



**Politecnico
di Torino**

Politecnico di Torino

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Civile

A.a. 2022/2023

Sessione di Laurea Aprile 2023

L'adozione del BIM in un'impresa operante nel settore idraulico

Definizioni, analisi e costi per l'implementazione della metodologia

Relatore:

Prof.ssa Anna Osello

Co-relatori:

Dott. Ing. Nicola Rimella

Ing. Dorian Gazulli

Candidato:

Mattia Fea

*A mia moglie Chiara,
presenza costante e paziente,
per il supporto nei momenti difficili e
per non avermi mai fatto pesare i sacrifici affrontati.*

Abstract

Con questo elaborato si vogliono analizzare le fasi e i costi che permettono, ad un'impresa che realizza impianti idraulici (civili ed industriali), di adottare la metodologia denominata Building Information Modeling (BIM) definendo, in linea teorica e pratica, le modalità con cui l'azienda ha intenzione di gestire tale processo.

Come ben noto il D.M. 560/2017, aggiornato con il nuovo D.M. 312/2021, indica chiaramente le tempistiche entro cui si impone l'utilizzo del BIM come metodologia di lavoro sia per la progettazione che per l'esecuzione. Anche un'azienda di costruzione diventerà parte del processo BIM durante la restituzione degli elaborati As-Built dopo l'installazione di uno o più impianti presso un cantiere.

L'organizzazione del documento prevede una prima parte di indagine sullo stato dell'arte della metodologia BIM ed una seconda parte in cui si applicheranno, a livello teorico, i principi che portano all'adozione della metodologia sul reparto tecnico dell'azienda. L'obiettivo è analizzare i costi che occorre sostenere per portare l'ufficio ad essere in grado di produrre i documenti richiesti dalle Committenti.

Abstract

With this paper we want to analyze the phases and costs that allow a company that builds plumbing systems (civil and industrial) to adopt the methodology called Building Information Modeling (BIM) by defining, in theory and practice, the ways in which the company plans to manage that process.

As well known, the D.M. 560/2017, updated with the new D.M. 312/2021, clearly indicates the timing within which the use of BIM is required as a working methodology for both design and execution. Even a construction company will become part of the BIM process during the return of the As-Built documents after the installation of one or more systems at a construction site.

The organization of the document includes a first part of an investigation into the state of the art of the BIM methodology and a second part in which the principles that lead to the adoption of the methodology on the company's technical department will be applied at a theoretical level. The objective is to analyze the costs that must be incurred to bring the office to be able to produce the documents requested by the Clients.

Sommario

Abstract	1
Introduzione	3
1. Stato dell'arte	5
1.1. Cos'è il BIM.....	5
1.2. Il BIM e le sue Dimensioni	6
1.2.1. Il Bim oggi: 7D	7
1.2.2. Il BIM domani: nD	9
1.3. L'evoluzione della normativa in materia BIM.....	11
1.3.1. "La strategia BIM" e le norme PAS 1192 nel Regno Unito.....	15
1.3.2. La Direttiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo	18
1.3.3. La normativa nazionale: dal D.Lgs 50/2016 al D.M. 560/2017 ed al D.M. 312/2021.....	20
1.3.4. La norma tecnica: UNI 11337	23
1.4. IFC: la chiave dell'interoperabilità.....	28
1.5. Livelli di sviluppo e di dettaglio (LOD)	33
2. Processo di adozione: il caso studio.....	38
2.1. L'attuale pratica aziendale.....	40
2.2. Adozione della metodologia BIM.....	41
2.2.1. Definizione obiettivi perseguiti.....	42
2.3. Figure aziendali coinvolte – Team di lavoro.....	44
2.4. Definizione strumenti di lavoro.....	47
2.4.1. Software.....	47
2.4.2. Hardware	49
2.5. ACDat – Ambiente di condivisione dati.....	51
2.5.1. Sistema di condivisione: Collaborative BIM Data Sharing .	51
2.5.2. Data management approach.....	52

2.5.3.	Common Data Environment (CDE) o Ambiente di Condivisione Dati (ACDat).....	53
2.5.4.	Definizione CDE aziendale.....	59
2.6.	Formazione	60
2.6.1.	Introduzione al BIM	61
2.6.2.	Corso Autodesk Revit BASE	62
2.6.3.	Corso Autodesk Revit MEP.....	63
2.7.	Tutoraggio su caso studio	64
2.7.1.	Processo di produzione: modellazione BIM dell'impianto	64
2.7.2.	Definizione Tutor aziendale	81
3.	Analisi costi/benefici adozione metodologia BIM.....	82
3.1.	Costo indiretto corsi formazione	84
3.2.	Costo indiretto tutoraggio.....	85
3.2.1.	Costo orario aziendale	85
3.2.2.	Fattore di produzione (f_{PROD}) durante il tutoraggio	88
3.2.3.	Costo giornaliero aziendale	92
3.2.4.	Costo cumulativo annuale.....	95
3.3.	Benefici attesi dopo tutoraggio.....	97
3.3.1.	Valutazione F_{PROD} dopo il tutoraggio	100
3.3.2.	Beneficio giornaliero aziendale.....	102
3.3.3.	Beneficio cumulativo aziendale	104
3.4.	Tempo di ritorno dell'investimento	105
4.	Conclusioni	110
5.	Sviluppi futuri	117
	Ringraziamenti.....	119
	Riferimenti.....	120
	Indice delle Figure	125

Introduzione

Il Building Information Modeling (BIM) rappresenta l'ultima frontiera della progettazione ed è una metodologia di lavoro che permette di efficientare tutta la filiera che compone l'ambiente delle costruzioni (progettazione, realizzazione, demolizione, ecc...) grazie all'analisi di un modello virtuale dell'edificio contenente le informazioni di progetto utili allo scopo che si vuole raggiungere; tale modello contiene informazioni dimensionali e parametri funzionali di ogni elemento, più o meno dettagliate, a seconda del livello di dettaglio o sviluppo (LOD) definito. Un concetto fondamentale è rappresentato dall'interoperabilità, intesa come scambio di informazioni e dati di progetto tra professionisti e piattaforme software.

