

Le 6 tecnologie “game changer” per il settore delle costruzioni

Fabrizio Ferraris – Head of Marketing and Communications Harpaceas

Oggi, il settore delle costruzioni è immerso in un'era di innovazione tecnologica senza precedenti. Tecnologie all'avanguardia, di cui ancora non comprendiamo appieno le implicazioni e gli scopi, stanno trasformando radicalmente l'intero panorama costruttivo. Tuttavia, è chiaro che l'adozione di queste tecnologie potrebbe rappresentare un salto in avanti senza precedenti per questo settore, il più grande che abbia mai visto nella sua storia.

L'utilizzo di queste tecnologie innovative potrebbe avere un impatto positivo su molteplici fronti. In primo luogo, ciò potrebbe portare ad un significativo aumento della produttività. Le nuove tecnologie consentono processi più efficienti e veloci, riducendo i tempi in tutte le fasi della commessa e ottimizzando le risorse impiegate.



Figura 1 - Modello BIM - fonte Trimble

Inoltre, l'implementazione di tecnologie all'avanguardia potrebbe garantire un controllo più efficace per prevenire sprechi e ridurre i costi. Attraverso l'uso di sistemi di monitoraggio avanzati e analisi dei dati in tempo reale, è possibile identificare e correggere inefficienze in modo tempestivo, contribuendo a migliorare la gestione del progetto e a contenere i costi.

Ma le implicazioni positive non si fermano qui. L'adozione di tecnologie innovative crea le condizioni ideali per la realizzazione di edifici e infrastrutture più sostenibili e sicure. Dalle tecniche di costruzione eco-compatibili alla gestione informativa, queste tecnologie offrono soluzioni che favoriscono la sostenibilità ambientale e la sicurezza delle strutture.

In sintesi, l'integrazione di tecnologie innovative nel settore delle costruzioni offre un'enorme opportunità per trasformare radicalmente l'intero processo costruttivo. Se adeguatamente adottate e sfruttate, queste tecnologie hanno il potenziale per portare miglioramenti significativi in termini di produttività, efficienza, sostenibilità e sicurezza, aprendo la strada a un futuro costruttivo più avanzato e promettente.

Nel mondo in continua evoluzione del settore AECO (Architecture, Engineering, Construction and Operation), l'innovazione tecnologica è diventata una forza trainante fondamentale per la trasformazione e il progresso. Ogni anno, emergono nuove tecnologie rivoluzionarie che promettono di cambiare radicalmente il modo in cui progettiamo, costruiamo e gestiamo gli ambienti costruiti.

Nel corso di questo articolo, esploreremo le sei tecnologie più rivoluzionarie per il settore AECO. Ognuna di queste tecnologie offre una portata innovativa senza precedenti, introducendo nuovi paradigmi e soluzioni per le sfide incontrate nel settore. Esamineremo da vicino come funzionano e quali vantaggi portano al processo di progettazione, costruzione e gestione delle strutture.

Attraverso questa analisi approfondita, speriamo di offrire una panoramica esauriente delle tecnologie all'avanguardia che stanno plasmando il futuro del settore AECO e ispirando nuove modalità di pensiero e di lavoro per professionisti e aziende operanti in questo campo dinamico e in continua evoluzione.

Intelligenza artificiale (IA) e Internet Of Things (IoT)

L'intelligenza artificiale (IA) e l'Internet of Things (IoT) stanno rivoluzionando il settore delle costruzioni in modo significativo, contribuendo sia alla sostenibilità degli edifici che alla sicurezza dei lavoratori. Ecco come:



Figura 2 - Cantiere digitale - Fonte Trimble

1. Sostenibilità delle Costruzioni:

- **Monitoraggio e Ottimizzazione dei Consumi:** Grazie all'IoT, è possibile installare sensori intelligenti nei sistemi energetici e nei dispositivi di controllo degli edifici, consentendo il monitoraggio in tempo reale dei consumi energetici, idrici e delle risorse. L'IA può analizzare i dati raccolti per identificare inefficienze e proporre soluzioni per ottimizzare l'uso delle risorse e ridurre gli sprechi.

- **Selezione di Materiali Sostenibili:** Utilizzando l'IA, è possibile analizzare una vasta gamma di dati sui materiali da costruzione per identificare opzioni più sostenibili e a basso impatto ambientale. L'IA può valutare le caratteristiche tecniche, l'efficienza energetica e l'impatto ambientale dei materiali per guidare le decisioni di progettazione e costruzione.
- **Gestione dei Rifiuti:** Attraverso l'IoT e l'IA, è possibile monitorare e gestire in modo più efficiente la produzione di rifiuti durante il processo di costruzione. Sensori IoT possono segnalare i livelli di riempimento dei contenitori di raccolta, mentre l'IA può analizzare i dati per identificare modelli di produzione di rifiuti e proporre strategie per ridurre la quantità e aumentarne il riciclo.



Figura 3 – AI per la sicurezza sul luogo di lavoro - Fonte Binocle Istitute

2. Sicurezza dei Lavoratori:

- **Monitoraggio delle Condizioni Ambientali:** L'IoT consente il monitoraggio in tempo reale delle condizioni ambientali nei cantieri, come temperatura, umidità e livelli di inquinamento. Questi dati possono essere utilizzati dall'IA per identificare situazioni potenzialmente pericolose per la salute dei lavoratori e segnalare tempestivamente rischi di esposizione a sostanze nocive o condizioni ambientali estreme.
- **Sistemi di Allarme e Notifiche:** Utilizzando l'IoT e l'IA, è possibile implementare sistemi di allarme intelligenti che rilevano automaticamente situazioni di pericolo e inviano notifiche ai lavoratori e ai responsabili della sicurezza. Ad esempio, i sensori di movimento possono rilevare la presenza di persone in zone pericolose o inaccessibili e attivare allarmi per avvisare i lavoratori.
- **Formazione e Addestramento:** L'IA può essere utilizzata per sviluppare simulazioni virtuali e programmi di addestramento interattivi per i lavoratori, consentendo loro di praticare procedure di sicurezza in un ambiente virtuale prima di affrontarle sul campo. Ciò contribuisce a migliorare la consapevolezza e le competenze dei lavoratori sulla sicurezza sul lavoro.

