

Cosimo Metastasio

Open Innovation e soluzioni tecnologiche per aree urbane e metropolitane

Definizione e sviluppo di Protocolli BIM-Based per
Smart Building e Smart Communities





Dottorato in Architettura
Dottorato in Diritto ed Economia
Dottorato in Ingegneria dell'Informazione
Dottorato in Scienze Agrarie, Alimentari e Forestali

coordinatore
prof. Paolo Fuschi

Collegio dei docenti
Dottorato di Ricerca in Architettura
XXXVI ciclo

Fallanca Concetta (coordinatore)
Amaro Ottavio Salvatore
Aragona Stefano
Arena Marinella
Barresi Alessandra
Barrile Vincenzo
Bevilacqua Carmelina
Bonsignore Carmelo Peter
Calabrò Francesco
Cardullo Francesco
Carrà Natalina
Colistra Daniele
De Capua Alberto
Fallanca Concetta
Fatta Francesca
Fuschi Paolo
Gattuso Domenico
Giglio Francesca
Ginex Gaetano
Gioffrè Vincenzo
Hopkins Andrew James
Impollonia Nicola
Lauria Massimo
Lucarelli Maria Teresa
Manfredi Tommaso
Marcianò Claudio
Marino Domenico
Martinelli Flavia
Martorano Francesca
Massimo Domenico Enrico
Mediati Domenico

Milardi Martino
Mistretta Marina
Molica Bisci Giovanni
Morabito Valerio Alberto
Moraci Francesca
Musolino Mariangela
Mussari Bruno
Nava Consuelo
Passalacqua Francesca
Pisano Aurora Angela
Prampolini Franco
Pucinotti Raffaele
Pultrone Gabriella
Raffa Venera Paola
Rocca Ettore
Santini Adolfo Alberto
Sarlo Antonella Blandina Maria
Scamardì Giuseppina
Sestito Marcello
Simone Rita
Sofi Alba
Tacone Antonio
Tornatora Rosa Marina
Trombetta Corrado
Villari Alessandro
Garcia Fuentes Josep Maria
Garcia Nofuentes Juan Francisco
Jakob Michael
Janeiro Pedro António
Martinez Ramos Maria Roser
Olivieri Francesca



SCUOLA DI DOTTORATO
Università Mediterranea di Reggio Calabria

DIPARTIMENTO
Patrimonio, Architettura Urbanistica (PAU)

DOTTORATO DI RICERCA
Architettura
Architecture: Theory and Design/Urban Regeneration

S.S.D. ICAR/12
XXXVI CICLO

OPEN INNOVATION E SOLUZIONI TECNOLOGICHE PER AREE URBANE E METROPOLITANE

Definizione e sviluppo di Protocolli BIM-Based per
Smart Building e Smart Communities

Dottorando
Cosimo Metastasio

Tutor
prof. Massimo Lauria
Tutor Estero
prof.ssa Francesca Olivieri
Tutor Aziendale
PhD ing. Michele Carradori
Co-tutor
prof. Maria Azzalin
Coordinatore del dottorato
prof.ssa Concetta Fallanca



Ringraziamenti

A conclusione di questo percorso desidero ringraziare tutti coloro che sono stati presenti sostenendo la mia crescita professionale e personale.

Un ringraziamento speciale al mio tutor, il Prof. Massimo Lauria, e alla mia co-tutor, la Prof.ssa Maria Azzalin per le conoscenze trasmesse, il supporto scientifico e per la loro infinita disponibilità nel guidarmi durante tutto il percorso di ricerca.

Ringrazio il Prof. Alberto De Capua per avermi donato preziosi consigli.

Ringrazio la Prof.ssa Francesca Olivieri della Universidad Politécnica de Madrid per avermi accolto e seguito durante le attività di ricerca svolte all'estero.

Ringrazio il PhD Ing. Michele Carradori del gruppo Contec Ingegneria per avermi fornito indicazioni durante le attività di sperimentazione.

Un ringraziamento particolare va a Massimo Guerini e Carlo Grossi di Dalux per aver accolto con entusiasmo il lavoro di ricerca.

Ringrazio il Collegio Docenti e la Coordinatrice del dottorato di Ricerca, Prof.ssa Concetta Fallanca.

Ringrazio i colleghi e amici, Ciccio, Domenico, Antonino, Serena e Evelyn per aver condiviso esperienze e giornate di lavoro e studio.

Un sentito ringraziamento va ai miei cari amici, in particolare a Gianluca, Ester e Antonio per l'incoraggiamento e per la loro presenza incessante, anche a distanza.

Ringrazio infinitamente la mia famiglia.

I miei genitori, per gli insegnamenti di vita e il sostegno morale. Sarò sempre grato a loro per avermi trasmesso sempre passione e volontà nel raggiungere ogni mio traguardo.

I miei fratelli e mia sorella, Domenico, Giusy e Damiano che orgogliosamente hanno sempre creduto in me ed insieme ai loro compagni di vita mi hanno supportato in ogni occasione.

Li ringrazio anche per avermi donato i miei meravigliosi nipoti, Edoardo, Tommaso e Maria Sole che con la loro dolcezza hanno allietato le mie giornate.

Ringrazio calorosamente zio Giorgio, esempio di dedizione allo studio e alla cultura.

Ringrazio con il cuore Martina. Per essermi sempre stata accanto, per avermi sempre incoraggiato e trasmesso la forza per andare avanti, per aver sempre appoggiato le mie scelte e per averle fatte sue col mio stesso entusiasmo. Per aver sempre ascoltato ogni mio pensiero e ogni mio sfogo, placandolo con dolcezza e Amore.

Infine, un pensiero di gratitudine lo rivolgo ponendo lo sguardo verso il cielo.

Note biografiche

Cosimo Metastasio, Architetto e BIM Specialist, ha conseguito la laurea Magistrale in Architettura classe LM-4 c.u. nel 2019 presso l'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria.

Affronta temi riferiti agli approcci Digital Twin nel settore delle costruzioni, in relazione alle sue applicazioni nella fase di Operation & Maintenance.



Cosimo Metastasio

OPEN INNOVATION E SOLUZIONI TECNOLOGICHE PER AREE URBANE E METROPOLITANE

Definizione e sviluppo di Protocolli BIM-Based
per Smart Building e Smart Communities

Indice

- 9 Abstract
- 11 Introduzione
- 13 **Capitolo 1 _ Posizione del problema, obiettivi e metodologia**
 - 1.1 _ Open Innovation e soluzioni tecnologiche per la gestione innovativa del patrimonio esistente
 - 1.2 _ Definizione parole chiave
 - 1.3 _ Obiettivi della ricerca
 - 1.4 _ Metodologia
- 21 **Capitolo 2 _ Stato dell'arte**
 - 2.1 _ Progetto dell'esistente
 - 2.1.1 _ Riqualificazione dell'esistente
 - 2.1.2 _ Gestione e manutenzione dell'esistente
 - 2.1.3 _ Opportunità della transizione ecologica e digitale
 - 2.2 _ Strategie europee per la riqualificazione sul patrimonio edilizio
 - 2.2.1 _ Green Deal
 - 2.2.2 _ Renovation Wave Strategy for Europe
 - 2.2.3 _ Energy Performance of Buildings Directive - EPBD
 - 2.3 _ Approccio Digital Twin
 - 2.3.1 _ Processi di interoperabilità
 - 2.3.2 _ Prassi internazionali
 - 2.3.3 _ Internet of things per il processo di monitoraggio
 - 2.3.4 _ Processi di gestione informativa
 - 2.3.5 _ Smart Building e Cognitive Building
 - 2.4 _ Conclusioni sullo stato dell'arte
- 57 **Capitolo 3 _ Proposta – Definizione e sviluppo di Protocolli BIM-Based per Smart Building e Smart Communities**
 - 3.1 _ I Protocolli
 - 3.2 _ La struttura dei protocolli
 - 3.3 _ Protocollo Ambiente Costruito
 - 3.4 _ Protocollo BIM-Based per Smart Building e Smart Communities con approcci Digital Twin
- 69 **Capitolo 4 _ Sperimentazione**
 - 4.1 _ Aspetti metodologici
 - 4.2 _ Il caso studio UniRC
 - 4.3 _ Fase 1 - Raccolta documentale e Scan to BIM
 - 4.4 _ Fase 2 - Produzione del Digital Twin
 - 4.4.1 _ Processo di interoperabilità - Modello Informativo
 - 4.4.2 _ Processo di Gestione informativa
 - 4.4.3 _ Processo di Monitoraggio - IoT
- 117 **Capitolo 5 _ Conclusioni e problemi aperti**
- 121 **Bibliografia**
- 127 **Allegato - Protocolli BIM-Based per Smart Building e Smart Communities**

*<<Comunicare l'un l'altro, scambiarsi
informazioni è natura;
tener conto delle informazioni che ci
vengono date è cultura.>>*
Johann Wolfgang Goethe (1749-1833)

Abstract

Con l'avvento della quarta rivoluzione industriale, nel settore AEC (Architecture, Engineering, and Construction) si impongono nuovi scenari e strumenti innovativi che comportano un necessario ripensamento del progetto dell'esistente, per contribuire al raggiungimento degli obiettivi di Agenda 2030.

Il patrimonio architettonico esistente è espressione materiale delle culture e della storia delle comunità europee; il suo recupero diviene opportunità unica per ripensare gli interventi sull'esistente, armonizzando le nuove trasformazioni ad una società che si avvia verso una transizione ecologica e digitale.

Riqualificazione, circolarità e manutenzione sono le espressioni di una prospettiva di trasformazione capace di coinvolgere le diverse scale: ambiente, paesaggio, territorio, città ed edifici e da cui forma un sistema complesso e articolato di possibili azioni.

La Commissione Europea propone innovative strategie di riqualificazione sostenibile del patrimonio architettonico, sempre più pesantemente influenzato dal cambiamento climatico, stimolando, al contempo, l'avvio di un generale processo di digitalizzazione.

Risulta necessario riflettere su nuove modalità di trasformazione e governance dell'esistente orientate a rendere gli edifici più reattivi e interattivi, conferendo loro innovative configurazioni in dinamica evoluzione: "smart building e cognitive building".

Si introduce, al tempo stesso, il tema centrale dell'avvio di un processo di gestione integrata e intelligente dell'edificio, grazie ad una valida gestione informativa.

In questo contesto, la ricerca propone una definizione e una metodologia basate sui Protocolli BIM-Based, che trovano la loro applicabilità nell'ambito di approcci Digital Twin. Questi ultimi offrono un potenziale quadro metodologico per le politiche di intervento sull'esistente, promuovendo efficienza e capacità di adattamento degli edifici alle reali esigenze in continua evoluzione.

Introduzione

La presente tesi di dottorato si concentra sui temi riferiti alla transizione e alla progettazione digitale nell'ambito della governance innovativa del patrimonio esistente in aree urbane e metropolitane.

In sintonia con le strategie promosse dall'Unione Europea, quali il Green Deal, la Renovation Wave Communication e la direttiva europea EPBD (Energy Performance of Building Directive), che delineano l'impegno per una transizione ecologica e digitale, questa ricerca si propone di offrire soluzioni innovative. Tali soluzioni mirano a potenziare e integrare la fase di Operation&Maintenance per la gestione degli edifici esistenti attraverso processi di digitalizzazione.

L'Operation&Maintenance rappresenta un elemento fondamentale nell'ambito della gestione di edifici esistenti. Questa fase implica una serie di attività volte a garantire il corretto funzionamento e la sostenibilità nel tempo degli elementi che compongono l'edificio costruito.

La ricerca, inoltre, si impegna a promuovere una connessione e comunicazione continua tra l'edificio fisico e il suo corrispondente modello digitale.

Attraverso l'implementazione di protocolli BIM-Based, mira a definire e sperimentare approcci che assicurino la coerenza delle prestazioni dell'opera nel corso del tempo, contribuendo così a una gestione efficiente e sostenibile degli edifici costruiti.

Nel **capitolo 1** viene presentato lo studio inerente al progetto dell'esistente e alla capacità di apprendimento degli edifici, allo scopo di avviare una gestione integrata e intelligente. Questo capitolo delinea gli obiettivi della ricerca e illustra la metodologia adottata per raggiungere tali scopi.

Il **capitolo 2** analizza lo stato dell'arte in merito al progetto dell'esistente, focalizzandosi sulle azioni di riqualificazione e sulla gestione/manutenzione. Inoltre, esamina le strategie europee volte a promuovere la riqualificazione del patrimonio esistente.

Questo capitolo, inoltre, analizza e definisce l'approccio Digital Twin e gli strumenti che ne facilitano l'implementazione, introducendo uno studio approfondito e un'analisi dettagliata dei processi di interoperabilità, processi di monitoraggio e processi di gestione informativa.

Il **capitolo 3** illustra nel dettaglio la proposta descrivendo lo sviluppo di Protocolli BIM-Based per la gestione innovativa degli edifici esistenti. Viene analizzata la struttura dei protocolli e si approfondisce la duplice articolazione definita dal Protocollo Ambiente Costruito e i Protocolli BIM-Based per Smart Building e Smart Communities con approcci Digital Twin.

Il **capitolo 4** introduce la fase sperimentale della ricerca, in cui sono stati implementati i Protocolli BIM-Based sul caso studio selezionato. In questo capitolo, viene anche delineato il processo di digitalizzazione adottato, che comprende il rilevamento dello stato di fatto tramite laser scanner e la produzione di un Digital Twin del complesso torri della cittadella universitaria dell'UniRC.

Il **capitolo 5** propone le conclusioni comprendendo i risultati dell'attività di sperimentazione e riflessioni su possibili scenari futuri.

Posizione del problema, obiettivi e metodologia

1.1_ Open Innovation e soluzione tecnologiche per la gestione innovativa del patrimonio esistente

<<Il campo della ricerca tecnologica in architettura si configura in termini sempre più radicati nell'ambito dell'ambiente costruito, quale testimonianza dell'interesse interscalare e multisettoriale della ricerca, la cui collocazione ampliata si articola dalla scala dell'oggetto d'uso a quella insediativa, da quella produttiva e materiale a quella immateriale e delle interazioni con la sfera cognitiva e socio-economica>> (Losasso, 2019).

Il settore delle costruzioni si trova in un'epoca in cui si richiede un'innovazione di approcci, scenari e visioni del processo progettuale e gestionale, nelle prospettive di un futuro segnato dalla necessità di applicare soluzioni in termini di salvaguardia e riuso dell'ambiente costruito e dall'opportunità dello sviluppo digitale.

Parallelamente, il settore si sta dirigendo verso la quarta rivoluzione industriale, e attraverso l'attuazione delle politiche dell'Agenda Digitale e dei Industria 4.0, stanno emergendo nuovi scenari e strumenti operativi nel contesto del progetto del patrimonio esistente.

Uno scenario riconosciuto, dunque, come rivoluzione digitale, la quale impone un radicale cambio di paradigma.

In questo contesto emerge una nuova condizione in cui "materiale e virtuale" assumono entrambi un ruolo centrale per lo sviluppo delle comunità. Questo sviluppo richiede oggi una particolare attenzione al riuso e alla gestione del patrimonio architettonico, focalizzandosi su strategie di salvaguardia culturale e ambientale.

Al contempo, è fondamentale considerare le politiche di risparmio delle risorse, affrontare le isole di calore e implementare misure di adattamento e mitigazione.

L'ambiente costruito occupa solamente il 3% della superficie terrestre, tuttavia, è responsabile del 60-80% del consumo energetico e del 75% di emissioni di carbonio, nel contesto globale, e del 40% nel contesto europeo (ONU, 2015; CE, 2018; CE, 2022).

Circa l'85% del parco immobiliare dell'UE è stato realizzato prima del 2001 e l'85-95% degli edifici esistenti sarà ancora in uso nel 2050 (CE, 2020).

Le Nazioni Unite prevedono che entro il 2030, quasi il 60% della popolazione mondiale abiterà in aree altamente urbanizzate (ONU, 2015). La Commissione Europea, inoltre, indica che entro il 2060 la crescita della popolazione urbana raddoppierà le dimensioni del parco immobiliare globale (CE, 2022).

Le sfide connesse al raggiungimento dell'Obiettivo di Sviluppo Sostenibile — Città e comunità sostenibili, SGD11 — di Agenda 2030 hanno sottolineato l'importanza di affrontare in modo innovativo la lettura, la pianificazione e la gestione delle città. L'obiettivo è rendere gli insediamenti urbani sostenibili, resilienti, inclusivi e sicuri, individuando al contempo necessità imprescindibili per raggiungere tali risultati.

Responsabilità, sostenibilità e resilienza sono nuove chiavi di lettura delle azioni-trasformazioni operate dall'uomo sull'ambiente, in termini di rispetto, salvaguardia, mantenimento nel tempo. Concetti che si pongono come indicatori non più trascurabili di urgenze-emergenze connesse a riqualificazione, riuso, sicurezza. Alimentano inoltre, non solo una domanda urgente di innovazione dei processi di intervento sul patrimonio esistente, ma anche dei processi di gestione.

In questa direzione, la riqualificazione degli edifici esistenti, insieme ad una loro gestione sostenibile, rappresentano azioni chiave per raggiungere la decarbonizzazione del parco edilizio entro il 2050.

I processi di riqualificazione, di gestione e manutenzione, inoltre, offrono oggi un'opportunità unica di ripensare, riprogettare e modernizzare ambiti urbani e edifici, per renderli coerenti con una società in transizione e per promuovere nuovi modi di abitare le città. Temi resi ancor più evidenti dall'emergenza pandemica che ha rafforzato il concetto di condivisione degli spazi pubblici e privati, mettendo in risalto l'importanza della qualità spaziale e prestazionale degli edifici nella vita quotidiana.

Smart Building, Smart City, Smart Communities, presuppongono dunque nuovi approcci metodologici nel settore delle costruzioni per ri-pensare la progettazione e gestione dell'esistente in un contesto di transizione ecologica e digitale.

Approcci che aprono a riflessioni riferite alle necessità dell'interazione tra ambiente naturale e costruito, tra informazione e comunicazione, tra virtuale e reale. Connessione, quest'ultima, che configura un ulteriore processo metodologico definito dall'approccio Digital Twin. Quest'ultimo viene considerato una replica del prodotto fisico in grado di operare previsioni sulle prestazioni nel tempo, di sperimentarne i miglioramenti e integrarle con l'apprendimento cognitivo dell'edificio costruito. (Al Dakheel et al., 2020; Pasini et al., 2016; Boschert e Rosen, 2016).

In questo contesto, la ricerca affronta il tema della progettazione e gestione innovativa del patrimonio esistente attraverso strumenti e digitalizzazione dei processi; quest'ultima intesa, non come strumento operativo ma, come cultura di un processo in continua evoluzione che rappresenta uno degli elementi in grado di soddisfare le esigenze di inclusione e integrazione sociale, dando spazio ad una nuova percezione dell'abitare che fa proprie le tematiche di sostenibilità architettonica, contesto urbano, storia ed estetica, riconducibili tutte ad una comunità che necessita di una connessione tra digitale e naturale.

1.2 _ Definizione parole chiave

Agenda 2030

L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile è un programma d'azione per le persone, il pianeta e la prosperità sottoscritto nel settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri dell'ONU. Essa ingloba 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile – Sustainable Development Goals, SDGs – in un grande programma d'azione per un totale di 169 'target' o traguardi. L'avvio ufficiale degli Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile ha coinciso con l'inizio del 2016, guidando il mondo sulla strada da percorrere nell'arco dei prossimi 15 anni: i Paesi, infatti, si sono impegnati a raggiungerli entro il 2030.

Agenda Digitale

Strategia definita dagli Organi dello Stato attraverso la quale si decide di affrontare il processo di innovazione tecnologica di infrastrutture e servizi. Si tratta, dunque, di un documento programmatico con il quale ogni ente pubblico definisce il proprio impegno strategico per promuovere l'economia digitale all'interno del territorio di competenza.

nZEB – nearly Zero Energy Building (edificio ad energia quasi zero)

Edificio ad altissima prestazione energetica in cui il fabbisogno energetico molto basso o quasi nullo è coperto in misura significativa energia prodotta da fonti rinnovabili, in situ.

Smart Building e Cognitive Building

Edifici caratterizzati da dispositivi, sistemi di connessione e sensoristica intelligenti per il monitoraggio. Costruzioni fisico/digitali in grado di comunicare informazioni con altri edifici, con sistemi di mobilità, con sistemi di rete nel contesto urbano e con gli utenti.

Edifici che acquisiscono capacità di apprendimento attraverso la raccolta e l'elaborazione in tempo reale di dati per adattare le risorse alle reali esigenze dell'uomo in relazione alle condizioni dell'ambiente esterno.

ICT – Information and Communications Technology

Tecnologie riguardanti sistemi integrati di telecomunicazione che permettono agli utenti di creare, immagazzinare e scambiare informazioni.

Processi e pratiche connesse alla trasmissione, ricezione ed elaborazione dei dati e delle informazioni.

Digital Twin

Replica digitale o virtuale di un prodotto fisico, sistema o processo del mondo reale caratterizzato dal flusso dinamico di informazioni. Consente la connessione bidirezionale dell'oggetto reale con modelli digitali informativi acquisendo dati in tempo reale o dati storici provenienti dall'oggetto o dal processo corrispondente. L'obiettivo del Digital Twin riguarda la replica accurata e dinamica della sua controparte fisica, consentendo di analizzare, simulare e ottimizzare le prestazioni.

BIM – Building Information Model (modello informativo dell'edificio)

Approccio metodologico che consente la progettazione e/o la riproduzione di un edificio o una infrastruttura, mediante la digitalizzazione dell'intero processo edilizio, attraverso la gestione dei flussi informativi e la modellazione dell'intero ciclo di vita dell'opera.

<<Utilizzo di una rappresentazione digitale condivisa di un edificio per facilitare i processi di progettazione, di costruzione e di esercizio, in modo da creare una base decisionale affidabile.>> (ISO 19650)

Modello Informativo

Veicolo di simulazione e di contrattualizzazione di un prodotto o di un processo del settore delle costruzioni attraverso contenuti informativi di natura grafica, documentale (alfanumerica), multimediale. (UNI 11337-1)

IFC – Industrial Foundation Classes

Standard internazionale aperto per promuovere funzionalità neutre rispetto al fornitore o agnostiche e utilizzabili su una vasta gamma di dispositivi hardware, piattaforme software e interfacce per molti casi d'uso diversi.

Si definisce formato IFC la descrizione digitale standardizzata dell'ambiente costruito, inclusi edifici e infrastrutture civili (buildingSMART Italia).

IoT – Internet of Things

Rete di dispositivi fisici interconnessi che sono in grado di trasmettere e scambiare dati tra loro attraverso l'infrastruttura Internet. Questi dispositivi, che possono essere incorporati in oggetti di uso quotidiano, veicoli, elettronica e altro, sono dotati di sensori, software e tecnologie che consentono loro di raccogliere e condividere informazioni.

In generale, l'IoT consente una connettività avanzata di dispositivi, sistemi e servizi per l'acquisizione e la trasmissione di dati in tempo reale.

Gestione Informativa

Utilizzo di risorse per coordinare i singoli elementi che costituiscono un'organizzazione e renderli maggiormente compiuti e finalizzati agli obiettivi prefissati (Agostinelli, Ruperto, 2020). Implica, dunque, l'acquisizione di dati interconnessi tra loro, ossia informazioni mirate a supportare l'istituzione di una base decisionale che inevitabilmente influisce sulla portata e complessità dei processi informativi.

Operation&Maintenance

Fase costituita dall'insieme di attività e processi di manutenzione finalizzati a garantire la corretta gestione dell'opera e il funzionamento di attrezzature e componenti edilizi.

Protocolli

Regolamentazioni e standard pensati per garantire un flusso corretto delle attività, consentendo la verificabilità dei risultati (UNI 11648).

Messa a sistema di processi e fasi procedurali per indirizzare il corretto svolgimento delle attività.

1.3 _ Obiettivi della ricerca

L'obiettivo generale della ricerca è incentrato sulla governance innovativa del patrimonio architettonico esistente mediante l'adozione di approcci metodologici già consolidati nelle tecniche di progettazione dell'esistente.

In questo contesto, si pone particolare attenzione allo sviluppo delle definizioni di Smart Building e Cognitive Building.

Questa prospettiva concepisce gli edifici non solo come entità fisiche ma anche come entità cognitive e adattive alle effettive esigenze umane, in stretta correlazione con l'ambiente circostante.

Il fine è quello di creare spazi architettonici che non solo rispondano in modo efficace alle sfide attuali, ma che siano anche in grado di apprendere, adattarsi e migliorare continuamente nel tempo.

Nello specifico, la ricerca ha definito, sviluppato e sperimentato Protocolli BIM-Based per Smart Building e Smart Communities.

Questi Protocolli integrano processi e tecnologie esistenti per affrontare le sfide nella gestione dell'opera, adottando l'approccio Digital Twin per la diretta interazione tra edificio, utente e ambiente esterno.

Questo coinvolge lo scambio bidirezionale di dati tra l'edificio fisico e quello virtuale. Ciò implica il flusso continuo e costante di informazioni tra le due entità. L'edificio reale invia dati alla sua replica digitale (ad esempio, dati sull'utilizzo delle risorse, sulle prestazioni, sulla qualità dell'ambiente, ec.); viceversa, la replica digitale può comunicare con l'edificio reale fornendo informazioni per l'ottimizzazione delle operazioni o per migliorare la qualità prestazionale degli ambienti.

Nell'ottica di una governance innovativa del patrimonio architettonico, tali Protocolli facilitano l'interazione diretta tra edificio e occupante, potenziando l'interoperabilità durante il ciclo di vita dell'opera. Essi integrano i processi di gestione organizzando il flusso informativo connesso all'edificio, attribuendo un ruolo centrale all'informazione.

L'obiettivo è garantire il corretto utilizzo e le prestazioni dell'opera attraverso la definizione e il monitoraggio di standard qualitativi.

L'approccio metodologico adottato integra tecnologie e strumenti digitali già esistenti, promuovendo la loro sinergia e focalizzandosi sulla sperimentazione dell'implementazione dei processi di gestione informativa, processi di interoperabilità, mediante il modello informativo, e processi di monitoraggio, per la governance dell'esistente.

Uno degli elementi innovativi consiste nell'integrare interventi a livello edilizio e urbano, favorendo la circolarità e l'interoperabilità delle informazioni attraverso l'operatività dell'approccio Digital Twin.

L'implementazione dei protocolli BIM-Based nell'ambito della governance del patrimonio edilizio implica l'adozione di una piattaforma di gestione informativa e lo sviluppo di un modello informativo, entrambi fondamentali per delineare processi di interoperabilità dell'opera. Questo comprende l'integrazione speditiva di sistemi di monitoraggio operanti tramite dispositivi di domotica, sfruttando le potenzialità dell'IoT (Internet of Things) per la trasmissione, acquisizione e gestione in tempo reale dei dati.

L'obiettivo principale dell'applicazione dei protocolli BIM-Based alla gestione del

patrimonio esistente è favorire la capacità di apprendimento degli edifici assicurando il corretto mantenimento delle prestazioni dell'opera nel tempo. Questo implicherebbe, inoltre, di dotare gli edifici di approcci e sistemi smart, consentendo loro di adattarsi in modo dinamico alle reali esigenze degli occupanti nel corso del tempo.

1.4 _ Metodologia

Le attività di ricerca si sono svolte presso le seguenti sedi:

BIG S.r.l. – spinoff accademico dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria.

Gruppo Contec Ingegneria S.r.l.

Escuela Técnica Superior de Arquitectura - Universidad Politécnica de Madrid.

Sul piano metodologico la ricerca è stata distinta nelle seguenti sezioni.

SEZIONE 1 Costruzione e analisi dello stato dell'arte

Nella prima parte di questa sezione è stato approfondito il tema del progetto dell'esistente con particolare riferimento alle azioni di riqualificazione e gestione/manutenzione del patrimonio costruito.

Lo studio ha portato all'analisi dello scenario teorico/normativo, nonché ad un approfondimento tematico circa l'evoluzione dei processi di gestione.

Si è analizzato, inoltre, lo scenario europeo relativo alle strategie e politiche sull'esistente in coerenza con l'attuale transizione ecologica e digitale.

La seconda parte ha riguardato l'approfondimento tematico e lo studio riferito all'operatività dell'approccio Digital Twin con particolare applicazione alla fase di Operation & Maintenance.

Si sono approfonditi i processi di interoperabilità attraverso l'uso del BIM (Building Information Modeling) e dello scambio informativo attraverso standard IFC (Industry Foundation Classes), i processi di monitoraggio attraverso l'analisi dell'IoT (Internet of Things) e i processi di gestione informativa attraverso l'uso e l'approfondimento teorico sui CMMS e CAFM (Computer Maintenance Management System e Computer Aided Facility Management). Per quest'ultima tematica si è svolta un'analisi di mercato sulle diverse soluzioni delle piattaforme di gestione informativa.

Si è analizzata, inoltre, l'evoluzione del concetto di Smart Building e Cognitive Building.

SEZIONE 2 Definizione, sviluppo e sperimentazione dei Protocolli BIM-Based

Nella seconda sezione si sono sviluppati i Protocolli BIM-Based e successivamente applicati al caso studio individuato per avviare la fase di sperimentazione.

Nella prima parte si è definita la struttura generale che ha portato allo sviluppo del Protocollo Ambiente Costruito e al Protocollo BIM-Based per Smart Building e Smart Communities con approcci Digital Twin. Il primo riguarda la messa a sistema delle fasi appartenenti al tradizionale processo edilizio. Il secondo si inserisce nella fase di Operation & Maintenance considerando l'operatività dell'approccio Digital Twin. Si sono definiti in dettaglio, dunque, i processi appartenenti all'interconnessione del processo di interoperabilità, del processo di gestione informativa e del processo di monitoraggio.

Nella seconda parte di questa fase si è svolta la sperimentazione attraverso l'applicazione dei Protocolli BIM-Based al caso studio individuato.

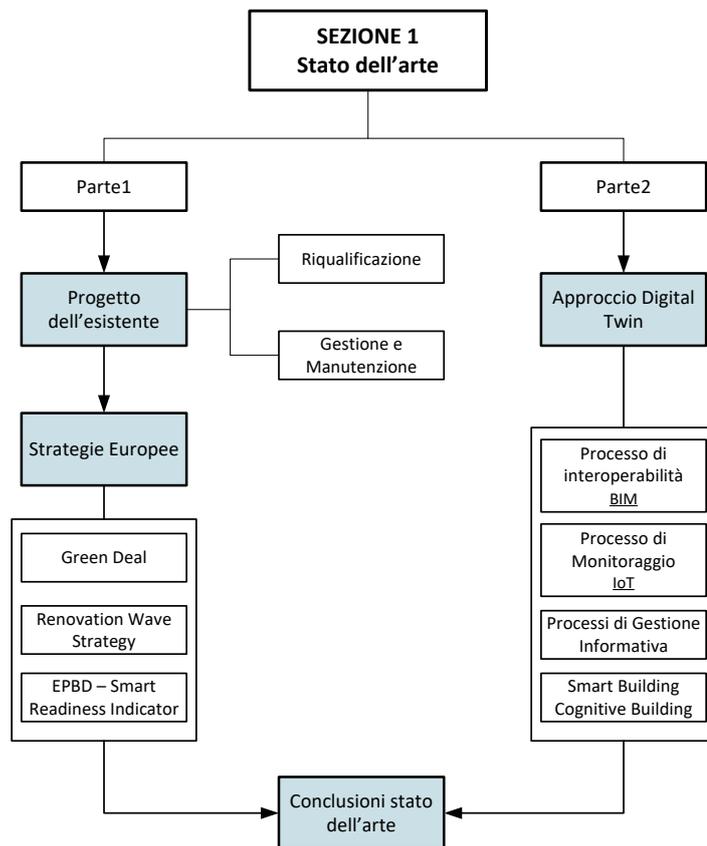
Sono stati implementati i protocolli per simulare le attività di governance innovativa del Complesso Torri presso la Cittadella Universitaria di Reggio Calabria. Per eseguire questa procedura, è stato prodotto il Digital Twin dell'edificio. L'attività è stata avviata in un primo momento attraverso la raccolta documentale e il rilievo dello stato di fatto utilizzando il processo scan to BIM. Successivamente è stato prodotto il modello informativo dettagliato dell'edificio attraverso l'utilizzo della metodologia BIM.

Il modello informativo è esportato su una piattaforma di gestione informativa dedicata per avviare le fasi previste dal processo di Gestione Informativa, nonché la programmazione delle attività di manutenzione.

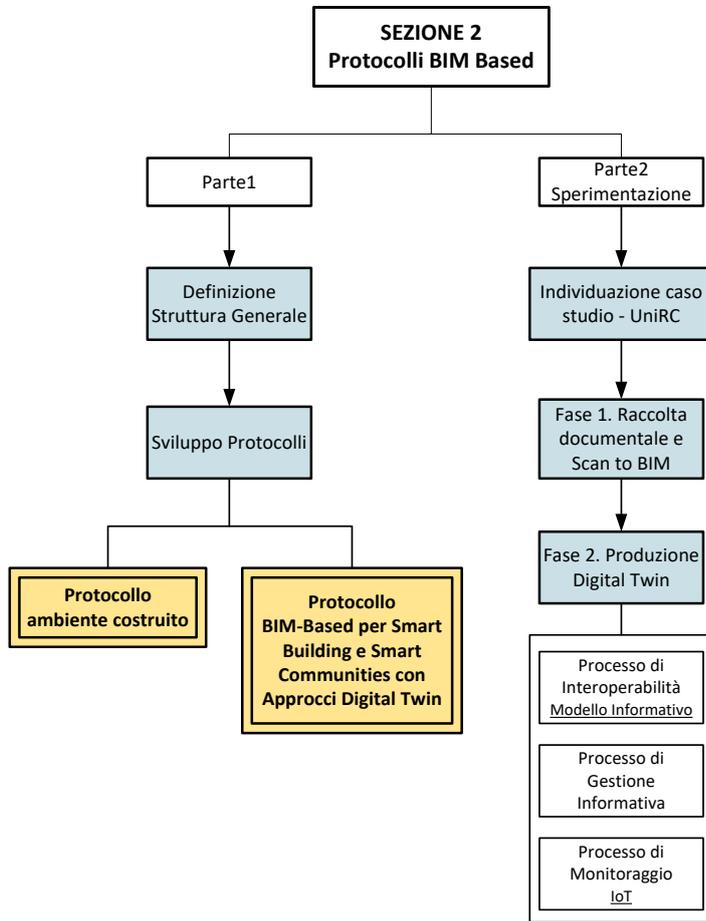
Infine, è stato intrapreso il processo di monitoraggio, il quale ha coinvolto la selezione di specifici indicatori di prestazione chiave e l'applicazione dello Smart Readiness Indicator. Quest'ultimo è volto a valutare la preparazione e la capacità dell'edificio di rispondere in modo intelligente alle esigenze degli occupanti in funzione alle richieste dell'ambiente esterno.

Di seguito si indicano gli strumenti utilizzati:

- Revit Autodesk Educational per la produzione del modello informativo BIM.
- USBIM.Viewer per la visualizzazione e la gestione del modello in formato IFC.
- ManTus per la produzione del piano di manutenzione.
- DaluxFM per la gestione informativa attraverso il CAFM-CMMS.



Schema Metodologia Sezione 1



Schema Metodologia
Sezione 2

Stato dell'arte

2.1 _ Il Progetto dell'esistente

Il dibattito e la prospettiva del Progetto dell'esistente veniva introdotta da Valerio Di Battista intorno alla fine degli anni '80: <<La denotazione progetto dell'esistente esplicita un capovolgimento assai profondo e radicale dell'architettura; il progetto non è più concepito nell'univoca previsione di quanto ancora non dato (il nuovo prodotto, il nuovo edificio, la nuova città, la nuova immagine del territorio, ecc.), ma in quella di mutamenti relativi e parziali di quanto già dato: prodotti edifici, sistemi fisici e immagini che già esistono>> (Di Battista, 1980). Da qui, si avvia un processo evolutivo del dibattito attraverso la definizione di una nuova complessità legata al tema del recupero edilizio, seguita poi dalla ricerca di strumenti di conoscenza e metodi di intervento perfezionando, infine, i significati dei termini riferiti alla riqualificazione, manutenzione, salvaguardia e riuso. Si legittimava, dunque, l'ampliamento dei campi d'interesse per l'esistente, spostando l'attenzione dall'edificio al contesto urbano, definendo rinnovate e delicate istanze, quali: l'attenzione per il clima, l'ambiente e il paesaggio, le emergenze energetiche, la sicurezza sismica, il comfort degli utenti (Lauria, 2016).

L'ambiente costruito, quindi, diviene il principale campo d'indagine e di sperimentazione per l'attuazione di processi di riqualificazione, gestione e manutenzione.

La correlazione tra riqualificazione e manutenzione di recente ha rappresentato un punto di interesse nel settore delle costruzioni per quanto riguarda la manutenzione, sia in termini di previsione delle opere di manutenzione in fase di nuova progettazione, sia in termini di interventi necessari per la durabilità nel tempo relativi a tutti gli elementi che costituiscono il contesto urbano, tra cui anche l'edilizia esistente.

Relazione, quella tra riqualificazione e manutenzione, che si pone come indicatore non più trascurabile di urgenze-emergenze connesse alla necessità-opportunità di salvaguardia e recupero e di un'indispensabile innovazione dei processi di intervento sul patrimonio esistente.

Opportunità versus Necessità, può considerarsi come espressione di un dualismo attivo, propositivo capace di ri-definire e attualizzare il ruolo della manutenzione all'interno dell'intero processo edilizio, in una prospettiva di resilienza capace di coinvolgere le diverse scale di azione: territorio, città, edificio (Azzalin, 2019).

Considerazioni che mostrano una forte consapevolezza dell'importanza di un adeguato e innovativo approccio procedurale.

Renzo Piano sosteneva, a tal proposito, che <<Riabilitazione, o Recupero, o Riuso sono ormai suggeriti dalla convenienza economica, sociale e culturale: tutto sembra spingere in queste direzioni...>> (Piano, 1980). Affermazione non recente ma ancora oggi attuale, la quale tiene ancora aperta la questione del progetto dell'esistente.

In Italia le attività di manutenzione e ristrutturazione edilizia rappresentano ancora oggi un comparto di sviluppo economico-culturale sotto una forte attenzione strategica da parte delle istituzioni.

Secondo i dati ANCE (2022), il settore della manutenzione e ristrutturazione durante la crisi economica e pandemica è stato l'unico a registrare un segno positivo, rispetto al calo

significativo in tutti gli altri settori di attività. La stima presentata nel report di Maggio 2022 – n.6, curata dalla Direzione Affari Economici, Finanza e Centro Studi, è di un significativo incremento degli investimenti in costruzioni del +16,4% rispetto al 2020, derivante da aumenti generalizzati in tutti i comparti. La crescita risulta trainata, in particolare, dal comparto della riqualificazione edilizia, il cui incremento supera il 20% (ANCE, 2022).

Intervenire sul patrimonio edilizio esistente è diventata, dunque, una priorità comune alle politiche urbanistiche, di riqualificazione e gestione, per diversi paesi europei. La comunità europea ha individuato in tale approccio la risposta alla necessaria volontà di crescita non più solo di carattere culturale e sociale ma anche economica e di sostenibilità.

Attraverso innumerevoli documenti chiave, dalle Carte del Restauro ad una serie di Strategie europee di riqualificazione, seppur sviluppati in periodi storici e ambiti culturali differenti, si possono desumere principi e posizioni ormai consolidate che esprimono la medesima necessità/opportunità: salvaguardare, adeguare e valorizzare il patrimonio esistente.

In particolare, la carta di Amsterdam del 1975 ha introdotto il concetto di "conservazione integrata" per la salvaguardia del patrimonio architettonico esistente che ha compreso "non solo edifici isolati di eccezionale valore ed il loro ambiente, ma pure gli insiemi, quartieri di città e villaggi, che offrano un interesse storico o culturale". <<Il patrimonio architettonico europeo non è formato soltanto dai nostri monumenti più importanti, ma anche dagli insiemi degli edifici che costituiscono le nostre città e i nostri villaggi tradizionali nel loro ambiente naturale costruito.>>

La carta di Cracovia del 2000, inoltre, ha introdotto l'idea di manutenzione dell'intero territorio nella logica di conservazione del patrimonio costruito in quanto elemento caratterizzante della diversità culturale e quindi della "pluralità dei valori fondamentali" dell'Europa moderna e contemporanea. <<Il patrimonio architettonico, urbano e paesaggistico, così come i singoli manufatti di questo, è il risultato di una identificazione associata ai diversi momenti storici ed ai vari contesti socio - culturali. La conservazione di questo patrimonio è il nostro scopo. La conservazione può essere attuata attraverso differenti modalità di intervento come il controllo ambientale, la manutenzione, la riparazione, il restauro, il rinnovamento e la riqualificazione. Ogni intervento implica decisioni, selezioni e responsabilità in relazione al patrimonio nella sua totalità, anche per quelle parti che attualmente non hanno un particolare significato, ma che potrebbero assumerne uno in futuro.>>

Appare evidente, quindi, che il progetto dell'esistente risulti non solo come azione di urgente necessità di recupero del patrimonio edilizio interessato da fenomeni di invecchiamento e da processi di degrado, ma anche opportunità di sviluppo economico, sociale, culturale e di una continua innovazione nel settore delle costruzioni.

Parlare di intervento sull'esistente, inoltre, si traduce spesso in studio e approfondimento di una duplice tematica. Da un lato la riqualificazione dell'esistente, dall'altro operazioni di manutenzione. Azioni che, seppur distinte, dialogano e restano connesse dal medesimo approccio metodologico che si configura sia in termini di scelta progettuale per intervenire sul vecchio, sia in termini di gestione e controllo nel tempo del comportamento prestazionale dell'oggetto edilizio e di sue parti. Evidenziando, inoltre, la convenienza di prevenire il decadimento, piuttosto che limitarsi a intervenire a guasto avvenuto.

Si afferma pertanto il bisogno, accanto a strumenti e procedure mirate, di un sistema di informazioni che sviluppato a scale diverse, da quella ambientale, a quella costruttiva e alla più ridotta scala materica, sia capace di dare supporto ad una effettiva pianificazione e gestione delle operazioni di manutenzione.

Si comprende, quindi, che intervenire sul patrimonio esistente non riguardi solo interventi isolati e straordinari, ma si tratti di un sistema di scelte progettuali connesse e comunicanti tra di loro che debbano essere precedute da un'opportuna conoscenza dell'oggetto di intervento.

Tale conoscenza non riguarda solamente la lettura e l'interpretazione di degrado, ma

riguarda anche le informazioni relative alla natura materica e funzionale/prestazionale dell'oggetto.

Conoscenza acquisita attraverso informazioni interconnesse da attuarsi in relazione ad un'attenta e accurata indagine preliminare al progetto di riqualificazione e sicuramente necessaria per una effettiva gestione delle operazioni di manutenzione.

A riguardo, Valerio Di Battista (1996) affermava che <<*i caratteri specifici che qualificano il progetto sull'esistente ...sono riferiti principalmente a due ordini di questioni: le attività di analisi e di diagnosi dell'edificio preesistente; e la necessità di regolare in misura diversa la eventualità/opportunità di consentire modifiche in corso d'opera*>> (Di Battista, 1996).

La gestione dei beni avviene a partire dalla raccolta di dati, dalla loro trasmissione alla loro organizzazione, al fine di poterli interrogare e analizzare: questo comporta che fin dalle prime fasi del processo edilizio debba esistere un sistema che possa identificarli in modo univoco e coerente (Paparella, 2020). Azione introduttiva necessaria per una effettiva progettazione dell'esistente, la quale consente una fase di conoscenza dell'opera e una fase che mira alla visualizzazione e acquisizione delle informazioni sulla prestazione dell'opera. Come specifica Cinzia Talamo (2014), gli elementi devono essere identificati in modo univoco e coerente all'interno di tutti i sistemi informativi che li contengono e devono essere organizzati secondo una determinata logica (Talamo, 2014).

Questa esigenza di creare un sistema informativo idoneo per la gestione dei beni è ovviamente presente nell'ambito della digitalizzazione del costruito, ma implica un'accurata selezione dei dati utili a favore delle azioni previste, sia in fase di progettazione che di esercizio (Castagna, 2020).

Tra gli aspetti che caratterizzano la fase preliminare di conoscenza dell'edificio sicuramente centrale è la necessità di adottare un approccio scientifico metodologico, finalizzato alla raccolta delle informazioni, proprio della ricerca.

