prestazionali e di funzionamento, ma anche ad aspetti comportamentali, esperienziali riferiti agli utenti finali, al loro benessere, al livello di soddisfazione e, in ultima istanza, riferiti anche ad alcune condizioni specificatamente connesse all'attuale emergenza pandemica. Necessità che trova il suo naturale complemento nel crescente numero di smart buildings, realizzati e in corso di realizzazione. Tessera strategica del più generale processo di evoluzione, investimento e innovazione del settore, gli smart buildings consentono di rilevare, elaborare e interpretare – anche da remoto – dati in tempo reale riguardo il loro stato di utilizzo, di calcolare i relativi consumi, di attivare segnali di allerta. Traggono inoltre la possibilità di memorizzare situazioni ricorrenti, registrando dati microclimatici e presenze all'interno dell'edificio, abitudini e esigenze, anticipando soluzioni o, addirittura, fornendo suggerimenti che, ai fini del contenimento e controllo delle condizioni di rischio epidemiologico, divengono imprescindibili potenziali risorse di conoscenze.

Lo screening che ne deriva e il conseguente possibile 'data mining' mettono in condizio-



**Fig. 1** | BIMaid combines BIM, Internet of Things, GIS, home automation and Building Automation systems for the control, detection and monitoring of the performance in the use of buildings and constituent parts, of the flows of people and the relative crowding levels, allowing an advanced use of the property by the different types of users and/or operators with mobile and cloud technology. In the images: Pilot application to a portion of the building asset of the citadel of the 'Mediterranean' University of Reggio Calabria; Automatic calculation of the crowding level in compliance with the Covid-19 legislation and the trend of epidemiological curves; Parametric design of new configurations of internal spaces suitable for the maximum number of users allowed; Monitoring and control of environmental parameters related to the operation of the plants and the level of employment.

ne gli edifici di essere connessi a una rete globale, attraverso cui ciascun edificio può comunicare con gli altri edifici, con i presidi sanitari, con i sistemi di mobilità, con la città nel suo insieme e, naturalmente, con gli utenti finali, coerentemente con i temi generali di inclusività e governance partecipativa e con quelli, sempre più attuali, di gestione e fruizione in sicurezza degli spazi urbani e del costruito. Si tratta, in estrema sintesi, di processi innovativi di condivisione delle informazioni che istruiscono la trasformazione digitale in atto nel settore delle costruzioni, caratterizzata dall'utilizzo sempre più pervasivo di strumenti ICT, in particolare dei sistemi di interoperabilità BIM e GIS, in associazione con l'Internet of Things, capaci, in ultima analisi, di attuare la progressiva informatizzazione delle diverse fasi del processo edilizio (BSRIA, 2009).

In questo quadro, l'applicazione delle metodologie BIM, definite come l'ultima frontiera dell'ICT, rappresenta uno dei driver principali per il rilancio del settore delle costruzioni (CNAPPC-CRESME, 2019). A livello internazionale, la conferma proviene dai risultati dell'indagine World Building Information Modeling (BIM) Market – Opportunities and Forecasts, 2015-2022 (Research and Markets, 2016) che restituisce le potenzialità di espansione del mercato del BIM nei prossimi anni con ampi margini di crescita. Accogliendo tali indicazioni e orientamenti ai fini di una diffusione pervasiva di un approccio digitale, diversi Paesi hanno

già introdotto e prescritto l'uso di strumenti di interoperabilità basati su standard aperti Industrial Foundation Classes (IFC – ISO 16739: 2018), indirizzando altresì, in alcuni casi, la progressiva sperimentazione di specifiche dei dati Construction Operations Building information exchange (COBie – NBIMS-US-V3.4:2015 per approfondimenti) da utilizzarsi come formati e modalità di scambio di informazioni tra le fasi di consegna del progetto e la fase d'uso dell'edificio (Patacas et alii, 2015). Analogamente, la serie ISO 15686-4:2014 nell'interpretare gli aspetti applicativi dell'interoperabilità, introduce modalità di acquisizione e gestione delle informazioni basate su standard openBIM.

Il background sinteticamente introdotto fa emergere alcune considerazioni centrali rispetto ai possibili futuri avanzamenti dello stato dell'arte. Tra i diversi temi, la disponibilità di dati strutturati sulla base di standard aperti (IFC e COBie), la diffusione delle metodologie BIM, l'adeguamento dei sistemi di legacy e, in particolare, i richiami al loro utilizzo per il Facility Management per i processi di Operations and Maintenance (Patacas et alii, 2015) e ai fini della pianificazione della vita utile (serie ISO 15686) appaiono di fatto la frontiera delle nuove sfide della ricerca e della normazione (Maxwell, 2012). Aspetti che, come già anticipato, configurano i presupposti da cui partono le azioni di R&D di BIG Srl, sia in termini generali che rispetto allo sviluppo di soluzioni finalizzate alla gestione della fase di superamento della pan-

demia in condizioni di sicurezza e della fase di riorganizzazione delle attività e dei processi nella fase post-pandemia, oggetto dell'esperienza che il contributo introduce.<sup>3</sup>

**Open innovation per la gestione degli immobili in regime emergenziale e di post emergenza**

| L'idea alla base di BIMaid – Protocolli Bim-basedforcovid19 (di cui è in fase di avvio l'applicazione pilota a una porzione dell'asset edilizio della cittadella dell'Università 'Mediterranea' di Reggio Calabria) – è stata sviluppata attraverso una serie di azioni di upgrade del Maintenance Management Model<sup>4</sup>. Quest'ultimo è una infrastruttura ICT di rete per la governance innovativa dei patrimoni immobiliari, attualmente in fase di implementazione e sperimentazione da parte di BIG Srl. Detto Maintenance Management Model è strutturato attraverso un Information Modeling Asset (ISO 29481-1:2010) e basato su standard aperti IFC e sulla progressiva introduzione di specifiche dei dati COBie. Esso mette in valore le potenzialità dell'Internet of Things in associazione ai sistemi informativi geografici GIS, di domotica e di Building Automation con numerosi benefici operativi: consentendo il controllo, la rilevazione e il monitoraggio delle prestazioni in uso di edifici e parti costituenti, introducendo innumerevoli opportunità tecniche, economiche e gestionali, promuovendone un utilizzo combinato, capace di integrare in maniera sistematica azioni di gestione sia a scala edilizia

che a scala urbana, favorendo l'interscalarietà delle informazioni.

Partendo da tali premesse, BIMaid – Protocolli Bim-basedforCovid19 propone, grazie alla interdisciplinarietà del Gruppo di Lavoro e alle competenze dei partner industriali di BIG Srl (Acca software e BimCo società cooperativa), soluzioni metodologiche e di processo appositamente declinate per l'operatività nell'ambito di differenti scenari emergenziali e/o post emergenziali. A differenza dei sistemi generalmente proposti dal mercato – che operano esclusivamente, o quasi, sul controllo degli accessi – BIMaid associa a tali funzioni (comunque necessarie ma affatto risolutive) l'utilizzo di strumenti avanzati integrati per l'organizzazione degli spazi, per il monitoraggio, il controllo e l'analisi dei dati relativi alle attività e ai comportamenti, nonché alle condizioni ambientali che possono portare alla diffusione di contagi, configurando, in definitiva, un innovativo ambiente digitale openBIM, fruibile con browser attraverso cloud computing e storage per lo scambio e la condivisione dei flussi informativi tra tutti gli operatori e utenti coinvolti, tanto nei processi attuativi di gestione del costruito quanto nelle modalità di fruizione dello stesso (Fig. 1).