In sintesi, l'integrazione dell'intelligenza artificiale e dell'Internet of Things nel settore delle costruzioni offre numerosi vantaggi per la sostenibilità degli edifici e la sicurezza dei lavoratori. Utilizzando queste tecnologie in modo strategico, è possibile migliorare l'efficienza operativa, ridurre l'impatto ambientale e proteggere la salute e la sicurezza dei lavoratori in cantiere.

Il controllo, il monitoraggio e la gestione della sicurezza sul cantiere possono essere facilitati utilizzando dispositivi IoT per la raccolta dei dati e modelli di intelligenza artificiale (AI) integrati in una piattaforma di analisi e automazione. Ad esempio, Koone Construction, una soluzione sviluppata da Binocle e distribuita da Harpaceas in Italia, utilizza immagini per analizzare il

contesto del cantiere e sviluppare strategie preventive di sicurezza tramite modelli AI che identificano i rischi legati alle diverse attività lavorative.



Figura 4 - AI per la sicurezza in cantiere - Fonte Binocle Istitute

Come funziona

L'acquisizione dei dati avviene tramite smartcam HD, simili a processori integrati ad alte prestazioni, consentendo la programmazione da remoto. Questi processori elaborano modelli AI per riconoscere eventi tramite immagini. La connessione avviene tramite cavo POE o elettricità, con possibilità di utilizzare routers con schede SIM per la trasmissione dei dati IoT. I dispositivi possono essere spostati durante lo sviluppo del cantiere tramite strutture semoventi dedicate.

Attraverso l'IA, si possono creare modelli di Machine Learning e Deep Learning per analizzare attività ripetitive. L'integrazione di computer vision, data science e Machine Learning consente di rilevare eventi, analizzare dati e automatizzare processi in modo intelligente. La soluzione identifica in tempo reale situazioni di pericolo, come la distanza uomo-macchina e l'accesso in zone pericolose, oltre a gestire azioni ripetitive in modo efficiente.

Privacy e Archiviazione

La telecamera può archiviare immagini del cantiere per testimoniare lo sviluppo tramite immagini statiche o timelapse. In alternativa, può processare le immagini direttamente senza memorizzazione, rispettando le politiche di anonimato e privacy. Le immagini sono esclusivamente processate tramite GPU, diventando dati senza riferimenti personali. I dati vengono quindi inviati a Docker per essere elaborati su infrastruttura cloud AWS e resi disponibili agli utenti tramite la piattaforma dedicata.

Consultazione e Cruscotti di controllo

La piattaforma di consultazione, un SAS su licenza, offre strumenti di base semplici da interpretare e integrabili con dati provenienti da sensori e dispositivi IoT di terze parti. Consente l'accesso ai dati in forma aggregata o dettagliata per ogni cantiere o dispositivo, garantendo il massimo controllo senza la necessità di personale dedicato. La dashboard fornisce grafici per una facile interpretazione dei dati, consentendo agli operatori economici di prendere azioni correttive per migliorare sicurezza, sostenibilità e produttività durante la fase di lavoro.

Automazioni e Analisi predittive

La raccolta dei dati per le analisi predittive in sicurezza è un vantaggio significativo per la gestione e l'ottimizzazione dei cantieri futuri. L'integrazione dell'IA permette automazioni in tempo reale, generando allarmi o notifiche per intervenire prontamente in situazioni pericolose. Koone Construction è integrabile con altri sistemi e dispositivi, può operare su tecnologia block chain per registrare transazioni e creare contratti

intelligenti per certificare eventi reali. L'introduzione dell'IA nelle costruzioni migliora la sicurezza dei lavoratori, ottimizza il management attraverso analisi dati più approfondite e digitalizza processi complessi.

Digitalizzazione dei prodotti per le costruzioni

Il settore delle costruzioni europee sta affrontando un importante cambiamento di rotta con gli aggiornamenti normativi mirati ai materiali da costruzione, ponendo una forte enfasi sull'innovazione e la sostenibilità. Il regolamento CPR (Construction Product Regulation), attualmente in fase di aggiornamento, ha introdotto linee guida specifiche per i materiali da costruzione, concentrandosi sull'ecosostenibilità e sull'innovazione all'interno dell'industria.

Tra le iniziative importanti vi è la divulgazione delle performance ambientali dei materiali, l'implementazione del passaporto digitale per i prodotti da costruzione e la standardizzazione dei dati comuni con l'intento di migliorare la trasparenza e incoraggiare la responsabilità ambientale lungo l'intera catena di approvvigionamento.

Dopo la direttiva EPBD (Energy Performance of Buildings Directive), denominata comunemente "Case Green", con il CPR sui prodotti da costruzione, il Parlamento Europeo compie un significativo passo avanti verso la sostenibilità e l'innovazione nel settore edilizio.

Inoltre, il regolamento favorisce l'innovazione promuovendo la digitalizzazione nel settore delle costruzioni, semplificando l'accesso alle informazioni sui materiali da costruzione e incrementando l'efficienza complessiva del settore.