Aspetti che individuano una connessione tra le due tipologie di intervento, riqualificazione e manutenzione, entrambe segnate dalla conoscenza e dall'informazione. In questo scenario, emerge la necessità di ripensare alla gestione del patrimonio edilizio secondo una logica esigenziale – prestazionale (Paparella, 2020). Ciò comporta ad una sistematizzazione delle informazioni in modo che siano finalizzate alla gestione dell'opera, specificandone le azioni di manutenzione e le strategie di monitoraggio sulle prestazioni.

Tutti elementi che esprimono, dunque, la necessità/opportunità di un innovato approccio metodologico al progetto dell'esistente.

2.1.1 _ La riqualificazione dell'esistente

La conservazione e la progettazione del patrimonio esistente, tramite interventi finalizzati al suo adeguato riutilizzo, rappresenta un'opportunità di notevole rilevanza per la crescita economica, sociale e ambientale.

Gli interventi sull'esistente hanno un valore strategico per le politiche di pianificazione urbana e territoriale, poiché non solo favoriscono l'ottimizzazione e il riuso delle risorse già presenti, ma contribuiscono anche a raggiungere obiettivi di sostenibilità ambientale ed economica-sociale.

La riqualificazione dell'esistente, infatti, permette di mantenere il tessuto urbano rimarcando i caratteri morfologici che segnano un linguaggio socio-culturale dei luoghi, ma nello stesso tempo crea le condizioni di rinnovamento e valorizzazione degli elementi che lo compongono.

Quando si parla di interventi sul costruito, spesso vengono utilizzati termini come "riuso, recupero, trasformazione, riqualificazione/ristrutturazione, restauro". Definizioni che, seppur con significati differenti, mirano tutte alla medesima volontà di valorizzazione o ri-

valorizzazione di un territorio, città o semplicemente di un singolo edificio, di elementi già presenti nel contesto sociale e culturale.

La riqualificazione, dunque, può divenire l'occasione per innescare un processo di rigenerazione/valorizzazione strategica di un territorio (Forlani, 2013).

A riguardo, Mario Losasso (2015) sostiene che << *Per offrire risposte credibili sul piano delle politiche urbane e delle prassi progettuali è necessario porre al centro del dibattito la transizione da cicli di espansione urbana a cicli rigenerativi in cui possano trovare posto appropriati valori civili, ambientali e produttivi.*>> Rappresenta, quindi, una prassi per lo sviluppo di strategie volte a risolvere criticità della città contemporanea, <<...*al fine di un progresso durevole delle condizioni economiche, fisiche, sociali e ambientali*>> (Losasso, 2015).

James Douglas (2006) ha definito l'intervento di adattamento come qualsiasi azione su un edificio oltre il mantenimento, colta a cambiare la sua capacità, funzione o performance; ogni intervento, quindi, che ha come obiettivo le attività di riuso, avrà come fine la necessità di "aggiornare" un edificio per soddisfare nuove condizioni o requisiti.

Pertanto, si può dedurre che la riqualificazione comprende tutte quelle azioni tecniche effettuate sugli elementi strutturali e tecnici di un edificio per adattarlo ai nuovi requisiti; realizzata sia alla piccola scala dell'edificio, sia alla media e grande scala, comprendendo isolati e quartieri.

I vantaggi legati alla riqualificazione dell'esistente riguardano, in primo luogo, la riduzione del consumo di suolo e, insieme la riduzione della produzione di materiali di scarto in seguito alle operazioni di eventuali demolizioni. Ulteriore beneficio è dettato dalla possibilità di incrementare l'efficienza energetica e risolvere quella che viene definita "povertà energetica" degli edifici esistenti, grazie all'utilizzo dei nuovi approcci di intervento sugli elementi tecnici, sull'isolamento, sugli impianti, sull'illuminotecnica, etc.

Stephen Richardson (2020), Direttore del Network Europeo Regionale, World Green Building Council, ha affermato infatti che << *la riqualificazione degli edifici porta con sé benefici più ampi, come la capacità di affrontare il problema della povertà energetica, stimolare le economie locali e creare posti di lavoro...*>>.

Un importante ambito da considerare quando si parla di riqualificazione è, quindi, senza dubbio l'ambito energetico.

In questo contesto, risulta doveroso riportare alcune considerazioni contenute nelle normative nazionali ed europee.

La Raccomandazione UE 2019/786 sulla ristrutturazione degli edifici, riprendendo la Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, indica come ristrutturazioni profonde (deep renovation) quelle che comportano un ammodernamento tale da ridurre il consumo energetico di un edificio di una percentuale significativa rispetto ai livelli precedenti alla ristrutturazione, conducendo ad una prestazione energetica molto elevata.

In Italia, il concetto di ristrutturazione importante è stato definito dalla Legge n. 90/2013 e il Decreto Ministeriale del 26/06/2015 (Requisiti Minimi), che hanno distinto varie tipologie di intervento.

È definita "ristrutturazione importante" l'intervento che interessa gli elementi e i componenti integrati costituenti l'involucro edilizio che dividono un volume a temperatura controllata dall'ambiente esterno o da ambienti non climatizzati, con un'incidenza superiore al 25% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio.

<< *Le ristrutturazioni importanti sono suddivise in primo livello e secondo livello. Le prime riguardano interventi che interessano più del 50% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e contemporaneamente la ristrutturazione dell'impianto termico invernale e/o estivo, asservito all'edificio stesso. In questo caso, i requisiti prescritti si applicano all'intero edificio e si riferiscono, quindi, alla sua prestazione energetica relativa al servizio o ai servizi interessati. Le ristrutturazioni importanti di secondo livello invece consistono in interventi che interessano dal 25% al 50% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio ed eventualmente il*

rifacimento dell'impianto termico per il servizio di climatizzazione invernale e/o estiva>>.

Al di fuori di tale classificazione ricadono tutti gli altri interventi di riqualificazione energetica che comunque hanno un impatto sulla prestazione energetica dell'edificio ma coinvolgono una superficie inferiore o uguale al 25% della superficie disperdente lorda complessiva dell'edificio e/o consistono nella nuova installazione, nella ristrutturazione di un impianto termico asservito all'edificio o in altri interventi parziali, compresa la sostituzione del generatore. In tal caso, i requisiti di prestazione energetica richiesti si applicano soltanto ai componenti interessati dall'intervento e si riferiscono alle loro relative caratteristiche tecnico-fisiche o di efficienza.

ENEA (2020), inoltre, ha definito la categoria degli interventi di "riqualificazione globale" che comprende qualsiasi intervento o insieme sistematico di interventi che incida sulla prestazione energetica dell'edificio (ENEA, 2020).

Le politiche Europee, enfatizzate attraverso gli obiettivi individuati nelle relative strategie come meglio descritte al paragrafo 2.2, si traducono in impegni specifici. Questi impegni riguardano il recupero e la valorizzazione del patrimonio edilizio esistente, il supporto allo sviluppo economico e sociale, la riduzione del consumo di suolo e la conservazione dell'edificio attraverso strategie di gestione dell'opera.

Politiche che riportano ad un approccio unico di pensare e ri-pensare alla riqualificazione dell'esistente, sottolineando l'importanza di considerare il contesto delle strategie europee nell'esecuzione e nella pianificazione delle attività di gestione dell'opera.

2.1.2 _ Gestione e Manutenzione dell'esistente

La gestione dell'opera costituisce uno degli aspetti fondamentali nel contesto del progetto dell'esistente.

Secondo la norma UNI 10838:1999, il processo edilizio si articola in fasi che si susseguono tra loro, quali: decisionale, esecutivo e gestionale. Il processo di gestione, secondo la norma, viene indicato come <<Insieme strutturato delle fasi operative che a partire dall'entrata in servizio dell'organismo edilizio, si susseguono, allo scopo di assicurare il funzionamento, fino all'esaurimento del suo ciclo funzionale ed economico di vita>>.

La gestione dell'opera comprende il processo di funzionamento e governo dell'edificio e il processo di conservazione in uso che, a sua volta, include la definizione degli eventuali interventi di manutenzione.

La manutenzione viene considerata come processo integrato di carattere gestionale riferito a tutti gli elementi dell'organismo edilizio di carattere edile e tecnologico. La norma UNI EN 13306:2003 definisce la manutenzione come la <<combinazione di tutte le azioni tecniche, amministrative e gestionali, previste durante il ciclo di vita di un'entità, destinate a mantenerla o riportarla in uno stato in cui possa eseguire la funzione richiesta>> (Sostituita da UNI EN 13306:2010 e da UNI EN 13306:2018).

Fino ai primi anni '80, l'approccio che veniva attribuito alla manutenzione consisteva nell'assumere una strategia operativa, intesa come insieme di attività necessarie per il ripristino dei guasti e mantenere le condizioni di funzionamento del bene (Molinari, 1989). Il dibattito scientifico-culturale considera la manutenzione come nodo ed elemento di connessione tra le scelte progettuali e la fase di gestione (Ciribini, 1979; Molinari, 1989; D'Alessandro, 1994) ponendo, altresì, attenzione al passaggio da un processo, prima ingegneristico e, successivamente, proattivo, basato sui principi e le prassi della manutenzione predittiva (Cattaneo, 2012).

Si può affermare, dunque, che la manutenzione ha assunto negli anni un'evoluzione orientata verso l'attuazione di politiche e strategie di pianificazione dei processi gestionali del costruito.

Risulta evidente come i due concetti, "gestione e manutenzione" o "gestione della manutenzione", risultino connessi da termini come durabilità, mantenimento e previsione, tipico di un approccio operativo che diventa parte integrante delle attività di progettazione o ri-progettazione. Connessione che richiama quanto detto da Claudio Molinari quando definiva <<il progetto per la manutenzione e il progetto della manutenzione>> (Molinari, 1994) richiamando nuovi approcci metodologici, nuove forme gestionali e manutentive del patrimonio esistente.

Questioni affrontate anche da Cinzia Talamo (2003), <<In un'ottica terotecnologica, la manutenzione e la gestione sono intese come un sistema strategico integrato di processi, strumenti e servizi in grado di favorire il mantenimento/incremento delle risorse, valenze e qualità di natura sociale, funzionale, estetica, ambientale, tecnologica ed economica, espresse o esprimibili dai patrimoni immobiliari e urbani, durante il loro ciclo di vita o di esercizio>> (Talamo, 2003), che indicano la relazione necessaria tra la fase progettuale e le attività di gestione/manutenzione dell'opera.

L'approccio alla gestione dell'opera, dunque, diviene un sistema complesso e articolato che attraversa e coinvolge tutte le fasi del processo edilizio. Questo sistema di gestione, include la pianificazione delle attività necessarie per governare e controllare le funzioni assegnate ai sistemi edilizi, coinvolgendo la programmazione, la progettazione e la previsione, con l'obiettivo di garantire nel tempo il mantenimento dei livelli prestazionali dell'edificio e delle sue componenti.

Come definito da Claudio Molinari, <<L'idea di manutenzione si lega indissolubilmente all'azione progettuale; ne modifica gli statuti, ne coinvolge i protagonisti. Poiché è proprio l'atto progettuale, che si dovrà far carico di simulare le conseguenze nel tempo delle sue decisioni, di prevedere le traiettorie di trasformazione da queste indotte>> (Molinari C., in Talamo, 1998).

Approccio metodologico, dunque, che attribuisce alla manutenzione un ruolo centrale, superando la concezione dell'intervento occasionale e limitata nel tempo, inserendosi in una prospettiva che considera un quadro esigenziale-prestazionale. In questa visione, risulta essenziale acquisire un adeguato livello di conoscenza degli elementi mediante la comunicazione delle informazioni durante la fase di progettazione.

Asko Sarja (2002) ha espresso, inoltre, che <<Le specifiche di progetto definite nel corso delle diverse fasi del processo progettuale vengono raccolte e verificate. Questa operazione che continua durante tutto il processo progettuale, costituisce al termine la documentazione per il controllo e la manutenzione dell'opera durante il suo ciclo di vita>> (Sarja, 2002).

Risulta, dunque, di grande rilevanza la relazione tra l'atto del progettare e l'obiettivo di garantire la rispondenza delle prestazioni offerte alle esigenze espresse attraverso la produzione delle informazioni riguardanti gli elementi che compongono l'edificio.

Diviene essenziale richiamare l'operatività degli strumenti di supporto come il Piano di Manutenzione o le piattaforme di gestione informativa, che diventano processi dinamici, capaci di recepire le informazioni e dati necessari in modo da garantire, nel tempo, la migliore soluzione operativa assicurandone le prestazioni dell'opera.

Strumenti e processi che, nell'epoca della transizione ecologica e digitale in corso, richiedono alla manutenzione una ulteriore rilettura delle tradizionali strategie e prassi operative, sia dal punto di vista dell'intervento che dal punto di vista dell'acquisizione e gestione del dato.

Appare fondamentale, dunque, evidenziare la centralità del moderno concetto di Facility Management, il quale si sviluppa in funzione alle specifiche esigenze dell'utenza, in relazione agli obiettivi di attuazione delle attività di manutenzione orientate alla prestazione dell'edificio.

Secondo la norma UNI EN 15221-2007, il Facility Management è la <<gestione integrata di una pluralità di servizi, processi e attività rivolte agli edifici, agli spazi e alle persone, non rientranti nelle attività chiamate "core business" di un'organizzazione, ma necessari per il suo

funzionamento>> (UNI EN 15221-2007).

IFMA (International Facility Management Association), definisce il FM come il <<*processo di progettazione, implementazione e controllo attraverso il quale gli edifici e i servizi di supporto sono individuate, specificate, reperite ed erogate allo scopo di fornire e mantenere livelli di servizio in grado di soddisfare le esigenze...*>> (IFMA, 2011).

Dal punto di vista operativo, il Facility Management si sviluppa in base alle particolari esigenze degli utenti al fine di garantire il soddisfacimento di requisiti funzionali e prestazionali specifici dell'edificio.

La medesima IFMA definisce questa disciplina come la strategia di gestione degli edifici, categorizzando le attività in relazione agli interventi.

Classifica, inoltre, i servizi in tre macro - aree:

- Servizi all'edificio; racchiude tutte le attività di manutenzione dei componenti edilizi e degli impianti. Ha come obiettivo principale il mantenimento e la continuità di funzionamento dell'edificio e dei suoi componenti, al fine di garantire il carattere prestazionale degli ambienti. L'aspetto operativo di questa macro – area avviene mediante la gestione manageriale di attività finalizzate all'ispezione periodica, alle segnalazioni di guasto, al supporto per l'esecuzione delle attività manutentive e alle attività di monitoraggio.

- Servizi allo spazio; racchiude le attività di gestione dello spazio, inteso come spazio fisico e concettuale in cui si svolge l'organizzazione degli ambienti nell'edificio. L'obiettivo è quello di garantire comfort, sicurezza e fruibilità nell'uso degli spazi.

- Servizi alle persone; questa macro – area comprende i servizi di pulizia e igiene dei locali e arredi, raccolta e smaltimento dei rifiuti, servizi volti a garantire gli standard minimi di sicurezza nei confronti degli utenti e dei beni dell'edificio.

Questa suddivisione risulta essere finalizzata alla sistematizzazione delle attività strettamente connesse agli elementi fisici dell'edificio e sono finalizzate a supportare le attività e le esigenze dell'utente garantendo, al tempo stesso, la qualità prestazionale degli spazi.

Il Facility Management, dunque, è un processo di gestione integrata che si struttura attorno all'organizzazione specifica, ai suoi principali processi e alle relazioni strategiche e operative tra la richiesta e l'offerta di servizi integrati. Questo avviene in un equilibrio coerente tra i requisiti e le prestazioni, tra la qualità e i costi, a livello sia strategico che operativo.

Bisogna affermare, inoltre, che le attività di Facility Management dipendono in grande misura dall'accuratezza e dall'accessibilità dei dati prodotti nelle fasi di progettazione e costruzione (Lavy e Jawadekar, 2014).

Risulta, dunque, necessario richiamare il valore aggiunto che assume la manutenzione all'interno dei servizi di Facility Management, divenendo processo di carattere gestionale riferito a tutti gli elementi dell'edificio. Tale processo prevede la definizione di standard qualitativi da monitorare nel tempo, la definizione delle entità e delle strategie manutentive degli interventi.

In questo contesto appare quindi cruciale il tema dell'acquisizione e selezione delle informazioni per le operazioni di manutenzione e gestione.

L'esigenza di avviare un nuovo sistema di informazioni, capace di dare supporto ad una effettiva gestione e pianificazione delle operazioni di manutenzione, risulta un aspetto centrale del dibattito odierno. Come già definito da Claudio Molinari circa un ventennio fa, emerge la necessità di concentrarsi sulle attività <<*di supporto informativo retroattivo della manutenzione*>> (Molinari, 2002), in modo da poter accedere alla conoscenza preliminare che precede le attività di gestione e manutenzione, oltre che avere traccia di tutte le trasformazioni nel tempo del sistema edilizio.

La prospettiva è che la fase di gestione dell'opera possa avvalersi di un sistema di informazioni strutturate, coerenti, complete e crescenti nel tempo: questo significa che

è fondamentale seguire dei criteri organizzativi fin dal momento della loro generazione al fine del loro utilizzo nelle fasi successive, oppure provvedere al loro aggiornamento per la definizione di un database idoneo (EUBIM, 2018).

Secondo la UNI 10604:1997 successivamente sostituita dalla UNI EN 15331:2011, <<le informazioni necessarie sono quelle che descrivono compiutamente il bene ed il suo stato di adeguamento rispetto alla sua utilizzabilità ed al suo valore patrimoniale>>.

In un processo rinnovato all'interno di un contesto di transizione digitale, è essenziale operare mediante un sistema informativo che comprenda la connessione di una struttura gerarchica di entità reali (gli oggetti, le attrezzature e l'edificio) con un corrispondente modello informativo composto da elementi digitali. Questi elementi digitali, interconnessi tra loro, assicurano una comunicazione aggiornata tra le diverse entità e i parametri del processo decisionale.

Da queste considerazioni i termini di Gestione e Manutenzione, oggi, si affiancano a termini quali: Digital Twin, Interoperabilità, Monitoraggio attraverso IoT (Internet of Things). Concetti di un nuovo linguaggio segnato dall'avvento della quarta rivoluzione industriale e che investono sempre più le prassi del processo progettuale e, in particolare, di quello gestionale-manutentivo.

2.1.3 _ Opportunità della transizione ecologica e digitale

La consapevolezza della necessità di intervenire sul patrimonio esistente ha compiuto un percorso parallelo a quello inerente all'esigenza di adeguare il tradizionale processo edilizio ad un approccio metodologico guidato dall'innovazione tecnologica.

Considerazioni che evidenziano l'emergere di un nuovo "paradigma" nel settore delle costruzioni, guidato dall'inizio di una connessione tra il digitale e l'ecologico. Tale sviluppo risponde alle esigenze di una società che necessita di una relazione più stretta tra elementi artificiali e naturali.

In questo contesto, la necessità di una connessione tra ecologico e digitale diventa un'opportunità concreta quando si manifesta la volontà di adottare un approccio metodologico fondato sui principi di sostenibilità, resilienza, responsabilità, sviluppo economico e sociale. Questi principi centrali consentono all'uomo di interagire con l'ambiente in relazione con i concetti di rispetto, salvaguardia e mantenimento nel tempo. Tali concetti si configurano come indicatori essenziali in risposta alle urgenze ed emergenze legate a riqualificazione, riuso e sicurezza.

Tradizione e innovazione, artificiale e naturale, macchina e ambiente, sono relazioni essenziali per un nuovo approccio al progetto dell'esistente che oggi si trova in un contesto di "transizione ecologica e digitale". Una transizione che richiama i principi e le politiche attuative di Agenda 2030 e Industria 4.0, la quale si concentra sullo sviluppo sociale ed economico senza tralasciare il significativo valore della conservazione ed innovazione tecnologica, segnata dalla svolta digitale.

<<Una rivoluzione che assume in sé gli indirizzi programmatici di Agenda digitale e delle politiche di Industria 4.0. Le cui fondamenta sono l'Internet of Things (IoT), la robotica, i dispositivi connessi, i sistemi informatici fisici e la fabbrica 4.0; e i cui caratteri connotanti – velocità, portata, impatto dei sistemi – stanno determinando cambiamenti dirompenti in tutti gli ambiti della vita e delle attività dell'uomo>> (Lauria e Azzalin, 2021).

La digitalizzazione e l'innovazione di processi, prodotti e servizi rappresentano, infatti, fattori determinanti per la trasformazione e lo sviluppo sociale ed economico.

<<La digitalizzazione della quarta rivoluzione industriale fa comprendere come la progettualità possa immergersi in nuove concezioni spazio-temporali che potrebbero sostanziare significativamente le prossime trasformazioni dell'ambiente costruito>> (Losasso, 2019).

Da queste definizioni si può dedurre come le due transizioni, connesse e parallele tra loro, possano contribuire ad un nuovo modo di pensare e ri-pensare l'intervento dell'esistente.

Il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza sottolinea come la doppia transizione possa influenzare i processi progettuali e di conseguenza suggerisce un nuovo modo "digitale" per pensare la riqualificazione dell'esistente: <<Si punta a ristrutturare gli edifici pubblici e privati, migliorandone l'efficienza energetica attraverso l'isolamento termico, gli impianti di riscaldamento e raffreddamento e l'autoproduzione di elettricità, nonché il monitoraggio dei consumi da parte degli utenti. L'obiettivo fissato dall'UE è di raddoppiare il tasso di efficientamento degli edifici entro il 2025>> (PNRR, 2021).

In questo scenario, parlare di riqualificazione, oggi, rimanda ad un nuovo approccio progettuale, sia riferito all'aspetto energetico che all'aspetto strutturale che a quello architettonico.

Gli interventi di riqualificazione si possono classificare secondo diverse tipologie di intervento. Tra questi, quelli che riguardano l'involucro edilizio e l'aspetto architettonico; gli impianti e gli interventi relativi ai servizi di controllo e regolazione.

La qualità dell'involucro edilizio e degli impianti incide pesantemente sulle performance energetiche dell'edificio; il valore aggiunto, dettato dalle opportunità segnate dalla transizione in corso, è dato da una larga visione del processo edilizio, estesa alla gestione dell'opera. Questa è caratterizzata, dunque, da processi di acquisizione delle informazioni sul comportamento dell'edificio, grazie anche all'utilizzo di sistemi di monitoraggio che affiancano il processo decisionale per la gestione dell'esistente.

Sistemi caratterizzati dall'IoT (Internet of Things) per il processo di monitoraggio e da processi di interoperabilità e gestione informativa, i quali si caratterizzano come concetti principali per il Digital Twin. Quest'ultimo inteso come approccio metodologico che si basa sulla connessione tra il mondo virtuale e quello reale. Concetti, sistemi e processi che riguardano tutto il ciclo di vita dell'opera e che caratterizzano il significato di un nuovo linguaggio architettonico.

La digitalizzazione del processo edilizio rende, infatti, sempre più semplice analizzare le prestazioni dell'edificio a partire dalla fase di conoscenza dell'edificio e sempre più spesso in presenza di competenze specifiche (Gallo, Romano, 2019).

Tuttavia, quantificare le prestazioni degli edifici è essenziale per valutare i potenziali risparmi e convalidare i miglioramenti negli edifici riqualificati. A tal fine, l'adozione di adeguati indicatori chiave di prestazione è un passo cruciale per garantire gli obiettivi per il raggiungimento di una riqualificazione e successivamente per una gestione "smart" dell'edificio. (Al Dakheel, Del Pero, Aste, Leonforte, 2020).

Vito Albino, Umberto Berardi e Rosa Maria Dangelico (2015) affermano che il concetto di smartness non si limita solo a questioni quali la diffusione delle ICT (Information Communications Technology), sviluppo tecnologico, innovazione delle tecnologie digitali; smartness è più diffuso e si estende soprattutto alle esigenze delle persone e della comunità (Albino, Berardi, Dangelico, 2015).

Espressione, la smartness, che richiama non solo una nuova concezione di intervento dell'esistente, caratterizzato da un nuovo processo di digitalizzazione, ma un nuovo modo di trasformazione degli edifici prevedendo azioni volte ad offrire comfort agli occupanti considerando l'ambiente circostante.

La commissione europea, con la direttiva in materia di efficienza energetica – EPBD 2010, introduce il termine "smartness" riferendosi ad un modello di edificio capace di integrare tecnologie avanzate e soluzioni digitali per migliorare l'efficienza, la sostenibilità e le prestazioni degli edifici. L'adozione di indicatori intelligenti, come lo Smart Readiness Indicator, meglio illustrato nel paragrafo 2.2.3, potrebbe contribuire a valutare e promuovere la resilienza e l'efficienza energetica degli edifici nella prospettiva di costruzione e gestione smart degli edifici esistenti.

In questo contesto, si pone attenzione alla necessità di una trasformazione dell'edificio esistente in una logica "smart", la quale introduce il tema del "dato" e della sua gestione, non solo come elemento conoscitivo per la progettazione edilizia, ma come diffusa e accessibile informazione su elementi, infrastrutture e luoghi della città stessa (Losasso, 2015).

È diventata cruciale la necessità, dunque, di riflettere sulle nuove possibilità di trasformare gli edifici esistenti in edifici e città più reattivi ed efficienti, definendo quindi azioni di riqualificazione intelligente o "Smart retrofitting" nell'ottica della gestione dell'opera (Al Dakheel et al., 2020).

2.3 _ Strategie europee per la riqualificazione del patrimonio edilizio

L'Unione Europea ha costantemente guidato lo sviluppo e l'avvio di politiche e strategie finalizzate al contenimento degli effetti causati dal cambiamento climatico.

Il Gruppo intergovernativo delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici indica che il superamento della soglia di 1,5°C rischia di scatenare preoccupanti effetti sull'ambiente e sull'essere umano.

<<Per limitare il riscaldamento globale a 1,5°C, le emissioni di gas a effetto serra devono raggiungere il picco prima del 2025 e diminuire del 43% entro il 2030>>.

Questo è quanto emerso durante la COP21¹ riunione dell'UNFCCC² nel 2015, evento che ha portato all'adozione dell'Accordo di Parigi³. Quest'ultimo risulta come primo accordo universale e giuridicamente vincolante sui cambiamenti climatici e si pone come obiettivo il mantenimento dell'aumento della temperatura media globale a un livello sotto i 2°C e limitarne l'aumento a 1,5°C rispetto ai livelli preindustriali.

I paesi europei, responsabili di almeno 55% delle emissioni globali di gas a effetto serra, hanno ratificato l'accordo di Parigi impegnandosi ad avviare iniziative a lungo termine per ridurre drasticamente le emissioni fino ad arrivare, entro il 2050, a zero emissioni nette.

Durante l'ultima Conferenza sui Cambiamenti Climatici del 2023, la COP28, è stato realizzato il primo bilancio globale nell'ambito dell'accordo di Parigi, finalizzato a valutare i progressi verso il raggiungimento degli obiettivi climatici stabiliti dall'accordo stesso.

Questo bilancio ha messo in luce l'importanza di raggiungere il picco delle emissioni globali di gas serra entro il 2025 e di ridurle del 43% entro il 2030 e del 60% entro il 2035, al fine di contenere l'aumento della temperatura globale entro 1,5°C.

Dai dati emersi, riferiti alle cause del riscaldamento globale, si evidenzia che, tra tutti, il settore delle costruzioni è responsabile in modo significativo, con il 36% delle emissioni totali di CO₂. Uno dei fattori predominanti in questo contesto è l'adozione di sistemi energetici inefficienti, i quali contribuiscono in maniera rilevante all'impatto ambientale del settore delle costruzioni sul cambiamento climatico.

In questo contesto, l'UE ha sviluppato una serie di azioni finalizzate alla riqualificazione del patrimonio esistente per migliorarne lo stato di salute degli edifici.

Ad avviare questo approccio, che prevede il miglioramento dei sistemi energetici dell'edificio, è stata la direttiva in materia di efficienza energetica 2010/31/UE, nota come Energy Performance of Building Directive (EPBD), che ha assunto, negli anni, diverse

¹ Conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici.

² UNFCCC, United Nations Framework Convention on Climate Change, Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici. La convenzione costituisce il principale accordo internazionale sull'adozione per il clima adottata a Rio nel 1992.

³ L'accordo di Parigi è un trattato internazionale giuridicamente vincolante sui cambiamenti climatici, adottato da 195 parti durante la conferenza delle Nazioni Unite sui cambiamenti climatici a Parigi il 12 dicembre 2015. Entrato in vigore il 4 novembre 2016, presenta un piano d'azione per limitare il riscaldamento globale attraverso l'adozione e la definizione di strategie che investono tutti i settori.

modifiche. La direttiva sollecitava gli stati membri ad attuare una serie di misure finalizzate alla riqualificazione in materia di efficienza energetica nel settore delle costruzioni.

Ulteriore importante azione da parte della Commissione Europea riguarda lo sviluppo del Green Deal Europeo, il quale ha un impatto significativo sul settore delle costruzioni poiché promuove politiche di riqualificazione degli edifici per renderli più sostenibili ed efficienti dal punto di vista energetico e a basse emissioni di carbonio.

La proposta risulta particolarmente importante identificandosi come leva necessaria per attuare la "Renovation Wave strategy for Europe", la quale mira a sviluppare un innovato processo di riqualificazione degli edifici esistenti attraverso la connessione tra la transizione ecologica e digitale (CE, 2020).

2.2.1 _ Green Deal Europeo

L'11 dicembre 2019, la Commissione Europea ha sottoscritto il Green Deal Europeo, noto anche come Patto Verde Europeo, con l'obiettivo primario di raggiungere la neutralità climatica entro il 2050, guidando l'intera società europea verso una profonda "transizione verde".

Questo progetto si articola in diverse macro-azioni, focalizzandosi, tra gli altri settori, sulle costruzioni, la mobilità e l'industria avanzata, e sul loro impatto sull'economia.

La sua attuazione mira a promuovere una transizione verso un'economia verde e circolare (green economy e circular economy), con queste ultime che costituiscono i pilastri fondamentali.

A riguardo, le conclusioni del Consiglio europeo hanno affermato che: <<La transizione verso la neutralità climatica offrirà opportunità significative, ad esempio un potenziale di crescita economica, di nuovi modelli di business e mercati, di nuovi posti di lavoro e sviluppo tecnologico>> (CE, 2019).

Per quanto riguarda il settore delle costruzioni, il Green Deal europeo si concentra su tre principali linee guida: la riqualificazione energetica del patrimonio esistente, la digitalizzazione e la promozione della connettività e interazione degli edifici con gli utenti.

La riqualificazione energetica del patrimonio esistente mira alla riduzione dell'impatto ambientale ed all'eliminazione della povertà energetica degli edifici esistenti. La riqualificazione può coinvolgere l'installazione di sistemi più sostenibili sotto il profilo energetico e l'adozione di fonti rinnovabili.

L'introduzione della digitalizzazione nel settore delle costruzioni potrebbe contribuire al miglioramento dell'uso delle risorse e delle fonti di energia. Questo attraverso l'utilizzo di processi che consentono la connettività e la visualizzazione delle prestazioni dell'opera favorisce l'integrazione e la connessione di elementi smart che compongono l'edificio.

La promozione della connettività e interazione degli edifici con gli utenti, infine, rappresenta uno degli aspetti centrali del Green Deal Europeo. Questa linea guida si concentra sul coinvolgimento attivo dell'utente nella gestione degli edifici. La condivisione e l'acquisizione dei dati riferiti al reale utilizzo delle risorse, porterebbe ad un comportamento a basso impatto ambientale da parte degli utenti derivante da un consumo proporzionato alle reali esigenze.

Tra le iniziative incluse nel progetto, il pacchetto "Fit for 55%" mira a tradurre in normativa i principali obiettivi della strategia. Il pacchetto è una serie di proposte volte a rivedere le normative dell'UE e ad attuare nuove iniziative al fine di garantire che le politiche dell'UE siano in linea con gli obiettivi climatici concordati dal Consiglio e dal Parlamento europeo.

Il pacchetto, inoltre, comprende una proposta di revisione della direttiva dell'UE in materia di efficienza e prestazione energetica – EPBD 2010 (Recast 2023) – presentata il 15 dicembre 2021. L'obiettivo principale riguarda la riduzione del consumo di energia finale

dell'11,7% nel 2030 attraverso l'introduzione di norme che controllano la quantità massima di energia primaria che gli edifici esistenti possono utilizzare ogni anno.

2.2.2_Renovation Wave Strategy for Europe

<<Espressione della diversità culturale e della storia nel nostro continente, il parco immobiliare europeo è unico nella sua eterogeneità>> viene così introdotto dalla commissione europea il documento "Renovation Wave Strategy for Europe" che stimola l'avvio di una strategia di riqualificazione architettonica e urbana delle città attraverso un grande processo di digitalizzazione (CE, 2020).

La CE evidenzia che sul territorio europeo un terzo del patrimonio edilizio ha più di 50 anni e oltre il 40% è stato costruito prima del 1960.

In questo contesto, la Renovation Wave Strategy mira ad incentivare la riqualificazione del patrimonio esistente in relazione ai processi di digitalizzazione, esprimendo la volontà, dunque, di avviare la transizione ecologica e digitale. Il documento intende rafforzare l'approccio gestionale di tutto il ciclo di vita dell'opera. Attraverso i principi di conservazione e l'utilizzo di sistemi innovativi e smart, mira a considerare un unico processo la riqualificazione e la gestione del patrimonio architettonico. Promuove interventi di ristrutturazione "completi e integrati" per ottenere edifici intelligenti in grado di consentire lo scambio di informazioni relative alle fonti di energia e ai relativi consumi.

Per raggiungere gli obiettivi della Renovation Wave, l'Unione Europea, attraverso il programma Horizon 2020, ha finanziato il progetto Build Upon2. Il progetto, avviato nel 2019 da un consorzio di otto città pilota, e concluso nel 2021, si è posto l'obiettivo di definire e sviluppare un "quadro di impatto di ristrutturazione" per tracciare e segnalare i benefici della riqualificazione degli edifici esistenti. Il "quadro" è uno strumento che consente alle città di monitorare e quantificare il reale impatto della riqualificazione. Viene suddiviso in tre aree chiave, o "indicatori fondamentali", quali Ambientale, Sociale ed Economico. Per quanto riguarda l'area Ambientale, il quadro viene utilizzato per misurare le riduzioni delle emissioni di CO₂ e i miglioramenti di efficienza energetica determinati dalla riqualificazione e tenendo conto dell'utilizzo di energia rinnovabile. Sull'aspetto Sociale, la Commissione Europea mira a ridurre la povertà energetica. In questo scenario, il "quadro" consente di definire il livello di riduzione della povertà energetica attraverso la riqualificazione, tenendo conto della qualità dell'aria interna e il comfort termico negli edifici. L'indicatore riguardante l'aspetto Economico, si occupa di misurare il livello di occupazione lavorativa e degli investimenti locali nelle attività di riqualificazione.

La strategia è parte integrante del Green Deal europeo, in linea con i principi della direttiva sulla prestazione energetica 2018/844/UE - EPBD 2010 ss.mm.ii – e si propone come elemento principale per il rinnovamento del patrimonio architettonico esistente.

2.2.3 _ Energy Performance Buildings Directive – EPBD

La direttiva in materia di efficienza energetica degli edifici (Energy Performance Buildings Directive) – EPBD 2010 ss.mm.ii. – ha come obiettivo "lo sviluppo di un sistema energetico sostenibile, competitivo, sicuro e decarbonizzato". Obbliga gli stati membri di prevedere a lungo termine strategie nazionali di riqualificazione del parco immobiliare esistente al fine di ridurre le emissioni di gas a effetto serra attribuiti al settore delle costruzioni e di migliorare la prestazione energetica degli edifici.

La versione 2018/844/UE introduce il concetto di Smart Building come un modello di edificio protagonista nel contesto di un sistema energetico intelligente.

In questo scenario, uno dei nuovi aspetti chiave, per affrontare le problematiche riferite al consumo energetico e all'emissione di CO₂, è lo Smart Readiness Indicator (SRI) con lo scopo operativo di valutare la prontezza intelligente dell'edificio. Lo strumento ha aperto le porte ad una definizione più ampia riferita alla riqualificazione degli edifici che non guarda solo l'aspetto energetico-impiantistico ma guida verso una visione globale dell'intervento sull'esistente, evidenziando quanto fortemente il corretto funzionamento degli elementi che lo compongono possa incidere sul contenimento del cambiamento climatico.

L'indicatore misura la capacità degli edifici di adattare il consumo energetico alle reali esigenze degli utenti attraverso un processo di interoperabilità tra dispositivi intelligenti e interconnessi: <<L'indicatore di predisposizione degli edifici all'intelligenza tiene conto delle caratteristiche di maggiore risparmio energetico, di analisi comparativa e flessibilità, nonché delle funzionalità e delle capacità migliorate attraverso dispositivi più interconnessi e intelligenti>> (EPBD – Recast, 2018). Sulla base della legislazione, l'SRI risulta essere la combinazione di variabili che trovano la loro sintesi in un indicatore che tiene conto di una serie di aspetti altamente complessi relativi alla capacità di gestione e interazione dell'edificio con i suoi occupanti e la rete (Märzinger e Österreicher, 2019). Si pone come obiettivo, inoltre, di migliorare la prestazione complessiva dell'edificio durante l'uso, prevedendo l'acquisizione di informazioni aggiuntive grazie alla connettività dei dispositivi intelligenti presenti nell'edificio.

L'indicatore individua tre criteri di funzionalità chiave per definire la predisposizione all'intelligenza di un edificio, quali: la capacità tecnica di autoregolarsi in termini di efficienza energetica con l'eventuale utilizzo di rinnovabili; interazione tra ambiente interno ed esterno attraverso "la capacità di adattare la propria modalità di funzionamento in risposta alle esigenze dell'occupante"; interazione attiva e passiva con la rete, "ad esempio attraverso la flessibilità e le capacità di trasferimento del dato". Lo stesso, inoltre, va a considerare gli aspetti riferiti "all'interoperabilità dei sistemi", quali: contatori intelligenti, sistemi di automazione e controllo dell'edificio, elettrodomestici incorporati, dispositivi autoregolanti per il controllo della temperatura dell'aria interni all'edificio, sensori di qualità dell'aria interna e ventilazione.

Con il regolamento delegato (UE) 2020/2155, la Commissione Europea istituisce un sistema comune facoltativo per valutare la SRI. La metodologia di calcolo si basa sull'esame dei servizi predisposti che sono presenti o previsti durante la progettazione; consente di utilizzare punteggi di predisposizione espressi in percentuale che possono essere valutati in base a:

1. Tre criteri di funzionalità chiave;
2. Sette criteri d'impatto;
3. Nove ambiti tecnici.

1. Criteri di funzionalità chiave:

- efficienza energetica e funzionamento;
- risposta alle esigenze degli occupanti;
- flessibilità energetica, inclusa la capacità dell'edificio o dell'unità immobiliare di consentire la partecipazione alla gestione della domanda.

2. Criteri d'impatto:

- efficienza energetica;
- manutenzione e previsione dei guasti;
- comfort;
- comodità;
- salute, benessere e accessibilità;
- informazioni agli occupanti;
- flessibilità energetica e stoccaggio dell'energia.

3. Ambiti tecnici:

- riscaldamento;
- raffrescamento;
- acqua calda per uso domestico;
- ventilazione;
- illuminazione;
- involucro edilizio dinamico;
- energia elettrica;
- ricarica dei veicoli elettrici;
- monitoraggio e controllo.

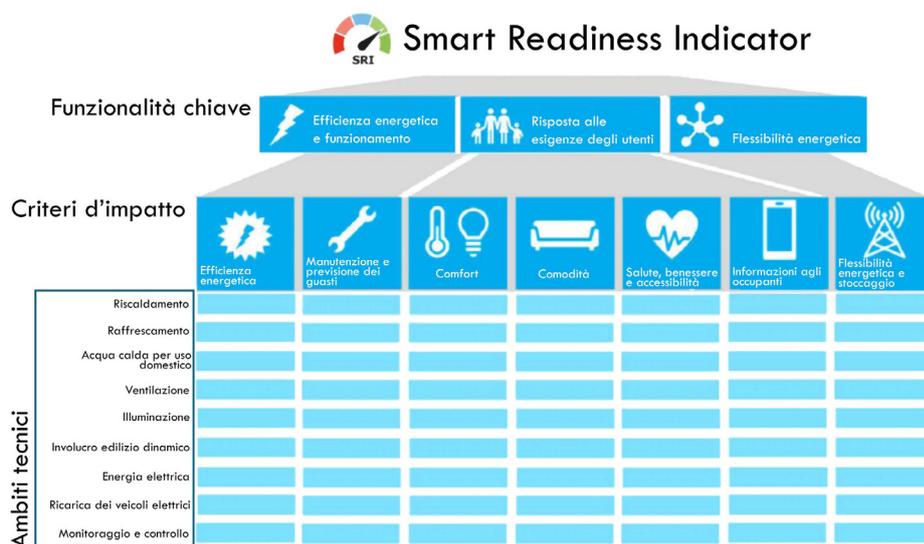


Tabella 1. Smart Readiness Indicator

Di seguito si riporta un estratto del documento con particolare riferimento alla metodologia di calcolo.

<<La metodologia SRI proposta si basa sulla valutazione dei servizi smart ready presenti in un edificio. I servizi sono abilitati da (una combinazione di) tecnologie smart ready, ma sono definiti in modo neutrale rispetto alla tecnologia, ad esempio "fornitura di controllo della temperatura in una stanza". A tal fine, sono stati compilati due cataloghi di servizi smart ready: un metodo dettagliato (metodo B) e un metodo semplificato (metodo A). Ogni catalogo elenca i servizi pertinenti e descrive i principali impatti attesi nei confronti di utenti degli edifici e della rete energetica. Molti di questi servizi si basano su standard tecnici internazionali.

Il catalogo dettagliato dei servizi (metodo B) e il catalogo semplificato dei servizi (metodo A) sono stati accuratamente rivisti sulla base di vari feedback delle parti interessate, di una sessione di revisione con i membri del gruppo di lavoro B e del feedback del beta test pubblico. La proposta finale consolidata per un catalogo dettagliato dei servizi (metodo B) è composta da 54 servizi, mentre quella semplificata (metodo A) da 27.

Per ogni servizio vengono definiti da 2 a 5 livelli di funzionalità. Un livello di funzionalità più alto riflette un'implementazione più "intelligente" del servizio, che in genere fornisce impatti più vantaggiosi agli utenti dell'edificio o alla rete rispetto ai servizi implementati a un livello di funzionalità inferiore. I livelli di funzionalità sono espressi come numeri ordinali, il che implica che i gradi non possono essere facilmente confrontati quantitativamente tra un servizio e l'altro. Un servizio smart ready può avere diversi impatti sull'edificio, sui suoi utenti e sulla rete energetica.

Nell'approccio proposto, viene valutato un insieme di sette criteri di impatto, ma i punteggi possono potenzialmente essere aggregati in base alle tre funzionalità chiave menzionate nella

direttiva EPBD.

Per ciascuno dei servizi smart ready presenti nel catalogo, sono stati definiti dei punteggi d'impatto provvisori per i rispettivi livelli di funzionalità, secondo una scala ordinale a sette livelli. Sebbene la maggior parte degli impatti sia positiva, la scala offre anche la possibilità di attribuire impatti negativi.

Secondo la metodologia SRI proposta, il punteggio di smart readiness di un edificio è una percentuale che esprime quanto l'edificio sia vicino (o lontano) dalla massima smart readiness. Più alta è la percentuale, più intelligente è l'edificio. La percentuale può anche essere convertita in un altro indicatore, ad esempio una valutazione a stelle o un punteggio alfabetico (A, B, C, ecc.). Il sistema è stato ulteriormente testato attraverso lo sviluppo di disegni grafici e l'indagine di mercato con gruppi di consumatori selezionati.

Per esempio:

- Il processo inizia con la valutazione dei singoli servizi smart ready. I servizi disponibili nell'edificio vengono ispezionati e ne viene determinato il livello di funzionalità. Per ogni servizio viene attribuito un punteggio di impatto per ciascuno dei criteri di impatto considerati nella metodologia.

- Una volta noti tutti i punteggi d'impatto dei singoli servizi, si calcola un punteggio d'impatto aggregato per ciascuno dei domini considerati nella metodologia. Questo punteggio d'impatto del dominio è calcolato come il rapporto (espresso in percentuale) tra i punteggi individuali dei servizi del dominio e i punteggi individuali massimi teorici.

- Per ogni criterio d'impatto, viene quindi calcolato un punteggio d'impatto totale come somma ponderata dei punteggi d'impatto dei domini. In questo calcolo, il peso di un determinato dominio dipenderà dalla sua importanza relativa per l'impatto considerato.