La proposta fa proprio l'attuale evoluzione del concetto di smart building che considera gli edifici come accumulatori e amplificatori di informazioni, capaci, grazie alla dotazione di smart system, di rilevare, elaborare, interpretare e comunicare dati in tempo reale relativamente al loro stato di utilizzo, al comportamento degli utenti finali e all'analisi dei correlati valori di qualità dell'aria in riferimento alla specifica normativa di settore (EN 16798-1:2019): temperatura, umidità, concentrazione di CO<sub>2</sub>, ventilazione naturale e illuminamento. In particolare, BIMaid sfrutta le opportunità offerte oggi dalla crescita del settore della sensoristica digitale applicata agli edifici (sensori connessi mediante tecnologie wireless, smart metering, contatori intelligenti di telelettura e telegestione, ecc.) e

associata alla disponibilità di Building Management System, che consentono sia di gestire centralmente i dati monitorati sia di trasmetterli a piattaforme centralizzate in grado di mettere in connessione non solo gli ambienti di uno stesso edificio ma anche più edifici all'interno di quartieri e/o aree urbane.

Due, da un punto di vista operativo, gli apparati, distinti fra loro, ma interconnessi, a cui i protocolli Bim-basedforCovid19 fanno riferimento e che, come anticipato, sono anche parte integrante dell'architettura più generale del Maintenance Management Model:

– una piattaforma cloud che consentirà di usufruire di memorie di massa per l'archiviazione e la contestuale gestione dei modelli BIM (il digital twin dell'edificio) integrati con un sistema informativo geografico GIS in un unico ambiente di condivisione, Common Data Environment (CDE);

– un sistema integrato di sorveglianza e monitoraggio mediante dispositivi di Domotica e Building Automation Control Systems (BACS), customer oriented, interconnesso tramite IoT alla piattaforma a cui i dati verranno trasmessi e dove potranno essere archiviati in tempo reale e visualizzati secondo percorsi di navigazione guidata, grazie all'utilizzo di modalità di realtà virtuale e realtà aumentata.

Tale struttura permetterà di sperimentare un innovativo sistema di gestione visuale dei flussi di persone e delle condizioni all'interno degli ambienti, prefigurando una fruizione avanzata dell'immobile con tecnologia mobile e cloud da parte delle diverse tipologie di utenti e/o operatori. Si tratta di aspetti che allo stato attuale assumono particolare rilevanza rispetto alla gestione dell'emergenza pandemica da Covid-19. La prevenzione del contagio passa infatti, così come dimostrato da evidenze scientifiche (ISS, 2020), anche attraverso il controllo della concentrazione e della distribuzione della carica virale all'interno degli spazi confinati e della sua circolazione attraverso i possibili vei-

coli di contagio, posta in relazione al numero di occupanti e al tempo di permanenza in quegli spazi (Fig. 2). Il corretto ricambio d'aria dunque può limitare non solo il livello di CO<sub>2</sub> ma anche contenere, al tempo stesso, la concentrazione della carica virale nell'ambiente confinato. Ventilazione naturale, opportuni dispositivi di purificazione dell'aria associati ad adeguati sistemi di avviso e di temporizzazione dei cicli di aerazione e sanificazione configurano possibili ed efficaci scenari di contenimento del contagio, e al tempo stesso procedure in grado di controllare che l'immissione diretta di aria esterna non debba impattare eccessivamente sul comfort termo-igrometrico e sul consumo energetico dell'edificio.<sup>5</sup>

Nello specifico, la proposta, sfruttando le potenzialità del Maintenance Management Model, garantisce, al momento, diverse e generali funzionalità: a) il coordinamento delle attività di gestione su piattaforma collaborativa, Platform as a Service (PaaS), aperta, accessibile e fruibile online; b) il collegamento attraverso dispositivi desktop o mobile tra operatori e utenti, garantendo l'isolamento dei dati e delle applicazioni; c) l'interrogazione in tempo reale, secondo logiche personalizzabili, anche attraverso la visualizzazione in modalità realtà virtuale e realtà aumentata dei modelli BIM e dei dati trasmessi dai sistemi di Domotica e di Building Automation Control Systems.

Dal punto di vista metodologico, e con riferimento alla sua successiva implementazione e alla definizione degli specifici Protocolli Bim-basedforCovid19 in regime emergenziale e di post emergenza pandemica, assunto lo stato attuale di avanzamento del lavoro a un 'prototipo a bassa affidabilità' (Technology Readiness Level – TRL 4), sono previsti avanzamenti di sviluppo alcuni dei quali attualmente in corso: aggiornamento/implementazione degli input conoscitivi riferiti al capitale tecnologico e all'innovazione di processo, ai protocolli normativi, alla gestione della sicurezza dati; realizzazione del



Fig. 2 | Visual management system of the flows of people and the conditions of occupation within the environments: Incoming and outgoing recording with body temperature measurement and video surveillance integrated with IoT systems; Digitized access with specific QR Codes for employees and/or accredited staff; Monitoring of the level of crowding and warning in case of reaching the maximum number.

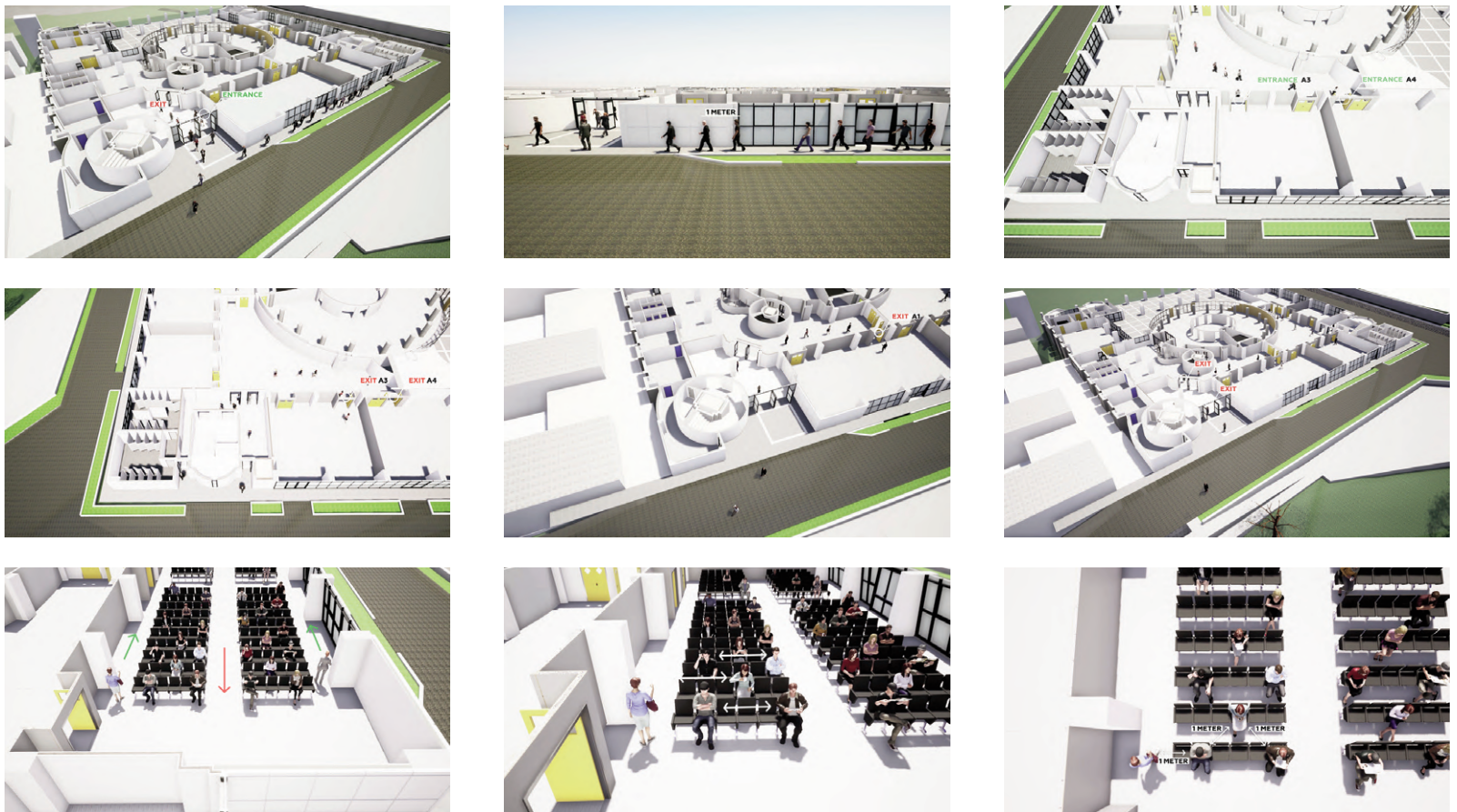


Fig. 3 | Localization and tracking in real-time with Bluetooth technologies and remote visualization on a BIM model of occupant movements: Entry flows; Output flows; Spaces configuration.

modello di funzionamento ingegneristico (Technology Readiness Level – TRL 6) la cui tecnologia realizza un primo livello di connessione dei diversi apparati di cui si compone la proposta progettuale; upgrade a un sistema prototipale completo (Technology Readiness Level – TRL 8).

