

E D I L I Z I A
Quaderni per la progettazione

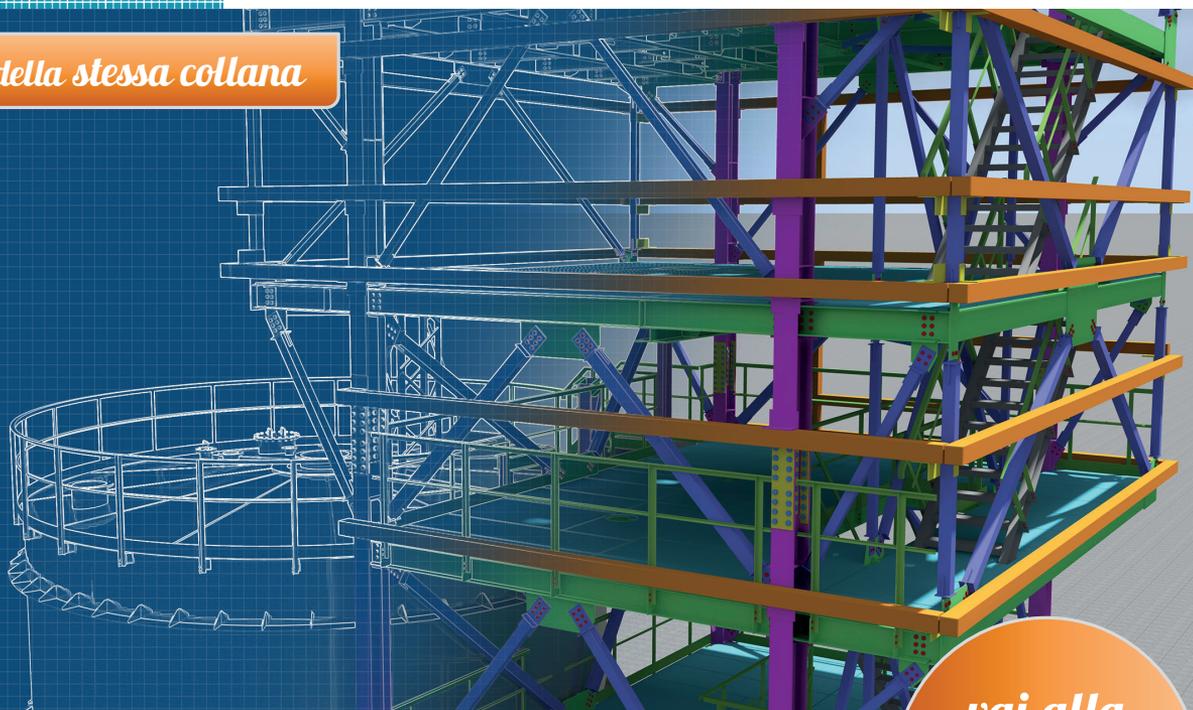
gli autori

Sara Ambrosio, Damiano Di Ciaccio, Francesco Livio Rossini

Building Information Modeling

Introduzione alla metodologia e alla pratica

della stessa collana



*vai alla
scheda
del libro*

 **EPC**
EDITORE

S. Ambrosio, D. Di Ciaccio, F.L. Rossini

Building Information Modeling

Dalla metodologia alla pratica

BUILDING INFORMATION MODELING
ISBN: 978-88-6310-967-2

Copyright © 2020 EPC S.r.l. Socio Unico

EPC S.r.l. Socio Unico - Via Clauzetto, 12 - 00188 Roma

www.epc.it

Servizio clienti: 06 33245277 - Fax 06 33245248

Redazione: Tel. 06 33245264/205

Proprietà letteraria e tutti i diritti riservati alla EPC S.r.l. Socio Unico. La struttura e il contenuto del presente volume non possono essere riprodotti, neppure parzialmente, salvo espressa autorizzazione della Casa Editrice. Non ne è altresì consentita la memorizzazione su qualsiasi supporto (magnetico, magneto-ottico, ottico, fotocopie ecc.).

La Casa Editrice, pur garantendo la massima cura nella preparazione del volume, declina ogni responsabilità per possibili errori od omissioni, nonché per eventuali danni risultanti dall'uso dell'informazione ivi contenuta.