Ciò che viene proposto non rappresenta solo un cambiamento tecnologico ma anche, e soprattutto, metodologico che ristrutturava integralmente quelli che sono gli attuali metodi utilizzati dall'ambiente dell'AEC Construction. Utilizzando dati creati nel periodo di esistenza dell'opera sin dalla progettazione preliminare si garantiscono maggiore coordinamento ed efficienza tra tutti gli operatori coinvolti, fino alla gestione e manutenzione del bene.

Ed è proprio in quest'ottica che, anche all'interno di un'impresa operante nel settore idraulico civile ed industriale, i vantaggi legati all'introduzione di questa metodologia sono immediatamente tangibili.

Grazie all'utilizzo di modelli 3D più dettagliati ed affini all'opera che verrà realizzata è possibile prevedere con molta più accuratezza quelli che saranno i tracciati delle condotte o il posizionamento degli strumenti che si rendono necessari, evitando così inutili spese di approvvigionamento e riducendo, o addirittura eliminando, i tempi "morti" dovuti ad esempio all'approvvigionamento dei materiali. Oltre alla fase di realizzazione vi è la fase di gestione, un aspetto troppo spesso trascurato, ma che, grazie al BIM, è possibile implementare a priori al fine di pianificare gli interventi di manutenzione ordinaria (pulizia filtri, verniciatura tubazioni, verifica protezione catodica, ecc..). Utilizzando questa metodologia è dunque possibile stimare con accuratezza quelli che saranno i costi di costruzione, di gestione, finanche quelli di un'eventuale demolizione.

L'adozione di questo processo all'interno di un'impresa di costruzione comporta un considerevole investimento iniziale per quanto riguarda software, formazione, impostazione dei work-flow, ecc., ma soprattutto in termini di mancata produzione nelle fasi iniziali dell'apprendimento. Questo elaborato ha lo scopo di illustrare gli step da seguire al fine di introdurre correttamente questa metodologia all'interno dell'azienda affinché l'ufficio tecnico interno sia in grado di produrre quanto richiesto dalle Committenti.

1. Stato dell'arte

1.1. Cos'è il BIM

In un mondo sempre più interconnesso e digitale, dove la tecnologia avanza e le costruzioni presentano una sempre maggior complessità, la filosofia di base per poter snellire il processo di progettazione e realizzazione, semplificandolo e riducendo la probabilità di errore, è rappresentata dal BIM (Building Information Modeling). Si tratta dunque di una nuova metodologia di lavoro che consente, attraverso l'ausilio di software appositamente sviluppati, di produrre una modellazione dell'oggetto (sia esso un edificio, un'infrastruttura, un impianto tecnologico o qualunque manufatto complesso) attribuendo agli elementi che lo compongono un contenuto informativo.

"Il vero cambio di paradigma, quindi, non è nell'inserimento nel processo di strumenti digitali ma nell'uso di strumenti innovativi che modifichino il tradizionale veicolo informativo di filiera. Da veicolo di mera rappresentazione a veicolo di virtualizzazione (UNI, 2017a), sia nella realtà (rilievo), sia delle idee (progetto). Da un sistema ad elaborati (digitali o meno che siano) nell'approccio "BIM" si passa a un sistema a Modelli informativi (UNI, 2017a). Il modello, nel processo delle costruzioni, come nella matematica, è una astrazione virtuale che simula la realtà, esistente (immobile costruito) o futura (progetto)." (Pavan, Mirarchi, & Giani, BIM: METODI E STRUMENTI Progettare, costruire e gestire nell'era digitale, 2017)

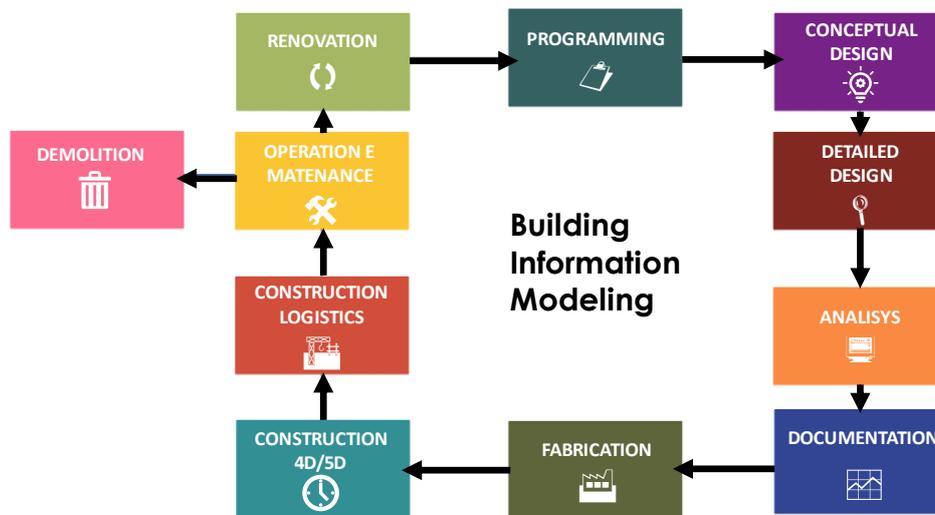


Figura 1.1 BIM: Building Information Modeling

Il fatto che, ad esempio, il progettista architettonico anziché disegnare una finestra in 2D (utilizzando la simbologia convenzionale), rappresenti la stessa in 3D inserendo anche le caratteristiche fisiche e funzionali, fa sì che l'ingegnere energetico o l'ingegnere impiantista possa sviluppare quanto di sua competenza, utilizzando lo stesso elemento inserito in precedenza, implementando quello stesso database e riducendo così al minimo la probabilità di errore durante il trasferimento delle informazioni da un soggetto ad un altro.