In particolare, attraverso la disponibilità del digital twin in formato BIM dell'edificio vengono fornite specifiche e dedicate ulteriori funzionalità: calcolo automatico del livello di affollamento conforme alla normativa Covid-19 e all'andamento delle curve epidemiologiche; progettazione parametrica di nuove configurazioni degli spazi interni adeguati al numero massimo ammesso di utenti; registrazione in ingresso e in uscita con misurazione della temperatura corporea e video-sorveglianza integrata con sistemi IoT; accesso digitalizzato con appositi QRCode per dipendenti e/o personale accreditato; localizzazione e tracciamento in tempo reale con tecnologie Bluetooth e visualizzazione da remoto su modello BIM dei movimenti degli occupanti; monitoraggio del livello di affollamento e avviso in caso di raggiungimento del numero massimo; analisi dei dati e tracciamento delle tipologie di contatto intercorse tra persone; monitoraggio e controllo di parametri ambientali posti in relazione al funzionamento degli impianti e al livello di occupazione (Fig. 3).

Ne derivano diverse ricadute e opportunità quali la possibilità di: verificare gli interventi necessari per il soddisfacimento dei requisiti di conformità degli spazi e di qualità dell'aria (aumento delle aperture in termini di frequenza

e/o durata, riduzione dell'occupazione, riduzione dell'orario di permanenza, installazione di sistemi di ventilazione meccanica); verificare l'impatto energetico delle nuove pratiche operative; analizzare l'effetto delle misure adottate sul comfort e sulla performance degli utenti finali al fine di proporre azioni migliorative; valutare la praticabilità di ulteriori misure correttive e migliorative sui comportamenti, sulla gestione dell'edificio e degli impianti o sull'implementazione di ulteriori soluzioni impiantistiche; sperimentare nuovi sensori e sistemi tecnologici per monitorare l'ambiente e gli occupanti, per comunicare con essi, o per il controllo della ventilazione e della qualità dell'aria (Fig. 4).

Molteplici, con riferimento allo stato dell'arte e agli attuali progressi nel settore, appaiono i caratteri distintivi e di innovazione strettamente interconnessi ai diversi livelli di operatività di BIMaid, Protocolli Bim-basedforcovid19. Nello specifico la proposta:

- appare perfettamente coerente con i contenuti della Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente, in particolare con riferimento all'area di specializzazione regionale Smart – Secure and Inclusive Communities, all'area tematica nazionale Agenda Digitale – Smart Communities – Sistemi di mobilità intelligente, per quanto riguarda le sfide dei sistemi per la sicurezza dell'ambiente urbano, del monitoraggio ambientale e della prevenzione di eventi critici o di rischio, dei sistemi elettronici embedded, delle reti di sensori intelligenti, e di Internet of Things, delle tecnologie per smart building, efficientamento energetico, sostenibilità ambientale (MISE and MIUR, 2016);

- impiega tecnologie smart già disponibili, ad alto valore aggiunto sul piano del portato informativo (OpenBIM e Industrial Foundation Classes, Geographic Information System, GIS, Virtual e Augmented Reality, Web semantico, Internet of Things, Cloud Computing, Building Automation) ma ancora non diffusamente messe a sistema tra loro e a servizio dei processi di gestione del costruito e, men che meno, a quelli di controllo dei rischi epidemiologici (Patacas et alii, 2015);

- utilizza come linguaggio di scambio informativo open standard (Industrial Foundation Classes, ISO16739 – IFC), specifiche dei dati (Construction Operations Building information exchange, NBIMS-US-V3.4:2015 – COBie) e metodologie ICT di interoperabilità (BIM) che rappresentano la frontiera degli studi attuali sull'argomento (Daniotti, Gianinetta and Della Torre, 2020);

- utilizza un software di gestione innovativo in ambiente digitale (soluzione cloud) OpenBIM, fruibile con browser per lo scambio e la condivisione dei flussi informativi tra tutti gli stakeholders coinvolti anche nel processo di gestione del rischio da Covid-19 (Agostinelli and Ruperio, 2020);

- consente la raccolta e la gestione di una grande quantità di dati, il che richiama ulteriori importanti temi di ricerca connessi alla questione ancora irrisolta della loro strutturazione, protezione e utilizzo nell'ambito dei processi di gestione del costruito e che riguardano questioni di localizzazione, d'uso, di sicurezza, accessibilità, di fruibilità degli spazi (ISO 29481-1:2010);

– è finalizzata a correlare il controllo dei parametri ambientali e il funzionamento degli impianti con i dati del monitoraggio della concentrazione della carica virale e la distribuzione dei generici contaminanti indoor (UNI EN 16798-1:2019).

**Conclusioni** | Sullo sfondo dei riferimenti allo stato dell'arte richiamati, il Maintenance Management Model e la sua implementazione BIMaid, nel rispondere a bisogni generali ma centrali di gestione sostenibile del costruito, di sicurezza e fruizione in regime emergenziale e di post emergenza da Covid-19, esprimono altresì una possibile risposta all'esigenza di trasformazione digitale del settore delle costruzioni. La reingegnerizzazione dei processi, l'integrazione delle attività-funzioni, il ruolo dei sistemi informativi fondati su architetture di rete e data-base relazionali, che rendono agevole a tutti gli operatori l'accesso ai dati (caratteri connotanti entrambe le sperimentazioni), sono infatti alcuni dei cardini delle nuove evoluzioni organizzative e strategiche connesse alla gestione del costruito nonché alla sua fruizione in sicurezza.

L'esperienza presentata, in linea con le direttive di Agenda Digitale, Industria 4.0 e gli obiettivi di Agenda 2030 e della Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente, mette a sistema e utilizza alcune delle relative tecnologie abilitanti: interoperabilità, virtualizzazione, decentralizzazione, abilità, interfaccia persone-macchine. E ancora, in termini generali, asseconda una transizione – si in atto ma ancora affatto matura – verso una reale politica della gestione che ne adotti i requisiti a partire già dalla fase di progettazione e che al tempo stesso utilizzi da un lato, gli strumenti tipici della cultura digitale e dell'interoperabilità per tenere sotto controllo le principali variabili in fase decisionale, dall'altro, orienti verso l'adozione di approcci predittivi, andando così a incidere positivamente sui tempi di gestione e sui relativi costi nel ciclo di vita. Infine, promuove una visione nuova della gestione che, in generale, da processo preposto al mantenimento del costruito sul piano tecnico-operativo evolve in una complessa infrastruttura digitale.

Si tratta di un processo complesso e articolato, nell'ambito del quale il riferimento sempre più frequente a espressioni come open Application Programming Interface (open API), web semantic, protocolli di comunicazione, ecc., evidenzia quanto il dato inizi a configurarsi come oggetto con un proprio valore, rispetto al cui uso e disponibilità vanno affermandosi questioni non più solo tecniche di affidabilità, ma anche di ordine etico, di privacy, di proprietà. Ed è proprio nel settore delle costruzioni, forse più che in altri, che le sfide per il futuro attingono non solo all'affermazione di una cultura digitale, sebbene questo risulti comunque un aspetto rilevante, quanto, in maniera sempre più evidente, alla complessità connessa alla gestione dei dati disponibili e al loro uso secondo un approccio Data Drivenness, da utilizzarsi nell'ambito dei processi decisionali delle filiere attuative, in generale, e di gestione, in particolare (WEF, 2018), comprese quelle emergenziali.