Il codice QR che si trova sul retro della copertina, consente attraverso uno smartphone di accedere direttamente alle informazioni e agli eventuali aggiornamenti di questo volume.

Le stesse informazioni sono disponibili alla pagina:

<https://www.epc.it/Prodotto/Editoria/Libri/Building-Information-Modelling/4808>

SOMMARIO

PREFAZIONE	7
PRESENTAZIONE	9
capitolo 1	
PROCESSI REALIZZATIVI DELL'ARCHITETTURA: LA GESTIONE DEL RISCHIO NELL'ERA DIGITALE	11
1.1. Ottimizzazione, controllo e gestione dei processi realizzativi: la modellazione informativa dell'edificio – BIM	14
1.2. Le dimensioni del BIM: la gestione del tempo (4D), dei costi (5D) e le frontiere del <i>nD</i>	18
1.3. Strumenti digitali per il controllo della qualità del processo	21
1.4. Il coordinamento della sicurezza	24
1.5. Conclusioni	30
capitolo 2	
ANALISI DELL'INTERFACCIA DELLO STRUMENTO SOFTWARE	33
2.1. Scorciatoie da tastiera, trucchi e curiosità	38
2.2. Analisi dei riferimenti e gestione delle viste	38
2.2.1. <i>Template Modello di costruzione</i>	39
2.3. Posizione del progetto e coordinate	40
2.3.1. <i>I sistemi di coordinate</i>	40
2.3.2. <i>Localizzazione del progetto</i>	41
2.4. Livelli	42
2.5. Creazione e gestione delle viste: <i>Modello di vista</i>	43

BUILDING INFORMATION MODELING

2.6.	View Range	45
2.7.	Sostituzione di visibilità/grafica	46
2.8.	Opzioni di visualizzazione grafica	48
2.9.	Design Option e Fasi	49
2.10.	Griglie di Riferimento	50

capitolo 3

INTEROPERABILITÀ E COORDINAMENTO TRA DISCIPLINE	53	
3.1.	Il protocollo IFC	53
3.2.	Gestione dei file esterni	55

capitolo 4

LE FAMIGLIE	57	
4.1.	Tipologia di famiglia	58
4.2.	Famiglia caricabile: un esempio di modellazione	58
4.3.	Modellazione di geometrie	61
4.4.	Gestione degli elementi creati: altri parametri e proprietà	61
4.5.	Gestione famiglia all'interno del modello	62
4.6.	Componente Modello locale	63

capitolo 5

LA MODELLAZIONE PER DISCIPLINE: LA DISCIPLINA ARCHITETTONICA	65	
5.1.	Modellazione planimetrica	65
5.2.	Accenno agli elementi strutturali di base	67
5.2.1.	<i>Fondazioni</i>	67
5.2.2.	<i>Travi</i>	68
5.3.	Il muro	68
5.3.1.	<i>Il Muro di base</i>	69
5.3.2.	<i>La libreria dei Materiali</i>	71

5.3.3. <i>Il muro sovrapposto</i>	73
5.3.4. <i>Il muro da "massa"</i>	74
5.3.5. <i>La modifica del profilo in prospetto</i>	74
5.4. <i>Il materiale Strutturale curtain-wall</i>	76
5.4.1. <i>Sistemi di facciata continua</i>	79
5.5. <i>Gli orizzontamenti</i>	79
5.5.1. <i>Tetti</i>	80
5.5.2. <i>Vetrate inclinate</i>	82
5.5.3. <i>Solai</i>	82
5.5.4. <i>Controsoffitti</i>	83
5.5.5. <i>Aperture</i>	84
5.6. <i>I collegamenti verticali</i>	84
5.6.1. <i>Scale: modellazione delle componenti</i>	87
5.6.2. <i>Rampa: gestione delle componenti</i>	88
5.6.3. <i>Rampa: modellazione delle componenti</i>	89
5.6.4. <i>Ringhiera: brevi cenni di modellazione</i>	89
5.7. <i>Rendering e animazioni</i>	90
5.7.1. <i>Viste 3D</i>	90
5.7.2. <i>Animazione</i>	92
5.7.3. <i>Rendering</i>	95
5.8. <i>Locali e aree</i>	95
5.8.1. <i>I locali</i>	96
5.9. <i>Annotazioni</i>	99
5.9.1. <i>Viste e modellazione di dettaglio</i>	100
5.10. <i>Abachi e Quantity Take-Off</i>	102
5.10.1. <i>Abachi</i>	103
5.11. <i>Layout di tavola</i>	106
BIBLIOGRAFIA	109