In questa valutazione multicriteria, i fattori di ponderazione possono essere attribuiti sia ai domini che ai criteri d'impatto per riflettere i loro contributi relativi a un punteggio d'impatto complessivo aggregato. Un punteggio SRI aggregato indica il livello complessivo di intelligenza dell'edificio, mentre i sotto punteggi consentono di valutare domini e categorie di impatto specifici. Concettualmente, si possono prevedere tre approcci per la derivazione dei fattori di ponderazione del dominio e del livello di servizio: ponderazione uguale, approccio dell'impatto previsto e approccio del bilancio energetico.

La metodologia proposta fornisce fattori di ponderazione predefiniti che si differenziano per tipo di edificio e zona climatica.>>

La Commissione ha avviato la fase sperimentale, attualmente in corso, fornendo strumenti di calcolo per ciascun criterio d'impatto applicato in tutti gli ambiti tecnici, seguendo il quadro delineato nel documento delegato (UE) 2020/2155.

Con il regolamento di esecuzione (UE) 2020/2156 l'UE conferisce agli Stati membri la facoltà di attuare il sistema dello SRI con l'obbligo di monitorare i dati sui certificati relativi all'indicatore e successivamente trasmetterli alla Commissione Europea.

La versione corrente dello strumento si basa su linee guida operative elaborate dal gruppo di supporto tecnico, che incorpora anche le prove di applicazione operative condotte dagli stati membri.

La versione finale dello strumento, prevista per il 2024, sarà una piattaforma accessibile da qualsiasi browser per l'archiviazione dei dati in un repository cloud (CE, 2023).

Lo Smart Readiness Indicator, dunque è un elemento chiave nell'ambito della definizione degli smart building. Esso fornisce una valutazione globale dei servizi presenti nell'edificio, considerando la sua capacità di integrare tecnologie abilitanti in grado di migliorare le prestazioni delle risorse.

Lo strumento, inoltre, attraverso l'integrazione e la connessione tra sistemi di monitoraggio, caratterizzati dall'Internet of Things (IoT), e da processi di interoperabilità, caratterizzati dalla modellazione informativa e processi di gestione informativa, consentirebbe l'acquisizione in tempo reale di informazioni relative all'uso dell'opera. Questo potrebbe dare avvio ad un processo dinamico per l'interazione tra l'edificio e l'utente che avviene grazie alla connessione bidirezionale tra l'edificio e la sua replica virtuale, elementi che caratterizzano il Digital Twin.

In questo contesto, l'uso dello Smart Readiness Indicator nell'operatività dell'approccio Digital Twin potrebbe contribuire all'ottimizzazione delle prestazioni dell'opera adattando

l'uso delle risorse alle esigenze specifiche dell'utente e alle condizioni dell'ambiente esterno attraverso processi di simulazione in funzione delle informazioni acquisite.

2.3 _ Approcci Digital Twin

In un'epoca caratterizzata dalla crescente consapevolezza ambientale e dalla necessità di considerare la convergenza tra transizione ecologica e digitale, strategie europee per la decarbonizzazione del parco immobiliare e innovazione tecnologica, si delinea uno scenario in cui la gestione dell'esistente diviene un processo dinamico e proattivo che sposa l'approdo della digitalizzazione con la responsabilità del rispetto per l'ambiente.

I ricercatori dell'International Institute for Applied Systems Analysis hanno affermato che *<<le tecnologie digitali possono aiutare (come abilitatori) la decarbonizzazione in tutti i settori e promuovere economie circolari e condivise, dematerializzazione, efficienza e risparmio di risorse ed energia, monitoraggio e conservazione dei sistemi ecologici e di altri sistemi terrestri, la protezione dei beni comuni globali e comportamenti sostenibili>>* (IIASA, 2019).

In questo scenario, la digitalizzazione assume un ruolo principale, introducendo nuove prospettive e approcci nella gestione degli edifici esistenti ponendo al centro l'informazione. Le attuali capacità sull'acquisizione di informazioni riguardanti l'uso delle risorse, infatti, sottolineano l'importanza di adottare approcci digitali integrati. Questi, orientati verso obiettivi che riguardano il mantenimento prestazionale dell'opera, delineano processi innovativi e sostenibili nella gestione delle informazioni. Approcci digitali, inoltre, che consentono l'analisi, l'interpretazione e la visualizzazione in tempo reale di dati dinamici per favorire processi di condivisione, di definizione e verifica dei requisiti (Lauria, Azzalin, 2023).

In questo contesto, l'approccio Digital Twin viene considerato come il principale abilitatore per l'acquisizione e trasmissione bidirezionale dei dati real time, grazie alla sua funzione naturale riguardante la connessione bidirezionale tra asset fisico e asset digitale.

Nell'analisi della storia sull'evoluzione del tema, è fondamentale distinguere il "modello digitale" (digital model) con il "gemello digitale" (digital twin). Un gemello digitale non è un modello statico, ma piuttosto un sistema reattivo collegato tra il sistema fisico e quello digitale (Arup Digital Twin Report, 2019).

L'introduzione del termine Digital Twin risale al 2002 quando Michael Grieves lo definisce come sincronizzazione tra due realtà: oggetti fisici nello spazio reale, oggetti virtuali nello spazio virtuale.

L'approccio Digital Twin trasforma in realtà la convergenza tra il prodotto fisico e lo spazio virtuale, utilizzando sistemi di acquisizione dati in tempo reale (Liu et al., 2019).

Ne consegue una comunicazione integrata dall'edificio inteso come bene fisico al modello virtuale attraverso una sensorizzazione completa (Errandonea, Beltrán, Arrizabalaga, 2020) e lo scambio di dati tra le risorse fisiche e digitali, considerando la connessione bidirezionale delle entità.

Michael Grieves ne definisce per la prima volta un'architettura generale, dove il Digital twin è pensato in tre dimensioni, cioè un'entità fisica, il modello virtuale e la connessione, caratterizzato, a sua volta, dall'interazione fisico-virtuale (Grieves, 2014). L'aspetto centrale, dunque, si manifesta nella trasmissione e condivisione delle informazioni tra le due entità. Tuttavia, non viene inteso solo come replica di un bene fisico ma come parte del sistema stesso. Più ci si avvicina al sistema reale con una rappresentazione digitale, più le entità si uniscono per diventare un unico sistema (Batty, 2018).

L'approccio Digital Twin definisce, inoltre, un sistema utilizzato per il controllo e il processo decisionale (Vatn, 2018), aspetto che assume un ruolo distintivo anche nella gestione del patrimonio esistente.

Errandonea et alii, 2020, mettono in relazione i due termini "Digital Twin" e "Manutenzione" evidenziando come, negli anni, la digitalizzazione dell'ambiente costruito per la gestione degli edifici abbia suscitato un crescente interesse del dibattito scientifico, diventando, dunque, uno degli ambiti centrali (Errandonea et alii, 2020).

Nel settore delle costruzioni il Digital Twin è considerato come principale approccio metodologico per l'interconnessione degli strumenti utilizzati nella fase di Progettazione/Realizzazione e nella successiva fase di Operation & Maintenance grazie proprio alla stretta relazione tra edificio reale e modello digitale (Delgado, Oyedele, 2021).

Ottimizza, altresì, la fase di gestione dell'opera attraverso l'organizzazione e la messa a sistema del complesso reticolo di informazioni riguardanti l'edificio.

L'anello di connessione tra le due entità (virtuale e fisico) è fornito dalla comunicazione bidirezionale dei dati (Boje, Guerriero, Kubicki, Rezgui, 2020) grazie all'utilizzo di sistemi IoT per l'aggiornamento in tempo reale dell'opera.

In questo contesto, l'approccio Digital Twin perfeziona la fase di gestione dell'edificio attraverso l'ottimizzazione e la messa a sistema di tutte le informazioni. Pertanto, gli elementi fondamentali di un Digital Twin per il settore delle costruzioni sono (Lauria, Azzalin, 2023):

- Modello BIM, Building Information Modeling - oggetto digitale che contiene dati geometrici, fisici, funzionali e comportamentali relativi all'oggetto fisico;
- IoT, Internet of Things - una rete di oggetti interconnessi attraverso Internet integrata con la rete di comunicazione dati analitica;
- I dispositivi, i sistemi di connessione smart e quelli di sensoristica per il monitoraggio, i sistemi di domotica installati negli edifici per costituire lo Smart Building e Cognitive Building.

A questi, si aggiunge il processo di gestione informativa, il quale consente l'acquisizione e la trasmissione delle informazioni sulle prestazioni dell'opera e ne favorisce il governo attraverso una preliminare sistematizzazione.

L'interconnessione di sistemi e processi costituisce l'azione principale che consente di creare un sistema unificato per la comprensione, l'apprendimento e la gestione dell'edificio. Si considera, dunque, la sinergia di sistemi che incorporano modelli computazionali ed entità fisiche, con l'obiettivo di progettare, monitorare, controllare e gestire le attività e le funzionalità dei sistemi e degli elementi che compongono l'edificio. Grazie all'acquisizione di dati, sia simulati che reali, si sviluppano capacità di autonomia e apprendimento, potenziando così le capacità intelligenti e cognitive dell'ambiente costruito (Arup Digital Twin Report del 2019).

Nel settore della manutenzione il tema potrebbe potenzialmente acquisire una notevole rilevanza. In particolare, per quanto concerne l'integrazione delle informazioni riguardanti la conoscenza dell'edificio con i dati prestazionali acquisiti e trasmessi in tempo reale. L'eterogeneità dei risultati forniti dalle diverse tipologie di sensori aumenta notevolmente il grado di difficoltà di tale operazione (Huang et al., 2023).

Un recente studio condotto da Huang et al (2023), ha fornito una comprensione più ampia dello stato della fusione dei dati BIM e IoT attraverso una revisione della letteratura e lo sviluppo di un framework in 4 passaggi per facilitare il flusso di elaborazione dei dati dalla sorgente all'applicazione, considerando le peculiari esigenze legate alle varie finalità. All'interno del framework sono stati delineati due distinti percorsi tecnologici che operano a livello di dati e informazioni. Il primo percorso è quello dei dati relazionali, in cui viene considerata l'integrazione dei rilevamenti provenienti dall'Internet of Things (IoT) con dati BIM discreti, al fine di migliorare la sensibilità al contesto e la conoscenza dell'opera. Il secondo percorso è quello dei dati semantici, che si focalizza sulla fusione dei dati di contesto provenienti dall'IoT con un modello BIM integrato basato sul contesto, mirando a ottenere un arricchimento semantico e l'inferenza di informazioni. In sintesi, il documento

ha introdotto un nuovo framework per la fusione dei dati provenienti dal Building Information Modeling (BIM) e dall'Internet of Things (IoT) (Huang et al, 2023).

Il raggiungimento di una più ottimale connessione tra sistemi e processi, come nel caso dell'integrazione tra il BIM e l'IoT, diviene, dunque, un valore aggiunto. Ciò costituisce un unico sistema di acquisizione/trasmissione per la conoscenza e la gestione dell'edificio.

In tal senso si intende l'applicazione dell'approccio Digital Twin come ambiente di formazione per potenziare i processi di apprendimento, e questo risulta essere uno dei principali temi per la gestione degli edifici e del contesto urbano.

Come definito dalla Commissione Europea nella relazione di previsione strategica 2022 "Abbinamento tra transizione ecologica e digitale nel nuovo contesto geopolitico" <</gemelli digitali potrebbero cambiare il modo in cui sono pianificati, monitorati e gestiti gli spazi urbani. Questo potrebbe tradursi in una riduzione delle emissioni urbane, un aumento dell'efficienza delle risorse e della qualità di vita e un uso migliore dello spazio edificabile, così come potrebbe aumentare la resilienza degli edifici di fronte ad eventi pericolosi>>. (CE, 2022)

In questo scenario, tutti gli elementi che compongono l'ambiente costruito, connessi a sensori e sistemi IoT, combinati, inoltre, con la capacità di apprendimento e le analisi avanzate, possono essere utilizzati per monitorare e gestire lo stato di salute in tempo reale.

L'approccio Digital Twin, dunque, mira ad un innovativo processo di gestione dell'opera. Questo avviene attraverso l'interconnessione tra processi di interoperabilità, nella produzione del modello informativo, combinati con sensori e sistemi IoT, per il processo di monitoraggio e il rilevamento dei dati, e il processo di gestione informativa, per l'acquisizione dei dati e la simulazione delle prestazioni dell'opera.

Questo approccio, inoltre, favorisce l'interazione tra edificio/utente/ambiente esterno in modo da caratterizzare l'opera non come accumulatore di informazioni ma come entità in grado di adattare le reali esigenze dell'utente in funzione all'ambiente esterno, caratterizzando l'edificio come Smart Building e Cognitive Building.

2.3.1_Processi di interoperabilità

Lo scambio di dati e informazioni dovuto alla raccolta organizzata e strutturata durante il ciclo di vita dell'opera e l'effettiva comunicazione tra gli attori coinvolti, rappresenta un fattore predominante per la gestione degli edifici esistenti (CE, 2019).

Considerazioni che si inseriscono fortemente dalla tematica del concetto di interoperabilità, inteso come "capacità di un sistema o di un prodotto informatico di cooperare e di scambiare informazioni" (IEEE, 1990).

Nel settore delle costruzioni, oggi il processo di interoperabilità si articola in diverse specificità.

Il suo obiettivo primario è agevolare l'interazione fra i sistemi informativi differenti, promuovendone una forte sinergia e consentendo lo scambio e il riutilizzo di informazioni tra sistemi eterogenei e gli attori coinvolti nelle fasi di progettazioni e gestione dell'opera (Agostinelli, Ruperto, 2020).

Altro aspetto predominante è la diretta connessione e associazione alle moderne tecnologie ICT (Information and Communications Technology), le quali si inseriscono in un contesto di sviluppo digitale dando un alto valore aggiunto sul piano della gestione informativa (Building Information Modeling - BIM, IoT, Cloud Computing, Building Automation, CMMS, CAFM).

Tra i metodi di progettazione interoperabile l'uso del BIM si identifica come principale tecnologia abilitante per la gestione del flusso di informazioni che caratterizzano tutto il ciclo di vita dell'opera (Daniotti, Masera, Bolognesi, Spagnolo, Pavan, Iannaccone,

Signorini, Ciuffreda, Mirarchi, Lucky, Cucuzza, 2022). Consente il miglioramento della documentazione relativa all'edificio o all'infrastruttura, attraverso la digitalizzazione delle informazioni dalla fase di conoscenza dell'opera alla fase di Operation & Maintenance (Casini, 2014).

Viene considerato, inoltre, come un punto di partenza dell'approccio Digital Twin, poiché agisce come un modello di riferimento per la visualizzazione e la gestione dei dati (Boje et al., 2020).

Nello scenario normativo, la digitalizzazione e l'organizzazione delle informazioni, nonché la metodologia BIM, sono sempre più oggetto di regolamentazioni.

Nello scenario internazionale la norma UNI EN ISO:19650 definisce <<organizzazione e la digitalizzazione delle informazioni sugli edifici e le opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modeling – Gestione informativa mediante il Building Information>> (ISO 19650).

Il contenitore informativo, secondo la definizione della UNI EN ISO 19650-1, rappresenta un insieme coerente di dati che hanno origini diverse e che rappresentano tematiche differenti identificando, inoltre, la natura di ogni singolo elemento (informazioni geometriche, quantità, qualità, prestazioni, materiali ecc.). L'adozione della norma segna un passaggio più maturo rispetto all'utilizzo del BIM definendo non più i requisiti della committenza (Employer's Information Requirements) ma la gerarchia di requisiti (exchange Information Requirements), dove vengono distinte le finalità dell'organizzazione delle informazioni funzionali all'uso dell'opera dalle finalità del progetto.

Per avviare, dunque, un progetto mediante il metodo BIM, si inizia identificando gli obiettivi dell'output finale del progetto in risposta alle effettive esigenze del committente.

La normativa italiana con la UNI 11337-4 definisce il livello di sviluppo (LOD – Level of Development) per definire il livello di dettaglio geometrico e informativo degli elementi che costituiscono il progetto, stabilendo e selezionando i parametri in relazione all'esigenza del processo progettuale e alla destinazione d'uso.

Parallelamente, la necessità di acquisizione dei dati e selezione delle informazioni ha portato alla definizione dimensionale del progetto e dell'opera. La norma UNI 11337-1 introduce le dimensioni del BIM definendo 7 grandezze informative con le quali il metodo del processo digitale deve operare. Le dimensioni in questione riguardano:

- La restituzione tridimensionale del manufatto (3D, dati geometrici e dati informativi dei materiali);
- La gestione della programmazione del tempo (4D, tempo)
- La modalità informativa economica (5D, computi, stime e stime)
- La modalità informativa della gestione dell'opera (6D, uso, gestione, manutenzione e dismissione)
- La sostenibilità (7D, sostenibilità sociale, economica e ambientale).

Tra queste, assume particolare attenzione, nel contesto di questa trattazione, la sesta dimensione, relativa alla gestione dell'intero ciclo di vita dell'opera, conforme ai principi fondamentali della metodologia BIM.

La dimensione 6D consente l'estrazione e il monitoraggio di dati concernenti le attività, lo stato dei componenti, le specifiche tecniche, i manuali di manutenzione/installazione, le garanzie, e altro ancora. Questa dimensione riguarda tutte le operazioni di gestione, manutenzione e rinnovamento dell'edificio. Nell'ambito della gestione, si possono distinguere le attività di pianificazione strategica, visualizzazione e gestione degli spazi, nonché la gestione dei sistemi di sicurezza ed energetici.

La norma UNI EN 17412:2020 descrive i concetti e i principi per la definizione del "Livello di fabbisogno Informativo e la consegna delle informazioni in modo coerente quando si utilizza il BIM". Indica le caratteristiche dei diversi livelli utilizzati per definire il dettaglio e la portata delle informazioni che devono essere scambiate e fornite durante il ciclo di vita dei beni edilizi. Definisce, dunque, il contesto per identificare le informazioni richieste

attraverso quattro prerequisiti: uso, milestone, attore coinvolto, oggetto/sistemi/parti/edifici.

La definizione di un linguaggio comune, definito da protocolli condivisi e standard di scambio di informazioni, risulta la chiave per un'effettiva interoperabilità. La metodologia BIM potrà esprimere al meglio la sua potenzialità solo se opportunamente utilizzata attraverso modelli che consentono la gestione di tutte le informazioni disponibili, in formati aperti IFC – Industrial Foundation Classes (ISO 16739:2020), da quelle elaborate in fase di progettazione a quelle integrate nella fase di realizzazione, fino alla fase di gestione e manutenzione.

Lo standard IFC permette di avere un linguaggio comune condiviso da tutte le discipline che intervengono nello sviluppo del processo progettuale e gestionale ed è capace di descrivere i dati necessari alla definizione di un edificio contenendo tutte le informazioni accessibili da tutti gli attori e da software non omogenei (Paparella, Zanchetta, 2020).

L'utilizzo del metodo BIM come processo di interoperabilità potrebbe consentire, dunque, la produzione di modelli informativi dell'edificio che integrano diverse discipline (Strutturale, Architettonico, Impiantistico - MEP) e informazioni, come geometria, materiali, caratteristiche prestazionali, costi, programmazione.

In questo contesto, risulta necessario richiamare il ruolo centrale che assume il BIM nella condivisione e gestione.

La produzione di progetti attraverso il metodo BIM consente di mettere a disposizione modelli condivisi e aggiornati da tutti gli attori coinvolti nel processo di progettazione e gestione, governando tutte le informazioni durante il processo decisionale.

Risulta necessario, dunque, richiamare il ruolo centrale delle piattaforme collaborative caratterizzate dal CDE - Common Data Environment, o ACDat – Ambiente di Condivisione Dati, per l'interscambio dei dati e delle informazioni durante il processo di interoperabilità tra gli attori coinvolti.

Il CDE è definito sia dalla UNI 11337 che dalla ISO 19650 e descrivono la struttura e l'utilizzo, riconoscendo al tempo stesso il ruolo centrale anche all'interno di un corretto processo di gestione informativa.

La norma 19650, nel riproporre quanto definito nella BS 1192 (norma britannica sul BIM), definisce il CDE come "repository" dedicato alla condivisione dati, suddiviso in quattro aree: WIP -Work In Progress, Shared, Published e Archive.

La UNI 11337, per delimitare il grado di progressione operativo del contenuto informativo, introduce invece gli stati di lavorazione (Lo - in fase di elaborazione/aggiornamento, L1 – in fase di condivisione, L2 – in fase di pubblicazione, L3 – archiviato), in linea con il principio del CDE.

In sostanza, il CDE è un'infrastruttura informatica di raccolta e gestione organizzata di dati, comprensiva della propria procedura di utilizzo. Permette la condivisione dei contenuti informativi secondo i seguenti requisiti: - sicurezza - tracciabilità - accessibilità.

Ulteriore aspetto centrale di un CDE risulta essere il supporto di tipologie e formati dati e la possibilità di favorire e gestire alti flussi di protocolli aperti per lo scambio dei dati.

Viola Albino e Andrea Ferrara (2022) sostengono che ciò che differenzia un CDE da un qualsiasi spazio di archiviazione di documenti, non riguarda la soluzione informatica dell'ambiente di condivisione ma la capacità di mettere in relazione il flusso informativo e il processo decisionale attraverso connessioni tra i diversi contenuti informativi presenti in piattaforma (Albino, Ferrara, 2022).

Tra differenti tipologie di CDE presenti sul mercato nazionale e internazionale, si riportano le seguenti:

- Dalux BOX e FIELD (<https://www.dalux.com/>)
- ACCA Software usBIM.platform (<https://www.acca.it/common-data-environment>)
- Namirial Building in Cloud (<https://buildingincloud.net/>)

- Autodesk Construction Cloud (<https://www.autodesk.com/bim-360/>).

Si può sostenere, dunque, che il processo di interoperabilità potrebbe potenzialmente ottimizzare la gestione e l'accessibilità dei dati relativi al ciclo di vita dell'opera durante il flusso informativo attraverso la condivisione e la sistematizzazione dei dati.

2.3.2_Prassi internazionale del processo di interoperabilità

Come già definito nel paragrafo precedente, nello scenario normativo internazionale nell'ambito del processo di interoperabilità, la norma che regola l'uso del BIM, è oggi la ISO 19650:2018.

In Europa si applica attraverso la EN ISO 19650:2019 secondo le norme accessorie del CEN TC 442 (ente di normazione Europeo).

In Italia si applica la UNI EN ISO 19650:2019, ed i relativi annex nazionali, attraverso il gruppo delle UNI 11337 (2015, 2017, 2018; parti 1, 3, 4, 5, 6, 7).

In Regno Unito, che risulta tra i primi promotori di specifiche azioni normative sull'applicazione del processo di interoperabilità mediante il BIM, si applicano le BS ISO 19650:2019 (parti 1, 2, 3, 5). Tale norma ha sostituito lo standard BS 1192:2007, la PAS 1192-2:2013 e la PAS 1192-3:2014.

Il British Standard Institute (ente di normazione tecnica britannica) ha definito, in origine, una serie di standard e prassi di riferimento per regolamentare l'applicazione della metodologia BIM e fornire le linee guida per la gestione delle informazioni in tutte le principali fasi del ciclo di vita dell'opera. Esse sono strettamente legate alla strategia BIM Level 2, adottata per promuovere l'adozione del BIM nei progetti governativi, con l'obiettivo di migliorare la collaborazione e l'efficienza del processo di costruzione e gestione.

Le suddette regolamentazioni si differenziano in BS (British Standard) 1192 e PAS (Publicly Available Specification) 1192. In particolare, si riportano le norme BS 1192:2007, BS 1192-4:2014 e le PAS 1192-2:2013, PAS 1192-3:2014, PAS 1192-5:2015, PAS 1192-6:2018.

Con riferimento specifico alla struttura delle informazioni dell'intero processo edilizio, la norma BS 1192 definisce lo standard per l'organizzazione dei dati, inclusi protocolli di denominazione, al fine di facilitare lo scambio e la gestione delle informazioni tra gli attori.

La norma BS 1192-4, inoltre, fornisce specifiche per la gestione dei modelli di informazioni durante il ciclo di vita dell'opera, compreso l'utilizzo di standard che consentono lo scambio attraverso formati di file openBIM.

Per le questioni legate alle attività di gestione e manutenzione, risulta necessario richiamare la PAS 1192-3:2014 – "Building Information Management - Operational Phase". Questa parte si concentra sulla gestione delle informazioni durante la fase di esercizio dell'edificio. Si occupa di regolamentare l'utilizzo delle informazioni mediante metodologia BIM rispetto alle attività di gestione e manutenzione per ottimizzare le operazioni post-costruzione.

Come già definito, nello scenario britannico tali normative e prassi di riferimento sono oggi sostituite dalla ISO 19650:2019 (Organizzazione delle informazioni sui lavori di costruzione – Gestione delle informazioni nell'uso del BIM) secondo le seguenti parti:

- BS EN ISO 19650 – 1: Concetti e principi (Concepts and Principles).
- BS EN ISO 19650 – 2: Fase di progettazione e produzione dei beni immobili (Delivery phase of the assets)
- BS EN ISO 19650 – 3: Fase di gestione e manutenzione dei beni immobili (Operational phase of assets)
- BS EN ISO 19650 – 5: Specifiche per il BIM orientato alla sicurezza, ambienti digitali costruiti, gestione efficiente dei beni immobiliari.

Per la presente trattazione, inoltre, con riferimento alle modalità di acquisizione e gestione delle informazioni basate su standard openBIM, nello scenario internazionale

risulta necessario richiamare la ISO 15686-4:2014. Questa, nel citare la norma, fornisce informazioni e indicazioni sull'uso degli standard per lo scambio di informazioni per la pianificazione della vita utile di edifici e beni costruiti e dei loro componenti. Fornisce, inoltre, indicazioni sulla strutturazione delle informazioni provenienti da fonti di dati esistenti per consentire la consegna del loro contenuto informativo in una struttura conforme agli standard internazionali per lo scambio di dati. In particolare, si fa riferimento alla già citata norma ISO 16739:2020 per lo scambio informativo basato su standard IFC. La norma si applica anche allo scambio informativo tra categorie di applicazioni software di progettazione e gestione, tra cui BIM e CAFM (Computer Aided Facilities Management).

2.3.3_ Internet of Things per il processo di monitoraggio

L'Internet of Things (IoT) rappresenta uno degli strumenti chiave del processo di monitoraggio per la gestione dell'opera. L'utilizzo di tecnologie e sensori consente un flusso informativo in tempo reale e rafforza l'approccio digital twin per la diretta connessione tra l'entità reale e virtuale.

Il termine "Internet of Things" è stato coniato per la prima volta da Kevin Ashton nel 1999. Inizialmente si riferiva ad un tipo di rete informatica in grado di acquisire una grande quantità di dati da oggetti fisici. Secondo Ashton, l'IoT è stato introdotto come un nuovo e potente metodo per raccogliere informazioni che consentono di scoprire fatti e azioni precedentemente inaccessibili (Lee, Kim, 2018).

Il concetto di IoT si riferisce a un ambiente quotidiano potenziato dal punto di vista computazionale, in cui gli "oggetti fisici" (things) e il mondo informativo sono integrati all'interno dell'infrastruttura "Internet" tramite l'utilizzo di dispositivi di rilevamento dati in tempo reale (Huang e Li, 2010; Uckelmann, Harrison e Michahelles, 2011; Bibri e Krogstie, 2016).

Rappresenta la capacità dei dispositivi intelligenti di percepire, acquisire, analizzare e trasmettere dati attraverso la rete e, quindi, agire in funzione delle informazioni ottenute (Di Martino, Rak, Ficco, Esposito, Maisto, Nacchia, 2018). Lo scopo è quello di ottenere diverse funzioni intelligenti dallo scambio informativo e della comunicazione, tra cui l'apprendimento, l'identificazione, la connessione, il monitoraggio, il controllo, la valutazione, la pianificazione e la gestione degli oggetti fisici (Bibri, 2015).

Nello scenario normativo, la ISO/IEC 20924:2018 definisce l'Internet of Things (IoT) come "un'infrastruttura di entità, persone, sistemi e risorse informative interconnesse insieme a servizi che elaborano e reagiscono alle informazioni provenienti dal mondo fisico e dal mondo virtuale" (ISO/IEC 20924:2018). Per quanto riguarda i dispositivi intelligenti, la stessa normativa definisce un dispositivo IoT come "entità di un sistema IoT che interagisce e comunica con il mondo fisico attraverso il rilevamento o l'attivazione".

L'utilizzo di sensori e dispositivi IoT nel settore delle costruzioni consente l'acquisizione di parametri relativi al ciclo di vita dell'opera, dalla realizzazione alla gestione. Questi, sotto forma di Big Data sono in grado di acquisire informazioni relative, tra gli altri, alle condizioni ambientali e alle prestazioni dell'opera, come temperatura, illuminotecnica, stato di salute strutturale e dei materiali ecc. I dispositivi IoT sono in grado di trasmettere i dati a un sistema di monitoraggio centrale connesso e possono essere utilizzati per controllare da remoto i principali sistemi dell'edificio, come aria condizionata, riscaldamento, illuminazione ecc. Combinando, inoltre, dati esterni, provenienti dal contesto urbano, come temperatura esterna, umidità, condizioni meteorologiche ecc., con i dati operativi relativi alle attività di gestione e manutenzione, è possibile aumentare la capacità di apprendimento dell'impatto delle condizioni esterne sull'erogazione dei servizi dell'edificio (Atta, Talamo, 2020).

L'uso delle tecnologie IoT nell'ambito della gestione dell'opera permette un approccio

integrato e intelligente per le attività di manutenzione. Attraverso l'analisi dei dati raccolti, è possibile individuare comportamenti anomali o potenziali guasti nei sistemi e nelle componenti degli edifici. Ciò consente di pianificare in anticipo interventi di manutenzione preventiva, riducendo al minimo il tempo di inattività dei sistemi e ottimizzando le risorse di gestione. I dati acquisiti vengono integrati nelle piattaforme centrali che consentono un controllo e monitoraggio dei parametri prestazionali dell'edificio. La misura in tempo reale delle condizioni prestazionali dell'edificio consente di rendere più efficiente la prevenzione, rilevando eventuali situazioni non previste o condizioni pericolose (Calzolari, 2019). Tuttavia, gli attuali standard per l'IoT si concentrano sull'applicazione di tecnologie e sensori ma mancano di soluzioni standardizzate, con conseguente scarsa interoperabilità tra i dispositivi IoT stessi. Per affrontare il problema dell'interoperabilità nel settore delle costruzioni è necessaria una soluzione standardizzata attraverso l'interconnessione tra BIM e IoT (Jia, Hosseini, Zhang, Nikmehr, Wang, 2022) ricorrendo all'utilizzo di automatismi o ambienti unici di condivisione dati come nel caso di piattaforme di gestione informativa. La combinazione di modelli BIM con dati in tempo reale provenienti da dispositivi IoT consente una migliore pianificazione, progettazione e gestione degli edifici esistenti. I sensori IoT possono acquisire dati sulle prestazioni dell'edificio e integrarli con le informazioni contenute all'interno del modello prodotto con il metodo BIM e avviare un processo di gestione informativa integrata e intelligente. I dati statici, dunque, vengono archiviati nel BIM e i dati dinamici saranno memorizzati nei dispositivi IoT (Jia et al, 2022). Tuttavia, l'implementazione dell'IoT nel settore delle costruzioni richiede una pianificazione accurata e l'integrazione di diverse tecnologie e competenze. Risulta necessario, dunque, definire una selezione delle informazioni da acquisire, il tipo di sensori utilizzati, il metodo di acquisizione trasmissione e archiviazione dei dati e la gestione delle informazioni, in funzione a obiettivi specifici del processo di monitoraggio.

2.3.4_Processi di gestione informativa

Come già affrontato nel presente capitolo, il Digital Twin si configura come la replica virtuale dell'edificio costruito, caratterizzato dalla connessione dinamica bidirezionale tra le due entità. Questa connessione è resa possibile attraverso un processo di monitoraggio e l'utilizzo di sistemi che consentono l'acquisizione, la trasmissione e l'elaborazione dei dati in tempo reale.

In questo contesto risulta essenziale considerare il flusso informativo come elemento chiave nel processo di gestione dell'opera nell'ambito dell'approccio Digital Twin.

Questo, implica l'interconnessione tra il processo di interoperabilità, attraverso la produzione di un modello informativo, tra il processo di monitoraggio, utilizzando sistemi e dispositivi IoT per l'acquisizione e trasmissione di dati in tempo reale, e il processo di gestione informativa. Quest'ultimo risulta un elemento chiave per la gestione del flusso informativo, in quanto la sua funzione principale consiste nel rendere l'acquisizione, la visualizzazione e l'aggiornamento costante dei dati, siano essi provenienti dal processo di interoperabilità che dal processo di monitoraggio in tempo reale.

La gestione informativa del processo edilizio permette di supportare il funzionamento e il controllo dinamico dell'edificio durante tutto il ciclo di vita dell'opera. L'applicazione di tale processo avviene attraverso sistemi che, oltre all'organizzazione delle informazioni del singolo prodotto, si occupano anche degli aspetti di processo (Zanchetta, 2020).

La norma UNI 10951, introduce per la prima volta nel 2001 il "Sistema Informativo per la Gestione della Manutenzione", come *<<uno strumento di supporto decisionale ed operativo costituito da banche dati, procedure e funzioni finalizzate a raccogliere, archiviare, elaborare, utilizzare ed aggiornare le informazioni necessarie per l'impostazione, l'attuazione e la gestione*

del servizio di manutenzione>>>.

Sistemi di gestione che rappresentano strumenti essenziali per l'organizzazione globale delle attività di mantenimento dell'opera e per supportare le operazioni di gestione e manutenzione finalizzate alla raccolta e organizzazione di dati su consumi e prestazioni.

Consentono di organizzare il flusso informativo degli edifici con l'obiettivo di gestire gli spazi, i progetti, le attività di manutenzione, la sostenibilità e l'energia. Si occupano, dunque, di monitorare e gestire elementi mobili (impianti, elementi tecnici, arredamento, etc.) e immobili (edifici, infrastrutture sul territorio, etc.) considerando anche l'aspetto logistico ed economico (Casini, 2014).

Questi sistemi, inoltre, si configurano come processi di implementazione nell'ambito della gestione e manutenzione, poiché sono in grado di rispondere alle esigenze di controllo e monitoraggio delle attività operative e del corretto flusso informativo dell'opera.

Gli strumenti che si svolgono tali azioni si identificano come piattaforme di gestione informativa, e operano attraverso applicazioni software. Si differenziano in (Whole Building Design Guide, 2015):

- Computerized Maintenance Management System (CMMS).
- Computer-Aided Facility Management (CAFM).

Il CMMS è stato progettato per supportare la gestione della manutenzione centralizzando tutte le informazioni relative alle attività previste. Questo sistema è uno strumento che prevede la gestione del catalogo manutentivo, l'elaborazione e la definizione del programma di manutenzione, la semplificazione del piano di manutenzione, la gestione delle scadenze e la tracciabilità degli interventi svolti e in scadenza e il monitoraggio delle attività da effettuare.

Il CAFM rende possibile l'accesso alle informazioni legati agli asset dell'opera per la fase di manutenzione attraverso un sistema integrato di database alfanumerici e grafici. Combina e analizza i dati per garantire il corretto svolgimento delle operazioni di gestione e manutenzione. Questo sistema consente di gestire e migliorare l'utilizzo degli spazi, pianificare le attività di manutenzione preventiva, supportare nella scelta dei servizi semplificando i processi. Permette, inoltre, la classificazione e la gestione dei singoli asset, intesi come elementi che compongono l'edificio (impianti, attrezzature, elementi di arredo, elementi architettonici e strutturali) attraverso l'assegnazione di schede e documenti già esistenti. Ulteriore aspetto principale deriva dal verificare e analizzare i dati e le informazioni relative alle operazioni di manutenzione, raggruppandole per tipologia, costi e urgenze.

L'integrazione di tali sistemi agevola l'organizzazione e il controllo di tutte le informazioni essenziali per la manutenzione.

Tuttavia, un punto critico risiede nella compilazione inadeguata e imprecisa nel tempo dei dati. Questa problematica spesso deriva dalla consegna manuale dei documenti, portando a incompletezze e imprecisioni nei dati stessi (Lucas et al., 2013).

Risulta necessario, dunque, organizzare e codificare il flusso informativo che investe tutto il processo edilizio mediante l'uso di strutture intelligenti date dalle potenzialità delle ICT (Information Communication Technology), tra cui l'uso del metodo BIM.

L'introduzione del BIM nei sistemi CMMS e CAFM ha permesso una forte riduzione dei tempi per l'immissione dei dati necessari a favore della gestione dell'opera, in quanto questi sono già presenti e in modo dettagliato (Zanchetta, 2020).

La presenza di un modello informativo, che comprende dettagli sulle procedure di manutenzione, i piani di sostituzione, le garanzie, la programmazione temporale e tutti gli elementi finalizzati alla gestione degli asset, diventa uno strumento fondamentale per avviare un processo di gestione informativa efficace.

Il modello BIM consente al gestore/manutentore di individuare i componenti edilizi e le informazioni correlate alla manutenzione preventiva e correttiva dei singoli elementi, facilitando l'assegnazione diretta dei cicli manutentivi. Consente, altresì, di individuare e

interagire con attrezzature, elementi e spazi altrimenti non accessibili, riducendo il tempo impiegato e, di conseguenza, i costi associati.

Altri benefici includono un miglioramento dell'accuratezza dei dati, una rapida accessibilità e localizzazione degli interventi, la capacità di allegare informazioni conformi alle normative vigenti, e la possibilità di pianificare scenari di riqualificazione in un ambiente 3D.

Il BIM nei sistemi CMMS e CAFM offre, inoltre, la tracciabilità delle relazioni tra gli attori coinvolti nella gestione del ciclo di vita dell'opera (Kassem et al., 2015; Eastman et al., 2011; Foster, 2011).

Secondo quest'ultimo aspetto, risulta necessario richiamare il ruolo e le potenzialità che derivano dall'integrazione dell'IoT come strumento del processo di monitoraggio.

Grazie all'integrazione che avviene tra i dispositivi IoT e le piattaforme di gestione Informativa, oltre che rilevare dati in tempo reale (consumi, temperatura, carico, flusso e qualità dell'aria ecc.) è possibile gestire tutte le informazioni e consentono di migliorare le prestazioni degli edifici attraverso simulazioni e analisi.

Capacità operative e strumentali che, se combinate, consentono di definire i requisiti operativi e di monitorarli continuamente, nonché di simulare le prestazioni, pianificare strategie di manutenzione preventiva, migliorare il comfort e ridurre l'impatto sull'ambiente degli edifici (Lauria, Azzalin, 2023).

Sistemi e processi che consentono l'acquisizione di informazioni, l'analisi, l'interpretazione, la simulazione, la visualizzazione e la connessione bidirezionale tra l'entità fisica e l'entità virtuale e caratterizzare la gestione dell'opera attraverso un approccio Digital Twin.

Analisi di mercato

Come già definito nel presente paragrafo, per svolgere il processo di gestione informativa è necessario utilizzare piattaforme dedicate. Queste sono strumenti chiave per il governo del flusso informativo durante le attività di gestione, facilitando al contempo la programmazione e il controllo delle operazioni di manutenzione.

In questa parte di studio e analisi dello stato dell'arte, ai fini della ricerca è risultato opportuno sviluppare un'analisi di mercato delle diverse soluzioni di piattaforma di gestione informativa.

L'analisi ha posto attenzione alle piattaforme che utilizzano sistemi CMMS e CAFM con l'integrazione dei modelli informativi BIM.

DALUX FM (<https://fm.dalux.com/login>)

- Funzionalità:

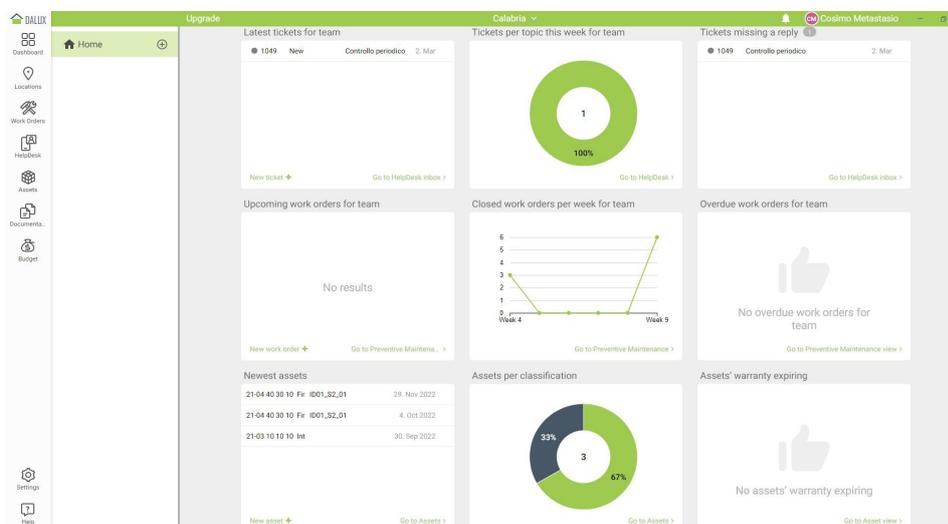
Il software si occupa di Operation & Maintenance degli asset. Mette a sistema tutte le informazioni, i documenti e i collegamenti necessari al fine di monitorare e gestire la fase di progettazione, di realizzazione e di uso (Operation & Maintenance) dell'opera. Inoltre, consente l'interazione tra i diversi operatori nelle fasi di progettazione e realizzazione, nonché tra questi e l'utente finale nella fase d'uso. Il software è presente anche in app per smartphone e tablet per interagire direttamente sul posto di lavoro.

- Processi:

Crea collegamenti tra gli oggetti direttamente con il modello. Raccoglie i file in un unico luogo e sincronizza i file del progetto nel cloud. Consente di gestire e strutturare progressivamente le informazioni riferite al "as built" durante il cantiere, parallelamente cioè, alla fase di realizzazione. Inoltre, permette di gestire le informazioni relative alle manutenzioni programmate previste, alle tempistiche, e alle caratteristiche degli elementi su cui intervenire, prevedendo infine la possibilità di fornire direttamente in loco report di sintesi al termine delle operazioni di intervento e/o controllo. Consente, inoltre, attraverso la creazione di modelli di compito o "cecklist template", di programmare operazioni secondo uno schema di intervento ben definito.

- Livello di integrazione con BIM:

È possibile combinare e visualizzare contemporaneamente il modello informativo dell'edificio e tutti i dati relativi agli elementi, anche da remoto, garantendo la possibilità di importare file IFC. Il Digital twin dell'edificio sarà visualizzato all'interno di una mappa panoramica interattiva grazie all'integrazione con i sistemi GIS, dove sarà possibile gestire tutti i dati relativi all'anagrafica. L'integrazione e la visualizzazione con il BIM, consente di realizzare e gestire operazioni e informazioni sulla gestione dell'opera direttamente dal modello importato.



DaluxFM

ARCHIBUS(<https://www.archibus.com>)

- Funzionalità:

Archibus è una piattaforma che si occupa di gestione degli edifici, strutture e infrastrutture. Tra le varie funzioni con riferimento specifico alla fase di "Operation & Maintenance" vengono proposti due Moduli "Manutenzione correttiva" e "Manutenzione preventiva automatizzata" che consente di pianificare gli interventi sulla base delle esigenze dei diversi asset.

- Processi:

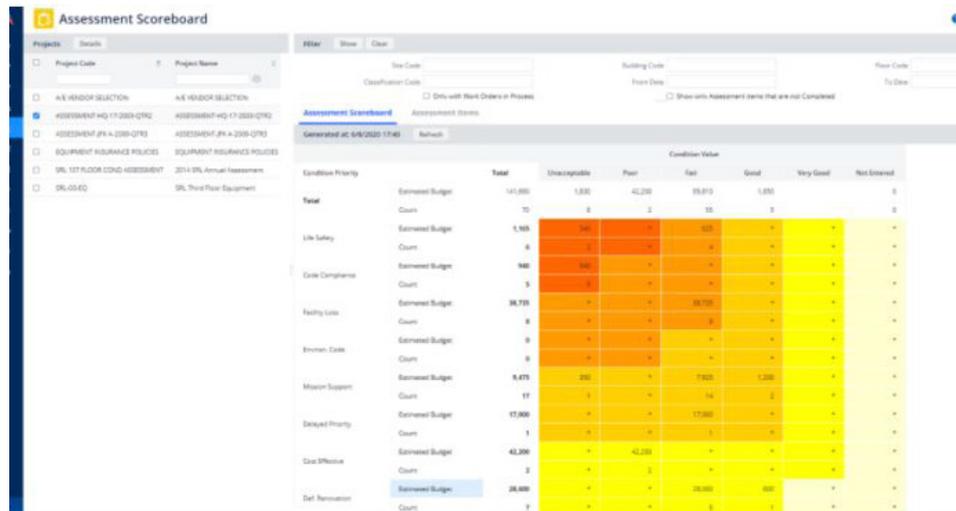
Consente di fornire informazioni relative allo stato di salute degli edifici e dei singoli elementi attraverso delle schede valutative che immettono dati nel sistema. Inoltre, consente di creare una visualizzazione complessiva, attraverso l'aggregazione delle singole voci di portfolio e dei dati raccolti e analizzati.