1.2. Il BIM e le sue Dimensioni

Lo scopo principale di questo processo di programmazione e progettazione è quello di ottimizzare le varie fasi che compongono la costruzione, la gestione e anche la demolizione del manufatto. Tutto ciò è possibile grazie al fatto che, il BIM, non è semplicemente un modello 3D,

ma una metodologia che richiede un modello digitale dell'opera tridimensionale in cui vi è la parametrizzazione di tutti gli elementi che compongono l'oggetto (pilastri, travi, controsoffittature, ecc..). Si ottiene dunque un prodotto che non si limita a rappresentare gli aspetti geometrici di un oggetto, ma un elaborato che è in grado di fornire informazioni relativamente alla costruzione, alla gestione ed eventualmente alla demolizione del bene.

“Le dimensioni del BIM identificano pertanto i significati attribuiti alle singole attività di un processo di pianificazione più vasto, strettamente interconnesse e capaci di realizzare quel comparto di informazioni completo, dettagliato e univocamente referenziato, che è sempre stato passibile di lacune e indeterminazioni nei processi operativi tradizionali.”
(Ferrara & Feligioni, 2016)

1.2.1. Il Bim oggi: 7D

Le 7 dimensioni del BIM



Figura 1.2 Le 7 Dimensioni del BIM

Le stesse norme tecniche UNI 11337 trattano questa caratteristica implicita alla metodologia, definendo le dimensioni come:

- 3D Modellazione tridimensionale: utilizzando il "classico" modello 3D dell'edificio, è possibile sviluppare accuratamente gli ingombri e le posizioni degli elementi, in modo tale da ridurre la probabilità di errore di posizionamento degli elementi che tipicamente viene riscontrata con la progettazione 2D. Questo approccio consente di poter estrapolare comunque le tavole 2D che si rendono necessarie e di "fotografare" l'edificio durante le fasi di sviluppo o gestione.
- 4D Gestione temporale: questa dimensione determina lo sviluppo del cosiddetto "cronoprogramma delle lavorazioni", e permette di preventivare, analizzare e ridurre al minimo le possibili interferenze che si possono creare durante la realizzazione dell'opera. Essendo un lavoro "a priori", è possibile analizzare l'ordine cronologico ed il momento in cui eseguire una determinata lavorazione, per poter così ridurre i tempi di costruzione della stessa.
- 5D Gestione economica: avendo sviluppato il 3D (modello dell'edificio) ed il 4D (sviluppo temporale dell'opera), si può dunque risalire all'andamento dei costi nel tempo. Questo consente di presentare alla Committenza una previsione circa i tempi in cui dovranno essere stanziati i fondi necessari all'esecuzione dell'opera e le modalità con cui dovranno essere elargiti.
- 6D Ciclo di vita e manutenzione: avendo parametrizzato i vari componenti che costituiscono l'edificio, è possibile ricavare anche

un cronoprogramma che permette di ottimizzare la gestione e gli interventi di manutenzione che si renderanno necessari (i tempi e le modalità relativi alla manutenzione ordinaria di un componente sono indicati dal produttore fin dall'atto di vendita dello stesso).

- 7D Sostenibilità: per sostenibilità non si intende unicamente l'impatto di ciò che verrà realizzato sull'ambiente, bensì l'impatto economico e l'impatto sociale. Poter valutare questi aspetti fin dalla fase di progettazione permette ai professionisti incaricati di adottare gli opportuni accorgimenti riguardo queste tempistiche e risolvere le criticità ove presenti.

1.2.2. Il BIM domani: nD

Quelle sopra riportate sono, ad ora, le 7 Dimensioni ufficialmente riconosciute ma, essendo questa metodologia innovativa ed in continua evoluzione, è già stato aperto un dibattito per l'ampliamento delle stesse.

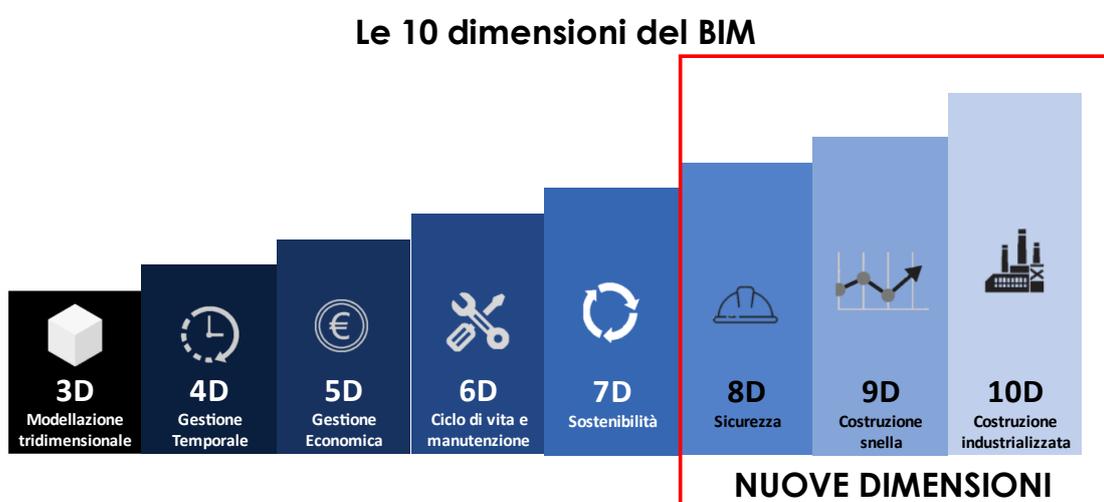


Figura 1.3 Le 10 Dimensioni del BIM

Le nuove dimensioni introdotte riguardano:

- 8D Sicurezza: allo stato dell'arte, mediante appositi strumenti, è possibile "muoversi" all'interno del cantiere prima ancora del suo allestimento. In un determinato istante durante la realizzazione dell'opera, si è in grado infatti di offrire una sua visione 3D virtuale. Questo permette di valutare le interferenze o prevedere possibili situazioni di pericolo che si possono generare e fa in modo che si adottino a priori i dovuti accorgimenti prima che si riscontrino nelle condizioni reali.
- 9D Costruzione snella (lean construction): in questa dimensione si vanno ad analizzare ed ottimizzare le attività che si andranno a svolgere in modo da rimuovere quelle ripetute che non incrementano il valore dell'opera, ma che dilatano i tempi di realizzazione con conseguente aumento dei costi (un esempio può essere l'approvvigionamento dei materiali, in particolare modo l'epoca in cui vengono effettuati gli ordini di materiale, deve tener conto dei tempi di consegna, al fine di non causare fermi cantiere).
- 10D Costruzione industrializzata: l'obiettivo di questa dimensione è quello di "industrializzare" il processo edile in modo tale da aumentare la produttività del cantiere sfruttando le nuove tecnologie e l'integrazione di dati fisici, commerciali, ambientali o di tipo logistico.

Queste 3 ulteriori dimensioni del BIM sono attualmente in una fase di dibattito tra gli esperti in materia e probabilmente non ci si fermerà ad

esse. Rimangono molti altri aspetti non contemplati in questa fase di modellazione che potrebbero efficientare il processo di realizzazione di una costruzione e, come scritto da A. Tiveron:

“Ci si deve attivare perché la definizione dei requisiti informativi, tempi, costi, efficienza e sostenibilità sia espressa per ciascuna delle fasi. Inoltre, andrebbe immediatamente inserita, con lo stesso livello di importanza, anche la fase fondamentale della produzione dei fattori produttivi della costruzione. E a questo scopo si dovrà attivare immediatamente ogni intelligenza per immaginare come anche nella costruzione i fattori della produzione potranno appartenere ad un processo di generazione circolare.” (La nuova visione del BIM – l'intervento, 2023)

1.3. L'evoluzione della normativa in materia BIM

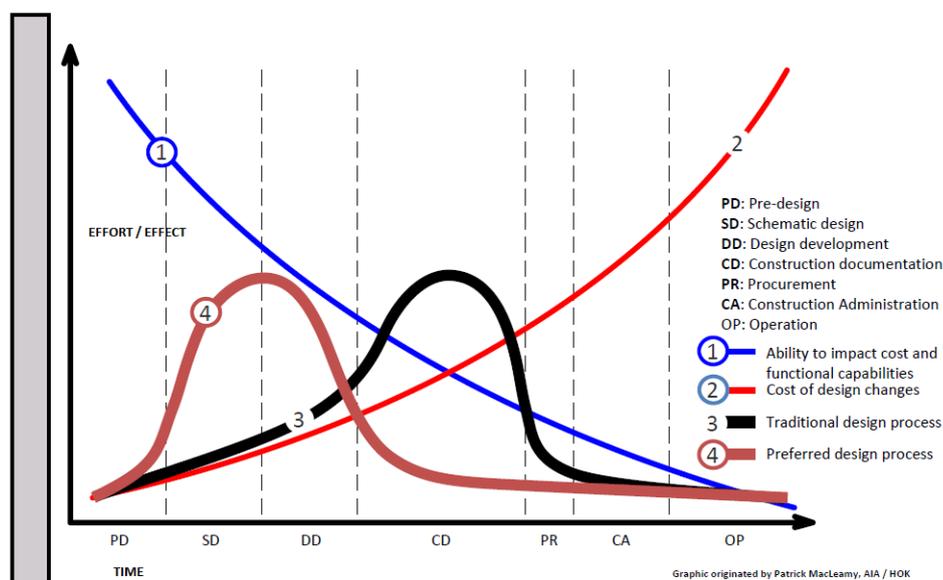


Figura 1.4 Curva di MacLeamy, confronto costi benefici tra progetto integrato e tradizionale

Fonte: <http://ctrl-alt-cad.blogspot.com/2015/08/building-information-modeling.html>

La prima descrizione del BIM inteso come modello virtuale della costruzione venne pubblicata da Charles M. Eastman (una delle massime autorità in materia BIM) nel 1974, dove, nell'abstract della stessa, si legge:

"Many of the costs of design, construction, and building operation derive from the reliance on drawings as the description of record of the building. As a replacement, this paper outlines the design of a computer system useful for storing and manipulating design information at a detail allowing design, construction, and operational analysis. A building is considered as the spatial composition of a set of parts. The system, called Building Description System (BDS) has the following associated with it:

- *a means for easy graphic entering of arbitrarily complex element shapes;*
- *an interactive graphic language for editing and composing element arrangements;*
- *hardcopy graphic capabilities that can produce perspective or orthographic drawings of high quality;*
- *a sort and format capability allowing sorting of the data base by attributes, for example, material type, supplier, or composing a data set for analysis."* (Eastman C. M., 1974)

Con gli strumenti tecnologici disponibili all'epoca, però, non era stata possibile l'applicazione nel campo reale di quanto teorizzato, ed è per questo che passeranno ancora decenni prima che vengano emanate le prime direttive pubbliche che ne regolamentano l'utilizzo, imponendone l'applicazione su determinati progetti. Il mondo dell'AEC (Architecture Engineering Construction) non fu in grado di cogliere immediatamente i

principi di tale modello, infatti, l'utilizzo dei primi software CAD (nella seconda metà degli anni 70), si limitava principalmente alla creazione del disegno digitale anziché cartaceo, capace di offrire un enorme vantaggio in termini di revisione e stampa, ma che non sfruttava ancora a pieno le potenzialità offerte dalla metodologia BIM. Quando, finalmente, si iniziarono ad applicare i principi teorizzati da Eastman nacquero le prime normative per regolamentare ciò che veniva prodotto e presentato all'interno di bandi e appalti.