PREFAZIONE

La letteratura tecnica, nella fattispecie quella relativa alla scienza e alla cultura delle costruzioni, si arricchisce ogni giorno di più di contributi che evidenziano come l'innovazione scientifico-tecnologica è l'asse portante di un processo che è di continue scoperte circa materiali sempre più resistenti e belli anche esteticamente e processi realizzativi nuovi estremamente flessibili e fantasiosi. Le potenzialità sono notevoli e innumerevoli. Si tratta di rendere tali potenzialità economicamente convenienti e di preparare la forza-lavoro, sempre più composta di tecnici, ad affrontare le novità innovative e ad affrontarle avendo quale obiettivo il corretto rapporto tra innovazione e salute della forza-lavoro.

Gli autori hanno scritto una "Introduzione alla Metodologia e alla Pratica del Building Information Modeling", meglio conosciuta tale metodologia con il suo acronimo di BIM. È una metodologia oramai in uso da più di un decennio che rappresenta il paradigma della globalizzazione nella scienza e nella tecnica delle costruzioni. Le esperienze oramai consolidate sono di grande suggestione per l'intreccio di competenze che convergono sin dalla fase di progettazione che diviene policentrica e multinazionale. Un esempio per tutti. Gran parte dei nuovi edifici commerciali realizzati in questi anni nella Cina Popolare sono il frutto di tale cultura policentrica: l'architettonico disegnato in Europa; la parte dei calcoli strutturali elaborata nella stessa Repubblica Popolare; l'impiantistica progettata in qualche Paese nordamericano; gli infissi, gli arredi e, in generale gli arredi, progettata in qualche Paese nordeuropeo e così via. È un continuo scambio telematico che rende possibile l'unitarietà del progetto e la vincolistica, come linee-guida, riguardante le imprese coordinate da un General Manager.

Il contributo, come dichiarano gli stessi AA, s'indirizza su due direzioni: "la prima riguarda le tecniche di gestione del processo (Project Management) con particolare attenzione alle tecniche innovative di misurazione e gestione del tempo, sia nelle fasi di progettazione che nelle fasi di realizzazione di un cantiere edile; la seconda direzione invece ha riguardato lo sviluppo del prototipo predittivo basato sulla simulazione ad agenti".

Non è mia intenzione di entrare nel merito di quanto scrivono gli AA. Ad essi va rico-

BUILDING INFORMATION MODELING

nosciuta una capacità comunicativa ottima e un apprezzamento nel far comprendere il processo metodologico e le potenzialità formative e operative.

Invece vorrei soffermare l'attenzione sul ruolo giocato da Internet e più in generale dai processi di digitalizzazione della produzione, avendo a monte un analogo processo di digitalizzazione della fase progettuale. Tale impostazione esprime tutta la sua potenzialità nel rendere percorribile una strada d'integrazione professionale e d'impresa a livello mondiale. Nel contempo apre un fronte di problematiche ad alto valore tecnico (superabili nel tempo), ma soprattutto sulle attese future in termini di miglioramento della Qualità della Vita. Questo aspetto trascina inevitabilmente importanti ricadute etiche.

Lo scenario è quello a noi tutti noto. Un contesto dominato da una forza primordiale il cui obiettivo teleologico è il profitto, senza sé e senza ma. Una forza proprio in virtù di una espansione della tecnologia Internet non ha né remore morali, né limiti. Tutti i processi da quelli produttivi a quelli di accumulazione dei capitali hanno subito nel secolo scorso un'accelerazione sì che oggi non parliamo più di capitalismo, bensì di turbocapitalismo. Il profitto che nasceva e si sviluppava nella manifattura e sul prodotto, oggi ha subito una mutazione genetica. Dall'economia si è passati alla finanza, ove ininfluente è il valore della produzione e del processo scientifico e tecnologico che vi è a monte. No, oggi le potenzialità della Rivoluzione Internet rende possibile produzioni senza limiti a costi sempre più bassi e con profitti sempre più alti. Si è creato un meccanismo rigenerativo del profitto che difficilmente può essere soggetto a qualsiasi controllo di chicchessia autorità superiore sia a livello nazionale che a quello transnazionale.