La sezione di gestione e pianificazione degli spazi, genera una soluzione web-based per la rappresentazione e la gestione delle diverse tipologie di spazio.

La sezione di gestione degli asset, arredi, reti e telecomunicazione permette di gestire le proprietà per migliorare l'affidabilità dei dati acquisiti.

- Livello di integrazione con BIM:

La piattaforma consente di collegare, attraverso un'estensione ("ARCHIBUS Overlay for Revit") un modello BIM realizzato da uno specifico software di progettazione per combinare i dati ai database aziendali. Non gestisce i file con standard IFC ma è possibile importare file excel di COBie.



ARCHIBUS

INFOCAD.FM (<https://www.infocad.fm>)

- Funzionalità:

La piattaforma è finalizzata alla gestione delle attività di Facility e alla gestione del patrimonio edilizio.

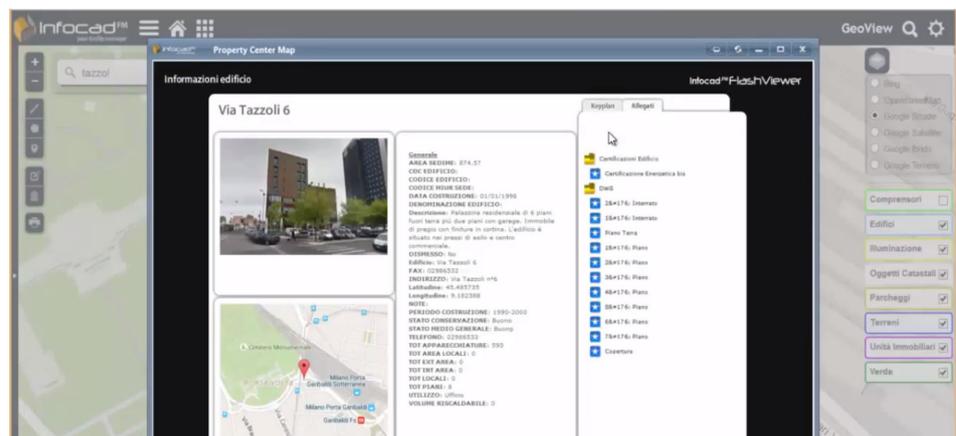
Il sistema è costituito da moduli applicativi che consentono di collegare le funzioni a dati e planimetrie in tempo reale.

- Processi:

Oltre al Facility Management, la piattaforma si occupa di processi di Property ed Energy management a livello urbano. Attraverso il supporto di cartografie sul web (Google Maps, Microsoft Bing ecc..) consente la georeferenziazione degli edifici accedendo così alle informazioni, ai documenti e ai certificati collegati.

- Livello di integrazione con BIM:

La piattaforma utilizza modelli BIM e GIS estendendo il campo di applicazione alla gestione del territorio. Attraverso i modelli BIM è possibile creare in tempo reale planimetrie interattive in modo da poter comunicare informazioni sugli ambienti e sugli impianti. Inoltre, la piattaforma supporta i formati IFC rendendo possibile federare diversi modelli BIM e GIS.



InfoCAD

BIC - BUILDING IN CLOUD (<https://www.buildingincloud.net>)

Funzionalità:

Building in Cloud, BIC, è una piattaforma finalizzata alla gestione dell'intero ciclo di vita degli edifici. Si occupa di Pianificazione, Progettazione, Costruzione, Gestione e Manutenzione.

Si articola in più sezioni (Progettista, Engineering, Costruttore, Proprietario) che comunicano tra loro per la gestione e la condivisione di tutte le informazioni relative alla gestione e al controllo delle performance dell'edificio.

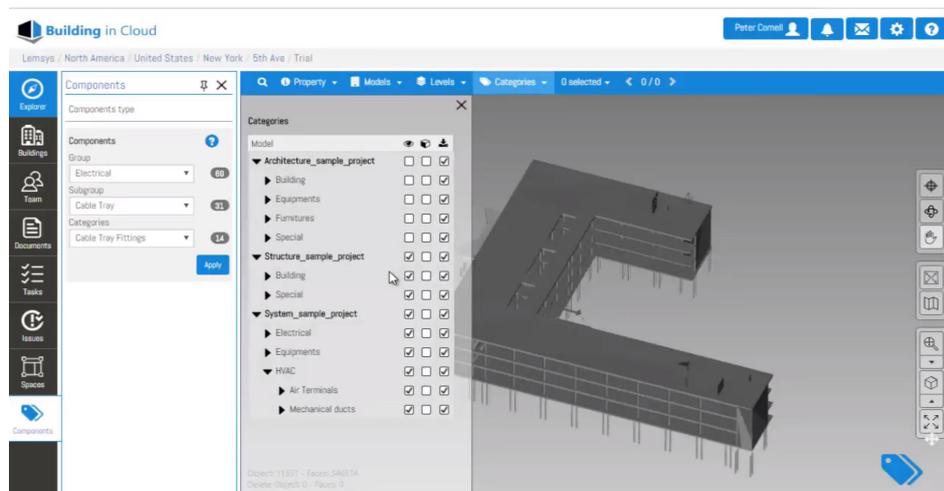
Processi:

La piattaforma consente di applicare moduli aggiuntivi dedicati al Common Data Environment, alla Manutenzione e al Facility Management fornendo strumenti di analisi, gestione e manutenzione nelle aree di Space Management, Asset Management e Operation & Maintenance. I servizi forniti sono dichiarati in linea con le normative PAS 1192 – UNI 11337 e ISO 19650.

Livello di integrazione con BIM:

Consente di associare, da un'unica interfaccia, e a partire dagli oggetti contenuti nel modello BIM, le attività di manutenzione programmata, consentendo di tracciare tutte le attività e di visualizzarle in cloud tramite uno strumento di BIM viewer.

Consente di collegare dati a modelli BIM federati in IFC.



BIC

ECODOMUS FM (<https://www.ecodomus.com/>)

- Funzionalità:

EcoDomus FM è una piattaforma che si occupa di Facility Management utilizzando sistemi di Building Automation System (BAS), CMMS, CAFM, e IWMS. Inoltre, la piattaforma permette di raccogliere e archiviare tutte le informazioni in tempo reale mantenendo i dati relativi agli edifici sempre up-to-date, come da Central Facility Repository (CFR). In dettaglio, si occupa della consegna dei lavori, dei vari interventi di manutenzione e della gestione degli asset.

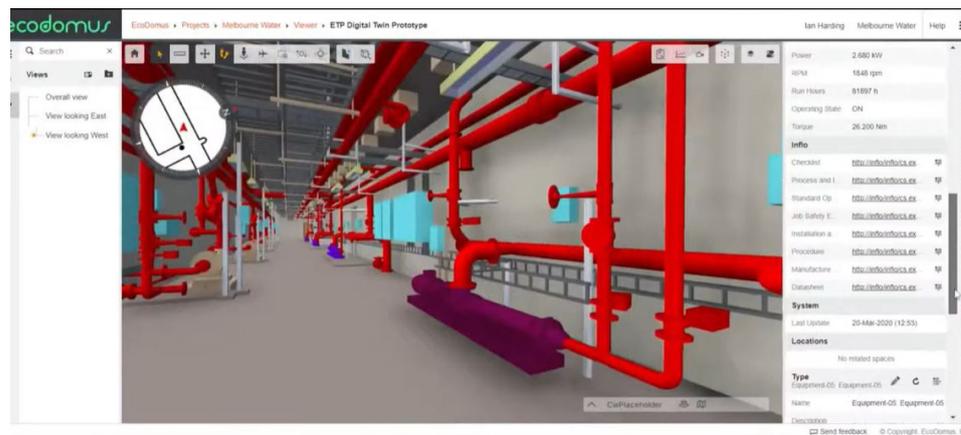
- Processi:

Il software permette la navigazione del modello BIM contenente tutte le informazioni in modo da visualizzare gli asset, monitorare gli impianti e identificare le zone in cui viene richiesto un intervento di manutenzione o sopralluogo. Nello specifico, ad ogni elemento è associata una scheda identificativa che contiene tutte le informazioni e le proprietà tecniche del prodotto/elemento. Inoltre, attraverso

un modulo esterno, ("EcoDomus PM") fornisce la capacità di gestire i dati durante l'intero ciclo di vita dell'edificio.

- Livello di integrazione con BIM:

Il software consente l'integrazione dei modelli BIM con i sistemi BAS, CMMS, CAFM, IWMS e GIS per la gestione degli edifici attraverso navigazione 3D. Inoltre, consente di importare ed esportare file in formato IFC.



ECODOMUS

OPEN MAINT (<https://www.openmaint.org>)

- Funzionalità:

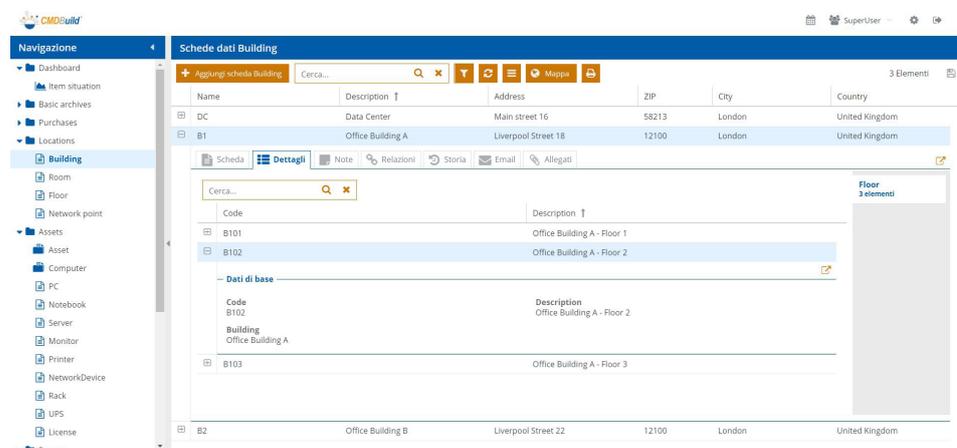
La piattaforma si occupa di Facility Management e di Manutenzione edilizia.

- Processi:

Crea collegamenti tra il modello per la gestione degli ambienti e quello delle singole parti dell'edificio, consentendo l'organizzazione operativa delle attività di manutenzione e FM.

- Livello di integrazione con BIM:

Consente di importare ed esportare file con standard IFC, attraverso piattaforma Cloud esterna, recependo le informazioni contenute per poi condividerle con gli asset necessari per la gestione degli edifici.



OpenMaint

2.3.5_ Smart Building e Cognitive Building

Esaminando gli approfondimenti del seguente paragrafo, l'approccio Digital Twin si configura come elemento centrale che consente l'interazione tra edificio, utente e ambiente esterno.

L'avvio di un processo innovativo per la gestione dell'opera, attraverso tale approccio, non solo consente all'edificio di raccogliere dati sulle prestazioni e sul funzionamento degli elementi che lo compongono, ma ne assicura l'analisi e la simulazione per favorire un uso efficiente delle risorse. Avviare un processo di gestione innovativa dell'opera attraverso tale approccio, consente all'edificio, non solo di accumulare dati sulle prestazioni dell'opera, ma potrebbe garantire l'analisi e la simulazione per migliorare e favorire un uso efficiente delle risorse. In questo scenario, l'edificio viene caratterizzato come Smart Building e Cognitive building.

In questa parte della presente trattazione è risultato necessario approfondire le diverse definizioni che, nel corso degli anni, sono emerse per definire gli Smart Building e Cognitive Building.

Sebbene non esista una definizione condivisa e standard, questi rivestono un potenziale ruolo principale nel contesto della gestione del patrimonio edilizio. Questi consentono il controllo e l'adattabilità delle risorse e la gestione delle informazioni.

Secondo una ricerca condotta da M. Wagginton e J. Harris (2002), esistono più di 30 definizioni diverse sugli edifici definiti "intelligenti" (Wagginton, Harris, 2002).

Il concetto di Smart Building è stato introdotto inizialmente dal UTBS Corporation (United Technology Building System Corporation) degli Stati Uniti quando esordì con il termine di "Intelligent Building" agli inizi degli anni '80. Le definizioni in quel periodo concentrarono sui principali sistemi di automazione degli edifici, le comunicazioni e i sistemi di hardware utilizzati (Harrison, Loe, Read, 1998).

Nel 1988, l'Intelligent Building Institution di Washington definisce gli "Intelligent Building" come un edificio che integra vari sistemi per gestire efficacemente le risorse in modo coordinato per massimizzare le prestazioni tecniche, i risparmi sui costi di investimento e di esercizio, e la flessibilità (IBI, 1988).

DEGW e Technibank nel 1992, definiscono "Intelligent Building" come un "qualsiasi edificio che fornisce n ambiente reattivo, efficace e di supporto all'interno del quale l'organizzazione può raggiungere i propri obiettivi aziendali" (DEGW, Technibank, 1992).

So et al, nel 1999 hanno affermato che <<un edificio intelligente è progettato e costruito sulla base di un'appropriata selezione di moduli ambientali di qualità per soddisfare le esigenze dell'utente mappando le strutture edilizie appropriate per ottenere valore dell'edificio a lungo termine>> (So, Wong, Wong, 1999).

Dagli inizi anni 2000, si introduce la volontà di considerare il comfort dell'occupante attraverso l'interazione e l'utilizzo di sistemi intelligenti quando "European Intelligent Building Group" definisce gli "Intelligent Building" come un "edificio che crea un ambiente in grado di massimizzare l'efficacia degli occupanti, consentendo allo stesso tempo una gestione efficiente delle risorse con costi minimi di hardware e strutture" (Wagginton, Harris, 2002).

Heimanen nel 2003, inoltre, ha sostenuto che la building intelligent può riferirsi all'intelligenza "impressa in un oggetto (come un edificio) dall'intelligenza umana" (Heimanen, 2003), per esprimere, dunque, la necessità di enfatizzare l'interazione tra uomo e macchina.

Nel 2007, il Building Intelligent Group LLC, ha pubblicato il dizionario dell'edificio intelligente definendolo come <<un edificio che integra tecnologia e processi per creare una struttura più sicura, più confortevole e produttiva per i suoi occupanti e più efficiente dal punto di vista operativo per i suoi proprietari. La tecnologia avanzata, combinata con processi migliorati di progettazione, costruzione e funzionamento, fornisce un ambiente interno superiore che

migliora il comfort e la produttività degli occupanti riducendo al contempo il consumo di energia e il personale operativo>> (Building Intelligent Group LLC, 2007).

Con riferimento alla tematica riferita al consumo energetico, la direttiva europea in materia di efficienza energetica (EPBD 2010) introduce l'obiettivo di trasformare gli edifici come nearly Zero Energy Building (nZEB) definendolo <<*un edificio caratterizzato da un rendimento energetico molto elevato durante il suo funzionamento, con la maggior parte dell'energia richiesta proveniente da fonti rinnovabili*>>.

La stessa direttiva introduce per la prima volta il concetto di Smart Building come il principale abilitatore per il futuro del settore edilizio. Afferma, inoltre, che gli Smart Building devono essere nZEB con una maggiore flessibilità, considerando la capacità di un edificio di gestire la propria domanda e generazione di energia in base alle condizioni climatiche locali, alle esigenze degli utenti e ai requisiti di rete. (EPBD, 2010 – Recast UE/488/2018).

Secondo Marco Casini (2014), lo Smart Building rappresenta l'evoluzione sia dello nZEB che del Green Building. In aggiunta alle caratteristiche di efficienza energetica ed ambientale valutate lungo il ciclo di vita, lo Smart Building aggiunge la possibilità del controllo dinamico di tutti i parametri ambientali dell'edificio in risposta al mutare delle condizioni esterne o interne attraverso sistemi di monitoraggio, in grado di interagire in modo intelligente con il contesto e con gli utenti, caratterizzandosi, inoltre, per la presenza di un involucro edilizio di tipo "adattivo" (Casini, 2014).

Come già visto in precedenza, Vito Albino, Umberto Berardi e Rosa Maria Dangelico nel 2015 hanno affermato che l'intelligenza dello Smart Building, si riferisce alla diffusione delle ICT (Information Communications Technology) per soddisfare i bisogni delle persone e delle comunità (Albino, Berardi, Dangelico, 2015).

Omar ha presentato un framework multicriteria come strumento per la categorizzazione selettiva, sostenendo che uno smart building ha tre obiettivi principali: sicurezza e protezione, comfort dell'utente, ambiente ed energia (Omar, 2018).

Lê, Nguyen e Barnett già nel 2012 hanno sostenuto che gli Smart Building hanno le seguenti cinque caratteristiche: - Automazione, ossia la capacità di ospitare dispositivi automatici o eseguire funzioni automatiche; - Multifunzionalità, la capacità di consentire lo svolgimento di più di una funzione in un edificio; - Adattabilità, la capacità di apprendere, prevedere e soddisfare i bisogni degli utenti e lo stress dall'ambiente esterno; - Interattività, La capacità di consentire l'interazione tra gli utenti; - Efficienza, la capacità di fornire efficienza energetica e risparmiare tempo e costi (Lê, Nguyen, Barnett, 2012).

L'ultima revisione della EPBD 2010 – UE/488/2018, come già illustrato in precedenza nella presente trattazione, ha introdotto lo Smart Readiness Indicator, per misurare la prontezza intelligente dell'edificio inteso come la capacità degli edifici di adattare il proprio funzionamento alle esigenze della rete e degli occupanti (EPBD UE/488/2018).

In questo contesto, sulla base delle definizioni riviste, risulta evidente di come la progettazione dell'edificio abbia attraversato un periodo di transizione in cui dall'essere un'entità statica diventa un'entità dinamica, assumendo un ruolo adattivo nell'acquisire informazioni per l'individuazione di nuovi requisiti e condizioni in continuo mutamento.

Al Dakheel, Del Pero, Aste e Leonforte (2020) nel tentativo di identificare e descrivere le caratteristiche chiave dello Smart Building hanno prodotto un framework secondo quattro funzioni principali. Queste, lavorando in sinergia tra loro, rappresentano potenzialmente le macro – categorie per descrivere le caratteristiche necessarie dello Smart Building. Le funzioni sono le seguenti (Al Dakheel, Del Pero, Aste, Leonforte, 2020):

- Climate Response, la capacità degli edifici di rispondere alle condizioni climatiche esterne, secondo cui l'edificio deve essere in grado di ridurre al minimo il proprio consumo energetico.
- Grid Response, l'adozione/reazione degli edifici a segnali/informazioni provenienti dalla rete, con il potenziale obiettivo di massimizzare l'efficienza energetica/economica

alla scala urbana.

- Risposta dell'Utente, la capacità di un edificio di consentire un'interazione in tempo reale tra gli utenti e le tecnologie implementate.
- Monitoraggio e Supervisione, la capacità di effettuare un monitoraggio in tempo reale del funzionamento dell'edificio o dei suoi sistemi e del comportamento degli utenti.

In tale contesto, lo Smart Building viene considerato, dunque, come un edificio innovativo che esprime la necessità di interagire con l'attività umana che opera al suo interno grazie all'evoluzione di processi di interoperabilità, da sistemi e dispositivi di monitoraggio e da sistemi di gestione dei dati per il governo del flusso informativo.

L'integrazione di tali processi contribuisce a rafforzare i concetti di sostenibilità e intelligenza dell'edificio (Pavón, Alberti, Alvarez, Carrasco, 2021) mediante la raccolta e la visualizzazione in tempo reale dei dati, garantendo, al contempo, un governo dinamico dei dati.

Questo approccio metodologico, cioè di considerare l'integrazione di processi e sistemi per l'adattabilità dinamica dell'edificio, ha portato all'introduzione del concetto "Cognitive Building" considerandolo come un potenziale miglioramento dello Smart Building poiché include l'intelligenza nel flusso informativo (Pasini, Ventura, Rinaldi, Bellagente, Ciribini, 2016; Xu, Lu, Xue, Chen, 2019).

In generale, il termine "cognizione" è riferito al processo di acquisizione, di conoscenza e comprensione attraverso il pensiero, l'esperienza e i sensi (Alanne, Sierra, 2022).

Per il Cognitive Building, la cognizione è riferita in particolare al calcolo cognitivo (modellazione del processo di pensiero umano in situazioni complesse e incerte), che è il risultato dell'integrazione che avviene da processi di interoperabilità e l'uso di sistemi IoT per l'acquisizione delle informazioni in tempo reale, con l'obiettivo di gestire meglio gli edifici (Ploennings, Ba, Barry, 2018).

Secondo tali considerazioni, l'edificio potrebbe potenzialmente essere in grado di adattarsi ai cambiamenti derivanti da variabili esterne e interne, ottimizzando le sue prestazioni e affrontando le sfide di comfort interno e impatti ambientali esterni (Rinaldi, Bellagente, Ciribini, Tagliabue, Poli, Mainini, Speroni, Cadena, Spagnolo, 2020).

Il "Cognitive Building", dunque, si configura come entità cognitiva capace di acquisire informazioni in tempo reale, in funzione alle reali esigenze che nascono dall'interazione con l'utente e con l'ambiente esterno.

La capacità di apprendimento, dunque, è un fattore chiave per l'adattabilità cognitiva dell'edificio poiché il cognitivismo si riferisce all'acquisizione di conoscenze e abilità (Gross, 2010; Masethe, Masethe, Odunaikke, 2017; Alanne e Sierra, 2022).

L'edificio potrebbe interagire con l'utente grazie al livello di apprendimento dei sistemi integrati e aumentare il livello di manutenibilità e gestione nel tempo.

Il concetto di Cognitive Building, dunque, non si limita all'accumulo dei dati e all'utilizzo di sistemi tecnologici definiti intelligenti, ma viene considerato come un edificio capace di integrare processi innovativi che consentono un approccio dinamico per ottimizzare l'interazione tra l'utente, l'ambiente esterno e interno.

In aggiunta, sulla base degli studi sostenuti, l'integrazione di processi di interoperabilità, di processi di monitoraggio mediante l'IoT e processi di gestione informativa, oltre che analizzare le prestazioni dell'opera e comunicarle all'utente, può aprire le porte a un panorama in cui la comunicazione e la gestione delle informazioni diventano elementi centrali.

L'integrazione di questi processi, non solo ottimizza il mantenimento dell'opera, ma crea anche un contesto in cui gli utenti possono interagire in modo più consapevole con il proprio ambiente. In questo scenario dinamico, le potenzialità degli Smart Building e Cognitive Building potrebbero configurarsi come catalizzatori di una trasformazione significativa nel modo in cui progettiamo e utilizziamo gli spazi, acquisendo, al tempo stesso, una nuova percezione della gestione degli edifici esistenti.

2.4 _ Conclusioni sullo stato dell'arte

Il concetto riguardante il progetto dell'esistente, introdotto da Valerio Di Battista negli anni '80, ha innescato importanti riflessioni sul tema del recupero e della gestione degli edifici esistenti. Questo focus ha dato vita negli anni a un dibattito più ampio e articolato sul recupero edilizio, ridefinendo e affinando i concetti di riqualificazione, gestione e manutenzione. Questa prospettiva ha permesso di aprire le porte ad uno scenario di metodologie innovative per garantirne sostenibilità e mantenimento nel contesto contemporaneo.

Emerge, dunque, l'urgenza di connettere riqualificazione e approccio manutentivo, evidenziando la necessità di intervenire sull'esistente non solo come azione isolata, ma come parte integrante di un sistema interconnesso e continuo. Tale relazione riflette la crescente importanza della manutenzione preventiva e della gestione informativa per prevenire guasti e decadimenti prestazionali inattesi anziché limitarsi a intervenire a danno avvenuto.

La conoscenza dell'opera prima dell'intervento costituisce un elemento essenziale per agevolare sia la riqualificazione che la gestione nel tempo.

L'approccio metodologico al progetto dell'esistente richiede, dunque, un'attenta acquisizione di informazioni scientifiche e l'implementazione di un sistema informativo adeguato a gestire gli interventi di riqualificazione e manutenzione.

In questo contesto, appare evidente l'importanza di integrare le informazioni relative agli interventi di riqualificazione con quelle definite per la fase di gestione dell'opera attraverso processi di digitalizzazione.

Il dualismo tra patrimonio esistente e digitalizzazione riflette un nuovo paradigma nel settore delle costruzioni, in cui emergono nuove necessità nell'uso degli edifici, patrimonio costruito, asset.

Questa visione richiede un'evoluzione delle pratiche tradizionali, spingendo verso l'integrazione di metodologie innovative e tecnologiche per ottimizzare la gestione degli edifici esistenti. L'approccio sottolinea l'importanza di considerare l'intervento sugli edifici esistenti non solo come un'opportunità per migliorare l'efficienza energetica e l'utilizzo delle risorse, ma anche per favorire la loro interazione con gli utenti e fornire informazioni sullo stato di salute dei vari componenti.

In questo contesto, è essenziale che gli edifici siano progettati e/o adattati per rispondere alle reali esigenze degli occupanti, garantendo comfort, benessere e trasmettendo informazioni sull'ottimizzazione delle risorse.

La raccolta di dati sul comportamento degli occupanti e la loro interazione con l'ambiente esterno potrebbe fornire informazioni essenziali per adattare l'edificio in base alle esigenze effettive. Emerge, dunque, il ruolo centrale dello Smart Building e del Cognitive Building, i quali aprono la strada ad un approccio metodologico innovativo per la gestione dell'esistente.

Questi, non solo acquisiscono informazioni sul comportamento dell'utente e sull'ambiente circostante ma, attraverso la loro capacità di apprendimento, potrebbero interagire trasmettendo informazioni e adattando le proprie risorse alle reali esigenze e all'ottimizzazione delle prestazioni dell'edificio.

Tuttavia, è essenziale definire il flusso e la comunicazione delle informazioni che avviene tra l'edificio e l'occupante.

Risulta, quindi, evidente indirizzare la gestione dell'opera attraverso l'approccio Digital Twin, il quale consente la connessione bidirezionale tra l'edificio costruito e la sua replica virtuale.

Come precedentemente esposto, l'interazione tra l'edificio reale e la sua replica virtuale avviene attraverso l'interconnessione dei processi di interoperabilità, di monitoraggio e di

gestione informativa.

Tali processi non solo agevolano la suddetta interazione, ma permettono anche all'edificio di evolversi dinamicamente, apprendendo il reale utilizzo delle risorse e adattandosi, infine, alle reali esigenze dell'occupante.

In questa prospettiva, la raccolta e l'analisi dei dati sulle prestazioni dell'edificio non solo potrebbe favorire interventi preventivi e predittivi nella manutenzione, ma permetterebbe all'edificio stesso di sviluppare la propria capacità cognitiva, acquisendo informazioni in tempo reale sull'aspetto gestionale dell'edificio.

Risulta necessario, però, definire criteri di classificazione e standard di strutturazione delle informazioni in modo da poter accedere in modo diretto ai dati che consentono i processi decisionali e di simulazione.

Per l'implementazione e lo sviluppo dell'approccio Digital Twin nelle attività di gestione e manutenzione risulta essenziale porre particolare attenzione all'integrazione dei dati, agli standard e alla valutazione accurata del suo impatto sull'ambiente costruito.

Appare evidente definire indicatori chiave di prestazione e criteri di valutazione della capacità adattiva e intelligente dell'edificio.

Risulta essenziale, inoltre, definire e sviluppare soluzioni che indirizzano l'integrazione dei processi di digitalizzazione con l'ambiente costruito operando attraverso l'interconnessione dei processi di interoperabilità, di monitoraggio e di gestione informativa per la sistematizzazione delle informazioni utili alla gestione dell'opera.

Nonostante le opportunità definite rispetto alla gestione innovativa degli edifici esistenti, l'analisi dello stato dell'arte ha fatto emergere diverse problematiche. Tra questi, se non uno dei principali, riguarda la trasformazione digitale nel settore delle costruzioni.

In questo scenario, il settore delle costruzioni risulta tra i settori produttivi più lenti nell'adozione di processi e strategie di digitalizzazione (Lauria, Azzalin, 2023).

Risulta evidente la mancanza di una visione sistemica che integri in modo coeso le diverse strategie di digitalizzazione riferite alla gestione dell'intero ciclo di vita dell'opera (Lavikka et al. 2018; Berger, 2020; Alaloul et al., 2020).

Nel circoscrivere il dibattito all'interno delle questioni proprie della gestione dell'opera, si riconosce che l'approccio Digital Twin presenta problematiche riferite all'acquisizione, sistematizzazione e integrazione di informazioni e processi.

Nel contesto delineato, uno dei problemi centrali risiede nella gestione della grande quantità di dati presenti nell'ambito della gestione e manutenzione degli edifici. La mancanza di sistematizzazione e organizzazione di queste informazioni, all'interno di una struttura ben definita in linea con le esigenze di gestione dell'opera, comporta il rischio di dispersione e accessibilità da parte degli attori coinvolti.

Un'ulteriore problematica riguarda la comprensione accurata delle reali esigenze degli occupanti e la loro traduzione in informazioni utili per l'adattamento dell'edificio. La raccolta di dati sul comportamento globale dell'edificio e la sua interazione con l'ambiente costruito diventano quindi essenziali.

Tuttavia, l'interpretazione e l'utilizzo di tali informazioni possono presentare criticità riferite sia alla selezione di relativi indicatori di prestazione chiave da monitorare, sia alla connessione tra gli strumenti adottati per il rilevamento, l'acquisizione e l'elaborazione di tali informazioni.

Questo ultimo aspetto è correlato a un'ulteriore problematica legata all'interconnessione dei processi di interoperabilità, di monitoraggio e gestione informativa.

Oltre alle tematiche relative alla natura degli strumenti utilizzati, si evidenzia come questa interconnessione sia ancora un sistema frammentato.

In questo contesto, ciascun processo risulta spesso distante dagli altri e le informazioni relative alle singole fasi non sono spesso connesse tra loro per la trasmissione dei singoli dati utili. Tale situazione è causata dalla mancanza di chiarezza nella struttura sequenziale

dei rispettivi processi, con il rischio che l'organizzazione delle informazioni non segua correttamente la singola fase di appartenenza.

Nell'esaminare quanto emerso dallo stato dell'arte in funzione degli obiettivi della ricerca, questa mira a definire e sviluppare protocolli che integrano processi e tecnologie esistenti adottando l'approccio Digital Twin per la diretta interazione tra edificio, utente e ambiente esterno.

Diviene, dunque, essenziale consolidare l'interconnessione tra i processi di interoperabilità, monitoraggio e gestione informativa, mediante lo sviluppo di ciascuna fase per consentire la sistematizzazione delle informazioni utili per la gestione dell'opera.

L'obiettivo è anche quello di contribuire alla definizione di edifici intelligenti che abbiano capacità di apprendere l'utilizzo delle risorse e adattarsi alle reali esigenze dell'uomo e dell'ambiente.

Proposta

Definizione e sviluppo di Protocolli BIM-Based per Smart Building e Smart Communities

3.1 _ Protocolli

In ogni attività, secondo la teoria della decisione l'elemento primario con cui operare è l'informazione. Non considerando questo aspetto la possibilità di commettere errori aumenta esponenzialmente. Nel settore delle costruzioni, la strutturazione del sistema informativo è un elemento fondamentale per il controllo del ciclo di vita degli edifici, ancor prima della loro acquisizione. In particolare, per le fasi di progettazione e gestione. (Lauria, 2002; Evans, Savian, Burns, Cooper, 2019; Delgado, Oyedele, 2021)

Secondo quanto emerso dallo stato dell'arte, le sfide nell'organizzazione e sistematizzazione dei dati, hanno stimolato la necessità di definire criteri di classificazione e standard di strutturazione delle informazioni. Un linguaggio di condivisione e acquisizione in funzione alle diverse fasi del processo edilizio.

Approccio che si identifica nella definizione di protocolli, i quali <<descrivono un insieme di regole attraverso cui creare un linguaggio comune per lo scambio di informazioni e poter essere interpretati per il corretto funzionamento>> (Treccani).

Secondo la ISO 11648, norma che definisce i requisiti relativi alle attività svolte dal Project Manager, si definiscono protocolli: <<regolamentazioni e standard pensati per garantire un flusso corretto delle attività, consentendo la verificabilità dei risultati>> (ISO 11648:2022).

La loro applicazione al settore delle costruzioni, in particolare ai processi di manutenzione e riqualificazione del patrimonio esistente, consente di acquisire e strutturare tutte le informazioni prodotte durante l'intero ciclo di vita dell'edificio.

I protocolli mirano, inoltre, a favorire una maggiore interoperabilità dei dati appartenenti al flusso informativo durante le varie fasi del processo di costruzione al fine di accompagnare le attività di gestione.

L'uso del BIM è lo strumento di partenza del processo di interoperabilità ed è l'elemento di base per l'acquisizione e la sistematizzazione delle informazioni (EUBIM, 2018).

Il BIM integrato alle altre diverse tecnologie abilitanti oggi disponibili per le attività di monitoraggio (Augmented Reality, IoT, Cloud Computing, Building Automation) semplifica le operazioni di governance rafforzando il concetto di interazione tra utente e edificio attraverso la connessione tra reale e virtuale. In questo contesto, i medesimi protocolli consentono l'integrazione tra i processi di interoperabilità e di monitoraggio, interconnessi a processi di gestione informativa e di operare, dunque, attraverso l'approccio Digital Twin. Questo approccio innovativo, nell'ambito della governance degli edifici, favorisce l'acquisizione e la trasmissione di dati in tempo reale, garantendo un flusso informativo continuo e sempre aggiornato sulle prestazioni dell'opera. Si configura, inoltre, come un potenziale elemento chiave nella fase decisionale delle attività di gestione e manutenzione, in quanto consente di condurre simulazioni basate sulle informazioni acquisite e strutturate.

3.2 _ Struttura dei Protocolli

I protocolli che si propongono hanno come obiettivo la messa a sistema dei dati appartenenti al flusso informativo durante le diverse fasi del processo edilizio.

Intendono affrontare e indirizzare, a diverse scale, le fasi operative del progetto dell'esistente suggerendo azioni e definendo quali informazioni sono utili per l'avvio delle operazioni di gestione attraverso processi di digitalizzazione. Si configurano, inoltre, attraverso l'operatività dell'approccio Digital Twin e prevedono di potenziare e strutturare l'interconnessione tra i processi di interoperabilità, di monitoraggio e di gestione informativa.

La loro applicazione potrebbe avviare un processo virtuoso di gestione integrata e intelligente del patrimonio edilizio.

La loro struttura è costituita da uno schema sequenziale; quindi, tutti i processi, le azioni e le informazioni dipendono dalla corretta esecuzione delle singole fasi.

Considerano ogni tipologia d'intervento, dal progetto sull'esistente alla nuova costruzione configurando la fase di Operation & Maintenance come azione principale.

I protocolli hanno una duplice articolazione:

- Protocollo Ambiente Costruito
- Protocollo BIM-Based per smart building e smart communities con approcci Digital Twin.

Il primo identifica la sistematizzazione delle fasi normalmente svolte secondo lo studio del tradizionale processo edilizio.

Il secondo rappresenta l'aspetto innovativo della ricerca poiché introduce, nell'ambito della fase di Operation & Maintenance, l'interconnessione dei processi propri dell'approccio Digital Twin.

Entrambi i protocolli garantiscono la gestione degli edifici configurandoli come Smart Building e Cognitive Building, considerando l'adattabilità e la capacità di apprendimento del carattere esigenziale-prestazionale.

Tale aspetto si caratterizza attraverso l'operatività definita dall'approccio Digital Twin che accoglie l'interconnessione dei processi di interoperabilità, dei processi di monitoraggio, utilizzando le potenzialità dell'IoT, e dei processi di gestione informativa.

La produzione di un modello informativo tramite il processo di interoperabilità identifica le caratteristiche degli elementi che costituiscono l'opera, focalizzandosi sulle operazioni di gestione e manutenzione.

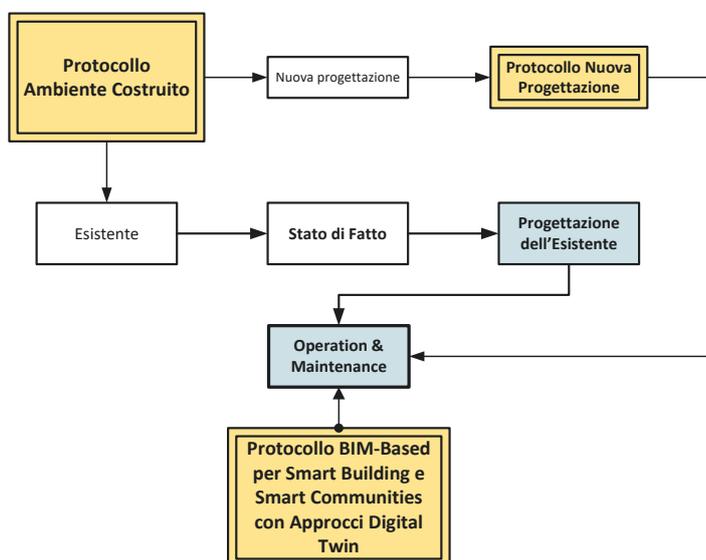
Il processo di Gestione Informativa governa le informazioni relative alle caratteristiche dell'edificio, sia sul carattere prestazionale che sul carattere identificativo, e alla programmazione delle attività di gestione e manutenzione, fungendo da piattaforma per l'acquisizione e la gestione dei dati.

Integrando il processo di monitoraggio con le tecnologie e le capacità dell'IoT, è possibile raccogliere e trasmettere informazioni sugli indicatori di prestazione e sul funzionamento di ciascun elemento.

I Protocolli BIM-Based, dunque, contribuiscono alla governance innovativa considerando, inoltre, l'implementazione di sistemi, e tecnologie abilitanti che, attraverso processi di acquisizione e gestione di dati in tempo reale, consentono all'edificio di attribuire capacità di apprendimento.

Sfruttano l'interconnessione dei suddetti processi caratterizzanti l'approccio Digital Twin per governare tutte le informazioni sulle prestazioni dell'opera e per simulare tali dati, consentono all'edificio di adattare l'utilizzo delle risorse alle reali esigenze degli occupanti.

Tutte questioni che, come già visto nel paragrafo 2.3.4, caratterizzano gli Smart Building e i Cognitive Building.



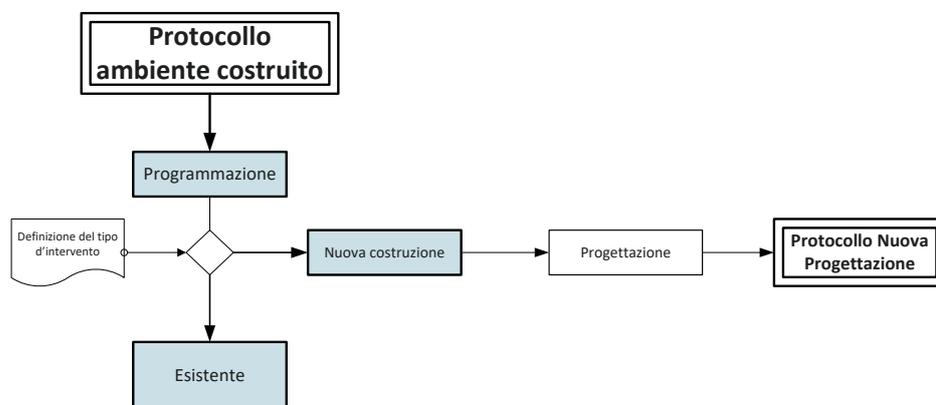
3.3 _ Protocollo Ambiente costruito

Il Protocollo Ambiente Costruito introduce metodi di controllo relativi alla sequenza e successione delle diverse azioni riguardanti il processo di conoscenza dell’opera e le relative fasi del processo edilizio.

Il protocollo ha inizio dalla fase di “programmazione” richiedendo la “definizione del tipo di intervento”.

Tale definizione implica la decisione tra due tipologie d’intervento: “nuova costruzione” o “esistente”.

Nel caso di nuova costruzione, si avvia il processo di progettazione mediante il “Protocollo Nuova Progettazione”.



Programmazione e Definizione tipo di intervento

L’intervento approfondito, per lo sviluppo della ricerca, è l’intervento sull’esistente. All’interno della prima fase, denominata “Stato di fatto”, l’elemento costitutivo è la “conoscenza dell’opera” desumibile dalla raccolta documentale presente negli archivi. La fase di “rilievo” attraverso le diverse tecniche e indagini in situ definiscono maggiore

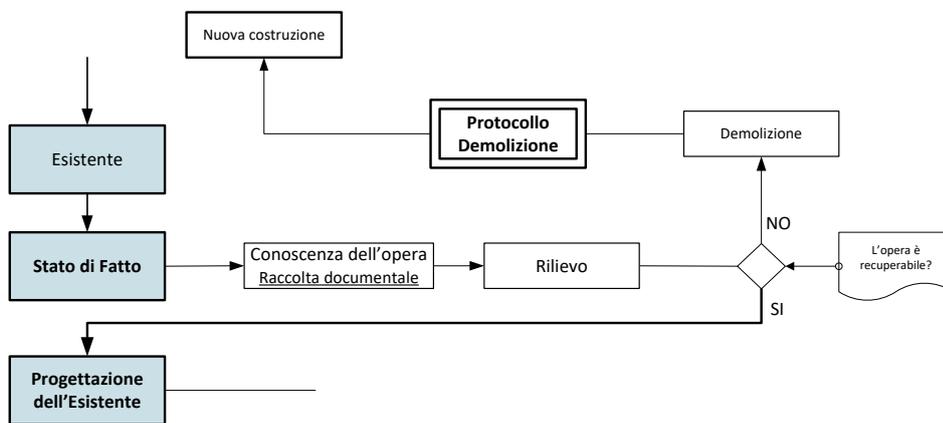
precisione per quanto riguarda le informazioni sugli aspetti geometrici e prestazionali dell'opera.

Il primo processo dell'intervento sull'esistente è la definizione dello "Stato di fatto". Esso si avvia dalla fase di "conoscenza dell'opera" un elemento primario e fondamentale è la "conoscenza dell'opera" ottenuta dalla documentazione e dall'indagine in situ attraverso le diverse tecniche del "rilievo".

L'esito di questa raccolta di dati costituisce un complesso insieme di informazioni che è fondamentale per determinare il tipo di azioni progettuali.

Nel caso in cui l'opera non fosse recuperabile, si attuerebbe il "Protocollo Demolizione" e successivamente, si avvierebbe la "Nuova costruzione".

Nel caso in cui l'opera risultasse recuperabile si procede con l'avvio del processo di "Progettazione dell'esistente".



Stato di Fatto

Il "controllo delle informazioni" acquisite è l'elemento necessario per contribuire ad individuare gli interventi più opportuni durante la "progettazione dell'esistente".

Questa fase si caratterizza dal raggruppamento delle diverse attività di progettazione durante l'intervento dell'esistente.

Per la presente ricerca, si sono considerati gli interventi caratterizzanti il "Progetto di Riquilificazione" e il "Progetto di Manutenzione".

In questo contesto, il controllo e l'attenzione alla raccolta informazioni durante la fase di conoscenza è di grande importanza.

In particolare, il protocollo che guida le azioni di manutenzione del progetto deve acquisire e gestire tutte le informazioni prodotte, nonché quelle derivanti dal piano di manutenzione.

In questo modo, diventa un sistema di supporto decisionale per istruire il processo di funzionamento e manutenzione.

Il raggruppamento di tali azioni, inoltre, è configurato come nodo di connessione tra i due protocolli, in quanto le informazioni che caratterizzano il progetto di manutenzione alimentano, anche se indirettamente, il protocollo BIM-Based per smart building e smart communities con approcci Digital Twin.

