

# Guida internazionale per l'implementazione di sistemi BIM

Linee guida RICS a livello globale

1<sup>a</sup> edizione

## Ringraziamenti

RICS ringrazia per il contributo al presente information paper:

### Stesura tecnica

**Anil Sawhney** FRICS (RICS)

### Gruppo di lavoro

**Christopher Bailey** FRICS (STV)

**Fernando Belloube** MRICS (BSS Consultoria)

**Jon Blasby** MRICS (AECOM)

**Adrian Malone** (Faithful+Gould)

**Alan Muse** FRICS (RICS)

**Donald Pan** MRICS (Sogar)

**Erland Rendall** MRICS (Currie & Brown)

**Gareth Whisson** (Turner & Townsend Pty Ltd)

**Kwee Yong Seah** (BuildingSMART)

### Traduzione tecnica ed adattamento in italiano (BIM Professional Group)

**Umberto Alesi** MRICS

**Stefano Bellini** MRICS

**Giampiero Brioni** MRICS

**Carlo Matildi** MRICS

**Massimiliano Pulice** MRICS

Il presente documento è indipendente da Autodesk, Inc. e non è stato autorizzato, approvato, sponsorizzato o in altro modo avallato da Autodesk, Inc., con cui non vi sono rapporti di affiliazione. Autodesk, il logo Autodesk, AutoCAD, Infracore, Navisworks, Revit e Robot sono marchi o marchi registrati di Autodesk, Inc. e/o di sue controllate e/o affiliate negli USA e/o in altri paesi.

Pubblicato da Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS)

Parliament Square

Londra

SW1P 3AD, UK

www.rics.org



Gli autori e RICS declinano qualsivoglia responsabilità per perdite o danni causati a chiunque agisca o si astenga dall'agire in base alle informazioni contenute nella presente pubblicazione.

Elaborato dall'International BIM Working Group del Royal Institution of Chartered Surveyors.

ISBN 978 1 78321 077 0

© Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS) settembre 2014. I diritti d'autore relativi alla presente pubblicazione, per delle porzioni ovvero nella sua interezza, sono detenuti da RICS. Nessuna parte del presente materiale può essere riprodotta o utilizzata in alcuna forma o mediante qualunque mezzo, ivi compresi forme e mezzi grafici, elettronici e meccanici, incluse la fotocopiatura, la registrazione (anche su supporto audio) o la distribuzione via web, senza previa autorizzazione scritta da parte di RICS o in conformità con gli accordi di copyright precedentemente in essere.

# Indice

<b>Ringraziamenti</b> .....	<b>i</b>
<b>Indice delle figure</b> .....	<b>iv</b>
<b>Indice delle tabelle</b> .....	<b>vii</b>
<b>Linee guida professionali RICS</b> .....	<b>viii</b>
<b>Prefazione</b> .....	<b>1</b>
<b>1 Introduzione e premesse</b> .....	<b>2</b>
1.1 Finalità delle linee guida .....	2
1.2 Panoramica del BIM .....	2
1.3 Perché il BIM è importante? .....	5
1.4 Adozione di sistemi BIM nel mondo .....	6
1.5 Iniziative nazionali in ambito di BIM .....	7
1.6 Perché il BIM è importante per i professionisti del settore .....	8
1.7 Il BIM e i suoi legami con altri paradigmi del settore .....	8
<b>2 Il BIM come tecnologia</b> .....	<b>12</b>
2.1 La tecnologia alla base dei sistemi BIM .....	12
2.2 Standard di rappresentazione e scambio dati .....	15
2.3 Modelli BIM (attinenti a singole discipline e federati) .....	18
2.4 Contenuto e oggetti BIM .....	19
2.5 Server di modelli .....	19
2.6 OpenBIM e iniziative analoghe .....	21
2.7 I legami del BIM con altre tecnologie emergenti .....	23
2.8 Gestione dei dati .....	25
2.9 Gestione dei contenuti .....	27
<b>3 Utilizzo del BIM nella progettazione</b> .....	<b>28</b>
3.1 Tipi di progetti e implementazione del BIM .....	29
3.2 Il BIM e il ciclo di vita dei progetti .....	29
3.3 Tipologie e progressione di modelli .....	45
3.4 Collaborazione e coordinamento con l'uso del BIM .....	48
3.5 L'asset management con l'uso di sistemi BIM .....	51
<b>4 Implicazioni del BIM sulle organizzazioni</b> .....	<b>52</b>
4.1 Cambiamenti a livello di accordi contrattuali e questioni legali .....	55
4.2 Condivisione delle informazioni e collaborazione attraverso il BIM .....	56
4.3 Cambiamenti a livello di workflow .....	57
4.4 Aspetti inter-organizzativi del BIM .....	58

4.5 Implicazioni del BIM nella pratica.....	58
4.6 Ruolo della gestione del BIM .....	62
<b>5 Conclusioni e raccomandazioni .....</b>	<b>64</b>
<b>Appendici.....</b>	<b>66</b>
A Terminologia e definizioni .....	66
<b>Riferimenti numerati .....</b>	<b>70</b>

## Indice delle figure

Figura 1: Implicazioni generali del BIM .....	4
Figura 2: Stadi del ciclo di vita e prospettive dei vari attori.....	4
Figura 3: Impatto del BIM sul sistema operativo dei progetti .....	5
Figura 4: Il futuro del BIM .....	6
Figura 5: Adozione dei sistemi BIM nel mondo .....	6
Figura 6: I vantaggi del BIM .....	7
Figura 7: Modello di maturità BIM di Bew-Richards.....	8
Figura 8: BIM e altri paradigmi complementari .....	10
Figura 9: Rappresentazione degli oggetti in BIM.....	12
Figura 10: Costruzione di oggetti in un BIM tool .....	13
Figura 11: Comportamento degli oggetti in BIM.....	14
Figura 12: Proprietà e attributi definiti dall'utente .....	14
Figura 13: Progressione del modello in ambiente BIM.....	15
Figura 14: Dimensioni del BIM .....	15
Figura 15: Sei dimensioni del BIM .....	15
Figura 16: Struttura di base del formato IFC.....	16
Figura 17: Vista parziale di oggetto IfcWall .....	17
Figura 18: Esempio di muro con finestra utilizzando un oggetto IfcWall. .	18
Figura 19: Il concetto della denominazione in bSDD .....	18
Figura 20: Processo COBie .....	18
Figura 21: Modello federato per un edificio .....	19
Figura 22: Uso di un modello federato per un progetto edilizio .....	19
Figura 23: Modello federato per un progetto di infrastruttura civile .....	20
Figura 24: Modello federato per impianto di trasformazione .....	20
Figura 25: Fonti di oggetti BIM .....	21
Figura 26: Esempio di oggetti BIM di aziende manifatturiere .....	21
Figura 27: Contenuto BIM da libreria di oggetti BIM .....	21
Figura 28: Condivisione modello basata su FTP .....	22
Figura 29: Server di modelli conforme alle IFC .....	22
Figura 30: Server di modelli disponibile in commercio .....	22
Figura 31: I quadruplici vantaggi funzionali del cloud computing.....	23
Figura 32: Implementazione hardware e software tramite cloud computing .....	23
Figura 33: Dispositivi mobile che utilizzano il cloud computing .....	24
Figura 34: Software come servizio .....	24
Figura 35: Piattaforma BIM supportata da Big data .....	25
Figura 36: Scansione laser dell'interno di un edificio .....	25
Figura 37: Fermo di un video a 360 gradi di quartiere urbano .....	26

Figura 38: Immagine scansita di quartiere urbano .....	26
Figura 39: Gestione dei dati con ProjectWise®.....	27
Figura 40: Content management per studi di progettazione.....	27
Figura 41: Le fasi del ciclo di vita del progetto e l'uso del BIM .....	30
Figura 42: Piano esecutivo BIM .....	32
Figura 43: Il modello di concept nello stadio progettuale e i suoi utilizzi .....	33
Figura 44: Tipico modello di massa per un progetto edilizio nello stadio di concept design .....	33
Figura 45: Workflow per analisi utilizzando un modello di massa.....	34
Figura 46: Analisi di sostenibilità con l'uso di modelli di massa.....	35
Figura 47: Analisi strutturale utilizzando il modello dello stadio di concept .....	35
Figura 48: Programmazione dello spazio utilizzando il modello dello stadio di concept .....	36
Figura 49: Pianificazione costi basata sul modello dello stadio di concept .....	36
Figura 50: Processo di progettazione di dettaglio basato sul BIM .....	37
Figura 51: Progettazione e analisi strutturale basata sul BIM.....	37
Figura 52: Coordinamento BIM – 2D vs. 3D .....	38
Figura 53: Rapporto di coordinamento .....	39
Figura 54: Mappatura di processo per lo stadio di progettazione tecnica .....	40
Figura 55: Aggiunta di specifiche al modello dei dati dell'edificio .....	41
Figura 56: Aggiunta di codici Unifomat agli elementi di modellazione.....	41
Figura 57: Processo di pianificazione dei costi con l'uso del BIM .....	42
Figura 58: Processo di modellazione 4D basata sul BIM.....	42
Figura 59: L'utilizzo sul campo dei sistemi BIM .....	43
Figura 60: Ottenimento di informazioni dettagliate sui componenti.....	44
Figura 61: Modellazione delle attrezzature edili e dei componenti temporanei con l'uso del BIM .....	44
Figura 62: Costi e uso delle risorse nell'intero ciclo di vita di un immobile .....	45
Figura 63: Consegna di modelli finali basati su COBie .....	46
Figura 64: Facility management basato su BIM .....	47
Figura 65: Progressione del modello .....	47
Figura 66: Livello di sviluppo.....	48
Figura 67: Tavola degli elementi del modello AIA con LOD e informazioni sull'autore.....	48
Figura 68: Implementazione del sistema BIM nel team di progetto.....	50
Figura 69: Modello di outsourcing dell'implementazione del BIM .....	50
Figura 70: La natura esclusiva della rete di progettazione nel settore edile .....	52
Figura 71: Progetti BIM e non-BIM nella rete di realizzazione del progetto.....	53
Figura 72: Progetti BIM e non-BIM nell'organizzazione.....	53
Figura 73: Progetti BIM falliti .....	54
Figura 74: La curva J dell'adozione del BIM .....	54
Figura 75: Condivisione delle informazioni secondo ConsensusDocs .....	57

<b>Figura 76: Modellazione lineare e asincrona .....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 77: Modellazione basata su un modello centrale .....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 78: Scambio di informazioni tramite RACI .....</b>	<b>59</b>
<b>Figura 79: Redistribuzione indicativa degli sforzi nel processo di progettazione .....</b>	<b>60</b>
<b>Figura 80: Livelli di maturità FM e BIM .....</b>	<b>62</b>

## Indice delle tabelle

<b>Tabella 1: Sintesi di una serie di iniziative BIM nazionali .....</b>	<b>9</b>
<b>Tabella 2: BIM e la matrice del ciclo di vita del progetto .....</b>	<b>31</b>
<b>Tabella 3: Fasi RIBA e stadi di progetti non edilizi .....</b>	<b>32</b>
<b>Tabella 4: Sintesi delle attività nello stadio di concept design con l'uso del BIM .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabella 5: Illustrazione dei LODs .....</b>	<b>49</b>
<b>Tabella 6: Ruoli e responsabilità del proprietario .....</b>	<b>60</b>
<b>Tabella 7: Implicazioni del BIM sul ruolo del PMC .....</b>	<b>61</b>

# Linee guida professionali RICS

## Standard internazionali

RICS è all'avanguardia nello sviluppo di standard internazionali, opera in collaborazione con organizzazioni di tutto il mondo e si prodiga nell'interesse pubblico per elevare gli standard e aumentare la trasparenza sui mercati. International Property Measurement Standards (IPMS – ipmsc.org), International Construction Measurement Standards (ICMS), International Ethics Standards (IES) e altri standard che saranno pubblicati dovranno essere obbligatoriamente rispettati dai membri RICS. Il presente documento si ricollega direttamente a questi standard internazionali, che raccomandiamo ai membri RICS di studiare (cfr. [www.rics.org](http://www.rics.org)), insieme ai principi generali che sottendono le presenti linee guida. I membri RICS sono gli unici soggetti sul mercato ad essere disciplinati, qualificati e addestrati a operare in conformità agli standard internazionali e ad attenersi alle presenti linee guida.

## Linee guida RICS

Il presente documento è teso a offrire delle linee guida. Le raccomandazioni ivi contenute per specifiche mansioni professionali rappresentano la "best practice", ovvero l'approccio che, secondo RICS, garantisce uno standard elevato di professionalità.

Pur non essendo tenuti a osservare le raccomandazioni descritte, i membri devono senz'altro considerare gli aspetti indicati di seguito.

Laddove un professionista venga accusato di negligenza, il tribunale competente potrebbe emettere il proprio verdetto in merito alla professionalità del membro, avvalendosi dei contenuti di qualsivoglia guida rilevante pubblicata da RICS.

A parere di RICS, un membro che abbia agito nel pieno rispetto delle procedure illustrate dovrebbe essere in grado di difendersi – almeno parzialmente – da eventuali accuse di tale natura.

Ad ogni modo, l'osservanza delle linee guida è a discrezione del singolo membro, che si assume ogni responsabilità in proposito.

Per qualsiasi circostanza professionale, ciascun professionista è libero di scegliere la procedura più adeguata, ma il mancato rispetto delle presenti raccomandazioni deve in ogni caso fondarsi su una giustificazione valida. In caso di controversie legali, il tribunale competente potrebbe invitare il soggetto interessato a giustificare la propria scelta di non adottare la procedura raccomandata. In caso di inchieste disciplinari avviate da RICS, i membri che non si sono attenuti alle presenti indicazioni saranno parimenti invitati a motivare il proprio comportamento: le loro dichiarazioni potrebbero essere oggetto di valutazione da parte della Commissione esaminante.

L'importanza delle linee guida ai fini della professionalità è altresì riconducibile al fatto che ciascun membro deve essere sempre aggiornato, dimostrando un'adeguata conoscenza delle raccomandazioni entro un arco di tempo ragionevole rispetto all'entrata in vigore.

Il presente documento è teso a riflettere la giurisprudenza e le leggi applicabili alla data di pubblicazione: è responsabilità del membro stabilire in quale misura eventuali modifiche occorse dopo la data di pubblicazione possano influire su linee guida o informazioni di cui al presente documento.

## Definizione dello status dei documenti

In tema di standard professionali, RICS pubblica diversi materiali, definiti nella seguente tabella. Il presente documento costituisce un esempio di linee guida.

Tipo di documento	Definizione	Status
<b>Standard</b>		
Standard internazionale	Uno standard internazionale di alto profilo basato su criteri di valutazione, sviluppato in collaborazione con altri enti del settore	Obbligatorio
<b>Indicazioni operative</b>		
Indicazioni operative RICS	Documento che illustra i requisiti obbligatori per i membri ai sensi della Regola 4 del Codice deontologico	Obbligatorio
<b>Guide</b>		
Codice professionale RICS	Documento approvato da RICS e avallato da un ente professionale/operatore terzo, che contiene raccomandazioni relative alle buone pratiche consolidate, adottate dai professionisti più scrupolosi	Buona pratica obbligatoria o raccomandata (secondo quanto specificato nel documento stesso)
Linee guida (LG) RICS	Documento contenente raccomandazioni relative alle buone pratiche consolidate, adottate dai professionisti più competenti e scrupolosi	Buona pratica raccomandata
information Paper (IP) RICS	Documento informativo relativo alle procedure, volto a fornire dati sugli ultimi sviluppi e sulle ricerche più recenti	Materiale informativo e/o illustrativo

# Prefazione

In questa seconda decade del terzo millennio saremo testimoni di un'evoluzione del settore dell'edilizia e delle costruzioni più in generale, che passerà da processi sostanzialmente di tipo analogico, risalenti all'era vittoriana, a processi interamente digitalizzati in cui i nostri processi decisionali, durante l'intero ciclo di vita degli asset (immobili o infrastrutture), saranno guidati e supportati da dati digitali raccolti da computer. Un elemento fondamentale per ottenere questo cambiamento è costituito dal Building Information Modelling (BIM), non solo dal punto di vista della tecnologia digitale, ma anche attraverso un cambiamento a livello culturale e dei processi, che consente una maggiore collaborazione e, in ultima analisi, un *modus operandi* integrato che riunisce le fasi di costruzione e di gestione.

Gli economisti rilevano una costante crescita della domanda di servizi BIM stimando, ad esempio, che il mercato del Regno Unito raggiungerà un valore annuo di £ 30 miliardi entro il 2020. Lo sviluppo di capacità BIM e nuove modalità di gestione della conoscenza dell'immobile diventeranno parte essenziale della crescita organizzativa e delle esportazioni.

Il BIM rappresentano un'innovazione rivoluzionaria per il settore delle costruzioni. Insieme ad altri paesi lungimiranti, il Regno Unito guida la corsa planetaria allo sviluppo di standard aperti e di strumenti di supporto per l'adozione del BIM. Insieme si stanno prodigando ai fini dello sviluppo di nuove norme per armonizzare le modalità di gestione delle informazioni, in modo tale che i modelli geometrici 3D ed i dati siano registrati e condivisi da tutte le parti, in ogni fase di costruzione e conduzione di edifici e

infrastrutture nell'ambiente costruito.

Il BIM, per sua stessa natura, rivoluzionerà le attuali modalità di approvvigionamento e conduzione dei nostri asset, portando il settore a un livello più elevato di industrializzazione ed efficienza. Il BIM ha il potenziale per trasformare le relazioni tra i partner della filiera, per creare nuovi modelli di business, per ridurre i costi d'investimento e di gestione, accelerare i tempi di realizzazione, aumentare l'efficienza, ridurre gli sprechi e realizzare i progetti senza errori ("right first time"), grazie a tecniche di *soft landing* e a un flusso di dati predittivi lungo l'intero ciclo di vita dei progetti.

A fronte dell'apertura del settore a questo nuovo futuro, è estremamente importante che organizzazioni e singoli soggetti non restino indietro, che dispongano delle informazioni necessarie per abbozzare piani di trasformazione e tracciare una traiettoria di implementazione delle metodologie BIM nel presente, ma anche con una strategia digitale a più lungo termine orientata al futuro. L'approccio BIM è un campo esteso, che interessa il mondo intero con diverse prospettive, sia in termini di significato che di modalità di applicazione. Nel presente documento saranno approfonditi i concetti e le dinamiche, spesso complesse, che dovrete attuare con intelligenza per forgiare il vostro futuro sullo sfondo di questo nuovo ambiente ricco di dati.

**David Philp**, MSC BSC FRICS FCIQB, RICS BIM Manager

**Responsabile BIM Mace e UK BIM Task Group**

# 1 Introduzione e premesse

Il dibattito sul cosa, sul come e sul perché del building information modelling (BIM) ha sommerso il settore delle costruzioni. Il BIM ribadisce l'importanza della natura di questo settore, caratterizzato da un'elevata quantità di informazioni, e mette in luce i molteplici legami tra tecnologia, persone e processi. Gli esperti prevedono una trasformazione rivoluzionaria del settore, i governi varano programmi nazionali nella speranza di ottenere grandi benefici, mentre singoli individui e organizzazioni si adeguano rapidamente a questi sviluppi, in alcuni casi con baldanzosi passi avanti, in altri aspettando che si faccia più chiarezza in materia.

In questo momento è essenziale comprendere con esattezza lo stato attuale e futuro del BIM. Lo si può fare con un documento conciso che, da un lato, dia una visione olistica dello stato attuale e, dall'altro, sfruttando forze presenti sul campo, tracci delle linee guida strategiche ad uso dei singoli e delle organizzazioni coinvolte nella creazione e nella conduzione del nostro ambiente costruito.

## 1.1 Finalità delle linee guida

Le presenti linee guida presentano principi internazionali generali riguardanti la modalità di implementazione e di utilizzo del BIM nelle fasi di progettazione, costruzione e conduzione del nostro ambiente costruito, compresi gli aspetti relativi alla gestione dell'approvvigionamento e all'asset management. Tali principi nascono per essere utilizzati come quadro generale entro il quale sviluppare standard nazionali o linee guida regionali sul BIM, oltre che ad uso di individui e organizzazioni. Pertanto, il presente documento va inteso come destinato a qualsiasi azienda o professionista che utilizzi il BIM o che preveda di poterlo fare nel prossimo futuro.

Sulla scorta di tali premesse, le presenti linee guida si concentrano sulla capacità del BIM di trasformare e integrare le prassi correnti, migliorando in modo sostenibile i livelli di performance in termini di creazione e conduzione del nostro ambiente costruito. La letteratura dimostra chiaramente che il focus del settore si è concentrato sul "che cosa" e sul "perché" del BIM. Dagli studi emerge il contesto in cui il BIM è stato applicato nel settore, rispondendo così al "che cosa". Allo stesso modo, si sono studiati i vantaggi e le ragioni per l'adozione del BIM in progetti edilizi, rispondendo così alla domanda sul "perché". Comunque, vi sono delle lacune nella comprensione di **come** un'organizzazione (insieme ai professionisti che la compongono) si regoli e si adatti alla diffusione del BIM. Occorre valutare in modo più attento e approfondito come si trasforma un'organizzazione per effetto dell'adozione del BIM, considerando anche la trasformazione dei gruppi / consorzi di progettazione alle quali partecipa.

Le presenti linee guida cercano di rispondere alla domanda sul "come". Le implicazioni del BIM a livello inter- e intra-organizzativo sono trattate sotto forma di mappe di processo, con identificazione degli input e degli output. La mappatura copre le seguenti dimensioni principali, a parte le questioni tecnologiche:

- 1 i soggetti, il processo e le problematiche organizzative per tutto il ciclo di vita di un progetto
- 2 la visione generale dei principali attori di un progetto
- 3 indicazioni a livello individuale e societario; e
- 4 gli aspetti inter-organizzativi, oggetto di particolare attenzione. Abbiamo analizzato la trasformazione organizzativa e i cambiamenti nelle interazioni inter-organizzative indotti dalle tecnologie digitali nel contesto della progettazione, della costruzione e della conduzione dell'ambiente costruito.

Le presenti linee guida si concentrano sulle strategie attuative per tutte le tipologie di progetti relativi all'ambiente costruito, da quelli medio-piccoli a quelli grandi e complessi. La Sezione 1 espone un'introduzione generale al BIM a livello settoriale e le relative premesse, affrontando altresì questioni più ampie a livello di settore, quali l'asset management, la gestione degli approvvigionamenti e i collegamenti alle smart city. Nella Sezione 2 sono descritti gli aspetti tecnologici del BIM. Le problematiche del BIM relativamente ai processi e alle prassi sono affrontate nella Sezione 3, mentre le questioni organizzative sono oggetto della Sezione 4. La Sezione 5 fornisce infine una sintesi dei futuri sviluppi in relazione al BIM.

## 1.2 Panoramica del BIM

Una veloce ricerca online dei termini "building information modelling" e "BIM" produce più di 1,5 milioni di risultati (anche utilizzando un fattore di rilevanza inferiore all'1% si ottengono risultati che non sarebbe umanamente possibile elaborare).

È evidente che le informazioni sul BIM non mancano. La vera difficoltà consiste nel passare al vaglio le numerose informazioni disponibili in rete per farsi un'idea corretta del cosa, del come e del perché del BIM. Ciò nonostante, un discorso sul BIM non può che partire da una definizione e da una panoramica generale e mirata.

Non esiste una definizione universalmente accettata di BIM, ma quasi tutte le fonti rispondono in modo più o meno simile alla domanda "in che cosa consiste il BIM?". La ragione dell'assenza di una definizione comunemente accettata potrebbe essere dovuta al fatto che il concetto di BIM è in costante evoluzione: nuove aree e nuove frontiere rendono fluidi i confini di una sua possibile definizione. Forniremo comunque alcune delle migliori definizioni che sono state date a questo concetto.

“Il BIM è uno tra i più promettenti sviluppi che consentono l’accurata creazione digitale di uno o più modelli virtuali di un **edificio**, facilitandone le attività di progettazione, costruzione, fabbricazione ed approvvigionamento che portano alla sua realizzazione.”

(*BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers, and contractors*, Chuck Eastman et al, 2011, grassetto aggiunto).<sup>1</sup>

“Il Building Information Modelling è la rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di una **struttura**, che crea una risorsa di conoscenza condivisa per ottenere informazioni sulla struttura stessa, ed una base affidabile per tutte le decisioni nel corso del suo ciclo di vita, dall’ideazione iniziale alla demolizione.”

(*National BIM standard: version 2 - FAQs*, US National BIM Standards Committee (NBIMS), 2014, grassetto aggiunto).<sup>2</sup>

“Il BIM consiste essenzialmente nella collaborazione a valore aggiunto lungo l’intero ciclo di vita di un **immobile**, alla cui base si colloca la creazione, il confronto e lo scambio di modelli tridimensionali (3D) condivisi e dei dati intelligenti e strutturati che li sottendono.”

(*What is BIM?*, UK Building Information Modelling Task Group, 2013, grassetto aggiunto).<sup>3</sup>

“Building Information Model – Prodotto: una rappresentazione digitale *object-based* delle caratteristiche fisiche e funzionali di una **struttura**. Funge da risorsa di conoscenza condivisa per ottenere informazioni su una struttura, base affidabile per le decisioni lungo l’intero ciclo di vita dal momento iniziale.

Building Information Modelling – Processo: una raccolta di utilizzi di modelli, workflow e metodi di modellazione, utilizzata per ottenere informazioni specifiche, ripetibili e affidabili dal modello. I metodi di modellazione influiscono sulla qualità delle informazioni generate a partire dal modello. Il quando e il perché si ricorre a un modello e lo si condivide hanno un impatto sull’uso efficace ed efficiente del metodo BIM come supporto alle decisioni e per ottenere i risultati auspicati dal **progetto**.

Building Information Management – Definizione dei dati: il Building Information Management è alla base degli standard e dei requisiti applicati ai dati finalizzati all’uso del BIM. La continuità dei dati consente uno scambio efficace di informazioni in un contesto in cui mittente e ricevente comprendono l’informazione.”

(*The VA BIM guide*, US Department of Veteran Affairs, 2010, grassetto aggiunto).<sup>4</sup>

“BIM: modello di informazioni sulla costruzione di un edificio che realizza una rappresentazione digitale condivisa delle caratteristiche fisiche e funzionali di qualsiasi **oggetto costruito** (ivi inclusi fabbricati, ponti, strade, etc.) e che costituisce una base affidabile per i processi decisionali.”

(*ISO 29481-1:2010(E) Building information modelling - Information delivery manual: Part 1: Methodology and format*, BSI, 2010, grassetto aggiunto).<sup>5</sup>

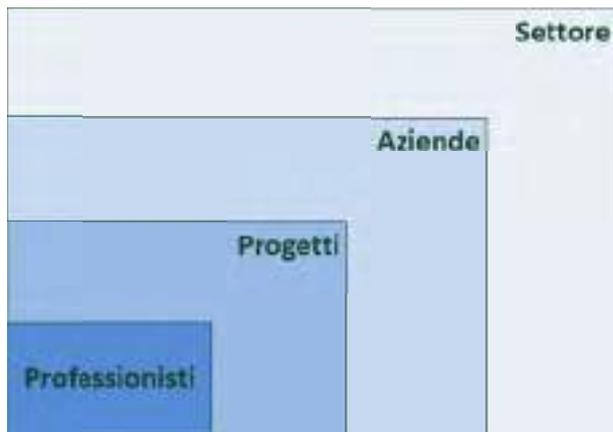
Queste definizioni, unitamente al recente dibattito sul BIM, sottendono alcune sfumature concettuali che vale la pena di chiarire:

- L’uso dei termini “edificio”, “struttura” o “immobile” e “progetto” evidenzia il dilemma causato dal termine “building” (edificio) nel concetto di Building Information Modelling. Per evitare confusione tra la forma verbale “building” (costruire) e il sostantivo “building” (edificio), molte organizzazioni hanno evitato di utilizzare il termine “building” nelle loro definizioni, sostituendolo con “facility”, “project” “asset”.
- È plausibile che si attribuisca più importanza al termine “model” o “modelling” che al termine “information”. Quasi tutte le discussioni relative al BIM evidenziano il fatto che le informazioni catturate dal modello sono più importanti dello stesso modello o dell’attività di modellazione (mentre, secondo il presente documento, le informazioni dipendono dalla qualità del modello sviluppato). Alcuni esperti definiscono a ragion veduta il BIM come “la gestione di informazioni per tutto il ciclo di vita dell’opera costruita”.<sup>6</sup>
- Spesso il termine “model” (modello) è utilizzato in modo intercambiabile con “modelling” (modellazione). È evidente che il BIM riguarda tanto il modello quanto il processo di modellazione, ma in ultima analisi, è più di tutto questo: si tratta di fatto dell’uso efficace ed efficiente del modello (e delle informazioni in esso contenute) attraverso un processo di modellazione efficiente. Quel che conta è il modello, il processo di modellazione o l’uso che si fa del modello?
- Riguarda soltanto gli edifici? Il BIM riguarda anche tutti i componenti dell’ambiente costruito (nuovi e pre-esistenti). Il ricorso a modelli BIM in ambito infrastrutturale è sempre più diffuso e il loro uso a livello industriale precede la sua introduzione nel settore dell’edilizia.
- Il BIM attiene alle tecnologie ICT o al software? La tecnologia è arrivata a uno stadio tale di maturazione in cui possiamo concentrarci solo sulle questioni connesse al processo e alle persone? Oppure queste questioni restano intrecciate ad altre di natura tecnologica?
- È importante sottolineare l’aspetto di condivisione del BIM. Il BIM potrà diventare una scelta obbligata, e non solo una possibilità, per quanto ambito, solo nel momento in cui sarà diffuso in tutta la catena del valore. Ciò potrà avvenire quando saranno disponibili la tecnologia, i workflow e le prassi necessari a consentire un BIM condiviso e collaborativo.

Per una definizione olistica del BIM vanno chiaramente considerati tre aspetti interconnessi:

- **il modello in sé e per sé** (una rappresentazione computabile delle caratteristiche fisiche e funzionali di una struttura)<sup>7</sup>
- **il processo di sviluppo del modello** (l’hardware e il software utilizzati per lo sviluppo del modello,

Figura 1: Implicazioni generali del BIM



l'interscambio e l'interoperabilità dei dati informatici, i flussi di lavoro collaborativi e la definizione dei ruoli e delle responsabilità dei membri del team di progetto in relazione al BIM e ad un ambiente dati comune); e

- **l'uso del modello** (modelli di business, prassi collaborative, standard e semantica, produzione di deliverable reali durante il ciclo di vita del progetto).

Non si può parlare del BIM solo in termini tecnologici, in quanto presenta implicazioni più ampie – anche se a vari

livelli – per tutti gli aspetti del settore dell'ambiente costruito. Il suo impatto riguarda le seguenti dimensioni principali:

- 1 il continuum di persone, progetti, aziende e il settore nel suo intero (si veda la Figura 1)
- 2 l'intero ciclo di vita del progetto e la visione generale mondiale dei principali attori coinvolti (si veda la Figura 2)
- 3 i legami tra BIM e il "sistema operativo" dell'ambiente costruito (si veda la Figura 3); e
- 4 la modalità di realizzazione del progetto, influenzando su tutti i suoi processi.

Le caratteristiche tecniche di un modello e il processo di sviluppo del modello stesso sono maturate negli anni. L'associazione internazionale BuildingSMART International (BSI) ha compiuto importanti e graditi passi avanti nella definizione del piano computazionale necessario ai seguenti fini:

- rappresentazione del modello, ivi incluse le caratteristiche grafiche, le proprietà e il comportamento dei componenti e dei contenuti del modello
- standard di interoperabilità, ivi inclusa la rappresentazione e l'interscambio di dati
- accordo su una terminologia comune e sulla creazione di codici identificativi univoci per prodotti, componenti e contenuti
- sviluppo di un formato di file "aperto" per la memorizzazione dei dati

Figura 2: Stadi del ciclo di vita e prospettive dei vari attori

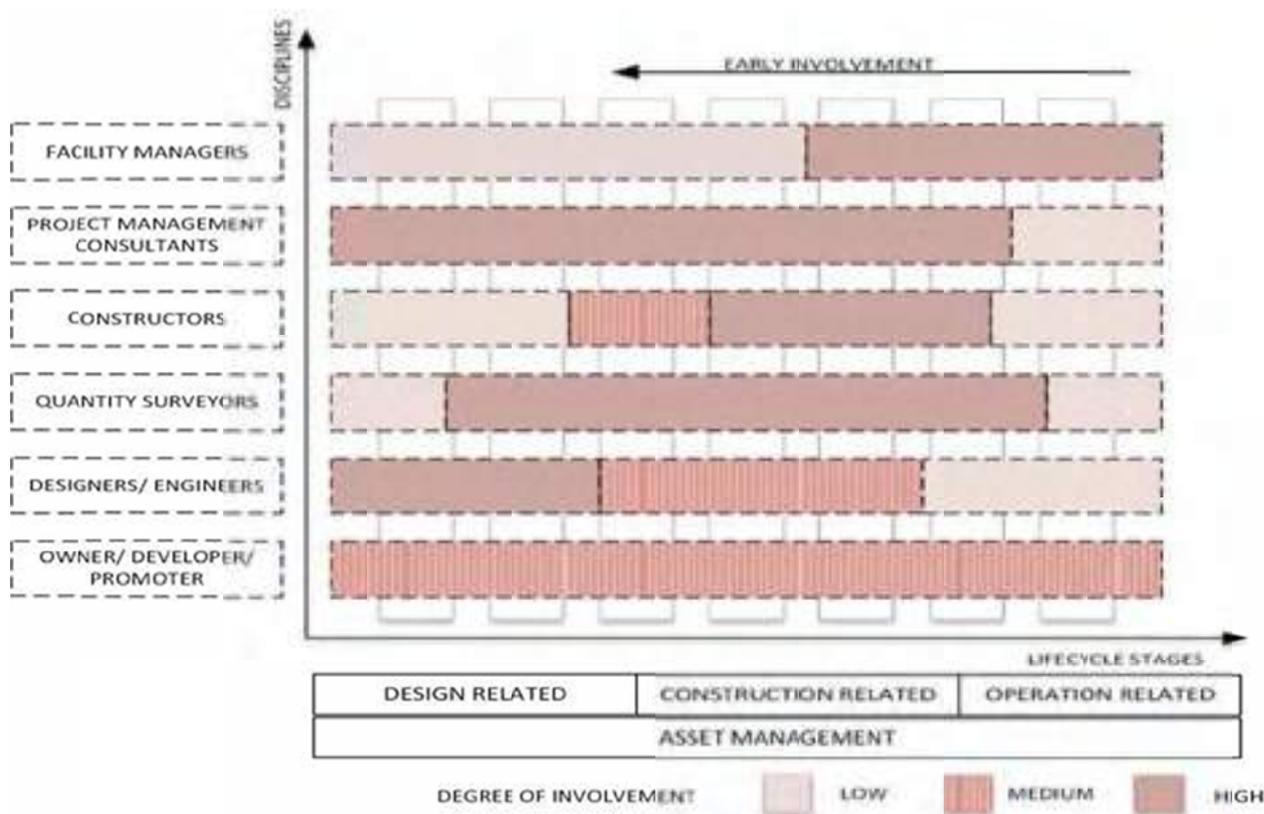
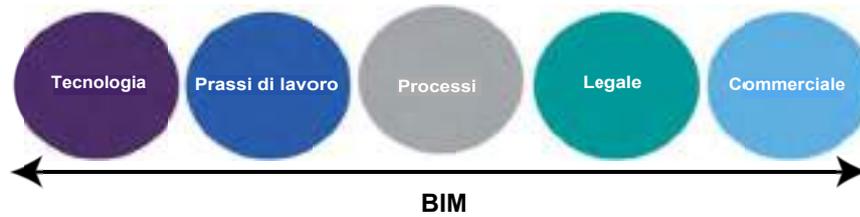


Figura 3: Impatto del BIM sul sistema operativo dei progetti



- creare protocolli di condivisione delle informazioni; e
- assicurare un servizio di certificazione per applicativi software conformi.<sup>9</sup>

dalle conoscenze che dalle capacità, con un maggiore orientamento al prodotto

### 1.3 Perché il BIM è importante?

Il BIM è un importante sviluppo che negli ultimi tempi ha travolto il settore delle costruzioni e dell'ambiente costruito a livello planetario. Agendo come elemento catalizzatore, si è tradotto in un ripensamento delle modalità di progettazione, costruzione e conduzione dell'ambiente costruito.<sup>10</sup> Fondamentalmente costituito da un concetto basato sulla tecnologia, il BIM, associato alle questioni attinenti a persone, processi e organizzazioni, può esercitare un impatto significativo sul settore. Va inteso come un meccanismo che consente la creazione, l'archiviazione e la condivisione delle informazioni di progettazione da parte del team di progetto in modo di gran lunga superiore ai metodi di generazione, condivisione e utilizzo delle informazioni attualmente in uso. Una citazione di Chuck Eastman sintetizza il modo di intendere il BIM:

“Il processo BIM è rivoluzionario perché offre l'opportunità di migrare da prassi incentrate sulle abilità umane verso abilità meccaniche più elevate e moderne – con tutte le implicazioni del caso”.

(*What is BIM?*, C. Eastman, 2009).<sup>11</sup>

In teoria, il BIM è in grado di correggere tutti gli “errori” che caratterizzano il settore, realizzando tutti gli ambiziosi obiettivi che ci si è posti. Ad esempio, il BIM può:

- migliorare la creatività di architetti e ingegneri, assicurando uno stretto allineamento tra progetto, costruzione e conduzione dell'ambiente costruito
- fornire capacità analitiche in grado di ottimizzare funzioni a livello di progetto e di organizzazione come la gestione del rischio, la gestione degli approvvigionamenti e l'asset management
- favorire la società riducendo gli sprechi e ottimizzando l'uso delle risorse, oltre che realizzando un ambiente costruito più verde e sostenibile
- consentire ai gruppi di progettazione una migliore integrazione, incrementando la collaborazione, il coordinamento e la comunicazione
- consentire una maggiore pervasività delle informazioni di progetto, realizzando il paradigma “informazioni sempre e ovunque”
- rendere il settore delle costruzioni più determinato

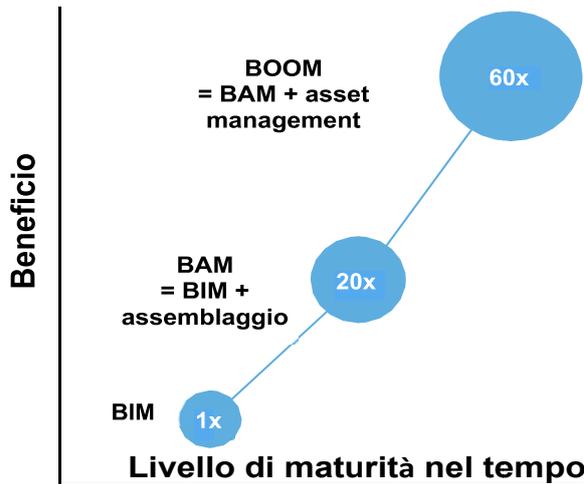
- aumentare l'efficienza operativa dell'ambiente costruito, integrando e automatizzando i processi di facility management
- ottimizzare i paradigmi contrattuali e di approvvigionamento
- standardizzare processi e sistemi per una maggiore redditività
- costituire un elemento facilitatore tale da consentire al settore dell'ambiente costruito di attingere a tecnologie emergenti come la fabbricazione digitale, il cloud computing, i Big data e così via
- consentire al settore dell'ambiente costruito di contribuire a più ampie questioni sociali come le città sostenibili e le smart city
- incrementare il capitale intellettuale e reputazionale del settore; e
- creare nuove opportunità di business per nuovi e vecchi attori.

Insomma, il BIM è proprio la panacea che il settore stava aspettando? Certamente no. Tutti i rivoluzionari cambiamenti che abbiamo citato, teoricamente consentiti dall'introduzione del BIM, sono subordinati alla capacità del team di progetto di elaborare e utilizzare modelli ad alta fedeltà ricchi di informazioni. Se il BIM per sua stessa natura è meno incline all'errore, qualsiasi inefficienza dovesse insinuarsi nei modelli renderà naturalmente meno plausibile l'utilizzo del modello per ottenere altri vantaggi.

Da un punto di vista più ottimistico, si potrebbe considerare il BIM come una forza che può consentire al settore e ai suoi elementi costitutivi di realizzare gli ambiziosi obiettivi sopra elencati. In ottica pessimistica, tuttavia, questi stessi obiettivi potrebbero essere visti come impedimenti all'adozione del BIM. Realisticamente, sembra che il settore si trovi a un crocevia e che il BIM possa essere sfruttato come veicolo per virare nella giusta direzione. Prevediamo un brillante futuro di diffusione del BIM, per cui è essenziale pianificare con attenzione l'implementazione a livello di settore, specialmente per le piccole e medie imprese (PMI).

Se correttamente utilizzato, il BIM può consentire al settore dell'ambiente costruito di ottenere gli stessi aumenti di produttività registrati in altri settori, come nel comparto manifatturiero. Patrick MacLeamy, Presidente e CEO di HOK, ha elaborato un'illustrazione grafica che evidenzia come il livello di maturità BIM possa crescere e influire in modo significativo sul settore. Come si evince dalla Figura 4, MacLeamy prevede un incremento dei benefici da 20 a 60

Figura 4: Il futuro del BIM



Adattamento da *The future of the building industry: BIM-BAM-BOOM!* Presentazione di Patrick MacLeamy.<sup>12</sup>

volte purché il metodo sia applicato in modo olistico. Dai livelli correnti, è possibile un aumento di 20 volte utilizzando il metodo BIM in abbinamento a tecniche di fabbricazione e assemblaggio digitale. È possibile moltiplicare di 60 volte i benefici se si abbina il BIM a un processo di fabbricazione e assemblaggio digitale, con una visione generale di asset management basata su BIM.

## 1.4 Adozione di sistemi BIM nel mondo

Nel momento in cui scriviamo, il settore dell'ambiente costruito è inondato di informazioni e iniziative relative al BIM.

Il BIM non è una tecnologia nuova. Il cambiamento chiave avvenne circa 15 anni fa, quando ricercatori e professionisti si resero conto che la tecnologia non avrebbe potuto essere di per sé sufficiente a ottenere il successo e che le interrelazioni tra persone e processi avrebbero dovuto evolversi di pari passo con la tecnologia per consentire uno scenario d'implementazione realizzabile. Negli ultimi anni, questo connubio di tecnologia, persone e processi consentito dal BIM ha preso piede sia a livello di ricerca che di prassi.<sup>13</sup>

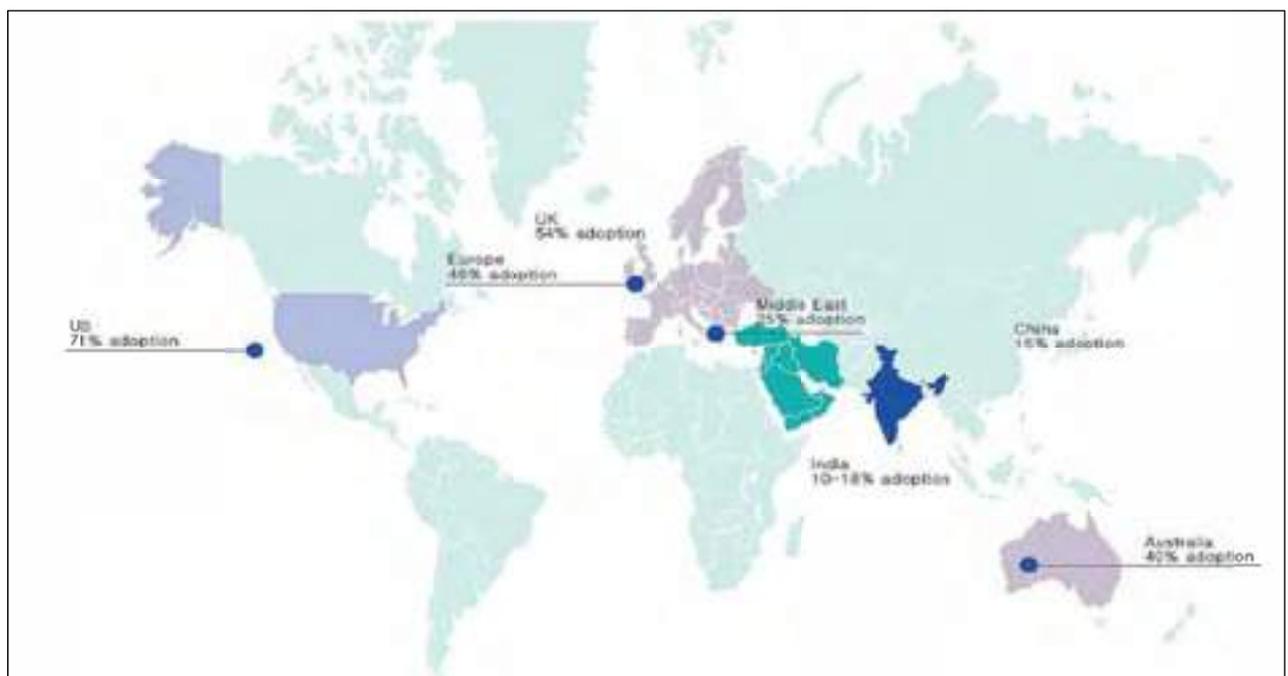
Se è vero che il concetto del BIM come tecnologia circola da più di un decennio, solo di recente, grazie al dibattito su questioni relative a persone e processi, ha acquistato popolarità nel settore e tra ricercatori. Questo cambiamento è in atto da meno di dieci anni e, secondo ricercatori e professionisti, l'inizio della cosiddetta "era BIM" si colloca tra il 2005 e il 2008.<sup>14, 15</sup> Un'intensa attività in relazione al BIM caratterizza il settore e gli ambienti accademici in USA e Regno Unito.<sup>16, 17, 18</sup>

Oggi il BIM è diffuso in tutto il mondo e molti paesi dichiarano che sta esercitando un'influenza sui rispettivi settori a vari livelli. Il settore delle costruzioni nei paesi sviluppati si sta affrettando ad adottare il BIM come elemento catalizzatore per conseguire efficienze operative, e l'adozione del sistema ha registrato un enorme aumento negli ultimi tre-cinque anni. Sono state condotte indagini annue per documentare lo stato di cose, e sono in corso iniziative a livello nazionale volte all'elaborazione di standard e linee guida BIM.

Si è intensificata anche l'attività di ricerca incentrata sul BIM. Quasi tutte le informazioni disponibili nella letteratura basata sulla ricerca e nelle pubblicazioni di settore si concentrano pertanto essenzialmente su pochi paesi selezionati, per lo più nel contesto del mondo sviluppato.