La metodologia BIM rientra in tale contesto di avanzamento del benessere globale e contemporaneamente (e qui la contraddizione) di mancata redistribuzione della ricchezza generata. Ma se ci infiliamo in questo tunnel di riflessioni è difficile uscirne se non con una posizione radicalizzata o di rassegnazione, di sconfitta. Non è così. La mancata redistribuzione della ricchezza è dovuta ad una debolezza che registriamo dagli anni '80 del secolo scorso della forza-lavoro nel confronto con l'impresa. Scorciatoie non ce ne sono: o la forza-lavoro torna a combattere la sua battaglia per la parità tra lavoro ed impresa o è inevitabile un suo ruolo sempre più subalterno, sì da rasentare lo schiavismo. Solo attraverso la conquista della parità tra i due fattori della produzione si riconosce dignità al lavoro. Questa è la condizione necessaria per uno sviluppo della conoscenza e per restituire dignità all'uomo-lavoratore e, nel contempo, per legittimare il ruolo dell'impresa nel processo della produzione. È la strada attraverso la quale si restituisce verità alla narrazione apologetica di una mondializzazione della giustizia sociale di cui si fa garante il mercato globale. Un mercato senza vincoli che si autoregolamenta. È quanto sostiene con arrogante assertività la finanza globale. Un'illusione distopica! Fintanto che non si trova un ambiente sostitutivo del mercato occorre che esso sia governato. Questo è il ruolo delle istituzioni della democrazia liberale. Quelle che oggi ci governano.

Prof. Ferdinando Terranova
Sapienza Università di Roma

PRESENTAZIONE

Il processo edilizio, mai come nella nostra epoca, ha subito un percorso di trasformazione tangibile e riconducibile all'ingresso delle nuove tecnologie sin dalla fase di progettazione dell'opera. Ed è proprio in questa fase che il testo si inserisce, fornendo una panoramica sulle dinamiche che insistono nell'utilizzo di software dedicati alla Digitalizzazione e Modellazione delle Informazioni nelle Costruzioni – il BIM.

Si può notare, infatti, che l'introduzione massiva di software legati alla progettazione architettonica e impiantistica, abbia avviato un processo di cambiamento nell'approccio della "progettazione classica"; processo che ha, a sua volta, introdotto il concetto di interoperabilità tra i Professionisti coinvolti, e che trova la sua massima espressione nell'utilizzo di sistemi BIM.

Il CEFMECTP – Organismo Paritetico per la Formazione e la Sicurezza in Edilizia – di Roma e provincia, si inserisce in questo percorso grazie alla sua natura Istituzionale che lo porta a mantenere sempre elevato il livello di attenzione riguardo i cambiamenti di processo e di prodotto che orbitano intorno alla galassia delle Costruzioni. Attraverso alla sua natura di Organismo Paritetico, può mantenere una assoluta imparzialità nell'osservare quanto questi cambiamenti influiscano sia sulla sfera del Management che su quella della Produzione. Grazie alla sua presenza costante sul territorio, tramite un continuo scambio di informazioni tra gli Attori del Processo Edilizio, gli Organi Istituzionali e gli Enti di Ricerca, quali Università e strutture specialistiche, ha la possibilità di cogliere in modo puntuale le esigenze del Settore Edile e di proporre – di conseguenza – una serie di interventi volti ad accrescere e a migliorare le esigenze formative dei soggetti che in esso gravitano.

Grazie a questo ha attivato da due anni ormai, un'aula multimediale, che permette di lavorare in ambiente BIM utilizzando software e hardware all'avanguardia nel panorama formativo; oltre a questo, al fine garantire una formazione di qualità, ha attivato una serie di percorsi specifici che tengono conto non solo del trasferimento di abilità nell'utilizzo di software, ma anche delle esigenze dei partecipanti, modulando i vari

BUILDING INFORMATION MODELING

corsi su livelli di complessità crescente, permettendo così a chiunque di prendere parte ai percorsi erogati.