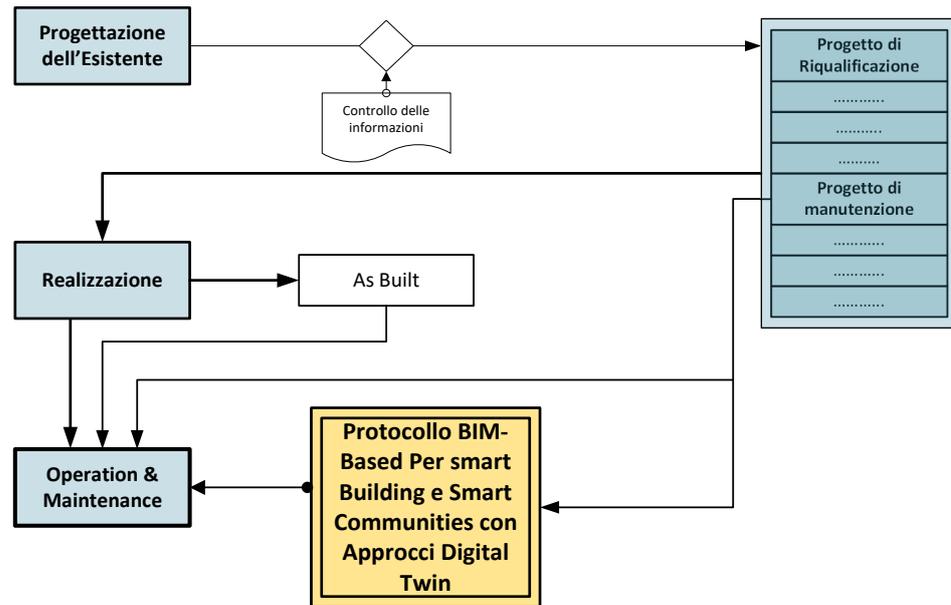
Successivamente, la progettazione dell'esistente fornisce tutte le informazioni per avviare e sviluppare la fase di "Realizzazione" dell'intervento.

Parallelamente a quest'ultima si sviluppa la produzione di un "As Built", ossia lo strumento che contiene tutte le informazioni dell'edificio costruito (materiali, date d'installazione, attrezzature, caratteristiche prestazionali, ecc.).

La costruzione di questa raccolta di informazioni è un'azione essenziale per la gestione dell'opera, e soprattutto coerente con la struttura definita preliminarmente.

I diversi operatori potrebbero avere facile accesso a tutti i dati e ciò ne faciliterebbe la

messa a sistema per avviare, anche successivamente, una fase di programmazione delle attività di gestione da svolgere.
Lo sviluppo di queste fasi, infine, contribuiscono a dare avvio alla fase di "Operation & Maintenance".



Progettazione dell'esistente
Realizzazione
Operation & Maintenance

Dal confronto con l'eterogeneità delle fonti di dati, emergono una serie di criticità da rilevare nella pianificazione e organizzazione delle informazioni, operando mediante il tradizionale processo edilizio.

Da un lato, l'informazione non è tutta tracciabile in formato digitale, e quindi la successiva discretizzazione, se non indicizzata, può generare incompletezza, parzialità e imprecisione nella conoscenza.

D'altra parte, i dati generati senza il supporto di metodologie e standard di acquisizione, introducono il rischio di ripetizione o la difficoltà nel verificare l'accuratezza, l'affidabilità e la qualità delle informazioni.

Inoltre, ciò che è contenuto in questi "archivi" documentali non è quasi mai strutturato secondo gli obiettivi di manutenzione e gestione dell'edificio.

Tuttavia, è anche importante ricordare che le informazioni acquisite e gestite attraverso i metodi descritti presuppongono sempre una componente interpretativa e soggettiva.

Più precisamente, possiamo affermare che dallo stesso insieme di dati, è possibile generare informazioni diverse a causa di possibili interpretazioni soggettive (Messaoudi, 2017).

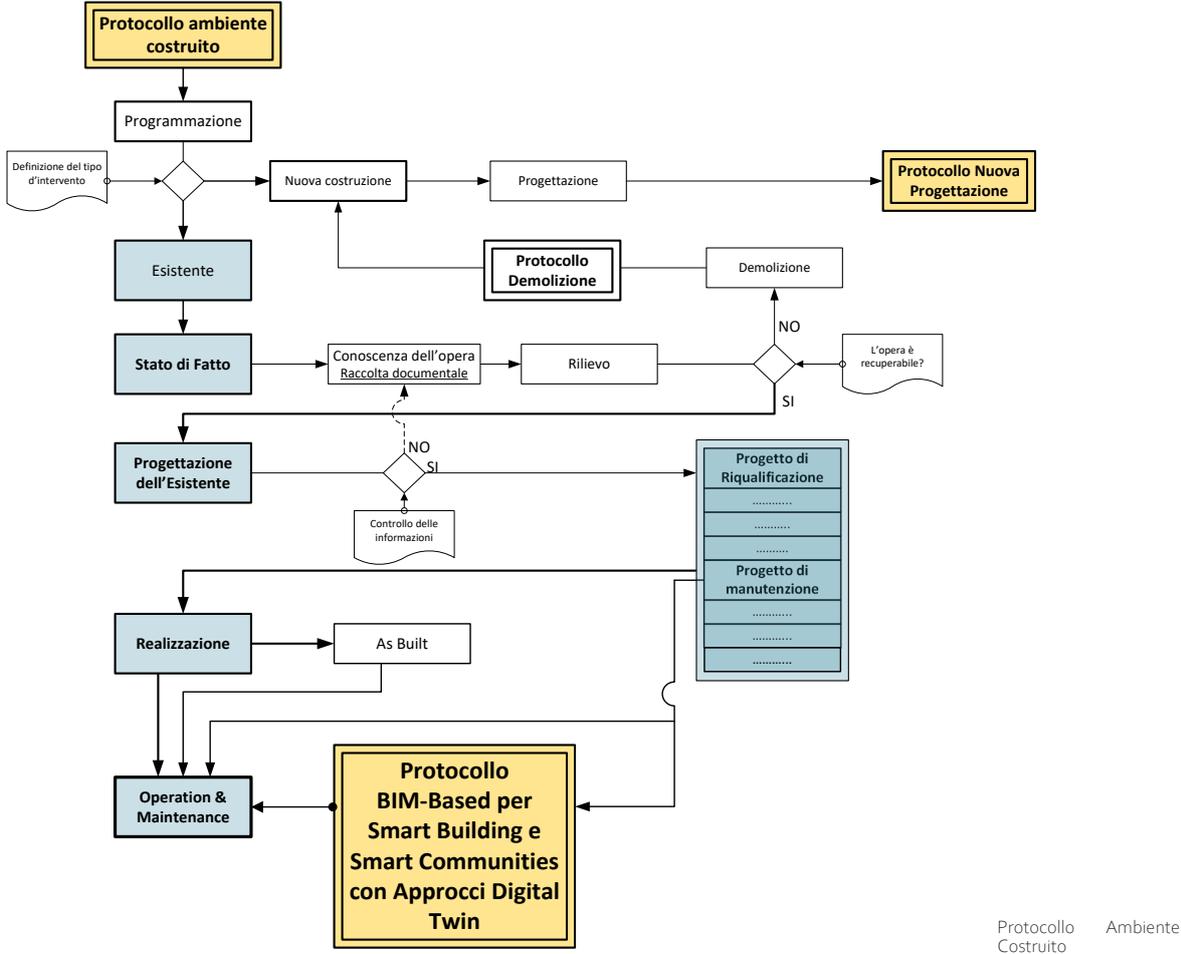
Da ciò emerge chiaramente l'importanza della corretta esecuzione della fase di conoscenza dell'opera, nell'ambito dello sviluppo del protocollo proposto.

I controlli in fase di acquisizione delle informazioni e nella successiva digitalizzazione potrebbero potenzialmente portare a massimizzare l'uso del tempo e analizzare i costi attraverso l'elaborazione organizzata dei dati.

In questo contesto, il primo quadro del protocollo definisce la messa a sistema delle fasi appartenenti al tradizionale processo edilizio. Ambito che anticipa gli aspetti innovativi definiti dai processi del protocollo seguente.

L'anello di connessione tra il Protocollo Ambiente Costruito e il Protocollo BIM-Based viene

definito dalla sistematizzazione e acquisizione dei dati dell'opera in funzione al tipo di intervento svolto o da svolgere.



3.4 _ Protocollo BIM-Based per Smart Building e Smart Communities con approcci Digital Twin

La digitalizzazione delle informazioni, derivanti dalla fase di realizzazione dell'edificio, denominata nel protocollo "digitalizzazione BIM As Built", risulta azione essenziale per la verifica delle operazioni di gestione ed il mantenimento delle prestazioni dell'opera.

La corretta acquisizione, inoltre, e il controllo del flusso di informazioni è importante e necessaria per avviare la fase di "Operation & Maintenance". Da questa premessa, emerge la necessità di prestare attenzione sul tipo di dati da acquisire.

La norma UNI EN ISO 19650-1 suggerisce di distinguere le diverse finalità dell'organizzazione delle informazioni, in base all'uso e alla richiesta effettiva.

Ciò significa che i dati devono essere raccolti, strutturati e archiviati in modo da soddisfare le esigenze specifiche di ciascuna fase del ciclo di vita dell'edificio.

Il protocollo, come già introdotto nel presente capitolo, accoglie le potenzialità dell'approccio Digital Twin per la connessione bidirezionale tra l'edificio reale e l'edificio virtuale, al fine di contribuire alla potenziale capacità cognitiva e adattiva dell'edificio. Questo per garantire un flusso informativo costante nel processo di gestione dell'opera.

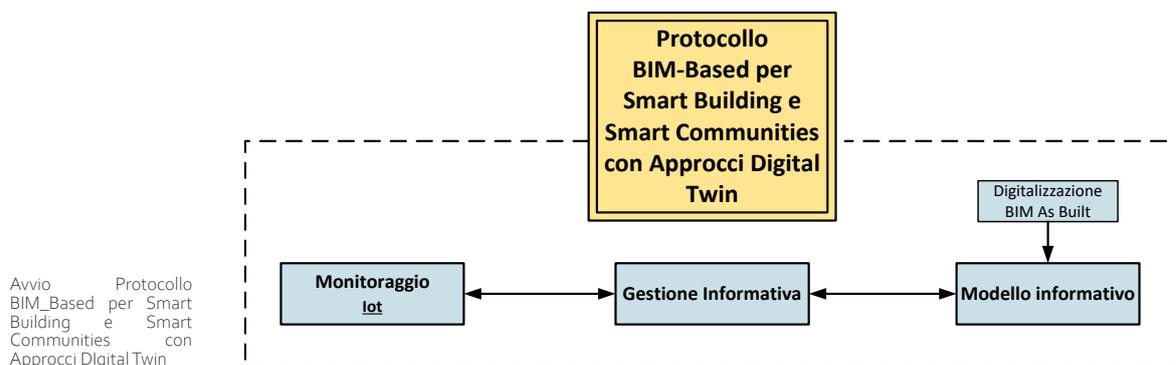
Con questo obiettivo generale, il protocollo BIM-Based per Smart Buildings e Smart Communities accoglie l'approccio Digital Twin per la governance, considerando il flusso informativo che avviene mediante la connessione bidirezionale tra l'edificio reale e la sua controparte virtuale.

L'interconnessione dei processi di interoperabilità, nella produzione del "Modello Informativo", dei processi di "Gestione Informativa", e del processo di "Monitoraggio", considerando l'utilizzo di tecnologie IoT, costituisce uno degli aspetti centrali.

Il medesimo protocollo mira ad indirizzare ogni azione di ogni singolo processo della suddetta interconnessione, definendo una struttura sequenziale e congiunta in ogni sua parte.

Uno degli aspetti di grande rilevanza, per questa fase del protocollo, risulta la Digitalizzazione in BIM dell'As Built poiché consente di acquisire tutte le informazioni relative all'opera costruita e digitalizzarle attraverso la metodologia BIM.

Questo fornisce un primo passaggio nella sistematizzazione dei dati ai fini della fase di gestione dell'opera attraverso un unico ambiente, definito dal modello informativo, e rafforzare, dunque, il processo di interoperabilità dell'opera, ossia l'accesso diretto, da parte di tutti gli attori coinvolti, alle informazioni necessarie per avviare il processo di gestione.



Il processo di interoperabilità, mediante la produzione del **Modello Informativo**, si caratterizza dalla Definizione asset informativo che a sua volta si sviluppa mediante le seguenti azioni: "Definizione dei dati utili per la gestione" – "Struttura Informazioni IFC" – "Verifica flusso informativo".

Il **Modello Informativo** acquisisce i dati dal processo di "digitalizzazione BIM As Built" e, mediante la loro organizzazione e strutturazione, caratterizza la "definizione dell'asset informativo".

L'asset informativo riguarda ogni singolo elemento che compone l'edificio; ha un ruolo comunicativo e, come suggerisce la parola stessa, informativo.

L'attività implica l'aggregazione e l'organizzazione delle informazioni riguardanti l'identificativo e la natura prestazionale dell'oggetto, e si orienta in base al tipo specifico di attività richiesta.

Fornisce una panoramica dettagliata e strutturata delle caratteristiche dell'elemento, come dimensioni, materiali e prestazioni, identificando la specifica funzione.

Rappresenta, dunque, la risorsa fisica dell'edificio, come impianti, elementi architettonici e strutturali, attrezzature e infrastrutture.

Come già introdotto, si sviluppa mediante le seguenti azioni:

- La "definizione dei dati utili per la gestione" riguarda la selezione delle informazioni dettagliate di ogni singolo elemento attraverso la loro organizzazione, durante la produzione del Modello Informativo. La struttura è definita secondo quanto segue: identificativo (matricola dell'oggetto, data d'installazione, materiali, dimensioni); prestazioni (indicatori di prestazioni relative al funzionamento caratterizzante dell'oggetto); controlli (azioni di ispezione dello stato di salute dell'oggetto); operazioni (azioni specifiche di manutenzione dell'oggetto). Il flusso informativo si alimenta dai dati contenuti nel piano di manutenzione che viene acquisito e strutturato attraverso la modellazione BIM. Durante la modellazione BIM, inoltre, si strutturano le informazioni in IFC.
- La "struttura delle informazioni in IFC" definisce l'organizzazione dei dati in formato aperto seguendo lo standard IFC e strutturati secondo la precedente organizzazione dei dati. Questi seguono la logica stabilita durante la definizione dei dati utili per la gestione e consentono l'interazione diretta sul singolo elemento.
- La "verifica del flusso informativo" per lo scambio delle informazioni relative alle caratteristiche dell'oggetto, si svolge attraverso l'esportazione e l'importazione in formato aperto sulle piattaforme di gestione informativa che ne consente, dunque, una verifica preliminare. Questo permette ai diversi soggetti coinvolti nella gestione dell'edificio, come i responsabili della manutenzione, i fornitori di servizi e i tecnici specializzati, di accedere facilmente alle informazioni pertinenti.

Il processo di **Gestione Informativa** consente l'acquisizione e la gestione delle informazioni durante l'intero processo del ciclo di vita dell'opera. Acquisisce i dati già strutturati durante il processo di interoperabilità mediante l'import del "Modello Informativo". Consente, inoltre, di gestire e visualizzare informazioni relative alle operazioni di manutenzione e alle prestazioni dell'opera.

Le informazioni riguardanti le attività di gestione sono acquisite, nella prima fase, grazie alla "digitalizzazione in BIM dell'As Built" e strutturate secondo la struttura in formato aperto elaborata durante la definizione dell'asset informativo.

Tale processo si caratterizza dalla "Definizione Asset Operativo" che consente di organizzare tutte le operazioni e le azioni di manutenzione.

Rappresenta, dunque, l'ambiente operativo della gestione dell'opera e si sviluppa mediante le seguenti azioni:

- La "definizione delle operazioni di gestione", avviene attraverso l'organizzazione strutturata delle attività di manutenzione (come la tipologia d'intervento, la frequenza

delle attività, le modalità di esecuzione) da svolgere in funzione alla strategia manutentiva.

- La "programmazione delle attività" ha la funzione di mettere in rete tutti gli attori coinvolti (fornitori, responsabili della manutenzione, progettisti, operatori ecc.), fornisce, inoltre, le informazioni dettagliate sulla pianificazione delle attività e definisce l'avvio delle operazioni di manutenzione.
- Il "modello di lista di controllo" controlla l'andamento delle attività e verifica il corretto svolgimento delle operazioni organizzate. Si occupa, inoltre, della validità delle operazioni attraverso la compilazione di eventuali schede informative che attestano le modalità di svolgimento e gli operatori interessati durante le operazioni.

Il processo di **Monitoraggio** è un ulteriore elemento innovativo della gestione dell'opera in quanto caratterizzato come elemento centrale per l'approccio Digital Twin, riferito alla connessione tra l'entità fisica e virtuale.

Un aspetto essenziale di questa connessione è l'integrazione dei dati provenienti dalle tecnologie BIM e IoT.

In particolare, tale integrazione consiste nell'estrazione e incorporazione di dati specifici provenienti da sistemi BIM e piattaforme IoT, per un uso o un'analisi congiunta.

I dati statici sono memorizzati nel modello informativo BIM e i dati dinamici in dispositivi IoT.

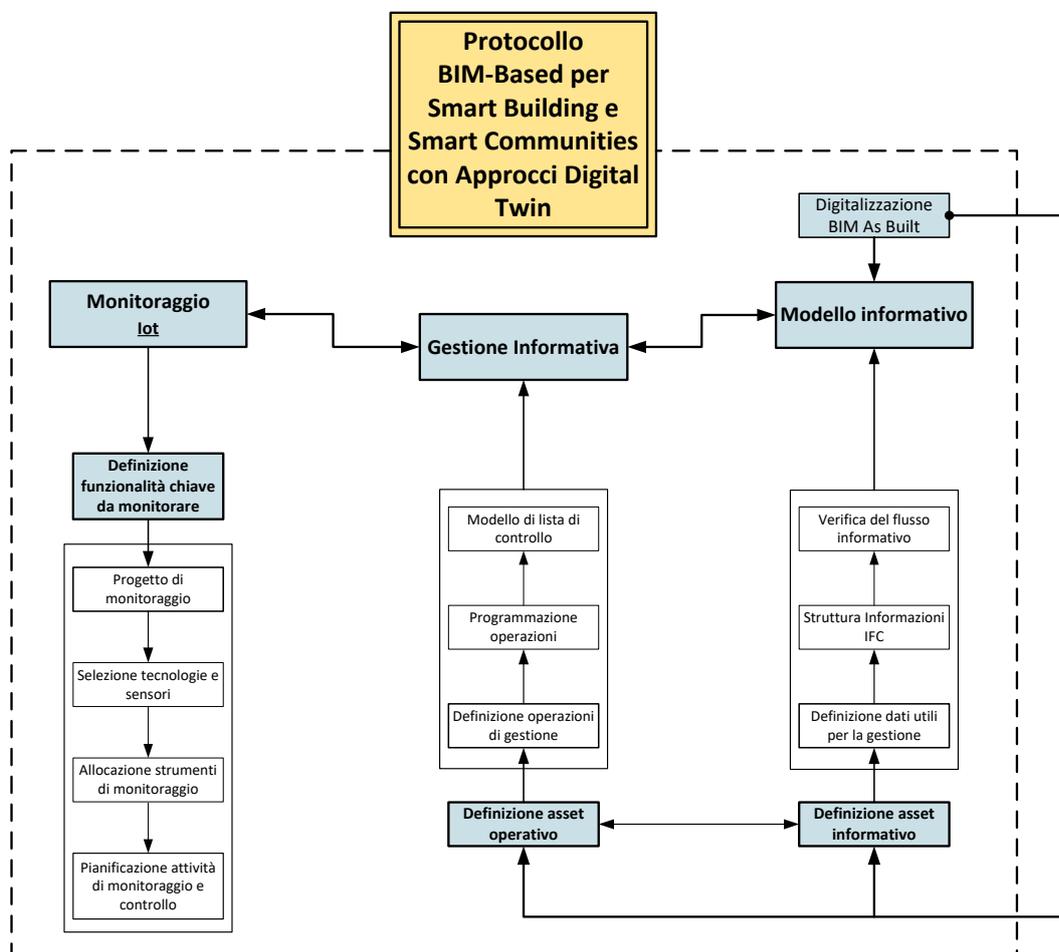
Il processo si avvia dalla "definizione delle funzionalità chiave da monitorare" il quale si caratterizza dall'individuazione di due aspetti altrettanto centrali: indicatori chiave da monitorare e indicatore per la valutazione della prontezza intelligente e adattiva dell'edificio (Smart Readiness Indicator). L'indicatore chiave di prestazione forniscono le informazioni relative alla potenziale misurazione e valutazione delle prestazioni degli ambienti e/o dei componenti dell'edificio.

Lo smart Readiness Indicator definisce l'incidenza delle entità presenti nell'edificio in funzione ai parametri prestazionali forniti dai servizi.

Questi due indicatori, se combinati, potrebbero fornire informazioni essenziali nel processo di gestione, sia in termini di rilevamento delle prestazioni e dello stato di salute dell'opera e dei suoi componenti, sia in termini di adattare le risorse presenti nell'edificio alle reali esigenze dell'occupante.

Successivamente alla definizione delle funzionalità chiave da monitorare si sviluppa il "Progetto di monitoraggio", il quale si sviluppa mediante le seguenti azioni:

- "Selezione di tecnologie e sensori": richiede un'analisi attenta dei requisiti e delle funzionalità degli strumenti in funzione delle attività di monitoraggio.
- "Allocazione strumenti di monitoraggio": dopo aver selezionato le tecnologie e i sensori, è necessario allocare gli strumenti di monitoraggio nei punti chiave dell'entità fisica da monitorare. Questo può includere, ad esempio, l'installazione di sensori di temperatura, umidità, movimento, etc.
- "Pianificazione delle attività di monitoraggio e controllo": una volta che i dispositivi di monitoraggio sono stati posizionati correttamente, è necessario pianificare le attività di monitoraggio e controllo. Questo può includere la definizione degli intervalli di campionamento dei dati, la configurazione dei sistemi di alert e la preparazione di procedure per l'analisi dei dati raccolti.



Tornando ai concetti iniziali, i protocolli rappresentano un potenziale aspetto innovativo nella progettazione e gestione degli edifici esistenti.

Attraverso la sistematizzazione delle azioni che caratterizzano l'interconnessione dei processi, e mediante la messa a sistema di tecnologie abilitanti già esistenti, consentono di adottare strategie di digitalizzazione correlate ad ognuna delle singole fasi mediante strutture ben definite.

I processi e le singole fasi, attraverso l'applicazione dei protocolli, si integrano tra loro fornendo soluzioni di gestione da svolgere durante la fase di Operation & Maintenance.

Tale integrazione permette una gestione integrata e intelligente, massimizzando l'utilizzo delle risorse disponibili e ottimizzando le operazioni.

Un ulteriore potenziale aspetto innovativo riguarda la disposizione organizzativa delle informazioni in accordo con le specifiche dello standard IFC e utilizzando la metodologia BIM. Questo garantisce che le informazioni siano organizzate in modo uniforme e accessibile, agevolando la condivisione e lo scambio di dati tra i diversi attori coinvolti nel processo.

I protocolli potrebbero consentire, quindi, un'interazione diretta tra professionisti, operatori e utenti finali favorendo la comunicazione e la collaborazione tra le diverse figure coinvolte nel processo di progettazione e gestione.

La definizione di Protocolli BIM-Based, attraverso la loro organizzazione integrata e

l'ottimizzazione delle risorse, apre la possibilità di migliorare la gestione delle attività di manutenzione, sia di tipo predittivo che correttivo. Questo si concretizza attraverso un controllo dinamico delle operazioni, grazie all'interconnessione dei processi che caratterizzano l'approccio Digital Twin.

Mediante la loro struttura schematica favoriscono la pianificazione dettagliata di tutte le operazioni di gestione e manutenzione.

Lo sviluppo e la definizione dei protocolli per la governance innovativa non solo contribuiscono al mantenimento delle prestazioni dell'edificio, ma favorisce anche una progettazione innovativa basata su dati di feedback provenienti dalle attività operative e dal processo di monitoraggio.

Tale approccio potrebbe contribuire, inoltre, a identificare aree di miglioramento delle prestazioni dell'edificio; programmare e pianificare le attività di manutenzione in base al necessario arco temporale; ottimizzare l'uso delle risorse in funzione alle effettive necessità e condizioni d'uso da parte dell'occupante.

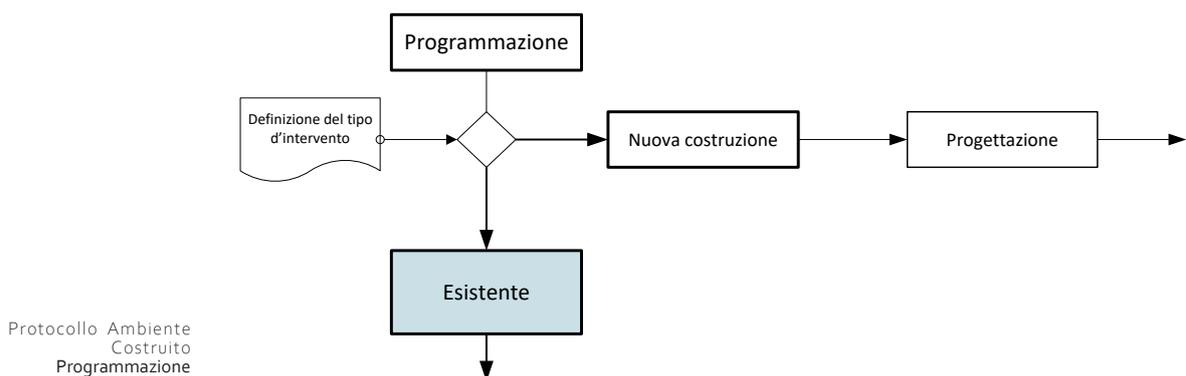
I medesimi protocolli mirano, dunque, a favorire un ciclo continuo di miglioramento nell'utilizzo delle risorse, in cui le informazioni acquisite durante le operazioni di manutenzione influenzano il processo decisionale dell'intero ciclo di vita dell'opera, contribuendo a una visione più dinamica e adattabile nell'ambito della gestione degli edifici.

Sperimentazione

4.1 _ Aspetti metodologici

L'attività di sperimentazione ha riguardato l'applicazione dei protocolli BIM-Based al caso studio individuato ed è stata avviata dalla programmazione delle attività, definendo il tipo di intervento da svolgere.

In coerenza con quanto analizzato nello stato dell'arte e per lo sviluppo dei protocolli, si è approfondito e sperimentato l'intervento sull'esistente.



Il caso studio individuato riguarda il Complesso Torri della Cittadella Universitaria dell'Università Mediterranea di Reggio Calabria (UniRC).

L'obiettivo della sperimentazione ha riguardato la simulazione di attività di manutenzione e controllo attraverso la produzione del Digital Twin dell'edificio.

In questo scenario, si è svolta la gestione dell'edificio esistente utilizzando la struttura definita per organizzare le azioni appartenenti all'interconnessione tra i processi di interoperabilità, mediante la produzione di un modello informativo, il processo di gestione informativa e il processo di monitoraggio, considerando l'utilizzo di tecnologie IoT.

Attraverso, dunque, l'utilizzo e la definizione di strategie di digitalizzazione, la sperimentazione ha definito la connessione tra l'edificio esistente e la sua controparte digitale.

Durante la fase di conoscenza dell'opera, è stato avviato un processo di acquisizione dei dati coerente con un quadro informativo esigenziale, funzionale alle attività di gestione e manutenzione.

In questo scenario, si è reso necessario avviare un processo di sistematizzazione e organizzazione dell'informazione per la successiva fase del processo di digitalizzazione.

La strutturazione e l'organizzazione dei dati attraverso i processi di digitalizzazione sono finalizzati alla loro accurata gestione e trasmissione per lo scambio di informazioni. Anche la quantità e il grado di organizzazione delle informazioni sono stati calibrati in relazione alla disponibilità dei dati e alle normative di riferimento in termini di livello informativo e definizione dei requisiti informativi. (ISO 19650; UNI EN 17412; UNI 11337)

Nell'ambito del processo di interoperabilità, per la produzione del modello informativo dell'edificio e per la selezione dei dati utili delle attività di gestione e manutenzione dell'opera, le informazioni sono state raggruppate secondo le discipline del processo di costruzione: Architettonico, Strutturale, Impiantistico.

Contemporaneamente, si è focalizzata l'attenzione sul concetto di openBIM, adottando lo standard IFC (Industry Foundation Classes, conforme alla norma UNI EN ISO 16739).

Questo si è configurato come un elemento chiave durante la fase di import/export del modello informativo, facilitando la trasmissione e la visualizzazione dei dati durante l'organizzazione delle operazioni di manutenzione. Ha garantito, dunque, la condivisione e la visualizzazione delle informazioni tra gli strumenti utilizzati, fornendo l'accesso a tutti gli attori coinvolti durante il processo di gestione dell'edificio.

La sperimentazione ha lo scopo di garantire la gestione delle informazioni attraverso l'interconnessione tra il modello parametrico e il flusso informativo.

Attraverso l'utilizzo di software di modellazione BIM e di una piattaforma di gestione informativa in cloud si propone di rendere possibile la programmazione e il controllo dinamico delle operazioni di gestione e manutenzione attraverso la seguente organizzazione:

- Manutenzione preventiva dei componenti edilizi.
- Manutenzione preventiva degli impianti.

Le attività hanno inoltre consentito la predisposizione di strumenti di verifica e controllo per le operazioni di gestione e manutenzione e, allo stesso tempo, l'applicazione dell'approccio Digital Twin.

In questo scenario, la produzione del Digital Twin ha riguardato le seguenti fasi:

- Definizione del processo di interoperabilità attraverso la produzione del modello informativo dell'edificio;
- Sviluppo del processo di gestione informativa attraverso l'import del modello informativo in una piattaforma di gestione informativa che utilizza i sistemi CMMS e CAFM, per la visualizzazione delle informazioni e la pianificazione delle attività di manutenzione;
- Descrizione del processo di monitoraggio mediante la definizione degli indicatori di prestazione chiave da monitorare e lo sviluppo di tre servizi per l'implementazione dello Smart Readiness Indicator.

In definitiva, lo sviluppo della sperimentazione si è articolato secondo gli step seguenti:

- Il caso studio UniRC.
- Fase 1 - Raccolta documentale e scan to BIM.
- Fase 2 - Produzione del Digital Twin; Processo di interoperabilità - Modello informativo, Processo di Gestione Informativa, Processo di Monitoraggio - IoT.

4.2 _ Il caso studio UniRC

Il campo di applicazione riguarda il "Complesso Torri" della Cittadella Universitaria dell'Università degli Studi Mediterranea di Reggio Calabria – UniRC.

Il progetto è stato redatto tra il 1982 e il 1983 da Antonio Quistelli, architetto e Rettore dell'epoca, ed è composto da 3 complessi: Architettura, Scienze Umane ed il Complesso Torri.

Il complesso torri è composto da quattro edifici lineari (stecche) collegati a quattro torri di sei piani. La struttura portante è mista, composta da pilastri e travi e divisori portanti in cemento armato. Gli elementi di finitura sono intonaco bianco, pannelli modulari e rivestimenti in pietra. I sistemi idraulici, elettrici e antincendio si trovano nella zona sotto il cortile e si diramano in controsoffitti attraverso le camere comunicanti.

Il caso studio consiste nella strutturazione delle informazioni per le attività di gestione dell'edificio individuato, organizzando le attività di manutenzione degli impianti e dei componenti edilizi.

Le attività sono state pianificate per aree d'intervento, operando per corpi e piani, attraverso la localizzazione dell'attività di manutenzione.

Per poter applicare i protocolli al caso studio individuato, è stata condotta una preliminare analisi dell'edificio tramite la raccolta delle documentazioni presenti nell'archivio dell'ufficio tecnico.

In questo scenario, è emerso che allo stato attuale le attività vengono eseguite come manutenzione ordinaria e straordinaria sulla base di ispezioni e segnalazioni svolte con periodicamente. In caso di guasto o decadimento prestazionale degli elementi, gli occupanti e/o operatori sono tenuti a segnalare le problematiche all'ufficio tecnico il quale provvederà ad informare le società di manutenzione esterne all'organizzazione dell'edificio. Secondo questo approccio procedurale, il flusso informativo, che non avviene secondo un approccio dinamico, potrebbe non essere facilmente accessibile e, come già illustrato nello stato dell'arte, la quantità elevata dei dati, nell'utilizzo di sistemi tradizionali, potrebbe favorire la non tracciabilità e la perdita di informazioni durante la fase di comunicazione. Si evidenzia, inoltre, il non rilevamento della qualità ambientale, poiché, nella maggior parte degli ambienti non è presente alcun dispositivo di monitoraggio e controllo.

Queste problematiche evidenziano la necessità di organizzare i dati del flusso informativo attraverso la selezione di parametri utili per le attività di manutenzione. In questo contesto, la compilazione e la strutturazione di parametri che esplicitano informazioni identificativi e operazioni è in linea con quanto contenuto nel Piano di Manutenzione.

La selezione e l'individuazione di questi dati, tuttavia, necessita di un'accurata e mirata selezione, adattata alle attività di gestione specifiche per ciascun elemento soggetto a controllo e manutenzione. Questo approccio procedurale è il risultato a fronte del problema riferito alla vasta quantità di informazioni presenti e spesso acquisite durante la fase di elaborazione del piano di manutenzione.

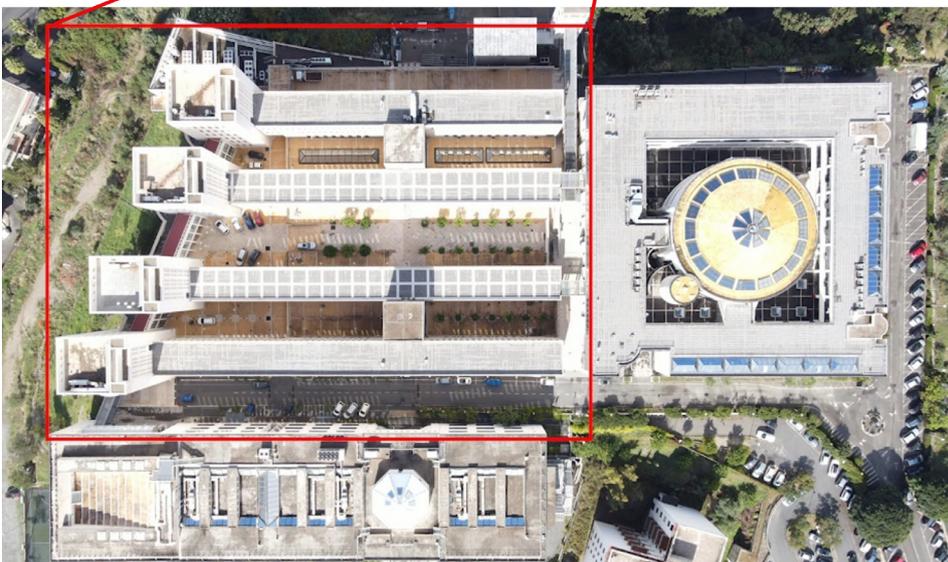
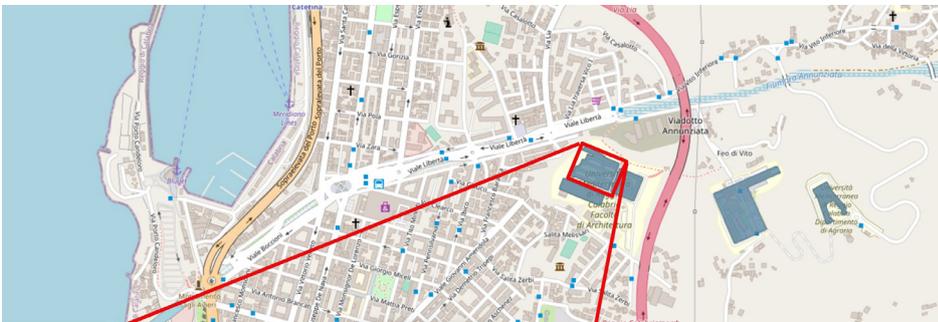
Dal punto di vista metodologico, la selezione e l'organizzazione delle informazioni, risulta essenziale per un ulteriore arricchimento del modello informativo, quale principale strumento di trasmissione dei dati ai fini manutentivi.

In questo scenario, sono stati presi in considerazione i seguenti parametri:

- Informazioni identificativi (es: produttori, i materiali, matricola degli elementi, data di installazione, eventuali certificazioni)
- Indicatori di prestazione (es: Trasmittanza termica, qualità del flusso d'aria, tenuta dei materiali, pressione di flusso ecc..)
- Controlli o ispezioni (es: controlli e verifiche periodiche, in relazione alle attività previste dal piano di manutenzione UNI8290)
- Operazioni di manutenzione (es: sostituzione, taratura, pulizie, ecc..).



Vista della cittadella Universitaria dell'Unirc



Inquadramento
Complesso Torri della
cittadella Universitaria

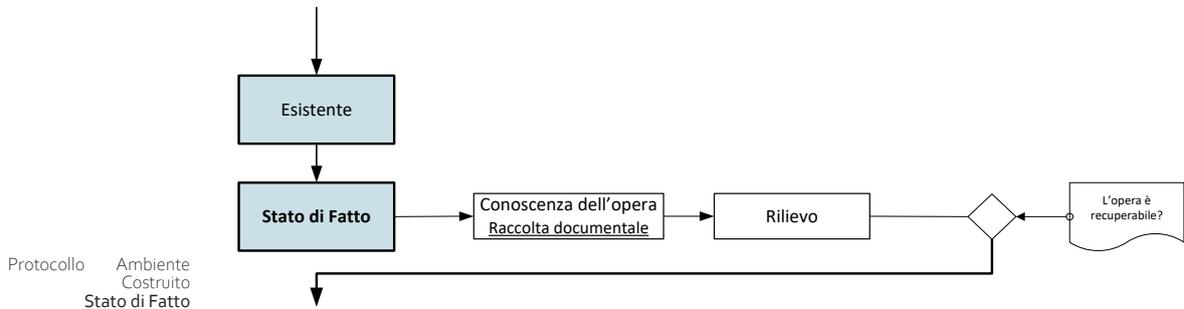
4.3 _ Fase 1 - Raccolta documentale e Scan to BIM

La fase di raccolta documentale e di rilievo dello stato di fatto si è dimostrata come una delle attività di sperimentazione più complesse poiché si tratta della prima azione di raccolta e selezione delle informazioni.

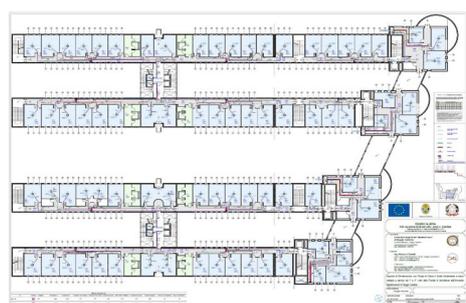
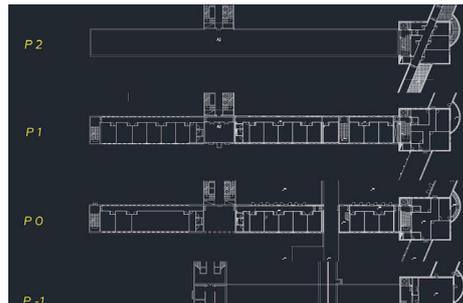
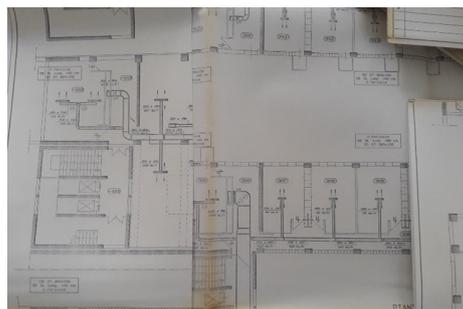
L'attività si colloca nella definizione del processo dello stato di fatto, che si sviluppa mediante la fase di conoscenza dell'opera e attraverso le diverse tecniche di rilievo.

In un primo momento si è svolta la raccolta e lo studio di documenti ed elaborati già redatti, concessi dall'Ufficio Tecnico dell'Università.

Il passo successivo ha riguardato il rilievo dell'opera con laser scanner per la produzione di una nuvola di punti.



In particolare, la raccolta documentale ha coinvolto l'acquisizione di informazioni riferite a: storia dell'edificio costruito; registro; stato di occupazione e d'uso dell'opera; consistenza edilizia, strutturale e impiantistica; schede tecniche degli elementi; piani di manutenzione. Le informazioni acquisite, disaggregate tra loro, sono state organizzate in relazione ai diversi formati (documentazione cartacea, file dwg, pdf, file doc, ecc.) e alle diverse tipologie (amministrative, tecniche, gestionali).



Raccolta documentale

Le attività di acquisizione delle informazioni hanno affrontato problemi critici dovuti alla mancanza di archivi organizzati e condivisi.

Un'ulteriore difficoltà ha riguardato l'accessibilità dei dati e l'assenza di documenti di gestione del lavoro.

In questo scenario, è stato necessario ricorrere alla conoscenza dell'edificio attraverso sopralluogo in situ, al fine di individuare eventuali danni dei componenti edilizi e riscontrare eventuali malfunzionamenti delle attrezzature, documentando, infine, con report fotografico.

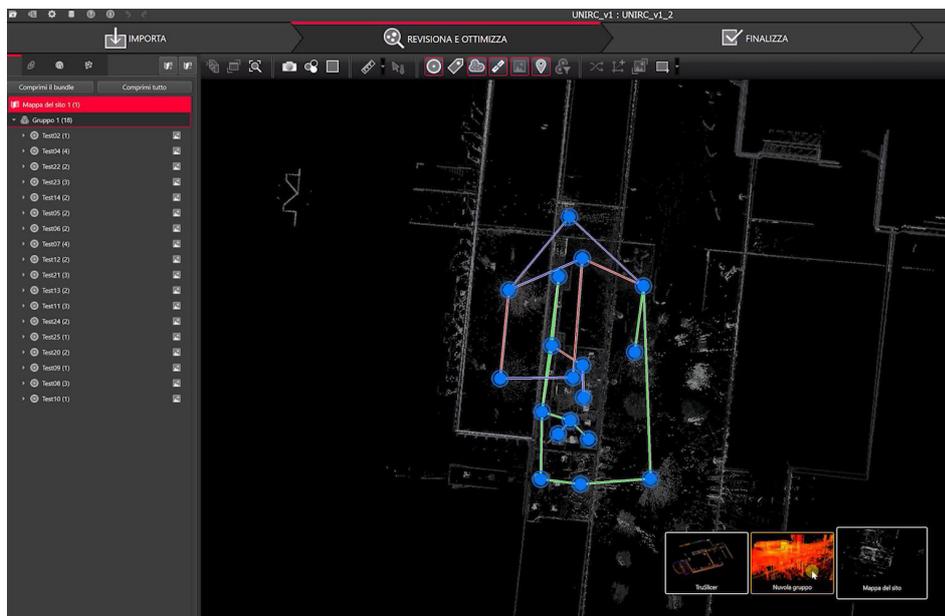
La fase di conoscenza dell'opera nel corso del suo svolgimento, per la fase di rilievo, ha potuto avvalersi del processo "Scan to BIM".

Questa tecnica ha garantito un maggiore controllo e verifica delle informazioni di costruzioni, durante la successiva fase di digitalizzazione, sia in termini di accuratezza metrica che di conoscenza dei materiali. Ha anche reso possibile avere risposte in tempo reale a problemi critici a causa del naturale processo di modellazione e progettazione dell'edificio esistente.

Per l'indagine sono state utilizzate tecniche di imaging attraverso l'utilizzo di un laser scanner (modello Leyca BLK360) che ha prodotto una nuvola di punti. L'operazione è stata preceduta dalla pianificazione di posizionamento della strumentazione.

Successivamente, la nuvola di punti è stata assemblata, pulita e georeferenziata per l'esportazione nel software di modellazione.

L'integrazione delle informazioni attraverso la raccolta documentale e le diverse tecniche del rilievo, risultano essere azioni essenziali poiché contribuiscono alla costruzione dell'As Built dell'edificio e allo stesso tempo consentono di avviare il processo di digitalizzazione dell'opera.