Il processo normativo in Europa è iniziato nel 2011, nel Regno Unito, con l'indicazione delle linee guida all'introduzione della metodologia, seguito poi nel 2014 dalla Direttiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo, ed infine dalle Normative Italiane che, a partire dal 2016 (prima con il D.Lgs. 50/2016 e successivamente con il D.M. 560/2017), sono state introdotte nel nostro paese.

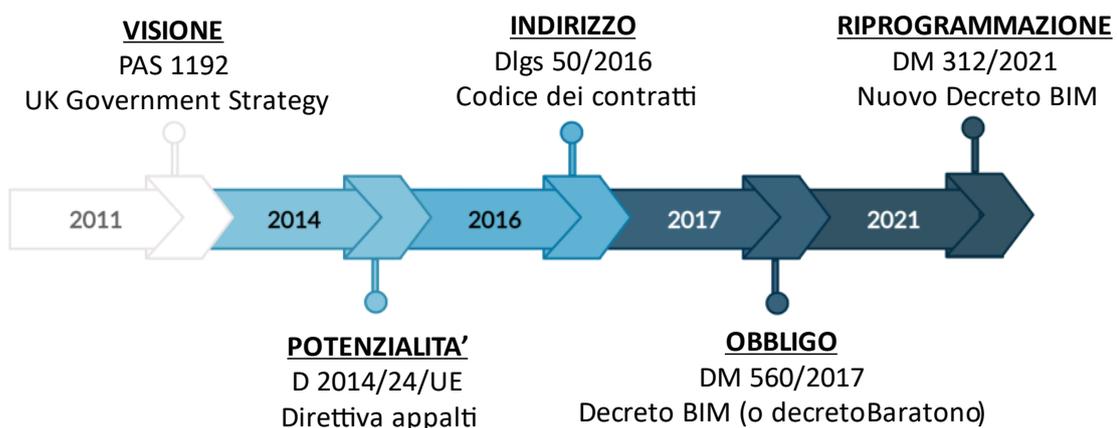


Figura 1.5 Sviluppo delle Normative BIM in Europa

Il contesto normativo, a livello europeo, risulta essere in parte differente a seconda dell'esperienza pregressa dei diversi Paesi in materia di BIM. Molti degli Stati provvisti di normative antecedenti al 2012 hanno

revisionato, programmando i propri standard tra l'anno 2012 e l'anno 2014, molti invece lo stanno facendo tutt'ora. Le esperienze europee hanno dimostrato che la normativa non è il punto di partenza, ma è il punto di arrivo di un processo promosso dallo Stato attraverso le Università, accolto dalla committenza e di cui viene raccolta l'esperienza per tornare al promotore, lo Stato, arricchito di tutti gli elementi che portano alla creazione di linee guida e standard sul piano nazionale. Le modalità maggiormente utilizzate per l'accesso al BIM nei Paesi esteri, prevedono:

- la realizzazione di una piattaforma digitale (Germania);
- la creazione di un task-group su modello del BIM task group britannico;
- lo studio degli esempi esteri (Spagna e Irlanda);
- l'adozione tramite progetto pilota (Francia);
- la delineazione di linee guida e standard nazionali (Paesi Nord Europa).

Quanto accaduto nel Regno Unito è stato di ispirazione ed ha spinto molti paesi Europei ad intraprendere questo percorso di cambiamento; tutto è iniziato nel 2011 quando il governo inglese decise di ammettere il BIM nell'ambito dei bandi pubblici, avendo intuito l'enorme efficientamento del processo che porta alla realizzazione di un'opera, con il conseguente risparmio economico per i fondi pubblici.

1.3.1. “La strategia BIM” e le norme PAS 1192 nel Regno Unito

Il merito dell'introduzione del BIM in Europa si deve riconoscere al Regno Unito (2011), che per primo ha intuito le potenzialità offerte e ne ha imposto l'utilizzo per i progetti finanziati tramite fondi pubblici, per ridurre il più possibile sprechi e costi.

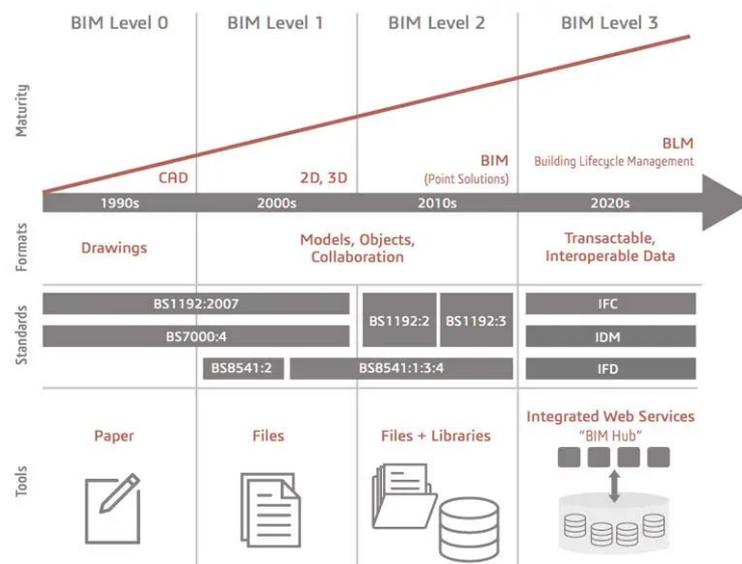


Figura 1.6 PAS 1192 e livelli raggiunti nel Regno Unito

Fonte: <https://www.nemesi.biz/blog/https-www-nemesi-biz-blog-livelli-e-dimensioni-di-maturita-bim/>