La pratica all'utilizzo dei software BIM, strutturati in questo modo, supporta i Progettisti che decidono di ampliare il loro bagaglio di conoscenze di competenze, attraverso anche l'integrazione di un complesso sistema di strumenti tecnologici, quali ad esempio l'utilizzo di Laser Scanner o di Droni, per il rilievo e le analisi di sviluppo delle fasi che caratterizzano il processo di costruzione di un'opera.

Le prossime sfide per il futuro prossimo da parte del CEFMECTP, si delineano quindi nell'utilizzo del BIM nella successiva fase di programmazione del Cantiere: la gestione della Prevenzione e delle interferenze lavorative al fine di migliorare i livelli di salute e sicurezza dei lavoratori. A tale riguardo, se è vero che – come del resto “certificato” dall'introduzione della progettazione con il metodo BIM nel nuovo Codice degli Appalti – questo sistema permette di ottimizzare i costi e le risorse preventivate, è altrettanto vero che permetterà, una volta a regime, di migliorare sensibilmente la programmazione della “sicurezza” di un ambiente/processo che di per sé è mutevole. Basti pensare alla definizione che ne dà il Testo Unico per la Salute e la Sicurezza nei luoghi di lavoro D.Lgs. 81/2008 e cioè “Cantiere Temporaneo e Mobile”, identificando con questo la trasformazione costante che subisce il luogo e le fasi stesse, dall'inizio alla fine della realizzazione dell'opera.

Ebbene, grazie alla interazione – a nostro avviso imprescindibile – tra uomo e software, si potrà raggiungere una pianificazione, un controllo e una conseguente correzione delle misure di sicurezza necessarie a garantire, sempre di più, il concetto chiave di “lavorare in sicurezza” contraddistinguendo tutto il mondo del lavoro, e ancor di più quello delle Costruzioni.

Ing. Alfredo Simonetti
Direttore del CEFMECTP di Roma

capitolo 1

PROCESSI REALIZZATIVI DELL'ARCHITETTURA: LA GESTIONE DEL RISCHIO NELL'ERA DIGITALE

Una volta analizzate le potenzialità e le tecniche presenti nel mondo della progettazione, si scende nell'ambito interconnesso delle fasi realizzative, per verificare come i progressi nel campo dell'informatizzazione possano supportare i tecnici e le imprese nella gestione della sicurezza della produzione edilizia che, come noto (De Felice, 2017) è un ambiente di lavoro ad alto rischio e con un numero di infortuni, sovente mortali, sempre troppo alto. Le cause di questi infortuni sono, purtroppo, minuziosamente documentate e analizzate dalle banche dati nazionali (FILLEA-CGIL, 2016) e, nello specifico (Fig. 1.1):



Fig. 1.1 – Incidenza percentuale delle cause di infortuni mortali

Questi dati, riferiti agli incidenti mortali, sono eloquenti su quanto ancora resti da fare per rendere l'edilizia un luogo più sicuro. Difatti, la diminuzione degli incidenti in cantiere, oltre al primario impegno sociale che questa attività comporta, resta – indiscutibilmente – il miglior modo di efficientare un processo che, come noto, ha un tasso di produttività tra i più bassi tra i settori produttivi.

L'occorrenza dell'incidentalità di cantiere non è mai la manifestazione di un singolo effetto legato ad una singola causa, ma scaturisce da una interazione e concatenazione di eventi dannosi. Secondo Reason (1990), questo legame causa/effetto è riassumibile nello schema seguente (Fig. 1.2).