L'introduzione di un passaporto digitale per i prodotti da costruzione e la standardizzazione dei dati comuni a mezzo di schede digitali di prodotto, insieme alle norme sull'Acquisizione Pubblica Verde, contribuiranno a promuovere standard minimi di sostenibilità ambientale negli acquisti pubblici (procurement) e a favorire la scelta di prodotti a ridotto impatto ambientale.

Prodotto dalla casa madre norvegese omonima, Cobuilder è un software progettato per ottimizzare la gestione delle informazioni e dei dati all'interno della Supply Chain, rispondendo alle indicazioni del nuovo CPR mediante l'implementazione di soluzioni per la gestione dei dati basati su standard internazionali.

Le competenze nella gestione dei dati dei prodotti sono il frutto di una ricerca approfondita su standard tecnici armonizzati e sistemi di classificazione europei e internazionali già utilizzati nel settore. L'obiettivo è offrire a tutti gli stakeholder una piattaforma che sfrutti dati di prodotto strutturati e conformi agli standard per soddisfare le loro specifiche esigenze.

Cobuilder rappresenta un modo intelligente per integrare sinergicamente i dati in tutte le fasi della costruzione ed è particolarmente adatto a committenti, architetti, ingegneri, produttori e fornitori.

Il software è composto da quattro piattaforme principali funzionali una all'altra:

- “Define” è la piattaforma che consente di creare, gestire e condividere dizionari di dati interconnessi contenenti modelli e proprietà di dati standardizzati. Utilizzando Define è possibile creare modelli di dati standardizzati per migliorare la condivisione delle informazioni e il processo decisionale sia all’interno della propria organizzazione che tra progetti e organizzazioni differenti. Ciò si ottiene applicando tutti gli standard BIM internazionali, sviluppati per soddisfare la necessità di una migliore qualità, governance e interoperabilità dei dati. La libreria di “Construction Object” (entità digitali per le costruzioni) e i relativi modelli di dati (Data Template) consentono di standardizzare le informazioni e di ottenere la digitalizzazione con un linguaggio digitale comune e machine-readable.
- Cobuilder “Supply” è dedicata agli attori della supply chain. Attraverso questa suite, i produttori possono acquisire facilmente i propri dati da diverse fonti e organizzarli in modo coerente utilizzando modelli di dati standardizzati (DT - Data Template). I Data Template di Cobuilder integrano i requisiti dei dati di prodotto provenienti dalla legislazione europea, dai regolamenti nazionali, dagli standard europei e nazionali, dagli standard ISO e dai requisiti ambientali di mercato come il rating system BREEAM.
- Cobuilder “Link” è la piattaforma di gestione dei requisiti informativi di commessa che si integra perfettamente con la metodologia BIM per migliorare la comunicazione tra le parti interessate, riducendo le decisioni sbagliate e le inefficienze nei progetti di costruzione. Utilizzando il Data Dictionary di Define, Cobuilder Link supporta i processi BIM collaborativi in tutte le fasi di progetto, rendendo la pianificazione, la consegna e in generale le operazioni più semplici per tutti i soggetti coinvolti. Link consente di creare, modificare e condividere i requisiti informativi con le parti interessate in un unico sistema comune. I requisiti informativi sono raggruppati per Oggetto, Milestone, Scopo e Attore in accordo al concetto di Livello di Fabbisogno Informativo (Level of Information Need). La piattaforma, inoltre, si integra perfettamente nei processi digitali arricchendo i modelli IFC dello stato di progetto ed esportando i requisiti del capitolato informativo nel formato interoperabile IDS (Information Delivery Specification) per le successive attività di validazione e controllo dei modelli.



Figura 5 – Link collega i requisiti informativi di commessa con il BIM - Fonte coBuilder

- Cobuilder “Collaborate”, è rivolto alle imprese di costruzione e gestione, offre un insieme di strumenti software che facilitano lo scambio di dati di prodotto con la supply chain. Questa suite permette di impostare e comunicare con i propri fornitori i dati e documenti necessari. Cobuilder Collaborate è stato sviluppato per raccogliere informazioni sui prodotti "as-built" durante tutte le fasi del processo di costruzione. La soluzione consente di collaborare e scambiare facilmente dati e documentazione sui prodotti tra i partecipanti al progetto. È sufficiente creare un progetto digitale e invitare i fornitori. I prodotti e tutta la documentazione pertinente vengono automaticamente consegnati al progetto al momento dell'acquisto e verificati rispetto ai requisiti del progetto. Cobuilder Collaborate identifica le possibili deviazioni, in modo da poter richiedere facilmente i dati mancanti.

In conclusione, riassumendo le tecnologie illustrate nel presente articolo possiamo evidenziare:

1. **Intelligenza Artificiale (IA) e Internet of Things (IoT)**: queste tecnologie permettono la raccolta e l'analisi di dati in tempo reale per ottimizzare processi e decisioni.
2. **Tecnologie "Field"**: strumenti e dispositivi mobili che migliorano la comunicazione e l'efficienza sul campo durante la fase costruttiva.
3. **Digital Twin**: creazione di modelli digitali di edifici e infrastrutture per simulazioni e monitoraggi accurati.
4. **Blockchain**: tecnologia per la gestione sicura di transazioni e informazioni nel settore delle costruzioni.
5. **Mixed e Augmented Reality**: applicazioni per la visualizzazione e la progettazione immersiva di progetti edilizi.
6. **Digitalizzazione dei prodotti per le costruzioni**: utilizzo di tecnologie digitali per la progettazione, produzione e gestione dei materiali edili.