Attraverso il BIM Task Group è stata pubblicata “la strategia BIM”, in cui viene definito un piano di incentivi e consulenze volto a chi si occupa di progettazione affinché possa intraprendere un percorso di introduzione al BIM per poterlo poi utilizzare nella prassi ordinaria. Questo si basa su:

- formazione apposita per le figure interessate;
- ritorno economico, incentivi, per chi decide di utilizzare il BIM;

- BIM allegato al bando di gara pubblico;
- pubblicità tra i professionisti, e non, riguardo la tecnica BIM.

Un ulteriore passo avanti, è stato compiuto sempre dal Regno Unito nel 2013, attraverso l'emanazione delle norme PAS 1192, che hanno sancito 4 livelli differenti di utilizzo del BIM nella progettazione ed hanno stabilito i tempi in cui la metodologia dovesse essere resa obbligatoria nella progettazione di edifici.

Questi livelli di "maturità" del BIM corrispondono a:

- Livello 0 o "CAD standardizzato": rappresenta il primo livello di maturità e si configura come un cavalletto digitale senza possibilità di cooperazione con altri utenti; tale condizione si basa su di un apparato standard;
- Livello 1 o "lonely BIM" ("BIM non collaborativo"): questo livello indica una gestione ordinata dei documenti di disegno e prevede l'inserimento di informazioni intrinseche al modello, condivise in maniera informatica, in tempo reale, da tutta l'équipe dello studio o dell'attività in questione. La diffusione all'esterno avviene mediante l'estrazione di documenti e non tramite la condivisione del file sorgente, sulla quale si potrebbe collaborare direttamente con gli altri attori del processo. Tale livello costituisce pertanto un primo step dedicato ad impraticarsi con il metodo all'interno del proprio workflow; purtroppo non viene instaurato un approccio cooperativo con gli altri professionisti della filiera, pertanto non avviene

un'interazione preventiva con chi dovrà prendere in mano la consegna e portarla al livello di sviluppo nella fase successiva;

- Livello 2 o "BIM collaborativo": collaborazione a livello elevato, in cui tutte le figure professionali lavorano in BIM e partecipano alla procedura già dai primi stadi progettuali. La definizione di "collaborativo" nasce dalla modalità di scambio dei dati; i modelli delle diverse discipline vengono trasmessi tramite formati IFC o Cobie, per permettere il loro coordinamento su una piattaforma condivisa, in modo da rivelare eventuali conflitti e incoerenze. In realtà, la condivisione tramite IFC, non è obbligatoria al livello 2, infatti il suo uso rientra nel livello "2i"; affinché il grado di maturità sia definito come livello 2 risultano strettamente necessari:
 - ✓ Strutturazione dati;
 - ✓ Definizione processo;
 - ✓ Definizione di controllo e scambio dati;
 - ✓ Piattaforma di scambio con tutti i collaboratori del progetto.
- Livello 3 o "iBIM" ("BIM condiviso"): A questo livello tutti i professionisti lavorano contemporaneamente su un solo modello su di un server centrale, accessibile dai collaboratori, che possono quindi recepire gli aggiornamenti in tempo reale. In questo livello, tuttavia, subentrano ostacoli relativi alla condivisione del lavoro; una collaborazione totale, infatti, non è esente da problemi di proprietà intellettuale, responsabilità e regolamentazione di accesso,

modifica e salvataggio del modello unico. A questo livello sono necessari contratti specifici per proteggere chiunque faccia parte del partenariato. Pertanto, accordi multi-parte, condivisione di rischi e benefici, assicurazioni specifiche, sono aspetti portanti da valutare nell'adozione dell'iBIM.

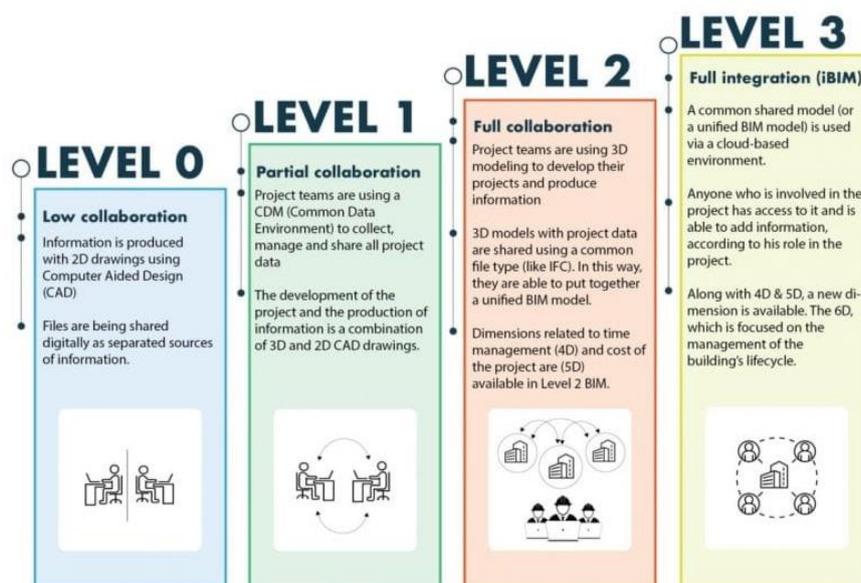


Figura 1.7 I livelli di utilizzo del BIM

Fonte: <https://www.nemesi.biz/blog/https-www-nemesi-biz-blog-livelli-e-dimensioni-di-maturita-bim/>