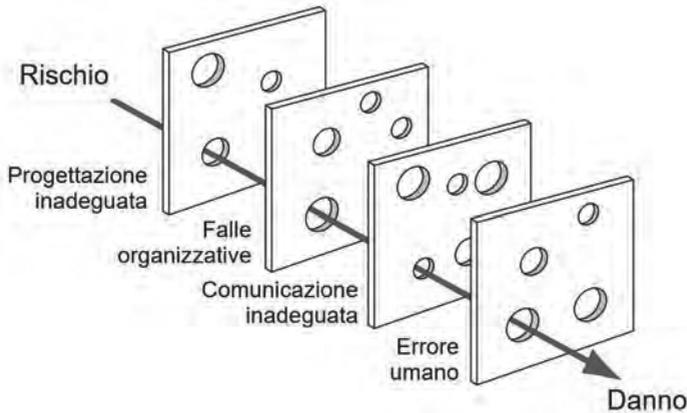


Fig. 1.2 – *Modello probabilistico di gestione del rischio "Swiss cheese", rielaborato con le cause più comuni dei rischi in edilizia*

In questo schema, i macro-dominî del rischio sono rappresentati come lastre quadrate con dei fori: questi infatti, rappresentano le debolezze del dominio come, per esempio, le lacune progettuali. Nel dominio successivo, andranno quindi ad essere identificate altre falle.

La possibilità che, una volta disposte le lastre in fila, una retta possa passare da un lato all'altro della serie, rappresenta le modalità secondo le quali si può determinare un incidente e, con un processo di analisi inversa, risalire alle possibili cause per agire sulle stesse (ovvero "restringere il foro").

Per la forma delle lastre, lo schema è conosciuto come "*Swiss Cheese*", vista la somiglianza con le fette di *Emmental*. Attualmente vi è un vivo dibattito, soprattutto nel settore aero-spaziale (dove sono nate queste tipologie di studio, data l'importanza attribuita alla sicurezza in quel campo), per migliorare l'accuratezza del metodo (Reason, 2006).

Uno dei metodi preventivi verso gli incidenti in cantiere è agire su una delle cause più importanti, ovvero una erronea previsione del rischio in fase di progettazione (Sabatino *et Di Muro*, 2015). Per questo, la metodologia BIM entra a buona ragione all'interno delle modalità di prevenzione e protezione dei lavoratori (Stefani, 2015) poiché, da questo punto di vista è un modo per dare al tecnico della prevenzione, al coordinatore finanche agli operatori alla base del processo costruttivo, le informazioni necessarie a valutare correttamente le procedure da attuare e monitorare costantemente lo stato dei luoghi di lavoro (quindi dell'edificio) a seconda delle attività da completare. Per approfondire dunque le capacità cognitive di questa metodologia di rappresentazione, le linee di ricerca si sono concentrate intorno allo sviluppo di database informativi evoluti (Park *et al.*, 2013). Difatti, uno degli elementi determinanti per il fallimento di un processo edilizio sono i difetti progettuali che, rispetto alla realizzazione corrotta dell'opera, necessitano di successivi interventi spesso molto

dispendiosi. In questo caso quindi, il contributo dato dalle *ontologie informatiche* ⁽¹⁾ serve a colmare l'attuale distanza tra informazioni del modello e situazione reale del cantiere, dovuta anche alla difficoltà di rendere dinamici rapporti informativi tra elementi edilizi che, nella metodologia BIM, sono incasellati in una modalità semi-statica di insiemi (famiglie).

A queste tecniche, indirizzate a dotare il professionista di un database dinamico basato sulle ontologie, vengono accostate anche strumenti capaci di semplificare gli esiti di queste previsioni informatiche, ovvero gli strumenti di aumento della percezione dell'operatore (Park *et al.*, 2013), come le visualizzazioni aumentate ⁽²⁾ o i dispositivi di protezione individuale dotati di sensoristica e sistemi di segnalazione (Fig. 1.3). L'obiettivo è rendere il cantiere un ambito produttivo controllabile in remoto (Fig. 1.4) dove alle macchine siano demandate le lavorazioni più pesanti e pericolose.