L'esperienza descritta insieme a quella del Maintenance Management Model configurano

tappe di un percorso che esprime tanto l'opportunità quanto la necessità di trasformazione digitale del settore delle costruzioni, mettendo in evidenza come l'innovazione tecnologica possa concorrere al miglioramento delle condizioni e della qualità dei luoghi e dunque delle attività che vi si svolgono e della vita in generale, sempre più vissuta in continua migrazione tra spazio analogico e spazio digitale.

La rivoluzione digitale ha re-ontologizzato la nostra realtà, modificandola nel profondo. Siamo 'inforge' e viviamo 'onlife', in quella che Floridi (2020) definisce la 'società delle mangrovie'. Una società OmO, secondo Kay-Fu Lee (2018), dove 'Off-line merge with On-line', in cui l'intelligenza artificiale (AI) ha, di fatto, ormai pervaso tutta la quotidianità trasformandola. Quattro le 'ondate' di AI definite dall'autore, due già acquisite e metabolizzate dalla società in cui viviamo: Internet AI, connessa all'uso personale che ne facciamo; Business AI, collegata invece all'uso che fanno le aziende dei nostri dati in rete. Altrettante quelle in arrivo, ma di gran lunga più profonde e rivoluzionarie. Percezione AI, ovvero le applicazioni della realtà virtuale che riguarderanno anche altri sensi, come udito e capacità sensoriali, e che confonderanno i confini tra mondo reale e mondo virtuale, come per le mangrovie richiamate da Floridi. Infine l'AI autonoma, in cui le macchine saranno in grado non solo di 'capire' il mondo che le circonda, ma di 'dargli forma e contenuti'.

La risposta forse ancora una volta risiede nel nostro principio di 'responsabilità e integrità'. Le quattro ondate di AI, introdotte da Kay-Fu Lee stanno effettivamente rimodellando radicalmente la nostra società. La sfida, forse, non è più solo tecnologica ma anche etica e, come stiamo osservando, chiama in causa con forza la libertà dell'uomo e la salvaguardia della sua salute.

---

Contrast, prevention, reorganization, innovation, and resilience are recognized by various scholars (Benyus, 1997; Bar-Cohen, 2005; Cohen-Shacham et alii, 2016) as pillars of the adaptive approach which, while allowing living organisms to survive in hostile, at the same time defines new paradigms to rethink the functioning of artificial systems (Antonini, 2019; Lucarelli et alii, 2020; Scalisi, 2020). But also, and with increasing evidence, it defines the more complex and general relationship of interaction between nature and artefacts, as well as by extension and similarity, between analogue and digital. Dichotomies that the ongoing pandemic emergency has induced us and leads us to 're-think' both in terms and in their meanings, both in mutual relations.

Behaviours, spaces, personal, relational and work everyday life, require, suddenly, in fact, the ability of adaptability, of compliance with new and pressing requirements of safety, well-being, liveability, new needs of use and sharing at different spatial qualities inside which private life and work merge and overlap, more and more often and longer and longer. A sector, this latest, in which we are witnessing both the development of solutions to promote produc-

tivity and/or learning, that to the implementation of unified communication and collaboration platforms that combine business chats, teleconferencing, and content sharing, and to the proposal of functionalities increasingly advanced, customized and user friendly.<sup>1</sup>

According to the new edition of Microsoft's Work Trend Index (2020), the affirmation, certainly matures, the relative diffusion and the continuous and accelerated evolution of these new technological methods – read about the changes that the Covid-19 emergency has introduced – they may have already brought about, in fact, a definitive transformation in the culture of work: a new 'proximity' between work and private life. Not surprisingly, according to the same report, even the canonical boundaries between 9 am and 6 pm of the working day seem destined to change shortly; as well as workplaces, bases, physical offices, which although not completely disappearing, will probably be strongly conditioned by policies oriented towards agile work. Therefore, in the face of a process of rapid and radical transformation, capable of offering structured responses in terms of the ability to connect people to people, people to things and things to things, the methods of use and quality of the spatial configurations that, those activities (working and living) will have to host, still need of being overall rethought.

The construction sector is therefore called into question – and strongly – in the definition of new statutes for designing, building, and, ultimately, managing overtime. On the one hand, consolidated principles are reaffirmed and updated: environmental, economic, and social sustainability; circularity; ecological transition; resilience; adaptation. On the other hand, new challenges are taking shape related to the potential of digital, new opportunities related to the progress of society in general. Alongside the principles of classical environmentalism, those of e-environmentalism are slowly but decisively establishing themselves, informing, these latest, new ethics that integrates analogue and digital. A decisive step, since the challenges of the next few decades seem to be related above all to 'digital governance' rather than to its technological innovations. Not only that, paraphrasing a thought by Floridi (2020), the governance of the digital blue can only go through the green of environmentalism, understood in its being at the same time social, political and economic environmentalism. Positions that, also, in this case, recall, as ethical cornerstones, the principles of responsibility and care (Jonas, 2009); care that, regarding the construction sector, refers, in turn, to the action, typical of past centuries, of preserving in good condition, to which, already since then, the modern adaptive approach, mentioned above, had been associated (Lauria and Azzalin, 2017).

Starting from the briefly outlined arguments, the paper introduces and presents an ongoing research experience, named BIMaid – Open Innovation and Smart BIM-based Protocols. Part of a more general R&D program, aimed at the innovative governance of real estate assets developed by BIG Srl, the academic spin-off of

the 'Mediterranea' of Reggio Calabria – of which the authors are founders – the experience welcomes the challenge of managing Covid-19 emergency and post-emergency properties. It proposes, through Smart BIM-based Protocols, methodological and process solutions to plan and manage the 'new normal', to guarantee social distancing, environmental sanitation and adaptation of spaces.

Also presented on the occasion of the recent MIUR FISR2020 Call, BIMaid falls, with its own and specific characteristics, in the R&D actions of BIG Srl, relating to the development of an ICT network infrastructure, the Maintenance Management Model, aimed at supporting both operational decision-making and building management processes, promoting an active dialogue and unprecedented ways of sharing information (open data and semantic web) between all sector operators and between them and end-users (Lauria and Azzalin, 2020). Aspects, these latest, that are found as constituent elements of the architecture of the PRESMA Project – Infinity BIM: Design, Execution and Maintenance of the digital model of buildings for the digital twin of the infinite factory – recently approved by MISE (Italian Ministry of Economic Development), in which the authors participate, and which represents a further important opportunity for scientific-disciplinary in-depth analysis and for the transfer of know-how, also with reference to the implementation of the application aspects of BIMaid.

**Background** | The theme of building management, which constitutes the general context in which the research is located, has changed over the years, transforming itself from an operational approach, understood as a set of activities necessary to correct and maintain the operating conditions of an asset (Molinari, 1989), into a process, first engineering and subsequently proactive, based on the principles and practices of predictive maintenance (Cattaneo, 2012), finally reaching the definition and affirmation of the theories of Asset Management, theories that are however still not widespread into the operative practice (Lee et alii, 2014). Today, in continuity with the framework introduced, and in response to the repercussions of the measures issued to contain the spread of the pandemic, the operating principles that instruct building management activities rediscover the centrality of terms historically codified by the technological culture of design: ergonomics and safety of use, usability and adaptability of spaces, technological integrability, substitutability, reliability, durability and maintainability.