I paesi in via di sviluppo non si sono ancora affacciati sulla scena, fatto che potrebbe sembrare in contraddizione: il volume di attività edilizia in tali paesi

Figura 5: Adozione dei sistemi BIM nel mondo



sembra destinato a crescere e il guadagno che potrebbero trarne è enorme.<sup>19</sup> Lo stato della ricerca, dell'educazione e della prassi in relazione al BIM nel resto del mondo, specialmente nei mercati emergenti, è in gran parte non documentato. Dato l'importante spostamento dell'attività edile verso i mercati emergenti, è prudente esplorare il tema del BIM dal loro punto di vista.

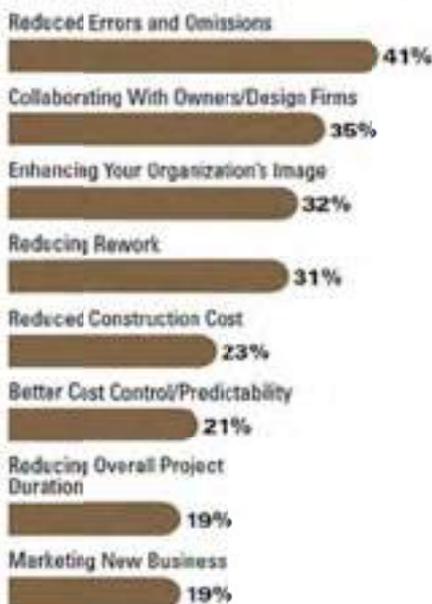
Un recente report di McGraw Hill dal titolo *The business value of BIM for construction in major global markets*<sup>20</sup> offre una prospettiva molto ampia e aggiornata sullo stato del BIM in importanti mercati di tutto il mondo (si veda la Figura 5). Vi è sintetizzato lo stato di adozione BIM negli ultimi tre-cinque anni in Canada, Francia, Germania, Regno Unito e USA, considerati mercati maturi. Sono trattate anche nuove aree di mercato come Australia, Brasile, Giappone, Nuova Zelanda e Corea del Sud, con qualche dato preliminare sull'adozione del BIM in Cina e India. Nel complesso il report suggerisce una solida diffusione del BIM a livello globale, con in testa gli USA e i paesi scandinavi. Anche il Regno Unito ha compiuto grandi passi avanti, pur essendo stato tra gli ultimi a partire. Il report evidenzia gli imminenti cambiamenti positivi del settore, specialmente grazie al contributo generale del contractor.<sup>21</sup> Ecco i principali dati emersi dallo studio:

- le società di costruzioni hanno registrato un buon livello di redditività degli investimenti, e prevedono maggiori risparmi in futuro
- il volume di lavoro delle società di costruzioni che utilizzano BIM aumenterà del 50% entro il 2016

**Figura 6: I vantaggi del BIM**

**Contractors Citing BIM Benefit as Among Top Three for Their Company**

Source: McGraw Hill Construction, 2012



Per gentile concessione di McGraw Hill Construction, *The business value of BIM for construction in major global markets*. New York, NY, 2014.

- esperienza, livello di competenza e impegno sono essenziali ai fini di un'efficace implementazione del BIM; e
- si attendono maggiori investimenti nel BIM.

A livello di progetto, l'uso di metodologie BIM consente di ottenere numerosi vantaggi. I membri del team di progetto raccontano che il BIM consente una migliore visualizzazione, un miglior coordinamento (anche individuando e risolvendo eventuali conflitti) e una riduzione delle rilavorazioni. Lo studio coglie i principali vantaggi dell'adozione del BIM da parte di società di tutto il mondo, come mostra la Figura 6.

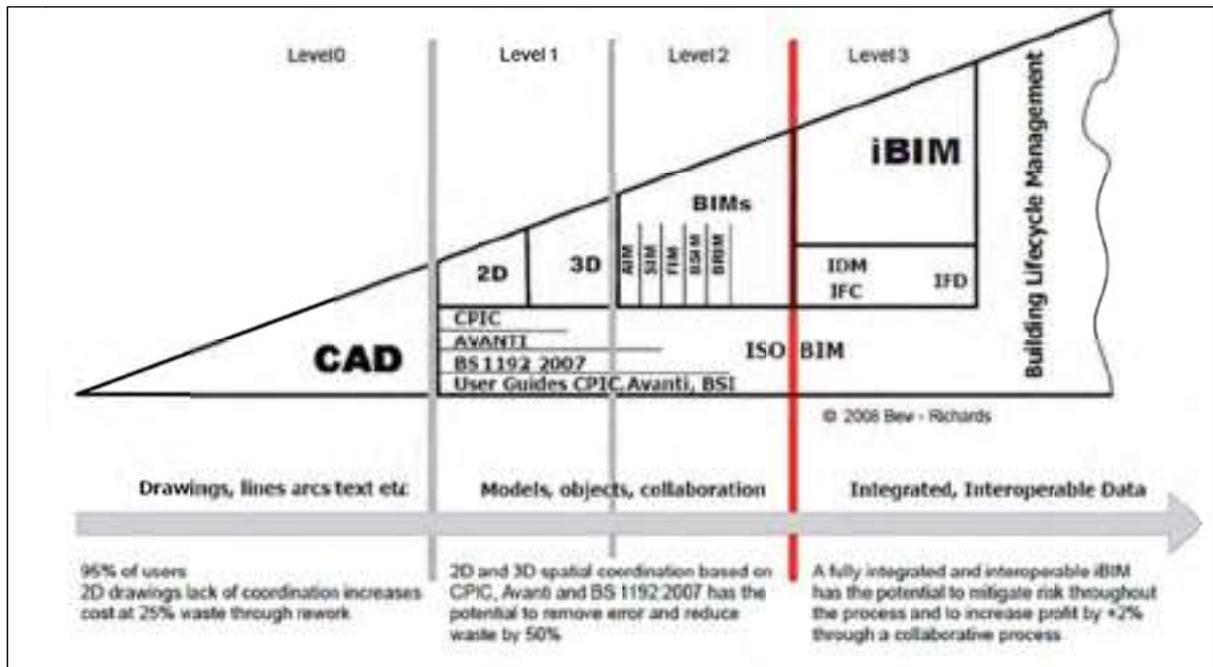
## 1.5 Iniziative nazionali in ambito di BIM

Uno dei più importanti elementi propulsori dell'adozione del BIM e del suo utilizzo è costituito dagli interventi governativi di supporto (sebbene ciò sia oggetto di discussione, in quanto alcuni esperti non apprezzerrebbero un eccessivo intervento pubblico). La letteratura cita numerose iniziative da cui si evince uno sforzo concentrato a livello nazionale per cogliere i vantaggi del BIM. Gli USA, il Regno Unito e i paesi scandinavi sono all'avanguardia di queste iniziative a livello nazionale.

Negli USA, il National Institute of Building Sciences (NIBS) iniziò a occuparsi del BIM attraverso il Facility Information Council nel 1998. Nel 2007, il National BIM Standard (NBIMS)-US Project Committee (uno specifico comitato della buildingSMART alliance di NIBS) pubblicò il National BIM Standard, di cui oggi è disponibile la versione 2. Si tratta probabilmente del primo intervento nazionale di cui si abbia notizia, simile allo sviluppo di uno standard di progettazione assistita da computer (CAD) nazionale, deciso da un governo a livello nazionale. Più o meno contemporaneamente, la US General Services Administration (GSA) nel 2003 ha lanciato anche un suo Programma 3D-4D BIM nazionale.

Nel Regno Unito il BIM si è sviluppato molto lentamente fino alla pubblicazione, da parte del BIM Task Group del governo britannico, di una BIM Policy, a maggio 2011. La pubblicazione ha in un certo senso "acceso una lampadina" <sup>22</sup> per il settore delle costruzioni nel Regno Unito. Ora il paese è considerato all'avanguardia e influenza le iniziative BIM a livello mondiale.<sup>23</sup>

Uno dei più importanti contributi dell'attività relativa al BIM nel Regno Unito è il modello di maturità BIM (noto come modello di maturità BIM di Bew-Richards; si veda la Figura 7).<sup>24</sup> Questo modello a rampa mostra una transizione sistematica dei livelli di maturità BIM del settore. Al livello 0, la realizzazione e la conduzione di progetti/asset è basata su informazioni bidimensionali (2D), essenzialmente su supporto cartaceo, con possibili inefficienze. Il Livello 1 segna una transizione da un ambiente cartaceo a un ambiente 2D e 3D, con uno spostamento del focus sulla collaborazione e sulla condivisione di informazioni. Al livello 2, si passa a un metodo comune di produzione, scambio, pubblicazione e archiviazione delle informazioni. Contestualmente, lungo la rampa del livello 2, inizia l'inclusione nel modello di intelligence e metadati aggiuntivi. Comunque, trattandosi di modelli proprietari e incentrati sulle singole discipline, questo livello è talvolta definito "pBIM". L'integrazione del modello avviene sulla base di un ambiente di dati comune (CDE, *Common Data Environment*). Al livello 3 si raggiunge un "iBIM" completamente integrato, contrassegnato dall'uso di un singolo modello accessibile a tutti i membri del team.<sup>25</sup>

Figura 7: Modello di maturità BIM di Bew-Richards <sup>27</sup>

Riprodotta con il permesso di Mark Bew e Mervyn Richards.

Il raggiungimento del livello 3 è considerato un livello di maturità aperto, che lascia spazio a ulteriori progressi del BIM e della tecnologia informatica.

Oltre al modello di maturità, il governo britannico ha introdotto il concetto di GSL (Government Soft Landing), che diventerà obbligatorio nel 2016 in linea con il livello BIM 2.<sup>26</sup> Tramite il GSL, il governo favorisce un più stretto allineamento della fase di progettazione e costruzione con quella della conduzione e della gestione del bene. Il GSL garantirà la centralità del fine dell'immobile già dalle fasi di progettazione e costruzione, fino alla consegna e alla conduzione, assicurando un precoce coinvolgimento dell'utente finale. I team di progettazione e costruzione assisteranno l'utente finale al completamento dell'utilizzo dell'immobile, oltre che nella fase di valutazione e feedback post-occupazione. In altre parti del mondo si registrano attività simili. La Tabella 1 sintetizza queste iniziative nelle principali aree del mondo.

## 1.6 Perché il BIM è importante per i professionisti del settore

Il BIM è una realtà importante per i professionisti del settore. È evidente che quasi tutte le associazioni professionali nell'ambito dell'ambiente costruito in tutto il mondo aiutano i propri membri a sviluppare una conoscenza più approfondita del metodo BIM, con integrazioni e interventi migliorativi nelle aree di pertinenza (le più rilevanti tra questo sono il Royal Institute of British Architects [RIBA; che ha aggiornato e pubblicato il RIBA Plan of Work 2013 con applicazione del metodo BIM], l'Institution of Civil Engineers [ICE] e RICS).

Il messaggio è chiaro e inequivocabile: il metodo BIM non è una moda effimera – non si tratta di se, ma di quando.

Il metodo BIM consente ai professionisti dell'ambiente costruito di svolgere meglio il proprio lavoro, con maggiori input collaborativi. Attraverso linee guida e formazione, RICS intende mettere questi professionisti in grado di cogliere le opportunità offerte dal sistema BIM. Il presente documento rientra nell'ambito di questa iniziativa.

## 1.7 Il BIM e i suoi legami con altri paradigmi del settore

Il settore dell'ambiente costruito sta cercando di trasformarsi in un settore efficiente, incentrato sulla qualità, socialmente responsabile e produttivo, in grado di soddisfare le esigenze correnti e quelle delle generazioni future.<sup>38</sup>

Il BIM può avere un ruolo strategico in questa trasformazione, ma sarebbe ingenuo credere che il BIM da solo possa produrre cambiamenti così radicali. È tuttavia evidente che, se associato ad altri paradigmi complementari quali i principi del lean manufacturing, la progettazione edile off-site, la progettazione integrata, la sostenibilità e le smart city,<sup>39</sup> il BIM può imprimere la spinta necessaria.

Come appare nella Figura 8, il BIM è un'attività cardine che, come un ingranaggio, mette in moto altri paradigmi. Ad esempio, in un rapporto pubblicato nel 2013 nel Regno Unito dalla Commission for Employment and Skills, si legge:

“La progettazione offsite offre l'opportunità di controllare in modo più efficace i costi, di rispettare i target del governo in termini di Building Information Modelling (BIM) e di efficienza energetica, di migliorare l'efficienza del processo di costruzione e di ottimizzare la qualità (ivi inclusi gli aspetti di salute e sicurezza in loco).”

(*Technology and skills in the construction industry: Evidence report 74*, Vokes et al, 2013).<sup>40</sup>

**Tabella 1: Sintesi di una serie di iniziative BIM nazionali<sup>28</sup>**

**Australia**

L'adozione del BIM in Australia è in aumento. I suoi sostenitori spingono per una maggiore cooperazione tra le autorità e il settore allo scopo di diffonderne l'uso, con tutti i vantaggi che ne conseguirebbero. La Sydney Opera House è spesso citata come progetto BIM esemplare, che mette in luce i benefici dell'uso del BIM nella gestione di edifici preesistenti.

Secondo la *National building information modelling initiative* (BuildingSMART Australasia, 2012), nei prossimi tre anni il governo australiano ha i seguenti piani:

- Entro il 1 luglio 2014:
  - a) sviluppare contratti BIM nazionali.
  - b) promuovere l'introduzione di formazione sulle metodologie BIM nell'educazione terziaria (sia di tipo professionale che vocazionale).
  - c) sviluppare protocolli per lo scambio di informazioni in modo da consentire una comunicazione affidabile tra settori.
  - d) facilitare l'accesso integrato a informazioni fondiarie, geospaziali e sugli edifici attraverso il coordinamento di attività tra i settori coinvolti.
- Entro il 1 luglio 2015:
  - a) sviluppare codici e standard tecnici nazionali e allinearli agli omologhi internazionali.
  - b) sviluppare un modello dimostrativo per il processo di compliance alle normative in ambito edilizio basato su modelli.
  - c) pianificare la transizione dei codici normativi nazionali e dei meccanismi di compliance verso sistemi di performance basati su modelli.
- Entro il 1 luglio 2016:
  - a) il governo australiano imporrà l'uso del BIM per la progettazione dell'ambiente costruito.
  - b) anche i governi statali/locali e il settore privato saranno incoraggiati a imporre l'uso del BIM per tutti i progetti relativi all'ambiente costruito.<sup>29, 30</sup>

**Singapore**

Entro il 2014:

- Per tutti i nuovi progetti edilizi di almeno 20.000 m<sup>2</sup> sarà d'obbligo la presentazione telematica di modelli BIM d'ingegneria.

Entro il 2015:

- Per tutti i nuovi progetti edilizi di almeno 5.000 m<sup>2</sup> sarà d'obbligo la presentazione telematica di modelli BIM d'ingegneria.
- Un obiettivo generale è l'uso diffuso del BIM nel settore edile di Singapore.
- Il governo di Singapore richiede obbligatoriamente l'uso del BIM, offrendo incentivi a chi adotta precocemente il sistema; l'obiettivo è quello di una maggiore adozione nel settore e, in ultima analisi, la sua completa diffusione entro il 2015.

Entro il 2020:

- Avere un settore edile altamente integrato e tecnologicamente avanzato, con aziende d'avanguardia e una forza lavoro preparata e competente.<sup>31, 32, 33, 34</sup>

**Cina**

La Cina è testimone di un'ampia diffusione del BIM e quasi tutti i player che operano nel settore dell'ambiente costruito sembrano pronti all'adozione del BIM in tempi brevi. Importanti investimenti infrastrutturali sostenuti dalla forte crescita economica generale costituiscono una buona base per l'adozione del BIM. Il governo offre un importante supporto alla crescente adozione del BIM, che è stata inclusa nel 12° Piano quinquennale nazionale (2011–2015). È in corso la definizione di un quadro generale per l'uso del BIM.<sup>35</sup>

**Hong Kong**

La Hong Kong Housing Authority ha fissato l'obiettivo di utilizzare il BIM in tutti i nuovi progetti entro il 2014. È prevista l'organizzazione di una BIM Academy nel primo trimestre del 2014, con l'obiettivo di formare, valutare e certificare professionisti BIM sul territorio nazionale.<sup>36</sup>

**Finlandia**

La Finlandia esprime una cultura fortemente orientata all'innovazione nel settore dell'ambiente costruito. L'attività di ricerca e sviluppo nell'area del BIM in Finlandia è stata molto intensa. Il livello di maturità del BIM nel paese è più avanzato che in qualsiasi altra area del mondo. La Finlandia vanta un settore edilizio agile, con una lunga storia di affidabilità e standard aperti, situazione che facilita l'adozione del BIM. Non vi è un mandato governativo per l'uso del BIM, che tuttavia è utilizzato per rispondere all'esigenza da parte degli studi di progettazione, architettura e ingegneria di una tecnologia più avanzata del CAD.<sup>37</sup>

Figura 8: BIM e altri paradigmi complementari



Le interconnessioni tra paradigmi sono molto evidenti, ma numerosi professionisti e studi le considerano come tra loro disgiunte, vale a dire con una strategia che punta a considerarli "uno alla volta".<sup>41</sup> È importante avere una visione olistica per assicurare il raggiungimento di soluzioni ottimali. Nei punti da 1.7.1 a 1.7.5 sono illustrate queste interconnessioni, per aiutare i professionisti e le organizzazioni che cercano di introdurre migliorie a considerare il BIM in prospettiva più olistica.

### 1.7.1 BIM e lean

Il cosiddetto "lean thinking", originato dal Toyota Production System (TPS), verte intorno ai principi base del miglioramento continuo (*kaizen*) e del rispetto per le persone. Con un approccio che mette in discussione tutto e che abbraccia il cambiamento, un'organizzazione o persino un intero settore possono sistematicamente adottare i principi lean nei processi dei rispettivi core business.<sup>42</sup> L'eliminazione degli sprechi e gli strumenti utilizzati a tale scopo possono essere considerati come una semplificazione superficiale dei principi lean, che vanno molto più in profondità. Comprendendo l'importanza di questi principi, il settore delle costruzioni li sta adottando, trasformandoli sotto l'egida della "lean construction", che può essere a ragione definita come:

"il perseguimento di miglioramenti continui e contestuali nei processi di progettazione, approvvigionamento, costruzione, conduzione e manutenzione, per assicurare valore a tutti gli attori".

(*The Construction Industry Research and Education Center (CIREC)*, Michigan State University, 2006).<sup>43</sup>

I fautori della "lean construction" ritengono che il BIM sia uno strumento lean e sostengono che i concetti lean e il BIM abbiano quattro principali punti in comune:<sup>44, 45</sup>

- 1 il BIM contribuisce direttamente ai principi lean attraverso la riduzione degli sprechi<sup>46</sup>

- 2 i metodi e gli strumenti basati sul BIM possono essere sviluppati e utilizzati per la realizzazione dei principi lean
- 3 i principi e i metodi lean possono essere supportati / facilitati attraverso il BIM; e
- 4 i principi lean facilitano l'introduzione del BIM.

È necessario uno sforzo strategico, tattico e operativo per combinare lean e BIM.

### 1.7.2 Il BIM e la costruzione off-site

Col crescere della domanda da parte del settore edilizio, specialmente nelle economie emergenti, le tecniche di costruzione off-site troveranno crescente diffusione. La costruzione industrializzata o off-site offre diversi vantaggi: costruzione più rapida, miglioramento qualitativo, riduzione dei costi e presenza di un numero più basso di lavoratori in cantiere.<sup>47, 48</sup> Queste tecnologie stanno dimostrando di poter affrontare in modo efficace le tre dimensioni della sostenibilità: ambientale, economica e sociale.

Sebbene l'accettazione generale della costruzione off-site sia ancora problematica, i suoi fautori affermano che essa consente efficienze operative e una riduzione degli sprechi:

"non solo sul cantiere, ma in tutti i processi di progettazione e fabbricazione, ottimizzati con l'uso di sistemi CAD e CAM e con linee di produzione automatizzate o semi-automatizzate".

(*Sustainable steel construction*, Burgan and Sansom, 2006).<sup>49</sup>

Si suggerisce che il BIM avrà un ruolo cruciale per l'affermazione della costruzione off-site, che coglierà i numerosi vantaggi di questa tecnologia. Permettendo la sperimentazione di tecnologie off-site nel processo di progettazione, il BIM può fungere da elemento catalizzatore. Esiste un'importante sovrapposizione tra il BIM e la costruzione off-site, che dovrebbe essere considerata da organizzazioni e professionisti.

### 1.7.3 Progettazione integrata

L'American Institute of Architects (AIA) definisce così la progettazione integrata (IPD, *Integrated Project Delivery*):

"Un approccio progettuale che integri persone, sistemi, strutture aziendali e prassi in un processo capace di sfruttare in modo collaborativo i talenti e le conoscenze di tutti i partecipanti per ottimizzare i risultati del progetto, aumentare il valore per il proprietario, ridurre gli sprechi e massimizzare l'efficienza in tutte le fasi di progettazione, fabbricazione e costruzione".

(*Integrated project delivery: A guide: Version 1*, AIA, 2007).<sup>50</sup>

Il BIM è uno degli strumenti/processi più potenti a supporto della IPD.<sup>51</sup> I processi IPD si svolgono collateralmente al BIM e ne sfruttano le capacità. In genere si nota che il BIM facilita la IPD ottimizzando il coordinamento, la collaborazione<sup>52</sup> e la comunicazione all'interno del team di progetto.

### 1.7.4 Sostenibilità

Il BIM consente al team di progetto di accedere più facilmente all'analisi basata su modelli che, diversamente, risulta

piuttosto ingombrante, e talvolta persino impossibile da eseguire. Grazie a questo tipo di analisi, oggi è possibile progettare, costruire, mettere in opera e gestire l'ambiente costruito minimizzando l'impatto ambientale. Con l'aiuto del BIM, si possono ottenere miglioramenti in termini di efficienza energetica, riduzione dell'impronta di carbonio e uso efficace dei materiali.<sup>53, 54</sup>

In ambiente BIM è facilitata anche la selezione delle alternative progettuali. Già nelle fasi iniziali del ciclo di vita del progetto, i team di ingegneri e architetti possono prendere decisioni basate sull'analisi. La condivisione di dati e informazioni in un ambiente incentrato sui modelli consente al team di progetto di ricercare soluzioni progettuali sostenibili. L'ambiente ricco di informazioni permette di accedere rapidamente a metriche quali l'energia incorporata, le stime iniziali dei costi e altri parametri quantificabili.<sup>55</sup>

### 1.7.5 Smart city

Il BIM non si limita a un singolo immobile: può essere utilizzato anche per sviluppare un modello ricco di informazioni a livello cittadino, di quartiere o di zona. Questi modelli possono diventare le basi del "DNA" digitale delle smart city.<sup>56</sup> Le smart city hanno dimensioni spaziali, fisiche, digitali, commerciali e sociali.<sup>57</sup> I professionisti dell'ambiente costruito possono contribuire alla realizzazione del concetto di smart city con una modellazione 3D ricca di informazioni.

Il BIM nel contesto della smart city richiede l'uso di standard di dati quali CityGML, LandXML e l'Industry Foundation Classes (IFC). Il BIM fornisce una delle principali informazioni per il concetto di smart city, ma non può fare tutto da solo. Il modello di città deve essere collegato a diverse altre fonti di dati, ad esempio dati geospaziali, dati di sensori, dati transazionali provenienti dai cittadini e dati statistici.

## 2 Il BIM come tecnologia

In sostanza, il BIM è costituito da una tecnologia ICT retta dai fondamentali principi del CAD. Sfrutta i progressi tecnologici compiuti nel campo della modellazione 3D, soprattutto nel campo dello sviluppo prodotti e nel settore manifatturiero. Per comprendere il BIM è essenziale avere una comprensione di base della tecnologia centrale che lo anima. In questa sezione sono descritti gli aspetti tecnologici del BIM dal punto di vista dell'utente finale.

### 2.1 La tecnologia alla base dei sistemi BIM

Un modello BIM è un repository digitale centralizzato di informazioni relative agli aspetti fisici e funzionali di un progetto. Il repository di tali informazioni computabili si evolve lungo il ciclo di vita del progetto. Le informazioni sono utilizzate in diversi modi nel processo BIM, sia direttamente che in modo derivato, e sono oggetto di calcoli e analisi. Ad esempio, la rappresentazione 3D di un progetto costituisce l'estrapolazione visiva più comune di queste informazioni. Allo stesso modo, un prospetto di porte e finestre dell'edificio progettato costituisce

un'altra espressione delle informazioni estratte dal repository centrale. Le modalità di raccolta, memorizzazione, modifica, gestione, estrapolazione e utilizzo di queste informazioni sono importanti ai fini del successo del processo BIM.<sup>58</sup> Per tale motivo, un progetto di ambiente costruito può essere considerato come una grande raccolta di oggetti interconnessi (p.es. muri, porte, travi, tubazioni, pompe, etc.). Anche la tecnologia ICT sottostante su cui si fonda la metodologia BIM esegue i predetti compiti con un orientamento di tipo *object-based*. In sintesi, il metodo BIM può essere considerato una raccolta di oggetti "smart" in un database "intelligente".

Tradizionalmente, il software CAD al suo interno rappresenta i dati utilizzando elementi geometrici come punti, linee, rettangoli, piani e così via (si veda la Figura 9).<sup>59</sup> Lo svantaggio di questo approccio è che, se il sistema può descrivere con precisione la geometria in qualsiasi ambito, non è in grado di cogliere informazioni relative a un ambito specifico sugli oggetti (p.es. le proprietà di una colonna, la presenza di una porta o una finestra in una parete, la posizione di un pipe rack etc.). Si può parlare in questo caso

Figura 9: Rappresentazione degli oggetti in BIM<sup>61</sup>

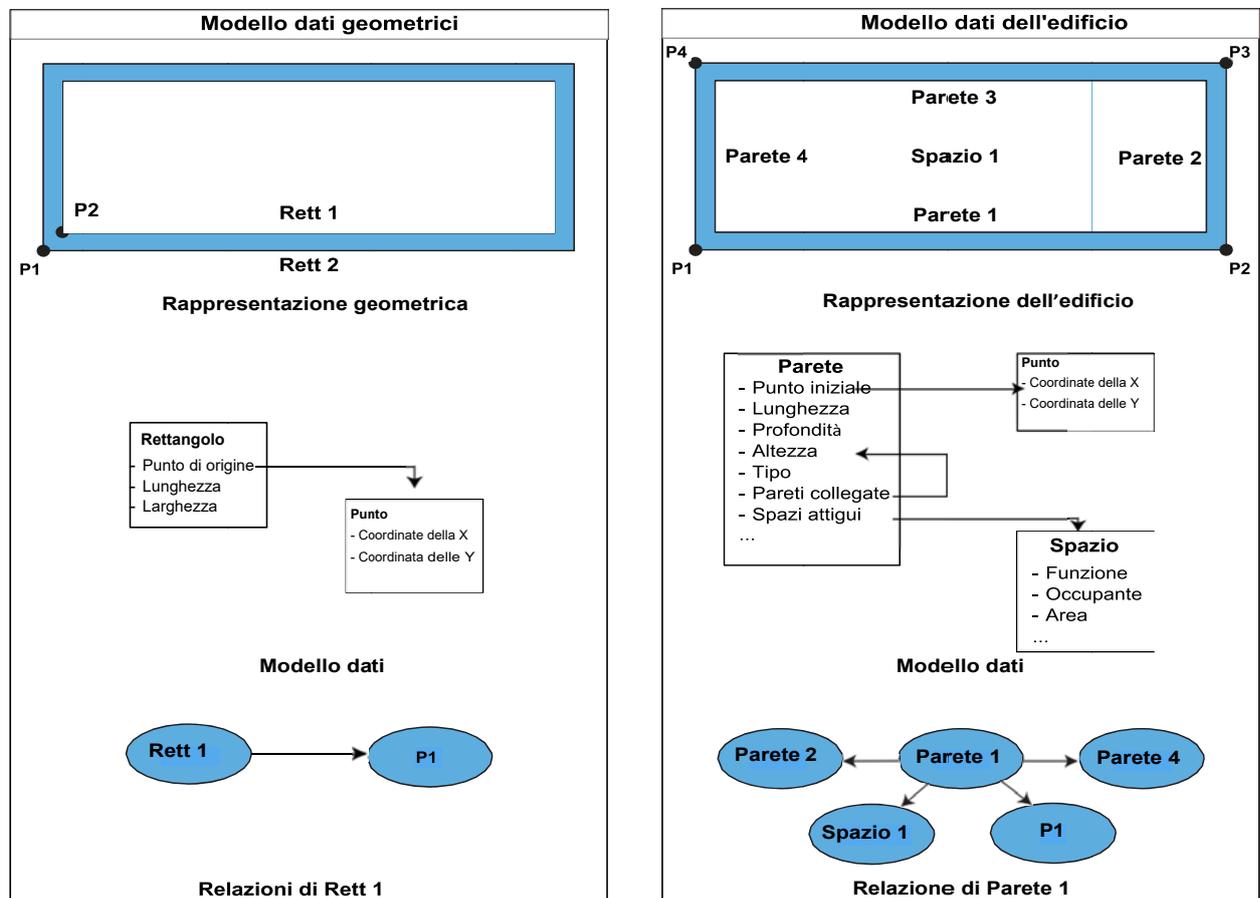
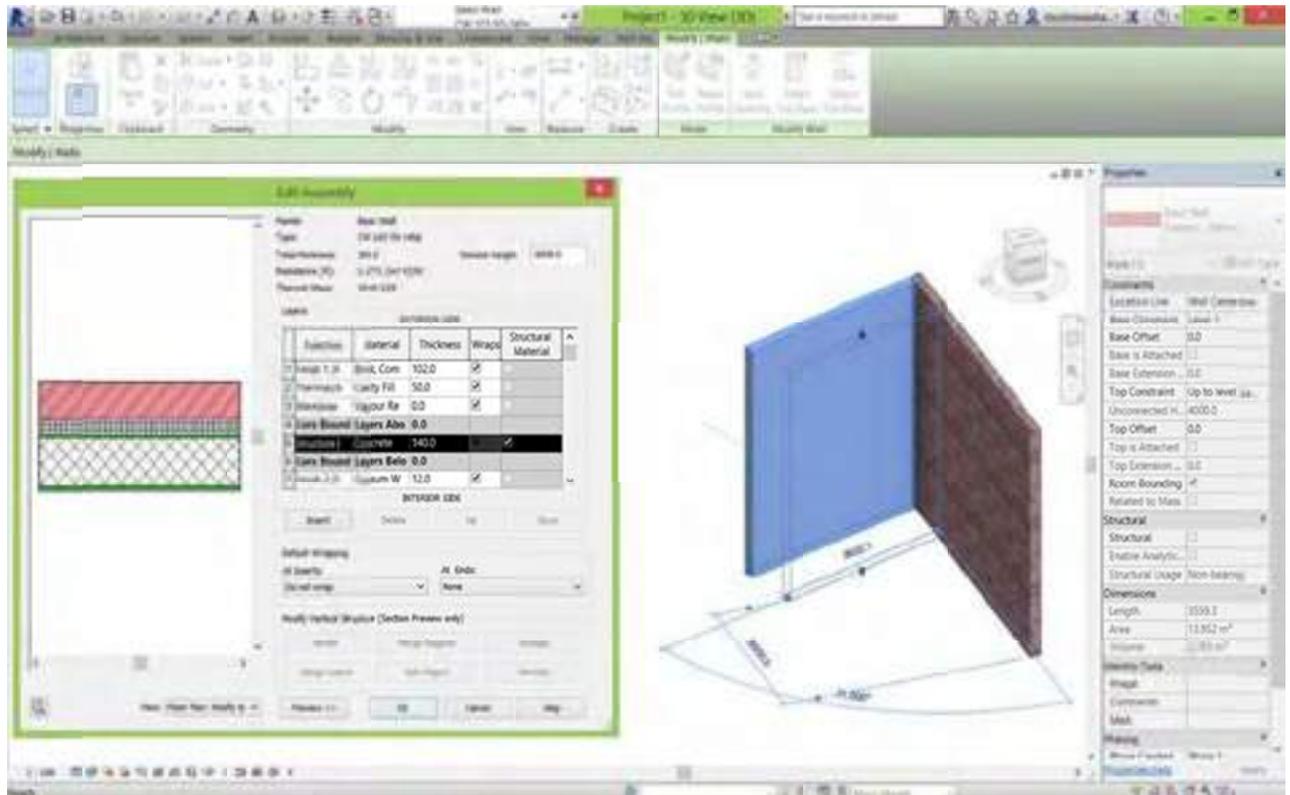


Immagine ristampata con l'autorizzazione di AECbytes ([www.aecbytes.com](http://www.aecbytes.com)).

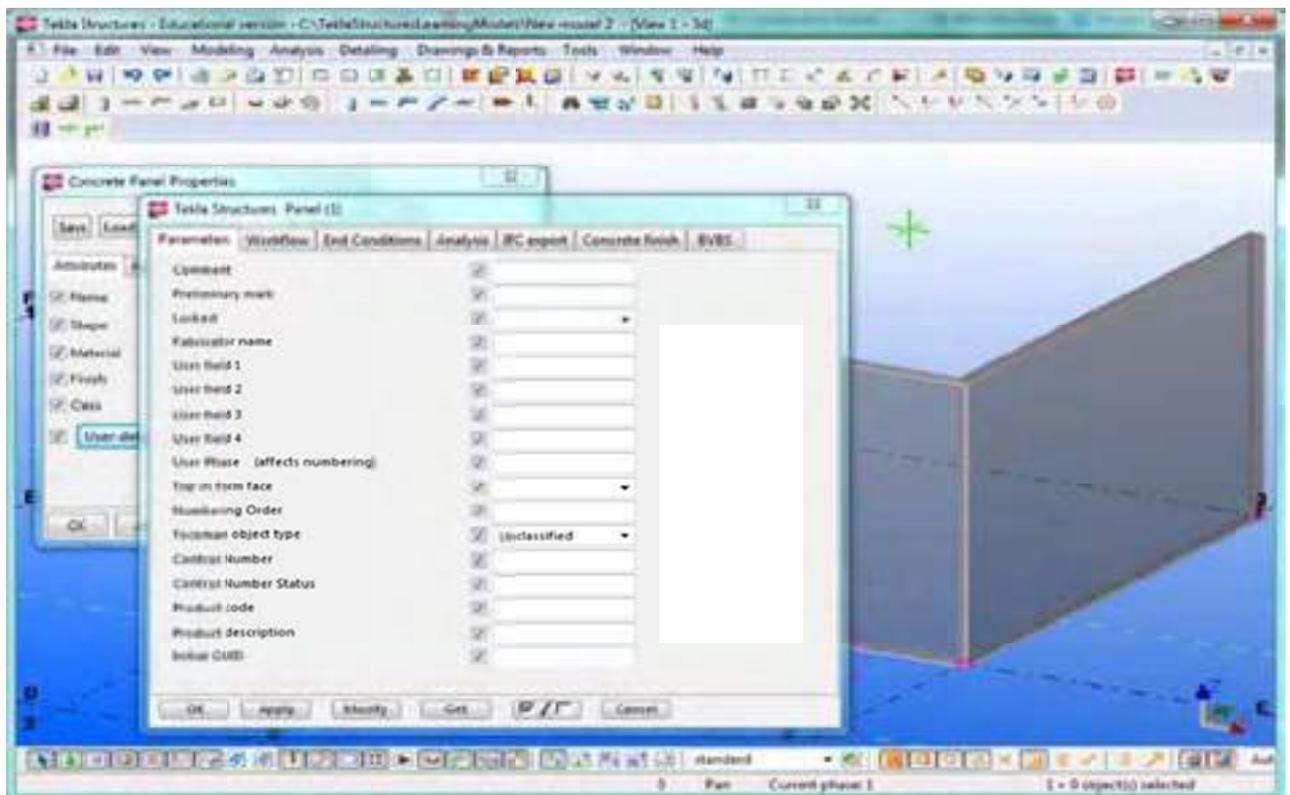


Figura 11: Comportamento degli oggetti in BIM



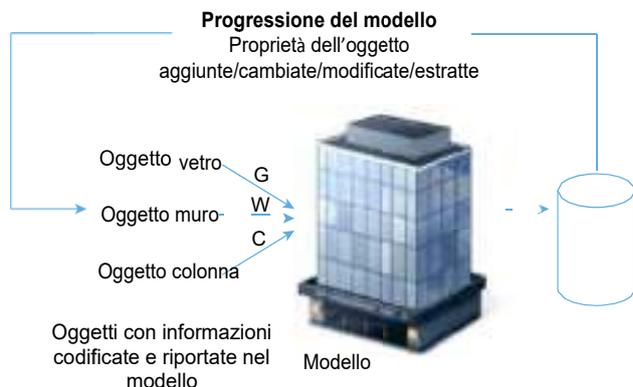
Schermate Autodesk ristampate con il permesso di Autodesk, Inc.

Figura 12: Proprietà e attributi definiti dall'utente



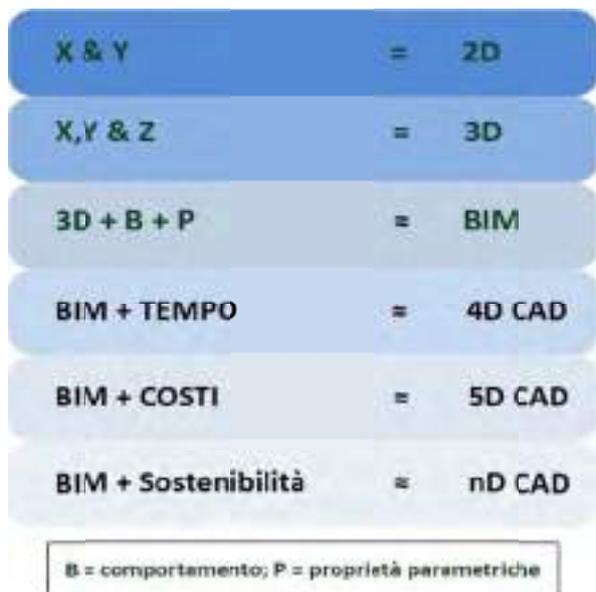
Per gentile concessione di Tekla. Tekla è un marchio registrato di Tekla Corporation.

**Figura 13: Progressione del modello in ambiente BIM**

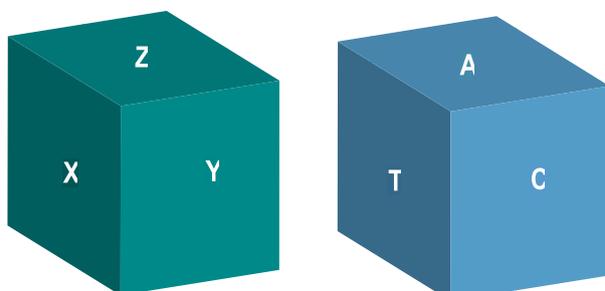


Adattamento da *Automation in Construction*, 18/3, B. Succar, Succar, B., Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders, 357–375, © (2009), con il permesso di Elsevier e Bilal Succar.<sup>62</sup>

**Figura 14: Dimensioni del BIM**



**Figura 15: Sei dimensioni del BIM**



**Chiave:**  
**X, Y, Z:** le tre dimensioni spaziali  
**T:** la dimensione temporale, per le sequenze di costruzione  
**C:** la dimensione di costo, quantità e prezzi  
**A:** informazioni associate, ivi incluse le specifiche tecniche

Adattamento da *Growth through BIM*, R. Saxon, 2009, © Construction industry council<sup>63</sup>

dall'utente, come mostra la Figura 12.

La Figura 13 illustra l'idea concettuale di oggetti smart in un database BIM. Con l'uso di oggetti smart, delle relative proprietà e del progetto e comportamento parametrico, si ottiene la progressione del modello in ambiente BIM. Grazie a un repository di informazioni centrale, diversi membri del team di progetto in diverse fasi del suo ciclo di vita possono aggiungere, modificare o estrarre informazioni dal repository.

Con l'aggiunta di ulteriori informazioni agli oggetti, il modello si arricchisce. In questo contesto la letteratura classifica il BIM come 4D, 5D, 6D e 7D (seppure con qualche differenza terminologica in diverse parti del mondo), come mostrano la Figura 14 e la Figura 15.

## 2.2 Standard di rappresentazione e scambio dati

L'attrattiva del sistema BIM come veicolo di trasformazione del settore dell'ambiente costruito annovera tra i suoi elementi fondamentali la capacità di consentire, per sua stessa natura, la collaborazione, il coordinamento e la comunicazione tra diversi attori nella rete di progettazione. Più facile dirlo che farlo: in pratica significherebbe un formato di rappresentazione dati neutrale o open-source, che consentirebbe lo scambio elettronico delle informazioni senza soluzione di continuità. Il settore dell'ambiente costruito fa uso di un gran numero di software di progettazione e analisi con requisiti di dati sovrapposti, ciascuno dei quali utilizza un sistema proprietario di rappresentazione dati. A livello individuale, ciascuno strumento software, pur condividendo l'orientamento all'oggetto descritto al punto 2.1, potrebbe conservare al suo interno i dati sugli oggetti in un formato proprietario, intralciando così l'interoperabilità del software e rendendo insostenibile la promessa di collaborazione, coordinamento e comunicazione. Questa mancanza di interoperabilità del software è stata un importante fattore di rallentamento dell'adozione del BIM nel settore dell'ambiente costruito.

In un contesto generale, per interoperabilità si intende la capacità di software e hardware, su piattaforme informatiche multiple di diversa provenienza, di scambiarsi informazioni in modo utile e affidabile. Nel contesto delle costruzioni, l'interoperabilità è la capacità di utilizzare, gestire e comunicare i dati elettronici relativi a un prodotto e a un progetto tra i vari partecipanti alle attività di progettazione, ingegnerizzazione, costruzione e manutenzione e ai processi di business correlati.<sup>64</sup>

Inoltre è essenziale sottolineare come i dati per il settore dell'ambiente costruito possano essere attinti da più fonti. Ad esempio, nei processi di costruzione e progettazione si utilizzano dati geospaziali. I dati possono inoltre essere espressi sotto forma di dati grafici, dati di testo e dati correlati.

Tecnicamente, l'interoperabilità in ambito BIM si può ottenere utilizzando uno schema aperto e gestito pubblicamente (dizionario) con un linguaggio standard.

Uno schema consiste nella descrizione della struttura formale di un set di informazioni definito. Esso si definisce in genere utilizzando un linguaggio specifico, che comunemente può essere un linguaggio XML ed EXPRESS. Esistono diversi schemi di questo tipo, ma solo pochi hanno raggiunto livelli di accettazione e maturità tali per cui valga la pena considerarli. I formati di rappresentazione e scambio dati sviluppati da BSI (e dalla buildingSMART alliance che costituisce la divisione nordamericana di BSI) e dal Construction Operations Building Information Exchange (COBie) hanno raggiunto una diffusa accettazione nel settore e sono attualmente in uso.

### 2.2.1 Panoramica di BSI

BSI è un organismo di settore composto da partner appartenenti sia al settore pubblico che a quello privato, riunitisi, allo scopo di accoppiare le rispettive competenze tecniche, per sviluppare standard in grado di consentire la rappresentazione e lo scambio pubblico e aperto di dati, nel settore dell'ambiente costruito.

La buildingSMART alliance è la divisione nordamericana di buildingSMART International, un'organizzazione internazionale, neutrale ed esclusiva, che supporta metodi BIM aperti per tutto il ciclo di vita. BSI conta divisioni regionali in Asia, Australia, Europa, medio Oriente e Nord America. L'opera sfociata nella produzione di standard di settore accettati

fu inizialmente avviata dall'organizzazione madre, l'International Alliance for Interoperability (attualmente ribattezzata BSI) nel 1995.

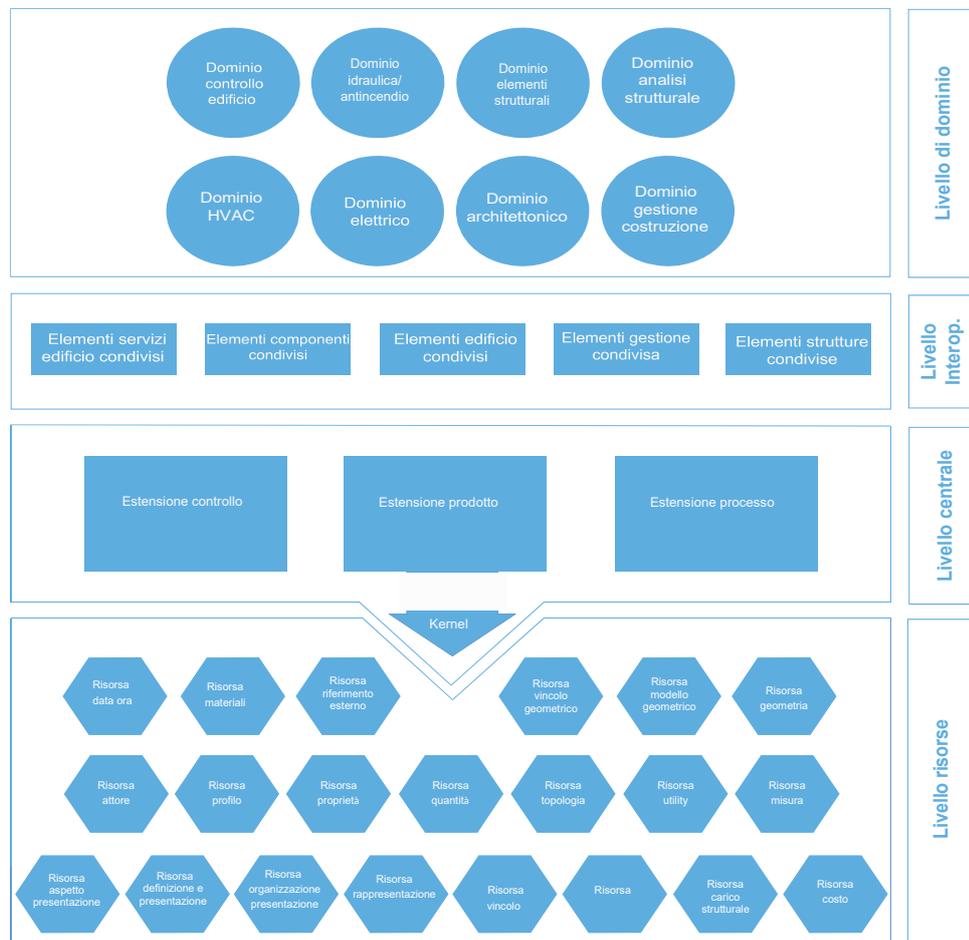
Per consentire l'uso del BIM nel settore occorre un "linguaggio" comune che definisca gli oggetti che compongono un progetto nel settore dell'ambiente costruito. Per dare vita ad una piattaforma solida, scientifica e standardizzata a tale scopo, BSI essenzialmente utilizza quattro elementi:<sup>65</sup>

- 1 *data model* o Industry Foundation Classes (IFC);
- 2 *data dictionary* o BuildingSMART Data Dictionary (bSDD);
- 3 *data process* o Information Delivery Manual (IDM); e
- 4 Model View Definition (MVD).