1.3.2. La Direttiva 2014/24/UE del Parlamento Europeo

Le possibilità offerte dal BIM, messe in luce dal Regno Unito, non sono rimaste inosservate agli occhi dell'Unione Europea, che, qualche anno dopo, con il comma 4 dell'art. 22 della Direttiva 2014/24/UE ha sancito:

“Per gli appalti pubblici di lavori e i concorsi di progettazione, gli Stati membri possono richiedere l'uso di strumenti elettronici specifici, quali gli strumenti di simulazione elettronica per le informazioni edilizie o strumenti analoghi.” (Direttiva 2014/24/UE Art. 22 com. 4, 2014)

Anche se non espressamente citato, il BIM è tra gli strumenti di modellazione e simulazione che permettono di analizzare in maniera più approfondita e coerente quelli che saranno i comportamenti dell'edificio o del manufatto che si intende realizzare. Quello che è ormai chiaro, nell'ottica del legislatore comunitario, è che per poter perseguire gli obiettivi di sviluppo mantenendo comunque ben saldi i principi di "crescita intelligente, sostenibile ed inclusiva" della tecnica Europa 2020, è necessario rimodernare il processo intero dell'AEC sfruttando tutto ciò che la tecnologia attuale può offrire ed incentivando i paesi membri dell'Unione ad investire sulla qualità delle progettazioni relative ai bandi pubblici emanati.

L'applicazione di questa metodologia, oltre ad offrire evidenti vantaggi in termini economici per la realizzazione dell'opera, comporta anche significativi benefici a livello ambientale, basti pensare che:

"Gli edifici dell'UE sono responsabili del 40% del consumo energetico e del 36% delle emissioni di gas a effetto serra, dovute principalmente alla costruzione, all'utilizzo, alla ristrutturazione e alla demolizione. La digitalizzazione dell'edilizia, assieme alle politiche di efficienza energetica, appalti verdi e comunità energetiche mirano ad accelerare il processo di decarbonizzazione dell'economia entro il 2050." (BIM (Building Information Modeling) e appalti pubblici, 2023)

Solo in questo modo gli studi di progettazione saranno stimolati ad investire capitali volti alla formazione del proprio personale con l'intento di poter ottenere quelle simulazioni elettroniche che garantiranno, a parità di offerta realizzativa, di ottenere una miglior classificazione in

un'eventuale gara o bando emanato. Per garantire un corretto accesso a quello che viene proposto dai vari studi di progettazione, da parte di chi determina l'aggiudicazione dell'accordo, una delle richieste presenti nella Direttiva è che la documentazione prodotta, e gli strumenti utilizzati, non siano discriminatori e che utilizzino tecnologie OpenSource.

1.3.3.La normativa nazionale: dal D.Lgs 50/2016 al D.M. 560/2017 ed al D.M. 312/2021

“La progettazione in materia di lavori pubblici si articola, secondo tre livelli di successivi approfondimenti tecnici, in progetto di fattibilità tecnica ed economica, progetto definitivo e progetto esecutivo ed è intesa ad assicurare:

[...]

h) la razionalizzazione delle attività di progettazione e delle connesse verifiche attraverso il progressivo uso di metodi e strumenti elettronici specifici quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture;

[...]” (D.Lgs. 18 aprile 2016 n. 50/2016 Art. 23 com. 1, 2016)

È con il Decreto Legislativo del 18 Aprile 2016, detto anche “Codice dei contratti pubblici”, che il BIM entra a far parte della Normativa italiana, anche se, nuovamente, si parla di utilizzo di mezzi elettronici particolari di modellazione. In esso inoltre sono già presenti quelli che sono i cardini di questa nuova metodologia che si sta sviluppando, ovvero l'utilizzo di formati aperti, non proprietari, nonché l'interoperabilità fra i diversi

progettisti che prendono parte al processo; infatti, sempre all'Art. 23 al comma 13 si stabilisce:

“Le stazioni appaltanti possono richiedere per le nuove opere nonché per interventi di recupero, riqualificazione o varianti, prioritariamente per i lavori complessi, l’uso dei metodi e strumenti elettronici specifici di cui al comma 1, lettera h). Tali strumenti utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, al fine di non limitare la concorrenza tra i fornitori di tecnologie e il coinvolgimento di specifiche progettualità tra i progettisti. L’uso dei metodi e strumenti elettronici può essere richiesto soltanto dalle stazioni appaltanti dotate di personale adeguatamente formato.” (D.Lgs. 18 aprile 2016 n. 50/2016 Art. 23 com. 13, 2016)

Solo nel 2017 viene definitivamente sancito l’obbligo di immissione del BIM nei bandi emanati dalla pubblica amministrazione; in particolare, in attuazione al Decreto Legislativo del 2016, viene emanato il Decreto Ministeriale n. 560 del 2017 (conosciuto appunto come Decreto BIM) che riporta:

“Le stazioni appaltanti richiedono, in via obbligatoria, l’uso dei metodi e degli strumenti elettronici di cui all’articolo 23, comma 1, lettera h), del codice dei contratti pubblici secondo la seguente tempistica:

- a) per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 100 milioni di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2019;*
- b) per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 50 milioni di euro a decorrere dal 1° gennaio 2020;*
- c) per i lavori complessi relativi a opere di importo a base di gara pari o superiore a 15 milioni di euro a decorrere dal 1° gennaio 2021;*

- d) per le opere di importo a base di gara pari o superiore alla soglia di cui all'articolo 35 del codice dei contratti pubblici, a decorrere dal 1° gennaio 2022;
- e) per le opere di importo a base di gara pari o superiore a 1 milione di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2023;
- f) per le opere di importo a base di gara inferiore a 1 milione di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2025. (D.M. 560/2017 art. 6, 2017)