These are associated with the impacts introduced by the implementation policies of Digital Agenda (European Commission, 2010) and Industry 4.0 (European Commission, 2016) which are accompanying the progress, albeit slow and difficult, of the construction sector towards the Fourth Industrial Revolution. Crucial to this end, as well as strategic, is the opportunity offered by the use of new technologies already available but not yet widely systemized among them: Building Information Modeling (BIM), the Internet of Things and integrated sensors, Build-

ing Automation, and the Smart Systems, generally used in the specific area of building management<sup>2</sup> which, while still not fully meeting the specific needs of the sector, still allow the central management of microclimatic conditions and data deriving from plants and safety systems, with benefits in terms of energy-saving and rationalization of functions (Becerik-Gerber et alii, 2012; Isikdag, 2015; Shahinmoghdam and Motamedi, 2019).

Therefore, with increasing incisiveness, issues arise relating to the need to manage large amounts of relevant information, however, no longer only to performance and operating data, but also to behavioural and experiential aspects referring to end users, their well-being, satisfaction and, ultimately, also to some conditions specifically related to the current pandemic emergency. A need that finds its natural complement in the growing number of smart buildings, built and under construction. The strategic element of the more general process of evolution, investment and innovation of the sector, the smart buildings allow to detect, process and interpret – even remotely – data in real-time regarding their state of use, to calculate the relative consumption, to activate alert signals. They also permit the possibility of memorizing recurring situations, recording microclimatic data and presences inside the building, habits and needs, anticipating solutions or even providing suggestions which, to contain and control epidemiological risk conditions, become essential and potential knowledge resources.

The resulting screening and the consequent possible 'data mining' enable buildings to be connected to a global network, through which each building can communicate with other buildings, with health facilities, with mobility systems, with the city as a whole and, of course, with end-users, in line with the general themes of inclusiveness and participatory governance and with those, increasingly current, of safe management and use of urban spaces and buildings. In a nutshell, these are innovative information-sharing processes that instruct the digital transformation taking place in the construction sector, characterized by the increasingly pervasive use of ICT tools, in particular of BIM and GIS interoperability systems, in association with the Internet of Things, capable, in the final analysis, of implementing the progressive computerization of the different phases of the building process (BSRIA, 2009).

In this context, the application of BIM methodologies, defined as the last frontier of ICT, represents one of the main drivers for the relaunch of the construction sector (CNAPPC-CRESME, 2019). At an international level, the confirmation comes from the results of the World Building Information Modeling (BIM) Market – Opportunities and Forecasts, 2015-2022 (Research and Markets, 2016) survey, which shows the potential for expansion of the BIM market in the coming. Several countries, accepting these indications and guidelines for pervasive dissemination of a digital approach, have already introduced and prescribed the use of interoperability tools based on open standards Industrial Foundation Classes (IFC – ISO 16739: 2018), also introducing, in some cases, the pro-

gressive experimentation of specific data Construction Operations Building information exchange (COBie – NBIMS-US-V3.4:2015 for further information) to be used as formats and methods for exchanging information between the project delivery phases and the use phase of the building (Patacas et alii, 2015). Similarly, the ISO 15686-4:2014 series, in interpreting the application aspects of interoperability, introduces methods for acquiring and managing information based on openBIM standards.

The background briefly introduced brings out some central considerations concerning possible future advances in the state of the art. Among the various topics, the availability of structured data based on open standards (IFC and COBie), the dissemination of BIM methodologies, the adaptation of legacy systems and, in particular, the references to their use for the Facility Management for Operations and Maintenance processes (Patacas et alii, 2015) and the purposes of service life planning (ISO 15686 series) appear the frontier of the new challenges of research and standardization (Maxwell, 2012). Aspects that, as already mentioned, configure the assumptions from which the R&D actions of BIG Srl start, both in general terms and for the development of solutions aimed at managing the phase of overcoming the pandemic in safety conditions and the reorganization phase of activities and processes in the post-pandemic phase, object of the experience that the paper introduces.<sup>3</sup>

**Open innovation for the management of buildings in an emergency and post-emergency regime** |

The idea behind BIMaid – Bim-based-forcovid19 protocols (of which the pilot application to a portion of the building asset of the citadel of the 'Mediterranea' University of Reggio Calabria is being launched) – was developed through a series of Maintenance Management Model upgrade actions<sup>4</sup>. The latter is an ICT network infrastructure for the innovative governance of real estate assets, currently being implemented and tested by BIG Srl. Maintenance Management Model is structured through an Information Modeling Asset (ISO 29481-1:2010) and based on IFC open standards and the progressive introduction of COBie data specifications. It enhances the potential of the Internet of Things in association with geographic information systems GIS, home automation and Building Automation with numerous operational benefits: allowing the control, detection and monitoring of the performance in the use of buildings and constituent parts, introducing countless technical, economic and managerial opportunities, promoting a combined use, capable of systematically integrating management actions both on a building and urban scale, favouring the intercalary of information.

Starting from these premises, BIMaid – Protocols Bim-basedforcovid19 proposes, thanks to the interdisciplinary nature of the Working Group and the skills of the industrial partners of BIG Srl (Acca software and BimCo cooperative society), methodological and process solutions specifically designed for operations in different emergency and/or post-emergency scenarios. Unlike the systems generally offered by

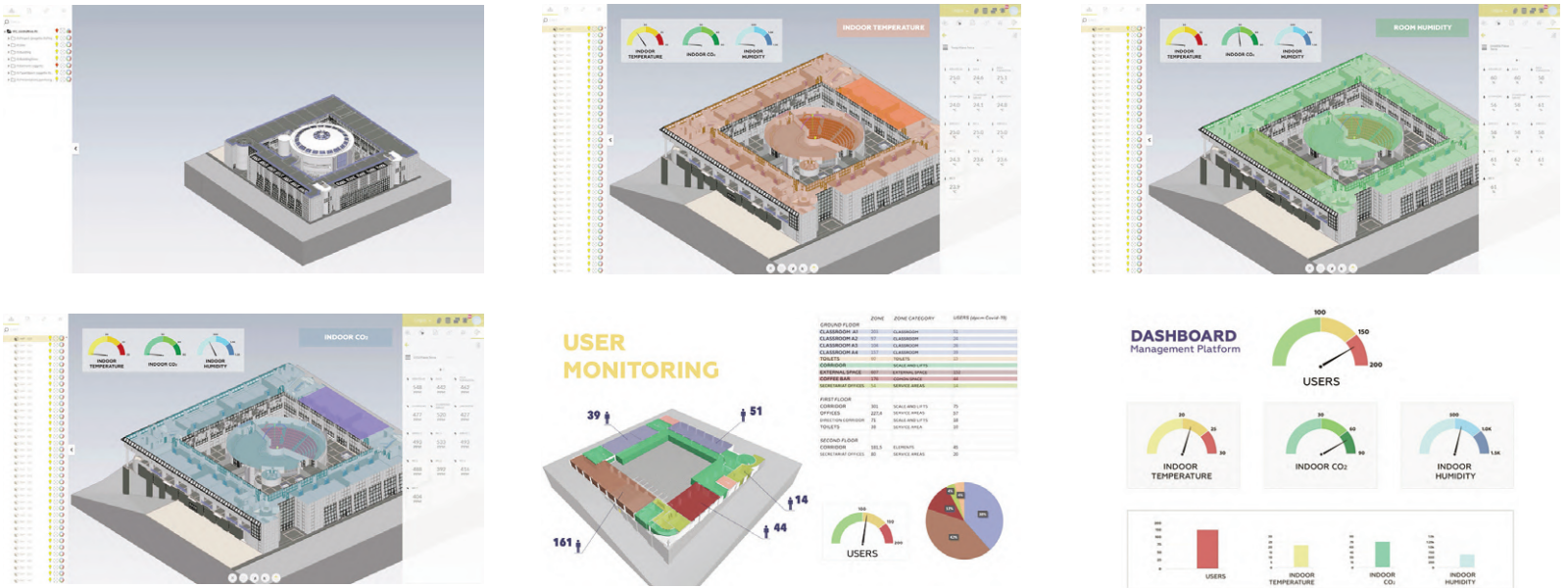


Fig. 4 | Digital twin for the analysis of safety levels concerning environmental parameters, the operation of the systems and the level of occupancy.

the market – which operate exclusively, or almost exclusively, on access control – BIMaid associates these functions (however necessary but not decisive) with the use of advanced integrated tools for the organization of spaces, for monitoring, for the control and analysis of data relating to activities and behaviours, as well as the environmental conditions that can lead to the spread of infections, ultimately configuring an innovative openBIM digital environment, usable with a browser through cloud computing and storage for exchange and the sharing of information flow among all the operators and users involved, both in the implementation processes of building management and in the ways of using it (Fig. 1).