Tecnologie “Field”

Le "Tecnologie Field" nell'ambito del mercato delle costruzioni si riferiscono a una serie di strumenti e soluzioni tecnologiche progettate per ottimizzare e migliorare i processi operativi sul campo, come la gestione delle risorse, la comunicazione, il monitoraggio delle attività e la raccolta dei dati. Queste tecnologie sono considerate innovative perché integrano strumenti digitali e software avanzati per rendere più efficienti le attività quotidiane sul campo di lavoro.



Figura 6 - Digitalizzazione del cantiere - Fonte Trimble

Alcuni esempi di tecnologie field nel settore delle costruzioni includono:

1. **Software di Gestione del Cantiere:** Questi software consentono la gestione di tutti gli aspetti operativi di un cantiere, tra cui la pianificazione delle attività, la gestione delle risorse umane e materiali, il monitoraggio del progresso e la gestione della sicurezza. Possono anche includere funzionalità di comunicazione in tempo reale e di generazione di report.
2. **App per Dispositivi Mobili:** Applicazioni progettate per dispositivi mobili che consentono ai lavoratori sul campo di accedere a informazioni cruciali, comunicare con il team, registrare e condividere dati, prendere note e scattare foto, e altro ancora. Queste app migliorano la connettività e l'efficienza sul campo.
3. **Dispositivi Indossabili (Wearable Devices):** Tecnologie come smartwatch, occhiali intelligenti o dispositivi indossabili specializzati, progettati per i lavoratori sul campo. Questi dispositivi possono fornire accesso rapido a informazioni, monitorare la salute e la sicurezza dei lavoratori e migliorare la comunicazione e la collaborazione.
4. **Droni (UAV - Unmanned Aerial Vehicles):** I droni vengono utilizzati per raccogliere dati visivi e geospaziali dai cantieri, consentendo la mappatura 3D, l'ispezione remota, il monitoraggio del progresso e la gestione delle risorse.

I vantaggi derivanti dall'utilizzo delle tecnologie field nel settore delle costruzioni includono:

- Maggiore efficienza operativa e riduzione dei tempi di lavoro;
- Migliore gestione delle risorse, con conseguente ottimizzazione dei costi;
- Migliore comunicazione e coordinamento tra il team sul campo e il personale in ufficio;
- Maggiore sicurezza sul lavoro attraverso la raccolta e l'analisi dei dati sulla sicurezza;
- Migliore qualità del lavoro grazie alla possibilità di monitorare da vicino il progresso e rilevare eventuali errori precocemente.

StreamBIM, ad esempio, è una piattaforma avanzata che rivoluziona la gestione dei progetti nel settore delle costruzioni. Funge sia da applicazione field che da piattaforma di collaborazione, mettendo a disposizione dei professionisti del settore una vasta gamma di strumenti per migliorare l'efficienza e la comunicazione sul cantiere.



Figura 7 - Modelli BIM condivisi e fruibili da dispositivi mobili - Fonte Harpaceas

Permette un facile accesso ai file di progetto e ai modelli BIM attraverso dispositivi mobili, consentendo ai membri del team di visualizzare e annotare i modelli in tempo reale. Inoltre, offre la possibilità di caricare e visualizzare documenti in diversi formati, come file DWG e PDF, facilitando la pianificazione e la gestione delle attività in cantiere.

La piattaforma integra anche funzionalità di chat che consentono ai membri del team di comunicare rapidamente e condividere informazioni importanti direttamente sul campo. Questo facilita la risoluzione tempestiva di problemi e la collaborazione tra i membri del team. Un altro punto di forza di StreamBIM è la sua capacità di integrarsi con altri software BIM, come dRofus e Solibri, che consentono una gestione più efficace delle attività e la correzione tempestiva degli errori nel modello. Questo assicura una migliore qualità del lavoro e una maggiore efficienza operativa. Inoltre, StreamBIM offre una completa gestione documentale, con la possibilità di creare cartelle e tag per una ricerca più rapida dei documenti. La sincronizzazione con SharePoint garantisce la disponibilità immediata dei documenti su tutti i dispositivi.

StreamBIM supporta anche strumenti di realtà virtuale, come VREX, che consentono una visualizzazione immersiva dei modelli 3D, facilitando la comprensione e la valutazione dei progetti da parte dei membri del team.

Utilizzando StreamBIM, i professionisti del settore delle costruzioni possono migliorare la comunicazione e la collaborazione sul campo, monitorare il progresso del progetto in modo più efficiente e prendere decisioni informate grazie all'accesso immediato ai dati e ai modelli 3D. Queste funzionalità lo rendono certamente una tecnologia field che mira a ottimizzare i processi operativi e migliorare le prestazioni nei progetti di costruzione.

Digital Twin

Il concetto di Digital Twin si riferisce alla rappresentazione digitale di un oggetto del mondo reale; come sua controparte digitale, deve essere capace di restituire in un ambiente virtuale una vasta gamma di informazioni e dati relativi all'oggetto reale.

I Digital Twin, essendo modelli virtuali di un asset fisico, presentano similitudini con il Building Information Modeling (BIM), ampiamente utilizzato dagli operatori del settore delle costruzioni da diversi anni. Tuttavia, mentre un modello BIM conserva, fornisce e gestisce principalmente dati statici, il Digital Twin si connette a sensori per fornire dati in tempo reale. Questi dati possono essere sfruttati dai responsabili della costruzione (progettisti o clienti) per monitorare l'opera.



Figura 8 - Digital Twin Stazione Centrale di Milano - Fonte Lock Lab - Harpaceas

Un modello digitale amplifica notevolmente le capacità descrittive offerte dall'uso dei modelli BIM. Questa tecnologia permette l'utilizzo di strumenti innovativi per la raccolta e l'archiviazione di dati in tempo reale, consentendo analisi dettagliate e indicazioni precise per creare una rappresentazione digitale fedele di un oggetto fisico.