Scan to BIM
Produzione Nuvola di
Punti

4.4 _ Produzione del Digital Twin

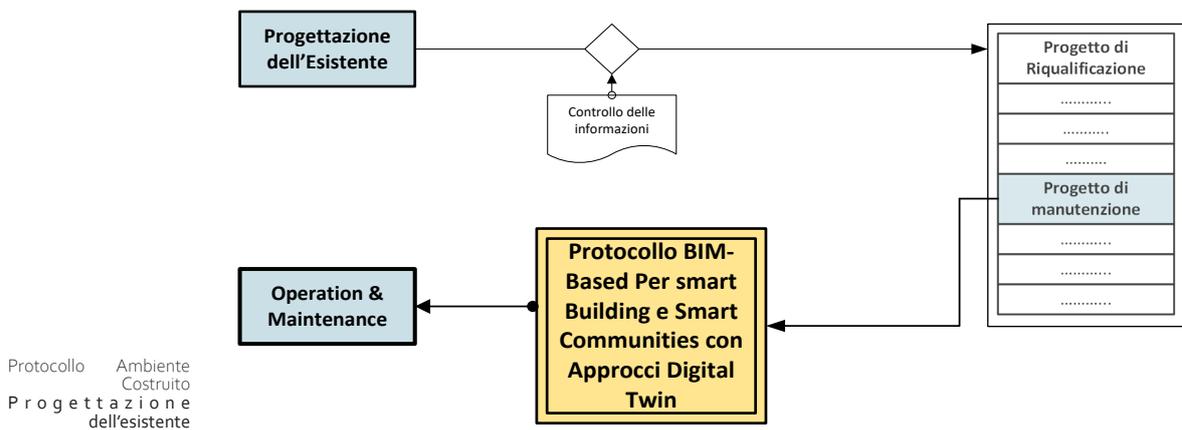
Nell'applicazione del protocollo al caso studio, successivamente alla fase di conoscenza dell'opera, si è sviluppato il progetto dell'esistente.

Per la sperimentazione di tale processo, non è stato preso in considerazione il progetto di riqualificazione, poiché l'edificio preso in esame è già in uso. Di conseguenza, non è stato considerato, inoltre, il processo di Realizzazione.

Il progetto dell'esistente, dunque, dopo le analisi e il controllo delle informazioni precedentemente acquisite si è esplicitato attraverso il progetto di manutenzione.

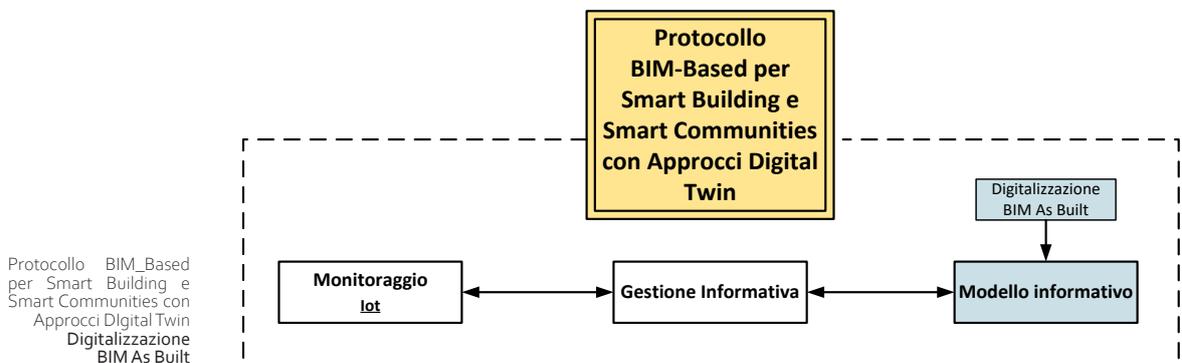
Dalle criticità precedentemente emerse, è risultato necessario redigere un piano di manutenzione simulativo per la selezione delle informazioni da implementare durante la fase di gestione.

Queste operazioni hanno dato avvio al Protocollo BIM-Based per smart building e smart communities con approcci Digital Twin.



Tutte le informazioni acquisite sono state elaborate attraverso il processo di digitalizzazione in BIM As Built ponendosi come obiettivo principale l'organizzazione e la strutturazione delle informazioni relative all'edificio.

Tale processo, inoltre, consente di fornire i dati necessari per lo sviluppo del processo di interoperabilità mediante la produzione del Modello Informativo dell'edificio.



Le informazioni delle attività di gestione e manutenzione sono state organizzate in un unico ambiente mediante una struttura definita dal protocollo. In sintesi, il modello contiene i dati relativi ai componenti, geometrie, finiture, date di installazione e altre caratteristiche dell'opera costruita, seguendo il livello di sviluppo necessario ai fini manutentivi (LOD), in linea con quanto previsto dalla normativa nazionale sulla metodologia BIM (UNI 11337-4).

La strutturazione di questi dati in formato aperto, seguendo lo standard IFC, ha consentito la loro trasmissione e condivisione per sviluppare l'interconnessione con gli ulteriori processi che caratterizzano l'approccio Digital Twin.

Il processo di gestione informativa ha consentito di definire le operazioni di gestione e manutenzione, organizzare e programmare ogni singola attività e controllare l'andamento del loro corretto svolgimento.

Il processo di monitoraggio, infine, ha riguardato la definizione di indicatori chiave di prestazione da monitorare e l'applicazione speditiva di un indicatore di prontezza intelligente dell'edificio.

Per definire la governance innovativa, nell'avanzamento delle attività di sperimentazione si è prodotto il Digital Twin dell'edificio per la simulazione delle operazioni di gestione e manutenzione e definire l'interazione tra l'edificio reale e l'edificio virtuale.

Durante l'attività di sperimentazione è stato possibile, inoltre, applicare le fasi, strutturate, appartenenti all'interconnessione del processo di interoperabilità, mediante la produzione di un modello informativo dell'edificio, dal processo di gestione informativa e dal processo di monitoraggio, considerando l'utilizzo di tecnologie IoT.

Seguendo questo approccio procedurale, l'attività in questione ha richiesto la definizione sequenziale dei seguenti processi:

- Processo di interoperabilità - Modello Informativo.
- Processo di Gestione Informativa.
- Processo di Monitoraggio - IoT.



Digital Twin Complesso
Torri UniRC

4.4.1_ Processo di interoperabilità - Modello Informativo

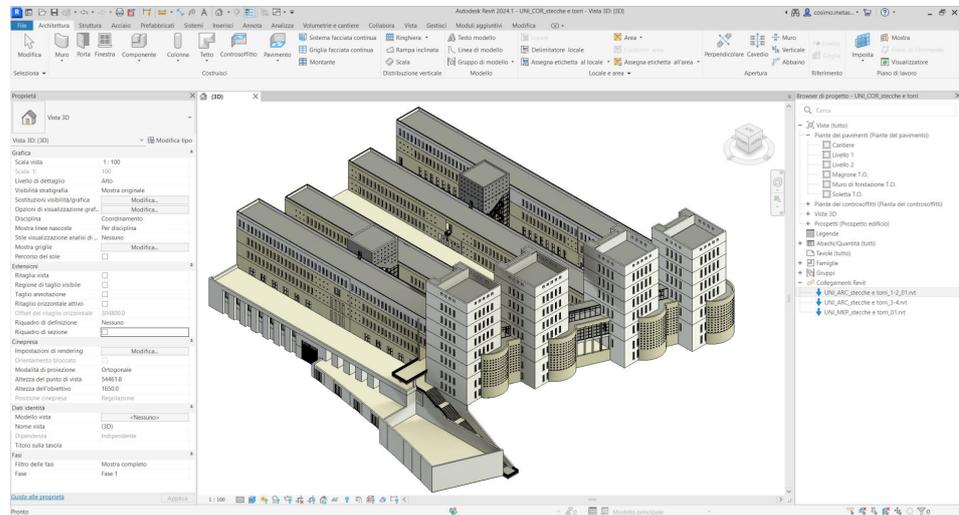
Il processo di interoperabilità caratterizzato dalla produzione di un modello informativo ha rappresentato il primo passaggio per l'organizzazione, mediante la definizione di una struttura, delle informazioni riferite all'edificio costruito.

Durante il processo di modellazione, è stato utilizzato il software Revit di Autodesk, il quale consente, mediante la metodologia in BIM, la realizzazione di elementi architettonici/strutturali/impiantistici con le relative informazioni associate a ciascuno di esso.

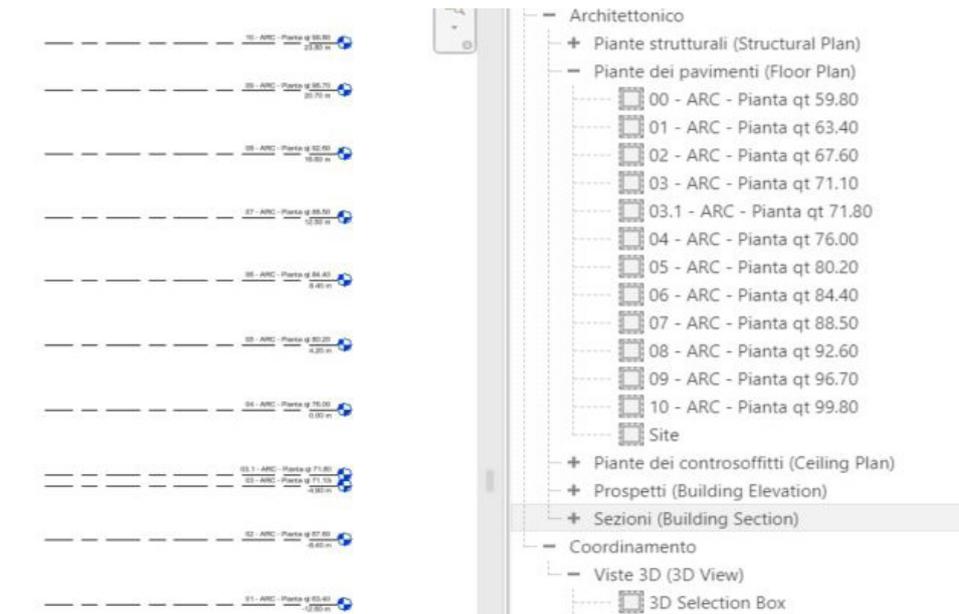
La fase di modellazione BIM è stata preceduta dall'import della nuvola di punti per condividere le coordinate di geo-localizzazione, per avere una maggiore precisione sulle misure delle altezze dei piani e per verificare il reale posizionamento degli elementi.

Il primo passaggio è stato la creazione dei livelli di riferimento per dare il piano di riferimento agli elementi dell'edificio. Parallelamente sono stati caricati gli elaborati 2D in formato digitale (dwg, pdf) per un'ulteriore esplorazione del progetto originario.

Interfaccia software per la modellazione con metodologia BIM

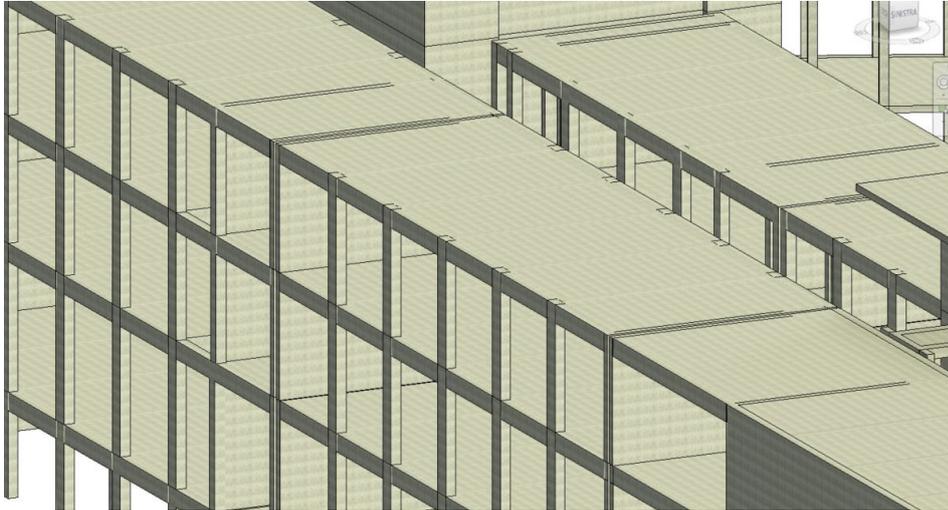


Organizzazione ambiente modellazione informativa

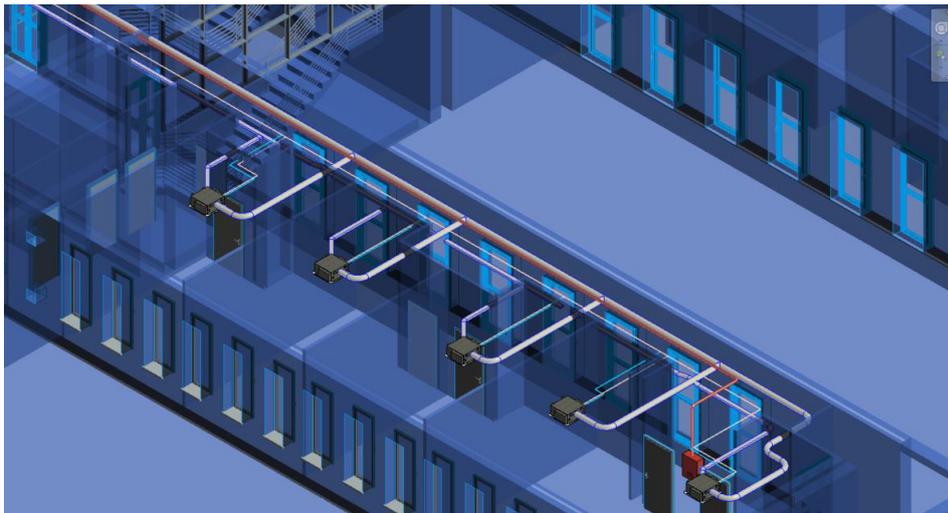


Il passo successivo alla creazione dell'ambiente di modellazione informativa ha riguardato l'import e la realizzazione degli oggetti parametrici (chiamate "famiglie parametriche" dal software) che può avvenire sia nell'ambiente di modellazione che da fonti esterne. L'operazione si è svolta in parte anche durante l'avanzamento della realizzazione dell'edificio virtuale.

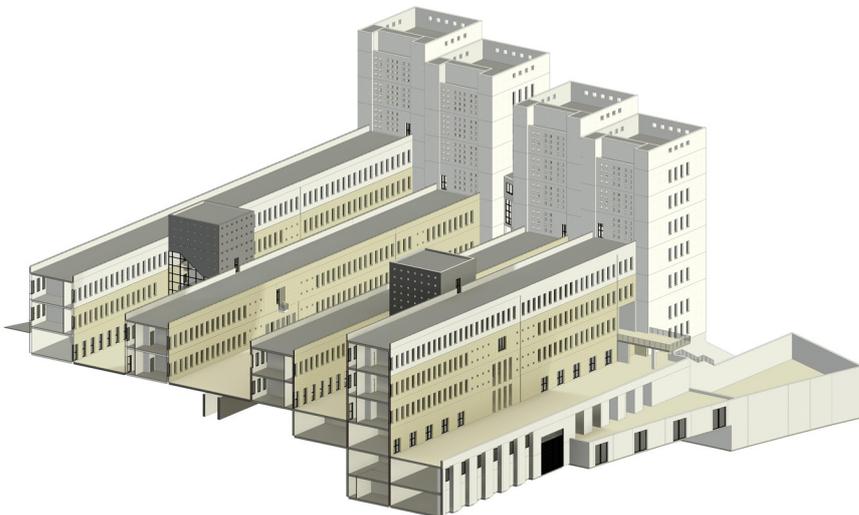
Come già introdotto, la modellazione è stata realizzata seguendo le discipline del processo edilizio e in ambienti separati. In un primo momento sono stati realizzati gli elementi strutturali, composti da pilastri, travi, setti portanti e solai strutturali. Successivamente è stato realizzato il modello architettonico, che comprende: le ripartizioni esterne (muri, finestre, facciate vetrate, parapetti, ringhiere, pavimentazioni esterne dei tetti e dei cortili); muri e tramezzi interni, porte, controsoffitti, solai di finitura. Infine, sono stati realizzati gli impianti elettrici, idraulici e meccanici, posizionando le attrezzature e i rispettivi collegamenti.



Produzione strutturale modello



Produzione impiantistico - MEP modello



Modello Architettonico

Con riferimento agli asset informativi, si sono presi in esame alcuni elementi appartenenti a diverse discipline del processo edilizio che contribuiscono a garantire il carattere prestazionale degli ambienti dell'edificio e la sicurezza dei sistemi antincendio. Gli elementi esaminati sono: Finestre, Ventilconvettori e Impianto di idrante a cassetta.

Finestre

A causa della mancanza delle schede tecniche e di un registro degli interventi, non è stato possibile reperire le informazioni riferite all'identificativo dell'elemento. Le date di installazione, la matricola, i produttori e i materiali, in parte, sono stati ipotizzati in funzione dell'ispezione visiva dell'elemento.

È stato considerato, dunque, parte dell'involucro esterno, composto da vetro singolo con camera d'aria, guarnizioni in PVC e da serramenti in alluminio.

L'avanzamento delle attività ha previsto la compilazione dei dati di prestazione con riferimento a quanto previsto dal piano di manutenzione. Il documento, inoltre, indica i controlli periodici e le operazioni di manutenzione.

I dati sono così organizzati:

Identificativo

- Matricola: FIN_ASB_01
- Data d'installazione: Primi anni 2000
- Dimensioni (cm): 70x210
- Materiali: Alluminio, vetrocamera singolo, PVC

Indicatori di prestazione

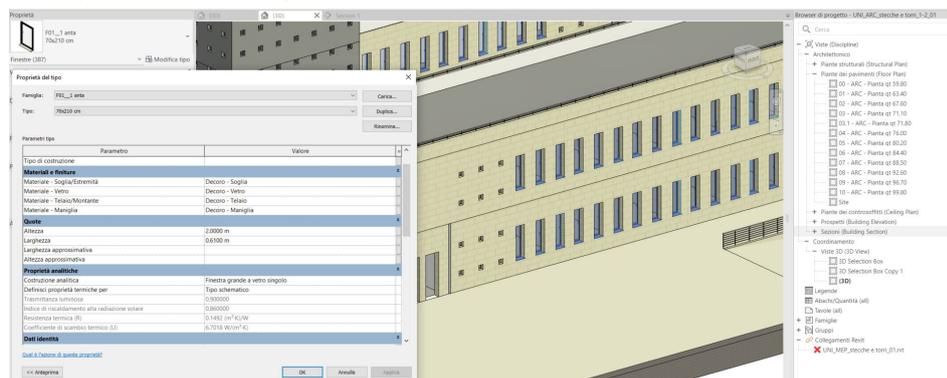
- Resistenza termica (R): 0.1942
- Trasmittanza termica (U): 6.7018
- Indice di riscaldamento alla radiazione solare: 0.86
- Tenuta all'acqua: 600Pa * 50 min
- Isolamento acustico DPCM 5.12.1997: categoria E
- Permeabilità all'aria UNI EN 12519: classe A2

Controlli

- Controllo guarnizioni di tenuta: ogni anno
- Controllo telai fissi: ogni anno
- Controllo telai mobili: ogni anno
- Controllo stato di salute dei vetri: ogni sei mesi
- Controllo stato di salute dei materiali: ogni sei mesi

Operazioni di manutenzione

- Regolazione guarnizioni di tenuta: ogni tre anni
- Regolazioni organi di movimentazione: ogni tre anni
- Regolazione telai fissi: ogni tre anni
- Ripristino telai fissi: ogni tre anni



Esempio sviluppo asset informativo finestra mediante l'uso del software

Ventilconvettore

Per quanto riguarda gli asset informativi appratenti agli impianti, si è preso in esame l'impianto di climatizzazione geotermico composto da ventilconvettori. Per l'attrezzatura in questione è stato possibile reperire il manuale d'uso dal sito del produttore.

Si tratta di un ventilconvettore prodotto da Sabiana, modello "SKYSTAR SK-ECM 12".

L'attrezzatura è costituita da uno scambiatore di calore ed è dotato di due aperture, una per la ripresa dell'aria ed una per la mandata dell'aria; inoltre, è dotato anche di un ventilatore che consente lo scambio del fluido primario con l'aria ambiente dove è posizionato il ventilconvettore.

I dati sono così organizzati:

Identificativo

- Matricola: HAVC_S2_PT_04
- Data d'installazione: 05/02/2018
- Produttore: Sabiana
- Modello: SK-ECM 12

Indicatori

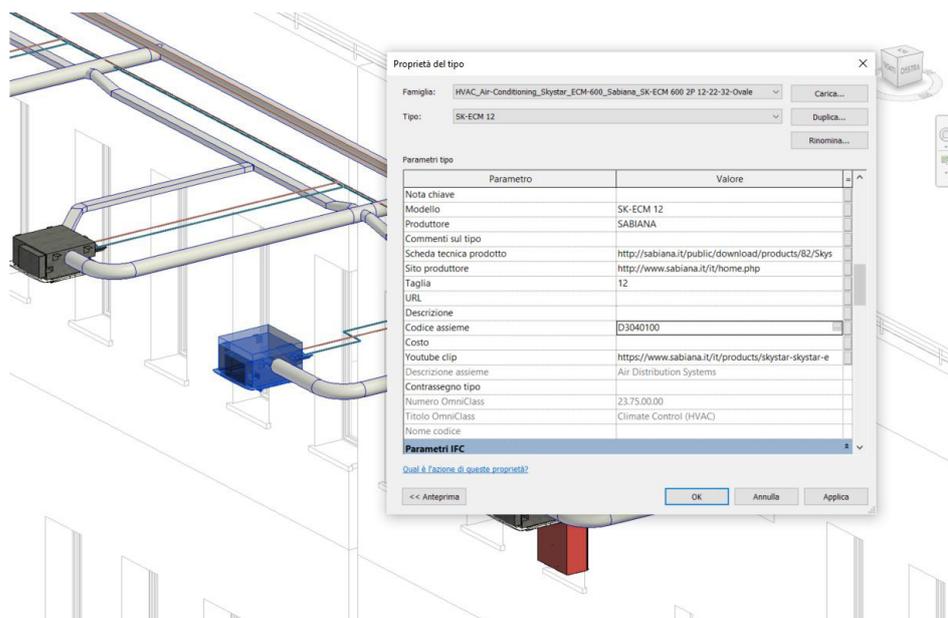
- Temperatura dell'aria ambiente: non superiore a 20 °C
- Umidità aria ambiente: 15% – 75%
- Velocità aria ambiente: 100 mc/h

Controlli

- Controllo generale: ogni anno
- Controllo qualità dell'aria: ogni mese

Operazioni di manutenzione

- Pulizia bacinelle di raccolta condense: ogni mese
- Pulizia filtri: ogni tre mesi
- Pulizia pacco alettato: ogni anno
- Sostituzione filtri: quando occorre



Esempio sviluppo
asset informativo
ventilconvettore
mediante l'uso del
software

Idrante antincendio

Ulteriore elemento preso in esame appartiene all'impianto idrico antincendio composto da un Idrante a muro UNI 70. I dati sui materiali sono stati acquisiti da un modello standard consultabile sui siti web. In questo caso, per le informazioni relative all'identificativo dell'oggetto, è stata prevista la compilazione della certificazione CE, in linea con la normativa vigente. Il modello è un idrante a cassetta rossa DN70, è composto da una cassetta con portello di protezione trasparente, una selletta a supporto della tubazione, una valvola manuale di intercettazione, una tubazione flessibile completa di raccordi e una lancia erogatrice. La data di installazione e la matricola sono stati ipotizzati. Per la selezione dei dati di manutenzione e gestione si è preso come riferimento le normative in materia antincendio (UNI EN 10779-2021; UNI 671-3).

I dati sono così organizzati:

Identificativo

- Matricola: HYD_S2_PT_01
- Data d'installazione: 20/11/2015
- Produttore: Servizi Antincendio S.p.a.
- Modello: UNI 70
- Certificazione CE: 0497/CPR/171

Indicatori

- Erogazione massima (l/s): 3.7
- Pressione di flusso (Mpa): 32000

Controlli

- Verifica accessibilità impianto: ogni sei mesi
- Verifica lancia erogatrice: ogni sei mesi
- Verifica tubazioni: ogni sei mesi
- Verifica cassetta: ogni sei mesi
- Verifica pressione massima: ogni cinque anni

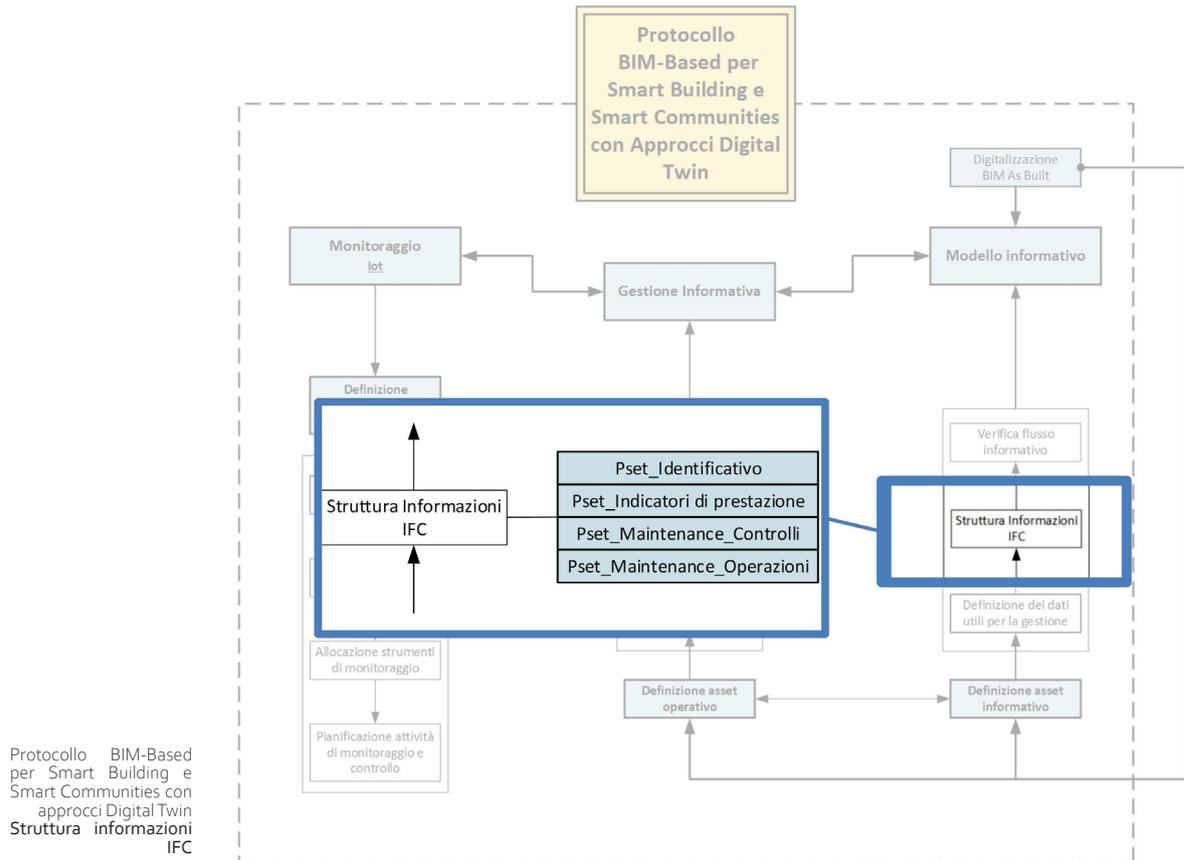
Operazioni di manutenzione

- Attività di sostituzione della segnaletica: quando occorre
- Attività di riparazione cassetta: quando occorre
- Tenuta delle tubazioni: ogni sei mesi
- Pressione massima di flusso: ogni cinque anni

Proprietà	
AB_Fire Hose System_Wall Mount_Electa Glass_Out PU White 20 m_IndustrialIET_W500 D250 H650 mm	
Attrezzatura meccanica (1) Modifica tipo	
Vincoli	
Livello	03.1 - MEP - Pianta 71.80
Quota altimetrica da livello	1500.0
Host	Livello : 03.1 - MEP - Pianta 71.80
Offset da host	1500.0
Sposta con gli elementi più vicini	<input type="checkbox"/>
Costruzione	
Symb 2D	<input type="checkbox"/>
Elettrico - Carichi	
Quadro	
Numero di circuito	
Meccanico	
Classificazione sistema	
Nome sistema	
Meccanico - Flusso	
Percorso critico	<input checked="" type="checkbox"/>
Dati identità	
Immagine	
Commenti	
Contrassegno	6
Fasi	
Fase di creazione	Nuova costruzione
Fase di demolizione	Nessuno
Parametri IFC	
Tipo IFC predefinito	FIREHYDRANT
Esporta in formato IFC con nome	IfcFireSuppressionTerminal
Esporta in IFC	SI
IfcGUID	3cHOy3D9wflUhdN7mkISs
Pset_Maintenance Installazione	20/11/2015
Pset_Maintenance Matricola	HYD_S2_PT_01
Pset_Maintenance Ultimo controllo	25/02/2019

Esempio sviluppo asset
informativo idrante
antincendio mediante
l'uso del software

Selezionati i dati utili per la gestione, questi sono stati strutturati attraverso l'utilizzo dello standard IFC per garantire l'accessibilità e la visualizzazione da parte di tutti gli attori coinvolti.



Protocollo BIM-Based per Smart Building e Smart Communities con approcci Digital Twin
Struttura informazioni IFC

Questi, sono stati identificati come Property Set (Pset) poiché corrispondono ai parametri per il facility management riferiti alla lista delle proprietà di intervento, quindi riconducibili alle attività di gestione e manutenzione.

La scrittura è avvenuta secondo la seguente struttura:

- Pset_Identificativo
- Pset_Indicatori di prestazione
- Pset_Maintenance Controlli
- Pset_Maintenance Operazioni

All'interno di ogni singola voce sono state inserite le informazioni seguendo l'organizzazione della precedente definizione dei dati utili per la gestione, come indicato nel protocollo.

Di seguito si illustra la Struttura delle Informazioni IFC, riportando le tabelle del software.

Proprietà oggetto

Elenco proprietà:

Nome	Tipo	Valore
Pset_Identificativo		
Matricola	Testo	FIN_AS8_01
Data Installazione	Testo	anni 2000
Dimensioni	Testo	70x210
Materiali	Testo	Alluminio, vetrocamera singolo, guarnizioni in PVC
Pset_Indicatore di prestazione		
Resistenza termica (R)	Numero	0,1942
Trasmittanza termica (U)	Numero	6,7018
Indice di riscaldamento alla radiazione solare	Numero	0,86
Tenuta all'acqua	Testo	600 Pa * 50 min
Isolamento acustico DPCM 5.125.1997	Testo	Categoria E
Permeabilità all'aria	Testo	Classe A2
Pset_Maintenance_Controlli		
Controllo guarnizioni di tenuta	Testo	ogni anno
Controllo telai fissi	Testo	ogni anno
Controllo telai mobili	Testo	ogni anno
Controllo stato di salute dei vetri	Testo	ogni sei mesi
Controllo stato di salute infisso	Testo	ogni sei mesi
Pset_Maintenance_Operazioni		
Regolazione guarnizioni di tenuta	Testo	ogni tre anni
Regolazione organi di movimentazione	Testo	ogni tre anni
Regolazione telai fissi	Testo	ogni tre anni
Ripristino telai fissi	Testo	ogni tre anni

Esempio struttura IFC della finestra

Proprietà oggetto

Elenco proprietà:

Nome	Tipo	Valore
Pset_Identificativo		
Matricola	Testo	HAVC_S2_PT_04
Data installazione	Testo	05/02/2018
Produttore	Testo	Sabiana
Modello	Testo	SK-ECM 12
Pset_Indicatori di prestazione		
Temperatura dell'aria ambiente	Testo	non superiore a 20 °C
Umidità aria ambiente	Testo	15%-75%
Velocità aria ambiente	Testo	100 mc/h
Pset_Maintenance_Controlli		
Controllo generale	Testo	ogni anno
Controllo qualità dell'aria	Testo	ogni mese
Pset_Maintenance_Operazioni		
Pulizia bacinelle di raccolta condense	Testo	ogni mese
Pulizia filtri	Testo	ogni tre mesi
Pulizia pacco alettato	Testo	ogni anno
Sostituzione filtri	Testo	quando occorre

Esempio struttura IFC del ventilconvettore

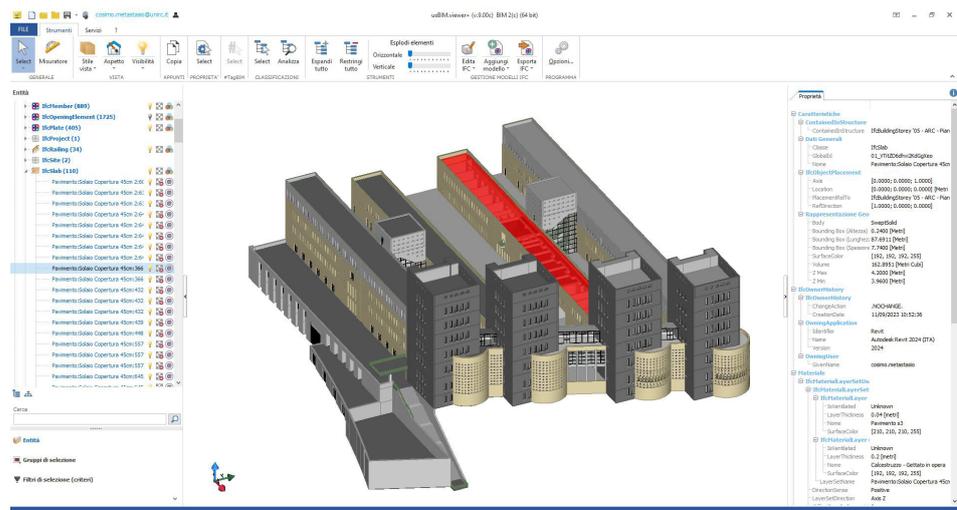
Proprietà oggetto

Elenco proprietà:

Nome	Tipo	Valore
Pset_Identificativo		
Matricola	Testo	HYD_S2_PT_01
Data installazione	Testo	20/11/2015
Produttore	Testo	Servizi Antincendio S.p.a.
Modello	Testo	UNI 70
Certificazione CE	Testo	0497/CPR/171
Pset_Indicatori di prestazione		
Erogazione massima (l/s)	Numero	3.7
Pressione di flusso (MPa)	Numero	32000
Pset_Maintenance_Controlli		
Verifica accessibilità impianto	Testo	ogni sei mesi
Verifica lancia erogatrice	Testo	ogni sei mesi
Verifica tubazioni	Testo	ogni sei mesi
Verifica cassetta	Testo	ogni sei mesi
Verifica pressione massima	Testo	ogni cinque anni
Pset_Maintenance_Operazioni		
Sostituzione segnaletica	Testo	quando occorre
Riparazione cassetta	Testo	quando occorre
Tenuta delle tubazioni	Testo	ogni sei mesi
Pressione massima di flusso	Testo	ogni cinque anni

Esempio struttura IFC dell'idrante antincendio

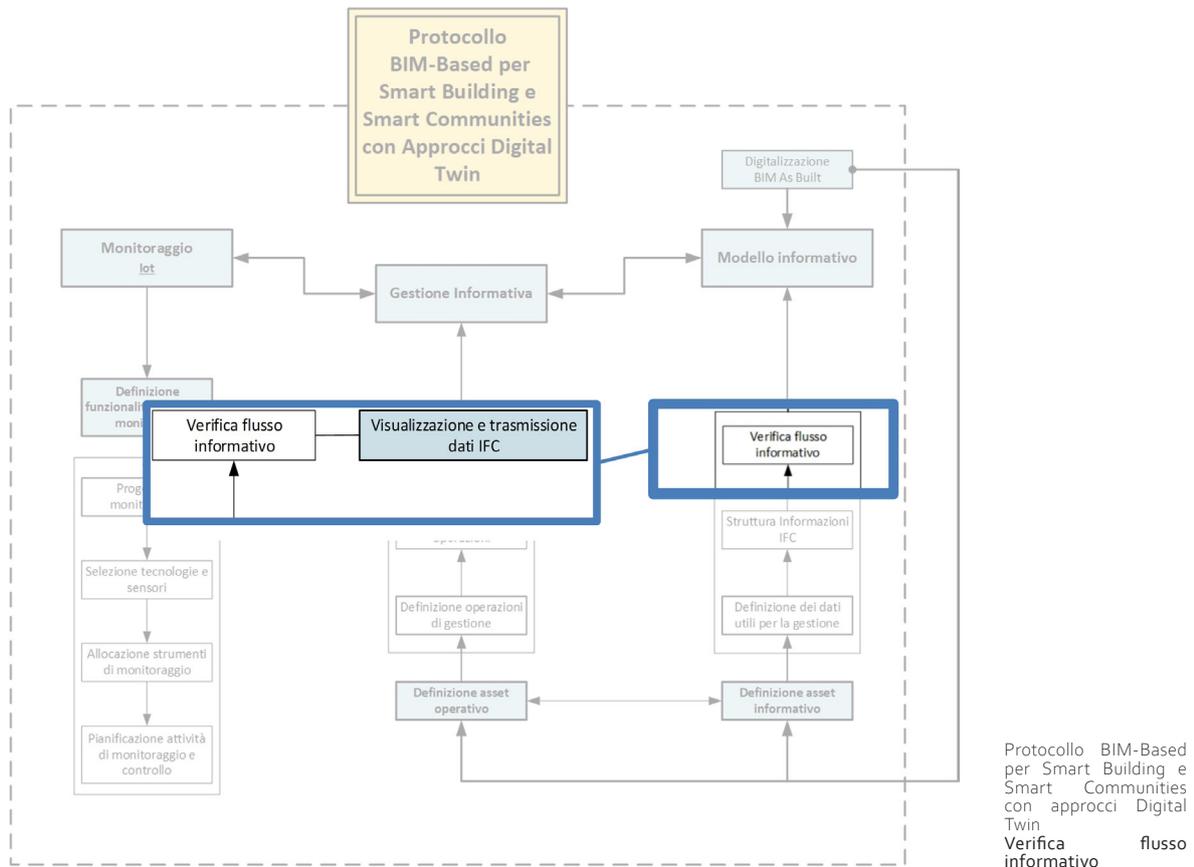
La fase di strutturazione dei dati in IFC è stata svolta attraverso un software che consente la gestione e la visualizzazione dei file in formato OpenBIM. Il modello BIM è stato esportato su USBIM.viewer⁴, dove è stato possibile strutturare i dati in IFC e visualizzare le informazioni di tutti gli elementi presenti nel modello.



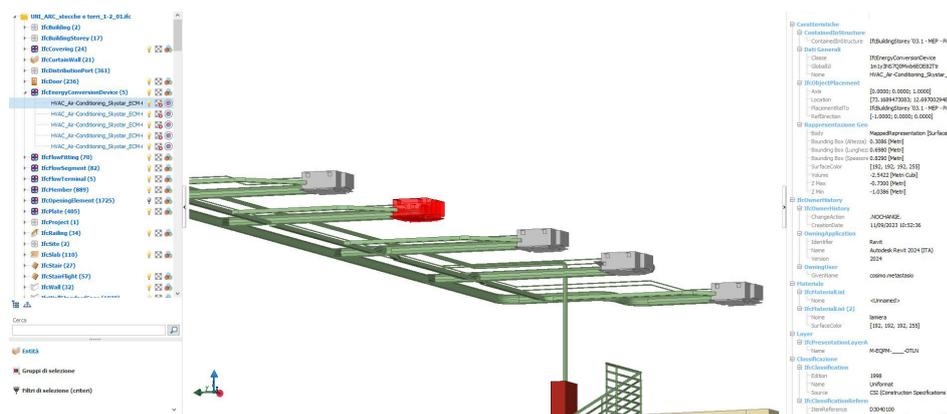
Utilizzo software per struttura IFC

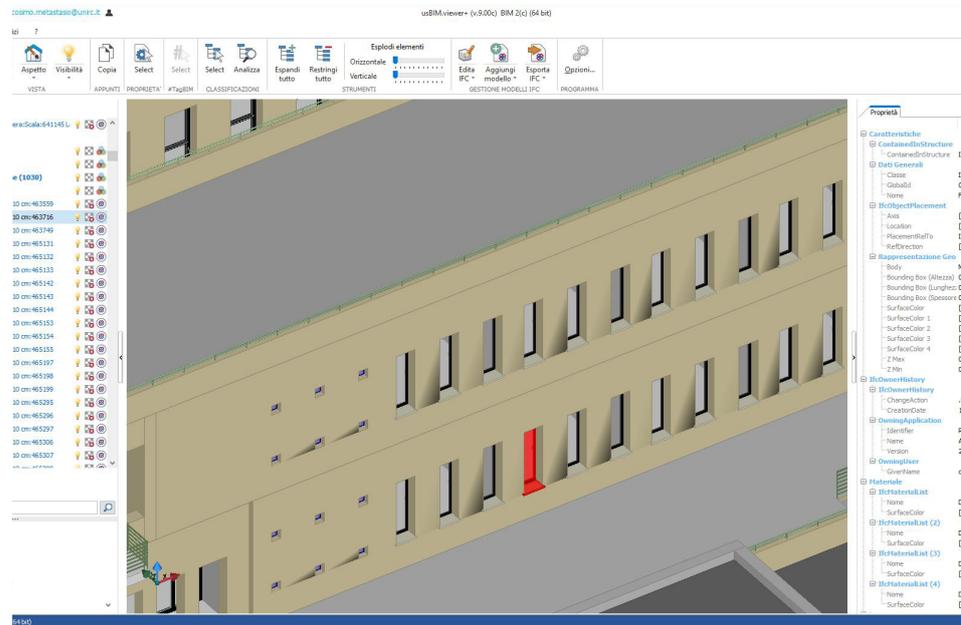
⁴ USBIM.viewer è un software prodotto da "ACCA software" che consente la visualizzazione dei modelli realizzati con metodologia BIM in formato standard IFC.

L'ultima fase del processo di interoperabilità ha riguardato la verifica del flusso informativo. Come previsto dal protocollo, questa azione è stata svolta per svolgere la visualizzazione e la trasmissione dei dati strutturati in formato IFC.

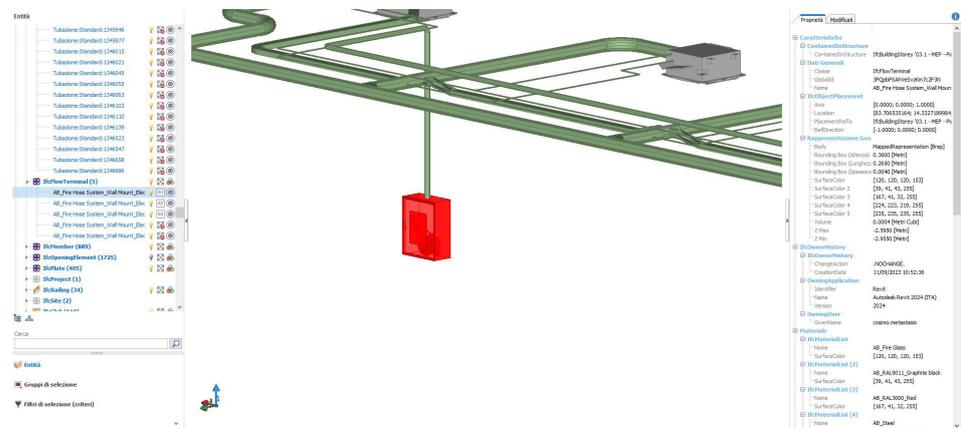


Per la visualizzazione è stata utilizzata la piattaforma USBIM.viewer, e ha riguardato la verifica delle informazioni esportate in formato IFC mediante la selezione degli elementi. Per la trasmissione dei dati è stato esportato il modello sulla piattaforma di gestione informativa selezionata ed ha riguardato azioni di verifica della corretta trasmissione dei dati strutturati in IFC.





Verifica visualizzazione dati IFC finestra tramite USBIM.viewer



Verifica visualizzazione dati IFC idrante antincendio tramite USBIM.viewer

4.4.2 _ Processo di Gestione informativa

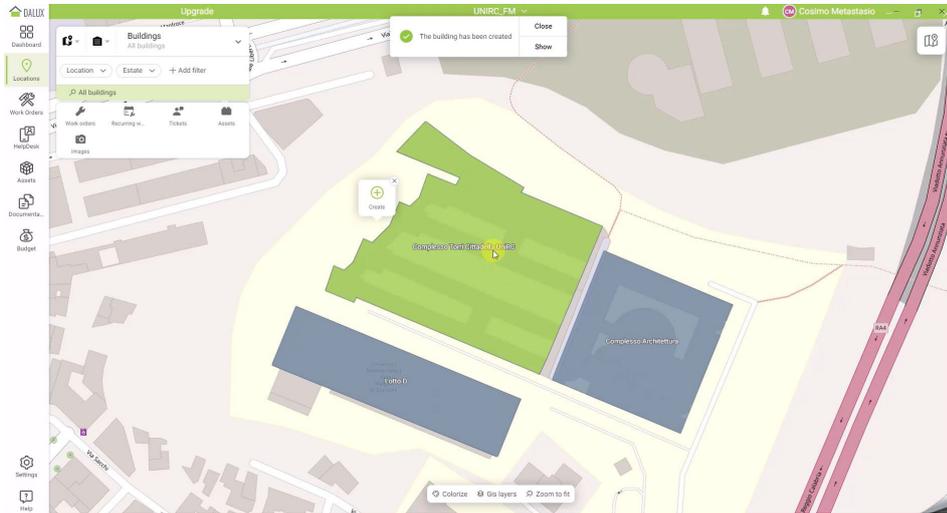
Il processo di gestione informativa, come già definito nel capitolo 3, ha consentito di governare e controllare tutte le operazioni di gestione e manutenzione degli edifici.