The proposal adopts the current evolution of the concept of the smart building which considers buildings as accumulators and amplifiers of information, capable, thanks to the provision of smart systems, to detect, process, interpret and communicate data in real-time relating to their state of use, the behaviour of end-users and the analysis of the correlated air quality values about the specific sector regulations (EN 16798-1:2019): temperature, humidity, CO<sub>2</sub> concentration, natural ventilation and lighting. In particular, BIMaid takes advantage of the opportunities offered today by the growth of the sector of digital sensors applied to buildings (sensors connected through wireless technologies, smart metering, smart meters for remote reading and remote management, etc.) It also uses and associates availability of Building Management Systems, which allow both to centrally manage the monitored data and to transmit them to centralized platforms capable of connecting not only the rooms of the same building but also several buildings within neighbourhoods and/or urban areas.

From an operational point of view, there are two apparatuses, distinct from each other, but interconnected, to which the Bim-based-for-covid19 protocols refer and which, as anticipated, are also an integral part of the more general architecture of the Maintenance Management Model:

- a cloud platform that will make it possible to take advantage of mass memories for the storage and contextual management of BIM models (the digital twin of the building) integrated with a geographic information system GIS in a single sharing environment, Common Data Environment (CDE);
- an integrated surveillance and monitoring system using Domotics and Building Automation Control Systems (BACS) devices, customer-oriented, interconnected via IoT to the platform to which the data will be transmitted and where they can be stored in real-time and displayed through a guided navigation thanks to the use of virtual reality and augmented reality modes.

This structure will allow you to experiment with an innovative visual management system for the flow of people and conditions within the environments, prefiguring an advanced use of the property with mobile and cloud technology by the different types of users and/or operators. These are aspects that at present take on particular importance for the management of the pandemic emergency from Covid-19. In fact, as demonstrated by scientific evidence (ISS, 2020), the prevention of contagion also passes through the control of the concentration and distribution of the viral load within confined spaces and its circulation through the possible vehicles of contagion, placed with the number of occupants and the time spent in those spaces (Fig. 2). The correct air exchange can therefore limit not only the CO<sub>2</sub> level but also contain, at the same time, the concentration of the viral load in the confined environment. Natural ventilation, suitable air purification devices associated with adequate warning systems and timing of the aeration and sanitization cycles configure possible and effective scenarios of contagion containment, and at the same time procedures capable of controlling that the direct introduction of outdoor air must not excessively impact the thermo-hygrometric comfort and energy consumption of the building.<sup>5</sup>

Specifically, the proposal, exploiting the potential of the Maintenance Management Model, currently guarantees various and general functions: a) the coordination of management activities on a collaborative platform, Platform as a Service (PaaS), open, accessible and usable online; b) the connection through a desktop or mobile devices between operators and users, ensuring the isolation of data and applications; c) querying in real-time, according to customizable logics, including through the visualization in virtual reality and augmented reality model of the BIM models and data transmitted by Domotics and Building Automation Control Systems.

From a methodological point of view, and about subsequent implementation and the definition of the specific Bim-based-for-covid19 protocols in an emergency and post-pandemic emergency regime, assumed the current state of progress of the work to a low-reliability prototype (Technology Readiness Level – TRL 4), developments are planned, some of which are currently underway: updating/implementation of cognitive inputs relating to technological capital and process innovation, to regulatory protocols and data security management; the realization of the engineering functioning model (Technology Readiness Level – TRL 6) whose technology creates a previous level of connection of the various devices making up the design proposal; the upgrade to a complete prototypical system (Technology Readiness Level – TRL 8).

In particular, through the availability of the digital twin in BIM format of the building, specific and dedicated additional features are provided: automatic calculation of the level of crowding in compliance with the Covid-19 regulation and the trend of epidemiological curves; parametric design of new configurations of internal spaces suitable for the maximum number of users allowed; incoming and outgoing recording with body temperature measurement and video surveillance integrated with IoT systems; digitized access with specific QRcodes for employees and/or accredited staff; real-time local-



ization and tracking with Bluetooth technologies and remote display of occupant movements on a BIM model; monitoring of the level of crowding and warning in case of reaching the maximum number; data analysis and tracking of the types of contact between people; monitoring and control of environmental parameters related to the operation of the plants and the level of employment (Fig. 3).

Various repercussions and opportunities derive from this, such as the possibility of verifying the interventions necessary to satisfy the requirements of compliance of spaces and air quality (increase in openings in terms of frequency and/or duration, reduction 'time of stay, installation of mechanical ventilation systems); verify the energy impact of new operating practices; analyze the effect of the measures taken on the comfort and performance of end-users to propose improvement actions; evaluate the feasibility of further corrective and improvement measures on behaviour, on the management of the building and systems or the implementation of additional system solutions; experiment with new sensors and technological systems to monitor the environment and occupants, to communicate with them, or to control ventilation and air quality (Fig. 4).

Multiple, about the state of the art and the current progress in the sector, appear the distinctive and innovative characteristics strictly interconnected to the different levels of operation of BIMaid – Bim-basedforCovid19 protocols. Specifically, the proposal:

- appears to be perfectly consistent with the contents of the National Strategy for Intelligent Specialization, in particular concerning the Smart – Secure and Inclusive Communities regional specialization area, to the national thematic area Digital Agenda – Smart Communities – Intelligent Mobility Systems, as regards the challenges of systems for the security of the urban environment, environmental monitoring and the prevention of critical or risk events, embedded electronic systems, smart sensor networks, and the Internet of Things, technologies for smart buildings, energy efficiency, environmental sustainability (MISE and MIUR, 2016);
- uses smart technologies already available, with high added value in terms of information (OpenBIM and Industrial Foundation Classes, Geographic Information System, GIS, Virtual and Augmented Reality, Semantic Web, Internet of Things, Cloud Computing, Building Automation) but not yet widely systemized between them and at the service of building management processes and, least of all, those for controlling epidemiological risks (Patacas et alii, 2015);

- uses as an open standard information exchange language (Industrial Foundation Classes, ISO16739 – IFC), data specifications (Construction Operations Building information exchange, NBIMS-US-V3.4:2015 – COBie) and ICT interoperability (BIM) methodologies that they represent the frontier of current studies on the subject (Daniotti, Gianinetto and Della Torre, 2020);

- uses an innovative management software in a digital environment (cloud solution) Open-

BIM, usable with a browser for the exchange and sharing of information flows among all the stakeholders involved also in the risk management process from Covid-19 (Agostinelli and Ruperto, 2020);

- allows the collection and management of a large amount of data, which recalls further important research topics related to the still unresolved question of their structuring, protection and use in the context of construction management processes and which concern localization issues, use, safety, accessibility, the usability of spaces (ISO 29481-1:2010);

- is aimed at correlating the control of environmental parameters and the operation of the plants with the monitoring data of the concentration of the viral load and the distribution of generic indoor contaminants (UNI EN 16798-1:2019).

**Conclusions** | Against the background of the references to the state of the art mentioned, the Maintenance Management Model and its BIMaid implementation, in responding to general but central needs of sustainable management of the built, of safety and use in emergency and post-emergency conditions from Covid-19, they also express a possible response to the need for digital transformation in the construction sector. The re-engineering of processes, the integration of activities-functions, the role of information systems based on network architectures and relational databases, which make access to data easier for all operators (characteristics connoting both experiments), are some of the cornerstones of the new organizational and strategic evolutions connected to the management of the buildings as well as to its safe use.