Il Digital Twin apre nuove frontiere nel monitoraggio e nell'analisi, migliorando l'efficienza e l'efficacia nella gestione di edifici e infrastrutture. Queste tecnologie includono l'Internet of Things (IoT), l'Intelligenza Artificiale (AI), l'Extended Reality (XR) e il Cloud. A seconda del contesto applicativo, un Digital Twin può impiegare in modo più o meno approfondito una o più di queste tecnologie.

Si tratta di una tecnologia estremamente potente in quanto consente la completa digitalizzazione e gestione di dati e documenti, creando una sinergia completa tra oggetti fisici e virtuali. I Digital Twin intelligenti e ingegnerizzati possono servire come cruscotto di monitoraggio dello stato di salute di

un'opera, consentendo un'analisi efficace sugli interventi di miglioramento. Inoltre, facilitano il coinvolgimento di tutti i team di lavoro tramite interfacce interattive.

L'utilizzo di digital twin consente un supporto più mirato agli investimenti, consentendo la virtualizzazione di interventi progettuali mirati al ripristino delle capacità strutturali di un bene esistente. Questa tecnologia è essenziale per una pianificazione e gestione progettuale più informata, precisa e reattiva alle varie esigenze.

Ad esempio, è possibile realizzare un digital twin di un'infrastruttura come un ponte al fine del suo monitoraggio nel tempo. Harpaceas, ha sviluppato un proprio asset viewer che, se utilizzato con il digital twin di un ponte, soddisfa una serie di requisiti determinanti. In particolare, offre la visualizzazione di modelli digitali provenienti da varie fonti, quali fotogrammetria, modelli geometrici tridimensionali, modelli BIM, insieme a sezioni solide interattive, tutti arricchiti da associazioni di attributi diversi. Tramite il digital twin si possono integrare le informazioni relative ai sensori installati sull'infrastruttura, rappresentabili tramite oggetti inseriti in file specifici IFC o DWG. La consultazione dei dati avviene tramite un'apposita interfaccia di visualizzazione, consentendo inoltre una rappresentazione dettagliata e scalabile degli indicatori di salute strutturale, sia cromaticamente che numericamente.

Il digital twin evolve nel tempo grazie alla raccolta di dati provenienti da varie fonti e attività. Tra queste, si includono valutazioni sulla qualità degli elementi individuali e delle componenti strutturali complessive, oltre alla visualizzazione dettagliata dei difetti individuati durante ispezioni specifiche. Il sistema offre inoltre la possibilità di visualizzare il contesto e la localizzazione di fenomeni quali frane o situazioni idrogeologiche che possano interferire con la struttura stessa.



Figura 9 - Finalità di un digital twin - Fonte Harpaceas

Un altro esempio curato da Harpaceas, per H2Energy, è la realizzazione del digital twin di un impianto di produzione di diidrogeno (H₂), ospitato in un container da 45". Particolarmente

rilevante è il digital twin della parte elettrica, contenuta in un container da 20", il quale prende spunto dai modelli 3D forniti dalla committenza e dalla documentazione visuale raccolta.

La creazione del digital twin è stata articolata attraverso varie fasi, inclusa l'ottimizzazione del modello 3D per la visualizzazione interattiva, l'accurato confronto con i materiali visivi reali per adeguamenti mirati e l'assegnazione di materiali e texture appropriate. Per garantire una fruizione più coinvolgente, il modello è stato posizionato in un ambiente simulato, simulando un contesto di capannone fittizio per evitare effetti di galleggiamento dei componenti. All'interno del digital twin sono inoltre stati inseriti oggetti interattivi cliccabili per accedere a descrizioni dettagliate. Questi pop-up informativi saranno personalizzabili e potranno identificare oggetti e fornire le relative informazioni.

Il digital twin finale è accessibile tramite un applicativo dedicato che consente una navigazione in tempo reale, offrendo un'esperienza immersiva e interattiva della rappresentazione digitale dell'impianto.



Figura 5 - Digital Twin di un impianto- Fonte H2Energy

Blockchain

La tecnologia blockchain ha rivoluzionato il mondo delle transazioni digitali offrendo una forma innovativa e sicura di archiviare dati e gestire le transazioni. Nata nel 2008 con l'introduzione di Bitcoin da parte di un individuo o gruppo noto con lo pseudonimo di Satoshi Nakamoto, la blockchain è essenzialmente un registro digitale pubblico di transazioni crittograficamente sicuro e

decentralizzato. Questo registro trasparente e immutabile ha risolto la sfida della fiducia in un ambiente digitale consentendo transazioni sicure senza intermediazioni. Oltre alla sua applicazione originaria nell'ambito delle criptovalute, la blockchain trova impiego in svariati settori, tra cui la finanza, la logistica, la sanità e la gestione delle catene di approvvigionamento, per garantire trasparenza, sicurezza e fiducia nelle operazioni.