#### 2.2.1.1 Industry Foundation Classes (IFC)

La specifica IFC è un formato dati neutrale utilizzato per descrivere, scambiare e condividere informazioni nel settore dell'ambiente costruito. IFC è lo standard internazionale openBIM ed è registrato dalla International Standardisation Organisation (ISO) come ISO 16739, *Industry Foundation Classes (IFC) for data sharing in the construction and facility management industries* (2013).<sup>66</sup> La struttura generale IFC è illustrata nella Figura 16.

Figura 16: Struttura di base del formato IFC



Lo standard IFC è costituito da quattro livelli principali. Lo schema concettuale è definito nel linguaggio di specifica dati EXPRESS. Utilizzando questo linguaggio si possono definire oggetti come muri, finestre, tubazioni e altro. Nella Figura 17 è riportata la struttura parziale dell'oggetto IfcWall definito nel presente schema. La Figura 18 illustra un esempio di muro con finestra creato utilizzando l'oggetto IfcWall.

### 2.2.1.2 Data dictionary o BuildingSMART Data Dictionary (bSDD)

Il bSDD è un protocollo che consente la creazione di dizionari multilingue. Si tratta di una libreria di riferimento destinata a migliorare l'interoperabilità nel settore dell'ambiente costruito e costituisce uno dei principali componenti del programma di standard dati BSI.<sup>67</sup> L'idea di bSDD è semplice, in quanto mette a disposizione un dizionario multilingue completo dei termini utilizzati nel settore dell'ambiente costruito, come mostra la Figura 19.

### 2.2.1.3 Data process o Information Delivery Manual (IDM); e

Gli IDM forniscono specifiche dettagliate delle informazioni necessarie per tutti i processi nel ciclo di vita della realizzazione del progetto. Contengono e integrano progressivamente i processi di business del settore dell'ambiente costruito. Specificano la natura e le tempistiche delle informazioni che i vari membri del team di progetto devono fornire durante il ciclo di vita del progetto.<sup>68</sup> A ulteriore supporto dello scambio di informazioni, gli IDM propongono inoltre un gruppo di funzioni di modellazione modulari.

### 2.2.1.4 Model View Definition (MVD)

Le Model View Definition (MVD)

“definiscono il subset di *data model* IFC necessario a supportare l'esigenza di scambio dati specifici del settore dell'ambiente costruito in tutto il ciclo di vita di un progetto”.

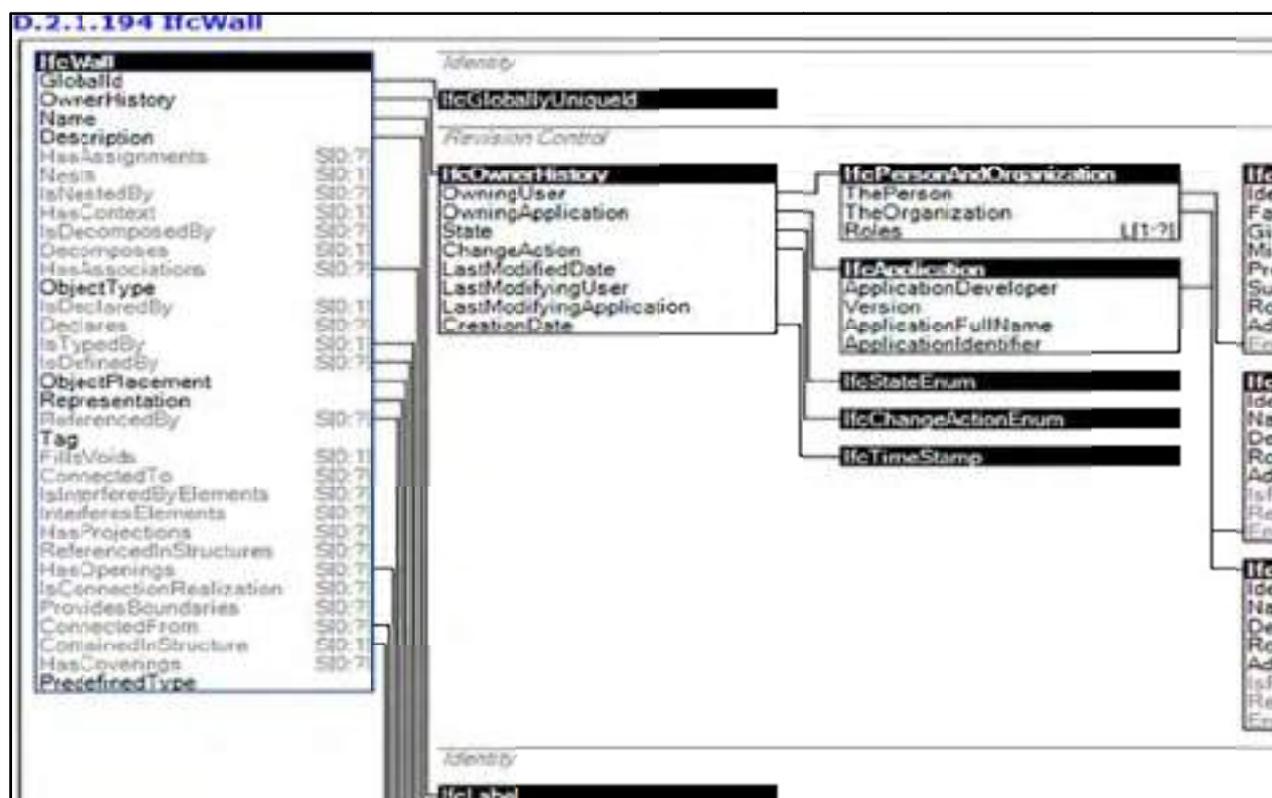
(*bSI standards and solutions*, BuildingSMART, 2014)<sup>69</sup>

Danno indicazioni per l'implementazione di tutti i concetti IFC (classi, attributi, relazioni, set di proprietà, definizioni quantitative, etc.) utilizzati nell'ambito di uno specifico subset. In tal modo rappresentano la specifica dei requisiti software per l'implementazione di un'interfaccia IFC per soddisfare le necessità di scambio dati/informazioni.

### 2.2.2 COBie

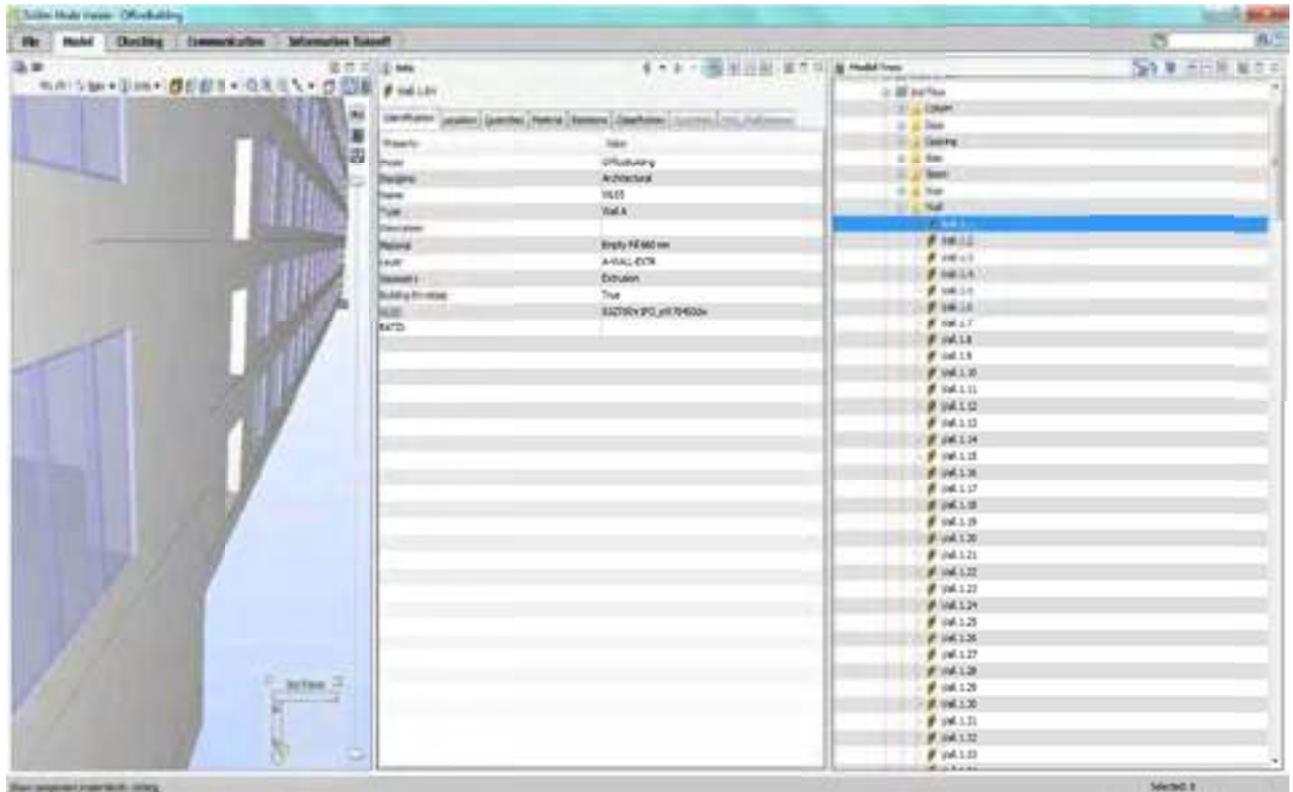
COBie è un approccio standardizzato che consente l'integrazione di informazioni essenziali nel processo BIM a supporto delle attività operative, della manutenzione e della gestione di immobili da parte del proprietario e/o del property manager. L'approccio è incentrato sull'inserimento dei dati nel momento in cui sono creati nelle fasi di progettazione, costruzione e messa in servizio della struttura, come mostra la Figura 20. I progettisti forniscono i dati su piani, spazi e layout impianti. I contractor inseriscono marca, area e numeri di serie degli impianti installati. Molti dei dati forniti dai contractor provengono direttamente dalle aziende produttrici, che possono esse stesse partecipare al COBie.

Figura 17: Vista parziale di oggetto IfcWall



Riprodotta con il permesso di BuildingSMART.

Figura 18: Esempio di muro con finestra utilizzando un oggetto IfcWall



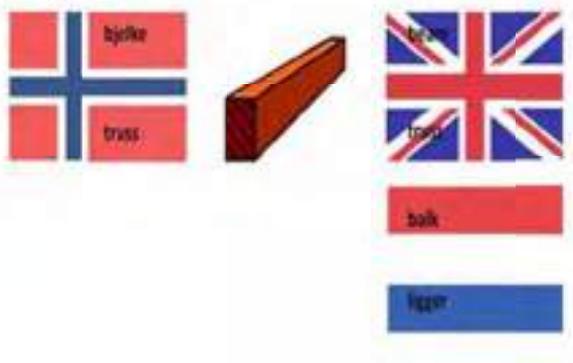
Riprodotta con il permesso di Solibri Inc.

I dati acquisiti nel processo COBie sono registrati in formato neutrale e possono essere scambiati tra i diversi attori in formato IFC. Nel Regno Unito il governo ha adottato COBie2 versione 2.4.

### 2.3 Modelli BIM (attinenti a singole discipline e federati)

Utilizzando l'orientamento all'oggetto descritto al punto 2.1 e lo schema di rappresentazione dati descritto al punto 2.2, gli strumenti di creazione dei contenuti BIM possono essere utilizzati per lo sviluppo di un modello di progetto. Idealmente un progetto deve utilizzare un unico modello contenente tutte le informazioni. Comunque, nella prassi corrente, essenzialmente determinata dalla tecnologia disponibile, ogni progetto è modellato in base a un certo numero di modelli incentrati su specifiche discipline.

Figura 19: Il concetto della denominazione in bSDD



Tali modelli saranno combinati in un modello federato, che costituirà un repository centralizzato di informazioni per tutto il progetto. In un tipico progetto edilizio, il modello federato può essere formato dal modello architettonico, dal modello strutturale e da altri modelli specialistici, come mostra la Figura 21.

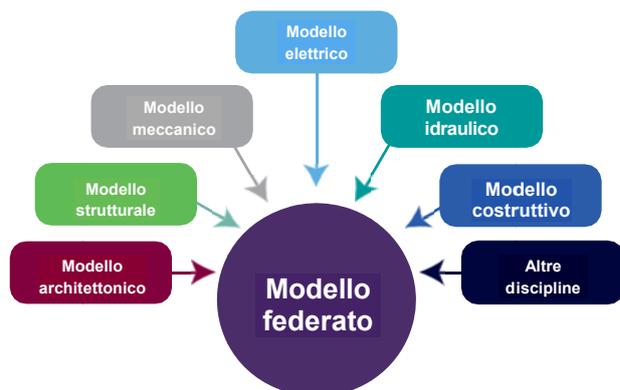
Come mostra la Figura 22, il modello federato contiene informazioni fornite dal proprietario dell'immobile (1), dall'architetto (2), dall'ingegnere strutturale (3), dall'ingegnere meccanico, impiantistico e idraulico (MEP) (4) oltre che dai contractor (5) che contribuiscono al completamento dell'edificio del proprietario (6).<sup>70</sup> Lo sviluppo del modello federato e il processo di gestione e messa in sicurezza del modello sono di importanza cruciale per tutto il processo BIM.

Analogamente al BIM federato per gli edifici, si possono sviluppare anche modelli federati per progetti infrastrutturali

Figura 20: Il processo COBie



Figura 21: Modello federato per un edificio



e impianti di processo, che vengono utilizzati in modo analogo (si vedano la Figura 23 e la Figura 24).

## 2.4 Contenuto e oggetti BIM

Un elemento fondamentale per il successo del BIM nel settore, oltre alla rappresentazione e allo scambio di dati, è la disponibilità di contenuti BIM sotto forma di (smart) object utilizzabili dai vari attori del progetto per lo sviluppo di uno o più modelli specifici. Questi oggetti provengono da tre fonti principali (come mostra la Figura 25):

- 1 contenuto predefinito disponibile sotto forma di oggetti negli strumenti di creazione contenuti BIM
- 2 contenuto/oggetti nativi e IFC online; e
- 3 una libreria di oggetti in-house.

Ai fini di un'efficace implementazione del BIM, è necessario che le organizzazioni dispongano di un numero adeguato di oggetti.

Le piattaforme e i software BIM disponibili in commercio integrano un numero limitato di oggetti. Sono egualmente importanti i tentativi di sviluppare librerie di oggetti in-house da parte di architetti, progettisti e altri specialisti. Tuttavia, una grande quantità di oggetti arriverà dalle aziende manifatturiere che forniscono i loro prodotti al settore dell'ambiente costruito. Sono già state avviate diverse iniziative in questo ambito. Ad esempio, la National BIM Library della National Building Specification (NBS) è un repository online di oggetti BIM forniti dalle aziende produttrici (come mostra la Figura 26).

Vi sono anche diverse altre librerie di aziende che, come la National BIM library, mettono gratuitamente oggetti BIM a disposizione di progettisti e professionisti in campo edile. La Figura 27 illustra la libreria di oggetti BIM online.

## 2.5 Server di modelli

In molti discorsi sul BIM si parla di un processo di sviluppo modelli molto semplificato basato sulla condivisione e progressione dei modelli senza soluzione di continuità. Ad esempio, un architetto che progetta un edificio sviluppa un "modello architettonico" e lo passa senza soluzione di continuità al progettista strutturale. Il progettista strutturale a sua volta prende il modello e lo converte facilmente in un "Modello strutturale". Il processo è ripetibile per gli altri consulenti che concorrono nella progettazione e, di fatto, anche per il costruttore. Ma in pratica accade davvero? In quasi tutti i casi lo sviluppo, la condivisione e la progressione del modello non avvengono proprio in questo modo. Non è inverosimile ipotizzare che, per molti progetti, si effettui ancora la condivisione dei modelli tramite email e server FTP. Un tipico processo seguito nel settore edile

Figura 22: Uso di un modello federato per un progetto edilizio

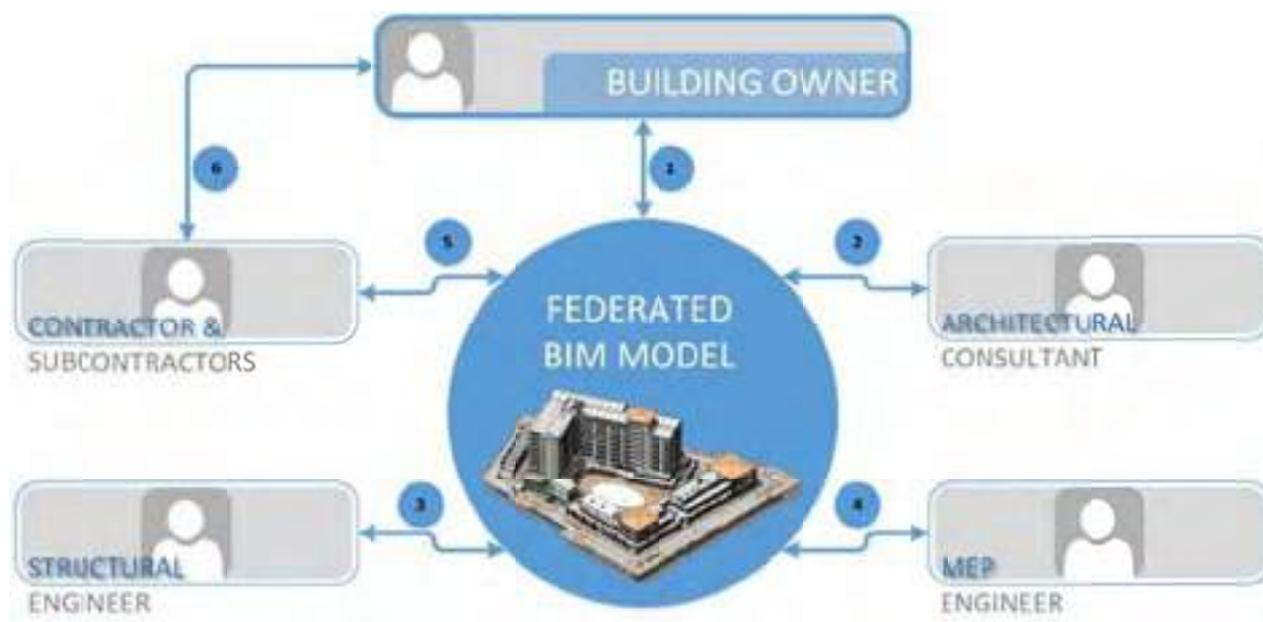
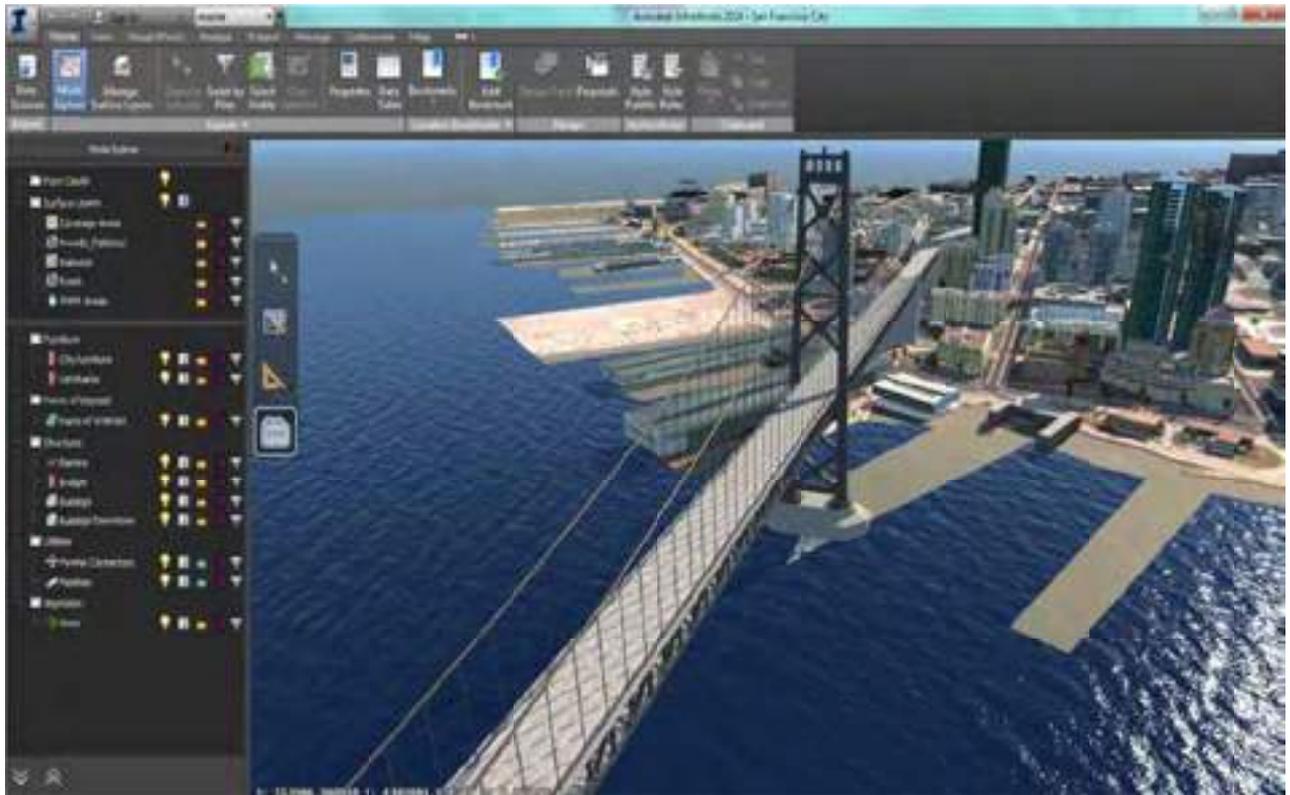
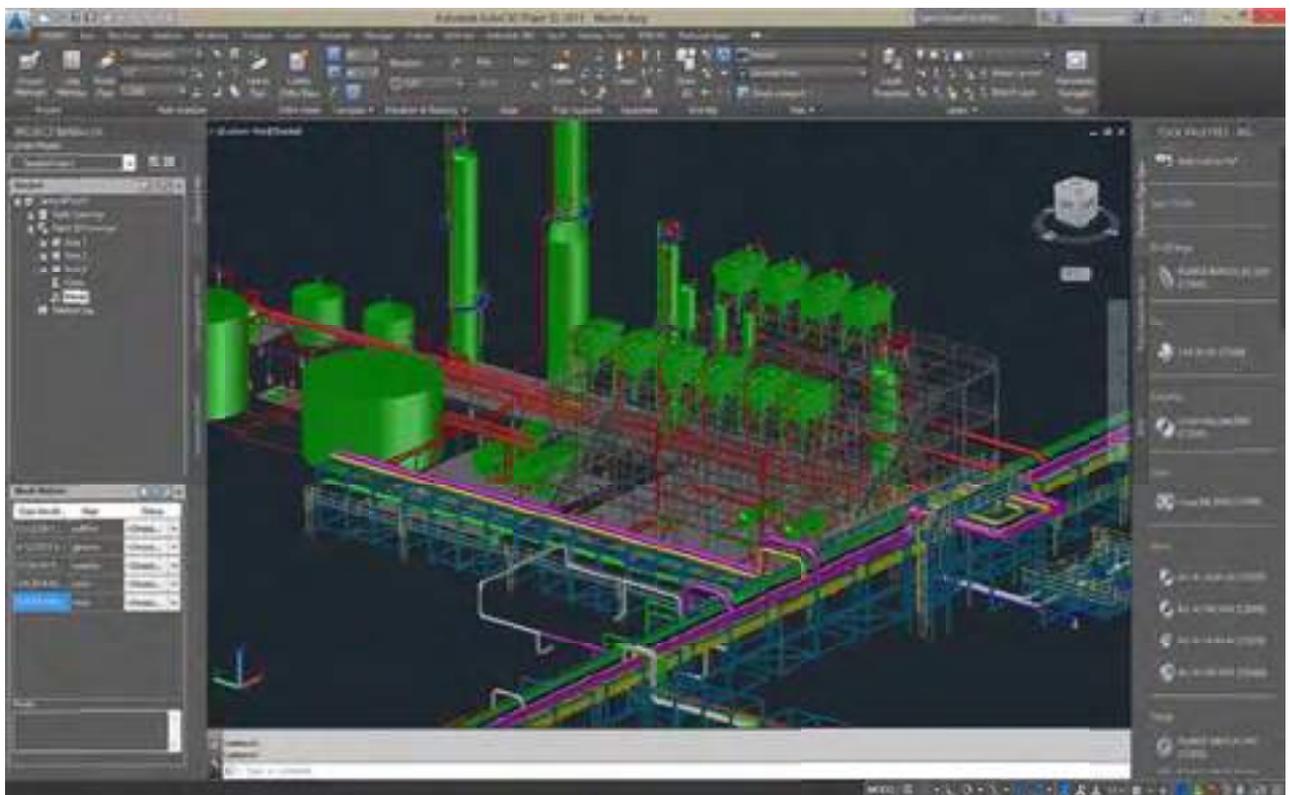


Figura 23: Modello federato per un progetto di infrastruttura civile



Schermate Autodesk ristampate con il permesso di Autodesk, Inc.

Figura 24: Modello federato per impianto di trasformazione



Schermate Autodesk ristampate con il permesso di Autodesk, Inc.

Figura 25: Fonti di oggetti BIM

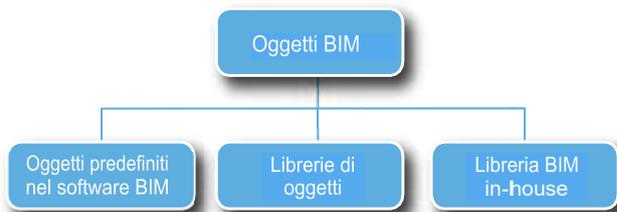
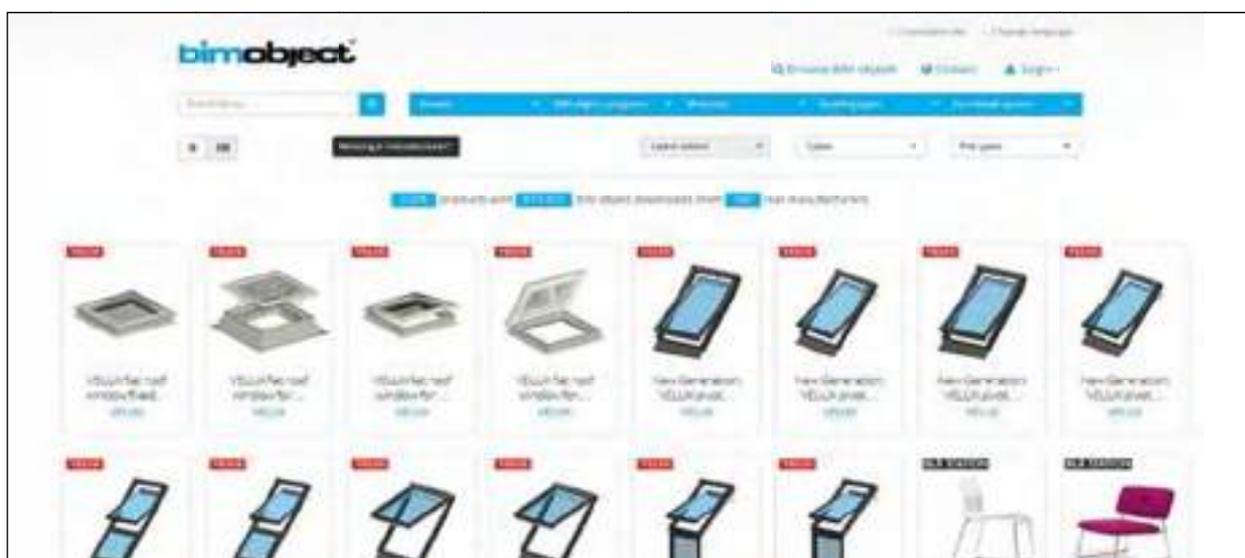


Figura 26: Esempio di oggetti BIM di aziende manifatturiere



Riprodotta con il permesso della NBS National BIM library.

Figura 27: Contenuto BIM da libreria di oggetti BIM



Riprodotta con il permesso di BIMobject.

è quello illustrato nella Figura 28.

Se questo sistema in linea di massima funziona, non lo si può definire come un processo BIM integrato. Idealmente il coordinamento, la collaborazione e la comunicazione nei processi di sviluppo e progressione del modello saranno più fluidi e integrati.

Il processo dovrebbe di fatto avvenire in tempo reale. Ciò può accadere se il team di progetto decide di unificare il processo attivando un server BIM. Il server ospita il modello a livello centrale e questo consente al team di progetto di lavorare in modo integrato e collaborativo. La Figura 29 e la Figura 30 illustrano due esempi di server BIM.

## 2.6 OpenBIM e iniziative analoghe

Sebbene siano disponibili formati neutrali di rappresentazione e scambio dati per l'implementazione integrata del BIM per tutto il ciclo di vita dell'edificio, il loro utilizzo non è semplice: permangono ancora molte difficoltà. L'uso di software non conformi è una delle principali difficoltà che si incontrano nel settore.

Il concetto di OpenBIM promuove una modalità collaborativa di progettazione, realizzazione e conduzione degli edifici basata su workflow e standard aperti. Questo concetto, introdotto da BSI e da alcune delle più importanti aziende software utilizzando il buildingSMART Data Model aperto,<sup>71</sup> supporta un workflow aperto e trasparente. Ciò consente ai team di progetto di partecipare al processo BIM indipendentemente dai software utilizzati. Si crea così una piattaforma comune e standardizzata per i processi e le prassi del settore, che consente a tutti gli attori coinvolti di partecipare in base ai rispettivi termini di riferimento. Sono al tempo stesso in corso altri tentativi nel settore per promuovere l'affermazione di questo stesso tipo di piattaforma aperta e neutrale.

Figura 28: Condivisione modello basata su FTP

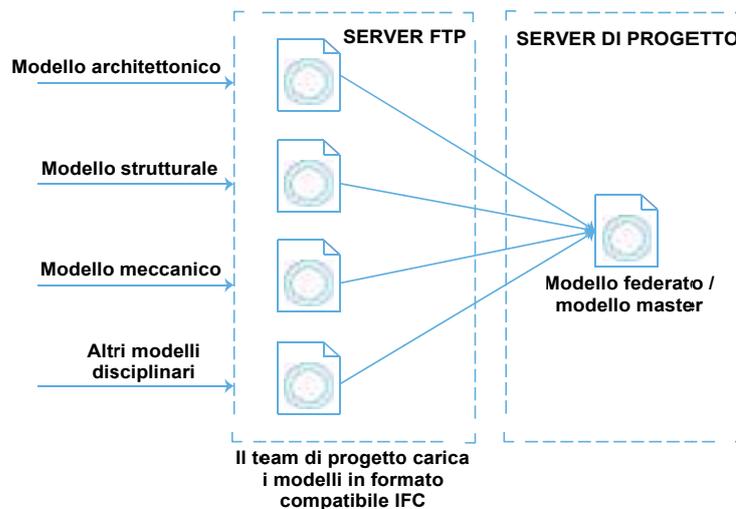


Figura 29: Server modello conforme alle IFC

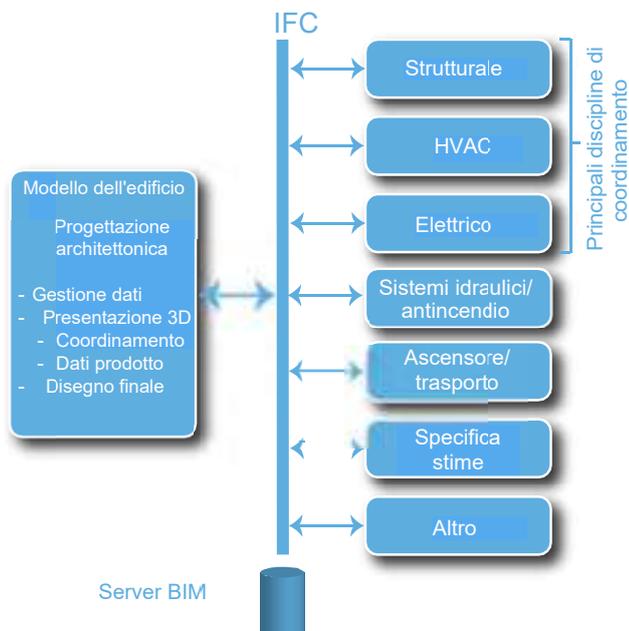
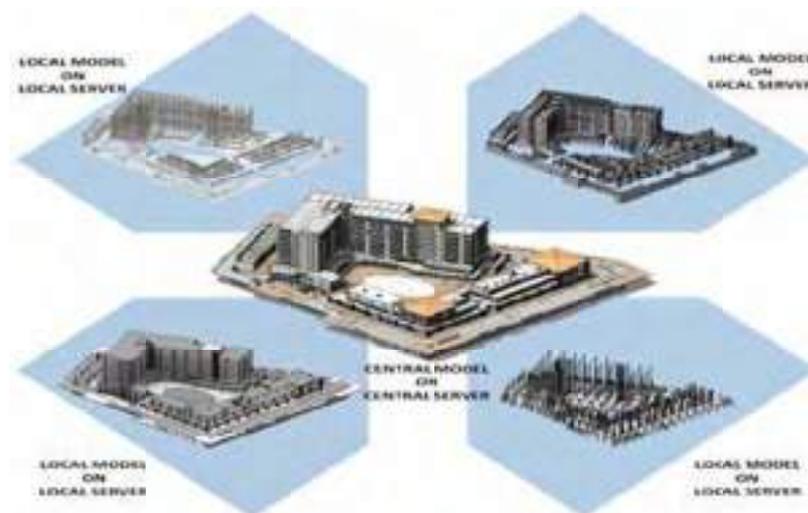


Figura 30: Server modello disponibile in commercio



## 2.7 I legami del BIM con altre tecnologie emergenti

Alcuni sviluppi tecnologici concomitanti con la maggiore diffusione del BIM nel settore possono avere un enorme impatto sullo stato futuro del BIM. Queste tecnologie facilitano la memorizzazione e l'accesso ai dati, espandendo la capacità di modellazione delle organizzazioni (in particolare delle PMI).

### 2.7.1 Cloud computing

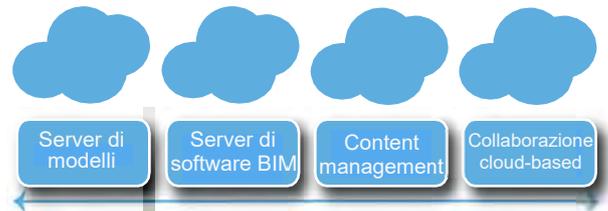
La potenza del BIM è limitata da numerosi fattori relativi alle persone, ai processi e alla tecnologia. Il settore sta cercando di risolvere le problematiche relative alle persone e ai processi. Sul fronte tecnologico, il cloud computing può migliorare fundamentalmente per molti aspetti le modalità di applicazione e uso del BIM.<sup>72</sup>

Il cloud computing non è una tecnologia specifica o una particolare soluzione software, bensì un concetto diffuso che abbraccia diversi metodi di condivisione delle risorse su Internet.<sup>73</sup> Il National Institute of Standards and Technology (NIST) negli USA ha definito il cloud computing come:

“un modello per consentire facilmente l'accesso, tramite la rete, a un pool condiviso di risorse informatiche configurabili (p.es. reti, server, memorie, applicativi e servizi) che possono essere rapidamente predisposte e rilasciate con minimo sforzo gestionale o di interazione con il provider del servizio”.

(*Computer integrated construction*, Arayici and Aouad, 2005).<sup>74</sup>

Figura 31: I quadruplici vantaggi funzionali del cloud computing

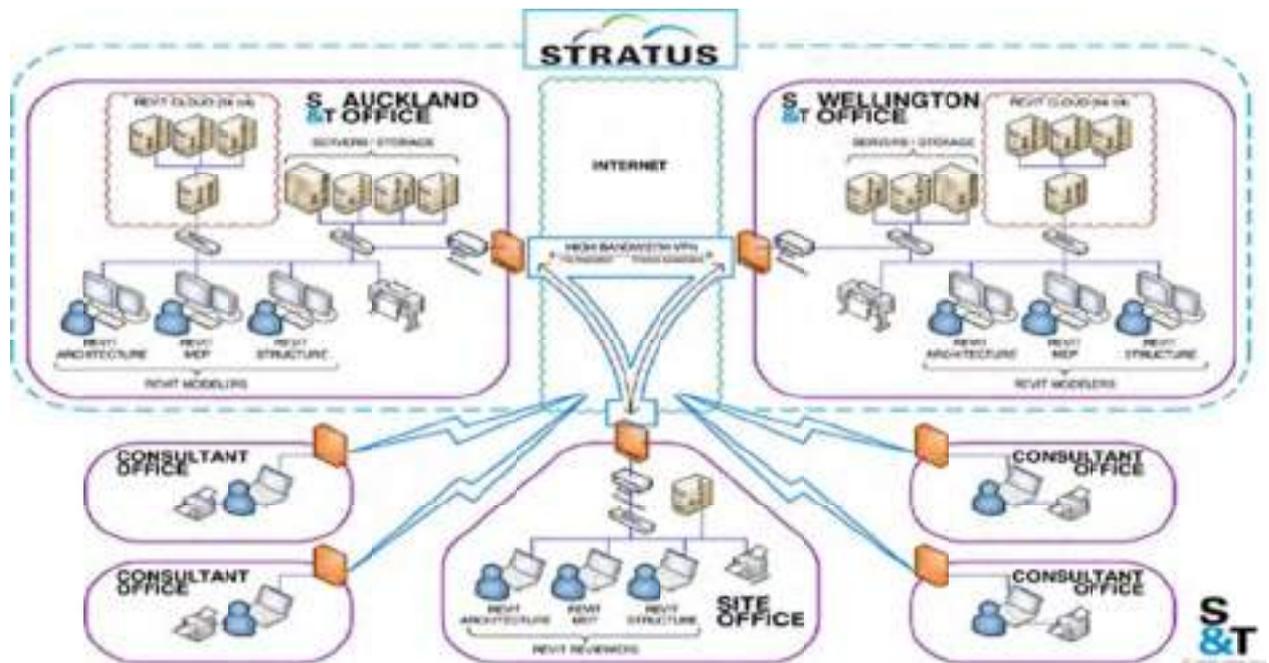


In parole semplici, il cloud computing è una tecnologia utilizzata per accedere a servizi informatici offerti tramite Internet.<sup>75</sup>

Quando il BIM è applicato su una piattaforma cloud, migliora ulteriormente il processo collaborativo che sfrutta le funzionalità web del BIM e la gestione documentale di tipo tradizionale al fine di ottimizzare il coordinamento. Quattro aspetti del cloud computing possono influire sull'implementazione del BIM (si veda la Figura 31):<sup>76, 77</sup>

- 1 **Server di modelli:** per mezzo di una piattaforma di cloud-computing, il modello o i modelli centrali dell'edificio possono essere salvati, consentendo un accesso inter- e intra-disciplinare protetto e senza interruzioni al contenuto del modello, cosa attualmente non possibile (si veda la Figura 32).
- 2 **Server di software BIM:** per far girare il software BIM corrente sono necessarie notevoli risorse hardware. L'hardware può essere collocato su una piattaforma cloud e condiviso in modo agevole tra i vari partecipanti al progetto con un sistema di virtualizzazione (si veda la Figura 32).

Figura 32: Implementazione hardware e software tramite cloud computing



Stratus è una società neozelandese specializzata in tecnologia BIM su cloud. Il sistema oggetto del presente report fu creato da Des Pudney, amministratore Delegato di Stratus. Primo del suo genere in Nuova Zelanda, il sistema fu inizialmente applicato da Stephenson&Turner Architects, Oggi è utilizzato da Stratus e da Stephenson&Turner con entrambe le società, cogliendo i benefici e ottenendo straordinari risultati, che gli valgono l'attenzione da parte di società di tutto il mondo. Per maggiori informazioni, contattateci all'indirizzo [www.stratus.net.nz](http://www.stratus.net.nz)

**Figura 33: Dispositivi mobile che utilizzano il cloud computing**



Schermate Autodesk ristampate con il permesso di Autodesk, Inc.

- 3 **Content management:** il cloud computing mette a disposizione un ambiente di hosting centralizzato e protetto per contenuti sotto forma di attributi/librerie di dati necessari ai fini dell'utilizzo e dell'applicazione del BIM.
- 4 **Collaborazione cloud-based:** il cloud computing consente un nuovo sistema di collaborazione, coordinamento e comunicazione all'interno del team di progetto. Quando i membri del team di progetto sono sparsi in tutto il mondo, le piattaforme di collaborazione cloud-based con funzionalità BIM avranno un ruolo importantissimo nel settore dell'ambiente costruito.

Utilizzando tecnologie di cloud-computing, si potrà realizzare il mantra "informazioni sempre e ovunque". Oggi sono disponibili in commercio diversi strumenti di condivisione delle informazioni e collaborazione cloud-based. Come mostra la Figura 33, è possibile anche l'accesso a modelli da remoto utilizzando dispositivi *mobile*.

Un importante vantaggio, specialmente per le PMI, è la possibilità di accesso a potenti software il cui acquisto sarebbe molto oneroso.

Grazie al cloud computing, le risorse software possono essere "prese in affitto" in base alle necessità di utilizzo. La Figura 34 mostra un software di analisi strutturale disponibile agli utenti su cloud. Un modello analitico di un edificio, estratto dal BIM, può essere analizzato tramite questo strumento di analisi strutturale cloud-based senza dover acquistare il software. Queste modalità di approccio avranno un enorme impatto sulle possibili modalità di implementazione del BIM.

Quando si valutano le tecnologie di cloud-computing, è essenziale comprendere i potenziali lati negativi di queste stesse tecnologie. Uno dei più importanti requisiti per gli strumenti basati sul cloud è la presenza di una connessione Internet stabile e ininterrotta. Se si perde la connettività, questi strumenti non saranno disponibili, a meno che non si utilizzi una cache. Tra le altre difficoltà figurano i problemi di sicurezza, le questioni connesse alla proprietà dei dati e l'affidabilità dei fornitori di servizi cloud.

### 2.7.2 Big data

Oggi i dati sono ovunque – nell'ufficio del progettista, presso il cantiere edile, nella fabbrica di un'azienda manifatturiera, nel database di un fornitore o nelle banche dati di censimento. Può un architetto avere accesso in tempo reale a questi dati nel corso dell'evoluzione del processo di progettazione, in particolare in relazione a una piattaforma per la creazione di contenuti BIM? Oggi è possibile, ricorrendo alla cosiddetta tecnologia dei "Big data". Il termine "Big data" è comunemente utilizzato per descrivere la crescita esponenziale e la disponibilità di dati, anche non strutturati, ai quali possono attingere governi, associazioni e aziende per migliorar le nostre vite.<sup>78</sup> I Big data offrono una quantità di informazioni senza precedenti e migliorano il processo decisionale nei compiti svolti. Questa tecnologia può essere sfruttata per migliorare la progettazione, la costruzione, la conduzione e la manutenzione del nostro ambiente costruito. Concettualmente, come mostra la Figura 35, una piattaforma BIM può essere collegata a una grande quantità di dati, migliorando il potere decisionale degli attori che compongono

**Figura 34: Software come servizio**

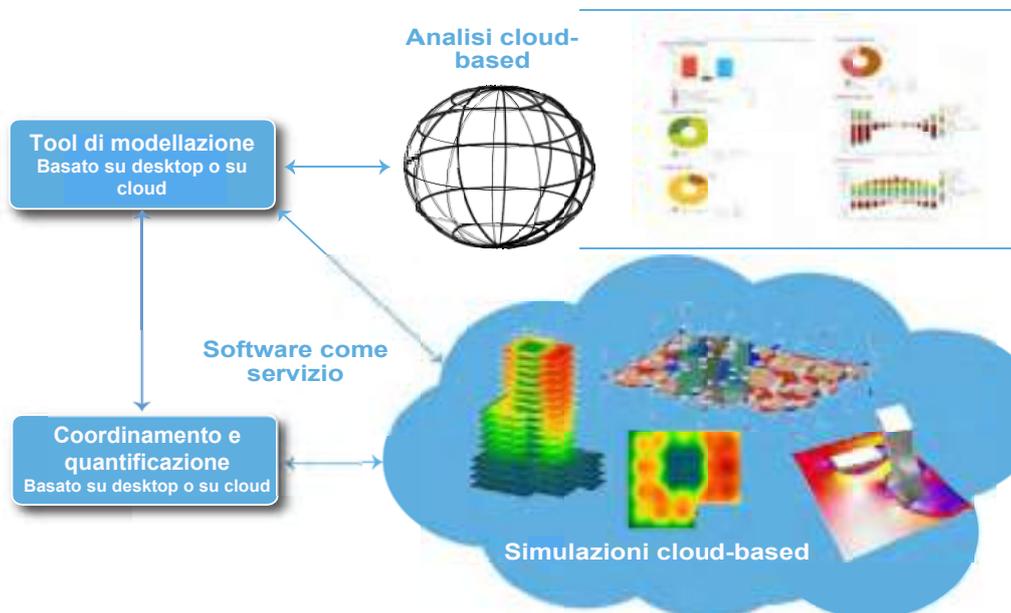
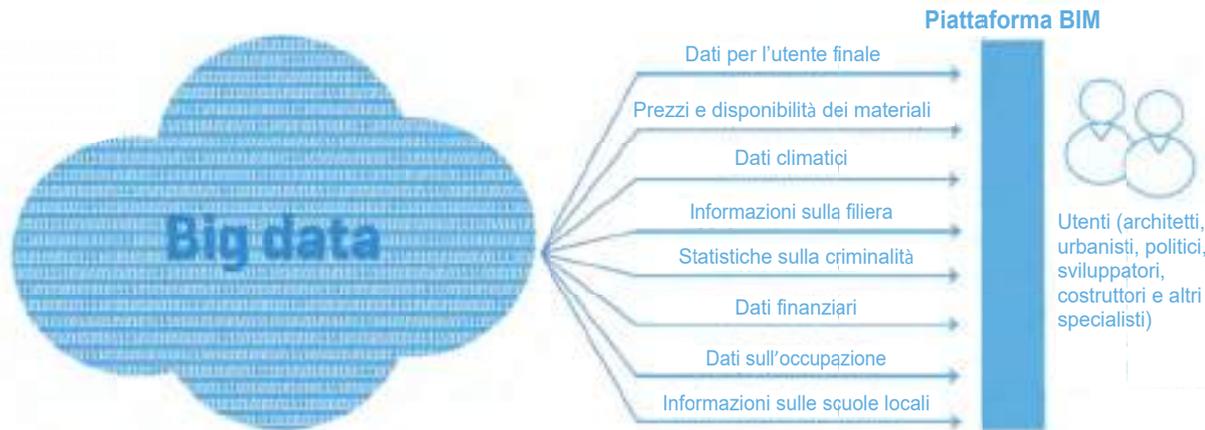


Figura 35: Piattaforma BIM supportata da Big data



il team. Un progetto può essere facilitato dalla presenza di fonti di informazioni in tempo reale, ad esempio di dati sulla filiera, sui prezzi delle materie prime, dati di marketing, dati provenienti dai sensori, dati su cloud, statistiche sulla criminalità, dati sull'occupazione ecc.