The experience presented, in line with the directives of the Digital Agenda, Industry 4.0 and the objectives of Agenda 2030 and the National Strategy of Intelligent Specialization, systematizes and uses some of the related enabling technologies: interoperability, virtualization, decentralization, skills, interface people-machines. And again, in general terms, it favours a transition – in progress but not yet quite mature – towards a real management policy that adopts the maintenance requirements starting from the design phase and that at the same time uses the typical tools of the digital culture and interoperability to keep the main variables in the decision-making phase under control, and orients towards the adoption of predictive approaches, thus positively affecting management times and related costs in the life cycle. Finally, it promotes a new vision of management which, in general, evolves from a process aimed at maintaining the building on a technical-operational level, into a complex digital infrastructure.

It is a complex and articulated process, in which the increasingly frequent reference to expressions such as open Application Programming Interface (Open API), semantic web, communication protocols, etc., highlights how the data begins to be configured as an object with own value, to the use of which and availability of which issues not only technical reliability but also of ethical order, of privacy and owner-

ship are emerging. And it is precisely in the construction sector, perhaps more than in others, that the challenges for the future concern not only the affirmation of digital culture, although this is still a relevant aspect, with more and more evidence, to the complexity connected to the management of available data and their use according to a Data Drivenness approach, to be used in the decision-making processes of general operational phases, and in particular of management ones, (WEF, 2018), including emergency ones.

The experience described together with Maintenance Management Model constitute stages of a path that expresses both the opportunity and the need for the digital transformation of the construction sector, highlighting how technological innovation can contribute to improving the conditions and quality of places and therefore of the activities that take place there and, in general, of life, increasingly lived in continuous migration between analogue space and digital space.

The digital revolution has re-ontologized our reality, changing it profoundly. We are 'infor' and we live 'onlife', in what Floridi (2020) defines as the 'mangrove society'. An OmO society, according to Kay-fu Lee (2018), where 'Off-line merge with On-line', in which artificial intelligence (AI) has pervaded all of everyday life, transforming it. Four 'waves' of AI defined by the author, two already acquired and metabolized by the society in which we live: Internet AI, connected to the personal use we make of it; Business AI, connected instead to the use that companies make of our data on the network. Many others are to come, but far more profound and revolutionary. Perception AI is the applications of virtual reality that will also affect other senses, such as hearing and sensory abilities, and that will blur the boundaries between the real world and the virtual world, as for the mangroves recalled by Floridi. Finally, autonomous AI, in which machines will be able not only to 'understand' the world around them but to 'give it shape and content'.

The answer perhaps once again lies in our principle of 'responsibility and integrity'. The four waves of AI, pioneered by Kay-fu Lee are effectively reshaping our society radically. The challenge, perhaps, is no longer just technological but also ethical and, as we are observing, strongly calls into question the freedom of man and the protection of his health.

## Acknowledgements

The contribution is the result of a common reflection of the authors. Both are involved with roles of responsibility in the scientific and operational management of the research activities described, and both authors of scientific studies on the topic.

## Notes

1) Among the latest: Together Mode which uses AI to digitally position all participants on shared background, to increase the sense of proximity; Dynamic View that offers the user greater control over how shared files are displayed and the ability to show content alongside specific participants; Reflect Messaging Extension which will offer managers, executives and teachers the ability to check the sentiment of their team or students by installing the Reflect extension from GitHub; Touchless Meeting Experiences.

2) Computerized Maintenance Management System and Computer-Aided Facility Management (CMMS & CAFM), Electronic Document Management Systems (EDMS), BMS (Building Management System).

3) A common approach to other ongoing experiences, such as that developed by the Agnelli Foundation, together with the BIMGroup of the Politecnico di Milano and of the University of Turin which are experimenting with a free IT platform, available on the webpage: [www.spazioallascuola.it](http://www.spazioallascuola.it) [Accessed 25 September 2020].

4) The demonstration video is published on the webpage: [www.youtube.com/watch?time\\_continue=3&v=7D-aOUXmu44&feature=emb\\_title](https://www.youtube.com/watch?time_continue=3&v=7D-aOUXmu44&feature=emb_title) [Accessed 25 September 2020].

5) A recent research project entitled Il Cambiamento è nell'Aria (July 2019-June 2020) sets the pace. It investigates the air quality in Italian school buildings (promoted by the Free University of Bolzano – with the collaboration of Researchers and PhD students from the 'Iuav' University of Venice and the Universities of Trento and Padua – and from Agorà, a company engaged in training on sustainability, applied to construction, with the active involvement – in a PCTO path – of the students of the three years Institute of Higher Education IIS 'Margherita Hack' of Morlupo, in the province of Rome). The research project report can be downloaded from the webpage: [www.madeexpo.it/dam/jcr:80cdf687-8ecc-4e3d-a7d8-12acd61c5ead/Report%20M-Hack%20monitoraggio2020.pdf](http://www.madeexpo.it/dam/jcr:80cdf687-8ecc-4e3d-a7d8-12acd61c5ead/Report%20M-Hack%20monitoraggio2020.pdf) [Accessed 25 September 2020].

## References

Agostinelli, S. and Ruperto, F. (2020), *Costruire Digitale – Scenari per un project management 4.0*, Esculapio.

Antonini, E. (2019), “Incertezza, fragilità, resilienza | Uncertainty, fragility, resilience”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 6, pp. 6-13. [Online] Available at: [doi.org/10.19229/2464-9309/612019](https://doi.org/10.19229/2464-9309/612019) [Accessed 4 June 2020].

Bar-Cohen, Y. (2005), *Biomimetics – Biologically Inspired Technologies*, CRC Press, Taylor & Francis Group. [Online] Available at: [doc.lagout.org/science/0\\_Computer%20Science/8\\_Electronics%20%26%20Robotics/Biomimetics%20-%20Biologically%20Inspired%20Technologies%20-%20Yoseph%20Bar%20Cohen.pdf](http://doc.lagout.org/science/0_Computer%20Science/8_Electronics%20%26%20Robotics/Biomimetics%20-%20Biologically%20Inspired%20Technologies%20-%20Yoseph%20Bar%20Cohen.pdf) [Accessed 4 June 2020].

Becerik-Gerber, B., Jazizadeh, F., Li, N. and Calis, G. (2012), “Application Areas and Data Requirements for BIM-Enabled Facilities Management”, in *Journal of Construction Engineering and Management*, vol. 138, issue 3, pp. 431-442. [Online] Available at: [www.researchgate.net/publication/233897927\\_Application\\_Areas\\_and\\_Data\\_Requirements\\_for\\_BIM-Enabled\\_Facilities\\_Management](https://www.researchgate.net/publication/233897927_Application_Areas_and_Data_Requirements_for_BIM-Enabled_Facilities_Management) [Accessed 15 July 2020].

Benyus, J. M. (1997), *Biomimicry – Innovation Inspired by Nature*, William Morrow & Co, New York.

BSRIA (2009), *The Soft Landings Framework*. [Online] Available at: [www.bsria.com/uk/consultancy/project-improvement/soft-landings/](http://www.bsria.com/uk/consultancy/project-improvement/soft-landings/) [Accessed 15 September 2020].

Cattaneo, M. (2012), *Manutenzione, una speranza per il futuro del mondo*, FrancoAngeli, Milano.

CNAPPC-CRESME (2019), *BIM-Monitoring – L'innovazione e il mercato in Italia*. [Online] Available at: [www.agendatecnica.it/wp/wp-content/uploads/2019/02/BIM-monitoring-CNAPPC-CRESME.pdf](http://www.agendatecnica.it/wp/wp-content/uploads/2019/02/BIM-monitoring-CNAPPC-CRESME.pdf) [Accessed 15 September 2020].