La diffusione della tecnologia blockchain nell'industria delle costruzioni incontra attualmente diverse sfide che richiedono soluzioni specifiche per garantirne un'implementazione efficace. Tra le principali criticità emerse si evidenziano:

- **Complessità del Settore:** Il campo delle costruzioni è notoriamente intricato, coinvolgendo diverse parti interessate come progettisti, imprese edili e fornitori in un'articolata catena di fornitura. Questa complessità rende necessaria una stretta collaborazione per l'introduzione con successo della tecnologia blockchain.
- **Resistenza al Cambiamento:** L'industria delle costruzioni mostra una certa riluttanza nell'abbandonare le procedure consolidate, rivelando un'innata resistenza all'innovazione, compresa l'adozione della blockchain.
- **Normative e Regolamenti:** Le molteplici regolamentazioni locali e globali complicano l'adozione su larga scala della blockchain, richiedendo un'attenta gestione per assicurarne la conformità alle leggi vigenti.
- **Investimenti e Risorse:** L'attuazione della blockchain richiede investimenti iniziali notevoli, impegno tecnico e tempo. Questi costi iniziali, assieme alla necessità di competenze specifiche, possono scoraggiare alcune imprese dall'adottare la tecnologia senza una chiara comprensione dei benefici potenziali.
- **Novità Concettuale e Tecnologica:** La blockchain rappresenta una novità concettuale e tecnologica per molti operatori del settore delle costruzioni, rendendone l'adozione e l'applicazione efficace una sfida culturale e operativa.

Nonostante queste sfide, si evidenziano segnali positivi con progetti pilota e iniziative che testano l'applicazione della blockchain nell'industria delle costruzioni. Questi progetti esplorano come la tecnologia possa migliorare aspetti chiave come la trasparenza, la tracciabilità dei materiali e la gestione documentale all'interno del settore.

Nel contesto della gestione digitale e dell'attuazione pratica di progetti, emergono potenzialità e opportunità offerte dal corretto utilizzo della blockchain, promuovendo efficienza, sicurezza e trasparenza nei processi costruttivi.

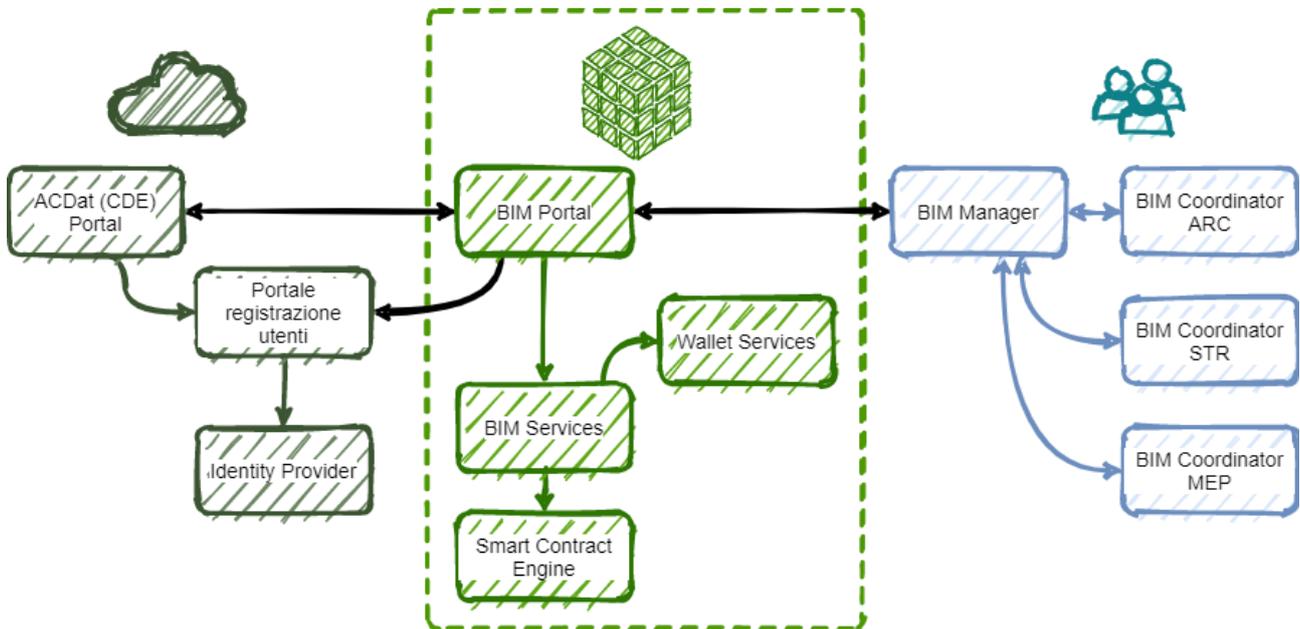


Figura 6 - Schema di Block Chain - Fonte InnovationChain

I primi utilizzi della tecnologia blockchain nel settore delle costruzioni hanno dimostrato il potenziale di questa innovazione nel migliorare l'efficienza, la trasparenza e la sicurezza delle operazioni. Alcuni esempi iniziali di applicazioni della blockchain nel settore delle costruzioni includono:

- **Tracciabilità e Autenticità dei Materiali:** La blockchain viene impiegata per tracciare l'origine e il percorso dei materiali utilizzati nella costruzione, assicurando la conformità alle normative e garantendo la qualità e l'autenticità dei materiali.
- **Gestione delle Risorse e Sprechi:** Attraverso l'uso della blockchain, è possibile monitorare l'uso delle risorse durante le fasi di costruzione, riducendo gli sprechi e ottimizzando la gestione delle risorse, contribuendo così alla sostenibilità del progetto.
- **Documentazione Condivisa e Sicura:** La blockchain consente una documentazione condivisa e sicura tra le varie parti coinvolte nei progetti edili, garantendo l'accesso alle informazioni in modo trasparente e proteggendo i documenti di rilevanza.
- **Smart Contracts per Pagamenti e Contratti:** Grazie agli smart contracts basati su blockchain, i pagamenti e i contratti tra le diverse parti coinvolte possono essere automatizzati e garantiti, riducendo il rischio di controversie e ritardi nei pagamenti.
- **Sicurezza e Controllo degli Accessi:** La blockchain può essere impiegata per garantire un accesso controllato alle risorse nei cantieri edili, migliorando la sicurezza mediante un sistema di accesso autorizzato e verificato.
- **Monitoraggio dell'impatto Ambientale:** La tecnologia blockchain può essere utilizzata per monitorare l'impatto ambientale delle operazioni edili, rilevando e riducendo le emissioni di carbonio e promuovendo la sostenibilità ambientale.