Attraverso un unico ambiente di gestione e condivisione dati è stato possibile gestire tutta la documentazione e le informazioni relative all'edificio, monitorare le operazioni effettuate e tracciare tutti i rapporti di lavoro con tecnici e fornitori.

Per lo sviluppo di questo processo è stata utilizzata una piattaforma di gestione informativa che utilizza i sistemi CMMS e CAFM.

Come già visto in precedenza, i sistemi contengono informazioni relative ai dati tecnici generali, alle schede tecniche degli elementi, ai piani di manutenzione e agli ordini di lavoro. Ha consentito, inoltre, di gestire le operazioni di manutenzione in relazione alla struttura organizzativa e funzionale alla tipologia degli elementi.

Per questa parte della sperimentazione è stata utilizzata la piattaforma "DALUX FM", già approfondita nel paragrafo 2.3.3.

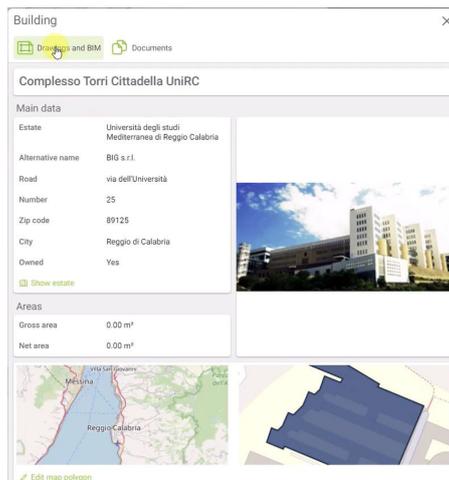


Preparazione ambiente di lavoro in piattaforma

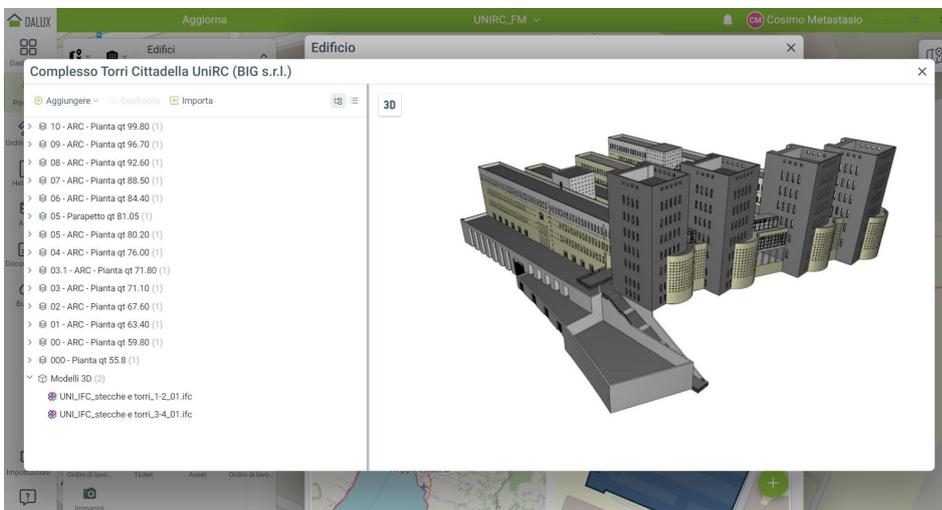
La prima fase di questo processo ha riguardato la preparazione dell'ambiente di lavoro che avviene attraverso la geolocalizzazione degli edifici.

Successivamente, è stata svolta la fase di integrazione tra i due processi, di interoperabilità e di gestione informativa, attraverso l'import del modello informativo e la verifica della corretta trasmissione dei dati strutturati in IFC.

I dati da acquisire hanno riguardato la localizzazione e posizionamento degli elementi, livelli e altezze di interpiano, la visualizzazione dei dati ai fini manutentivi già strutturati.



Trasferimento informazioni d'inquadramento



Verifica acquisizione e visualizzazione informazioni e dati IFC

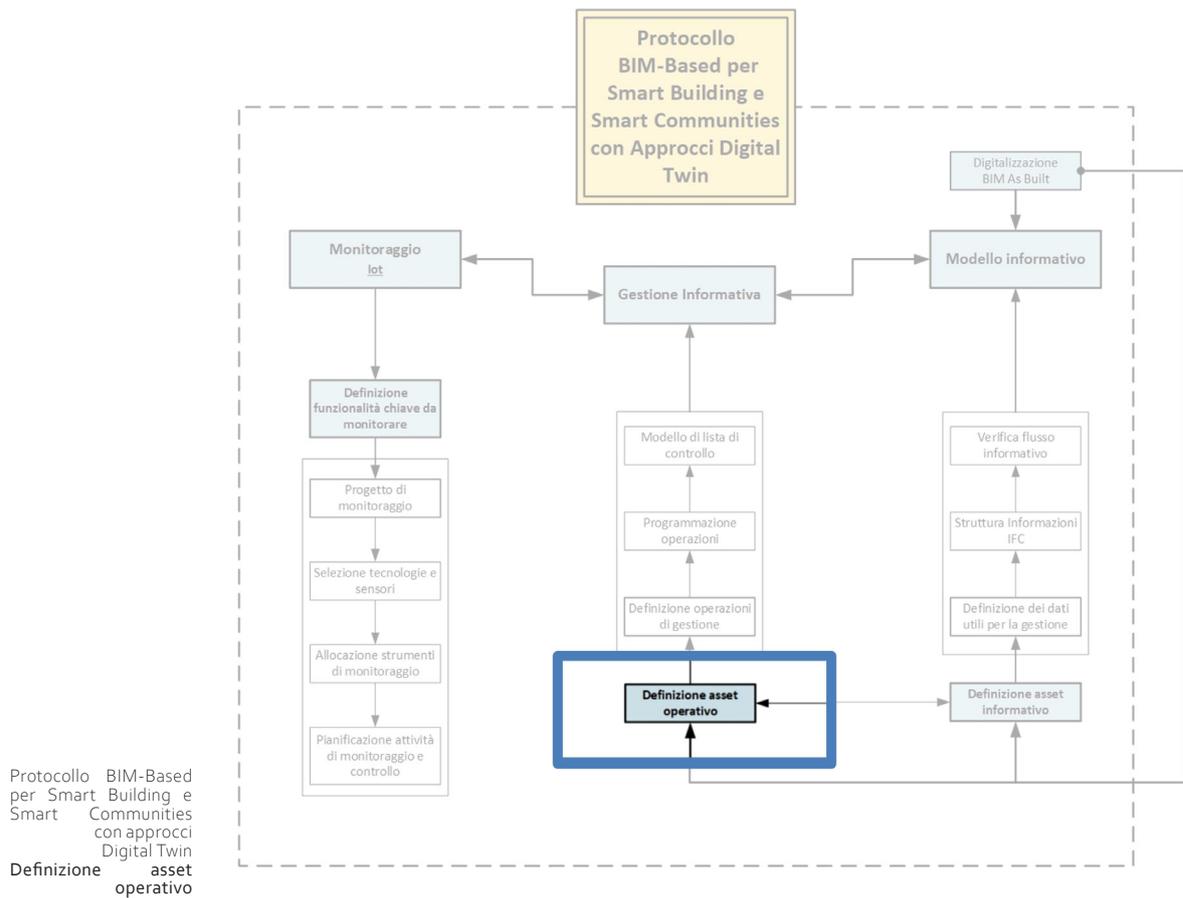
Il processo di Gestione informativa, nell'applicazione del protocollo BIM-Based al caso studio si è avviato dallo sviluppo della definizione dell'asset operativo che consiste nella descrizione e individuazione della strategia manutentiva associata ad ogni edificio (stecca 1, stecca 2, stecca 3, stecca 4) attraverso l'organizzazione delle attività di gestione in funzione alle diverse discipline.

Le attività sono state così organizzate:

- Manutenzione dei componenti edilizi.
- Manutenzione delle attrezzature e impianti.

E successivamente è stata indicata la tipologia di intervento:

- Manutenzione preventiva.
- Manutenzione a guasto.

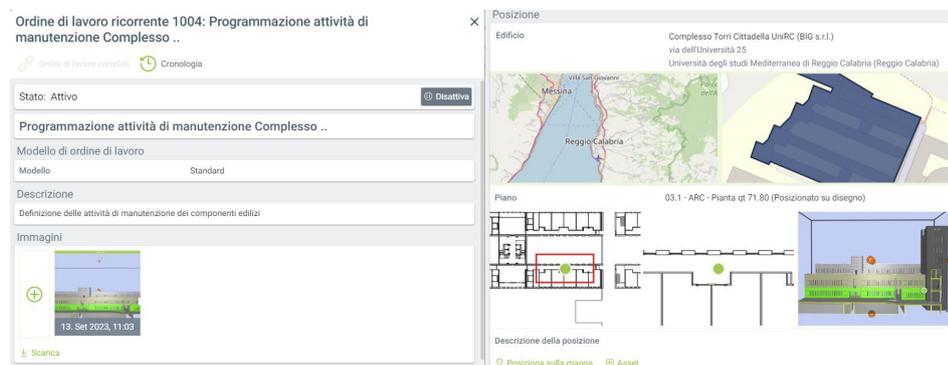


Protocollo BIM-Based per Smart Building e Smart Communities con approcci Digital Twin
Definizione asset operativo

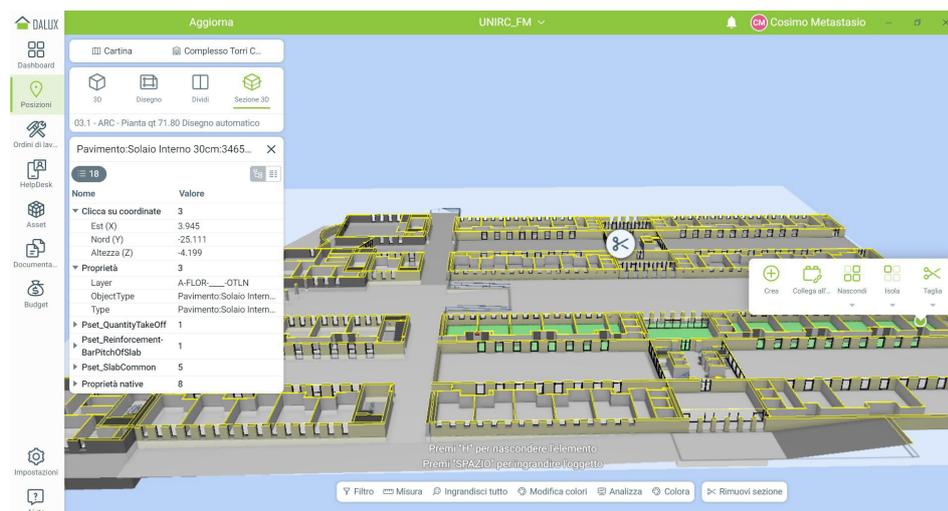
Attraverso l'utilizzo della piattaforma individuata per il processo di gestione informativa, l'accesso e la visualizzazione dei dati contenuti nel modello informativo hanno consentito di trasferire nella piattaforma le informazioni utili per l'avvio di tutte le operazioni.

In questa fase, sono state prodotte le schede associate sia alla programmazione generale delle attività, sia agli elementi soggetti a manutenzione di ogni disciplina individuata, definendo:

- Localizzazione alle diverse scale
- Matricola
- Classificazione della disciplina di appartenenza
- Indicatori di prestazioni
- Schede dei produttori
- Eventuali Documentazioni associati (certificazioni, normative, manuali di funzionamento)



Esempio di scheda tipo per la pianificazione delle attività di manutenzione



Inquadramento luogo d'intervento

Asset ✕

+ Crea ordine di lavoro
L Mostra cronologia degli ordini di lavoro
0 + Mostra prossimi ordini di lavoro
0 ⋮ Più ▾

Classificazione	21-02 20 20 20 Exterior Fixed Windows	Indicatori: - Riscaldamento radiazione solare: 0.86 - Isolamento acustico: Categoria E (Più)
Discipline	Architecture	

Immagini

+

13. Set 2023, 10:21

↓ Scarica

Posizione

Edificio

Compleso Torri Cittadella UniRC (BIG s.r.l.)
via dell'Università 25
Università degli studi Mediterranea di Reggio Calabria (Reggio Calabria)

Piano

03.1 - ARC - Pianta qt 71.80 (Posizionato su disegno)

Prodotto

Nome del prodotto	Finestra ✕ +
Produttore	Door Windows Company
Typename	
Nuovo prezzo	0,00 DKK
Garanzia	0 anni

+ Mostra prodotto

Garanzia

Installa data
Data di inizio di gar...
Data di scadenza d...
Garanzia restante

Condizione e vita residua

Simulazione costo	No
-------------------	----

Scheda definizione
asset operativo delle
finestre

Asset ✕

+ Crea ordine di lavoro
⌚ Mostra cronologia degli ordini di lavoro
📅 Mostra prossimi ordini di lavoro
⋮ Più ▼

Classificazione	21-04 30 50 50 HVAC Air Distribution	<ul style="list-style-type: none"> - Temperatura aria ambiente: non superiore a 20 °C - Umidità dell'aria ambiente 15%-75% - Velocità aria ambiente: 100 mc/h
Discipline	Ventilation	

Immagini

+

13. Set 2023, 10:10

[↓ Scarica](#)

Posizione

Edificio Complesto Torri Cittadella UniRC (BIG s.r.l.)
via dell'Università 25
Università degli studi Mediterranea di Reggio Calabria (Reggio Calabria)

Piano 03.1 - ARC - Pianta qt 71.80 (Posizionato su disegno)

Prodotto

Nome del prodotto	Ventilconvettore ✕
Produttore	Sabiana
Typename	
Nuovo prezzo	0,00 DKK
Garanzia	0 anni

[Mostra prodotto](#)

Garanzia

Installa data	5. Feb 2018
Data di inizio di gar...	5. Feb 2018
Data di scadenza d...	6. Feb 2023
Garanzia restante	Garanzia scaduta

Condizione e vita residua

Simulazione costo	No
-------------------	----

Scheda definizione asset operativo dei ventilconvettori

Asset ✕

+ Crea ordine di lavoro
L Mostra cronologia degli ordini di lavoro 0
📅 Mostra prossimi ordini di lavoro 0
⋮ Più ▼

Classificazione	21-04 40 30 10 Fire Protection Cabinets	Indicatori di prestazione: - Erogazione massima: 3.7 (l/s) - Pressione di flusso: 32000 (MPa)
Discipline	Fire Protection	↗

Immagini

+

19. Set 2023, 15:34
14. Apr 2023, 12:06
14. Apr 2023, 12:06

↓ Scarica

Posizione

Edificio Compleso Torri Cittadella UniRC (BIG s.r.l.)
via dell'Università 25
Università degli studi Mediterranea di Reggio Calabria (Reggio Calabria)

Piano 03.1 - ARC - Pianta qt 71.80 (Posizionato su disegno)

Prodotto

Nome del prodotto	Idrante a cassetta rossa DN70 20m
Produttore	Servizi Antincendio S.p.a.
Typename	
Nuovo prezzo	0,00 DKK
Garanzia	0 anni

📄 Mostra prodotto

Garanzia

Installa data	20. Nov 2015
Data di inizio di gar...	20. Nov 2015
Data di scadenza d...	20. Nov 2020
Garanzia restante	Garanzia scaduta

Condizione e vita residua

Simulazione costo	No
-------------------	----

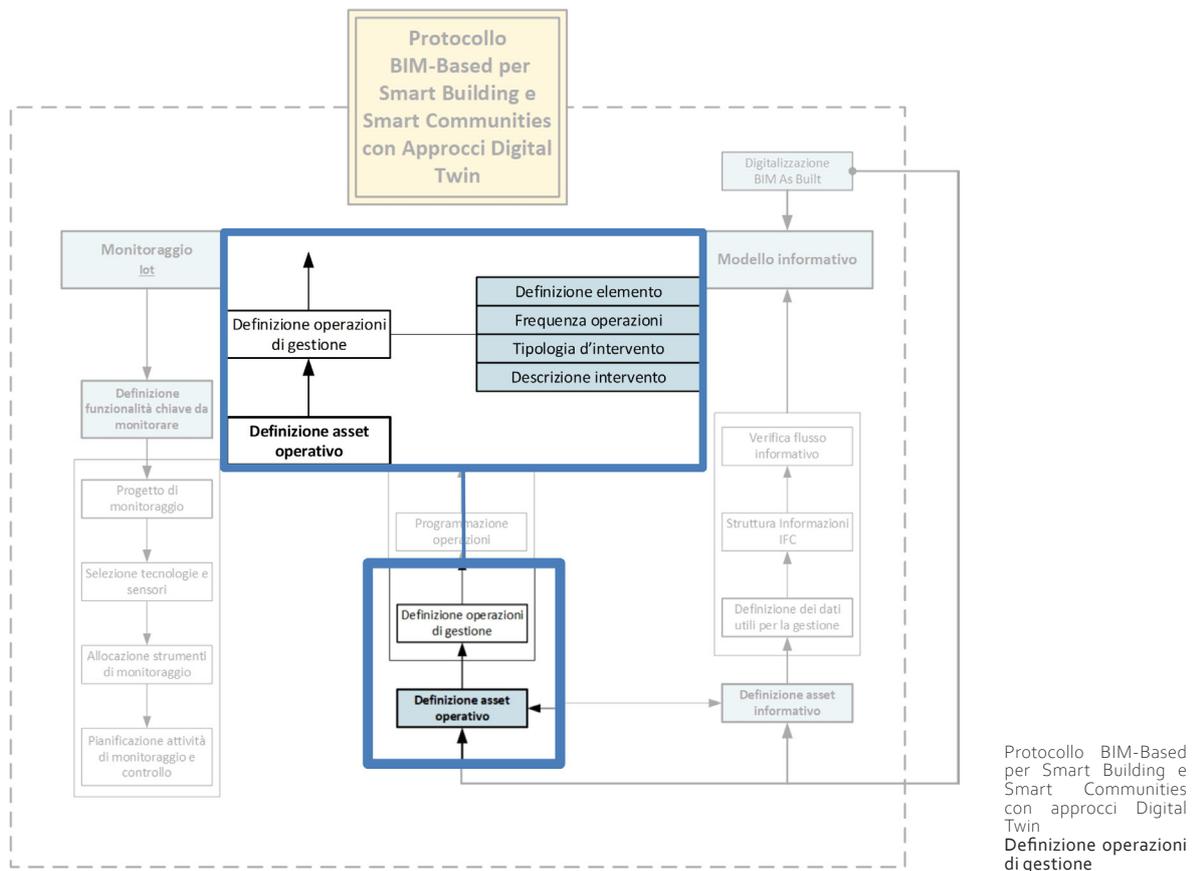
Scheda definizione asset operativo dell'idrante antincendio

La definizione delle operazioni di gestione ha lo scopo di pianificare le attività in coerenza con quanto indicato nel piano di manutenzione e seguendo le azioni raggruppate nel modello informativo.

Questa fase, dunque, ha previsto l'organizzazione delle attività seguendo la struttura del protocollo.

Nello specifico, la fase è stata così strutturata:

- Definizione dell'elemento soggetto a manutenzione
- Frequenza delle operazioni
- Tipologia di intervento
- Descrizione dell'intervento



In relazione alle attività di manutenzione programmata degli elementi presi in esame, si sono organizzate le attività raggruppando i controlli e le operazioni secondo la frequenza degli interventi e dettagliando le azioni da svolgere.

Questo processo ha portato alla produzione di schede che hanno come finalità la descrizione dettagliata delle modalità di svolgimento delle attività di manutenzione di ogni elemento, accessibile da ogni operatore.

Si riportano di seguito le schede tipo prendendo come riferimento gli elementi individuati.

Finestre

Nel caso della manutenzione sui componenti edilizi, le operazioni di gestione sono state strutturate secondo operazioni annuali e operazioni triennali, in linea con il piano di manutenzione:

Operazioni annuali

- Controllo guarnizione di tenuta
- Controllo telai fissi
- Controllo telai mobili
- Controllo stato di salute dei vetri
- Controllo deposito superficiale

Operazioni triennali

- Regolazione guarnizioni di tenuta
- Regolazione organi di movimentazione
- Regolazione telai fissi
- Ripristino fissaggi telai fissi

Operazioni

Seguire e compilare le operazioni in ogni parte

Controllo guarnizione di tenuta

Controllo dell'efficacia delle guarnizioni. Controllo dell'adesione delle guarnizioni ai profili di contatto dei telai. Controllo del corretto inserimento nelle proprie sedi delle guarnizioni. Controllo dell'elasticità delle guarnizioni.

Controllo telai fissi

Controllo delle asole di drenaggio e del sistema di drenaggio. Controllo dell'ortogonalità dei telai. Controllo del fissaggio del telaio al vano ed al controtelaio al muro e dei blocchetti di regolazione.

Controllo telai mobili

Controllo dell'ortogonalità dell'anta e dei cavallotti di unione dei profilati dell'anta.

Controllo stato di salute dei vetri

Controllare che i vetri siano in perfetto stato e rispondano alle prestazioni di base.

Controllo deposito superficiale

Operazioni

Seguire e compilare le operazioni in ogni parte

Regolazione guarnizioni di tenuta

Regolazione e riposizionamento delle guarnizioni di tenuta.

Regolazione organi di movimentazione

Regolazione delle cerniere e della perfetta chiusura dell'anta col telaio fisso. Riposizionamento tramite scorrimento nelle apposite sedi delle cerniere.

Regolazione telai fissi

Regolazione di ortogonalità del telaio fisso tramite cacciavite sui blocchetti di regolazione e relativo fissaggio. La verifica dell'ortogonalità sarà effettuata mediante l'impiego di livella torica.

Ripristino fissaggi telai fissi

Ripristino fissaggi dei telai al vano e al controtelaio al muro e riattivazione del fissaggio dei blocchetti di regolazione e fissaggio tramite cacciavite.

Ventilconvettori

Nel caso della manutenzione degli impianti di climatizzazione, le operazioni sono state distinte in operazioni trimestrali, operazioni annuali e operazioni mensili in linea con il piano di manutenzione UNI8290 e con il manuale d'uso:

Operazioni mensili

- Controllo della qualità dell'aria
- Pulizia bacinelle di raccolta condense

Operazioni trimestrali

- Pulizia filtri
- Sostituzione filtri (quando occorre)

Operazioni annuali

- Controllo generale
- Pulizia pacco alettato

Operazioni

Seguire e compilare le operazioni in ogni parte

Controllo qualità dell'aria

Controllare la qualità dell'aria ambiente verificando, attraverso le dovute analisi, che sia priva di sostanze inquinante e/o tossiche per la salute degli utenti.

Pulizia bacinelle di raccolta condense

Effettuare una pulizia delle bacinelle di raccolta condense e del relativo scarico utilizzando idonei disinfettanti.

Operazioni

Seguire e compilare le operazioni in ogni parte

Controllo generale

Verificare lo stato degli elettroventilatori con particolare riferimento al controllo della rumorosità dei cuscinetti e del senso di rotazione dei motori degli elettroventilatori.

Pulizia pacco alettato

Pulire il pacco alettato utilizzando un getto di aria, acqua o di vapore a bassa pressione avendo cura di proteggere il motore elettrico per evitare danneggiamenti.

Operazioni

Seguire e compilare le operazioni in ogni parte

Controllo generale

Verificare lo stato degli elettroventilatori con particolare riferimento al controllo della rumorosità dei cuscinetti e del senso di rotazione dei motori degli elettroventilatori.

Pulizia pacco alettato

Pulire il pacco alettato utilizzando un getto di aria, acqua o di vapore a bassa pressione avendo cura di proteggere il motore elettrico per evitare danneggiamenti.

Idrante antincendio

Per l'impianto antincendio e dell'idrante UNI70, le operazioni hanno seguito quanto indicato nella normativa in materia antincendio (UNI EN 10779-2021; UNI 671-3) e hanno riguardato operazioni semestrali e verifiche straordinarie quinquennali:

Operazioni semestrali

- Verifica accessibilità impianto
- Verifica stato di salute della cassetta
- Verifica lancia erogatrice
- Verifica tubazione
- Tenuta della tubazione

Operazioni quinquennali

- Verifica accessibilità impianto
- Verifica stato di salute della cassetta
- Verifica lancia erogatrice
- Verifica tubazione
- Tenuta della tubazione
- Pressione massima di flusso

Operazioni

Seguire e compilare le operazioni in ogni parte

Verifica accessibilità impianto

Verificare che l'idrante/naspo sia facilmente accessibile e senza ostacoli e che sia adeguatamente segnalato.

Verifica tubazione

La tubazione deve essere srotolata completamente su un piano e sottoposta alla massima pressione di rete

Verifica lancia erogatrice

Verifica valvola di intercettazione, controllare il corretto funzionamento

Verifica cassetta

Verifica lo stato della cassetta e allegare foto

Operazioni

Seguire e compilare le operazioni in ogni parte

Verifica accessibilità impianto

Verificare che l'idrante/naspo sia facilmente accessibile e senza ostacoli e che sia adeguatamente segnalato.

Verifica tubazione

La tubazione deve essere srotolata completamente su un piano e sottoposta alla massima pressione di rete

Verifica lancia erogatrice

Verifica valvola di intercettazione, controllare il corretto funzionamento

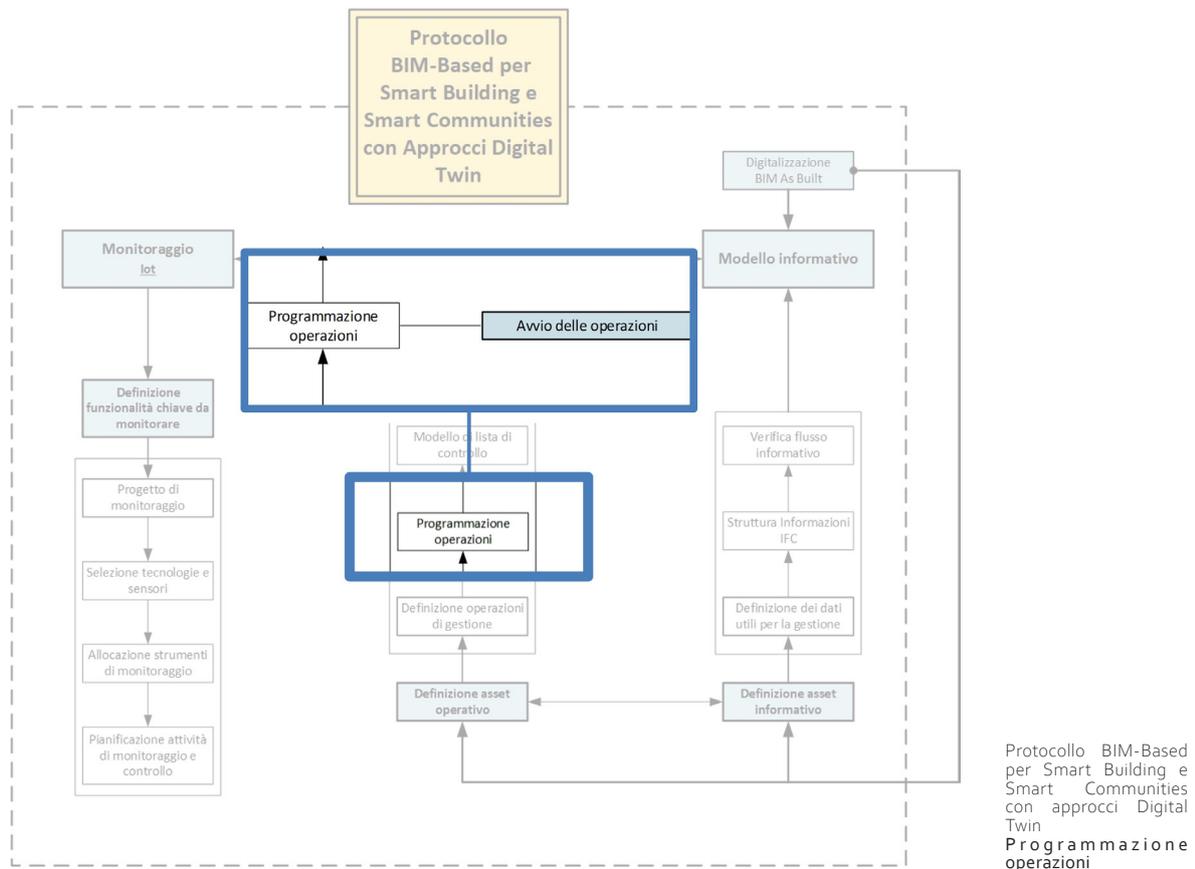
Verifica cassetta

Verifica lo stato della cassetta e allegare foto

Verifica pressione

Verificare la pressione di flusso come indicato dal libretto dell'elemento in questione

La fase successiva ha riguardato la programmazione delle operazioni. Questa ha consentito di pianificare le operazioni di manutenzione e dare avvio alle attività organizzate seguendo la struttura definita da protocollo.



Durante questa fase si sono strutturate le operazioni secondo l'organizzazione delle seguenti informazioni:

- Data di avvio
- Cronoprogramma
- Scadenze
- Posizione degli elementi correlati alle istanze BIM
- Responsabili e manutentori
- Fornitori
- Costi
- Grado di priorità

Dopo aver programmato tutte le attività, si è predisposto l'ambiente di condivisione delle informazioni su cui ogni operatore può visualizzare il tipo d'intervento da svolgere.

Durante questa fase, inoltre, si è prodotto il cronoprogramma delle operazioni.

Organizzazione operazioni

Campi di dati ⓘ	
Operazioni ⓘ	
☰ * Controllo guarnizione di tenuta	ⓘ Ok, In progress, Proble...
☰ * Controllo telai fissi	ⓘ ok, Problematiche
☰ * Controllo telai mobili	ⓘ Ok, problematiche risco...
☰ * Controllo stato di salute dei vetri	ⓘ Ok, problematiche risco...
☰ * Controllo deposito superficiale	ⓘ Ok, problematiche risco...
🕒 * Data operazioni	
👤 * Firma responsabile	

Cronoprogramma

+ Crea 📅 Mostra ordine di lavoro ricorrente ➡ Assegna ✓ Cambia stato 📅 Vista calendario 🔗 Ordini di lavoro correlati ⋮ Pi

Tutti gli ordini di lavoro ricorrenti

🔍 Cerca + Aggiungi filtro

↑ N	Edificio	Nome	Asset	Responsa...	Fornitore	Oct. 23	Nov. 23	Dec. 23
1004	Complesso Torri ...	Programmazione attività di ma...		Cosimo Meta...	Management...	● 1	● 1	● 1
1005	Complesso Torri ...	Componenti edilizi_Finestre_op...	FIN_01_ASB (...)	Cosimo Meta...	Door Window...	● 1		
1006	Complesso Torri ...	Componenti edilizi_Finestre_op...	FIN_01_ASB (...)	Cosimo Meta...	Door Window...	● 1		
1007	Complesso Torri ...	Impianti di climatizzazione_Ve...	HAVC_S2_PT...	Cosimo Meta...	Management...	● 2	● 1	● 1
1008	Complesso Torri ...	Impianti di climatizzazione_Ve...	HAVC_S2_PT...	Cosimo Meta...	Management...	● 2		
1009	Complesso Torri ...	Impianti di climatizzazione_Ve...	HAVC_S2_PT...	Cosimo Meta...	Management...			
1010	Complesso Torri ...	Impianto antincendio_idrante a...	HYD_S2_PT...	Cosimo Meta...	Servizi Antinc...	● 1		
1011	Complesso Torri ...	Impianto antincendio_idrante a...	HYD_S2_PT...	Cosimo Meta...	Servizi Antinc...	● 1		

Le attività sono state identificate attraverso una specifica codifica d'intervento e organizzate secondo la seguente struttura:

- Codifica dell'intervento
- Identificativo edificio
- Tipologia dell'intervento
- Elementi soggetti a manutenzione
- Responsabile
- Fornitori

Inoltre, durante la fase di programmazione, prevista dal processo di gestione informativa, è risultato necessario organizzare le attività di manutenzione secondo la frequenza temporale, per fornire accessibilità alle attività da svolgere nel medesimo periodo.

Attraverso l'elaborazione di una scheda, la struttura delle attività ha previsto una prima parte di ordine generale, in cui indica una breve descrizione dell'intervento, eventuali immagini di riconoscimento degli elementi e indicazioni generali di localizzazione (Città, indirizzo, edificio, piano ed elemento).

La seconda parte, è stata così strutturata:

- Attori (Squadra operativa, Responsabile della manutenzione, fornitori, persone di contatto)
- Scadenze (Periodicità dell'intervento, durata prevista dell'intervento, data di avvio dell'intervento)
- Urgenza, obbligatorietà e tipo di attività (manutenzione preventiva o a guasto).
- Aspetti economici.
- Modelli di lista (indicazione delle attività dettagliate).

Di seguito si riportano gli esempi:

Finestre

Nel caso specifico delle attività di manutenzione e controllo delle finestre, sono state programmate le seguenti attività:

- Operazioni annuali
- Operazioni triennali

Ordine di lavoro ricorrente 1005: Componenti edilizi_Finestre_operazioni annuali

Ordini di lavoro correlati Cronologia

Descrizione
Eseguire i controlli e le operazioni annuali secondo quanto previsto dal modello di lista.

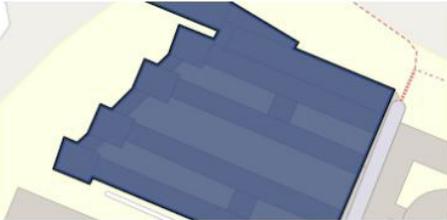
Immagini



↓ Scarica

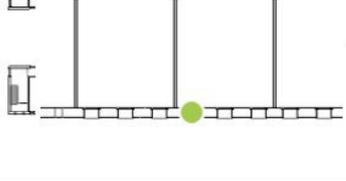
Posizione

Edificio: Complesso Torri Cittadella UniRC (BIG s.r.l.)
via dell'Università 25
Università degli studi Mediterranea di Reggio Calabria (Reggio Calabria)



Piano: 03.1 - ARC - Pianta qt 71.80 (Posizionato su disegno)

Asset: FIN_01_ASB (Exterior Fixed Windows)



Scheda programmazione attività di manutenzione delle finestre
Posizione elementi per la manutenzione

Scheda
programmazione
attività
di manutenzione
delle finestre
Informazioni
di dettaglio

Responsabile		Scadenza	
Squadra	Porte e finestre	Ripetizione	Annuale da il 1. ottobre, fino a e compreso 15. dicembre 2023
Responsabile	 Cosimo Metastasio	Durata	1 giorno/i
Accordo di servizio		Giorni da generare ...	30 giorno/i
Fornitore	Door Windows Company	Attività successiva	1. Ott 2024
Persona di contatto	Cosimo Metastasio (3296097097)		
Ordine autom... 	I fornitori selezionati non possono ricevere ordini		
Mostra fornitore			
Vario			
Priorità	 Medium		
Tipo di ordine di lavoro	Preventive		
Obbligatorio	Si		
Garanzia	No		
Economia			
Costi previsti	0,00 kr.		
Modelli di lista di verifica			
 Aggiungere  Rimuovi  Attiva/Disattiva richiesto  Alterna la creazione per posizionamento			
Nome	Richiesto	Crea per posizione	
03_Infissi esterni in alluminio_UNI8...	<input checked="" type="checkbox"/>		

Ventilconvettori

Nel caso del ventilconvettore, le attività sono suddivise secondo il seguente arco temporale:

- Operazioni mensili
- Operazioni trimestrali
- Operazioni annuali

Ordine di lavoro ricorrente 1007: Impianti di climatizzazione_Ventilconvettori_opera..

Ordini di lavoro correlati Cronologia

DESCRIZIONE

Svolgere le attività di controllo e operazioni mensili secondo il modello di lista.

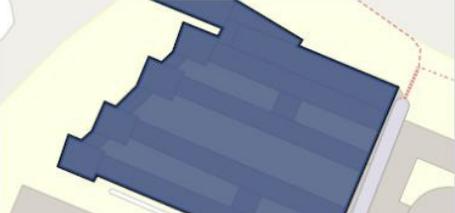
Immagini



↓ Scarica

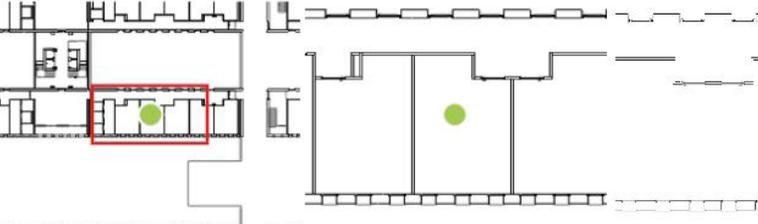
Posizione

Edificio: Complesso Torri Cittadella UniRC (BIG s.r.l.)
via dell'Università 25
Università degli studi Mediterranea di Reggio Calabria (Reggio Calabria)



Piano: 03.1 - ARC - Pianta qt 71.80 (Posizionato su disegno)

Asset: HAVC_S2_PT_04 (HVAC Air Distribution)



Scheda a programmazione attività di manutenzione dei ventilconvettori
Posizione elementi per la manutenzione

Scheda di programmazione attività di manutenzione dei ventilconvettori di Informazioni di dettaglio

Responsabile		Scadenza	
Squadra	Impianto di climatizzazione	Ripetizione	Mensile il giorno 1
Responsabile	Cosimo Metastasio	Durata	1 giorno/i
Accordo di servizio		Giorni da generare ...	30 giorno/i
Fornitore	Management Company	Attività successiva	1. Nov 2023
Persona di contatto	Cosimo Metastasio (3296097097)		
Ordine autom...	I fornitori selezionati non possono ricevere ordini		
Mostra fornitore			
Vario			
Priorità	High		
Tipo di ordine di lavoro	Preventive		
Obbligatorio	Si		
Garanzia	No		
Economia			
Costi previsti	0,00 kr.		
Modelli di lista di verifica			
Aggiungere Rimuovi Attiva/Disattiva richiesto Alterna la creazione per posizionamento			
Nome	Richiesto	Crea per posizione	
02_Impianti di climatizzazione Ven...	<input checked="" type="checkbox"/>		

Idrante antincendio

Le attività di controllo e manutenzione dell'impianto antincendio, sono così organizzate:

- Controllo semestrale
- Controllo quinquennale

Ordine di lavoro ricorrente 1011: Impianto antincendio_Idrante a muro_quinquennale

Ordini di lavoro correlati Cronologia

Definire le attività di manutenzione e i controlli quinquennale dell'idrante secondo modello di lista

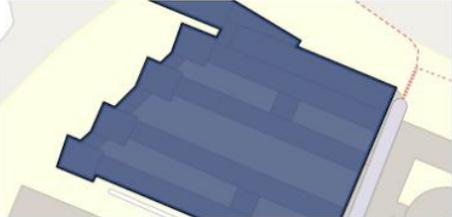
Immagini



↓ Scarica

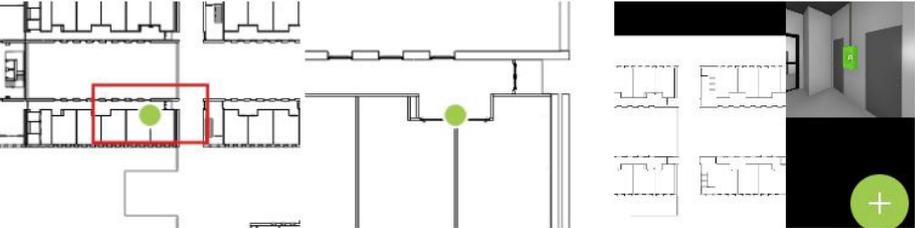
Posizione

Edificio: Complesso Torri Cittadella UniRC (BIG s.r.l.)
via dell'Università 25
Università degli studi Mediterranea di Reggio Calabria (Reggio Calabria)



Piano: 03.1 - ARC - Pianta qt 71.80 (Posizionato su disegno)

Asset: HYD_S2_PT_01 (Fire Protection Cabinets)



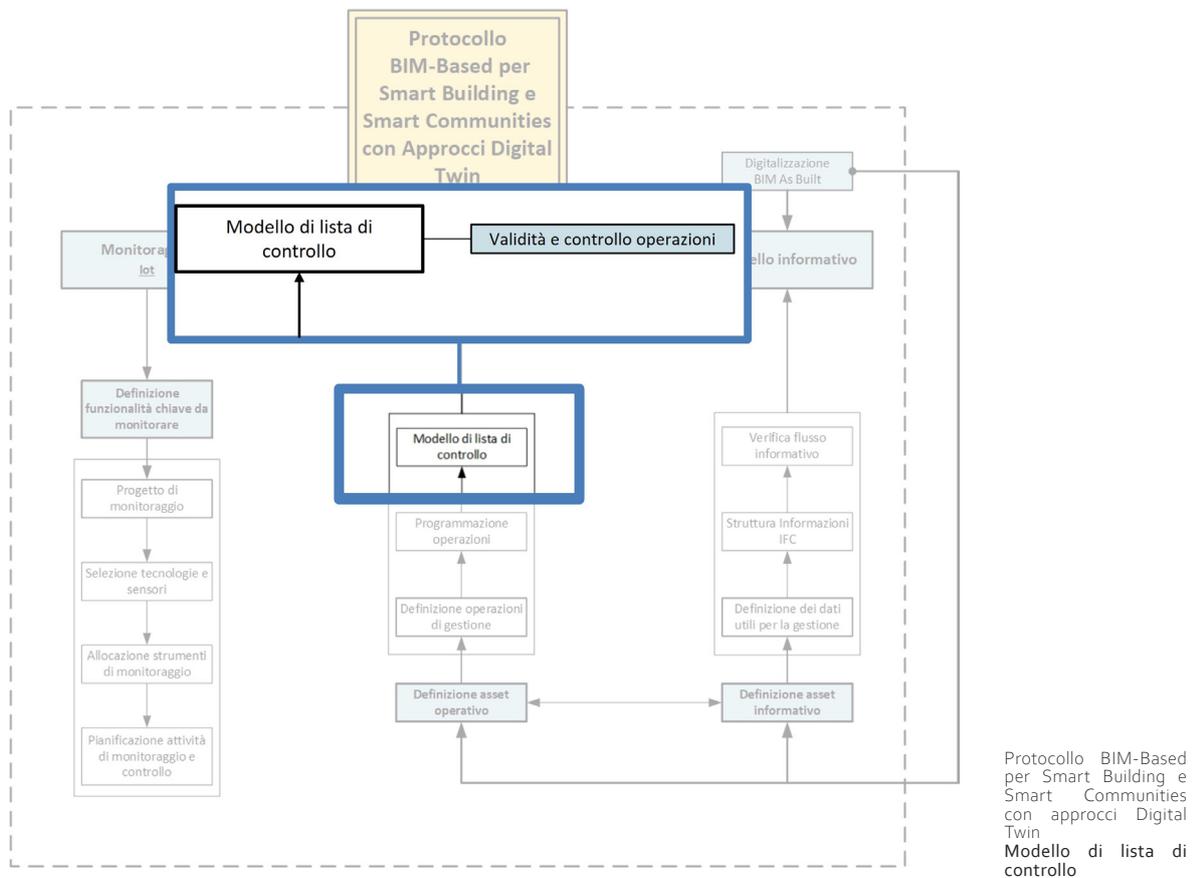
S c h e d a
programmazione
attività
di
manutenzione
dell'idrante antincendio
Posizione elementi per
la manutenzione

Scheda
programmazione
attività di
manutenzione
dell'idrante antincendio
Informazioni di
dettaglio

Responsabile		Scadenza	
Squadra	Antincendio 	Ripetizione	Ogni 5 anni da il 1. gennaio
Responsabile	 Cosimo Metastasio	Durata	1 giorno/i
Accordo di servizio		Giorni da generare ...	30 giorno/i
Fornitore	Servizi Antincendio S.p.a.	Attività successiva	1. Gen 2024
Persona di contatto			
Ordine autom... 	I fornitori selezionati non possono ricevere ordini		
 Mostra fornitore			
Vario			
Priorità	 High		
Tipo di ordine di lavoro	Preventive		
Obbligatorio	Si		
Garanzia	Si		
Economia			
Costi previsti	0,00 kr.		
Modelli di lista di verifica			
 Aggiungere  Rimuovi  Attiva/Disattiva richiesto  Alterna la creazione per posizionamento			
Nome	Richiesto	Crea per posizione	
01_Impianti idrici antincendio UNI7...	<input checked="" type="checkbox"/>		

L'ultimo passaggio del processo di gestione informativa ha riguardato la fase modello di lista di controllo.