### 2.7.3 Dal fisico al digitale

Con il proliferare del BIM è emersa la necessità di acquisire informazioni as-built, specialmente per interventi di ammodernamento su vasta scala e per progetti di ristrutturazione. In queste situazioni è utile iniziare dal modello base digitale dell'immobile nello stato corrente in loco. Ora ciò è possibile grazie al collegamento tra la scansione laser e una tecnologia per video- o fotocamera a 360 gradi. La Figura 36, la Figura 37 e la Figura 38 illustrano alcuni esempi di scansioni laser e di immagini video di ambienti as-built collegate a un modello.

Una specifica dettagliata per l'esecuzione dei rilievi architettonici con obiettivi di risultato e gradi di precisione concordati è essenziale ai fini del successo dell'opera di conversione di un ambiente "fisico" in un modello "digitale". Può essere un processo difficile che richiede software e competenze specialistiche per l'interpretazione dei "point cloud" (oltre a procedure di rilievo misurate con metodi classici). Un altro problema è che il software BIM attualmente disponibile è essenzialmente basato su progetti e può risultare difficile integrare i dati rilevati nel "mondo reale" nel Software BIM.

Si possono considerare altri sistemi per ottenere risultati precisi dai rilievi, ad esempio modelli wireframe ad alta precisione per uso architettonico che consentono di effettuare rilievi molto accurati. La scansione laser, seppure sia sempre più diffusa, è solo una delle tante tecniche di rilievo utilizzabili. Occorre prestare attenzione a collegare (all'occorrenza) il modello di informazioni sull'edificio al suo ambiente esterno. Lo si può fare attraverso un collegamento ai sistemi di coordinate nazionali pertinenti.<sup>79</sup>

## 2.8 Gestione dati

Il processo BIM comporta la creazione di elevati volumi di dati. Per ottenere buoni risultati in progetti BIM su vasta scala, è opportuno servirsi di software di gestione dati. La tecnologia di gestione dati consente di collegare il processo di modellazione a più membri del team, anche distanti e in diversi luoghi. Il ricorso a questa tecnologia assicura il controllo e la sicurezza degli accessi e il controllo della versione in relazione sia al modello stesso che ai file associati. La Figura 39 mostra ProjectWise® Explorer, utilizzabile per gestire modelli di informazioni sugli edifici e file CAD associati.

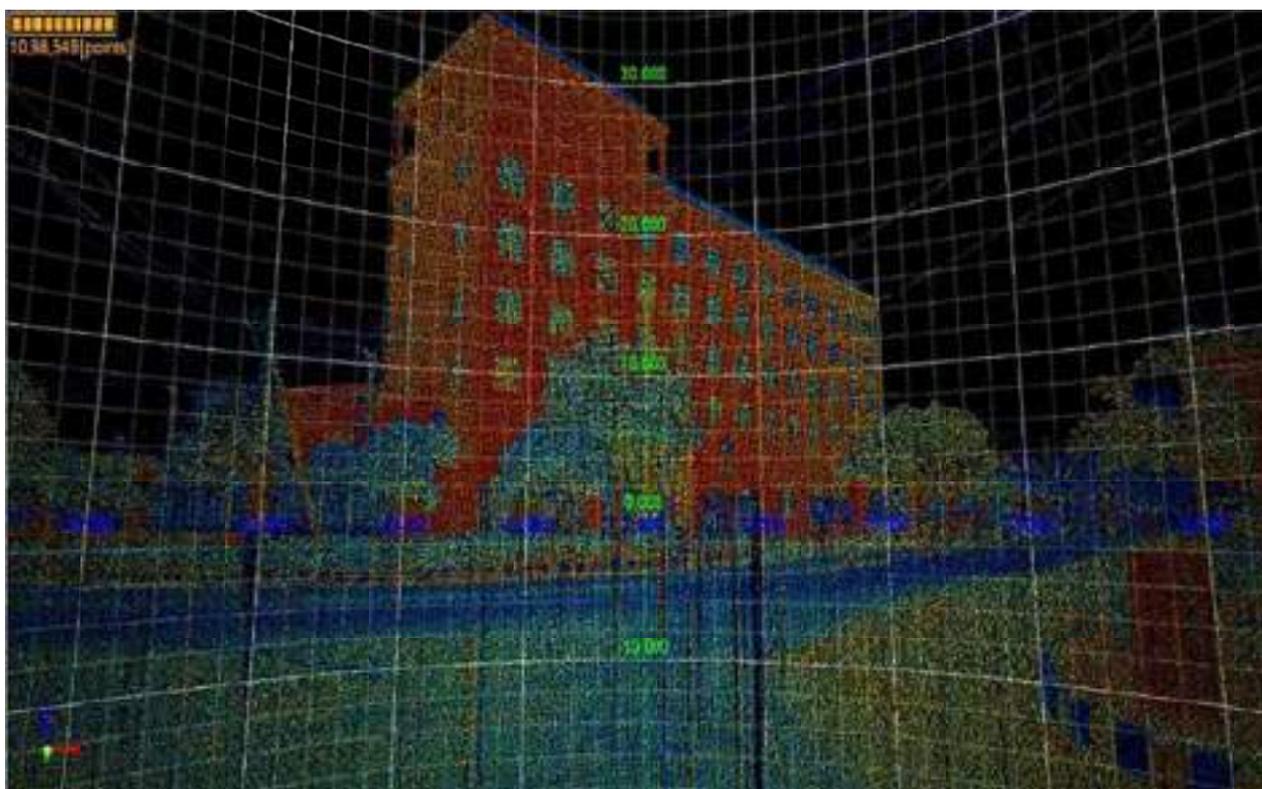
Figura 36: Scansione laser dell'interno di un edificio



Figura 37: Fermo di un video a 360 gradi di quartiere urbano



Figura 38: Immagine scansionata di quartiere urbano

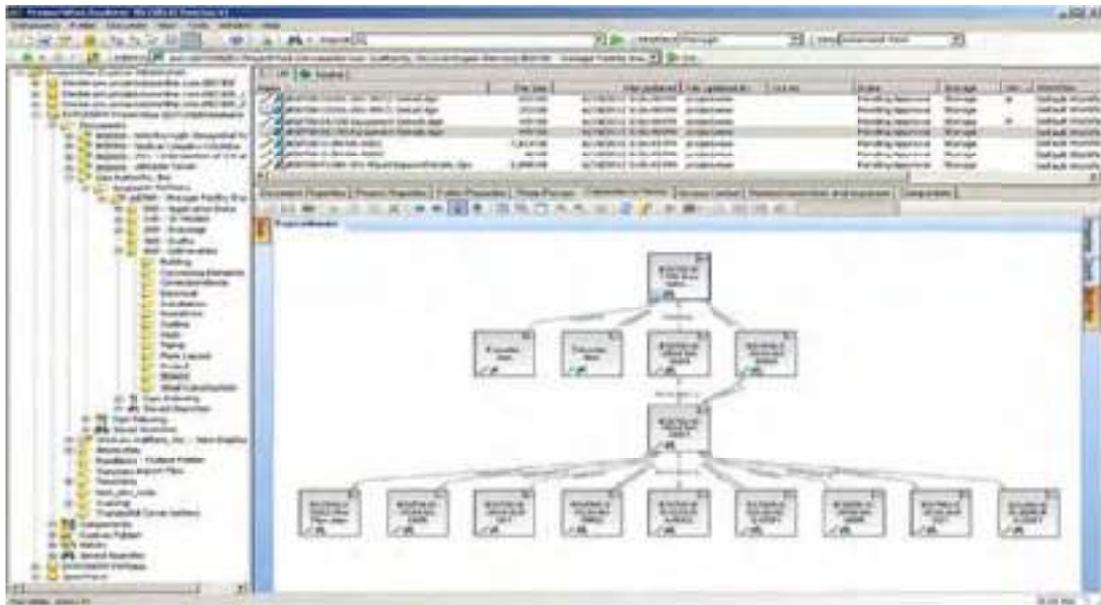


## 2.9 Gestione dei contenuti

Con la maturazione dell'implementazione del BIM in un'organizzazione, si può prevedere che la library BIM interna crescerà in misura esponenziale. Ad esempio, uno studio di architettura potrà avere migliaia di object di porte e finestre (integrati con dati e informazioni) archiviati al suo interno. Con la creazione di modelli per nuovi progetti, saranno sviluppati altri oggetti, che andranno ad ampliare la library già esistente. La gestione di questa library diventerà un importante compito. Occorreranno strumenti di content management con funzionalità più efficaci di selezione, ricerca e utilizzo degli object della library

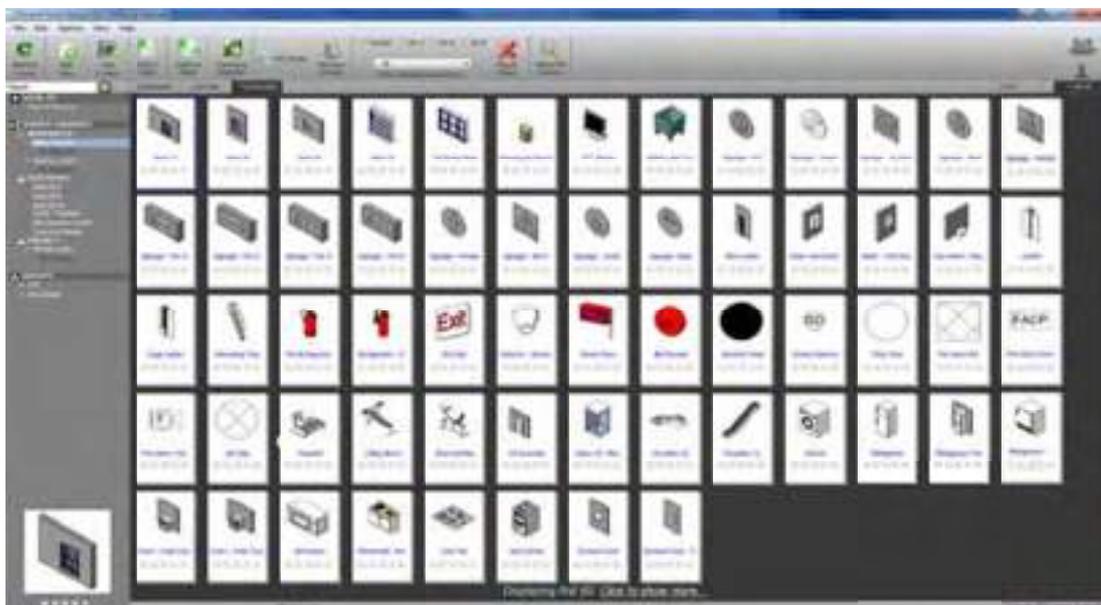
e di contenuti BIM per i progetti BIM. La Figura 40 mostra un software di content management attualmente disponibile in commercio.

Figura 39: Gestione dei dati con ProjectWise®



Riprodotta con il permesso di Bentley Inc.

Figura 40: Content management per studi di progettazione



Riprodotta con il permesso di Content Studio Ltd.

### 3 Utilizzo del BIM nella progettazione

Questa sezione tratta dell'applicazione del BIM a livello di progetto. Come descritto al punto 1.2 (e come mostra la Figura 1), è essenziale comprendere l'impatto del BIM sui professionisti e sui progetti dell'ambiente costruito prima di studiarne le implicazioni a livello organizzativo e settoriale.

I progetti costituiscono una componente essenziale della nostra attività economica generando importanti opere come infrastrutture fisiche, navi, aerei e software.

Le organizzazioni la cui attività preponderante è costituita dalla progettazione si definiscono "Project-Based Organisations" (PBOs)<sup>80</sup> o "Project-Based Firms" (PBFs).<sup>81</sup> Le PBOs o PBFs devono assicurare una sinergia ottimale tra strategia, progetto, programma e gestione del portafoglio<sup>82</sup> e incontrano difficoltà specifiche nell'adozione di nuove tecnologie. L'iter di un progetto è pertanto indirettamente correlato all'approccio nella gestione del portafoglio e al programma dell'organizzazione, con legami tra la strategia progettuale e la strategia societaria. Con questi presupposti, passeremo ora al tema dell'implementazione del BIM a livello di progetto, mentre le problematiche a livello organizzativo (e inter-organizzativo) saranno affrontate nella sezione 4, Implicazioni del BIM sulle organizzazioni.

Affinché sia sviluppato appieno il suo potenziale, è essenziale che il BIM sia utilizzato in tutto il processo di realizzazione del progetto in modo sistematico, integrato e senza soluzione di continuità – obiettivo in pratica piuttosto complesso da raggiungere. Ciò richiede infatti un nuovo modo di pensare ed un cambiamento piuttosto radicale a livello di workflow e prassi di lavoro. È inoltre necessario che le organizzazioni coinvolte nel progetto comprendano le implicazioni dell'uso del BIM sia a livello di progetto che a livello organizzativo. In questa sezione affronteremo il tema delle implicazioni del BIM a livello di singolo progetto per i principali attori. In questo contesto è essenziale comprendere innanzitutto le seguenti dimensioni interconnesse con l'adozione del BIM a livello di progetto:

- obiettivi a livello di progetto sull'adozione del BIM e identificazione di un *champion* per l'adozione del BIM
- articolazione di una *value proposition* per l'uso del BIM per il progetto e tutti gli attori coinvolti
- implicazioni del BIM su funzioni e sottofunzioni nelle diverse fasi del ciclo di vita del progetto; ad esempio, quali funzioni o sottofunzioni saranno eseguite con l'uso del BIM, quali saranno i possibili input e output delle funzioni e sottofunzioni che utilizzano il metodo BIM?
- flussi di informazioni tra membri del team di progetto in ambiente BIM rispetto all'ambiente tradizionale 2D

- ruoli e responsabilità dei diversi stakeholder del progetto in relazione al BIM in base alla fase del ciclo di vita del progetto, e differenze rispetto alle attuali prassi (non-BIM); e
- questioni relative allo sviluppo, alla progressione del modello ed alla sua qualità in tutto il ciclo di vita del progetto.

Soluzioni strutturate a questi problemi costituiscono in genere la base dei piani di attuazione ed esecuzione di un progetto BIM. Esistono diversi documenti di pianificazione di questo tipo che possono essere utilizzati dai professionisti, nell'ambito di team di progetto, come punto di partenza per affrontare i problemi costituiscono in genere la base dei piani di attuazione ed esecuzione di un *prBIM execution planning guide version 2.0* della Penn State University,<sup>83</sup> *The VA BIM guide* pubblicata negli USA dal Department of Veterans Affairs,<sup>84</sup> *Singapore BIM guide: version 2* della Building and Construction Authority,<sup>85</sup> *BIM execution plan* del CPIX (UK),<sup>86</sup> e *BIM protocol* del Construction Industry Council (CIC)/BIM Pro).<sup>87</sup> Stando alla *BIM execution planning guide*,<sup>88</sup> della Penn State University, l'iversity, l'itate Pro)..IM Pro).I (CIC)/BIM Pro).cono in genere generali:

- 1 definire utilizzi del BIM di valore elevato durante le fasi di pianificazione, progettazione, costruzione e conduzione del progetto
- 2 utilizzare mappe di processo per delineare l'esecuzione del BIM, mostrando in modo chiaro le varie fasi del processo, i ruoli e le responsabilità dei membri del team, oltre agli input e agli output di ciascuna fase
- 3 definire i deliverable nell'ambito del BIM sotto forma di scambi di informazioni, incapsulamento delle informazioni, progressione e qualità del modello; e
- 4 sviluppare un piano dettagliato a supporto del processo di esecuzione attraverso l'identificazione dei principali deliverable.

La *Singapore BIM guide*<sup>89</sup> prevede lo sviluppo di un BIM execution plan e i seguenti dettagli di implementazione:

- 1 definire ruoli e responsabilità per la creazione del modello, la manutenzione e la collaborazione in tutte le fasi del ciclo di vita del progetto
- 2 definire chiaramente il processo di implementazione del BIM
- 3 identificare risorse e servizi che potrebbero essere necessari; e
- 4 definire un piano di gestione del progetto per l'implementazione del BIM.

A livello di progetto, i BIM execution plans devono includere:<sup>90</sup>

<sup>91</sup>

- obiettivi e utilizzi del BIM per definire i livelli attesi per tutti gli attori coinvolti
- ruoli e responsabilità dei membri del team di progetto
- una strategia BIM, tenendo presente la strategia di approvvigionamento e la metodologia di realizzazione
- un processo BIM e protocolli di scambio ad uso dei membri del team
- requisiti di dati nei diversi stadi del progetto
- procedure di collaborazione e metodi per la gestione dei modelli condivisi
- controllo qualità dei modelli; e
- infrastruttura tecnologica e software necessari ai fini di una corretta implementazione.

Parallelamente al piano di implementazione, è importante anche avere un'idea chiara delle implicazioni giuridiche e contrattuali, delle questioni assicurative, dei requisiti di formazione ed educazione, delle problematiche commerciali e delle questioni legate al copyright e ai diritti di proprietà intellettuale. Occorre affrontare tali questioni a livello organizzativo, in modo correlato a ciascun progetto BIM intrapreso dall'organizzazione. Maggiori dettagli su queste questioni sono forniti nella sezione 4, Implicazioni del BIM sulle organizzazioni.

### 3.1 Tipi di progetti e implementazione del BIM

In generale il settore dell'ambiente costruito può essere suddiviso in due macro-categorie di progetti:

- progetti immobiliari; e
- progetti infrastrutturali.

Nel linguaggio del settore a volte si parla anche di progetti edilizi e non-edilizi. Dalla quantità di scritti e linee guida disponibili è evidente che, oggi, il BIM è molto più documentato, apprezzato ed utilizzato nel settore dell'edilizia o nel settore immobiliare che non nel segmento infrastrutturale. Il livello di adozione del BIM nel settore infrastrutturale o non-edilizio è arretrato di diversi anni,<sup>92</sup> ma anche questi tipi di progetti sono molto adatti ad un processo BIM basato su modelli. Di fatto, in un rapporto del 2013 del McKinsey Global Institute dal titolo *Infrastructure productivity: How to save \$1 trillion a year*<sup>93</sup> si sottolinea come il BIM possa costituire uno strumento di sviluppo della produttività che il settore potrebbe adottare per ottenere un risparmio annuo complessivo di 1 trilione di dollari. Molti sostenitori dell'uso del BIM nel settore delle infrastrutture ritengono che l'uso "solitario" del BIM (vale a dire, da parte di singoli attori) avvenga da più tempo di quanto sostenga la letteratura diffusa in materia.

Il rapporto di McGraw Hill *The business value of BIM for infrastructure – addressing America's infrastructure challenge with collaboration and technology*<sup>94</sup> fa riferimento al BIM utilizzato per progetti edilizi come

"BIM verticale" e al BIM utilizzato in progetti infrastrutturali come "BIM orizzontale", "BIM civile" (CIM) o BIM pesante. Poiché numerose organizzazioni potrebbero essere attive sia con progetti edilizi che non-edilizi, è essenziale comprendere le sottili differenze in termini di implementazione del BIM a livello di progetto in entrambi i casi. Ad esempio, la quantità di dati da raccogliere e studiare per le fasi iniziali di un progetto infrastrutturale può essere enorme rispetto a quella necessaria per un progetto di sviluppo immobiliare. I dati sulle condizioni esistenti, sui vincoli posti da immobili vicini e dalla conformazione del suolo, oltre a considerazioni normative, possono essere numerosissimi nel caso di un progetto infrastrutturale rispetto a un progetto edilizio. Il ricorso a dati GIS (Geographic Information System) insieme al BIM potrebbe pertanto essere più importante negli stadi iniziali di un progetto infrastrutturale.

Se la composizione del team di progetto e le fasi del ciclo di vita (in termini di convenzioni di denominazione e di relativa distribuzione degli sforzi) possono variare da un progetto edilizio a uno non edilizio, l'implementazione del BIM a livello di progetto resta uguale rispetto ai temi chiave di centralità del modello, importanza delle informazioni, collaborazione e integrazione del team. Al punto 3.2 riportiamo una descrizione dettagliata del BIM nelle fasi del ciclo di vita del progetto, con particolare accento sulle persone e sulle questioni a livello di progetto.

### 3.2 Il BIM e il ciclo di vita dei progetti

Empiricamente è chiarissimo che l'utilizzo del BIM solo nelle prime fasi del ciclo di vita di un progetto limita le sue potenzialità e non assicura la redditività dell'investimento auspicata dalle organizzazioni. La Figura 41 illustra l'uso del BIM lungo l'intero ciclo di vita di un progetto edilizio. Comprendere il processo BIM nelle diverse fasi del ciclo di vita del progetto, "dalla culla alla culla", è pertanto essenziale per i professionisti che lavorano nell'ambito di team impegnati nella realizzazione di progetti di diverso tipo e dimensioni. È inoltre essenziale comprendere che l'uso del BIM è applicabile sia alle nuove costruzioni che al patrimonio immobiliare in essere.<sup>95</sup>

Idealmente l'uso del BIM dovrebbe partire dallo stadio di concept design o di pianificazione del progetto. I modelli sviluppati in questo stadio dovrebbero essere convertiti in un modello contenente tutte le informazioni sull'edificio mano a mano che si avanza negli stadi di ideazione e pianificazione del progetto. La presenza di un modello computabile e ricco di informazioni consente poi ai team di progetto di condurre diverse analisi che potranno favorire la generazione di valore del progetto con risparmio di tempo, costi e con una maggiore sostenibilità. Lo stesso modello consente poi al team di condurre attività di documentazione, approvvigionamento e pianificazione della pre-costruzione del progetto. Lo stesso modello costituirà inoltre una guida per il processo di costruzione e, dopo la messa in servizio, sarà di ausilio nella fase di conduzione e manutenzione. Anche eventuali decisioni di interventi di ammodernamento e di demolizione potranno fare riferimento al modello BIM. Idealmente, le organizzazioni dovrebbero utilizzare il BIM per tutte le attività nell'intero ciclo di gestione del bene.

Risorse utili all'applicazione del BIM in un progetto sono:

Figura 41: Le fasi del ciclo di vita del progetto e l'uso del BIM

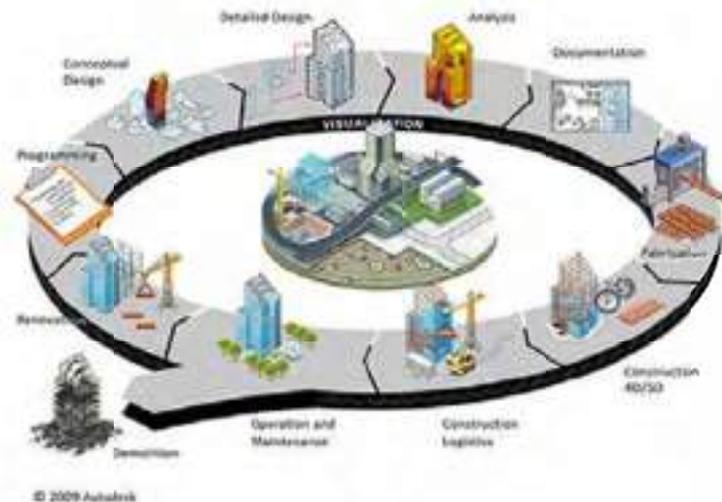


Immagine gentilmente concessa da Autodesk Inc., © 2009

- RIBA Plan of Work 2013 with BIM Overlay
- BIM Task Group Digital Plan of Work
- AIA E203–2013 Building Information Modelling and Digital Data Exhibit; e
- Digital Plan of Work del governo britannico.

Per portare a termine con successo l'implementazione del BIM è importante sviluppare una matrice in cui si collegano le fasi del ciclo di vita del progetto, i principali obiettivi delle singole fasi, gli obiettivi del BIM, i requisiti del modello e il livello di dettaglio (o di sviluppo). La Tabella 2 illustra questo tipo di matrice sulla base del RIBA Plan of Work.

La Tabella 2 mette in luce elementi importanti come la progressione del modello, il coordinamento del modello, i server di modelli e la qualità di informazioni integrate nel modello lungo il ciclo di vita del progetto. I punti 3.2.1–3.2.7 forniscono una descrizione dettagliata delle varie fasi del ciclo di vita del progetto per l'implementazione del BIM a livello di progetto. A fini di semplicità, la discussione al punto 3.2.1 è stata articolata in base agli stadi del RIBA Plan of Work 2013.

A fini di uniformità, la Tabella 3 mostra gli stessi stadi utilizzati per progetti di sviluppo infrastrutturale o non edilizi.

È essenziale comprendere che, nel ciclo di vita di un progetto, il modello BIM si arricchisce progressivamente di dati e informazioni. Oltre alle informazioni relative agli aspetti progettuali, ingegneristici e costruttivi, con il progredire del progetto si evolvono anche le informazioni sui costi. Il processo BIM può offrire maggiore utilità se il team di progetto assicura un efficace e contestuale aggiornamento delle informazioni relative agli aspetti progettuali, ingegneristici, costruttivi ed economici nel corso del ciclo di vita del progetto. I software disponibili in commercio sono in grado di gestire l'evoluzione delle informazioni progettuali, ingegneristiche e costruttive, ma occorre prestare particolare attenzione alle informazioni sui costi nel corso del ciclo di vita. È essenziale utilizzare sistemi e standard di classificazione per assicurare lo sviluppo e l'utilizzo di informazioni sui costi lungo tutto il ciclo di vita

del progetto. Ad esempio, le Nuove regole di misurazione RICS (NRM) possono costituire buone basi per un sistema di gestione dei costi lungo il ciclo di vita. Possono essere utilizzate congiuntamente per "sviluppare e gestire la pianificazione dei costi nel ciclo di vita (LCCPs) per interventi di costruzione, manutenzione e ristrutturazione, per effettuare valutazioni dell'investimento e per selezionare l'opzione migliore in termini di valore".<sup>97</sup>

### 3.2.1 Il BIM nella fase di definizione strategica e nella fase di preparazione e briefing

L'utilizzo del BIM nelle prime fasi di un progetto attualmente non è molto diffuso. Comunque, in letteratura esistono esempi che evidenziano l'importanza dell'uso del BIM in questo stadio. Nei primi stadi di sviluppo di un progetto, è importante eseguire i seguenti compiti principali riguardo all'implementazione del BIM:

- Formulazione e definizione del processo BIM da adottare per il progetto. Questo è di fatto il compito che impegna in questo stadio il team di progetto in relazione al modello BIM. Sono disponibili molte utili risorse per lo sviluppo di un sistema di implementazione del BIM. Ad esempio, la *BIM execution planning guide* della Penn State University<sup>98</sup> offre un sistema di riferimento che consente la definizione dei principali parametri dell'implementazione del BIM (la Figura 42 mostra l'approccio completo a questa attività).
- Sviluppo di un piano di progetto iniziale e identificazione di definizioni preliminari del team di progetto che identifichino con chiarezza le sue attività e i relativi requisiti BIM nelle diverse fasi del ciclo di vita del progetto (generalmente integrato al precedente punto 1).
- Raccolta di informazioni sul progetto, sul cantiere/sui cantieri e sulle aree circostanti/limitrofe che consentano di prendere decisioni informate mano a mano che il progetto va avanti. Il ruolo dei geometri addetti ai rilievi topografici, tecnici e degli edifici è importante e dovrebbe essere pianificato in base alle linee guida

Tabella 2: BIM e la matrice del ciclo di vita del progetto

	Obiettivi principali	Obiettivi/attività BIM	Modello	Livello di dettaglio
<b>Definizione strategica (stadio 0)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>business case</li> <li>Briefing strategico</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Piano di implementazione del BIM in tutte le fasi del ciclo di vita del progetto</li> <li>Costo di implementazione</li> <li>Strategia BIM</li> </ul>	N/A	N/A
<b>Preparazione e briefing (stadio 0)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Obiettivi del progetto</li> <li>Esiti del progetto</li> <li>Obiettivi di sostenibilità</li> <li>Budget del progetto</li> <li>Briefing di progetto iniziale</li> <li>Studi di fattibilità</li> <li>Informazioni sul sito</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Raccolta dati per modelli</li> <li>Identificazione di BIM manager e <i>champion</i></li> <li>Piani di lavoro BIM</li> <li>Matrice responsabilità</li> </ul>	Modello del sito (opzionale)	Basso
<b>Concept design (stadio 2)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Concept design</li> <li>Informazioni sui costi</li> <li>Strategie di progetto</li> <li>Briefing di progetto finale</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Generazione moduli e disegni 3D</li> <li>Volumetria</li> <li>Programmazione spazi</li> <li>Studi di sostenibilità</li> <li>Budget del progetto</li> <li>Identificazione elementi chiave di modellazione</li> <li>Condizioni esistenti; p.es. modelli as-built (se presenti)</li> </ul>	Modello/i di concept design	Basso
<b>Progetto sviluppato (stadio 3)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Progetto sviluppato</li> <li>Informazioni sui costi</li> <li>Strategie di progetto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelli relativi a singole discipline</li> <li>Modelli federati</li> <li>Dimensioni di tempi e costi</li> <li>Informazioni sulla sostenibilità</li> <li>Estrazione modello per analisi e progettazione</li> <li>Coordinamento preliminare progetto</li> <li>Modellazione dettagliata, integrazione e analisi</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modello di progetto federato collegato ai modelli delle singole discipline</li> <li>Modelli 4D, 5D e 6D</li> <li>Documentazione progetto</li> </ul>	Medio-alto
<b>Progettazione tecnica (stadio 4)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Progettazione e specifiche tecniche</li> <li>Matrice responsabilità progettazione</li> <li>Strategie di progetto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelli relativi a singole discipline</li> <li>Modelli federati</li> <li>Dimensioni di tempi e costi</li> <li>Informazioni sulla sostenibilità</li> <li>Estrazione modello per analisi e progettazione</li> <li>Documentazione approvvigionamento progetto</li> <li>Coordinamento della progettazione di dettaglio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modello di progetto federato collegato ai modelli delle singole discipline</li> <li>Modelli 4D, 5D e 6D</li> <li>Specifiche</li> </ul>	Alto
<b>Costruzione (stadio 5)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Produzione off-site e costruzione on-site</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definizione fasi e prototipizzazione</li> <li>Estrazione quantitativa</li> <li>Specifiche</li> <li>Modelli fabbricazione</li> <li>Amministrazione contratti</li> <li>Raccolta informazioni as-built</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modello costruttivo federato</li> </ul>	Alto
<b>Consegna e chiusura (stadio 6)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Consegna edificio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modelli as-built</li> <li>Approvazione e collaudo</li> <li>Integrazione con sistemi di facility management</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modello federato registrato o as-built</li> </ul>	Alto
<b>In uso (stadio 7)</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Avvio dell'uso</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Integrazione con Building management system (BMS)</li> <li>Integrazione con sistemi di monitoraggio</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modello federato registrato o as-built</li> </ul>	Alto

Adattamento da *BIM overlay to the RIBA outline plan of work*, Sinclair, 2012.<sup>96</sup>

**Tabella 3: Stadi RIBA e stadi di progetti non edilizi**

Numero stadio RIBA	Stadi RIBA	Stadio	Stadi di progetti non-edilizi
0	Definizione strategica	1	Avvio
1	Preparazione e briefing	2	Pianificazione
2	Concept design		
3	Progetto sviluppato	3	Progettazione e approvvigionamento
4	Progettazione tecnica		
5	Costruzione	4	Costruzione e consegna
6	Consegna e chiusura	5	Conduzione e manutenzione
7	In uso		

RICS *Measured surveys of land, buildings and utilities* (3ª edizione).

- Sviluppo di una iniziale comprensione delle esigenze di proprietari/sponsor del progetto e delle esigenze commerciali.

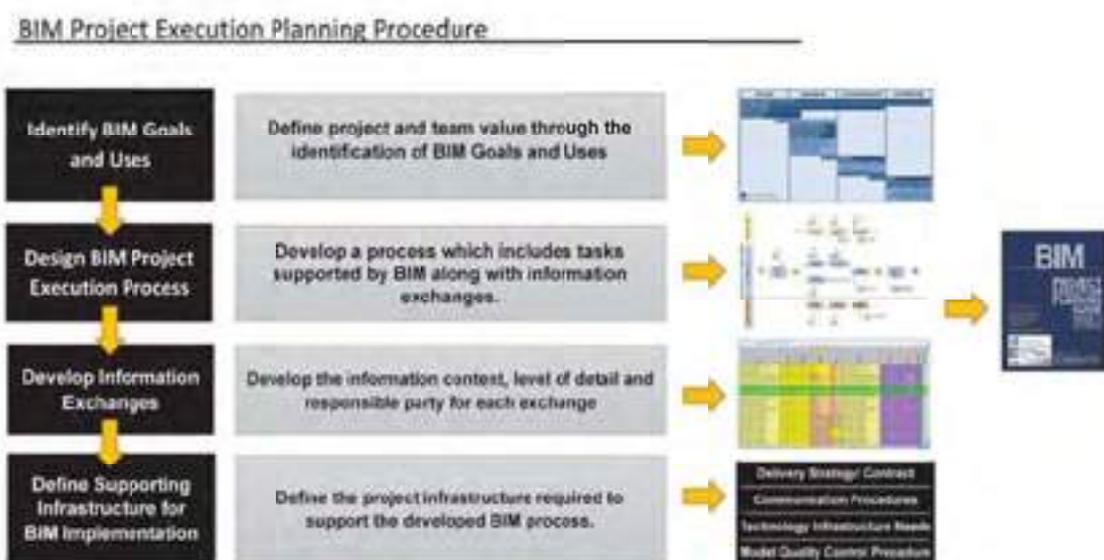
È importante avere una specifica dettagliata dei rilievi con obiettivi di risultato e gradi di precisione concordati già dai primi stadi del ciclo di vita del progetto. Il rilievo può essere dispendioso ma va considerato come una sorta di "polizza assicurativa" per tutti gli utilizzatori, in quanto elimina un gran numero di rischi, evitando possibili situazioni di confusione.

Il rilievo stabilisce il contesto spaziale per tutti gli ulteriori elementi di informazione e costituisce un elemento cardine di qualsiasi progetto BIM.

In questa fase si raccolgono le seguenti informazioni, necessarie per la modellazione dei processi a valle (insieme ad altre informazioni non correlate all'implementazione del BIM che non sono elencate):

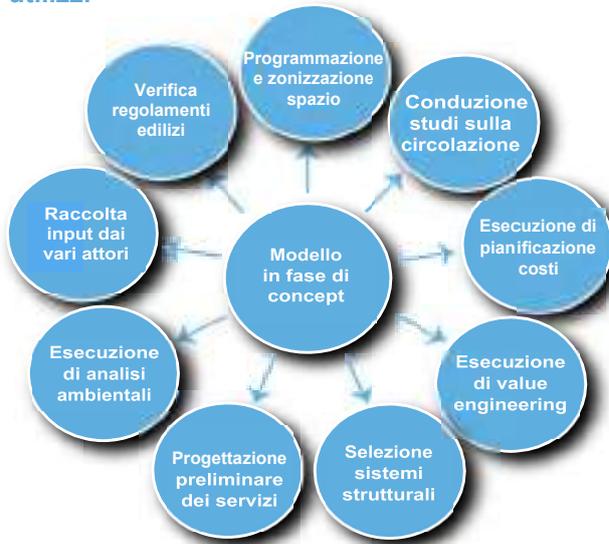
- uno o più siti disponibili per il progetto, preferibilmente in ambiente GIS
- misurazioni del sito, ivi inclusi rilievi topografici, rilievi fotogrammetrici, rilievi aerei, fotografie del sito e così via
- un modello digitale del terreno del sito/dei siti, se disponibile, con informazioni sul sistema di drenaggio effettuato con laser scanner se necessario
- informazioni su edifici e strutture esistenti, preferibilmente sotto forma di modellazione BIM pre-esistente o di informazioni point-cloud da scansione laser, con fotografie georeferenziate
- informazioni as-built delle strutture vicine
- infrastrutture (servizi) interrato nel sito e nelle aree limitrofe

**Figura 42: Piano esecutivo BIM<sup>99</sup>**



Adattamento da The Computer Integrated Construction Research Program della Pennsylvania State University, guida alla pianificazione per l'esecuzione di un Progetto BIM, <http://bim.psu.edu/>. © 2010 The Computer Integrated Construction Research Group. Opera su licenza della Creative Commons Attribution-Share Alike 3.0 United States License. <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/us/>

**Figura 43: Il modello in fase di concept e i suoi utilizzi**



inclusi eventuali dati da georadar; e

- regolamenti edilizi e urbanistici locali con specifici requisiti BIM.

Con queste informazioni e con l'ausilio del piano di esecuzione/implementazione del BIM, il team di progetto può passare alla fase successiva del progetto. I principali risultati BIM in questa fase sono:

- disponibilità del committente/sponsor del progetto rispetto all'uso del BIM, chiara identificazione del ruolo e della finalità del BIM, nonché definizione dei fattori di successo dell'implementazione del BIM
- definizione della estensione dell'implementazione del BIM con elementi 4D (tempo), 5D (costi) e 6D (ciclo di vita/gestione del bene/sostenibilità) con i connessi deliverable ed obiettivi; e
- determinazione del meccanismo di completamento dei compiti connessi a BIM, incluso il ruolo e le responsabilità di ogni membro del team di progetto, i requisiti dei soggetti specializzati e la nomina di un BIM manager (se necessario). Sono inoltre definite le responsabilità a lungo termine e la proprietà del modello e degli input e output in ambito BIM.<sup>100</sup>

In generale in questo stadio del progetto non si sviluppano modelli, ma il risultato di questo stadio è di importanza cruciale ai fini di un'efficace implementazione del BIM nel progetto.

### 3.2.2 Il BIM durante la fase di concept design

L'uso del BIM nello stadio di concept design è uno sviluppo recente, ancora in fase iniziale di diffusione come prassi di settore dominante. In passato, l'implementazione del BIM per lo più partiva dallo stadio di progettazione di dettaglio di un progetto. Ciò in parte è accaduto per via delle limitazioni a livello di tecnologia, soprattutto per la mancanza di strumenti disponibili in commercio. I modelli a livello di concept sviluppati dai progettisti erano caratterizzati da limitazioni

delle informazioni tali da non consentire l'uso dei modelli per finalità esulanti dalla semplice visualizzazione e animazione. Questi modelli non potevano neppure essere sviluppati fino alla fase di progettazione più dettagliata per problemi di interoperabilità. Il trasferimento dei modelli dello stadio di concept in formato IFC dava risultati insoddisfacenti a causa di una grande perdita di dati.

La situazione è decisamente cambiata in termini di tecnologia e di funzionalità software. Alcuni software di modellazione BIM presentano ampie funzionalità (integrate al loro interno o interconnesse ad altri strumenti di progettazione usati in fase di concept design) che consentono:

- l'esecuzione dei compiti previsti in fase di concept design di un progetto edilizio o infrastrutturale; e
- l'utilizzo a valle dei modelli di concept design nelle successive fasi di sviluppo progettuale.

La Figura 43 illustra le attività che si possono eseguire in questa fase ricorrendo precocemente a sistemi BIM. Attualmente esistono numerosi strumenti software per utilizzare un semplice modello di massa nella progettazione di un edificio e condurre le attività di analisi e progettazione necessarie in questo stadio del progetto. La Figura 44 mostra un tipico modello di massa di un edificio, in cui sono definiti gli elementi dei pavimenti e dell'involucro. Utilizzando questo tipo di modello di massa si possono intraprendere svariati compiti di progettazione e analisi. Come mostra la Figura 45, il modello di massa di un edificio può essere utilizzato per calcolare la superficie di pavimento, il perimetro a ogni piano dell'edificio, il volume degli spazi interni e l'area superficiale dell'involucro. Il calcolo di questi parametri è utile per condurre ulteriori analisi come la programmazione degli spazi, l'analisi energetica e la selezione del sistema strutturale, per sviluppare una migliore comprensione dell'intento progettuale e la pianificazione dei servizi preliminari. La Tabella 4 mostra le possibili attività nella fase di concept design che potrebbero essere influenzate dai modelli sviluppati in questo stadio del progetto.

La Figura 46 mostra l'uso di modelli di massa per l'analisi della sostenibilità. Il modello disponibile in questo stadio consente di specificare a grandi linee, tra l'altro, spazi, servizi necessari, uso dei materiali, informazioni generali su posizione e orientamento, nonché altre informazioni

**Figura 44: Tipico modello di massa per un progetto edilizio nello stadio di concept design**

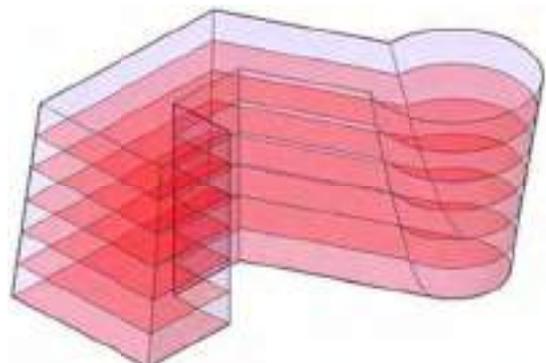


Figura 45: Workflow per analisi utilizzando un modello di massa

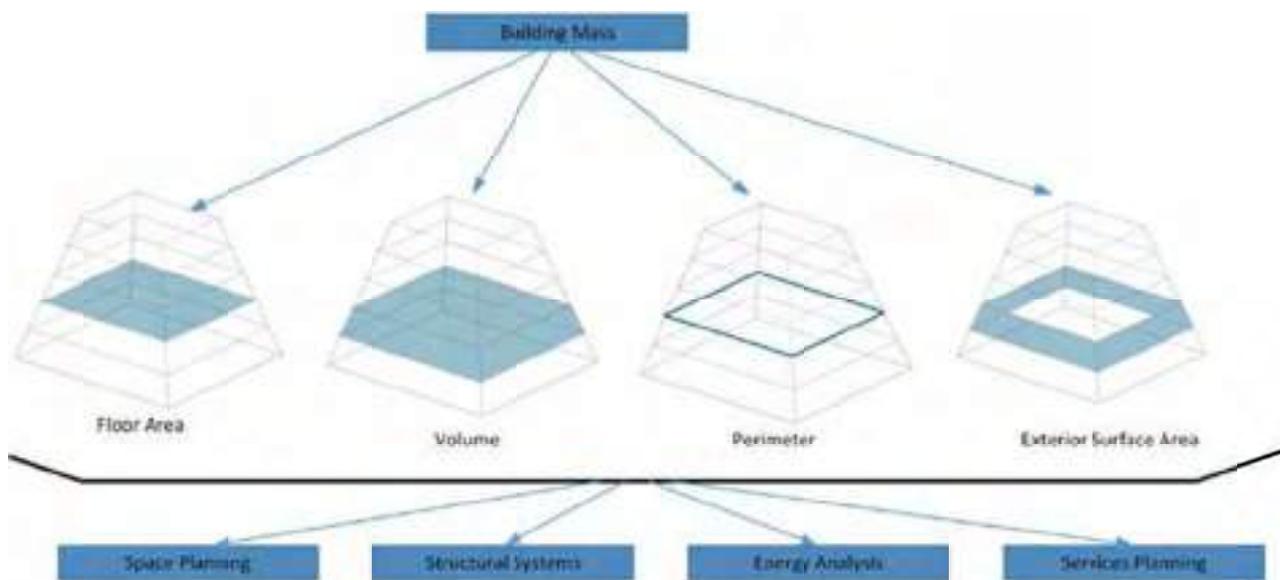
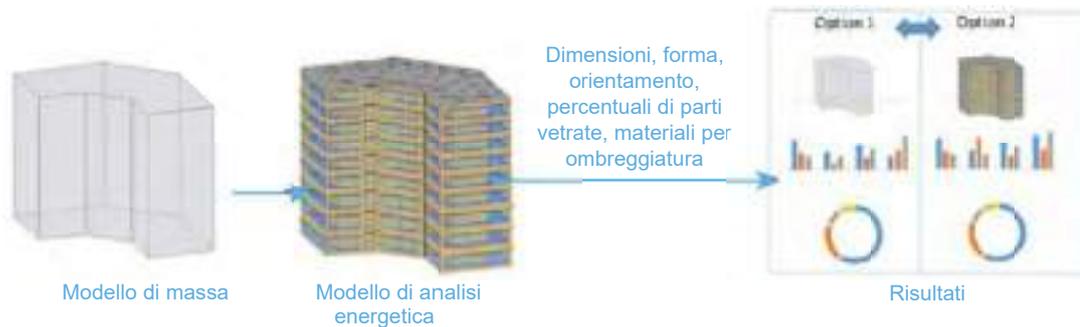


Tabella 4: Sintesi delle attività in fase di concept design con l'uso del BIM

Attività nello stadio di concept design	Attività BIM
Produzione di concept design (diverse alternative da sviluppare)	Modello/i di massa con un adeguato livello di dettaglio
Validazione del briefing iniziale a fronte del/i modello/i di concept	Calcoli di programmazione basati sul modello in base alle esigenze commerciali del committente, alla strategia immobiliare e organizzativa
Sviluppo di piani per gli input dei vari attori	Uso di modelli 3D con tecniche di visualizzazione e animazione per la partecipazione degli attori (iniziative volte alla partecipazione del pubblico per progetti non edilizi)
Elaborazione di proiezioni di fattibilità finanziaria e di cash flow	Utilizzo di database di costi e proventi storici per generare calcoli finanziari e di cash flow
Preliminare identificazione dei sistemi strutturali	Per progetti edilizi, sviluppo di pavimenti, pareti ed elementi dell'involucro per identificare sistemi strutturali realizzabili
Identificazione preliminare dei servizi (meccanici, elettrici, idraulici, antincendio, sicurezza etc.)	Scelta del tipo di servizi, requisiti spaziali per i servizi e diagrammi dell'area servizi per il progetto
Coordinamento del sistema strutturale e del sistema di servizi a livello schematico	Modello combinato/federato a dimostrazione del primo livello di coordinamento tra discipline
Verifica di regolamenti edilizi in relazione ai concept	Verifica dei regolamenti e della conformità alle norme di legge
Analisi delle problematiche di sostenibilità	Impronta di carbonio, consumo energetico, comfort termico e altri parametri di sostenibilità ed efficienza
Conduzione di analisi di costruibilità e valutazione del potenziale off-site	Analisi di costruibilità, comparazione di modelli di concept, ricerca di potenziale off-site utilizzando modelli esplosi, logistica di cantiere
Predisposizione di un piano dei costi preliminare	Aree, volumi e quantità basati su un piano dei costi concettuale, ordine delle stime di costo, budget autorizzato
Dettagli della composizione del team di progetto	Competenze ed esperienza BIM, questioni relative a processi e prassi
Richiesta di input e approvazione da parte del committente	Visualizzazione e animazione, alternative progettuali, comparazione rispetto agli obiettivi finanziari, di sostenibilità e ad altri obiettivi del progetto

**Figura 46: Analisi di sostenibilità con l'uso di modelli di massa**



relative alla sostenibilità per il progetto. Quasi tutti i software di analisi energetica e di sostenibilità possono utilizzare questi dati preliminari ed elaborare risultati che consentano la comparazione di diverse opzioni di concept design e obiettivi di sostenibilità di ampio respiro.