Questi primi esempi di utilizzo della blockchain nel settore delle costruzioni dimostrano il suo potenziale nel promuovere una gestione efficiente, trasparente e sostenibile dei progetti e delle risorse nel campo edile.

In questo contesto nasce anche InnovationChain, startup innovativa costituita da Harpaceas e RiseUp, spin-off dell'Università di Ferrara. Il progetto di impresa di InnovationChain prevede la realizzazione di piattaforme digitali BIM-blockchain, integrate con "Common Data Environment" o "ACDat" (pubblici e di mercato) per supportare l'evoluzione dei processi di filiera "Build & Construction" verso modelli ad elevato grado di automazione e "notarizzazione" dei workflow, allo scopo di aumentarne la produttività e garantirne l'integrità.

In tal senso InnovationChain, anche grazie al contributo di RaiseUp e Harpaceas, si candida come uno degli attori leader di mercato per le soluzioni ed i servizi a supporto dei processi di valorizzazione del patrimonio immobiliare, attraverso l'utilizzo di tecnologie BIM-blockchain e l'applicazione di modelli di rigenerazione del costruito.

In conclusione, l'adozione sapiente della blockchain nel settore edile può rappresentare una risorsa strategica per superare le sfide e migliorare l'efficacia dei processi, promuovendo una gestione dei dati più efficiente, trasparente e sicura nell'ambito delle costruzioni.

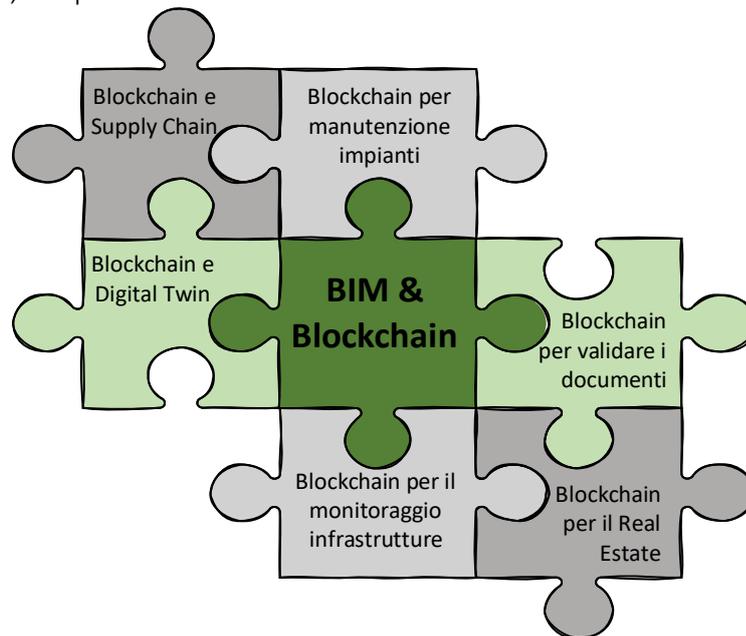


Figura 7 - Ambiti di applicazione della Blockchain afferenti il BIM - Fonte InnovationChain

Mixed e Augmented Reality

La realtà mista (MR) e la realtà aumentata (AR) stanno rivoluzionando il settore delle costruzioni, offrendo nuove opportunità per migliorare l'efficienza, la precisione e la sicurezza nei progetti edilizi. Queste tecnologie consentono di sovrapporre informazioni digitali al mondo fisico, offrendo

agli operatori e ai progettisti un'esperienza immersiva e interattiva. L'impiego di MR e AR nel settore delle costruzioni presenta numerosi vantaggi, sia in fase di progettazione che di costruzione e manutenzione.

Innanzitutto, la MR e l'AR consentono ai progettisti di visualizzare modelli tridimensionali dei progetti direttamente sul sito di costruzione, consentendo una migliore comprensione dello spazio e delle relazioni tra gli elementi. Questo riduce gli errori di progettazione e permette di individuare eventuali problemi prima che diventino costosi da correggere.

Durante la fase di costruzione, l'utilizzo di dispositivi AR come occhiali intelligenti consente agli operai di visualizzare istruzioni dettagliate e informazioni sui materiali direttamente sul campo di lavoro. Ciò aumenta la precisione e riduce il tempo necessario per completare le attività, migliorando così l'efficienza complessiva del cantiere.



Figura 8 - Mixed Reality in cantiere - Fonte Harpaceas

Un altro ambito in cui la MR e l'AR sono particolarmente utili è la formazione del personale. Attraverso simulazioni virtuali, gli operatori possono essere addestrati su complesse procedure di lavoro o sui macchinari, senza il rischio di danni alle attrezzature o pericoli sul posto di lavoro. Questo migliora la sicurezza e riduce il tempo di formazione.

Inoltre, durante la manutenzione e la gestione degli edifici, la MR e l'AR consentono agli addetti di visualizzare informazioni dettagliate sui componenti strutturali o sui sistemi meccanici, facilitando l'individuazione di problemi e semplificando le operazioni di manutenzione preventiva.