Questa, ha il compito di monitorare e validare il corretto svolgimento delle attività programmate. Dal modello di lista di controllo, interconnesso alla programmazione delle operazioni, è possibile tracciare tutti gli interventi svolti e stabilire se sono state svolte seguendo le schede di indirizzo delle operazioni.



Per la validazione degli ordini di lavoro, si sono prodotte schede per la registrazione delle attività svolte secondo la seguente struttura:

- Conclusione o avanzamento dell'intervento
- Data dell'intervento
- Tecnici specializzati e incaricati responsabili dell'intervento
- Eventuali sostituzioni o riparazioni necessarie a causa di guasti accidentali durante le operazioni.

Si riportano le schede elaborate seguendo l'ordine degli esempi individuati.

1019 03_Infissi esterni in alluminio_UNI8290_01 controllo annuale

Stato Completato

Operazioni annuali

Nome responsabile

Cosimo Metastasio

Nome Tecnico specializzato

Tecnico 1

Data controllo

19. set 2023

Inserire la data di controllo

Operazioni

Seguire e compilare le operazioni in ogni parte

Controllo guarnizione di tenuta

Ok

Controllo dell'efficacia delle guarnizioni. Controllo dell'adesione delle guarnizioni ai profili di contatto dei telai. Controllo del corretto inserimento nelle proprie sedi delle guarnizioni. Controllo dell'elasticità delle guarnizioni.

Controllo telai fissi

ok

Controllo delle asole di drenaggio e del sistema di drenaggio. Controllo dell'ortogonalità dei telai. Controllo del fissaggio del telaio al vano ed al controtelaio al muro e dei blocchetti di regolazione.

Controllo telai mobili

Ok

Controllo dell'ortogonalità dell'anta e dei cavallotti di unione dei profilati dell'anta.

Controllo stato di salute dei vetri

Ok

Controllare che i vetri siano in perfetto stato e rispondano alle prestazioni di base.

Controllo deposito superficiale

problematiche riscontrate

Richiesta intervento

Controllare la pulizia dell'elemento finestra

Data operazioni

19. set 2023, 21:32

Firma responsabile

Scheda tipo finestra

1023 02_Impianti di climatizzazione Ventilconvettori_UNI8290_01 operazioni mensili

Stato Completato

Operazioni Mensili

Nome responsabile

Cosimo Metastasio

Nome Tecnico specializzato

Tecnico 2

Data controllo

19. set 2023

Inserire la data di controllo

Operazioni

Seguire e compilare le operazioni in ogni parte

Controllo qualità dell'aria

Ok

Controllare la qualità dell'aria ambiente verificando, attraverso le dovute analisi, che sia priva di sostanze inquinante e/o tossiche per la salute degli utenti.

Pulizia bacinelle di raccolta condense

ok

Effettuare una pulizia delle bacinelle di raccolta condense e del relativo scarico utilizzando idonei disinfettanti.

Data operazioni

19. set 2023, 21:01

Firma responsabile

1024 02_Impianti di climatizzazione Ventilconvettori_UNI8290_03 operazioni annuali

Stato Completato

Operazioni annuali

Nome responsabile

Cosimo Metastasio

Nome Tecnico specializzato

Tecnico 2

Data controllo

19. set 2023

Inserire la data di controllo

Operazioni

Seguire e compilare le operazioni in ogni parte

Controllo generale

Ok

Verificare lo stato degli elettroventilatori con particolare riferimento al controllo della rumorosità dei cuscinetti e del senso di rotazione dei motori degli elettroventilatori.

Pulizia pacco alettato

ok

Pulire il pacco alettato utilizzando un getto di aria, acqua o di vapore a bassa pressione avendo cura di proteggere il motore elettrico per evitare danneggiamenti.

Data operazioni

19. set 2023, 21:03

Firma responsabile

Schede tipo
Ventilconvettore

1022 01_Impianti idrici antincendio UNI70 - UNI EN 671_02 Controllo quinquennale



Stato	Completato
Controllo Periodico Quinquennale	
Verificare che l'impianto sia facilmente accessibile, senza ostacoli e che sia adeguatamente segnalato. Verificare che l'impianto non sia danneggiato nei singoli componenti che lo costituiscono e che segua la normativa vigente.	
Nome responsabile	
Cosimo Metastasio	
Nome Tecnico specializzato	
Tecnico 3	
Data controllo	19. set 2023
Inserire la data di controllo	
Operazioni	
Seguire e compilare le operazioni in ogni parte	
Verifica accessibilità impianto	Ok
Verificare che l'idrante/naspo sia facilmente accessibile e senza ostacoli e che sia adeguatamente segnalato.	
Verifica tubazione	ok
La tubazione deve essere srotolata completamente su un piano e sottoposta alla massima pressione di rete	
Verifica lancia erogatrice	ok
Verifica valvola di intercettazione, controllare il corretto funzionamento	
Verifica cassetta	ok
Verifica lo stato della cassetta e allegare foto	
Verifica pressione	ok
Verificare la pressione di flusso come indicato dal libretto dell'elemento in questione	
Data primo controllo	19. set 2023, 20:59
Firma responsabile	

Schede tipo
Idrante antincendio

Nell'ultima fase del processo di gestione informativa è stato previsto il controllo dell'andamento delle attività, visualizzando le schede prodotto e verificando il corretto svolgimento delle operazioni.

La fase ha consentito, inoltre, di verificare l'efficacia delle operazioni di manutenzione, in relazione al funzionamento ed alle prestazioni previste dagli elementi.

Questa attività è connessa alla registrazione di eventuali guasti nel tempo delle attrezzature sottoposte a manutenzione programmata.

Acquisisce e confronta dati standard di funzionamento degli elementi con la possibilità di analizzare tabulati degli oggetti con maggiori problematiche e guasti.

Attraverso l'interconnessione con il processo di monitoraggio, inoltre, avviene l'acquisizione delle informazioni relativamente alle prestazioni degli ambienti e dello stato di salute degli elementi per poter svolgere le attività di simulazione.



Dashboard per il controllo delle operazioni

4.4.3 _ Processo di Monitoraggio - IoT

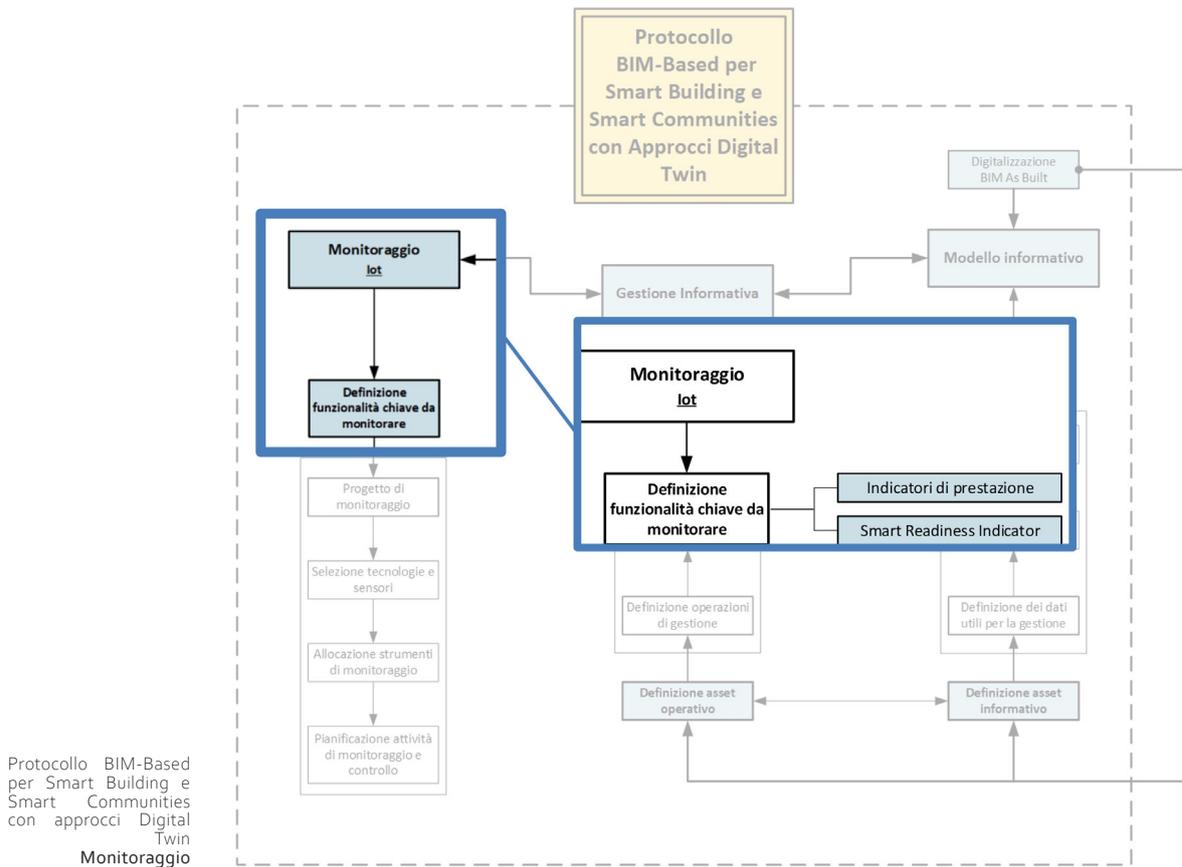
L'avanzamento delle attività di sperimentazione ha considerato l'integrazione speditiva del processo di monitoraggio per l'applicazione dei protocolli al caso studio.

Questo processo risulta essenziale per operare secondo l'approccio Digital Twin poiché consente la connessione bidirezionale tra l'edificio reale e l'edificio virtuale, attraverso la comunicazione e la trasmissione di dati e informazioni relative al comportamento prestazionale in tempo reale.

Per lo sviluppo di tale processo è necessario premettere che non è stato possibile installare nessun dispositivo IoT per il monitoraggio.

La prima fase del processo ha riguardato la definizione di standard qualitativi che l'edificio dovrà mantenere per garantire prestazioni e comfort.

L'operazione si è svolta attraverso l'identificazione degli indicatori chiave di prestazione degli elementi soggetti a gestione e manutenzione, e l'integrazione dello Smart Readiness Indicator (SRI) per la valutazione della prontezza intelligente dell'edificio.



La selezione degli indicatori di prestazione è funzionale al mantenimento dell'opera poiché previene problemi di funzionamento, garantisce il comfort agli utenti e simula comportamenti futuri. Gli indicatori, inoltre, forniscono le informazioni chiave non solo per il mantenimento dell'opera e il funzionamento di ogni singolo elemento ma anche i dati che ne attestano l'utilizzo e l'esigenza dell'utente.

Nel caso degli elementi esaminati, gli indicatori di prestazione sono stati individuati durante il processo di interoperabilità nella produzione del modello informativo e trasferiti, successivamente, nelle schede di definizione dell'asset operativo durante il processo di gestione informativa.

Rappresentano, dunque, misure specifiche sul funzionamento dell'elemento soggetto a monitoraggio e controllo.

Secondo gli elementi soggetti a sperimentazione, gli indicatori di prestazione sono così strutturati:

FIN_01_ASB	
Dati principali	
Classificazione	21-02 20 20 20 Exterior Fixed Windows
Discipline	Architecture
Indicatori di prestazione: - Riscaldamento radiazione solare: 0.86 - Isolamento acustico: Categoria E - Permeabilità all'aria: Classe A2 - Resistenza termica (R): 0.1942 - Tenuta all'acqua: 600Pa * 50min - Trasmittanza termica (U): 6.7018	

Indicatori prestazione
Finestre

HAVC_S2_PT_04	
Dati principali	
Classificazione	21-04 30 50 50 HVAC Air Distribution
Discipline	Ventilation
Indicatori di prestazione: - Temperatura aria ambiente: massimo 20 °C - Umidità dell'aria ambiente 15%-75% - Velocità aria ambiente: 100 mc/h	

Indicatori prestazione
Ventilconvettori

HYD_S2_PT_01	
Dati principali	
Classificazione	21-04 40 30 10 Fire Protection Cabinets
Discipline	Fire Protection
Descrizione Indicatori di prestazione: - Erogazione massima: 3.7 (l/s) - Pressione di flusso: 32000 (MPa)	

Indicatori prestazione
Impianto antincendio

Parallelamente alla selezione degli indicatori è stata considerata l'integrazione dello Smart Readiness Indicator, descritto nello stato dell'arte.

Lo sviluppo e l'applicazione dello SRI, ha avuto come obiettivo la definizione di un approccio metodologico per la valutazione la capacità di apprendimento dell'edificio, nell'ambito della governance innovativa.

L'adozione dello SRI nel quadro dell'ambito tecnico "monitoraggio e controllo", garantirebbe la valutazione dell'impatto che assume l'edificio nell'interconnessione dei processi di interoperabilità, gestione informativa e monitoraggio, per definire la gestione dell'opera.

Nell'applicazione del protocollo al caso studio, l'indicatore è stato simulato per la valutazione dell'incidenza dell'attività di monitoraggio e controllo in funzione al criterio d'impatto "manutenzione e previsione dei guasti".

Come già descritto nello stato dell'arte, seguendo la struttura dello SRI, per ogni ambito tecnico sono stati definiti i servizi disponibili nell'edificio e ne è stato determinato il livello di funzionalità.

Per ogni servizio viene attribuito un punteggio in relazione a ciascuno dei criteri d'impatto considerati nella metodologia.

Nel caso specifico dell'ambito tecnico denominato "monitoraggio e controllo" si sono individuati tre servizi per la valutazione del criterio d'impatto "Manutenzione e previsione dei guasti".



Smart Readiness Indicator

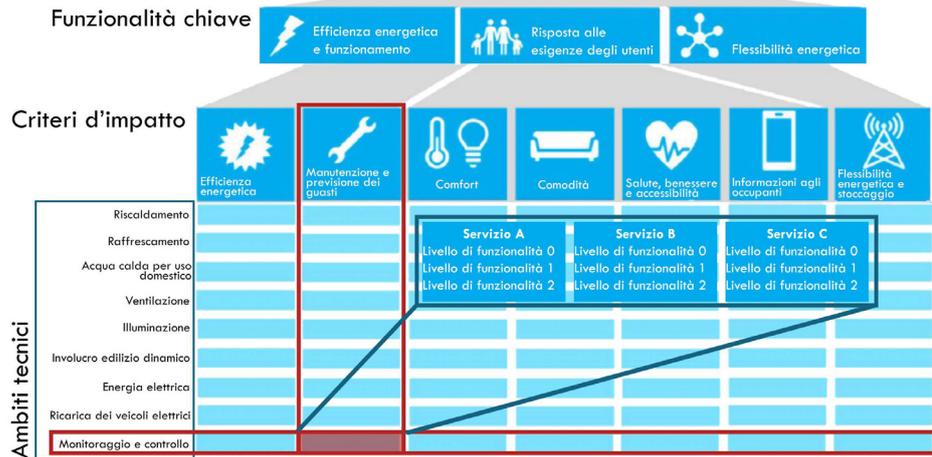


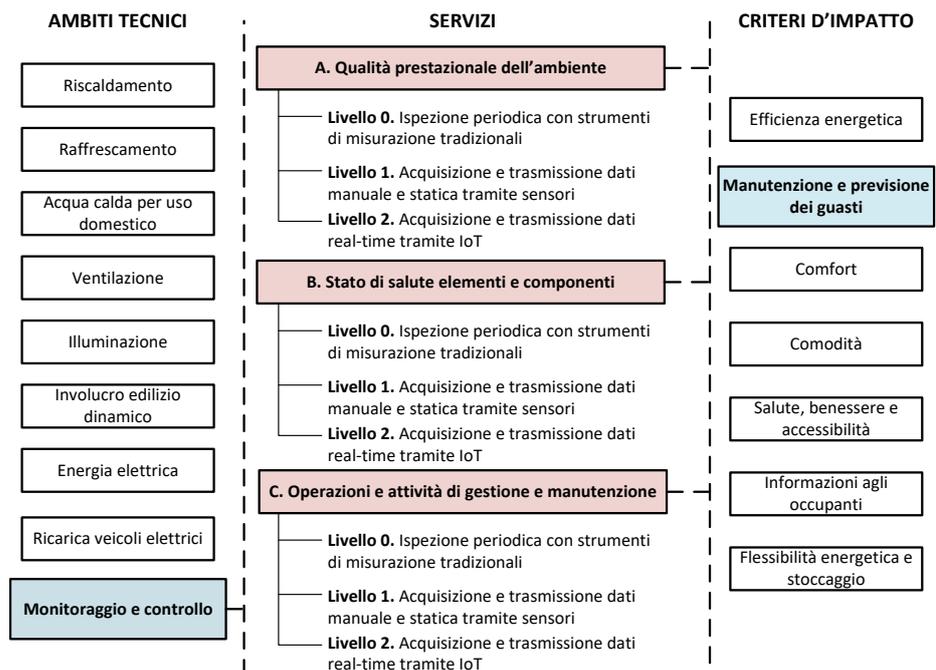
Tabella Smart Readiness Indicator con inquadramento dell'ambito di sperimentazione

I tre servizi sono:

- A Monitoraggio e controllo della qualità prestazionale degli ambienti dell'edificio.
- B Monitoraggio e controllo dello stato di salute degli elementi e dei componenti.
- C Monitoraggio e controllo sull'avanzamento delle operazioni e attività di gestione e manutenzione.

Per la valutazione di ogni servizio si sono individuati i livelli di funzionalità:

- Livello 0. Ispezione periodica con strumenti di misurazione tradizionali
- Livello 1. Acquisizione e trasmissione dati in modalità manuale e statica tramite sensori
- Livello 2. Acquisizione e trasmissione dati in tempo reale (real-time) tramite tecnologie IoT



Struttura Smart Readiness Indicator in funzione alla suddivisione dei livelli di funzionalità

Il passaggio successivo alla definizione degli indicatori riguarda il progetto di monitoraggio, il quale si svolge attraverso la definizione delle tecnologie e degli strumenti chiave.

La ricerca ha considerato l'applicazione di tecnologie IoT per il monitoraggio delle prestazioni dell'opera rispetto alla qualità ambientale degli spazi e seguendo i criteri di funzionamento di ciascun elemento.

Queste fasi del processo sono state ipotizzate nell'ottica di uno scenario futuro della sperimentazione, applicando il protocollo già sperimentato mediante, per il processo in questione, l'individuazione di indicatori chiave di prestazione e l'applicazione dello Smart Readiness Indicator per la valutazione della capacità di apprendimento dell'edificio.

L'utilizzo di tecnologie IoT consente di acquisire i dati riferiti alle prestazioni degli elementi e tracciare eventuali anomalie e poter avviare le corrispondenti operazioni di manutenzione. Attraverso la loro integrazione, è possibile impostare i criteri valutativi per il controllo automatico di avanzamento delle attività e l'avvio delle operazioni di gestione.

La connessione tra gli asset informativi e gli asset operativi monitorati in tempo reale, attraverso IoT, consente, dunque, di gestire i dati dell'edificio e tracciare il comportamento degli occupanti per soddisfare le esigenze e lavorare sul divario tra le prestazioni attese e le misurazioni effettive.

Conclusioni e problemi aperti

L'introduzione di strategie di digitalizzazione nel settore delle costruzioni ha posto come obiettivo l'implementazione di standard e protocolli per rafforzare i concetti di interoperabilità e scambio informativo.

La ricerca dimostra come i protocolli BIM-Based avviano azioni di governance innovativa del patrimonio esistente attraverso la sistematizzazione e l'organizzazione di informazioni e processi appartenenti a tutto il processo edilizio.

La sperimentazione evidenzia criticità sostanziali relative alla raccolta e alla gestione delle informazioni.

Un aspetto critico riguarda l'eterogeneità delle fonti e un sistema di dati disaggregato. Ciò comporta la mancanza di informazioni funzionali per le attività di gestione e manutenzione. Questo può ostacolare le decisioni e limitare l'affidabilità delle operazioni.

Le attività di sperimentazione dei protocolli BIM-Based proposti hanno dimostrato l'importanza dell'implementazione di processi di verifica e controllo per la validazione delle informazioni e delle operazioni.

L'applicazione dei protocolli al caso studio ha fatto emergere, inoltre, la necessità di definire in fase iniziale un corretto flusso di informazioni relativamente a ciascun intervento da svolgere in funzione alle prestazioni da garantire nel tempo.

La digitalizzazione in BIM dell'AsBuilt del patrimonio architettonico attraverso l'uso di formati aperti con la logica dello standard IFC può invece essere una risposta positiva a questo problema.

La visualizzazione e la gestione informativa del modello digitale da parte delle piattaforme collaborative costituiscono un ulteriore aspetto critico.

La sperimentazione ha infatti evidenziato problemi di natura strumentale durante la scrittura e lettura dei file in formato standard IFC.

In questo scenario, risulta necessario richiamare il limite emerso dalla gestione delle infrastrutture tecnologiche per l'integrazione del processo di interoperabilità BIM nell'approccio Digital Twin.

Spesso, l'utilizzo di diverse soluzioni software per il processo di interoperabilità può portare a problemi di incompatibilità se non si svolge un'accurata organizzazione dei dati.

Il passaggio dall'ambiente di produzione del modello informativo BIM alla piattaforma di gestione informativa, potrebbe presentare problemi di visualizzazione e/o perdita di informazioni.

Questo fenomeno, di conseguenza, si traduce spesso in un ritardo nel tempo e un aumento dei costi dell'intero processo di gestione del ciclo di vita dell'opera.

Durante il processo di import/export, è risultato necessario definire gli asset informativi in due ambienti differenti, sia nell'ambiente di modellazione BIM sia nella piattaforma di gestione informativa, posticipando l'organizzazione delle attività di gestione e manutenzione.

In generale, eventuali errori nella modellazione e nella trasmissione dei dati potrebbero compromettere l'efficacia del processo gestionale.

La mancanza di una struttura delle informazioni riferite al progetto di gestione, porta a limitare le strategie di traduzione digitalizzazione ai soli aspetti di configurazione (materiali, classificazione, caratteristiche fisiche), limitando l'organizzazione delle operazioni di manutenzione al "piano di manutenzione".

La situazione descritta porta ad un'attenzione verso la gestione dei documenti anziché l'informazione stessa. Questo significa che, nonostante ci sia la produzione di una grande quantità di informazioni, si presenta il rischio che essi non siano facilmente accessibili o strutturati in modo adeguato a supportare la gestione degli elementi specifici.

Non considerare l'integrazione e la sistematizzazione delle informazioni potrebbe rendere difficile l'acquisizione dei dati utili e contribuire al processo decisionale sulle operazioni di gestione e manutenzione degli edifici.

Il protocollo BIM-Based combina i dati in un processo interconnesso, configurato da un flusso informativo interattivo e definito da un'organizzazione preliminare.

Durante l'attività di sperimentazione è emerso che l'integrazione di tutte le informazioni relative al mantenimento dell'opera all'interno di un ambiente digitale consentono una gestione centralizzata e accessibile.

La strutturazione dei dati e l'organizzazione delle operazioni attraverso interfacce interattive hanno creato un flusso informativo continuo e coerente con le azioni di gestione dell'opera.

Durante l'applicazione dei protocolli al caso studio, inoltre, è risultato necessario definire un unico ambiente di interconnessione tra l'edificio costruito e la replicabilità digitale.

In questo scenario, la gestione dell'opera mediante l'approccio Digital Twin ha evidenziato l'importanza di definire una mirata strategia di digitalizzazione per la sistematizzazione delle informazioni.

Le attività di sperimentazione, nell'ambito dell'interconnessione tra il processo di interoperabilità, il processo di gestione informativa e il processo di monitoraggio ha reso possibile governare tutte le informazioni riferite al processo di gestione.

Il Protocollo BIM-Based per Smart Building e Smart Communities con approcci Digital Twin, mediante la definizione di una struttura articolata e interconnessa, ha consentito di acquisire, visualizzare e trasmettere tutte le informazioni necessarie alle operazioni di manutenzione programmata.

Il collegamento tra le azioni di strutturazione dei dati e l'organizzazione delle operazioni è stato rafforzato dalla connessione bidirezionale delle entità fisiche e digitali. Non solo come processo di rappresentazione digitale ma soprattutto come processo di interscambio informativo per la gestione dell'opera.

L'interconnessione dei processi che caratterizzano l'approccio Digital Twin ha favorito l'interazione e la condivisione tra entità reali e virtuali in base alle operazioni di gestione e manutenzione.

La principale attuazione, dunque, risiede nel collegamento diretto delle azioni di monitoraggio con il modello informativo in un ambiente di gestione informativa.

Attraverso questa operatività, le informazioni sulle operazioni svolte e, in prospettiva futura, sulle prestazioni dell'elemento sottoposto a controllo, possono essere costantemente confrontate con i dati di previsione e gestite all'interno del modello virtuale.

Ciò consentirebbe una gestione costante del carattere prestazionale del lavoro attraverso il controllo dinamico delle operazioni.

Il loro principio fondamentale è l'informazione, che diventa capitale informativo solo quando i dati possono essere acquisiti e scambiati tra edifici, modelli digitali, operatori e utenti, alimentando la possibilità di efficaci trasformazioni del processo edilizio.

Bibliografia

Testi di carattere generale riconducibili all'ambito tematico della Tecnologia dell'Architettura e al Progetto dell'esistente

- _Lauria, M., Azzalin, M. (2023), "Kintsugi Thinking. Manutenzione dell'ambiente costruito nell'era ecologica e digitale", Maggioli Editore, Studi e Progetti.
- _Lauria, M., Azzalin, M., (2021), "Paradigmi", in AGATHÓN, vol. 9, pp. 12-21.
- _Lauria, M., Mussinelli, E., Tucci, F. (2019), "La Produzione del Progetto", Maggioli Editore.
- _Losasso, M. (2019), "Produrre il progetto nell'era digitale", in "La Produzione del Progetto", Maggioli Editore, pp. 213-218.
- _Azzalin, M. (2019), "Per una manutenzione 4.0. Opportunità versus necessità", in "La Produzione del Progetto", Maggioli Editore, pp. 124-130.
- _Losasso, M. (2015), "Rigenerazione urbana: prospettive di innovazione", in TECHNE, vol. 10, pp 4-5.
- _Forlani, M. C. (2013), "I riferimenti e i contenuti per il progetto di riqualificazione, valorizzazione e rigenerazione", in Rigenerare, Riqualificare e Valorizzare l'edilizia sociale, Bieffe s.p.a. Recanati, p. 8.
- _Cattaneo, M. (2012), "Manutenzione, una speranza per il futuro del mondo", F. Angeli, Milano.
- _Azzalin, M. (2007), "Applicabilità del factor method per la valutazione della service life di materiali e componenti nel progetto dell'esistente. Manutenzione e fattore manutentivo", tesi di dottorato.
- _Douglas, J. (2006), "Building adaptation", 2nd edition, London, Elsevier.
- _Talamo, C. (2003), "Glossario Terminologico", in Curcio S. (a cura di) (2003), Lessico del Facility Management. Gestione integrata e manutenzione degli edifici e dei patrimoni immobiliari, Il Sole 24, Milano.
- _Lauria, M. (2002), "I protocolli per l'uso della conoscenza" in Nesi, A. (a cura di), Normativa tecnica locale per il progetto dell'esistente premoderno. Strategie per il controllo tecnico delle azioni di recupero nei centri storici minori della Calabria, pp.188-207, I fini e i mezzi per l'architettura, Gangemi Editore.
- _Molinari C., (2002), Procedimenti e metodi della manutenzione edilizia. La manutenzione come requisito di progetto, Vol. I, Esselibri, Napoli.
- _Sarja, A. (2002), "Integrated Life Cycle Design of Structures", Spon Press, London, pp.24.
- _Talamo, C. (1998), "La manutenzione in edilizia. Le coordinate di una nuova professione", Maggioli, Rimini.
- _Molinari C. (1998) "Introduzione" in Talamo C. La manutenzione in edilizia. Le coordinate di una nuova professione, Maggioli, Rimini
- _Di Battista, V. (1996), "Strumenti per il recupero edilizio – L'attività del Laboratorio per la valutazione di qualità del costruito" in Towards a Qualitative architecture between sustainability and project management, International workshop 17/19 dicembre1996, Reggio Calabria.
- _Molinari, C. (1994), "La manutenzione in edilizia" in AA.VV., Manuale di progettazione edilizia, vol. III, Hoepli, Milano
- _D'Alessandro, M. (a cura di) (1994), "Dalla manutenzione alla manutenibilità", F. Angeli, Milano.
- _Molinari C. (1989) "Manutenzione in edilizia. Nozioni, problemi, prospettive", Franco Angeli, Milano.
- _Piano, R. (1980), "Antico è bello", Edizioni Laterza, Roma-Bari.

Riferimenti bibliografici riferiti agli argomenti relativi a Smart Building, Smart City e Smart Communities

- _Calama-González, C. M., Suárez, R., León-Rodríguez, Á. L. (2022), "Thermal comfort prediction of the existing housing stock in southern Spain Through calibrated and validated parameterized simulation models", in *Energy and Buildings*, vol 254.
- _Alanne, K., Sierla, S. (2022), "An overview of machine learning applications for smart buildings", in *Sustainable Cities and Society*, vol 76.
- _Pavón, R. M., Alberti, M. G., Álvarez, A. A. A., del Rosario Chiyón Carrasco, I. (2021). Use of BIM-FM to transform large conventional public buildings into efficient and smart sustainable buildings, in *Energies*, vol. 14(11), 3127.
- _Azzalin, M., Lauria, M. (2020), "AMaintenanceManagementModel. Upgrading and Experimentation", in XV International Conference on Durability of Building Materials and Components, DBMC 2020, Barcelona, pp. 677-684.
- _Al Dakheel, J., Del Pero, C., Aste, N., Leonforte, F. (2020), "Smart buildings features and Key Performance Indicators: A review", in *Sustainable Cities and Society*, vol 61.
- _Rinaldi, S., Bellagente, P., Ciribini, A., Tagliabue, L. C., Poli, T., Mainini, A. G., Speroni, A., Cadena, J. D. B., Spagnolo, S. L. (2020), "A cognitive-Driven Building Renovation for Improving Energy Efficiency: The experience of the ELISIR Project", in *Electronics*, vol. 9, pp. 1-20.
- _World Green Building Council (2019) "Bringing Embodied Carbon Upfront: Coordinated action for the building and construction sector to tackle embodied carbon, London.
- _Xu, J., Lu, W., Xue, F., Chen, K. (2019), "Cognitive Facility Management: Definition, system architecture, and example scenario", in *Automation in Construction*, vol 107, Article 102922.
- _Märzinger, T., Österreicher, D. (2019). "Supporting the Smart Readiness Indicator—A Methodology to Integrate a Quantitative Assessment of the Load Shifting Potential of Smart Buildings", in *Energies*, vol. 12, no. 10: 1955.
- _Ploennings, J., Ba, A., Barry. (2018), "Materializing the promises of cognitive IoT: How cognitive buildings are shaping the way", in *IEEE Internet Things J*, 5(4), pp. 2367-2374.
- _Silva, B. N., Khan, M., Han, K., (2018), "Towards sustainable smart cities: A review of trends, architectures, components, and open challenges in smart cities", in *Sustainable Cities and Society*, vol 38, pp. 697-713.
- _Omar, O. (2018), "Intelligent building, definitions, factors and evaluation criteria of selection", in *Alexandria Engineering Journal*, vol 57, n. 4, pp. 2903-2910.
- _Faroldi, E. (2018), "Architectural Intelligence", in *TECHNE*, special issue 01, pp. 7-8.
- _Bibri, S. E. (2018), "The IoT for smart sustainable cities of the future: An analytical framework for sensor-based big data applications for environmental sustainability", in *Sustainable Cities and Society*, vol 38, pp. 230-253.
- _Masethe M. A., Masethe H. D., Odunaike S. A. (2017), "Scoping Review of Learning Theories in the 21st Century", in *Proceedings of the World Congress in Engineering and Computer Science*, vol. I, WECS 2017, San Francisco, USA.
- _Pasini, D., Ventura, S. M., Rinaldi, S., Bellagente, P., Flammini, A., Ciribini, A. L. C. (2016), "Exploiting Internet of Things and Building Information Modeling Framework for Management of Cognitive Buildings", in 2016 IEEE International Smart Cities Conference (ISC2), pp. 1-6.
- _Bibri, S. E., Krogstie, J. (2016), On the social shaping dimensions of smart sustainable cities: A study in science, technology, and society, in *Sustainable Cities and Society*, vol. 29, pp. 2019-246.
- _Albino, V., Berardi, U., Dangelico, R. M. (2015), "Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives", in *Journal of Urban Technology*, vol. 22, pp. 3-21.
- _Casini, M. (2014), "Smart Building", in *Smart Building. Involucro2.0*, pp. 14-38, DEI s.r.l. Tipografia del Genio Civile.
- _Lê Q, Nguyen HB, Barnett T. (2012), "Smart Homes for Older People: Positive Aging in a Digital World", in *Future Internet*, 4(2):607-617.
- _Gross, R. (2010), "Psychology: The Science of mind and behaviour, (6th Edition), Hachette UK.
- _Building Intelligent Group LLC (2007), "Hands in Guide, Intelligent Building Dictionary".
- _Himanen, M (2003), "The intelligence of intelligent buildings: the feasibility of the intelligent building concept in office buildings", VTT Technical Research Centre of Finland.
- _Wigginton, M., Harris, J. (2002), "Intelligent Skins", Butterworth-Heinemann, Oxford.
- _Harrison, A., Loe, E., Read, J. (1998), *Intelligent Buildings in South East Asia*.
- _So, A. T., Wong, A. C., Wong K. C. (1999), A new definition of intelligent buildings for Asia, in *Facilities*, vol. 17 (12/13), pp. 495-491.
- _DEGW and Technibank (1992), *The Intelligent Building in Europe*.
- _Intelligent Buildings Institute (1988).

Riferimenti bibliografici riferiti alle tematiche relative ai processi di interoperabilità, processi di monitoraggio, governance informativa del patrimonio edilizio e approccio Digital Twin.

- _Lauria, M., Azzalin, M. (2023), Digital Twin Approach for Maintenance Management, In Arbizzani, E., Cangelli, E., Clemente, C., Cumo, F., Giofrè, F., Giovenale, A.M., Palme, M., Paris, S. (a cura di) Technological Imagination in the Green and Digital Transition, CONF.ITECH 2022, vol. 1, 237-246. The Urban Book Series. Springer, Rome.
- _Huang, X., Liu, Y., Huang, L., Onstein, E., Merschbrock, C. (2023), BIM and IoT data fusion: The process model perspective, *Automation in Construction*, vol. 149.
- _Jia, Y., Hosseini, M. R., Zhang, B., Martek, I., Nikmehr, B., Wang, J. (2022), A scientometric-content analysis of integration of BIM and IoT, in *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, pp. 1-11, IOP Publishing.
- _Daniotti, B., Maserà G., Bolognesi, C. M., Lupica Spagnolo, S., Pavan, A., Iannaccone, G., Signorini, M., Ciuffreda, S., Mirarchi, C., Lucky, M., Cucuzza, M. (2022), The Development of a BIM-Based Interoperable Toolkit for Efficient Renovation in Buildings: From BIM to Digital Twin, in *Buildings*, 12, 231.
- _Albino, V., Ferrara, A. (2022), "La gestione informativa degli appalti BIM - Guida operativa per la digitalizzazione del processo edilizio aggiornata a DM 312/2021 e ISO 19650:2019", Dario Flaccovio Editore s.r.l.
- _Delgado, J. M. D., Oyedele, L. (2021), "Digital Twins for the built environment: learning from conceptual and process models in manufacturing", in *Advanced Engineering Informatics*, vol. 49.
- _Boje, C., Guerriero, A., Kubicki, S., Rezgui, Y. (2020), "Toward a semantic Construction Digital Twin: Directions for Future Research", in *Automation in Construction*, vol. 114.
- _Azzalin, M., Lauria, M. (2020), "Open Innovation per la gestione degli immobili in regime emergenziale e di post emergenza pandemica", in *AGATHÓN*, vol. 8, pp. 210-219.
- _Errandonea, I., Beltrán, S., Arrizabalaga, S. (2020), "Digital Twin for maintenance: A literature review", in *Computers in Industry*, vol. 123.
- _Paparella, R., Zanchetta, C. (2020), BIM & Digitalizzazione del Patrimonio Immobiliare, Società Editrice Esculapio.
- _Castagna, E. (2020), "Sistemi di classificazione per la digitalizzazione del patrimonio immobiliare", in Paparella, R., Zanchetta, C. (a cura di) (2020), BIM & Digitalizzazione del Patrimonio Immobiliare, allegato 2, pp. 1-29, Società Editrice Esculapio, Bologna.
- _Agostinelli, S., Ruperto, F. (2020), *Costruire Digitale. Scenari per un project management 4.0*, Società Editrice Esculapio.
- _Santarius, T., Pohl, J., Lange, S. (2020), "Digitalization and the decoupling debate: Can ICT help to reduce environmental impacts while the economy keeps growing?" in *Sustainability*, vol. 12, pp. 1-20.
- _Alaloul, W.S., Liew, M. S., Zawawi, N. A., Kennedy, I. B. (2020), "Industrial Revolution 4.0 in the construction industry: Challenges and opportunities for stakeholders", in *Ain Shams Engineering Journal*, vol. 11.
- _Atta, N., Talamo, C. (2020), Digital Transformation in Facility Management (FM). IoT and Big Data for Service Innovation, in Daniotti, B., Gianinetto, M., Della Torre, S. (a cura di) *Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment, Research for Development*, Springer.
- _Berger, R. (2020), "Fast forward after the Covid-19 crisis. How supplier can successfully adjust their strategies for the future", Lazard.
- _Daniotti, B., Gianinetto, M., Della Torre, S. (a cura di) (2020), *Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment*, Springer.
- _ARUP (2019), *Arup Digital Twin Report: Towards a Meaningful Framework*.
- _Evans, S., Savian, C., Burns, A., Cooper, C. (2019), *Digital twins for the built environment. An introduction to the opportunities, benefits, challenges and risks*, White paper, Built Environment Institution of Engineering and Technology.
- _Atta, N., Talamo, C. (2019), "Digital Transformation in Facility Management (FM). IoT and Big Data for Service Innovation" in Daniotti, B., Gianinetto, M., Della Torre, S. (eds), *Digital Transformation of the Design, Construction and Management Processes of the Built Environment. Research for Development*. Springer, Cham, pp. 267-278.
- _Liu, J., Zhou, H., Liu, X., Tian, G., Wu, M., Cao, L., Wang, W. (2019), "Dynamic Evaluation Method of Machine Process Planning Based on Digital Twin, in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 19312-19323.
- _Lavikka, R., Kallio, J., Casey, T., Airaksinen, M. (2018), "Digital disruption of the AEC industry: technology-oriented scenarios for possible future development paths", in *Construction Management and Economics*, vol. 36, n. 11.
- _Lee H.J., Kim M. (2018), The Internet of Things in a smart connected world, in *Internet of Things-*

technology, applications and standardization. IntechOpen

_Di Martino, B., Rak, M., Ficco, M., Esposito, A., Maisto, S.A., Nacchia, S. (2018), Internet of things reference architectures, security, and interoperability: A survey, in *Internet of Things*, Vol.1–2, pp. 99-112, ISSN 2542-6605.

_Vatn, J. (2018), "Industry 4.0 and real-time synchronization of operation and maintenance", in *Safety and Reability – Safe Societies in a Changing World*, vol. 1, pp. 681-686.

_Batty, M. (2018), "Digital Twin", in *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, vol. 45, pp. 817-820.

_EUBIM Task Group (2018), "Manuale per l'introduzione del BIM da parte della domanda pubblica in Europa. Un'azione strategica a sostegno della produttività del settore delle costruzioni: un fattore trainante per l'incremento del valore, l'innovazione e la crescita".

_Ferrara, A., Feligioni, E. (2016), *BIM E PROJECT MANAGEMENT*, Dario Flaccovio Editore.

_Messaoudi, T. (2017), Proposition d'une ontologie de domaine dédiée à l'annotation d'images spatialisées pour le suivi de la conservation du patrimoine culturel bâti, *Ecole nationale supérieure d'arts et métiers – ENSAM*.

_Boschert, S., Rosen, R. (2016), "Digital Twin. The Simulation Aspect" in Hehenberger, P., Bradley, D. (a cura di) *Mechatronic Futures Challenges and Solutions for Mechatronic System and their Designer*, Springer Nature.

_Kassem, M., Kelly, G., Dawood, N., Serginson, M., Lockley, S. (2015), BIM in facility management applications: a case study of a large university complex, in *Built Environment Project and Asset Management*, vol. 5(3), pp. 261-277.

_Bibri, S. E. (2015), The shaping of Ambient Intelligence and the Internet of Things: Historico-epistemic, socio-cultural, politico-institutional and eco-environmental dimensions, in Springer-Verlag, Berlin.

_Talamo, C., (2014), "La gestione integrata delle informazioni nei processi manutentivi. Dall'anagrafica degli edifici ai sistemi BIM" in *TECHNE*, vol. 8, pp. 228-240.

_Zanella, A., Bui, N., Castellani, A., Vangelista, L., Zorzi, M. (2014), "Internet of Things for Smart Cities", in *IEEE Internet of Things Journal*, vol 1, issue 1, pp 22-32.

_Lavy, S., Jawadekar, S. (2014), A case of study of using BIM and COBie for Facility Management, *International Journal of Facility Management*, vol 5(2).

_Grieves, M. (2014), "Digital Twin: Manufacturing Excellence Through Virtual Factory Replication, White Paper.

_Grieves, M. (2011), "Virtually Perfect: Driving Innovative and Lean Products through Product Lifecycle Management. Space Coast Press".

_Foster, B. (2011), BIM for facility management: design for maintenance strategy, in *Journal of Building Information Modeling*, Spring, pp.18-19.

_Eastman, C., Teicholz, P., Sacks, R., Liston, K. (2011), *BIM handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Manager, Designer, Engineers and Contractor*, seconda edizione, John Wiley and Sons.

_Uckelmann, D., Harrison, M., Michahelles, F. (2011) *Architecting the internet of things*, in Springer, Berlin.

_Huang, Y., Li, G. (2010), A semantic analysis for Internet of Things, in *Proceeding of the 2010 international conference on intelligent computation technology and automation (ICICTA)*, Changsha, China, pp. 336-339.

_Parida, A. (2006) "Maintenance Performance Measurement system: Application of ICT and e-Maintenance Concepts" in *International Journal of Condition Monitoring and Diagnostic Engineering Management*, vol.9, n.4.

Riferimenti bibliografici riferiti allo scenario normativo internazionale e nazionale.

_CE (2022), Strategic foresight report. Twinning the green and digital transitions in the new geopolitical context.

https://ec.europa.eu/info/strategy/strategic-planning/strategic-foresight_en

_CE (2021), *Industry 5.0 – Towards a sustainable, human-centric and resilient European Industry*, in Publications Office of the European Union.

_CE (2021), *Study on the development of a European Union framework for digital building logbooks. Final Report.*

_Green Deal Europeo, COM(2019) 640 final.

_CE (2020), *Renovation Wave Communication COM 662 Final*, in Publications Office of the European Union.

_PNRR, Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza
_EPBD IV 2023, Case green.
_EPBD 2018/844/UE, Energy Performance Building Directive, Smart Readiness Indicator, modifica la precedente direttiva 2010/31/UE sulla prestazione energetica nell'edilizia.
_CE (2020), Final Report on the technical support to the development of Smart Readiness Indicator for Buildings.
_D.Lgs n.48/2020, attuazione italiana della direttiva 2018/844/UE in materia di efficienza energetica
_ISO/IEC 20924:2018, Internet of Things – Vocabulary.
_UNI EN 15331:2011, Criteri di progettazione, gestione e controllo dei servizi di manutenzione degli immobili.
_UNI EN 13306:2018, Manutenzione - Terminologia di manutenzione
_UNI EN ISO 19650:2019, Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling.
_UNI 11337, Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni.
_UNI EN 17412-1:2020 Livello di fabbisogno informativo – Parte 1: Concetti e Principi
_UNI/PdR 74:2019, Sistema di Gestione BIM.
_EN ISO 16739-1:2020, Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries.
_BS 1192:2007+A2:2016, Collaborative production of architectural, engineering and construction information - Code of practice.
_ISO 15656-4:2014, Building Construction - Service Life Planning - Part 4: Service Life Planning using Building Information Modelling

Allegato

Protocolli BIM-Based per Smart Building e Smart Communities