La Figura 47 mostra un modello BIM per lo stadio di concept convertito in un modello analitico preliminare analizzabile con un software di analisi strutturale cloud-based. Questo tipo di analisi preliminare, oggi possibile, rende vantaggioso l'uso di sistemi BIM nello stadio di concept design.

La Figura 48 mostra uno strumento di programmazione spaziale denominato DProfiler™, che prende un modello di massa ed effettua un'analisi spaziale e finanziaria per il committente per giustificare l'investimento.

Tali modelli possono essere utilizzati per sviluppare piani dei costi negli stadi iniziali del progetto (si veda la Figura 49). La pianificazione dei costi basata su modelli consente di pianificare velocemente i costi di diverse soluzioni alternative già allo stadio iniziale del progetto.

### 3.2.3 Il BIM durante la fase di progetto sviluppato

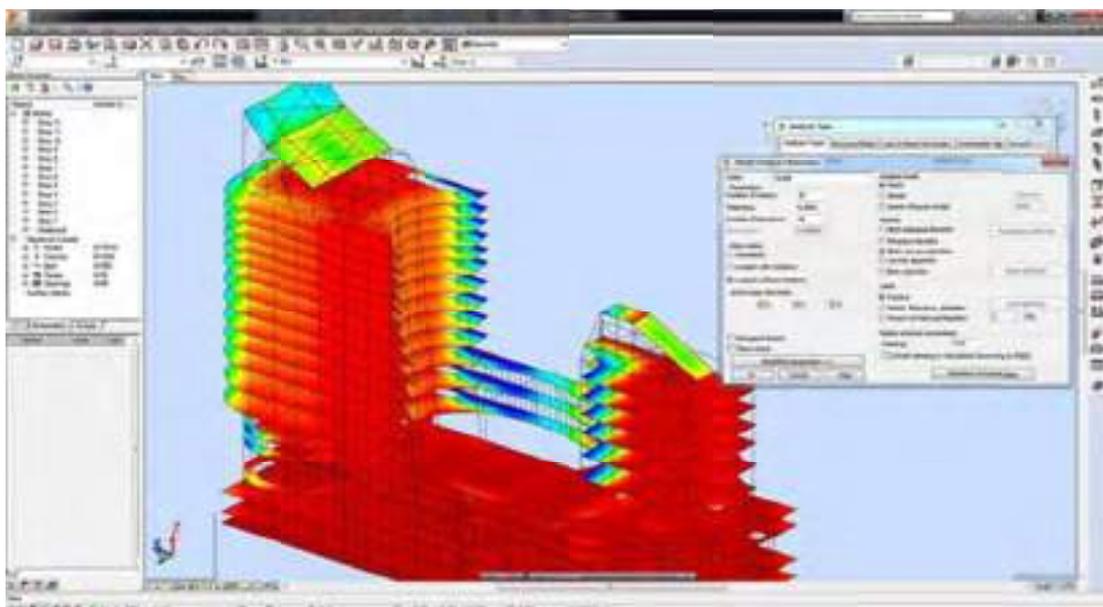
L'utilizzo del BIM nello stadio della progettazione di dettaglio nell'ambito di progetti edilizi e non edilizi

ha avuto una notevole maturazione nel corso degli anni. Quasi tutta la letteratura disponibile si concentra infatti sull'uso del BIM in questo stadio del progetto, diffusamente utilizzato in particolare per le seguenti attività:

- 1 creazione di contenuti progettuali basati su BIM
- 2 analisi dettagliata con l'uso del BIM; e
- 3 coordinamento di modelli.

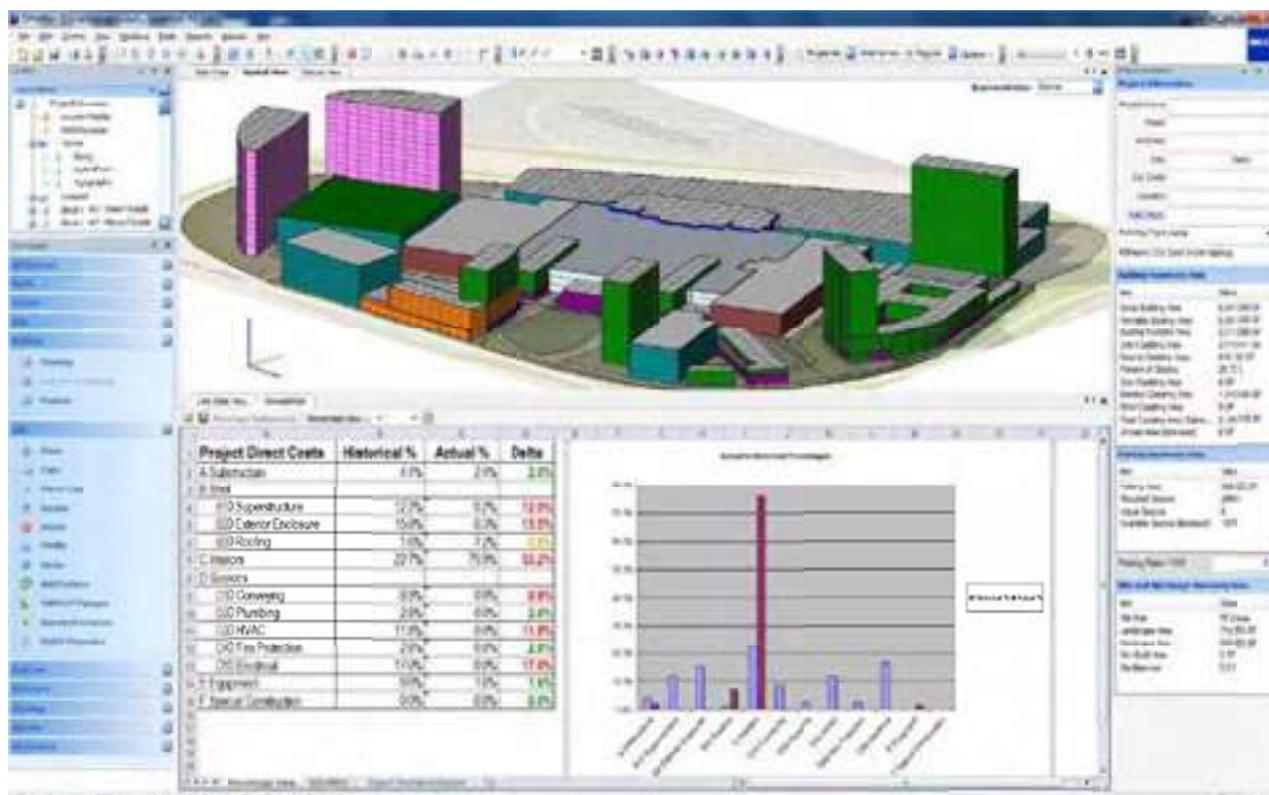
La Figura 50 mostra il tipico workflow per la progettazione di dettaglio di un progetto con l'uso del BIM. Il modello di concept, insieme a tutte le informazioni raccolte per il progetto (sia in 2D che in formato 3D) nello stadio di concept design, è utilizzato per lo sviluppo del modello centrale di progetto. Per un progetto edilizio sarà il modello architettonico. Nel caso di un progetto non edilizio, il modello progettuale centrale potrebbe essere un modello ingegneristico, che costituirà la base per la modellazione delle altre discipline. Nella fase di creazione contenuti BIM, il modello progettuale centrale è condiviso con altri consulenti progettuali e ingegneristici. Ciò costituisce la base della creazione di contenuti progettuali per i modelli relativi alle singole discipline da parte di questi consulenti specialistici.

**Figura 47: Analisi strutturale utilizzando il modello dello stadio di concept**



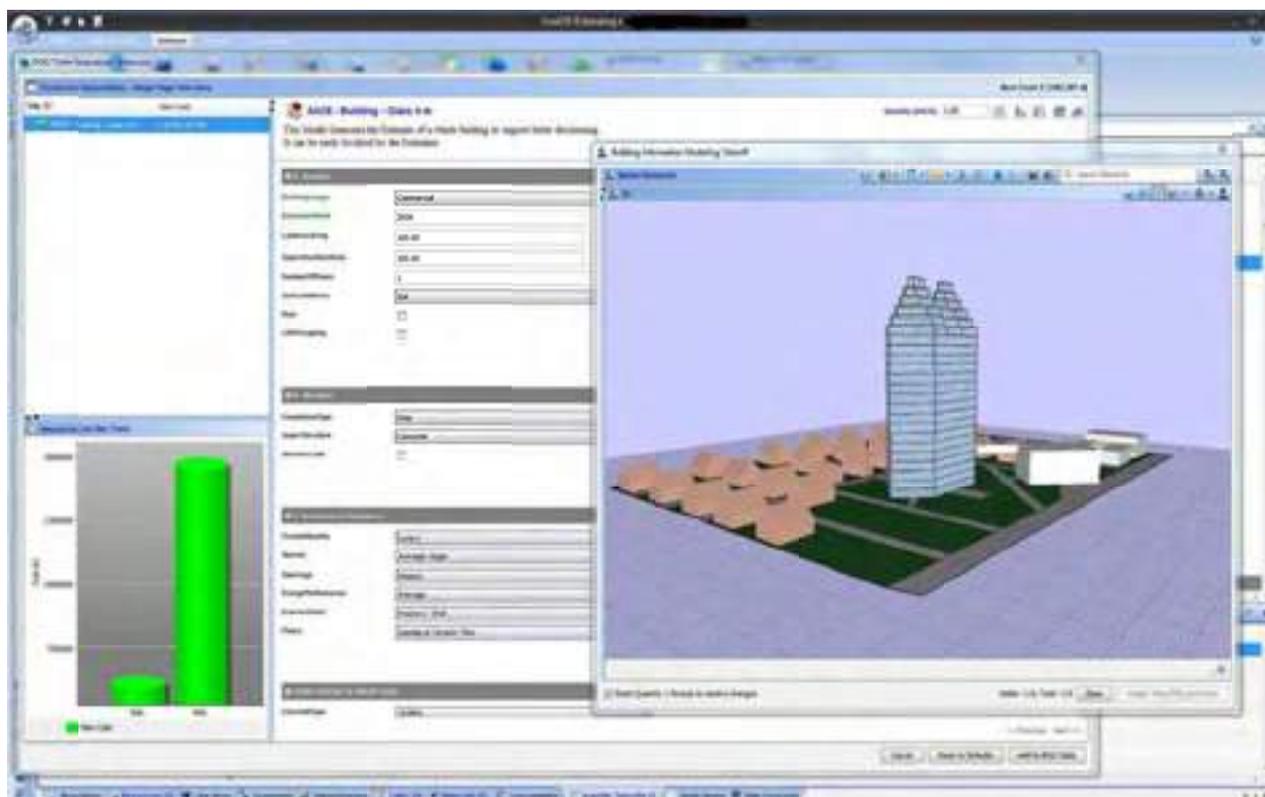
Schermate Autodesk ristampate con il permesso di Autodesk, Inc.

Figura 48: Programmazione dello spazio utilizzando il modello dello stadio di concept



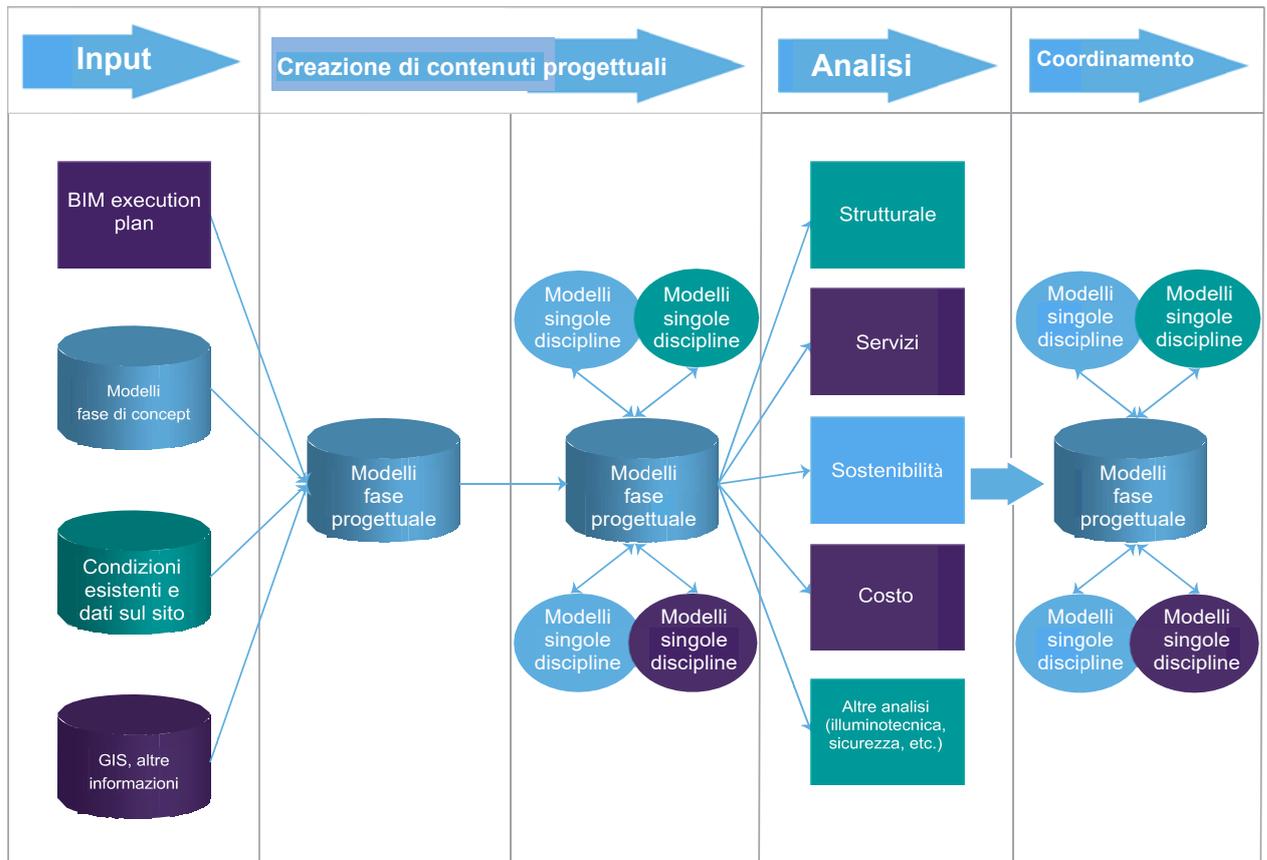
Schermata DProfiler™ riprodotta con il permesso di Beck Technology Ltd.

Figura 49: Pianificazione costi basata sul modello dello stadio di concept



Riprodotta con il permesso di Nomitech.

Figura 50: Processo di progettazione di dettaglio basato sul BIM



Il modello progettuale centrale si combina con i modelli attinenti a singole discipline per sviluppare un “modello federato”. Il modello federato ha funzioni di coordinamento del progetto, che di fatto costituisce un processo iterativo. Successivamente al coordinamento iniziale, il modello federato e i modelli attinenti alle singole discipline sono utilizzati per effettuare una serie di analisi, quali ad esempio:

- analisi strutturale
- analisi dei servizi
- analisi energetica, ambientale e di sostenibilità
- analisi dei costi; e
- altre analisi dettagliate come l’analisi dell’area, l’analisi illuminotecnica, l’analisi acustica, l’analisi degli scarichi,

l’analisi dell’ombreggiatura, l’analisi della sicurezza e così via.

Queste analisi dettagliate effettuate grazie al modello BIM sviluppato sino a questo momento sono poi normalmente utilizzate per portare a termine il progetto. Questi modelli rivisti, con l’aggiunta di informazioni provenienti dalle singole discipline, saranno iterativamente coordinati per arrivare a un progetto prossimo a “difetti zero”. Durante questi processi iterativi, il team di progetto arricchisce ulteriormente i modelli con specifiche e altre informazioni di dettaglio sui modelli stessi e sui relativi elementi di modellazione.

La Figura 50 riporta un’illustrazione di alto livello della condivisione e integrazione di dati per il coordinamento progettuale e un’analisi di dettaglio. La Figura 51 mostra un workflow dettagliato per l’analisi strutturale e la progettazione

Figura 51: Progettazione e analisi strutturale basata sul BIM

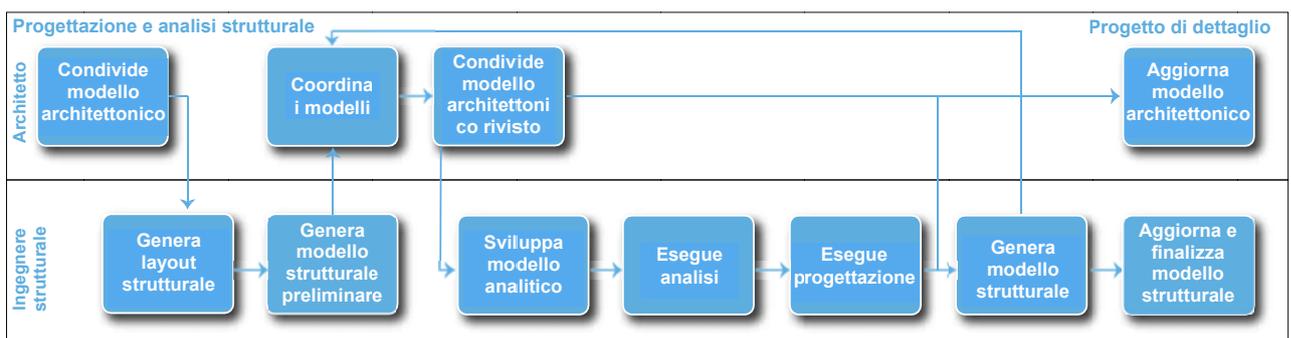


Figura 52: Coordinamento BIM – 2D vs. 3D



relativa a un progetto edilizio. Utilizzando il modello architettonico, l'ingegnere strutturale sviluppa un layout strutturale generale dell'edificio. Da qui parte lo sviluppo di un modello strutturale preliminare. Esso è poi condiviso con l'architetto per la conduzione di un esercizio preliminare di coordinamento con il modello architettonico.

Una volta completato il coordinamento, l'ingegnere strutturale solitamente procede all'estrazione di un modello analitico (talvolta definito modello "stick") a partire dal modello strutturale coordinato. Questo modello analitico è utilizzato per condurre l'analisi e la progettazione strutturale. Successivamente si passa allo sviluppo di un modello strutturale più preciso, coordinato con il modello architettonico. Questa fase di coordinamento conduce allo sviluppo di un modello progettuale per la disciplina strutturale. Un analogo processo è seguito per lo sviluppo progettuale di altre discipline coinvolte nel progetto. Al completamento di questa fase, si ottiene un modello BIM coordinato e ricco di dati.

Tradizionalmente, il coordinamento progettuale si basava su disegni e altri dati in formato 2D su supporto cartaceo. Il ricorso al BIM ha apportato grandi miglioramenti in questo processo. Strumenti software quali Solibri Model Checker, Tekla® BIMsight® e Autodesk® Navisworks® aiutano il team di progettazione nella federazione dei BIM attinenti a singole discipline, rendendo più lineare il processo di coordinamento. Questi strumenti sono di grande supporto nel processo di coordinamento. La Figura 52 mostra il processo di coordinamento in ambiente 3D rispetto al coordinamento basato su disegni 2D.

Grazie al coordinamento tramite BIM si ottiene sistematicamente:

- l'identificazione delle problematiche progettuali e delle rispettive coordinate
- i dati associati alle discipline e agli elementi di modellazione all'origine del problema di coordinamento o di collisione

- un facile collegamento del problema ai modelli attinenti a singole discipline da cui trae origine; e
- la capacità di seguire i problemi fino alla loro risoluzione.

La Figura 53 mostra un tipico report di coordinamento generato in questo processo.

Una volta portato a termine con successo questo stadio, si otterranno i seguenti deliverable principali:

- modelli di design coordinati con un livello di dettaglio predeterminato
- programmi spaziali e di circolazione confermati
- concessioni per il progetto e informazioni sulle autorizzazioni
- piano dei costi e informazioni finanziarie
- modelli attinenti a singole discipline, ad esempio modelli strutturali, modelli MEP; e
- accettazione e approvazione del progetto da parte del committente e modelli precedenti lo stadio di progettazione.

I modelli di informazioni sull'edificio prodotti in questo stadio del progetto hanno un livello di dettaglio e specificità sufficiente da consentire al team di progetto di iniziare a valutare le possibili strategie di approvvigionamento e le problematiche di gestione della filiera. I modelli prodotti passano poi senza soluzione di continuità allo stadio successivo del progetto.

### 3.2.4 Il BIM durante la fase di progettazione tecnica

Nello stadio di progettazione tecnica, l'obiettivo principale consiste nell'aggiungere dettagli costruttivi al modello sin qui sviluppato. Le principali attività relative a BIM in questa fase sono:

- modellazione dettagliata, integrazione e analisi per disciplina
- finalizzazione del modello dello stadio progettuale per tutte le discipline

Figura 53: Rapporto di coordinamento

I.No.	DRAWING / DOC No.	LOCATION / GRID REFERENCE	DISCIPLINE	QUERY	REFERENCE IMAGE	REMARKS	RESPONSE FROM CLIENT	STATUS
1	WCC-0002	Basement	MEPF	Coordination	<a href="#">NO. 001 MANIFESTE MEP MANIFESTE BY MANIFESTE 02.02.01.01.01</a>	Was not coordinated	Location of pipe rooms to be confirmed later MEP & Architect	Open
2	WCC-0004   0.0003	Basement 02	MEPF	Mining	<a href="#">NO. 001 MANIFESTE MEP MANIFESTE BY MANIFESTE 02.02.01.01.01</a>	Change pipe layout mining	MEP to update drawing with pipe layout	Open
3	WCC-0001   0.0002	Basement 01	MEPF	Coordination	<a href="#">NO. 001 MANIFESTE MEP MANIFESTE BY MANIFESTE 02.02.01.01.01</a>	Was / claim not coordinated	Location of pipe rooms to be confirmed later MEP & Architect	Open
4	WCC-0001   0.0003	Basement 01	MEPF	Coordination	<a href="#">NO. 001 MANIFESTE MEP MANIFESTE BY MANIFESTE 02.02.01.01.01</a>	Was not coordinated	Location of pipe rooms to be confirmed later MEP & Architect	Open
5	-	All electrical layouts	MEPF	Mining	<a href="#">NO. 001 MANIFESTE MEP MANIFESTE BY MANIFESTE 02.02.01.01.01</a>	Issue legend mining	Revised legend received on 12/02/2014	Close
6	-	Basement 03 Electrical layout	MEPF	Coordination	<a href="#">NO. 001 MANIFESTE MEP MANIFESTE BY MANIFESTE 02.02.01.01.01</a>	Ceiling not include to light boxes above ramp in ground floor	MEP to update FF drawings and detail the same	Open
7	Grid : 74.47	Basement 03 Electrical layout	MEPF	Coordination	<a href="#">NO. 001 MANIFESTE MEP MANIFESTE BY MANIFESTE 02.02.01.01.01</a>	Cable Tray Crossing with Duct & no space to accommodate other services above or below the duct.		Open
8	Grid : 83.47	Basement 03 Electrical layout	MEPF	Coordination	<a href="#">NO. 001 MANIFESTE MEP MANIFESTE BY MANIFESTE 02.02.01.01.01</a>	Cable Tray Crossing with Duct & no space to accommodate above or below the duct.		Open
9	NOTE for complete coordination and specify each direction in basements refer following file					Coordinated IWB file "WCC_ICO_MEP_000100_30_SRP" "WCC_ICO_30_Typical detail" "WCC_ICO_MEP_30_IWB_CLEAR_REPORT"		

- coordinamento finale del modello
- pianificazione pre-costruzione con metodo BIM, ivi inclusa la pianificazione della sicurezza, la definizione delle fasi e la prototipizzazione, la pianificazione delle attività di approvvigionamento e di gestione della filiera e così via
- finalizzazione di specifiche a livello di singoli elementi dell'edificio in base alla creazione di oggetti parametrici a livello di produzione per tutti i principali elementi del progetto
- verifica dei codici ed esportazione di dati per l'analisi del controllo dell'edificio
- rilievo quantitativo e pianificazione costi
- esecuzione di attività di gestione del rischio associate al progetto
- elaborazione documentale basata sulla strategia di approvvigionamento
- revisione e approvazione definitiva del modello; e
- finalizzazione e accesso al modello per il/i costruttore/i.

La Figura 54 illustra la mappa di processo per lo stadio di progettazione tecnica del progetto. Il Capo consulente del progetto, operando in stretta collaborazione con altri consulenti progettuali e ingegneristici, procede alla finalizzazione dei modelli utilizzando specifici elementi di modellazione arricchendo il modello con specifiche

informazioni tecniche. Questi modelli attinenti a singole discipline vengono coordinati con il modello relativo alla disciplina principale (vale a dire il modello architettonico per il progetto edilizio o il modello ingegneristico per un progetto non edilizio), in stretta interazione con tutto il team di progetto. Nella mappa di processo riportata nella Figura 54, si presuppone che il compito di provvedere alle funzioni di coordinamento e allo sviluppo di un modello federato sia stato affidato al Project Management Consultant (PMC).

Dopo numerose iterazioni, i modelli definitivi per lo stadio della progettazione tecnica sono completati e approvati dal committente o da un suo rappresentante. In seguito il PMC pubblicherà un modello BIM federato in cui saranno integrati gli input di tutte le discipline. Con questo modello federato si effettuano altre analisi; ad esempio, verifiche della conformità alle leggi vigenti da parte del capo consulente di progetto, pianificazione dei costi da parte del perito misuratore (QS, quantity surveyor), che in alcune regioni può anche essere definito estimatore, economista della costruzione o pianificatore di costi, e programmazione 4D da parte del team di costruzione. In seguito i modelli dello stadio di progettazione tecnica saranno bloccati, si otterrà l'approvazione del committente e il progetto passerà allo stadio costruttivo.

Nello stadio di progettazione tecnica sono fornite informazioni molto specifiche sugli elementi di modellazione nel modello. Il modello è essenzialmente pronto per essere trasferito come modello per lo stadio

**Figura 54: Mappatura di processo per lo stadio di progettazione tecnica**

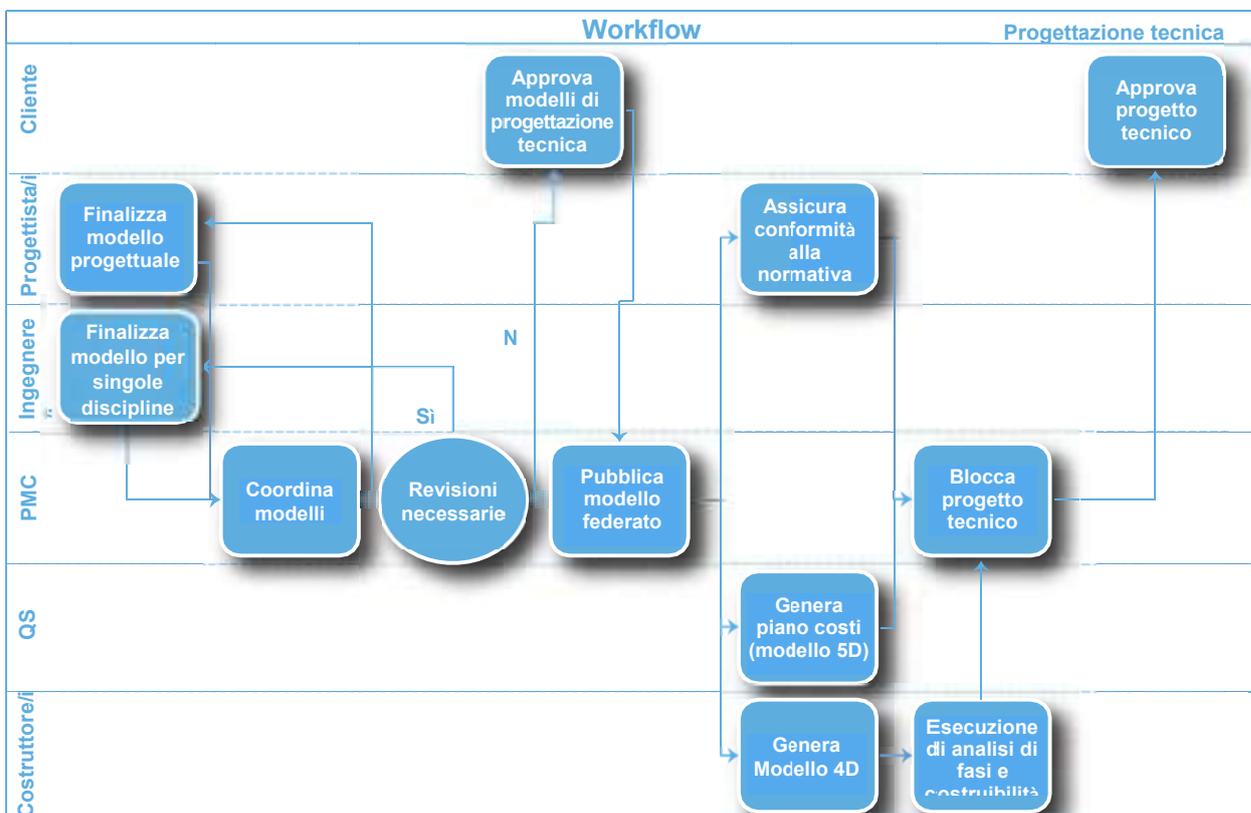


Figura 55: Aggiunta di specifiche al modello dei dati dell'edificio



di costruzione. In questa fase del progetto si aggiungono delle specifiche al modello utilizzando un formato aperto e interoperabile. L'obiettivo consiste nello stabilire un protocollo per l'identificazione di proprietà richieste per specificare materiali, prodotti e impianti utilizzati nel modello.

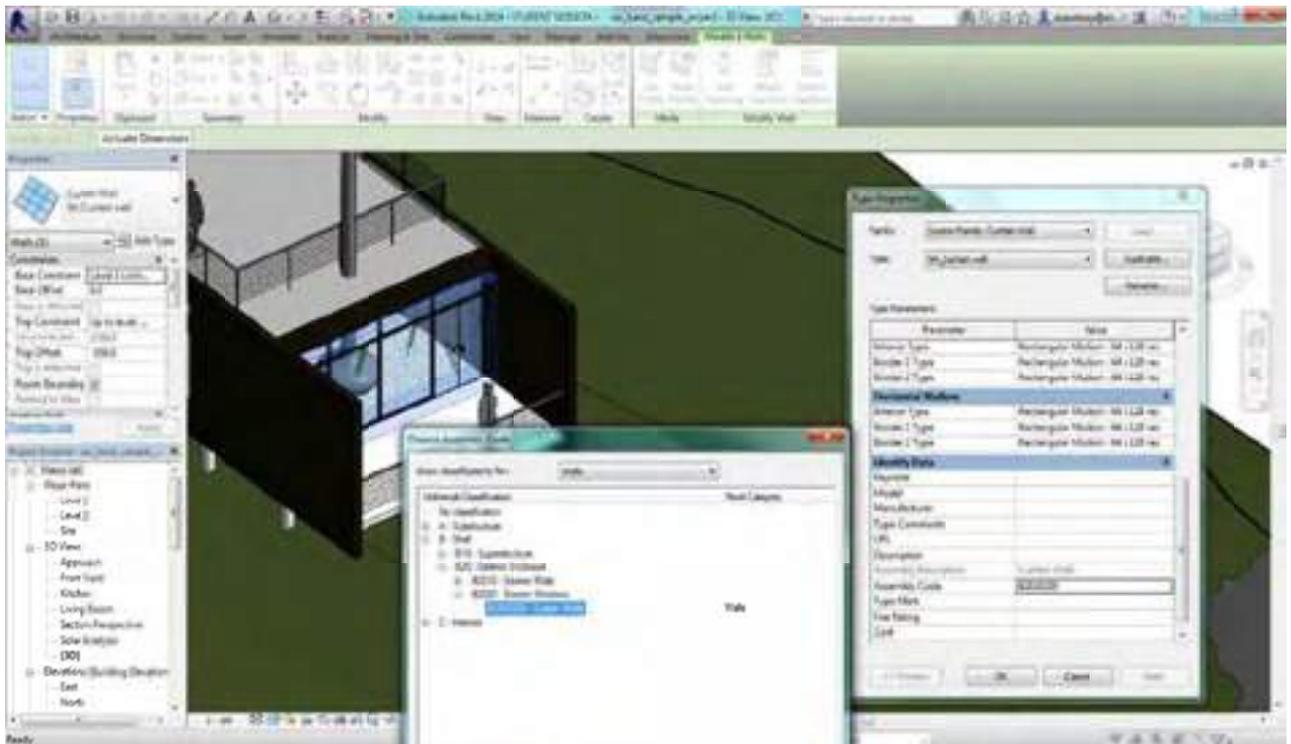
Come si evince dalla Figura 55, il processo di aggiunta di specifiche agli elementi della modellazione prevede l'utilizzo di un master file di specifiche (p.es. UniFormat o Uniclass), per poi accorpate e mappare i diversi elementi della modellazione informativa dei dati dell'edificio. Ad esempio, con l'uso del software di modellazione BIM e-SPECS, l'autore del modello può aggiungere specifiche agli elementi della modellazione utilizzando la proprietà "assembly code" dell'oggetto (che compare nella Figura 56).

Analogamente, nella fase di progettazione tecnica del progetto si colloca anche il processo di estrazione delle quantità e di pianificazione dei costi. Questo compito

è eseguito dal QS. La Figura 57 illustra la mappa del processo di pianificazione costi. Il QS utilizza il modello dei software di modellazione BIM o in speciali strumenti di pianificazione costi che supportano il BIM. Se non è già stato definito, sarà il QS a stabilire un sistema di classificazione per il modello, in modo tale che i vari elementi possano essere classificati e quantificati con uno standard di classificazione accettato nel settore. Utilizzando le regole di misurazione approvate, il QS produce quindi un piano delle quantità per i diversi elementi del modello. Gli oggetti non inclusi nella modellazione o non quantificabili utilizzando i modelli sono calcolati a parte con procedimenti manuali. Da questi calcoli si elabora un computo metrico al quale saranno applicati i prezzi per l'elaborazione del piano dei costi per il progetto.

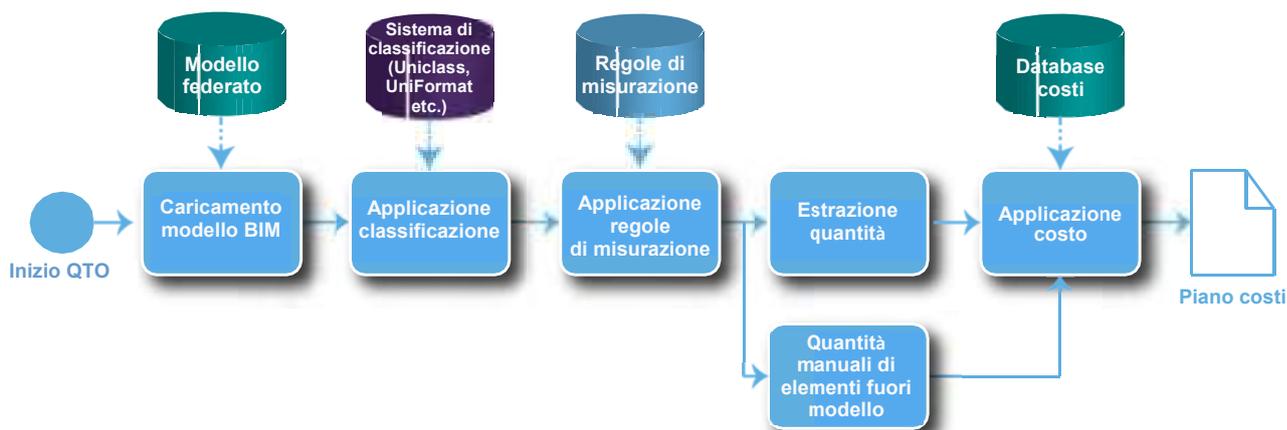
La Figura 58 illustra il processo di programmazione 4D completato nello stadio di progettazione tecnica. Il processo comporta il collegamento del modello al calendario del progetto. Nell'ambito del processo si possono utilizzare vari

Figura 56: Aggiunta di codici Uniformat agli elementi di modellazione



Schermate Autodesk ristampate con il permesso di Autodesk, Inc.

Figura 57: Processo di pianificazione dei costi con l'uso del BIM



formati di calendario.

Lo stadio di progettazione tecnica del progetto è completo e tutti i deliverable con il livello di dettaglio prestabilito sono forniti al/i costruttore/i per lo stadio di costruzione del progetto.

### 3.2.5 Il BIM nella fase di costruzione

Il metodo BIM trova ampio uso nella fase di costruzione dei progetti. Il modello utilizzato in questa fase è normalmente definito il modello costruttivo.

Talvolta chiamato anche "BIM sul campo" o "BIM mobile", il BIM nella fase costruttiva è in genere utilizzato per:

- 1 sviluppare una migliore consapevolezza dell'intento progettuale e dei componenti da costruire
- 2 migliorare la collaborazione e il coordinamento sul cantiere tra contractor e subappaltatori
- 3 identificare e risolvere questioni/problemi costruttivi nel modo più veloce possibile utilizzando sistemi di richiesta informazioni (RFI, Request For Information) basati su BIM
- 4 progettare opere temporanee (ponteggi, argani, puntelli, etc.) e comprendere le fasi e le sequenze costruttive con sistemi di Clash detection temporale
- 5 consentire l'uso, la pianificazione e il coordinamento di componenti off-site
- 6 ottenere informazioni sull'approvvigionamento e la filiera

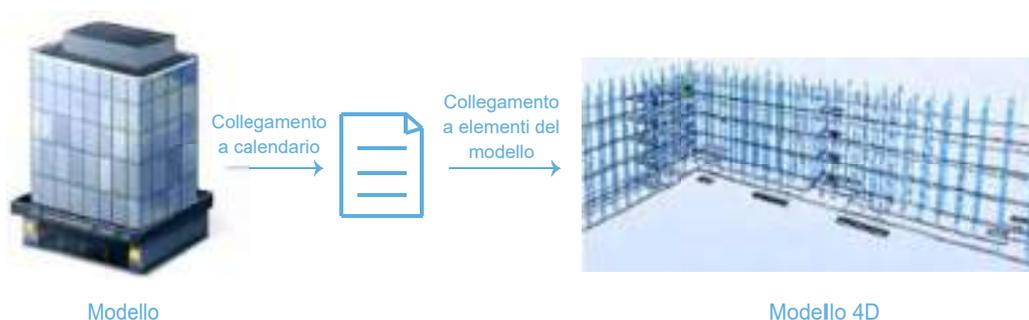
in relazione a componenti e prodotti di costruzione utilizzati nel progetto

- 7 sviluppare disegni degli elementi da acquistare o fabbricare e altre informazioni sui prodotti, ad es. specifiche dei singoli componenti costruttivi che il contractor deve fornire o realizzare. Queste informazioni sono utilizzate per finalità di approvvigionamento, installazione e messa in servizio
- 8 ottenere lo status di progettazione e costruzione di ciascun componente della costruzione per tracciare e validare l'avanzamento in termini di progettazione, approvvigionamento, installazione, collaudo e messa in servizio
- 9 eseguire attività di gestione del rischio associate al progetto
- 10 integrarsi con il controllo di tempi e costi e con altre funzioni di gestione del progetto, ivi inclusa la verifica, la direzione e la tracciabilità delle attività di costruzione utilizzando tool basati su BIM;<sup>101</sup> e
- 11 predisporre modelli e documentazione per la consegna e la messa in servizio.

In quasi tutti i casi, in questo stadio è il costruttore che segue il modello. Nelle forme più recenti di progettazione, i costruttori sono coinvolti già negli stadi iniziali del progetto, e ciò facilita la transizione allo sviluppo e all'uso del modello costruttivo.

In questa fase si possono realizzare grandi vantaggi

Figura 58: Processo di modellazione 4D basata sul BIM



collaborando con i fornitori per agevolare l'approvvigionamento e la consegna di prodotti e impianti. Le efficienze ottenute nei processi di gestione della filiera possono essere significative. Poiché il modello contiene informazioni dettagliate sul prodotto, contribuisce a semplificare compiti quali la gestione della filiera e degli approvvigionamenti.

Una delle difficoltà più comuni in questa fase riguarda le comunicazioni con il personale in loco più attento alla lettura dei documenti del progetto come i disegni 2D e le relative informazioni. Questo problema va gestito con attenzione per ogni singolo progetto. Alcune organizzazioni nel settore delle costruzioni utilizzano tool di comunicazione visiva innovativi per superare questa difficoltà, come mostra la Figura 59. Allo stesso modo, sono disponibili tool che consentono di applicare il modello costruttivo a vari dispositivi di facile utilizzo come i tablet e i computer touch-screen.

Informazioni dettagliate sui diversi componenti, ivi incluse informazioni sulle quantità e sulle proprietà, possono essere estratte facilmente dai modelli BIM, purché abbiano un adeguato livello di dettaglio o di sviluppo. Si possono ottenere anche informazioni di specifica associate a singole componenti dell'edificio (si veda la Figura 60). Queste informazioni si potranno utilizzare per la gestione dei costi, l'approvvigionamento, l'installazione, il collaudo e la messa in servizio. Il processo di controllo e monitoraggio del progetto può essere inoltre arricchito utilizzando il piano 4D precedentemente generato per seguire lo status del progetto e le relative attività. Oggi questo tipo di tool esiste in commercio.

I modelli dello stadio costruttivo possono essere utilizzati anche ai fini di un'adeguata pianificazione del layout di cantiere, per la pianificazione delle opere temporanee (p.es. i ponteggi e le possibili interferenze con le attività di costruzione in corso) e la modellazione di attrezzature quali gru a torre, argani e così via. La Figura 61 illustra

la modellazione delle attrezzature edili e dei componenti temporanei in un progetto edilizio.

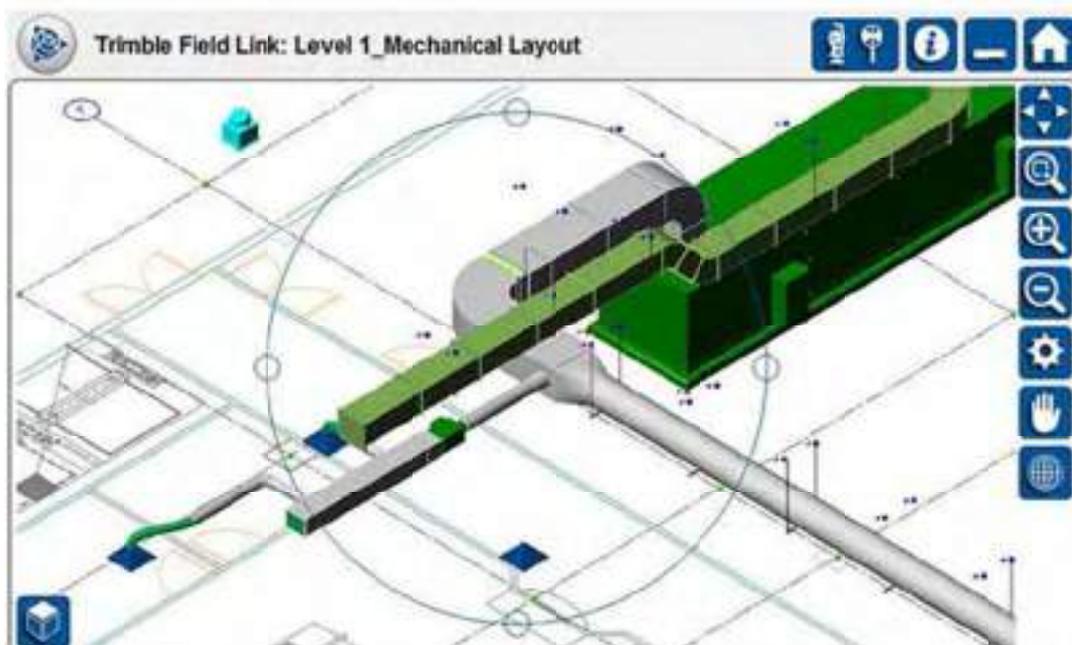
Uno dei principali risultati dell'implementazione del BIM è la riduzione dei "problemi" nello stadio costruttivo. Il BIM può essere utilizzato per ridurre sprechi, rilavorazioni e altri esempi di inefficienza nel cantiere. L'utilizzo del BIM in tutte le sue funzionalità nello stadio di costruzione e preparazione dei modelli per le fasi successive è essenziale ai fini di un'efficace implementazione del metodo BIM.

### 3.2.6 Il BIM nelle fasi di consegna e chiusura

Nel ciclo di vita di qualsiasi immobile, gran parte dei costi e dell'uso di risorse si concentra nella fase di conduzione e manutenzione. Tutto il potenziale del BIM potrà esplicarsi solo se il modello o i modelli sono utilizzati anche in questa fase del progetto. La Figura 62 mostra un tipico caso di costi e uso delle risorse nell'intero ciclo di vita di un immobile. Con una grossa fetta di costi concentrata nelle fasi di utilizzo dell'immobile, è essenziale che i processi di progettazione e costruzione si orientino verso la produzione di un modello finale, o as-built, dell'immobile, in modo da rendere efficienti le fasi di conduzione e manutenzione.