Cohen-Shacham, E., Walters, G. M., Janzen, C. and Maginnis, S. (eds) (2016), *Nature-based Solutions to address global societal challenges*, IUCN, Gland. [Online] Available at: [www.researchgate.net/publication/307608144\\_Nature-based\\_Solutions\\_to\\_address\\_global\\_societal\\_challenges](https://www.researchgate.net/publication/307608144_Nature-based_Solutions_to_address_global_societal_challenges) [Accessed 25 September 2020].

Daniotti, B., Gianinetti, M. and Della Torre, S. (eds) (2020), *Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment*, Springer Open, Cham.

European Commission (2016), *Opinion of the European Economic and Social Committee on 'Industry 4.0 and digital transformation: where to go' – (COM(2016) 180 final)*, Document 52016AE1017. [Online] Available at: [eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016AE1017&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016AE1017&from=EN) [Accessed 25 September 2020].

European Commission (2010), *Communication from the Commission to the European Parliament, the Council, the European Economic and Social Committee and the Committee of the Regions – A Digital Agenda for Europe*, Document 52010DC0245, 245 final. [Online] Available at: [eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0245&from=EN](http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0245&from=EN) [Accessed 25 September 2020].

Floridi, L. (2020), *Il verde e il blu – Idee ingenue per migliorare la politica*, Raffaello Cortina Editore, Milano.

Isikdag, U. (2015), “BIM and IoT – A Synopsis from GIS Perspective”, in *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences – Proceedings of the Joint International Geoinformation Conference, 28-30 October 2015, Kuala Lumpur, Malaysia*, vol. XL-2/W4, pp. 33-38. [Online] Available at: [doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-2-W4-33-2015](https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-2-W4-33-2015). [Accessed 25 September 2020].

ISS – Istituto Superiore di Sanità (2020), *Indicazioni ad interim per la prevenzione e gestione degli ambienti indoor in relazione alla trasmissione dell'infezione da virus SARS-CoV-2 – Gruppo di Lavoro ISS Ambiente e Qualità dell'Aria Indoor*, Rapporto ISS Covid-19, n. 5/2020, rev. 2, versione del 25 maggio 2020. [Online] Available at: [www.iss.it/documents/2012/0/Rapporto+ISS+COVID-19+n.+5+REV+2+%281%29.pdf/24759e93-69f7-2c38-902f-7962df52fc35?t=1590500751072](http://www.iss.it/documents/2012/0/Rapporto+ISS+COVID-19+n.+5+REV+2+%281%29.pdf/24759e93-69f7-2c38-902f-7962df52fc35?t=1590500751072) [Accessed 3rd November 2020].

Jonas, H. (2009), *Il principio responsabilità – Un'etica per la civiltà tecnologica* [or. ed. *Das Prinzip Verantwortung – Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation*, 1979], Biblioteca Einaudi, Torino.

Lauria, M. and Azzalin, M. (2020), “A Maintenance Management Model – Upgrading and Experimentation”, in Serrat, C., Casas, J. R. and Gilbert, V. (eds), *Proceedings of the XV International Conference on Durability of Building Materials and Components (DBMC 2020)*, Barcelona, Spain. [Online] Available at: [doi.org/10.23967/dbmc.2020.001](https://doi.org/10.23967/dbmc.2020.001) [Accessed 25 September 2020].

Lauria, M. and Azzalin, M. (2017), “Strategie per la continuità della città storica – L'approccio manutentivo negato | Strategies for the continuity of the historical city – The denied maintenance approach”, in *Agathón | International Journal of Architecture Art and Design*, vol. 1, pp. 95-102. [Online] Available at: [doi.org/10.19229/2464-9309/1152017](https://doi.org/10.19229/2464-9309/1152017) [Accessed 25 September 2020].

Lee, J., Holgado, M., Kao, H.-A. and Macchi, M. (2014), “New Thinking Paradigm for Maintenance Inno-

vation Design”, in Boje, E. and Xia, X. (eds), *Proceedings of the 19th World Congress IFAC 2014 – Cape Town, South Africa August 24-29, 2014*, International Federation of Automatic Control, pp. 7104-7109. [Online] Available at: [doi.org/10.3182/20140824-6-ZA-1003.02519](https://doi.org/10.3182/20140824-6-ZA-1003.02519) [Accessed 25 September 2020].

Lee, K.-F. (2018), *AI Superpowers – China, Silicon Valley, and the New World Order*, Houghton Mifflin Harcourt Publishing Company, Boston-New York.

Lucarelli, M. T., Milardi, M., Mandaglio, M. and Musarella, C. C. (2020), “Fenomeni macro vs risposte micro – Approcci multiscolari nei rapporti dinamici tra involucro e contesto | Macro phenomena vs micro responses – Multiscale approaches in the dynamic relationship between envelope and context”, in *Agathón | International Journal of Architecture, Art and Design*, vol. 7, pp. 26-33. [Online] Available at: [doi.org/10.19229/2464-9309/732020](https://doi.org/10.19229/2464-9309/732020) [Accessed 12 September 2020].

Maxwell, J. A. (2012), *Qualitative Research Design – An Interactive Approach*, Sage Publications, Thousand Oaks.

Microsoft (2020), *The work trend index*. [Online] Available at: [www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/work-productivity-trends-report](http://www.microsoft.com/en-us/microsoft-365/work-productivity-trends-report) [Accessed 12 September 2020].

MISE – Ministero per lo Sviluppo Economico and MIUR – Ministero dell'Istruzione dell'Università e della Ricerca (2016), *Strategia Nazionale di Specializzazione Intelligente*. [Online] Available at: [www.agenziacooperazione.gov.it/wp-content/uploads/2019/06/Strategia\\_Nazionale\\_di\\_Specializzazione\\_Intelligente\\_Italia.pdf](http://www.agenziacooperazione.gov.it/wp-content/uploads/2019/06/Strategia_Nazionale_di_Specializzazione_Intelligente_Italia.pdf) [Accessed 12 September 2020].

Molinari, C. (1989), *Manutenzione in edilizia – Nozioni, problemi, prospettive*, FrancoAngeli, Milano.

Patacas, J., Dawood, N., Vukovic, V. and Kassem, M. (2015), “BIM for Facilities Management – Evaluating BIM standards in asset register creation and service life planning”, in *Journal of Information Technology in Construction*, vol. 20, pp. 313-331. [Online] Available at: [www.itcon.org/papers/2015\\_20.content.00383.pdf](http://www.itcon.org/papers/2015_20.content.00383.pdf) [Accessed 22 September 2020].

Research and Markets (2016), *World Building Information Modeling (BIM) Market – Opportunities and Forecasts, 2015-2022*. [Online] Available at: [www.researchandmarkets.com/research/h4g7fh/world\\_building](http://www.researchandmarkets.com/research/h4g7fh/world_building) [Accessed 22 September 2020].

Scalisi, F. (2020), “Adaptive Façade and Phase Change Materials (PCMs) – A sustainable approach for building construction”, in Scalisi, F. (ed.), *From Mega to Nano – The Complexity of a Multiscale Project*, Palermo University Press, Palermo, pp. 44-69. [Online] Available at: [doi.org/10.19229/978-88-5509-189-3/432020](https://doi.org/10.19229/978-88-5509-189-3/432020) [Accessed 24 September 2020].

Shahinmohadam, M. and Motamedi, A. (2019), “Review of BIM-centred IoT Deployment – State of the Art, Opportunities, and Challenges”, in Al-Hussein, M. (ed.), *Proceedings of the 36th International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2019), May 21-24, 2019, Banff, Canada*, International Association for Automation and Robotics in Construction (IAARC), pp. 1268-1275. [Online] Available at: [doi.org/10.22260/ISARC2019/0170](https://doi.org/10.22260/ISARC2019/0170) [Accessed 15 September 2020].

WEF – World Economic Forum (2018), *Infrastructure and Urban Development – Industry Vision 2050*. [Online] Available at: [www3.weforum.org/docs/IU\\_Industry\\_Vision\\_report\\_2018.pdf](http://www3.weforum.org/docs/IU_Industry_Vision_report_2018.pdf) [Accessed 15 September 2020].