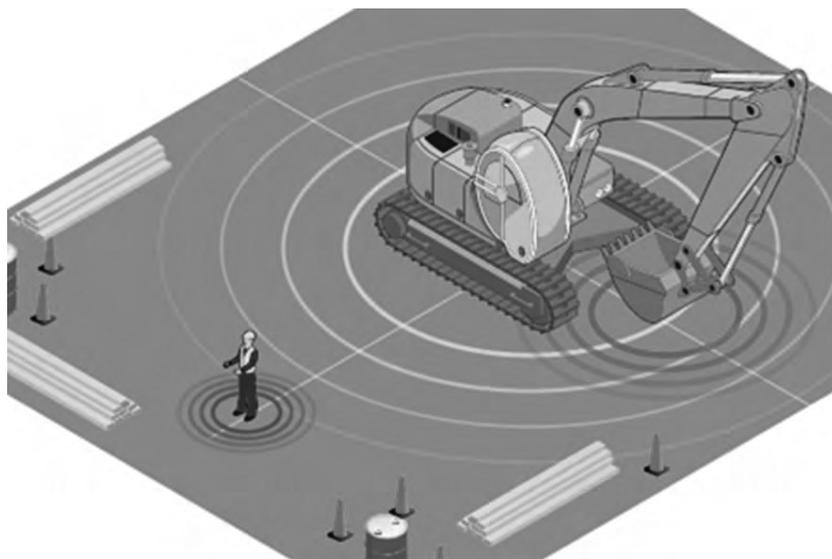


Fig. 1.3 – Mezzo d'opera e operatore edile dotati di sensori RFID per il riconoscimento della sovrapposizione in cantiere. All'ingresso dell'operatore in un'area pericolosa, il sistema a radiofrequenze si attiva e, mediante segnalatori presenti nel casco, al polso o negli abiti da lavoro (*wearable technology*), corregge l'azione del lavoratore

1. Una *ontologia* è la concettualizzazione formale della conoscenza in un determinato ambito [...] nei fatti, questa tecnologia informativa dovrebbe essere collegata con l'oggetto edilizio secondo modalità dinamiche e flessibili (Zhang, 2015)
2. Settore in forte espansione, si divide per le categorie della *Augmented Reality* – AR: ovvero la visualizzazione del reale supportata dall'arricchimento informativo secondo grafiche sovrapposte al vero; *Virtual Reality* – VR, realtà parallela in cui l'operatore è sensorialmente immerso in un mondo virtuale, non permettendo quindi un collegamento con il reale; *Mixed Reality* – MR infine, al momento la più promettente, consente di trasporre il materiale informativo in maniera "corporea" nel mondo reale, secondo le modalità di rappresentazione e visualizzazione olografiche.

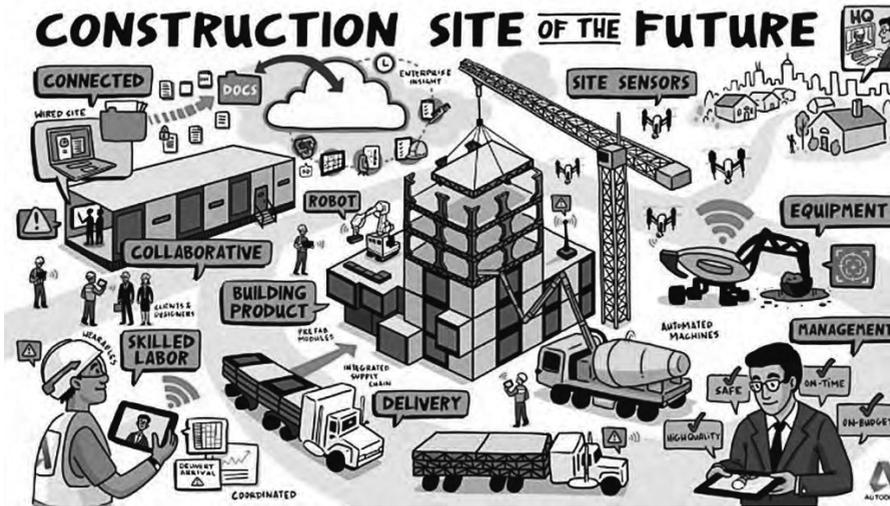


Fig. 1.4 – Sintesi del futuristico cantiere telematico, dove l’operatore è sempre più distaccato dalle operazioni manuali in favore della telegestione e della progettazione collaborativa. LinkedIn, J. Gall, 2016

1.1. Ottimizzazione, controllo e gestione dei processi realizzativi: la modellazione informativa dell’edificio – BIM

L’impiego del BIM lungo la filiera dell’industria delle costruzioni ha subito delle ampie trasformazioni negli ultimi anni, dovuta sia a quadri normativi che impongono questo approccio metodologico (Ciribini, 2013), sia ad una maggiore consapevolezza dei professionisti del settore (Garagnani, 2017).