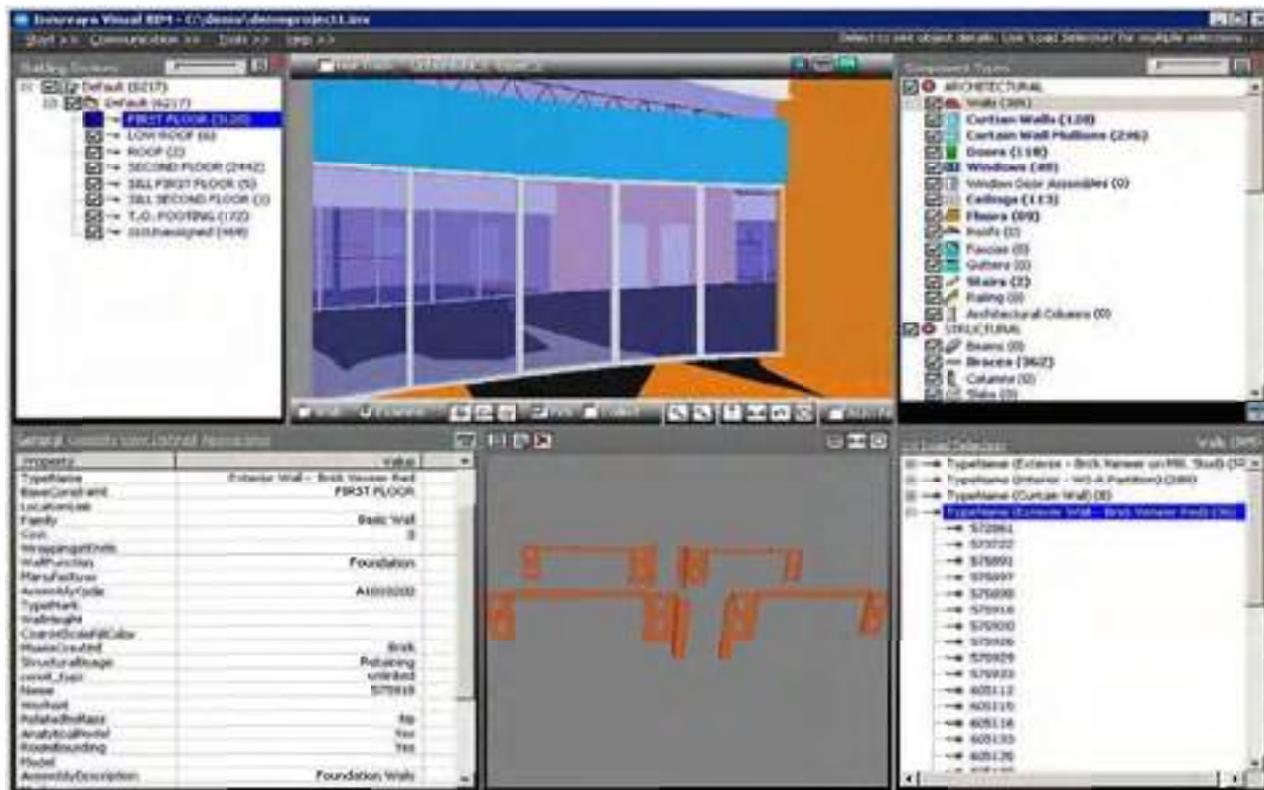
Come illustrato nella sezione 2.2.2, attualmente lo standard de facto utilizzato è il COBie (COBie2 2012 nel Regno Unito), che semplifica l'attività necessaria per rilevare e registrare i dati per il passaggio del progetto ed elaborare un modello finale (un modello as-built) con un livello di dettaglio sufficiente per le fasi di conduzione e manutenzione. L'approccio consiste nell'immissione dei dati nel momento stesso in cui sono creati nelle fasi di progettazione, costruzione e messa in servizio. I progettisti forniscono informazioni in relazione a piani, area e layout

Figura 59: L'utilizzo sul campo dei sistemi BIM



Riprodotta con il permesso di Trimble Navigation Ltd.

Figura 60: Ottenimento di informazioni dettagliate sui componenti



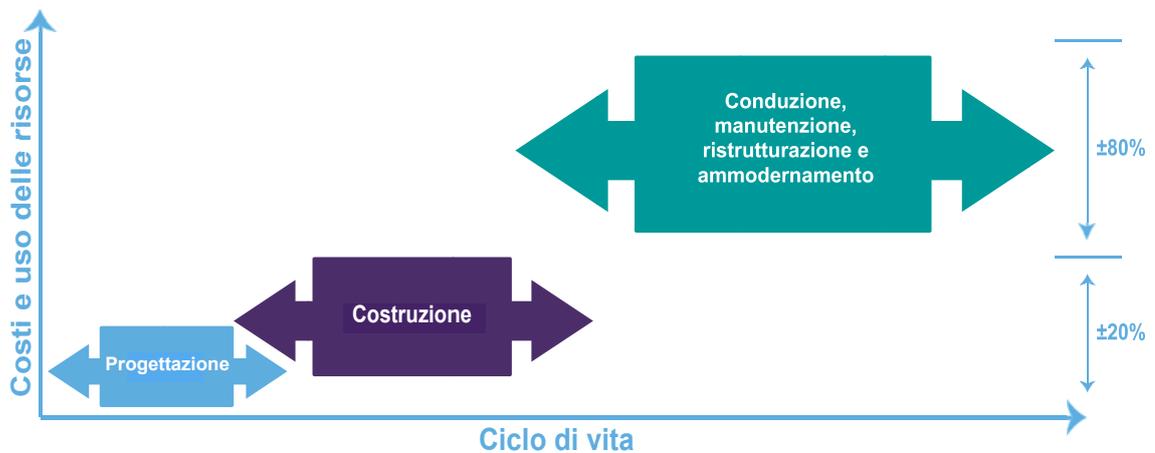
Riprodotta con il permesso di Innovaya LLC.

Figura 61: Modellazione delle attrezzature edili e dei componenti temporanei con l'uso del BIM



Per gentile concessione di Tekla. Tekla è un marchio registrato di Tekla Corporation.

Figura 62: Costi e uso delle risorse nell'intero ciclo di vita di un immobile



degli impianti.<sup>102</sup> I contractor comunicano specifiche quali marca, modello e numeri di serie degli impianti installati. I dati forniti dai contractor provengono direttamente dalle aziende produttrici che prendono parte al COBie2.<sup>103</sup> La Figura 63 illustra il processo COBie.

Il COBie è uno standard in evoluzione, con diversi livelli di maturità e utilizzo in diverse parti del mondo. Nel Regno Unito, il BIM Task Group ha elaborato un COBie nazionale specifico denominato COBie-UK-2012. Il Construction-Operations Building Information Exchange (COBie), come suggerisce il nome stesso, è dedicato a progetti edilizi e non è molto efficace nella raccolta di dati per progetti non edilizi. Si sta cercando di valutarne il potenziale per strutture di dati comuni: il progetto "COBie for all" ha affrontato da vicino le questioni tecniche connesse alla memorizzazione dei dati sia per gli edifici che per le infrastrutture.<sup>105</sup>

Vi sono altri standard utili in questa fase del progetto; ad esempio, lo standard Occupier Portfolio Management dell'Open Standards Consortium for Real Estate (OSCRE) è utile per il facility management di immobili basato sul BIM.

### 3.2.7 Il BIM nella fase di conduzione e a fine uso

Il BIM si sta sempre più affermando nelle fasi di conduzione e di manutenzione dei progetti. Utilizzatori finali e proprietari di immobili possono utilizzare il BIM in questa fase per:

- pianificare, prevenire o correggere la manutenzione dei componenti dell'edificio
- gestire l'immobile, ottimizzandone le capacità in base ai requisiti commerciali del proprietario e in modo conforme all'intento progettuale
- pianificare spazio e occupazione e ottimizzare i portafogli
- gestire proattivamente, monitorare e regolare le funzioni dell'edificio in modo più efficiente in termini energetici rispetto a un modello di performance di base
- monitorare i sensori dell'edificio e controllare in tempo reale i sistemi dell'edificio

- eliminare o minimizzare gli sprechi energetici, assicurando al contempo un ambiente confortevole e sicuro, migliorare l'efficienza e ridurre i costi
- pianificare e predisporre l'evacuazione e altre situazioni d'emergenza; e
- prendere decisioni per interventi di ristrutturazione, ammodernamento e demolizione sulla base di accurate informazioni as-built.

L'esecuzione di queste funzioni è essenziale ai fini della connessione di un accurato modello finale as-built dell'edificio a varie altre tecnologie hardware e software. Di fondamentale importanza è anche l'integrazione con la rete di sensori e il sistema di gestione dell'immobile o dell'edificio. Questa integrazione è resa possibile da diverse piattaforme software. La Figura 64 mostra un esempio di piattaforma software per un edificio.

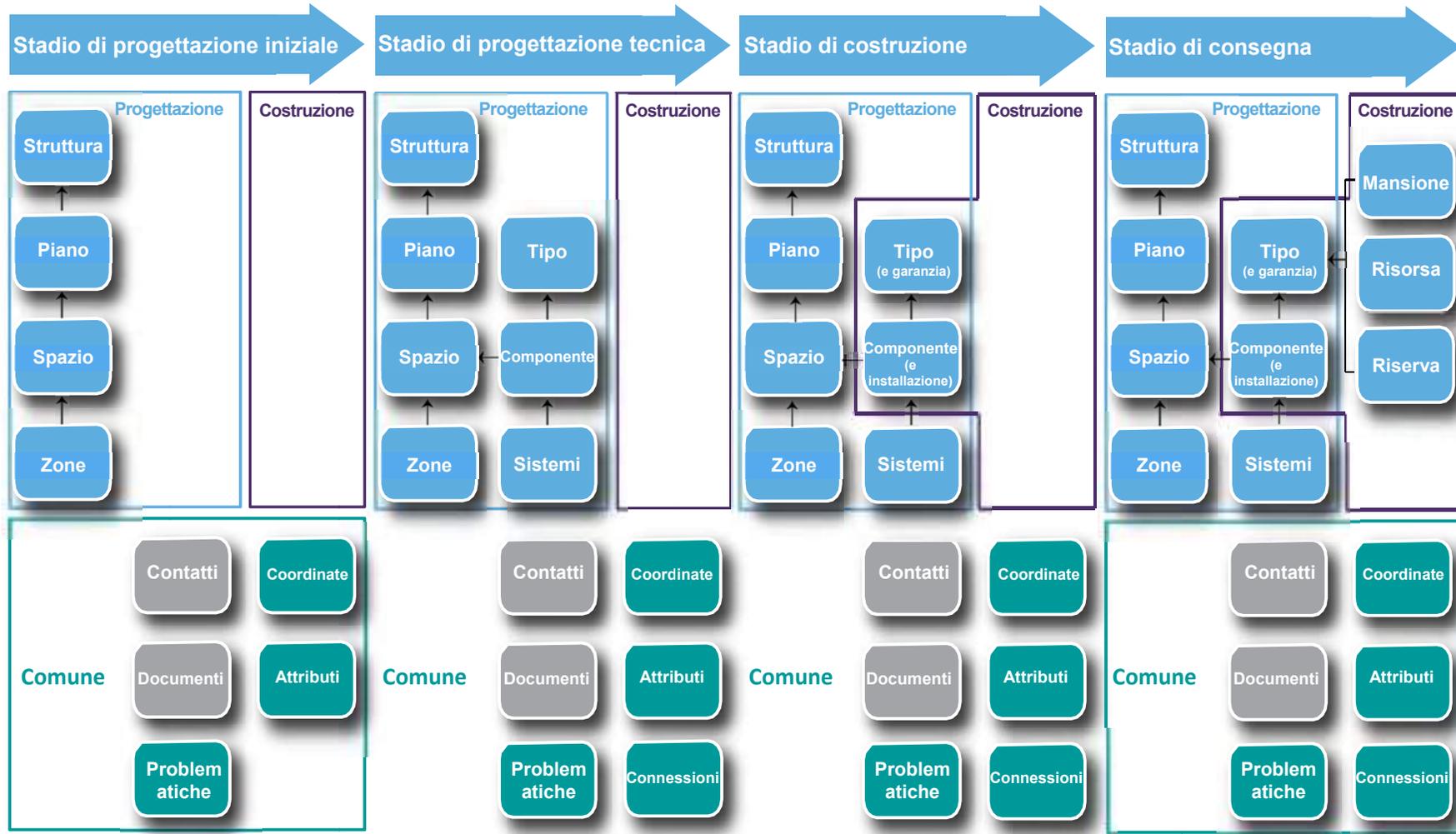
## 3.3 Tipologie e progressione di modelli

Col procedere dell'implementazione del BIM nelle varie fasi del ciclo di vita del progetto, anche il modello o i modelli connessi si evolvono, con un costante arricchimento delle informazioni. Questo set di modelli progressivo talvolta è definito utilizzando diverse convenzioni di denominazione. Una convenzione comune nel settore classifica così i modelli:

- 1 il modello dello stadio di concept (altresì definito modello di massa)
- 2 il modello dello stadio di design (altresì detto modello di design (nel caso di un progetto edilizio si può anche parlare di modello architettonico, modello strutturale, modello MEP etc.))
- 3 il modello dello stadio di costruzione (altresì definito modello costruttivo); e
- 4 il modello dello stadio di conduzione e manutenzione (altresì definito modello finale)

Due dei principali criteri che definiscono la progressione del modello lungo il ciclo di vita del progetto sono:

Figura 63: Consegna di modelli finali basati su COBie



Adattamento da Whole Building Design Guide, programma del National Institute of Building Sciences.<sup>104</sup>

Figura 64: Facility management basato su BIM



- livello di dettaglio<sup>106</sup> (dettaglio solo in termini di rappresentazione grafica) e livello di sviluppo <sup>107</sup> (in termini di ricchezza di informazioni); e
- la partecipazione dei membri del team di progetto.

La Figura 65 mostra la progressione del modello lungo il ciclo di vita del progetto. Il livello di dettaglio (espresso dall'altezza del cilindro) aumenta mano a mano che il progetto procede da uno stadio al successivo. Cresce anche il contributo dei vari membri del team di progetto (espresso dal diametro del cilindro). Il livello di contributo dei membri del team di progetto è definito nel piano di implementazione del BIM in cui sono chiaramente identificati ruoli e responsabilità dei singoli membri del team. È un po' più difficile definire il livello di dettaglio e di sviluppo da integrare nel modello di informazioni sull'edificio.

La quantità di informazioni disponibili per un progetto e per i suoi componenti aumenta con il progredire del progetto da uno stadio al successivo. Quante delle informazioni disponibili saranno integrate nel modello e in quale stadio? Si tratta di una domanda importantissima alla quale occorre dare risposta.

Consente al team di progetto di comprendere e specificare i deliverable BIM per ogni fase e le informazioni/dettagli da integrare nel deliverable BIM. Utilizzando la nozione di livello di sviluppo (e di livello di dettaglio; LOD) (Level of Detail n.d.e.) è possibile definire la progressione del modello.

La Figura 66 utilizza l'esempio di una sedia per illustrare il concetto di LOD. I modelli in stadio iniziale hanno un "blocco" che rappresenta la sedia. Con l'integrazione nel modello di maggiori dettagli progettuali e costruttivi, il LOD aumenta, per cui aumentano le informazioni catturate nei singoli elementi di modellazione.

Il concetto di LOD, inizialmente nato grazie a Vico Software Inc., è stato successivamente accolto dall'AIA nel G202-2013 *Project building information modelling protocol form*.<sup>108</sup> Il LOD è un concetto che consente al team di progetto di specificare e articolare in modo chiaro il contenuto e l'affidabilità del BIM in diversi stadi di progettazione e durante il processo di costruzione. Esso definisce le caratteristiche di elementi del modello relativamente ai sistemi di vari edifici con diversi LOD. Questa chiara articolazione consente agli autori dei contenuti del modello di definire a cosa possono servire i

Figura 65: Progressione del modello

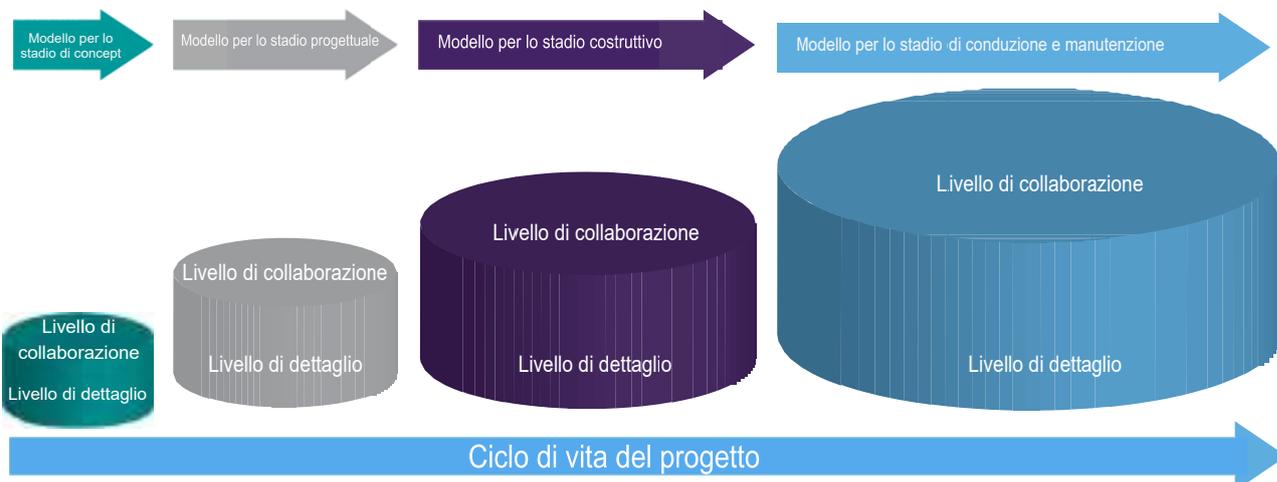
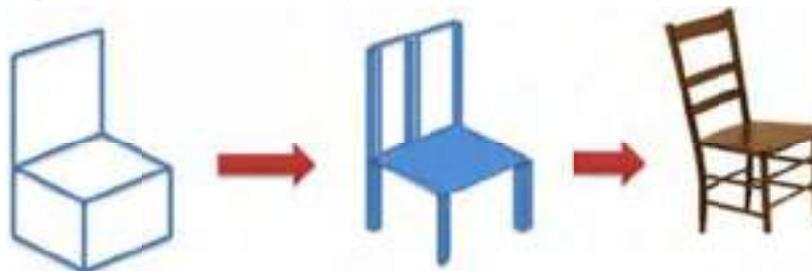


Figura 66: Livello di sviluppo



rispettivi modelli e consentire agli utenti a valle di comprendere chiaramente le possibilità di utilizzo e i limiti dei modelli che ricevono.<sup>109</sup> La Tabella 5 mostra i LOD dell'AIA per la progressione del modello e tutti gli usi consentiti dei modelli LOD.

La Figura 67 mostra i LOD dell'AIA nella tavola degli elementi del modello, con informazioni sull'autore degli elementi del modello utilizzando un sistema di classificazione UniFormat per un progetto edilizio.

Informazioni analoghe riguardo al livello di sviluppo del modello (LOD) sono disponibili anche su PAS 1192-2:2013, *Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*.<sup>111</sup> Gli stadi di sviluppo del modello definiti nel documento sono:

- 1 briefing
- 2 concept
- 3 definizione
- 4 progettazione

- 5 costruzione e messa in servizio
- 6 consegna e chiusura; e
- 7 conduzione.

Per ciascuno stadio di sviluppo del modello sono descritte le seguenti dimensioni:<sup>112</sup>

- 1 sistemi da considerare
- 2 modello su cui basare l'output
- 3 informazioni parametriche
- 4 attività del datore di lavoro; e
- 5 interfacce critiche e logica.

### 3.4 Collaborazione e coordinamento con l'uso del BIM

Collaborazione e coordinamento sono essenziali ai fini di un'efficace implementazione del sistema BIM. Sia la tecnologia che il processo svolgono un ruolo cruciale ai

Figura 67: Tavola degli elementi del modello AIA con LOD e informazioni sull'autore

**AIA Document E202™ – 2008**  
 Building Information Modeling Protocol Exhibit

Identify (1) the LOD required for each Model Element at the end of each phase, and (2) the Model Element Author (MEA) responsible for developing the Model Element to the LOD identified.

Insert abbreviations for each MEA identified in the table below, such as "A – Architect," or "C – Contractor."

NOTE: LODs must be adapted for the unique characteristics of each Project.

Model Elements Utilizing CSI UniFormat™				Site Preparation	Foundation	Structure	Roofing	Interior	Exterior	MEAs	Notes	
Model Element	MEAs	LOD	MEAs	LOD	MEAs	LOD	MEAs	LOD	MEAs	LOD	MEAs	Notes
A SUBSTRUCTURE	A10 Foundations	A1010 Structural Foundations	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
		A1020 Special Foundations	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
		A1030 Mat Foundations	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
A20 Basement Construction	A2010 Basement Foundations	A2010	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
		A2020 Basement Walls	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
B SHELL	B10 Superstructure	B1010 Floor Construction	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
		B1020 Roof Construction	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
	B20 Exterior Enclosure	B2010 Exterior Walls	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
		B2020 Exterior Windows	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
	B30 Roofing	B3010 Roof Construction	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
		B3020 Roof Structure	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
C INTERIORS	C10 Interior Construction	C1010 Partitions	100	200	300	400	500	600	700	800	900	
		C1020 Interior Doors	100	200	300	400	500	600	700	800	900	

Riprodotta con il permesso di AIA.

Tabella 5: Illustrazione dei LOD

Livello di sviluppo (LOD)	Contenuto elementi del modello	Usi consentiti
100	Illustrato in modo generico. Non ci sono informazioni sufficienti per raggiungere LOD 200.	Utilizzato per: <ul style="list-style-type: none"> <li>• analisi in base ad area, volume e relazioni con altri elementi della modellazione</li> <li>• stime di costi, utilizzando area e volumi; e</li> <li>• determinazione fasi.</li> </ul>
200	Illustrato come sistema, oggetto o modulo generale. Quantità, dimensioni, forma, posizione e orientamento sono espressi in modo approssimativo. Possono essere inclusi anche dati non grafici.	Utilizzato per: <ul style="list-style-type: none"> <li>• analisi basata su criteri di performance generalizzati</li> <li>• stima dei costi basta su dati approssimativi</li> <li>• programma che indica quando e in quale ordine appariranno i principali elementi e sistemi; e</li> <li>• coordinamento generale con altri elementi di modellazione, in termini di dimensioni, posizione e distanze.</li> </ul>
300	Illustrato come sistema, oggetto o modulo particolare. Quantità, dimensioni, forma, posizione e orientamento sono specificati. Possono essere inclusi anche dati non grafici.	Utilizzato per: <ul style="list-style-type: none"> <li>• analisi basata su criteri di performance specifici</li> <li>• stima dei costi basta su informazioni specifiche adeguate ai fini dell'approvvigionamento</li> <li>• programma che indica quando e in quale ordine appariranno i principali elementi e sistemi; e</li> <li>• coordinamento specifico con altri elementi di modellazione, in termini di dimensioni, posizione e distanze, ivi incluse questioni operative generali.</li> </ul>
400	Illustrato come sistema, oggetto o modulo particolare. Quantità, dimensioni, forma, posizione e orientamento sono specificati. Sono forniti inoltre dati specifici su particolari, fabbricazione, assemblaggio e installazione. Possono essere inclusi anche dati non grafici.	Utilizzato per: <ul style="list-style-type: none"> <li>• analisi basata su criteri di performance effettiva</li> <li>• i costi sono basati sui costi effettivi al momento del buy-out</li> <li>• programma che indica quando e in quale ordine appariranno i principali elementi e sistemi, con mezzi e metodi costruttivi; e</li> <li>• coordinamento specifico con altri elementi di modellazione, in termini di dimensioni, posizione e distanze, ivi inclusi dettagli relativi a fabbricazione, installazione e questioni operative generali.</li> </ul>
500	I dettagli relativi a dimensioni, forma, ubicazione, quantità e orientamento sono stati verificati sul campo.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Modello finale e as-built.</li> </ul>

Adattamento da AIA G202-2013 Project building information modelling protocol form.<sup>110</sup>

**Figura 68: Implementazione del sistema BIM nel team di progetto**



fini di una collaborazione e di un coordinamento efficaci sui progetti BIM. Al punto 2.7 è descritto l'aspetto di collaborazione e coordinamento della tecnologia del server di modelli, in particolare in un'ottica che prevede lo sviluppo di più modelli per un singolo progetto e la partecipazione di più membri del team alla creazione dei modelli. Oltre all'aspetto tecnologico è essenziale individuare un processo di collaborazione e coordinamento su progetti BIM. Il processo dipende dalla natura (edilizia o infrastrutturale) e dalla complessità del progetto, dalla modalità di realizzazione e dalla parte responsabile del BIM.

La collaborazione e il coordinamento su un progetto BIM variano in base alla strategia esecutiva e alla struttura organizzativa adottata. La Figura 68 e la Figura 69 mostrano due possibilità estreme. La Figura 68 mostra una struttura organizzativa in cui il capo consulente, cui fanno capo i sub consulenti e che lavora con il costruttore/i costruttori si fa carico della gestione del BIM in aggiunta ai propri compiti di modellazione per il suo ambito specifico. Con questa configurazione, ciascuna entità partecipante al team di progetto è responsabile dello sviluppo del modello specifico

per il proprio ambito di competenza, mentre il capo consulente assume un ruolo di coordinamento e collaborazione.

All'estremo opposto, come appare dalla Figura 69, l'intera responsabilità della modellazione e della gestione è trasferita a un'agenzia specializzata, incaricata dal capo consulente o direttamente dal committente, che assume un ruolo di coordinamento e collaborazione. Questa configurazione, specialmente nel lungo termine, potrebbe non essere efficace a causa dell'aggiunta di un'ulteriore entità al team di progetto, che ne complicherà la realizzazione e potrebbe portare a risultati non ottimali.

L'effettiva struttura organizzativa adottata per un progetto potrebbe trovarsi in qualche punto intermedio tra questi due estremi. In base alla configurazione del team di progetto, è possibile introdurre un processo di coordinamento e di collaborazione al modello nel piano di esecuzione BIM. Delineiamo di seguito un processo generico adatto a un progetto edilizio:

- 1 I membri del team di progetto incaricati della modellazione elaborano un modello nel formato precedentemente concordato, utilizzando un software predefinito e un repository comune di informazioni relative al progetto.
- 2 Un unico punto di contatto con la funzione di gestione del BIM fornisce tutte le informazioni relative al progetto.
- 3 In base a un piano predeterminato di progressione del modello, vari membri del team di progetto producono modelli in relazione alla fase del ciclo di vita del progetto corrente; ad esempio, il modello architettonico è dapprima sviluppato, e poi condiviso con altri membri del team di progetto.
- 4 Una volta che tutti i modelli attinenti a singole discipline abbiano raggiunto il livello di sviluppo (LOD) adeguato a quello stadio, i modelli saranno federati dal membro del team di progetto responsabile della gestione del BIM.
- 5 Si terranno regolari incontri di coordinamento per identificare eventuali conflitti tra i vari elementi di modellazione. Sarà infine generato un report che illustrerà in modo chiaro le problematiche riscontrate e i membri del team di progetto che dovranno intervenire per risolverle.

**Figura 69: Modello di outsourcing dell'implementazione del BIM**



- 6 I membri del team di progetto riceveranno un feedback su eventuali discrepanze e informazioni mancanti. Si discuterà anche dei problemi qualitativi.
- 7 Sulla base dei conflitti identificati, tutti i modelli pertinenti saranno modificati e il processo sarà ripetuto per realizzare modelli coordinati, in modo tale da poter avviare le attività a valle.

La tecnologia, in particolare i tool di collaborazione e gestione documentale online (basati su cloud), svolge un ruolo importante nel processo di collaborazione e coordinamento.

### 3.5 L'asset management con l'uso di sistemi BIM

L'asset management è un'importante funzione per quasi tutte le organizzazioni e può trarre importanti vantaggi dall'uso del BIM. La norma ISO 55000 definisce l'asset management come "l'attività coordinata di un'organizzazione per realizzare valore dai suoi beni".<sup>113</sup> Recentemente le organizzazioni hanno riconosciuto l'esistenza di una relazione di reciproco supporto tra il BIM e la gestione degli asset.<sup>114</sup> L'asset management dipende in larga misura dalla disponibilità di informazioni accurate, dettagliate e tempestive sul bene. Il BIM produce modelli dell'immobile ricchi di informazioni, che possono essere utilizzati per popolare il modello AIM (Asset Information Model). Con l'aiuto dell'AIM, l'organizzazione potrà migliorare i suoi processi decisionali riguardo all'immobile in tutto il suo ciclo di vita. Il BIM pertanto offre un ambiente ricco di informazioni per la creazione, il confronto e lo scambio di informazioni sugli asset, consentendone una gestione efficace.<sup>115</sup>

## 4 Implicazioni del BIM sulle organizzazioni

Le organizzazioni che operano nel settore dell'ambiente costruito (strutture operanti nel campo dell'edilizia residenziale e non residenziale e in quello dell'ingegneria civile), che in letteratura sono ricomprese nella categoria CoPS (prodotti e sistemi complessi),<sup>116</sup> normalmente rientrano nella tipologia delle PBO.<sup>117</sup> Queste organizzazioni incentrate sui progetti integrano diverse competenze e risorse intellettuali specialistiche e prosperano attraverso la costituzione di reti di progettazione basate su alleanze tra i membri di più organizzazioni legate da vincoli contrattuali.<sup>118, 119</sup> In questo tipo di rete incentrata sui progetti, anche l'eventuale adozione di tecnologie deve essere considerata dal punto di vista delle persone, dei processi e dell'organizzazione. Pertanto, l'applicazione del BIM a singoli progetti ha un'implicazione diretta sulle organizzazioni che fanno parte della rete di progettazione. Ciò dà luogo a due ordini di complessità che devono essere compresi a fondo per qualsiasi iniziativa di adozione del BIM a livello organizzativo o settoriale. Sono di seguito illustrati questi due ordini di complessità:

1 Le caratteristiche commerciali e contrattuali della rete di progettazione rappresentano un'unicità nel settore dell'ambiente costruito. Nonostante la disponibilità di numerosi sistemi di realizzazione del progetto, il principale fattore distintivo nel settore dell'ambiente costruito è il carattere esclusivo di ciascun progetto e dei processi, funzioni e risultati su misura che ne derivano. La Figura 70 mostra la rete di progettazione in un tipico progetto nel settore dell'ambiente costruito. La natura innovativa dei processi (a confronto della stabilità che contraddistingue i processi del settore manifatturiero) e i vincoli contrattuali rendono più impegnativa l'adozione del BIM.

2 Il settore sta attraversando una fase di transizione. Quasi tutte le organizzazioni sono attualmente impegnate sia su progetti BIM che su progetti gestiti in modalità tradizionale. Solo pochissime organizzazioni sono passate completamente al BIM e realizzano tutti i loro progetti con questa tecnica. Ciò aggiunge un ulteriore livello di complessità alla rete di progettazione, rendendo ancora più difficoltosa l'adozione del BIM. La Figura 71 illustra la crescente complessità delle reti di progettazione nel settore dell'ambiente costruito a causa dell'eterogeneità dell'adozione del BIM. Non solo è possibile avere organizzazioni con un mix di progetti BIM e non BIM, è abbastanza plausibile che vi siano organizzazioni nella rete di progettazione che non utilizzino per nulla i sistemi BIM. Numerosi progetti BIM del settore attualmente non sfruttano tutti gli aspetti del metodo BIM, per cui in alcuni progetti le funzionalità BIM coesistono con funzionalità tradizionali, che devono essere eseguite dalla rete di progettazione, come mostra la Figura 72.

Tenendo conto di queste complessità, possiamo facilmente riconoscere che l'adozione del BIM nel settore dell'ambiente costruito non è cosa semplice. Vi sono di fatto diversi esempi, non documentati, di esperienze fallimentari su progetti BIM, che hanno spinto alcune organizzazioni a tornare verso metodi e prassi tradizionali a causa di problemi di tipo organizzativo. Circola anche la notizia di problemi legali connessi all'implementazione del BIM. La Figura 73 mostra lo stralcio di un articolo relativo a una controversia nata da un uso improprio del BIM in un progetto. La notizia descrive come un problema l'uso improprio del BIM, o una "eccessiva fiducia" nel metodo, e questo taglio può alimentare una mentalità ostile all'adozione del BIM.

Figura 70: La natura esclusiva della rete di progettazione nel settore edile

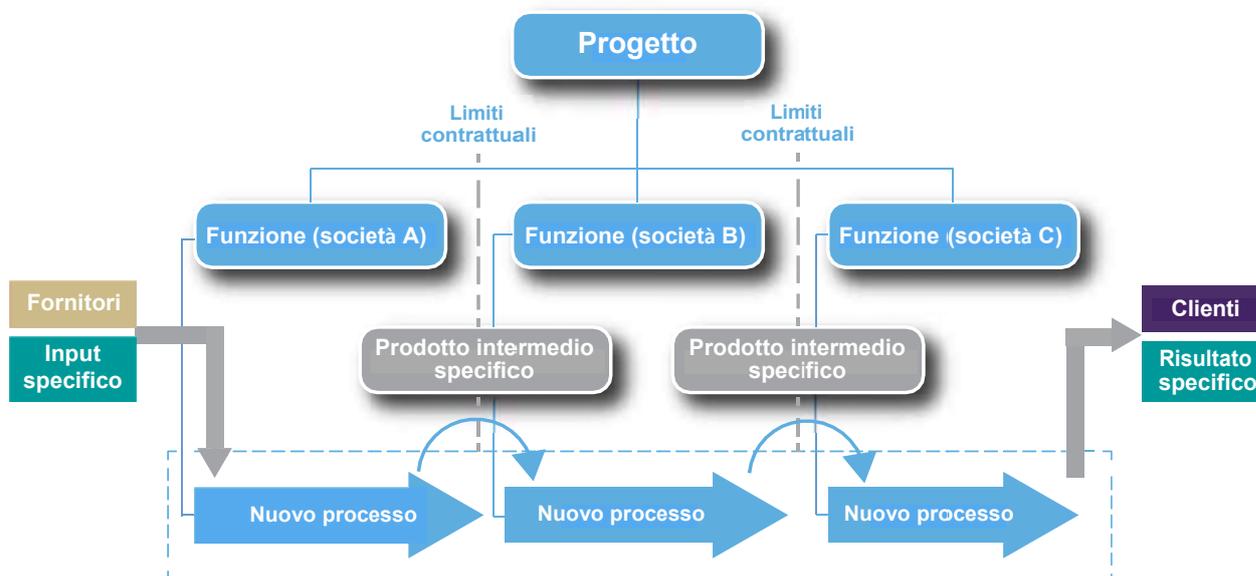


Figura 71: Progetti BIM e non-BIM nella rete di realizzazione del progetto

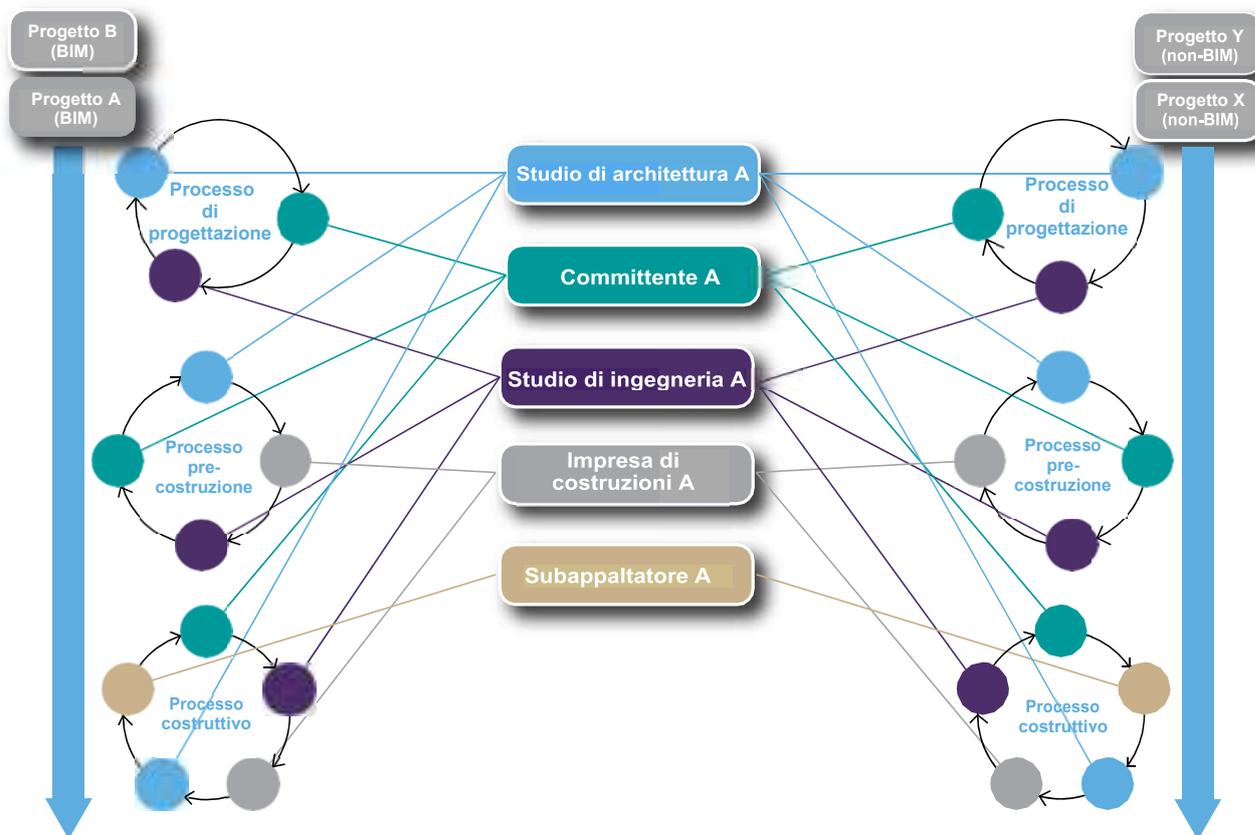


Figura 72: Progetti BIM e non-BIM nell'organizzazione

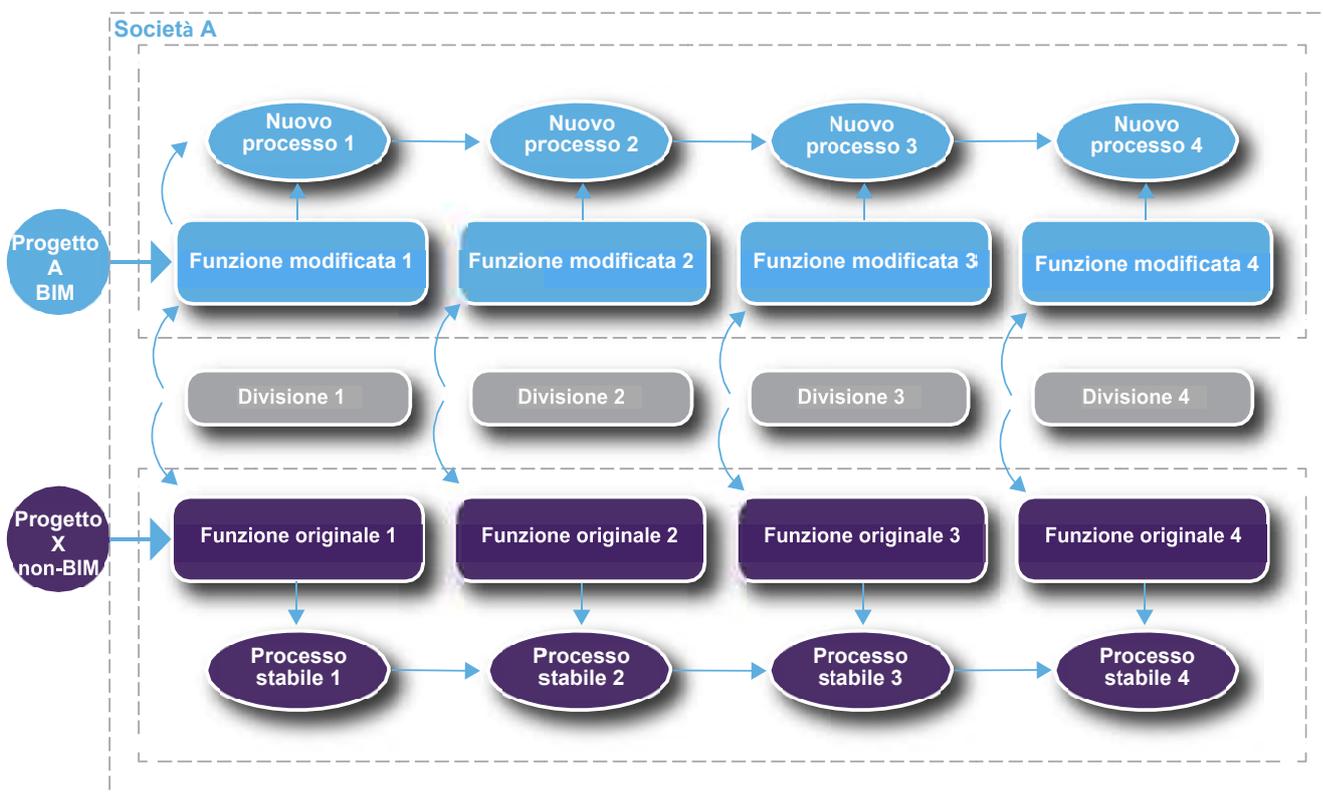
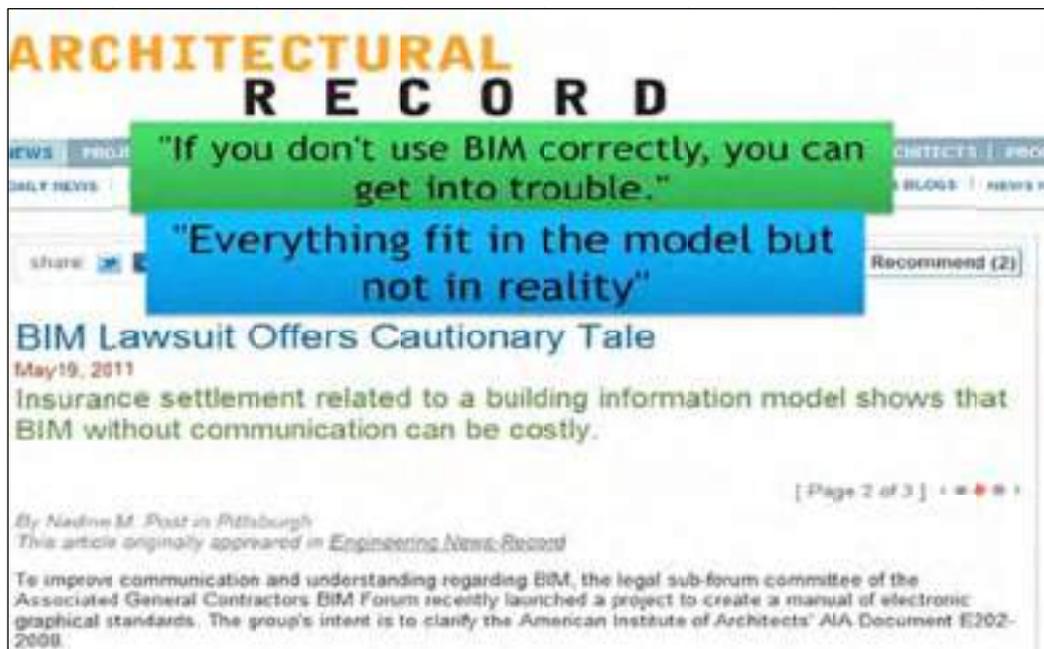


Figura 73: Progetti BIM falliti

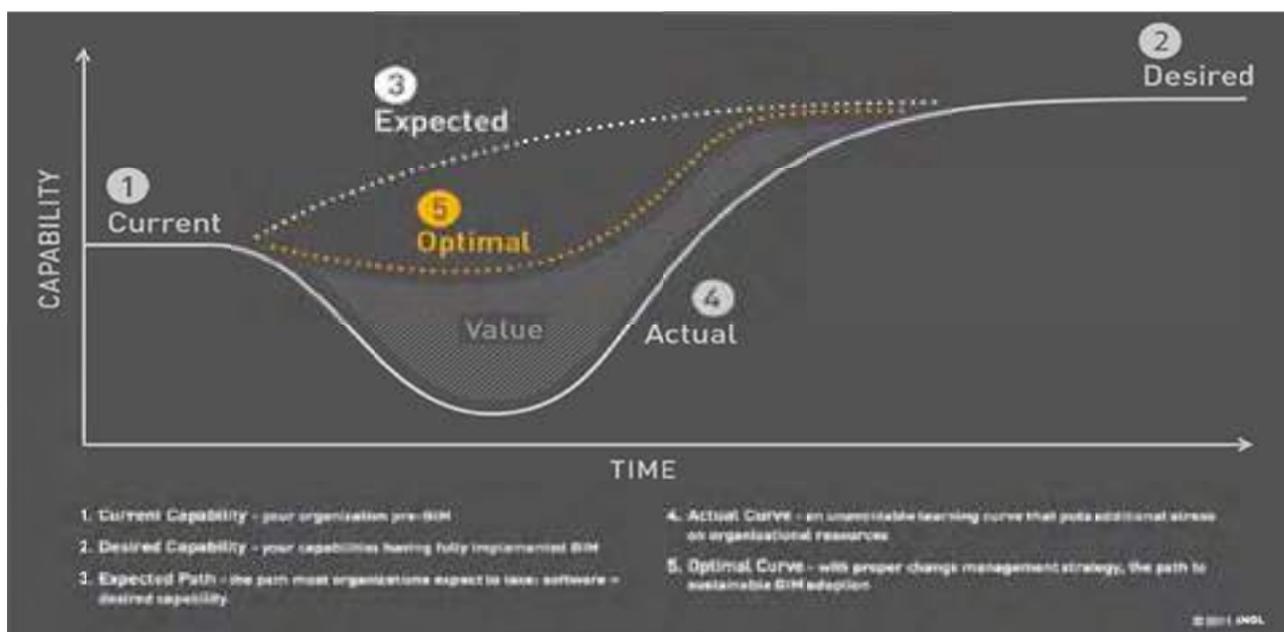


Riprodotta con il permesso di McGraw Hill Construction.