Gli ambiti in cui l'utilizzo di MR e AR è più utile nel settore delle costruzioni sono diversi. Ad esempio, nella progettazione architettonica, nella pianificazione degli impianti e nella costruzione di infrastrutture complesse come ponti. Anche in settori come l'edilizia residenziale e commerciale, dove la precisione e la tempestività sono fondamentali, le tecnologie di MR e AR offrono notevoli vantaggi.

In conclusione, l'impiego di realtà mista e aumentata nel settore delle costruzioni offre numerosi vantaggi operativi, tra cui una migliore comprensione del progetto, maggiore precisione e sicurezza, riduzione dei tempi di lavoro e miglioramento della gestione e manutenzione degli edifici. Queste tecnologie stanno rapidamente diventando essenziali per affrontare le sfide del settore delle costruzioni nel XXI secolo.

L'evoluzione della tecnologia ha introdotto nuovi strumenti che stanno rivoluzionando radicalmente il settore delle costruzioni. Tra questi, le tecnologie di Mixed Reality (MR) e Augmented Reality (AR) stanno emergendo come fondamentali per migliorare l'efficienza, la precisione e la sicurezza nei progetti edilizi.

La tecnologia MR consente di visualizzare in modo immersivo l'opera già dalle sue prime fasi, direttamente sul luogo di costruzione. Questo permette di anticipare le decisioni sulle scelte progettuali e costruttive in modo condiviso, operando anche in team distanti tra loro. Si riducono così errori e sprechi di materiale, adottando il concetto di mockup virtuale e aprendoci alla possibilità di valutare alternative progettuali a minor impatto, sia ambientale che economico, sul progetto.

Inoltre, il modello digitale ottimizza le attività di gestione e manutenzione dell'asset, arricchendo la percezione sensoriale umana mediante la sovrapposizione di dati e contenuti digitali direttamente sul campo visivo dell'operatore. Questo permette di monitorare in tempo reale la produttività di un impianto e il suo rendimento, ma anche di anticiparne un pericolo improvviso.

Un tema di attualità cruciale è quello della sicurezza sul lavoro, in cui le tecnologie MR, unite ai sistemi IoT e all'intelligenza artificiale, offrono un grande aiuto per la mitigazione del rischio in contesti lavorativi pericolosi come i cantieri.

Un dispositivo, come ad esempio Trimble XR10 con HoloLens 2, proposto dalla multinazionale statunitense Trimble Inc, può considerarsi tra le tecnologie più avanzate di Mixed Reality disponibili sul mercato per il settore delle costruzioni. È una soluzione che trova ampio utilizzo in tutto il mondo con evidenti benefici per gli operatori del settore. Grazie alla partnership con Microsoft HoloLens, si ha accesso a una vasta gamma di mercati oltre a quelli tradizionalmente legati alla geomatica.



Figura 9 - Trimble XR10 con HoloLens 2 - Fonte Trimble

Trimble XR10 con HoloLens 2 è completamente autonomo grazie a Windows 10 PC ed è certificato EN 397:2012 + A1:2012 per la protezione elettrica e da impatto. Il suo campo visivo di 43° garantisce un'esperienza di Mixed Reality ottimale. Incorpora un sensore del rilevamento oculare e della mano per la calibrazione automatica e l'interazione, facilitando l'uso con menu ed ologrammi. Dispone di cinque microfoni e una cuffia a conduzione ossea per una chiara comunicazione bidirezionale in ambienti rumorosi. La sua visiera ribaltabile migliora la vestibilità. Trimble XR10 con HoloLens 2 risponde alle necessità di general contractor, imprese di costruzioni o subcontractor. Le attività eseguibili sono molteplici:

- Coordinamento del modello
- Pre-costruzione
- Formazione
- Sequenze di costruzione
- Gestione attività 3D
- Verifica di installazione

Per il mondo delle costruzioni, è sempre più importante poter gestire il cantiere in modo smart e data-driven, favorendo la collaborazione e la comunicazione tra gli operatori. Trimble Connect AR è una app di Augmented Reality che permette di accedere facilmente e rapidamente ai modelli BIM direttamente in cantiere o in stabilimento, compatibile con tablet e smartphone e i sistemi operativi Android e iOS.

Grazie a Trimble Connect AR, gli operatori possono impiegare al meglio la Realtà Aumentata, utilizzando i modelli BIM per ottimizzare i processi nelle fasi di produzione e rendere più intuitive e collaborative situazioni complesse come le revisioni del progetto, la risoluzione dei problemi e la gestione della sicurezza.

In conclusione, l'adozione di tecnologie MR e AR nel settore delle costruzioni sta rivoluzionando il modo in cui progettiamo, costruiamo e gestiamo le infrastrutture. Queste soluzioni avanzate stanno migliorando l'efficienza, riducendo gli errori e aumentando la sicurezza sul posto di lavoro, contribuendo a trasformare il settore delle costruzioni un ambiente più innovativo e sostenibile.

Conclusioni

È quindi possibile affermare che queste tecnologie rappresentano un vero game changer per il settore AECO, fornendo:

- **Aumento dell'efficienza:** ottimizzando i processi e riducendo i tempi di costruzione.
- **Controllo dei costi:** mediante una gestione più precisa e una minore possibilità di sprechi.
- **Sostenibilità ambientale e sicurezza:** promuovendo la costruzione di edifici e infrastrutture più eco-compatibili e sicure.
- **Innovazione e competitività:** facilitando la creazione di progetti all'avanguardia e il miglioramento della qualità.

Attraverso queste tecnologie la digitalizzazione del settore delle costruzioni sta compiendo un passo fondamentale verso un futuro più avanzato e promettente, consentendo agli operatori del settore di abbracciare nuovi modelli di lavoro e di adottare soluzioni innovative per affrontare le sfide in continua evoluzione.