È interessante perciò osservare come sia cambiato l’approccio delle imprese di costruzione verso l’impiego degli strumenti digitali. In luogo della consolidata abitudine di impiegare gli stessi software impiegati nelle fasi progettuali per limitare la perdita di dati durante gli scambi di file, l’approccio BIM consente, grazie alla possibilità di arricchire il modello con informazioni provenienti da fonti diverse, di poter dotare le imprese di soluzioni informatiche specifiche (Hardin, McCool, 2015), mantenendo il necessario tasso di interoperabilità con i tecnici degli altri settori.

Sulla scorta delle esperienze maturate negli Stati Uniti, che possiamo definire un contesto “maturo” per quanto concerne l’impiego di queste metodologie, è possibile osservare come vi siano delle buone opportunità per legare il BIM al cantiere (cd. *BIM to field*)⁽³⁾ e coordinare questi modelli con l’effettiva costruzione del bene edilizio. In cantiere difatti, i modelli BIM possono essere impiegati per:

3. Cfr. <<https://www.theb1m.com/video/what-is-bim-to-field>>

- confrontare le schede tecniche dei materiali approvvigionati con le specifiche di progetto;
- governare le interferenze geometriche tra componenti edilizie;
- gestire i tempi (4D) di approvvigionamento e posa e conseguentemente monitorare i costi (5D) sulla base dei quali liquidare gli *Stati di Avanzamento dei Lavori* (SAL);
- gestire la logistica di cantiere, soprattutto per quanto riguarda le aree destinate a magazzino (tema cruciale per l'intervento sul patrimonio esistente);
- monitorare l'effettivo impiego degli apprestamenti per la sicurezza in cantiere;
- aggiornare gli elaborati "*as-built*" a seconda delle varianti e della loro effettiva realizzazione;
- rendicontazione delle attività rimanenti (*punch-list*) associate alle relative aree di cantiere.

Quindi, il dato di fatto che emerge da questa analisi è che la gestione del modello informativo dell'edificio, associata alle valutazioni sulla costruibilità (ovvero sul rispetto delle caratteristiche progettuali, delle somme assegnate e dei parametri di sicurezza dei lavoratori, degli occupanti temporanei e dei successivi utenti) dei relativi componenti, diventano gestibili su una piattaforma unica (BIM) che accresce la sua affidabilità nella misura in cui i vari attori del processo ne arricchiscono il modello.

Tornando all'utilità del BIM come veicolo di scambio di informazioni tra fasi, si consideri la natura spiraliforme del processo edilizio, in opposizione alla classica concezione delle fasi a compartimenti stagni che, seppure possa essere considerata giusta per alcuni settori manifatturieri, non rappresenta la complessità dell'architettura e dell'ingegneria e la necessità di continue modifiche e adeguamenti in corso di progettazione o, nella peggiore delle condizioni, durante le fasi realizzative e manutentive.

Perciò, al fine di evitare difetti nella realizzazione e situazioni di rischio imputabili a mancanze di carattere progettuale, è preferibile spostare le analisi relative all'impiego delle risorse e dei tempi di esecuzione nell'ambito delle attività che precedono l'inizio dei lavori, evitando perciò che tutte le incongruenze o errori progettuali emergano nelle costose fasi di realizzazione e gestione del bene. A riguardo difatti, possiamo osservare gli esiti di un importante studio condotto da P. MacLeamy nel 2007 e riportato in (Eastmann *et al.*, 2011): questa curva (Fig. 1.5) descrive la diseconomia di traslare delle scelte architettonico/costruttive o delle verifiche dal momento della progettazione a momenti successivi della vita utile dell'edificio.

Per raggiungere le condizioni ideali di questa curva, è opportuno cambiare le modalità di modellazione e valutazione dei tempi di progetto, poiché l'ostacolo concreto è nell'approccio: il problema difatti non è la quantificazione degli elementi e la connessione con durate temporali, bensì l'azione "sulla granularità del modello informativo medesimo e sulla ricchezza di indicatori presenti" (Ciribini, 2016).

Pagine omesse dall'anteprima del volume