L'implementazione di un metodo BIM a livello di organizzazione è di fondamentale importanza e deve essere discussa nel momento in cui si decide di utilizzare il BIM per un progetto. Vi sono casi esemplari di progetti BIM condotti da organizzazioni a titolo di esperimento una tantum, senza un chiaro impegno a implementare strategie BIM a livello organizzativo in un'ottica a lungo termine. Un interessante lavoro di Josh Oakley di ANGL Consulting su questi aspetti mette in prospettiva le questioni a livello organizzativo. Utilizzando la cosiddetta curva J (si veda la Figura 74), si spiega il viaggio che un'organizzazione deve intraprendere

per implementare il BIM. Per arrivare a uno "status BIM" dallo status "pre-BIM", un'organizzazione deve sforzarsi di compiere un percorso "ottimale". Dato l'enorme divario esistente tra il percorso atteso e quello effettivamente seguito, qualsiasi deviazione da una pianificazione a livello organizzativo potrebbe rendere inefficiente il viaggio o, in casi estremi, ribaltare il processo di transizione. È pertanto assolutamente essenziale definire quali sono gli aspetti importanti di questo viaggio di innovazione<sup>120</sup> ai fini dell'implementazione del BIM a livello organizzativo. A livello organizzativo occorre prestare particolare attenzione

Figura 74: La curva J dell'adozione del BIM



Riprodotta con il permesso di ANGL Consulting.

agli elevati requisiti di risorse dell'implementazione del BIM e alle riconfigurazioni delle prassi in essere che il sistema richiede. Le organizzazioni devono inoltre impegnarsi per apprendere le nuove prassi sviluppate conducendo progetti basati su BIM ai fini di un successivo reimpiego.<sup>121</sup>

Per quanto concerne i sistemi BIM a livello organizzativo e inter-organizzativo, devono essere affrontate le seguenti questioni centrali:

- 1 formazione e addestramento ai sistemi BIM (non solo riguardo alla creazione di contenuti ma anche all'uso del modello e all'estrazione ed elaborazione delle informazioni)
- 2 selezione di hardware e software per l'implementazione del BIM a livello organizzativo (incluse le questioni di compatibilità)
- 3 coesistenza di progetti BIM e non-BIM nell'organizzazione
- 4 esperienza e capacità BIM dei diversi membri del team di progetto (questioni inter-organizzative)
- 5 questioni di risorse umane, valutando se siano o meno presenti risorse con esperienza nei metodi BIM all'interno dell'organizzazione
- 6 proprietà dei modelli e dei dati integrati nei modelli
- 7 approvvigionamento di servizi in modo tale che l'esperienza BIM sia presente a livello organizzativo
- 8 assegnazione e mitigazione del rischio e intensificazione del rischio connessa al cambio di modello
- 9 questioni relative al diritto d'autore e ai diritti di proprietà intellettuale in relazione allo sviluppo e all'uso di contenuti
- 10 questioni contrattuali relative ai servizi BIM
- 11 condizioni commerciali relative ai servizi BIM e selezione dei fornitori di servizi (consulenti e costruttori); e
- 12 questioni assicurative e di responsabilità su progetti BIM.

A livello organizzativo è fondamentale sviluppare una "strategia BIM" radicata nella strategia dell'organizzazione e sincronizzata con la stessa. È molto probabile che i tentativi di implementazione a livello organizzativo ad hoc possano fallire. Prima che l'organizzazione avvii il processo di implementazione, è indispensabile la redazione di un documento strategico che affronti alcuni dei suddetti temi principali. Quasi tutte le linee guida attualmente a disposizione si concentrano a livello di progetto e non esistono molte indicazioni per le società, in particolare per le PMI, riguardo allo sviluppo di una strategia d'implementazione a livello di organizzazione.

Il BIM è un processo di tipo tecnologico che richiede alle organizzazioni di affrontare le problematiche comuni ai processi di adozione di qualsiasi tecnologia. Tutte le organizzazioni che intendono adottare il BIM devono occuparsi di questioni connesse alla formazione continua del personale, sia di sede che sul campo. È particolarmente importante mantenersi aggiornati sui più recenti sviluppi tecnologici. Oltre alla formazione, l'organizzazione deve occuparsi anche dell'implementazione di hardware e software. Quasi tutte le società di sviluppo software specificano i requisiti hardware

per l'uso dei propri programmi. Questi requisiti possono essere utilizzati per sviluppare una configurazione hardware standard nell'organizzazione. Occorre effettuare anche un'attenta selezione dei software, valutandone la compatibilità con standard aperti come IFC e COBie, prima di investire in hardware, software e formazione.

Come con qualsiasi altro cambiamento, ci sarà un periodo di transizione che l'organizzazione dovrà pianificare. In qualsiasi organizzazione, durante tale periodo di transizione, i progetti BIM conviveranno con progetti che non ne fanno uso. Qualsiasi cambiamento nelle politiche, procedure e prassi dell'organizzazione dovrà avvenire in modo graduale e dovrà essere affiancato dai metodi già in uso, in modo tale che eventuali problemi di apprendimento non pregiudichino il completamento dei progetti in corso.

Un problema comune per le organizzazioni è costituito dai diversi livelli di esperienza dei membri del team di progetto. Alcune professionalità si sono dimostrate resistenti all'adozione del BIM. Tra gli esempi più citati dei ritardatari sul fronte BIM figurano le organizzazioni di QS e PMC. Vale la pena di analizzare attentamente i problemi causati dalla presenza di membri meno esperti nel team di progetto di altre organizzazioni, tenendone conto nella strategia BIM. Potrebbe essere necessario operare delle sostituzioni nella rete di società specializzate che collaborano con l'organizzazione, in modo tale da poter includere maggiori competenze in ambito BIM nelle reti di progettazione di cui la società fa parte.

Una delle principali difficoltà per le organizzazioni consiste nello sviluppo di un team di personale qualificato cui affidare la gestione dell'implementazione del BIM. Questo problema si presenta in particolare nelle organizzazioni più specialistiche, come gli studi di ingegneria strutturale e di ingegneria MEP. Il personale qualificato in grado di eseguire i compiti di analisi e di progettazione in un dominio specifico deve aumentare le proprie competenze per adattarsi all'ambiente BIM. Si tratta di un compito piuttosto impegnativo, specialmente per le PMI.

I punti da 1 a 6 del precedente elenco devono essere affrontati a livello organizzativo con la guida e la consulenza del top management. Se non sono gestiti in modo adeguato, molti di questi problemi potrebbero pregiudicare la realizzazione dei piani BIM di un'organizzazione.

I punti da 6 a 12 sono interconnessi e saranno affrontati nel resto della sezione 4.

## 4.1 Cambiamenti a livello di accordi contrattuali e questioni legali

Con l'adozione del BIM si rende necessaria qualche modifica degli accordi contrattuali tra le diverse parti coinvolte in un progetto. In quasi tutti i modelli di contratto standard in uso nel mondo non vi è una parte specifica sul BIM. Questi contratti non ammettono o vietano, esplicitamente o implicitamente, l'uso del BIM in specifiche fasi del progetto.

La procedura più diffusa per integrare in termini contrattuali l'implementazione del BIM su un progetto consiste nell'integrazione di un addendum o di un protocollo specificamente correlati al BIM, rendendolo

obbligatorio per le parti che stipuleranno il contratto. Tre addendi BIM ampiamente accettati e disponibili sono:

- ConsensusDocs 301 Building Information Modelling (BIM) Addendum<sup>122</sup>
- CIC BIM protocol,<sup>123</sup> e
- AIA Digital Practice Documents costituiti da:
  - AIA G201–2013 Project Digital Data Protocol Form
  - AIA G202–2013 Project Building Information Modelling Protocol Form
  - AIA E203–2013 Building Information Modelling and Digital Data Exhibit; e
  - AIA C106–2013 Digital Data Licensing Agreement.<sup>124</sup>

In quasi tutti i progetti basati su BIM, l'addendum è integrato con riferimento al modello di contratto standard utilizzato per il progetto. L'addendum può essere modificato o definito in modo conforme al livello di implementazione del BIM previsto per uno specifico progetto, senza alcuna implicazione per il contratto standard tra le parti. Utilizzando questo approccio di integrazione di un addendum BIM, quasi tutti gli altri aspetti legali non subiranno ripercussioni e, pertanto, non saranno necessari grandi cambiamenti nell'impostazione generale del contratto.

L'implementazione del BIM attribuisce nuovi ruoli e responsabilità ai membri del team di progetto. L'approvvigionamento di servizi dovrà essere modificato di conseguenza. Anche la programmazione dei servizi dovrà essere modificata per integrare in modo chiaro servizi e deliverable aggiuntivi che potrebbero nascere dai progetti basati su BIM. Occorre elaborare una chiara definizione del ruolo di BIM manager o dell'entità responsabile della gestione del BIM. Ciò potrebbe implicare l'aggiunta di queste mansioni a quelle di capo consulente del progetto, oppure l'attribuzione di un incarico a un'organizzazione specializzata.

In genere le questioni legate ai diritti di proprietà intellettuale (IPR) e al diritto d'autore non costituiscono gravi ostacoli all'adozione del BIM. Le questioni principali da comprendere in questo contesto sono:<sup>125</sup>

- i membri del team di progetto devono assicurare, agli altri membri del team, che possiedono tutti i diritti d'autore o le necessarie autorizzazioni per i rispettivi contributi al modello (o ai modelli)
- i membri del team di progetto devono concedere una licenza limitata non esclusiva per la riproduzione, la distribuzione, l'esposizione o altro uso dei propri contributi al modello, limitatamente alle finalità del progetto
- devono essere definite in modo chiaro anche le questioni legate al diritto d'autore e ai diritti di proprietà intellettuale relative al contributo al modello del contractor e del subappaltatore; e
- deve essere affrontato in modo adeguato anche l'uso del modello per funzioni di facility management durante la fase di conduzione e manutenzione dell'immobile.

L'addendum BIM deve affrontare anche questioni assicurative, ivi inclusa la copertura della responsabilità professionale. Le attività relative al BIM sono coperte da un'adeguata assicurazione per responsabilità professionale? Molti ritengono che le problematiche di tipo assicurativo possano costituire un ostacolo all'implementazione del BIM se non gestite con attenzione. Con il passaggio della progettazione da prassi di lavoro basate su informazioni statiche 2D a un metodo di condivisione di informazioni e collaborazione incentrate su modelli, si profilano nuove difficoltà. Alcune questioni che si pongono sono:

- Quali rischi implica la condivisione di modelli tra membri del team di progetto?
- Il BIM manager è esposto a maggiori responsabilità?
- Si verifica un cambiamento in termini di attribuzione dei compiti e delle responsabilità tra membri del team di progetto?
- Come vanno affrontate le questioni connesse al diritto d'autore e ai diritti di proprietà intellettuale?
- Quali cambiamenti occorre apportare a livello contrattuale?

Le organizzazioni devono affrontare questi problemi di ordine legale e contrattuale prima di cercare di implementare il metodo BIM.

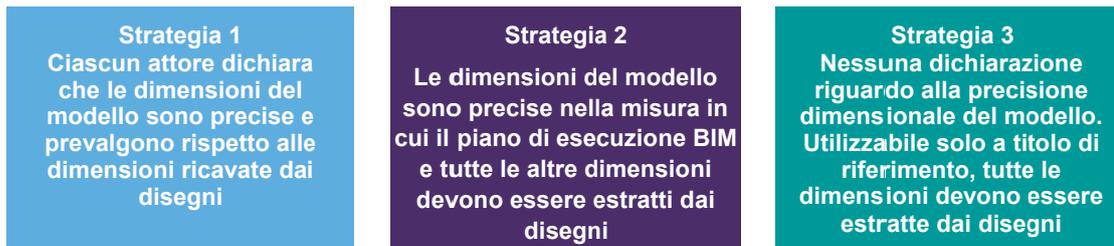
## 4.2 Condivisione delle informazioni e collaborazione attraverso il BIM

La questione fondamentale rispetto alla condivisione di informazioni in ambiente BIM è l'uso di informazioni derivate dal modello da parte di un soggetto partecipante al progetto, dove il modello e le informazioni estratte siano stati prodotti da un altro membro del team di progetto. Ciò introduce sicuramente un rischio nel processo di condivisione di informazioni in ambiente BIM, specialmente se le informazioni sono inavvertitamente utilizzate per una finalità non prevista. Si possono elaborare addendi al modello BIM in modo tale da gestire esplicitamente questo tipo di problema. Ad esempio, il ConsensusDocs 301 BIM Addendum prevede le seguenti tre opzioni di condivisione delle informazioni da parte dei team di progetto in ambiente BIM (si veda la Figura 75):<sup>126</sup>

- 1 Ciascun autore di contenuti del modello del progetto assicura che le dimensioni inserite nel modello siano precise e che prevalgano rispetto alle dimensioni fornite in eventuali disegni. Con questa opzione, il modello/i modelli diventa/no l'unica base per la realizzazione del progetto.
- 2 Le dimensioni del modello sono precise nella misura stabilita dal piano di esecuzione BIM e tutte le altre dimensioni (informazioni) devono essere ricavate dai disegni.
- 3 Nessuna dichiarazione riguardo alla precisione dimensionale del modello è fornita espressamente dagli autori di contenuti. Il modello è utilizzabile solo a titolo di riferimento, e tutte le dimensioni (informazioni) devono essere ricavate dai disegni.

In tutte e tre le opzioni, il team di progetto può servirsi di flag per contrassegnare lo status delle informazioni incluse

Figura 75: Condivisione delle informazioni secondo ConsensusDocs



in un modello. Esistono diversi sistemi per la applicazione dei flag, tra cui il sistema PAS 1192-2:2013.<sup>127</sup> Normalmente i flag sono utilizzati:

- a fini di coordinamento
- a fini di informazione
- a fini di revisione interna e di espressione di commenti; e
- con finalità di approvazione della costruzione.

### 4.3 Cambiamenti a livello di workflow

Il flusso e la gestione delle informazioni sono essenziali ai fini dell'utilizzo dei metodi BIM all'interno dell'organizzazione. Eventuali cambiamenti delle modalità di flusso o di gestione delle informazioni incidono sugli schemi di workflow dei membri del team di progetto. Fondamentalmente vi sono due meccanismi principali disponibili in relazione al flusso di informazioni e alla loro gestione. Nella fase di approccio iniziale, ciascun membro del team di progetto è responsabile dello sviluppo e della creazione dei contenuti del rispettivo modello in modo indipendente e non vi è un modello archiviato a livello centrale. Il processo di modellazione procede più o meno in modo asincrono e lineare, come mostra la Figura 76.

I modelli e le informazioni registrate in questi modelli sono condivisi tra i membri del team di progetto attraverso la condivisione di file o con altri metodi simili. I modelli relativi a una disciplina specifica sviluppati separatamente attingono a informazioni da altri modelli ma i loro contenuti sono sviluppati dai membri del rispettivo team di progetto. La collaborazione è possibile ma non è implicita nel processo di modellazione.

Come mostra la Figura 76, durante lo sviluppo di modelli

può avvenire un flusso di informazioni tra i vari team di creazione contenuti. Una volta presentati i modelli, il membro del team di progetto responsabile della gestione del BIM provvede ad associare o federare questi modelli incentrati su specifiche discipline, essenzialmente in un'ottica di coordinamento. Il modello federato assembla i modelli incentrati su specifiche discipline. Un'immagine dei problemi di coordinamento è fornita alle discipline che determinano la collisione sotto forma di istantanee del modello. Ancora una volta, la revisione e l'aggiornamento del modello avvengono in modo indipendente dopo la comunicazione dei problemi di coordinamento.

Il processo di creazione contenuti del modello, di federazione e coordinamento dei modelli e di revisione prosegue fino al raggiungimento del livello di coordinamento predeterminato. La condivisione di informazioni tra i team che si occupano di discipline specifiche non è integrata nel vero senso della parola. In genere si utilizza un modello completamente coordinato per le singole discipline ai fini dell'esecuzione di compiti a valle come il rilievo quantitativo, la produzione documentale, la pianificazione e così via. Talvolta, in questo scenario, le informazioni sono condivise tra i membri del team di progetto attraverso disegni 2D. Il workflow ruota intorno alla ricezione e condivisione di informazioni provenienti da un modello incentrato su una specifica disciplina. In questo tipo di approccio collaborativo basato su file è necessario un protocollo di condivisione.

Nel secondo approccio, la collaborazione in ambiente BIM integrato diventa la componente cardine. Anziché mantenere modelli separati incentrati su specifiche discipline, il progetto sviluppa e utilizza un unico modello centrale. La Figura 77 mostra la condivisione di informazioni, la gestione di informazioni e il workflow di questo modello. Compiti specifici del modello, come la creazione dei contenuti, la revisione del modello, il suo coordinamento e così via sono eseguiti dai membri del team di progetto senza soluzione di continuità e in modo integrato.

Figura 76: Modellazione lineare e asincrona

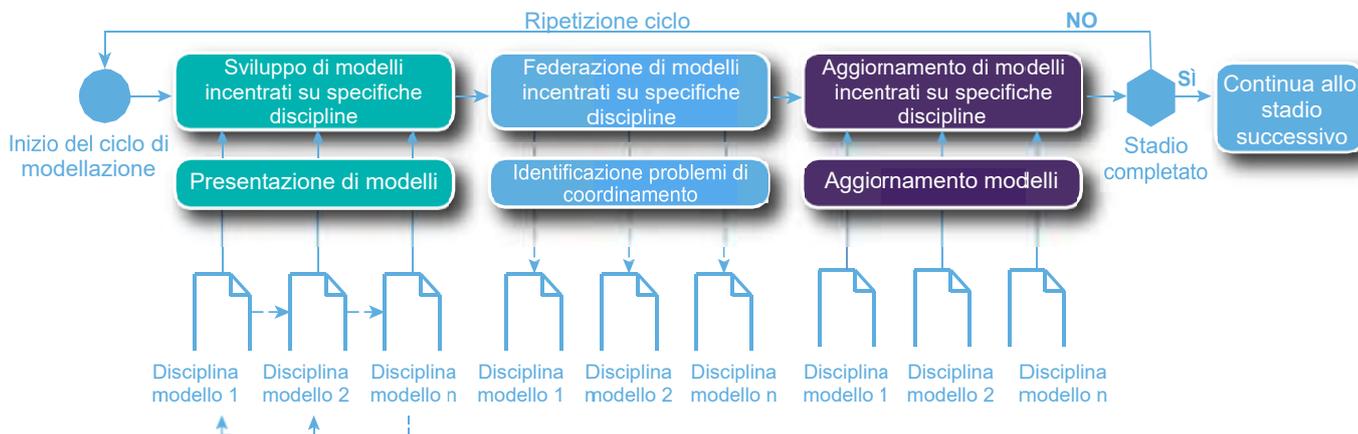
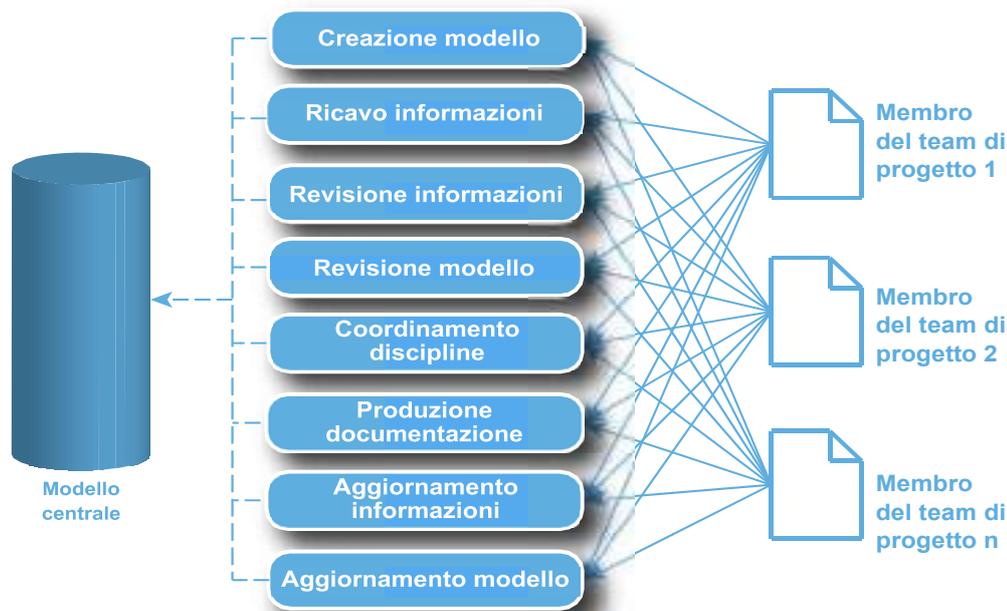


Figura 77: Modellazione basata su un modello centrale



Questo tipo di ambiente BIM è orientato al modello e funziona in modo collaborativo nel vero senso della parola.

Il modello centrale è l'unica fonte di informazioni per il progetto; è utilizzato per raccogliere, registrare, gestire e distribuire le informazioni relative al progetto, il modello grafico e i dati non grafici per l'intero team di progetto. La creazione di questo repository unificato di informazioni facilita la collaborazione tra membri del team di progetto e consente di evitare duplicazioni ed errori.<sup>128</sup> La tecnologia dei server di modelli illustrata al punto 2.7 è essenziale per questo tipo di ambiente BIM basato su un modello centrale. Il flusso di informazioni può essere gestito in ambiente CDE (Common Data Environment).<sup>129</sup> Si definisce CDE un repository di informazioni su un server di progetto utilizzato per raccogliere, registrare, gestire e distribuire tutti i documenti approvati attinenti al progetto, inclusi modelli e disegni.<sup>130</sup>

#### 4.4 Aspetti inter-organizzativi del BIM

Con il passaggio dello scambio di informazioni sul progetto dal formato 2D (disegni, documenti, etc.), altamente frammentario, a un formato più coerente basato su BIM (sia basato sulla condivisione di file che incentrato su modelli), è essenziale modificare le interfacce tra le varie organizzazioni che partecipano alla progettazione, costruzione, conduzione e manutenzione di un asset nell'ambiente costruito. Nel prosieguo del processo di progettazione e costruzione, vari membri del team di progetto condividono tra loro le informazioni utilizzando i modelli attinenti a singole discipline o il modello centrale. Tali scambi definiscono i legami inter-organizzativi in ambiente BIM. Occorrerà sviluppare protocolli e sistemi per gestire questi workflow e scambi di informazioni. È importante essere consapevoli dell'accento posto sull'informazione e sui suoi legami con

la tecnologia, le persone e i processi (incluse le prassi di lavoro e il workflow).

Nella letteratura riguardante le attività di project management, lo scambio di informazioni in un contesto di progetto è tradizionalmente definito, gestito e controllato attraverso la definizione di una matrice delle responsabilità assegnate (RAM).<sup>131</sup> La RAM può essere definita su base RACI (Responsible, Accountable, Consult, and Inform) – un sistema piuttosto diffuso nella prassi del project management. Nel contesto dell'ambiente costruito i progetti RACI possono essere ri-definiti come:<sup>132</sup>

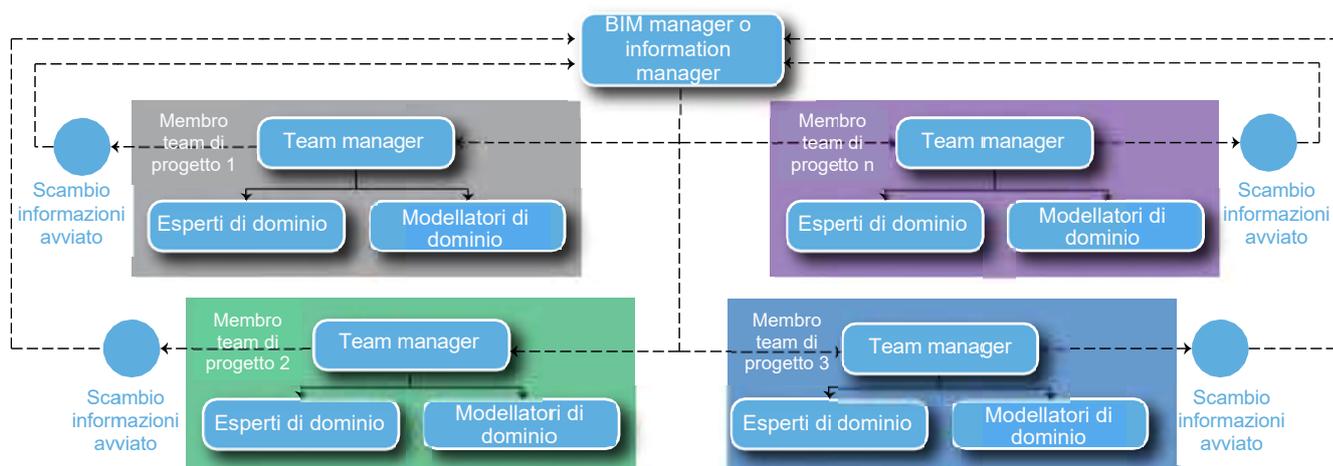
- **R:** parte responsabile
- **A:** parte che dà l'autorizzazione
- **C:** parte che offre contributo o consulenza
- **I:** parte/i da tenere informata/e.

Un tipico scambio di informazioni in ambiente BIM è illustrato nella Figura 78. Il ruolo di BIM manager o di information manager è fondamentale per questi scambi. Internamente al team di progetto, gli esperti di specifici ambiti e i modellatori di dominio riferiscono al responsabile dei rispettivi team il quale, a sua volta, avvia un eventuale scambio di informazioni per interagire con altri membri del team di progetto in ambiente BIM basato sulla condivisione di file o su server centrale. Questo scambio di informazioni è elaborato dal BIM manager a livello di progetto o dall'information manager che, a sua volta, stabilisce i ruoli dei vari membri del team con sistema RACI.

#### 4.5 Implicazioni del BIM nella pratica

Le singole organizzazioni che svolgono un diverso ruolo nell'ambito della rete di realizzazione del progetto devono comprendere le implicazioni del BIM nella rispettiva

Figura 78: Scambio di informazioni tramite RACI



organizzazione, specialmente riguardo alle prassi di lavoro, tenendo bene a mente il proprio ruolo specifico nel progetto. Se tutti i player condividono le problematiche legate alla selezione di hardware e software, alla formazione sulle competenze e ad altri elementi e barriere, alcune problematiche dipendono dal tipo di ruolo ricoperto. Nei seguenti paragrafi sarà fornita una breve panoramica di queste implicazioni sui vari membri della rete di progettazione.

#### 4.5.1 Il BIM per sviluppatori/proprietari/sponsor

Il ruolo dello sviluppatore immobiliare o infrastrutturale (proprietario o sponsor) nell'implementazione del BIM è di importanza cruciale, in quanto sono proprio queste figure che possono trarre "grandi miglioramenti in termini di costi, valore ed emissioni di carbonio attraverso l'uso di informazioni aperte e condivisibili sull'immobile".<sup>133</sup> Dal punto di vista del singolo progetto, il proprietario funge anche da BIM sponsor. Poiché tutto questo va a cambiare le modalità di realizzazione del progetto da parte del team, è essenziale che il proprietario introduca cambiamenti a livello organizzativo in modo da promuovere un maggiore uso del BIM.

Le organizzazioni di proprietari devono inoltre svolgere un importante ruolo a livello di settore per influenzare le politiche societarie e portare l'intera rete o ecosistema verso un'efficace ed efficiente adozione del BIM. I proprietari devono svolgere un ruolo attivo:

- 1 a livello di settore
- 2 a livello organizzativo; e
- 3 a livello di progetto.

Tali ruoli sono illustrati nella Tabella 6.

#### 4.5.2 Il BIM per architetti e progettisti

Se il CAD consentiva all'architetto e al progettista di servirsi del computer per elaborare e produrre la documentazione di progetto, il BIM fondamentale influisce sulle stesse modalità di generazione, condivisione e integrazione dei dati progettuali. Alcuni hanno definito questo impatto come una trasformazione "epocale"<sup>134</sup> dell'attività di progettazione – probabilmente gli studi di architetti e progettisti sono soggetti a trasformazioni sia interne che esterne a causa del BIM. A livello interno, il BIM impatta sulla prassi e sulla cultura della

progettazione. Ciò naturalmente comporta uno spostamento delle interazioni esterne con gli altri membri del team di progetto rispetto alle tradizionali interazioni basate su CAD.

Elenchiamo di seguito tre dei principali cambiamenti in atto:

- 1 Cambiano i processi di progettazione: il BIM ha un impatto sul processo di progettazione, spostando l'accento da un processo lineare passo per passo a un processo di tipo più iterativo e collaborativo, andando a trasformare lo stesso processo della progettazione.
- 2 Cambia la cultura progettuale: Il BIM sta trasformando il modo di pensare dei progettisti. La loro attenzione si sta spostando da una visione 2D a una visione 3D. Questo cambiamento ha un grande impatto sulla cultura della progettazione.
- 3 Lo sforzo che implica il processo di progettazione si sta spostando decisamente verso uno scenario in cui le informazioni sono inserite in fase iniziale: in ambiente BIM, i progettisti devono spostare la loro attenzione dalla stesura e documentazione del progetto alla generazione di diverse opzioni progettuali, che dovranno corredare dei dati disponibili, arricchendo il progetto di molte informazioni già nello stadio iniziale di progettazione. Ciò ha portato a un cambiamento e a una riorganizzazione delle attività di progettazione. La Figura 79 illustra la ridistribuzione indicativa dell'attività progettuale.

Le ricadute di queste implicazioni consistono nella possibilità di accesso da parte di architetti e progettisti al modello per condurre un'analisi dettagliata. Questo arricchisce il processo della progettazione, verosimilmente migliorandolo. Oggi è possibile condurre analisi di sostenibilità, valutare le analisi ingegneristiche e di costruibilità in modo molto più efficace attraverso il coinvolgimento di esperti già in fase iniziale.

I cambiamenti apportati dall'adozione del BIM richiedono una ridefinizione dei compensi di architetti e progettisti. Forse andrebbero riviste le tradizionali scadenze di pagamento e i connessi aspetti commerciali. L'architetto e il progettista possono inoltre offrire nuovi servizi aggiuntivi mano a mano che l'adozione del BIM matura nelle rispettive organizzazioni.

Internamente, occorrerà definire nuovi ruoli e responsabilità

**Tabella 6: Ruoli e responsabilità del proprietario**

Livello d'influenza	Attività
A livello di settore	prendere parte allo sviluppo di linee guida e standard BIM a livello di settore
	Influenzare e incoraggiare la rete/ecosistema del settore
	Sviluppare e partecipare a progetti pilota o di tipo "proof of concept"
A livello di organizzazione	Sviluppare value proposition per la comunità degli sviluppatori
	Sviluppare internamente la leadership e le conoscenze
	Collegare la strategia organizzativa alla strategia di progetto
A livello di progetto	Sviluppare un piano di gestione delle conoscenze
	Collegare la strategia di business alla strategia BIM
	Costituire un team o un rappresentante di progetto formati al metodo BIM
	Selezionare provider di servizi con esperienza e know-how in ambito di progetti BIM
	Partecipare all'attività BIM
	Sviluppare i requisiti di informazioni del datore di lavoro
	Utilizzare metriche per misurare i deliverable e i progressi
	Ottimizzare la collaborazione costruendo fiducia e obiettivi comuni
	Gestire servizi e ambiti di applicazione per la rete di progettazione
Gestire rischi e aspettative	
	Facilitare e approvare il piano di esecuzione BIM

al fine di assicurare l'utilizzo del BIM nell'organizzazione. In base alle dimensioni dell'organizzazione, ciò potrebbe comportare l'identificazione di un BIM champion e di un gruppo di modellatori, fino alla costituzione di un settore BIM specifico. Idealmente l'uso del BIM in uno studio di architettura dovrebbe diventare pervasivo; tutti i team di progettazione ne dovrebbero pertanto fare uso per ogni progetto. Per realizzare questo obiettivo, l'organizzazione dovrà dedicare importanti risorse per hardware, software, formazione e sviluppo di una libreria interna di oggetti BIM.

### 4.5.3 Il BIM per la consulenza specialistica

I consulenti specialistici possono trarre vantaggio dal BIM. Ad esempio, consulenti meccanici, elettrici e idraulici potrebbero adottare vantaggiosamente il BIM nei rispettivi processi di progettazione e analisi. In molti casi ciò sta diventando una necessità, dato che sempre più progetti

impongono l'uso del BIM. Nel caso dei consulenti specialistici, si dovrebbe porre attenzione alle problematiche principali di seguito elencate:

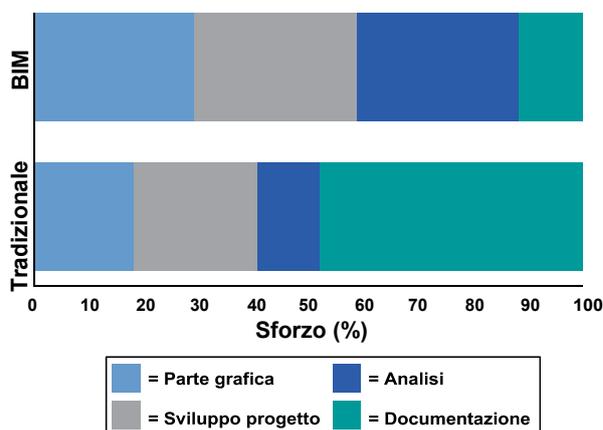
- Quasi tutti i consulenti specialistici si avvalgono di tool di analisi e progettazione specifici. Un ostacolo importante per queste organizzazioni è costituito dalla mancanza di interoperabilità del tool di creazione contenuti BIM più diffuso con il software specializzato di progettazione e analisi che utilizzano. È necessaria un'attenta selezione del software, per assicurare che non vi siano interruzioni nel processo di modellazione.
- I consulenti specialistici devono fornire dati sotto forma di modelli e documentazione capaci di collegarsi ai processi a valle, come l'elaborazione di disegni, la selezione degli impianti e la fabbricazione. Lo sviluppo del modello deve avvenire in modo tale da supportare queste attività a valle.
- Il lavoro eseguito da consulenti specialistici dipende dal modello sviluppato a monte dai membri del team di progetto. È essenziale che i consulenti specialistici prendano seriamente l'attività di validazione del modello.<sup>135</sup> Ai fini della validazione, è necessario che il modello fornisca gli input necessari ai consulenti specialistici, e che tali informazioni possano essere ricavate.

È essenziale comprendere queste problematiche e apprezzare i protocolli di scambio informazioni utilizzati dal progetto.

### 4.5.4 Il BIM per i costruttori

I costruttori in ambiente BIM hanno tre importanti ruoli:

**Figura 79: Redistribuzione indicativa degli sforzi nel processo di progettazione**



- 1 assistono allo sviluppo di modelli partecipando alla progettazione ogni volta che il processo di realizzazione del progetto lo consente
- 2 utilizzano tutte le potenzialità dei modelli nello stadio costruttivo per eseguire compiti rilevanti per questa fase del progetto; e
- 3 predispongono i modelli aggiungendovi informazioni dettagliate as-built mano a mano che procede la costruzione, in modo tale che i modelli possano essere utilizzati nelle fasi di conduzione e manutenzione del progetto.

In quasi tutti i casi, col passare del tempo, i costruttori riceveranno il modello di progetto dal capo consulente di progetto in un formato preconcordato, con il richiesto livello di sviluppo e in corrispondenza di una specifica fase del progetto. Con il maturare dell'implementazione del BIM, vi sono scenari in cui il costruttore deve sviluppare i propri modelli da utilizzare nella fase di costruzione nel cosiddetto scenario di "BIM solitario". In ambiente BIM, i costruttori oggi si occupano di funzioni quali la pianificazione degli aspetti di salute e sicurezza, la pianificazione e la logistica del cantiere, la gestione della filiera, gli approvvigionamenti, la pianificazione, il controllo e il monitoraggio della produzione. Con il maturare di queste applicazioni, i costruttori inizieranno ad accorgersi dei grandi vantaggi di questo approccio incentrato sul modello.

#### 4.5.5 Il BIM per la consulenza di project management

BIM cambierà il ruolo del PMC (definito anche come consulente alla gestione della costruzione). Poiché il sistema operativo del progetto si trasforma, diventando più incentrato su modelli, cambieranno anche le funzioni che normalmente sono svolte dal PMC. Essenzialmente il BIM richiede una maggiore condivisione di dati e rende fondamentale il ruolo del PMC.

Con l'uso del BIM, i PMC possono svolgere il proprio ruolo tradizionale in modo migliore, aumentando il grado di collaborazione, coordinamento e comunicazione tra stakeholder. I cambiamenti nel ruolo del PMC diventano più chiari se lo si colloca nei due scenari di seguito

illustrati:

- 1 il PMC, oltre al suo ruolo storico, svolge un ruolo di consulenza alla gestione del BIM, per conto del proprietario; e
- 2 il PMC svolge solo il suo ruolo tradizionale per conto del proprietario.

Il ruolo tradizionale dei PMC cambia con l'introduzione del BIM come illustrato nella Tabella 7.

#### 4.5.6 Il BIM per i periti misuratori

Qualcuno ha previsto che la professione di QS è destinata all'estinzione per effetto dell'introduzione del BIM. La causa va ravvisata nella scarsa conoscenza del BIM tra i QS professionisti. Tuttavia questa previsione si sta dimostrando fallace. Sembra che la capacità del BIM di automatizzare le misurazioni attraverso l'estrapolazione di dati quantitativi direttamente del modello<sup>136</sup> dia ai QS professionisti l'opportunità di concentrarsi maggiormente nel compito di prestare una consulenza altamente esperta e competente al team di progetto. Un processo di pianificazione dei costi basato sul BIM è illustrato nella Figura 57. È importante evidenziare le seguenti questioni principali relativamente all'attività dei QS:

- 1 I QS professionisti ricevono i modelli sviluppati da altri membri del team di progetto, sui quali devono lavorare.
- 2 Poiché i modelli sono sviluppati da altri membri del team di progetto, il primo importante compito che i QS devono intraprendere è la valutazione dell'accuratezza e della ricchezza di informazioni del modello. Sono stati segnalati diversi casi in cui il modello non fornisce le informazioni necessarie a consentire rilievi quantitativi e misurazioni basate sul modello.
- 3 È importante che il QS assicuri che le misurazioni automatiche basate sul modello e le estrapolazioni quantitative siano conformi alle metodologie di misurazione standard accettate a livello locale

**Tabella 7: Implicazioni del BIM sul ruolo del PMC**

Stadio	Ruolo	Applicazioni BIM
Pre-costruzione	Analisi di fattibilità	Il BIM nello stadio di concept
	Value engineering	Selezione opzioni tramite BIM
	Gestione progetto	Scambio di informazioni BIM
	Analisi dei rischi	Simulazione
	Programmazione	Modellazione 4D
	Analisi di costruibilità	Modellazione 4D
	Approvvigionamenti	-
Costruzione	Definizione fasi e prototipizzazione	4D
	RFI e risoluzione problemi	Scambio di informazioni BIM
	Gestione commerciale e contratti	4D
	Gestione del cambiamento	Scambio di informazioni BIM
	Monitoraggio e controllo	4D e 5D
Chiusura progetto	Chiusura contrattuale e finanziaria	Modello finale
	Chiusura progetto	Modello finale
	Consegna	Modello finale

- 4 I sistemi di classificazione adottati dal team di progetto possono avere un impatto sui processi di lavoro del QS. Tra i sistemi di classificazione comunemente adottati figurano il sistema NRM di RICS, l'OmniClass Construction Classification System, l'ICE CESMM, il MasterFormat, l'UniFormat e il CPIC Uniclass.
- 5 Il LOD del modello deve essere compreso con chiarezza dal QS in modo tale che la pianificazione dei costi sia conforme al livello di informazione disponibile nel modello.
- 6 I modelli in ambiente BIM sono soggetti a frequenti cambiamenti. Questa caratteristica presenta aspetti positivi e negativi. I professionisti/studi di QS sono in grado di fornire al cliente informazioni di pianificazione dei costi di qualità migliore, grazie ai rilievi quantitativi e alle misurazioni basate su modelli. Comunque, frequenti cambiamenti potrebbero interrompere il normale workflow atteso dai QS.

#### 4.5.7 Il sistema BIM per il facility manager

Il massimo vantaggio del metodo BIM è la sua integrazione in tutto il ciclo di vita del progetto e l'utilizzo senza soluzione di continuità del modello da parte dei facility manager. Il modello diventa così la fonte principale di informazioni per la gestione dell'immobile assistita da computer (CAFM). Il CAFM non viene sostituito dal BIM: attraverso lo scambio di informazioni e la loro condivisione con il BIM, il CAFM acquista efficacia. Naturalmente, per essere di aiuto al facility manager, il modello as-built deve contenere le informazioni necessarie in formato idoneo.

È essenziale considerare gli standard e i problemi di integrazione per rendere più agevole l'uso del BIM nel FM. Attualmente è il COBie lo standard di fatto utilizzato per l'integrazione tra BIM e FM. La Figura 80 mostra il FM in relazione ai livelli di maturità del BIM. Come si evince dalla figura, l'attuale livello di integrazione è basso. Si prevede una maggiore integrazione tra BIM e FM con l'evolversi del BIM nel tempo.

#### 4.5.8 Il BIM per le aziende manifatturiere

Le aziende manifatturiere possono avere un ruolo di primo piano ai fini di una maggiore adozione del BIM. Come illustrato al punto 2.4, lo sviluppo del modello richiede ciò che si definisce contenuto BIM sotto forma di oggetti (smart). La maggior parte degli oggetti proviene da aziende che possono fornire i reali modelli dei propri prodotti da utilizzare nell'ambito del team di progetto per lo sviluppo di modelli. Questi oggetti provengono da tre fonti principali (come mostra la Figura 25).

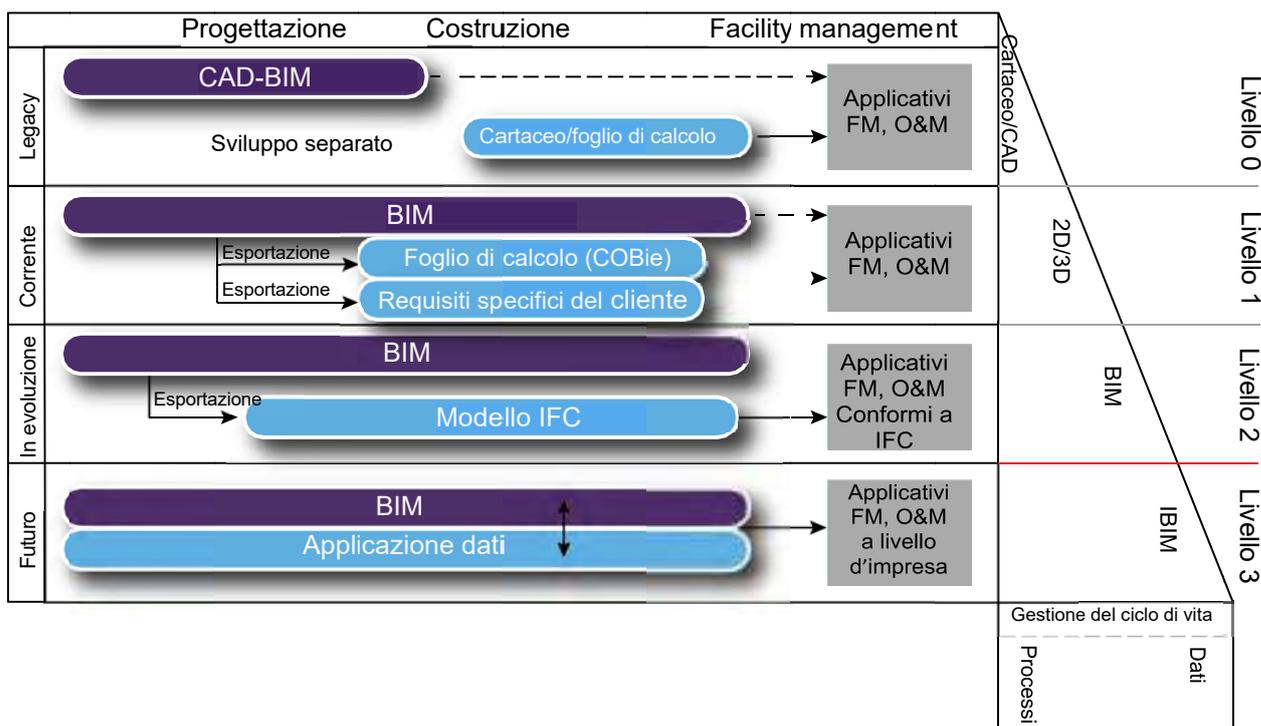
Le aziende possono produrre e fornire oggetti online (conformi a IFC). Esistono diverse piattaforme con cui le aziende possono sviluppare questi oggetti e metterli a disposizione dei vari consulenti progettuali e ingegneristici e dei costruttori.

Ciò apre alle aziende grandi opportunità di commercializzazione e vendita dei propri manufatti. Con l'uso di questi oggetti i team di progetto, oltre ad avere a disposizione elementi di modellazione preconfezionati, possono arricchire il modello di informazioni, ivi incluse le specifiche.

Figura 80: Livelli di maturità FM e BIM

### 4.6 Il ruolo della gestione del BIM

Su progetti vasti e complessi –sia edili che infrastrutturali–



Riprodotta con il permesso di Mark Bew e Mervyn Richards.

dove si pianifica l'implementazione del BIM, sono necessari anche servizi di gestione del BIM. La gestione del sistema BIM può essere compito di uno degli attori coinvolti. In termini generali, questa entità si può definire BIM manager. I BIM manager hanno un ruolo importante in relazione all'implementazione del BIM sia a livello di progetto che a livello organizzativo. Si tratta di un nuovo ruolo che richiede una semplificazione e una chiara articolazione. Esso presenta due diverse connotazioni, una delle quali prevede l'attribuzione di un ruolo a un soggetto individuale, e l'altra a un'organizzazione. In qualsiasi processo di implementazione del BIM, una delle organizzazioni partecipanti al progetto dovrà essere nominata come entità responsabile della gestione del BIM. I ruoli e le responsabilità di tale entità devono essere chiaramente definiti.

Alcune linee guida BIM introducono il ruolo del responsabile informativo, distinto dal BIM manager. Nel presente documento il termine BIM manager è utilizzato per identificare l'attore coinvolto nel progetto (in genere la principale organizzazione di progettazione) che assumerà uno o più dei seguenti ruoli per il progetto:

- 1 sviluppare, implementare e tenere aggiornato il piano BIM per l'implementazione / esecuzione del progetto
- 2 assicurare che tutti i membri del team di progetto siano in linea con il piano
- 3 costituire e tenere in essere un quadro di coordinamento BIM allineato con il piano generale di implementazione/esecuzione BIM, a sua volta collegato al piano del progetto
- 4 aggiornare il modello federato elaborato a partire dai singoli modelli relativi ad ambiti specifici presentati dai membri del team di progetto
- 5 fissare incontri di coordinamento BIM e aggiornare in merito ai progressi compiuti durante gli incontri di coordinamento del progetto
- 6 tenere un registro dei modelli BIM e del rispettivo stato per ciascuno stadio del progetto; conservare varie versioni dei modelli, denominandole in base ad adeguate convenzioni
- 7 tracciare l'identità dei vari soggetti che hanno contribuito al modello, indicando le finalità previste del modello in ogni stadio definito
- 8 introdurre procedure per il controllo qualità del modello e assicurare la qualità del modello, verificando che i modelli siano accurati e caratterizzati dal corretto livello di sviluppo (LOD) in base allo stadio del progetto
- 9 identificare e documentare eventuali conflitti tra i modelli di diverse discipline utilizzando appositi software
- 10 amministrare il sistema concordato di condivisione/pubblicazione dei modelli e della documentazione (procedure di collaborazione BIM)
- 11 piena responsabilità e autorità per rilasciare istruzioni su questioni relative al BIM
- 12 coordinamento del passaggio del modello e dei dati alle scadenze concordate del programma di coordinamento BIM
- 13 qualora il coordinamento BIM del progetto sia trasferito a un altro soggetto, fornire la documentazione associata e tutte le necessarie istruzioni al personale sui protocolli e sulla storia della collaborazione
- 14 comprendere le questioni legali e quelle legate ad appalti e approvvigionamenti; e
- 15 comprendere le implicazioni legali del BIM in termini di proprietà intellettuale, copyright, rischio e assicurazioni.

## 5 Conclusioni e raccomandazioni

Il BIM è un'importantissima innovazione che porta il settore dell'ambiente costruito a considerare l'introduzione di miglioramenti sistemici e olistici a livello di tecnologia, prassi di lavoro e processi. Questa trasformazione sta avendo un "effetto amalgamante", in quanto consente all'ambiente costruito di vedere l'interconnessione tra paradigmi come i principi lean, le tecnologie off-site e i principi green. Partendo da queste basi, numerosi governi si sono posti ambiziosi obiettivi a medio termine per il settore dell'ambiente costruito. Ad esempio, il governo britannico ha elaborato una strategia BIM per il Construction Client Group che prevede di ridurre "del 20% il costo di capitale e l'impronta di carbonio connessi alla costruzione e alla conduzione dell'ambiente costruito".<sup>137</sup> È essenziale che tutti gli attori del settore dell'ambiente costruito operino all'unisono per realizzare progressi diffusi a livello dell'intero settore, che spianeranno la strada per l'adozione del BIM.<sup>138</sup>

Permangono ancora i seguenti ostacoli che rallentano l'adozione dei sistemi BIM:

- 1 **Questioni di mentalità:** l'implementazione del BIM richiede un cambiamento di prassi e di processi da parte di tutti gli attori coinvolti. La resistenza al cambiamento, questioni territoriali e la riluttanza a essere pionieri del cambiamento sono alcuni dei più comuni ostacoli di forma mentis che rallentano l'adozione del BIM.
- 2 **Questioni legate alla rete di progettazione:** non tutti i membri della rete di progettazione stanno passando a BIM. Anche in uno scenario perfetto, quando un committente e un progettista intendono adottare il BIM, la mancanza di consulenti specialistici disposti a passare all'uso del BIM ostacola la sua implementazione.
- 3 **Barriere tecnologiche:** se le software house vantano la completa integrazione e interoperabilità dei propri tool, vi sono ancora diversi problemi tecnologici da risolvere; soprattutto per quanto riguarda i consulenti specialistici, i contractor e la compatibilità tra i software sviluppati da diverse aziende. I software specialistici utilizzati da questi membri del team di progetto non sono ancora compatibili e interoperabili, e pertanto comportano interruzioni del workflow BIM.
- 4 **Disponibilità di risorse competenti:** la carenza di una forza lavoro competente in ambito BIM resta uno dei principali ostacoli all'adozione del sistema.
- 5 **Hardware e software dai costi elevati:** il prezzo percepito di hardware e software frena l'adozione del BIM, soprattutto da parte delle PMI. I costi di formazione e quelli legati all'interruzione dell'attività per la formazione del personale fanno sì che le organizzazioni ci pensino due volte prima di passare al BIM.
- 6 **Questioni legali e commerciali:** le questioni relative a contratti, proprietà delle informazioni incluse nei modelli,

ai prospetti degli onorari, ai deliverable e alla copertura assicurativa non sono ancora ben chiare a chi opera nel settore, e questo sta ostacolando l'adozione del BIM.

Per superare queste barriere e diffondere l'uso del BIM nel settore dell'ambiente costruito, potrebbero rendersi necessari i seguenti cambiamenti strutturali:<sup>139</sup>

- una visione più ampia e cambiamenti comportamentali da parte di tutti gli attori coinvolti per collaborare alla piattaforma BIM con un approccio di tipo "tutto il settore" e "tutto il sistema".
- aumento della capacità, educazione e formazione per l'implementazione del BIM
- una migliore *value proposition* per tutti gli attori coinvolti (ivi inclusa la formulazione della *value proposition*)
- sviluppo di standard e linee guida nazionali
- investimento in ricerca e sviluppo
- partecipazione della comunità accademica nell'aggiornamento dei curricula
- cambiamento guidato dal processo e dalle persone e non cambiamento determinato dalla tecnologia; e
- una visione dell'intero ciclo di vita per l'implementazione del BIM in modo strettamente integrato alla gestione degli asset e della filiera.

Contestualmente ai progressi del settore dell'ambiente costruito, le seguenti tendenze innovative avranno importanti implicazioni sulla traiettoria di adozione del BIM e sui conseguenti benefici per il settore:

- 1 **Fabbricazione digitale:** con l'avvento delle stampanti 3D, il settore dell'ambiente costruito registrerà un importante passaggio all'uso di tecniche di produzione, fabbricazione, prototipizzazione e costruzione di moduli e materiali. I prodotti, i materiali e i processi per il settore delle costruzioni dipenderanno dalla capacità di sfruttare le funzioni avanzate della stampa 3D e le tecnologie di contour crafting.
- 2 **Cloud computing:** attraverso l'accesso a risorse informatiche flessibili, il settore dell'ambiente costruito riuscirà a utilizzare le più recenti tecnologie hardware e software. Sarà possibile un uso più ampio dell'informatica e i cantieri edili non dovranno più faticare per ricevere e inviare informazioni in tempo reale.
- 3 **Big data e analisi:** con i progressi sul campo dei Big data e della *business analytics*, il settore dell'ambiente costruito riuscirà a utilizzare tool di analisi avanzati, che saranno di supporto ai processi decisionali lungo

l'intero ciclo di vita dell'immobile. La simulazione di diversi scenari utilizzando grandi quantità di dati consentirà una maggiore affidabilità della gestione del rischio e processi decisionali avanzati.

- 4 Smart city: con la crescente urbanizzazione, le smart city diventeranno una realtà. La realizzazione dei vantaggi delle smart city dipenderà dalle informazioni disponibili. Questo a sua volta indurrà una modellazione dell'ambiente costruito attraverso modelli BIM e le connesse tecnologie geospaziali come il GIS.
- 5 Piattaforma *mobile*: la disponibilità del BIM su piattaforme *mobile* eserciterà un grande impatto sul settore dell'ambiente costruito, rendendo possibili le comunicazioni BIM-to-field e field-to-BIM. L'abbinamento di dispositivi *mobile* con la tecnologia dei sensori e le tecnologie di scansione laser renderà ulteriormente possibile una visione da "fisico a digitale" e da "digitale a fisico".

## Appendice A: Terminologia e definizioni

2D	Documenti bidimensionali in un ambiente tradizionale di progettazione assistita da computer; in ambito BIM, tutti i dati/documenti in formato bidimensionale.
3D	Spazio tridimensionale; in ambito BIM, la rappresentazione di una struttura/immobile in tre dimensioni (coordinate X, Y e Z).
4D	Modello sviluppato con l'aggiunta della dimensione temporale a un modello 3D; altresì detto simulazione 4D o programmazione 4D.
5D	Modello sviluppato aggiungendo dati sui costi a un modello 4D (o a un modello 3D).
6D	Modello sviluppato aggiungendo dati relativi alla sostenibilità a un modello 5D (o a un modello 3D o 4D). In alcune parti del mondo il termine 6D è utilizzato anche per descrivere un modello destinato al facility management.
AEC	È il settore architettonico, ingegneristico ed edilizio (Architecture, Engineering and Construction) che definisce i professionisti e le professioni coinvolte nell'attività di progettazione, costruzione e gestione nel settore dell'ambiente costruito.
AIA	American Institute of Architects.
Modello architettonico	Modello costituito esclusivamente da componenti/elementi di modellazione architettonici.
As built	Il termine "as built" (come costruito) indica la documentazione e i disegni finali che descrivono l'opera effettivamente costruita, evidenziando i cambiamenti rispetto al progetto iniziale.
Asset information model (AIM)	Termine utilizzato per descrivere l'insieme delle informazioni (documentazione, modello grafico e dati non grafici) raccolte e assemblate lungo l'intera vita dell'immobile.
BIM execution plan (BEP)	Piano scritto finalizzato all'integrazione dei compiti e delle informazioni BIM da parte di tutti gli attori coinvolti e in tutti i processi.
Piano di implementazione del BIM	Il piano di integrazione del BIM nelle prassi di lavoro di un'organizzazione.
BrIM	Bridge information model (modello informativo di un ponte).
BS 1192:2007	Produzione collaborativa di informazioni costruttive e di ingegneria architettonica. Codice di buona prassi.
BS 1192-4: 2014	Produzione collaborativa di informazioni - Parte 4: Adempimento dei requisiti di scambio di informazioni dei datori di lavoro tramite COBie. Codice di buona prassi
bSDD-buildingSMART	Libreria di riferimento per consentire l'ottimizzazione dell'interoperabilità nel settore dell'edilizia e delle costruzioni.
bSI	buildingSMART International. Un'organizzazione internazionale senza scopo di lucro già nota con il nome di International Alliance for Interoperability (IAI), che mira a migliorare lo scambio di informazioni tra diversi applicativi software utilizzati nel settore dell'ambiente costruito.
BSI B/555 Roadmap	Roadmap BIM del British Standards Institution.
BSIM	Building services information model.
Building information management	Utilizzato in alternativa a building information modelling per mettere in evidenza il requisito esplicito di una gestione delle informazioni in ambiente BIM.
Building information model	Rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di un immobile utilizzando informazioni di diversa provenienza, che funge da fonte condivisa di conoscenze nelle fasi di progettazione, costruzione, conduzione e ristrutturazione/demolizione di un immobile nell'ambiente costruito.
Building information modelling	Termine che descrive sia il processo che la filosofia che consente l'inserimento, la condivisione, l'aggiornamento e la produzione di informazioni (in formato elettronico) utilizzate nel settore dell'ambiente costruito.
CAD	Computer aided drawing/drafting/design (disegno/progettazione assistita da computer).
CAFM	Computer aided facilities management (gestione di immobili assistita da computer).
CAWS	Common arrangement of work sections.
CDE	Common data environment. Un'unica fonte di informazioni per un dato progetto, utilizzata per raccogliere, gestire e diffondere tutti i documenti del progetto rilevanti per team multi-disciplinari.
CIC	Construction Industry Council.
CIM	Construction information modelling; il BIM durante il processo di costruzione.

CityGML	City Geography Mark-up Language.
Clash detection	Processo che consiste nell'identificazione o rilevamento di potenziali collisioni tra diversi elementi di un modello BIM, generalmente afferenti a diverse discipline (talvolta definito sistema di rilevamento collisioni o di coordinamento).
COBie	Construction Operation Building information exchange. Scambio strutturato di informazioni su un edificio finalizzato alla messa in servizio, alla conduzione e alla manutenzione di un immobile.
CPIC	Construction Project Information Committee.
Protocollo CPIx	Protocollo e modelli BIM del Construction Project Information Committee.
Data drop	Equivalente digitale dei "rapporti di avanzamento lavori" in cui le informazioni del modello BIM sono trasmesse al committente.
Modello di intento progettuale	Un modello del progetto nello stadio iniziale, detto a volte "modello di concept".
Modello progettuale	Un modello degli aspetti della struttura/immobile/progetto progettati ed espressi da un architetto/ingegnere.
EIR	Employer's information requirements - si tratta di un documento in cui sono espresse le informazioni da consegnare insieme ai processi e agli standard adottati dal fornitore nel processo di realizzazione del progetto (definiti in PAS 1192-2:2013).
EXPRESS	Linguaggio di modellazione dati EXPRESS.
Modello di fabbricazione	Modello BIM che integra componenti adatti alla fabbricazione (digitale).
Modello federato	Modello BIM costituito da diversi componenti/modelli attinenti a singole discipline correlati ma distinti.
FIM	Facilities Information Model.
FTP	File Transfer Protocol: protocollo di rete standard per il trasferimento di file informatici da un host a un altro host tramite Internet.
gbXML	Green Building Extensible Mark-up Language. Formato open file per lo scambio di dati di progettazione edilizia sostenibile .
GIS (Geographic information system)	Tool informatico destinato a rilevare, registrare, manipolare, analizzare, gestire e presentare ogni tipo di dati geografici.
GSA	US General Services Administration.
GSL	UK Government Soft Landings.
BIM orizzontale/civile/pesante	Modelli BIM utilizzati per progetti infrastrutturali.
IAI	International Alliance of Interoperability (precedente nome di buildingSMART International).
iBIM	Integrated BIM (definito il Livello 3 in base ai livelli di maturità BIM del Regno Unito).
ICE	Institution of Civil Engineers.
ICT	Information and communication technology (tecnologia dell'informazione e della comunicazione).
IDM	Information delivery manual.
IFC	Industry foundation classes.
IFD	International framework dictionary.
Interoperabilità	La capacità di due o più sistemi (computer o software) o componenti di scambiarsi informazioni e di utilizzare le informazioni scambiate.
IPD	Integrated Project Delivery (Progettazione integrata).
ISO 159261:2004	Norma finalizzata a facilitare l'integrazione di dati per supportare le attività e i processi di progettazione, costruzione e conduzione di edifici per l'intero ciclo di vita – specifica per l'industria di processo ma con una più estesa applicabilità.
ISO 16739:2013	Norma finalizzata a definire le classi IFC per la condivisione di dati nel settore edilizio e in quello del facility management.
ISO/CD 16757	Dati di prodotto per modelli di sistemi dei servizi degli edifici.
ISO/DIS 16757-1	Norma ISO relativa a strutture di dati per cataloghi elettronici di prodotti destinati a servizi per edifici (Parte 1): concetti, architettura e modello.
Kaizen	Miglioramento continuo.

LandXML	Land extensible mark-up language.
LCCP	Life cycle cost plan (pianificazione dei costi nel ciclo di vita).
Livello di maturità	Valore che esprime la capacità della filiera edilizia di gestire e scambiare informazioni.
LOD	Livello di dettaglio/livello di sviluppo.
LOD (Level of detail)	Si tratta della specifica risoluzione delle informazioni grafiche richiesta per uno specifico elemento in una fase particolare del progetto.
LOD (Level of development)	Si tratta della specifica risoluzione delle informazioni grafiche e non grafiche per uno specifico elemento in una fase particolare del progetto.
LOI (Level of information)	Un termine per indicare diversi stadi in cui sono richieste informazioni non grafiche per tutta la durata del progetto.
MEA (Model element author)	Parte responsabile dello sviluppo dei contenuti di uno specifico elemento del modello con il livello di sviluppo (LOD) richiesto in una particolare fase del progetto.
MEP	Discipline meccaniche, elettriche e idrauliche (Mechanical, electrical and plumbing).
Modello MEP	Modello di progetto BIM concentrato sui servizi meccanici, elettrici e idraulici di un progetto edilizio.
Elemento del modello	Parte del modello BIM che rappresenta un componente, sistema o modulo nell'ambito di un edificio o di un cantiere edile.
MVD (Model view definition)	I subset di <i>data model</i> IFC necessari a supportare l'esigenza di scambio dati specifici del settore AEC in tutto il ciclo di vita di un progetto edilizio.
NBIMS	Standard BIM nazionale dell'US Project Committee.
nD	Denota un modello cui sono state aggiunte tutte le informazioni possibili.
NIBS	US National Institute of Building Sciences.
NIST	National Institute of Standards and Technology.
NRM	Nuove regole di misurazione.
Costruzione off-site	Concetto riferito a strutture costruite in sedi diverse da quella di uso o di installazione.
OmniClass	Sistema di classificazione utilizzato negli USA simile a UniClass (con cui non è tuttavia direttamente interoperabile).
OpenBIM	Un approccio universale di progettazione collaborativa, realizzazione e conduzione di edifici in base a workflow e standard aperti.
OSCRE	Open Standards Consortium for Real Estate.
Oggetti parametrici	Rappresentazione digitale di un oggetto fisico utilizzando un set di parametri.
PAS 1192	Parti 2 e 3 di una specifica PAS sponsorizzata dal Construction Industry Council (CIC) a supporto di BS 1192:2007 – comprende anche eccellenti glossari terminologici.
PBO	Project-based organisation (organizzazione basata su un progetto).
PIM (project information model)	Termine utilizzato per descrivere l'insieme delle informazioni (documentazione, modello grafico e dati non grafici) assemblate per un progetto.
PMC	Consulente di project management.
Point cloud	Un point cloud (nuvola di punti) è un gruppo di data point in uno specifico sistema di coordinamento. In un sistema di coordinamento tridimensionale, questi punti sono generalmente definiti dalle coordinate X, Y e Z.
QS	Quantity surveyor (Perito misuratore).
RACI	Sistema di riferimento utilizzato in ambito di project management per definire la matrice di attribuzione delle responsabilità dove "R" sta per parte incaricata, "A" per parte responsabile, "C" per parte consulente o parte che dà un contributo, mentre "I" indica la parte o le parti da tenere informate.
RAM	Responsibility assignment matrix (matrice di attribuzione delle responsabilità).
Modello finale	Modello BIM contenente informazioni as-built.
RFI	Request for information.
RIBA	Royal Institute of British Architects.
RICS	Royal Institution of Chartered Surveyors.
SIM	Structural information model (modello di informazioni strutturali).

PMI	Piccole e medie imprese.
TPS	Toyota Production System.
UniClass	Classificazione unificata per il sistema di classificazione del settore delle costruzioni utilizzato nel Regno Unito, sviluppato dal CPIC.
VA BIM Guide	Guida al BIM a cura del US Department of Veterans Affairs Office of Construction and Facilities Management (CFM).
Vertical BIM	Modello BIM utilizzato per la costruzione di strutture verticali come gli edifici.
XML	eXtensible Markup Language. Linguaggio di mark-up che definisce un insieme di regole di codificazione dei documenti in formato leggibile sia dall'uomo che dalla macchina.

## Riferimenti numerati

- 1 Eastman, C., et al, *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (2nd edition), John Wiley and Sons, Londra, 2011 (ISBN 978 0 470 54137 1)
- 2 US National BIM Standards Committee (NBIMS)), *National BIM standard: version 2 – FAQs*, 2014, [www.nationalbimstandard.org/faq.php](http://www.nationalbimstandard.org/faq.php)
- 3 UK BIM Task Group, *What is BIM?*, 2013, [www.bimtaskgroup.org/bim-faqs/](http://www.bimtaskgroup.org/bim-faqs/)
- 4 US Department of Veteran Affairs, *The VA BIM guide*, US Department of Veteran Affairs, Washington DC, 2010, [www.cfm.va.gov/til/bim/BIMGuide/terms.htm](http://www.cfm.va.gov/til/bim/BIMGuide/terms.htm)
- 5 BSI, *ISO 29481-1:2010(E) Building information modelling – Information delivery manual: Part 1: Methodology and format*, BSI, Londra, 2010 (ISBN 978 0 580 62950 1)
- 6 ICE, *Leveraging the relationship between BIM and asset management*, 2014, [www.ice.org.uk/getattachment/54b4c51d-2a04-464a-b050-842c5c0af173/Leveraging-the-Relationship-between-BIM-and-Asset-.aspx](http://www.ice.org.uk/getattachment/54b4c51d-2a04-464a-b050-842c5c0af173/Leveraging-the-Relationship-between-BIM-and-Asset-.aspx)
- 7 National Institute of Building Sciences, *United States national building information modeling standard: Version 1 – part 1: Overview, principles and methodologies*, NIBS, Washington DC, 2007
- 8 Howell, G. A., et al, *Construction engineering—reinvigorating the discipline*, articolo pubblicato dal *Journal of Construction Engineering and Management*, ASCE, Blacksburg, 2011 (ISSN 0733-9364)
- 9 BuildingSMART, *BuildingSMART - Who & what?*, [www.buildingsmart.org/organization/bsi\\_who-and-what](http://www.buildingsmart.org/organization/bsi_who-and-what), 2008–2014
- 10 Sawhney, A., and Singhal, P., *Drivers and barriers to the use of building information modelling in India*, articolo pubblicato dall' *International Journal of 3D Modelling Information*, 2/3, IGI Global, Hershey, 2013 (ISSN 2156-1710)
- 11 Eastman, C., *What is BIM?*, 2009, [www.engworks.com/BIM-NEWS/what-is-bim-by-chuck-eastman.html](http://www.engworks.com/BIM-NEWS/what-is-bim-by-chuck-eastman.html)
- 12 MacLeamy, P., *On the future of the building industry*, [www.hok.com/thought-leadership/patrick-macleamy-on-the-future-of-the-building-industry/](http://www.hok.com/thought-leadership/patrick-macleamy-on-the-future-of-the-building-industry/)
- 13 Sacks, R., and Barak, R., *Teaching building information modeling as an integral part of freshman year civil engineering education*, articolo pubblicato dal *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 136/1, Society of Civil Engineers, Cleveland, 2010 (ISSN 1052-3928)
- 14 Sacks, R., and Barak, R., *Teaching building information modeling as an integral part of freshman year civil engineering education*, articolo pubblicato dal *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, 136/1, Society of Civil Engineers, Cleveland, 2010 (ISSN 1052-3928)
- 15 Edgar, A., *Message from the national BIM standard executive committee*, articolo pubblicato dal *Journal of Building Information Modeling*, National BIM Standard e National Institute of Building Sciences, 2007
- 16 Eastman, C., et al, *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (2nd edition), John Wiley and Sons, Londra, 2011 (ISBN 978 0 470 54137 1)
- 17 McGraw Hill Construction, *SmartMarket report: The business value of BIM: Getting building information modeling to the bottom line*, McGraw Hill, New York, 2009
- 18 NBS, *National BIM report 2012*, NBS, Newcastle, 2012, [www.thenbs.com/pdfs/NBS-NationalBIMReport12.pdf](http://www.thenbs.com/pdfs/NBS-NationalBIMReport12.pdf)
- 19 Sawhney, A., *Status of BIM adoption and outlook in India*, Research report, RICS School of Built Environment, Amity University, 2014, [http://ricsbe.org/RICSINDIA/media/rics/News/RICS-SBE-Research\\_State-of-BIM-Adoption.pdf](http://ricsbe.org/RICSINDIA/media/rics/News/RICS-SBE-Research_State-of-BIM-Adoption.pdf)
- 20 McGraw Hill Construction, *SmartMarket report: The business value of BIM for construction in major global markets: How contractors around the world are driving innovation with building information modelling*, McGraw Hill, New York, 2014
- 21 Copia gratuita disponibile per il download all'indirizzo <http://analyticsstore.construction.com/GlobalBIMSMR14>
- 22 NBS, *National BIM report 2012*, NBS, Newcastle, 2012, [www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/NBS-NationalBIMReport12.pdf](http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/NBS-NationalBIMReport12.pdf)
- 23 Saxon, R. G., *Growth through BIM*, Construction Industry Council, Londra, 2013
- 24 Richards, M., *Building information management: A standard framework and guide to BS 1192*, BSI Standards, Londra, 2010 (ISBN 978 0 580 70870 1)
- 25 Sackey, E., et al, *BIM implementation: from capability maturity models to implementation strategy*, Sustainable Building Conference, Coventry University, 2013

- 26 HM Government, *GSL soft landings: an overview*, 2013, [www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2013/02/GSL-Overview-for-Web-site-01-03-13-ver-a-Read-Only.pdf](http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2013/02/GSL-Overview-for-Web-site-01-03-13-ver-a-Read-Only.pdf)
- 27 Richards, M., *Building information management: A standard framework and guide to BS 1192*, BSI Standards, Londra, 2010 (ISBN 978 0 580 70870 1)
- 28 BIM Journal, *BIM around the world*, 2011, [www.bimjournal.com/2011/10/bim-around-the-world/](http://www.bimjournal.com/2011/10/bim-around-the-world/)
- 29 buildingSMART Australasia, *National building information modelling initiative. Volume 1: strategy*, building SMART, Melbourne, 2012
- 30 Cholakis, P., *A snapshot of international BIM status and goals*, 2013, <http://buildinginformationmanagement.wordpress.com/2013/06/19/an-snapshot-of-international-bim-status-and-goals/>
- 31 Cheng Tai Fatt and BCA, *Singapore BIM roadmap*, BCA, Singapore, 2012
- 32 BCA, *BCA's BIM roadmap*, BCA, Singapore, 2011, [www.bca.gov.sg/newsroom/others/pr02112011\\_BIB.pdf](http://www.bca.gov.sg/newsroom/others/pr02112011_BIB.pdf)
- 33 AECbytes, *Around the world with BIM*, 2012, [www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM.html](http://www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM.html)
- 34 Cholakis, P., *A snapshot of international BIM status and goals*, 2013, <http://buildinginformationmanagement.wordpress.com/2013/06/19/an-snapshot-of-international-bim-status-and-goals/>
- 35 AECbytes, *Around the world with BIM*, 2012, [www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM.html](http://www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM.html)
- 36 Geospatial World, *Hong Kong to promote adoption of BIM*, 2013, [www.geospatialworld.net/News/View.aspx?id=28035\\_Article%20#](http://www.geospatialworld.net/News/View.aspx?id=28035_Article%20#)
- 37 AECbytes, *Around the world with BIM*, 2012, [www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM.html](http://www.aecbytes.com/feature/2012/Global-BIM.html)
- 38 Sawhney, A., et al, *Grand challenges for the Indian construction industry*, articolo pubblicato in *Built Environment Project and Asset Management*, 4/4, Emerald Group, Bingley, 2014 (ISSN 2044-124X)
- 39 Ahuja, R., et al, *BIM based conceptual framework for lean and green integration*, 22nd Annual Conference of the International Group for Lean Construction, Terje Kalsaas, B., et al (eds), Oslo, 2014
- 40 Vokes, C., et al, *Technology and skills in the construction industry: Evidence report 74*, UKCES, 2013, [www.ukces.org.uk/assets/ukces/docs/publications/evidence-report-74-technology-skills-construction.pdf](http://www.ukces.org.uk/assets/ukces/docs/publications/evidence-report-74-technology-skills-construction.pdf)
- 41 Cone, K., *Sustainability + BIM + integration, a symbiotic relationship*, AIA, Washington DC, [www.aia.org/practicing/groups/kc/AIAB081071](http://www.aia.org/practicing/groups/kc/AIAB081071)
- 42 Sawhney, A., *Modelling value in construction processes using value stream mapping*, *Masterbuilder*, 2014, [www.masterbuilder.co.in/modelling-value-in-construction-processes-using-value-stream-mapping/](http://www.masterbuilder.co.in/modelling-value-in-construction-processes-using-value-stream-mapping/)
- 43 Michigan State University, *The Construction Industry Research and Education Center (CIREC)*, 2006, [www.c2p2ai.msu.edu/](http://www.c2p2ai.msu.edu/)
- 44 Dave, B., et al, *Implementing lean in construction: Lean construction and BIM*, CIRIA, Londra, 2013
- 45 Singh, V., *BIM for lean*, 2013, <https://wiki.aalto.fi/display/ABIM/BIM+for+Lean>
- 46 AIA California Council, *Integrated project delivery – An updated working definition*, 2014, [www.aiacc.org/wp-content/uploads/2014/07/AIACC\\_IPD.pdf](http://www.aiacc.org/wp-content/uploads/2014/07/AIACC_IPD.pdf)
- 47 Blismas, N., et al, *Benefit evaluation for offsite production in construction*, articolo pubblicato da *Construction Management and Economics*, 24, Taylor and Francis, Londra, 2006 (ISSN 0144-6193)
- 48 Egan, J., *Rethinking construction*, Department of the Environment, Transport and the Regions, Londra, 1998
- 49 Burgan, B. A., and Sansom, M. R., *Sustainable steel construction*, articolo pubblicato dal *Journal of Constructional Steel Research*, 62/11, Elsevier, Londra, 2006 (ISSN 0143- 974X)
- 50 AIA, *Integrated project delivery: A guide: Version 1*, AIA, Washington DC, 2007
- 51 AIA California Council, *Integrated project delivery – An updated working definition*, 2014, [www.aiacc.org/wp-content/uploads/2014/07/AIACC\\_IPD.pdf](http://www.aiacc.org/wp-content/uploads/2014/07/AIACC_IPD.pdf)
- 52 AIA California Council, *Integrated project delivery – An updated working definition*, 2014, [www.aiacc.org/wp-content/uploads/2014/07/AIACC\\_IPD.pdf](http://www.aiacc.org/wp-content/uploads/2014/07/AIACC_IPD.pdf)
- 53 Pelsmakers, S., *BIM and its potential to support sustainable building*, NBS, Newcastle, 2013, [www.thenbs.com/topics/bim/articles/bimPotentialSupportSustainableBuilding.asp](http://www.thenbs.com/topics/bim/articles/bimPotentialSupportSustainableBuilding.asp)
- 54 Aya-Welland, R., et al, *The intersection of BIM and sustainable design*, articolo pubblicato da *Structure Magazine*, March, NCSEA, Chicago, 2009, [www.structurearchives.org/article.aspx?articleID=867](http://www.structurearchives.org/article.aspx?articleID=867)
- 55 Cone, K., *Sustainability + BIM + integration, a symbiotic relationship*, AIA, Washington DC, [www.aia.org/practicing/groups/kc/AIAB081071](http://www.aia.org/practicing/groups/kc/AIAB081071)
- 56 Doherty, P., *Smart cities*, RICS, Londra, 2012, [www.rics.org/Global/White%20Paper%20-%20Smart%20Cities.pdf](http://www.rics.org/Global/White%20Paper%20-%20Smart%20Cities.pdf)
- 57 ARUP, *Future cities: UK capabilities for urban innovation*, Future Cities Catapult Team, Londra, 2014, [http://publications.arup.com/Publications/F/Future\\_Cities\\_UK\\_Capabilities\\_For\\_Urban\\_Innovation.aspx](http://publications.arup.com/Publications/F/Future_Cities_UK_Capabilities_For_Urban_Innovation.aspx)

- 58 UK BIM Task Group, *Newsletter*, 39, 2014, [www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2014/03/BIM-Task-Group-Newsletter-39th-Edition.pdf](http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2014/03/BIM-Task-Group-Newsletter-39th-Edition.pdf)
- 59 Khemlani, L., *The IFC building model: A look under the hood*, AECbytes, 2004, [www.aecbytes.com/feature/2004/IFCmodel.html](http://www.aecbytes.com/feature/2004/IFCmodel.html)
- 60 Khemlani, L., *The IFC building model: A look under the hood*, AECbytes, 2004, [www.aecbytes.com/feature/2004/IFCmodel.html](http://www.aecbytes.com/feature/2004/IFCmodel.html)
- 61 Khemlani, L., *The IFC building model: A look under the hood*, AECbytes, 2004, [www.aecbytes.com/feature/2004/IFCmodel.html](http://www.aecbytes.com/feature/2004/IFCmodel.html)
- 62 Succar, B., *Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders*, articolo pubblicato da *Automation in Construction*, 18/3, Elsevier, Londra, 2009 (ISSN 0926-5805)
- 63 Saxon, R. G., *Growth through BIM*, CIC, Londra, 2013, [www.cic.org.uk/download.php?f=growth-through-bim-final-1.pdf](http://www.cic.org.uk/download.php?f=growth-through-bim-final-1.pdf)
- 64 Gallaher, M. P., et al, *Cost analysis of inadequate interoperability in the US capital facilities industry*, NIST GCR 04-867, NIST, Gaithersburg, 2004
- 65 BuildingSMART, *bSI standards and solutions*, 2014, [www.buildingsmart.org/standards](http://www.buildingsmart.org/standards)
- 66 *IFC – industry foundation classes*, [www.ifcwiki.org/index.php/Main\\_Page](http://www.ifcwiki.org/index.php/Main_Page)
- 67 BuildingSMART, *bSI standards and solutions*, 2014, [www.buildingsmart.org/standards](http://www.buildingsmart.org/standards)
- 68 BuildingSMART, *bSI standards and solutions*, 2014, [www.buildingsmart.org/standards](http://www.buildingsmart.org/standards)
- 69 BuildingSMART, *bSI standards and solutions*, 2014, [www.buildingsmart.org/standards](http://www.buildingsmart.org/standards)
- 70 Autodesk, *Lesson 1: An introduction to BIM*, <http://bimcurriculum.autodesk.com/lesson/lesson-1-introduction-bim>
- 71 *Open BIM*, [www.graphisoft.com/archicad/open\\_bim/](http://www.graphisoft.com/archicad/open_bim/)
- 72 Amarnath, C. B., et al, *Cloud computing to enhance collaboration, coordinamento and communication in the construction industry*, Information and Communication Technologies (WICT) World Congress, Mumbai, 11–14 December 2011
- 73 Várkonyi, V., *Debunking the myths about BIM in the 'cloud'*, AEC bytes, 2011, [www.aecbytes.com/viewpoint/2011/issue\\_61.html](http://www.aecbytes.com/viewpoint/2011/issue_61.html)
- 74 Arayici, V., and Aouad, G., *Computer integrated construction: an approach to requirements engineering*, articolo pubblicato da *Engineering Construction and Architectural Management*, 12/2, Emerald Group, Bingley, 2005 (ISSN 0969-9988)
- 75 Arayici, V., and Aouad, G., *Computer integrated construction: an approach to requirements engineering*, articolo pubblicato da *Engineering Construction and Architectural Management*, 12/2, Emerald Group, Bingley, 2005 (ISSN 0969-9988)
- 76 Sawhney, A. e Maheswari, J. U., *Design coordination using cloud-based smart building element models*, articolo pubblicato dall' *International Journal of Computer Information Systems and Industrial Management Applications*, 5, 2013 (ISSN 2150- 7988)
- 77 Amarnath, C. B., et al, *Cloud computing to enhance collaboration, coordination and communication in the construction industry*, Information and Communication Technologies (WICT) World Congress, Mumbai, 11–14 dicembre 2011
- 78 SAS, *Big data: what it is and why it matters*, [www.sas.com/en\\_us/insights/big-data/what-is-big-data.html](http://www.sas.com/en_us/insights/big-data/what-is-big-data.html)
- 79 *Measured surveys of land, buildings and utilities* (3rd edition), Linee guida RICS, RICS, Londra, 2014 (ISBN 978 1 78321 064 0)
- 80 Hobday, M., *The project-based organisation: an ideal form for managing complex products and systems?*, articolo pubblicato da *Research Policy*, 29/7-8, Elsevier, Londra, 2000 (ISSN 0048-7333)
- 81 Whitley, R., *Project-based firms: New organizational form or variations on a theme?*, articolo pubblicato da *Industrial and Corporate Change*, 15/1, Oxford Journals, Oxford, 2006 (ISSN 0960-6491)
- 82 Thiry, M., *From PMO to PBO: The PMO as a vehicle for organizational change*, articolo pubblicato da *PM World Today*, XIII/I, Ashgate, Farnham, 2011 (ISSN 2330-4480)
- 83 Penn State University, *BIM execution planning guide version 2.0*, 2013, <http://bim.psu.edu/>
- 84 US Department of Veteran Affairs, *The VA BIM guide*, US Department of Veteran Affairs, Washington DC, 2010, [www.cfm.va.gov/tit/bim/BIMGuide/terms.htm](http://www.cfm.va.gov/tit/bim/BIMGuide/terms.htm)
- 85 BCA, *Singapore BIM guide: version 2*, BCA, Singapore, 2013, [www.corenet.gov.sg/integrated\\_submission/bim/BIM/Singapore%20BIM%20Guide\\_V2.pdf](http://www.corenet.gov.sg/integrated_submission/bim/BIM/Singapore%20BIM%20Guide_V2.pdf)
- 86 CPix, *BIM execution plan*, [www.cpic.org.uk/cpix/cpix-bim-execution-plan/](http://www.cpic.org.uk/cpix/cpix-bim-execution-plan/)
- 87 Construction Industry Council, *Building information model (BIM) protocol* (1st edition), CIC, Londra, 2013, [www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2013/02/The-BIM-Protocol.pdf](http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2013/02/The-BIM-Protocol.pdf)
- 88 Penn State University, *BIM execution planning guide version 2.0*, 2013, <http://bim.psu.edu/>
- 89 BCA, *Singapore BIM guide: version 2*, BCA, Singapore, 2013, [www.corenet.gov.sg/integrated\\_submission/bim/BIM/Singapore%20BIM%20Guide\\_V2.pdf](http://www.corenet.gov.sg/integrated_submission/bim/BIM/Singapore%20BIM%20Guide_V2.pdf)

- 90 Penn State University, *BIM execution planning guide version 2.0*, 2013, <http://bim.psu.edu/>
- 91 BCA, *Singapore BIM guide: version 2*, BCA, Singapore, 2013, [www.corenet.gov.sg/integrated\\_submission/bim/BIM/Singapore%20BIM%20Guide\\_V2.pdf](http://www.corenet.gov.sg/integrated_submission/bim/BIM/Singapore%20BIM%20Guide_V2.pdf)
- 92 McGraw Hill Construction, *SmartMarket report: The business value of BIM for infrastructure – addressing America's infrastructure challenge with collaboration and technology*, McGraw Hill, New York, 2012
- 93 Dobbs, R., et al, *Infrastructure productivity: How to save \$1 trillion a year*, McKinsey Global Institute, 2013
- 94 McGraw Hill Construction, *SmartMarket report: The business value of BIM for infrastructure – addressing America's infrastructure challenge with collaboration and technology*, McGraw Hill, New York, 2012
- 95 NBS, *National BIM report 2012*, NBS, Newcastle, 2012, [www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/NBS-NationalBIMReport12.pdf](http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/NBS-NationalBIMReport12.pdf)
- 96 Sinclair, D., *BIM overlay to the RIBA outline plan of work*, RIBA Publishing, Londra, 2012
- 97 Green, A., *NRM 3: Order of cost estimating and cost planning for building maintenance works*, RICS, Londra, 2014 (ISBN 978 1 783 21024 4)
- 98 Penn State University, *BIM execution planning guide version 2.0*, 2013, <http://bim.psu.edu/>
- 99 Penn State University, *BIM execution planning guide version 2.0*, 2013, <http://bim.psu.edu/>
- 100 Sinclair, D., *BIM overlay to the RIBA outline plan of work*, RIBA Publishing, Londra, 2012
- 101 Eastman, C., et al, *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (2nd edition), John Wiley and Sons, Londra, 2011 (ISBN 978 0 470 54137 1)
- 102 The Construction Users Roundtable, *BIM implementation: an owner's guide to getting started*, 2010, [www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aia085571.pdf](http://www.aia.org/aiaucmp/groups/aia/documents/pdf/aia085571.pdf)
- 103 Per maggiori informazioni su COBie si veda East, B., *Construction- operations building information exchange (COBie)*, 2014, [www.wbdg.org/resources/cobie.php](http://www.wbdg.org/resources/cobie.php)
- 104 Si veda anche East, B., *Construction-operations building information exchange (COBie)*, 2014, [www.wbdg.org/resources/cobie.php](http://www.wbdg.org/resources/cobie.php)
- 105 Bew, M., *BIM is for infrastructure as well as buildings*, 2013, [www.building.co.uk/bim-is-for-infrastructure-as-well-as-buildings/5062981.article](http://www.building.co.uk/bim-is-for-infrastructure-as-well-as-buildings/5062981.article)
- 106 BIM Task Group, *BIM protocol – overview*, [www.bimtaskgroup.org/bim-protocol/](http://www.bimtaskgroup.org/bim-protocol/)
- 107 Si veda <https://bimforum.org/lod/>, [www.aia.org/contractdocs/training/bim/aia078742](http://www.aia.org/contractdocs/training/bim/aia078742) and [www.bimtaskgroup.org/bim-protocol/](http://www.bimtaskgroup.org/bim-protocol/)
- 108 Disponibile su [www.aia.org/contractdocs](http://www.aia.org/contractdocs)
- 109 BIM Forum, *Level of development specification*, 2013, <http://bimforum.org/wp-content/uploads/2013/08/2013-LOD-Specification.pdf>
- 110 Disponibile su [www.aia.org/contractdocs](http://www.aia.org/contractdocs)
- 111 BSI, *PAS 1192-2:2013, Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*, BSI, Londra, 2013
- 112 BSI, *PAS 1192-2:2013, Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*, BSI, Londra, 2013
- 113 ISO, *ISO 55000:2014 Asset management - Overview, principles and terminology*, ISO, Ginevra, 2014
- 114 ICE, *Leveraging the relationship between BIM and asset management*, 2014, [www.ice.org.uk/getattachment/54b4c51d-2a04-464a-b050-842c5c0af173/Leveraging-the-Relationship-between-BIM-and-Asset-.aspx](http://www.ice.org.uk/getattachment/54b4c51d-2a04-464a-b050-842c5c0af173/Leveraging-the-Relationship-between-BIM-and-Asset-.aspx)
- 115 ICE, *Leveraging the relationship between BIM and asset management*, 2014, [www.ice.org.uk/getattachment/54b4c51d-2a04-464a-b050-842c5c0af173/Leveraging-the-Relationship-between-BIM-and-Asset-.aspx](http://www.ice.org.uk/getattachment/54b4c51d-2a04-464a-b050-842c5c0af173/Leveraging-the-Relationship-between-BIM-and-Asset-.aspx)
- 116 Hobday, M., *The project-based organisation: an ideal form for managing complex products and systems?*, articolo pubblicato da *Research Policy*, 29/7-8, Elsevier, Londra, 2000 (ISSN 0048-7333)
- 117 Gann, D. M., and Salter, A. J., *Innovation in project-based, service-enhanced firms: the construction of complex products and systems*, articolo pubblicato da *Research Policy*, 29/7-8, Elsevier, Londra, 2000 (ISSN 0048-7333)
- 118 Gann, D. M., and Salter, A. J., *Innovation in project-based, service-enhanced firms: the construction of complex products and systems*, articolo pubblicato da *Research Policy*, 29/7-8, Elsevier, Londra, 2000 (ISSN 0048-7333)
- 119 Dubois, A., and Gadde, L-E., *The construction industry as a loosely coupled system - implications for productivity and innovativity*, articolo pubblicato da *Construction Management and Economics*, 20/7, Taylor and Francis, Abingdon, 2002 (ISSN 0144-6193)
- 120 Davies, R., and Harty, C., *Building information modelling as innovation journey: BIM experiences on a major UK healthcare infrastructure project*, articolo pubblicato in *6th Nordic Conference on Construction Economics and Organisation – Shaping the Construction/Society Nexus*, Danish Building Research Institute Aalborg University, 13-15 April 2011, Copenhagen

- 121 Davies, R., and Harty, C., *Building information modelling as innovation journey: BIM experiences on a major UK healthcare infrastructure project*, articolo pubblicato in *6th Nordic Conference on Construction Economics and Organisation – Shaping the Construction/Society Nexus*, Danish Building Research Institute Aalborg University, 13–15 April 2011, Copenhagen
- 122 Disponibile su [www.consensusdocs.org/Catalog/collaborative](http://www.consensusdocs.org/Catalog/collaborative)
- 123 Construction Industry Council, *Building information model (BIM) protocol* (1st edition), CIC, Londra, 2013, [www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2013/02/The-BIM-Protocol.pdf](http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2013/02/The-BIM-Protocol.pdf)
- 124 Disponibile su [www.aia.org/contractdocs/AIAB095713](http://www.aia.org/contractdocs/AIAB095713)
- 125 BCA, *Singapore BIM guide: version 2*, BCA, Singapore, 2013, [www.corenet.gov.sg/integrated\\_submission/bim/BIM/Singapore%20BIM%20Guide\\_V2.pdf](http://www.corenet.gov.sg/integrated_submission/bim/BIM/Singapore%20BIM%20Guide_V2.pdf)
- 126 Disponibile su [www.consensusdocs.org/Catalog/collaborative](http://www.consensusdocs.org/Catalog/collaborative)
- 127 BSI, PAS 1192-2:2013, *Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*, BSI, Londra, 2013
- 128 Designing Buildings Wiki, *Building information modelling*, 2014, [www.designingbuildings.co.uk/wiki/Building\\_Information\\_Modelling](http://www.designingbuildings.co.uk/wiki/Building_Information_Modelling)
- 129 Richards, M., *Building information management: A standard framework and guide to BS 1192*, BSI Standards, Londra, 2010 (ISBN 978 0 580 70870 1)
- 130 Richards, M., *Building information management: A standard framework and guide to BS 1192*, BSI Standards, Londra, 2010 (ISBN 978 0 580 70870 1)
- 131 Project Management Institute, *Project management body of knowledge* (5th edition), Project Management Institute, 2013 (ISBN 978 1 903 49413 4)
- 132 BSI, PAS 1192-2:2013, *Specification for information management for the capital/delivery phase of construction projects using building information modelling*, BSI, Londra, 2013
- 133 BIM Working Party, *A report for the government construction client group*, 2011, [www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/BIS-BIM-strategy-Report.pdf](http://www.bimtaskgroup.org/wp-content/uploads/2012/03/BIS-BIM-strategy-Report.pdf)
- 134 Eastman, C., et al, *BIM handbook: A guide to building information modeling for owners, managers, designers, engineers and contractors* (2nd edition), John Wiley and Sons, Londra, 2011 (ISBN 978 0 470 54137 1)
- 135 BCA, *BIM essential guide for MEP consultants*, BCA, Singapore, 2013, [www.corenet.gov.sg/integrated\\_submission/bim/BIM/Essential%20Guide%20MEP.pdf](http://www.corenet.gov.sg/integrated_submission/bim/BIM/Essential%20Guide%20MEP.pdf)
- 136 RICS, *How can building information modelling (BIM) support the new rules of measurement (NRM1)?*, RICS Research report, 2014, [www.rics.org/Global/BIM\\_NRM1\\_310114\\_dwl\\_aj.pdf](http://www.rics.org/Global/BIM_NRM1_310114_dwl_aj.pdf)
- 137 BIM Task Group, [www.bimtaskgroup.org/](http://www.bimtaskgroup.org/)
- 138 Sawhney, A., *Status of BIM adoption and outlook in India*, Research report, RICS School of Built Environment, Amity University, 2014, [http://ricsbe.org/RICSINDIA/media/rics/News/RICS-SBE-Research\\_State-of-BIM-Adoption.pdf](http://ricsbe.org/RICSINDIA/media/rics/News/RICS-SBE-Research_State-of-BIM-Adoption.pdf)
- 139 Sawhney, A., *Status of BIM adoption and outlook in India*, Research report, RICS School of Built Environment, Amity University, 2014, [http://ricsbe.org/RICSINDIA/media/rics/News/RICS-SBE-Research\\_State-of-BIM-Adoption.pdf](http://ricsbe.org/RICSINDIA/media/rics/News/RICS-SBE-Research_State-of-BIM-Adoption.pdf)