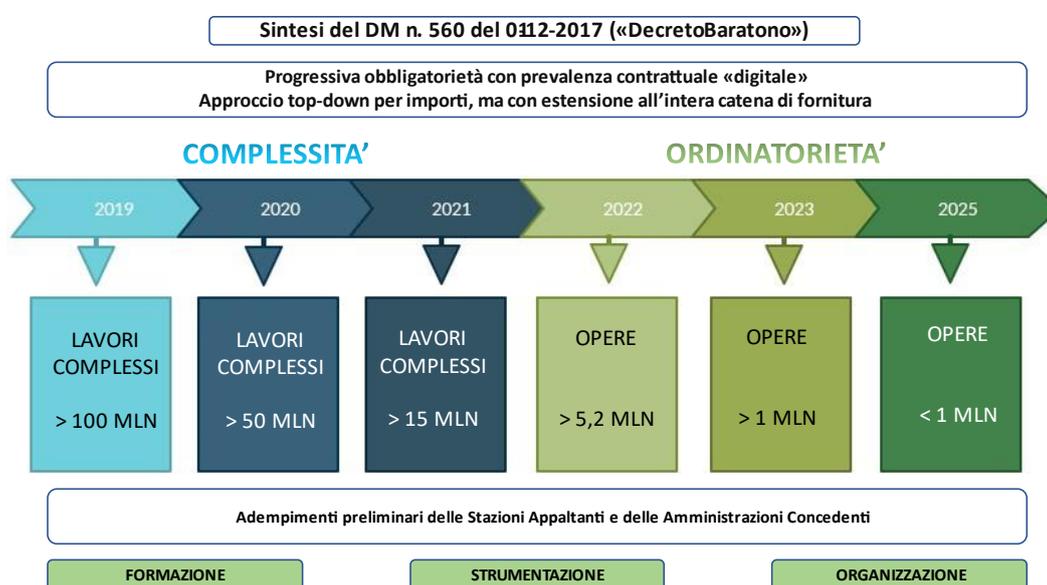


Figura 1.8 Tappe introduzione BIM secondo D.M. 560/2017

Le scadenze previste da questo Decreto sono state tuttavia riviste per far fronte a quelle che sono le reali criticità che si sono venute a creare in determinate stazioni appaltanti e per sopperire al rallentamento nell'introduzione dell'innovazione legato all'emergenza sanitaria da COVID-19. In particolare, l'Art. 1 Comma 1 cita:

"1. Al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti 1° dicembre 2017, n. 560 sono apportate le seguenti modificazioni:

[...]

e) all'articolo 6, comma 1, le lettere d), e), f) sono sostituite dalle seguenti:

"d) per le opere di nuova costruzione ed interventi su costruzioni esistenti, fatta eccezione per le opere di ordinaria manutenzione di importo a base di gara pari o superiore a 15 milioni di euro a decorrere dal 1° gennaio 2022;

e) per le opere di nuova costruzione, ed interventi su costruzioni esistenti, fatta eccezione per le opere di ordinaria e straordinaria manutenzione di importo a base di gara pari o superiore alla soglia di cui all'articolo 35 del codice dei contratti pubblici a decorrere dal 1° gennaio 2023;

f) per le opere di nuova costruzione, ed interventi su costruzioni esistenti, fatta eccezione per le opere di ordinaria e straordinaria manutenzione di importo a base di gara pari o superiore a 1 milione di euro, a decorrere dal 1° gennaio 2025."

[...]" (D.M. 312/2021 art. 1, 2021)

1.3.4. La norma tecnica: UNI 11337

Anche se sopraggiunta per ultima, la UNI EN ISO 19650:2019, si pone come la "madre" di tutte le norme tecniche nazionali e/o internazionali, dettando le linee guida e le indicazioni al fine di uniformare quelli che sono gli standard utilizzati nella pratica attuale, da questa nascono poi quelle che sono le norme tecniche. Il contesto italiano, in questo senso, risente molto dell'influenza della normativa europea, in particolare di quella britannica sulla base della quale è stata redatta la norma tecnica UNI 11337 "Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni BIM". Tale

norma ha lo scopo di favorire la procedura di trasformazione digitale nel campo delle costruzioni e si compone di dieci sezioni, di cui attualmente, solamente sei disponibili; di seguito le sezioni suddivise per tematiche:

- Prima sezione: *“Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi”* (UNI 11377-1, 2017);
- Seconda sezione: *“Flussi informativi e processi decisionali nella gestione delle informazioni da parte della committenza”* (UNI 11377-2, 2021);
- Terza sezione: non ancora pubblicata, sarà riferita alla categorizzazione e documentazione informativi degli elementi;
- Quarta sezione: *“Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti”* (UNI 11377-4, 2017);
- Quinta sezione: *“Flussi informativi nei processi digitalizzati”* (UNI 11377-5, 2017);
- Sesta sezione: *“Linea guida per la redazione del capitolato informativo”* (UNI 11377-6, 2017);
- Settima sezione: *“Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa”* (UNI 11377-7, 2018);
- Ottava sezione: non ancora pubblicata, che tratterà di Information e Project Management;
- Nona sezione: non ancora pubblicata, che sarà riferita alla documentazione del costruito;

- Decima sezione: non ancora pubblicata, incentrata sul controllo gestionale.

Per quanto riguarda le parti già pubblicate, al fine di fornire un quadro generale sugli argomenti trattati, si può riassumere che:

- Nella parte I: viene definita la struttura della procedura informativa delle costruzioni, che riguarda gli aspetti intangibili delle opere (e dei complessi di opere) legate alle attività ed ai fattori produttivi a queste collegate con riferimento a: risorse umane, attrezzature e prodotti (componenti).

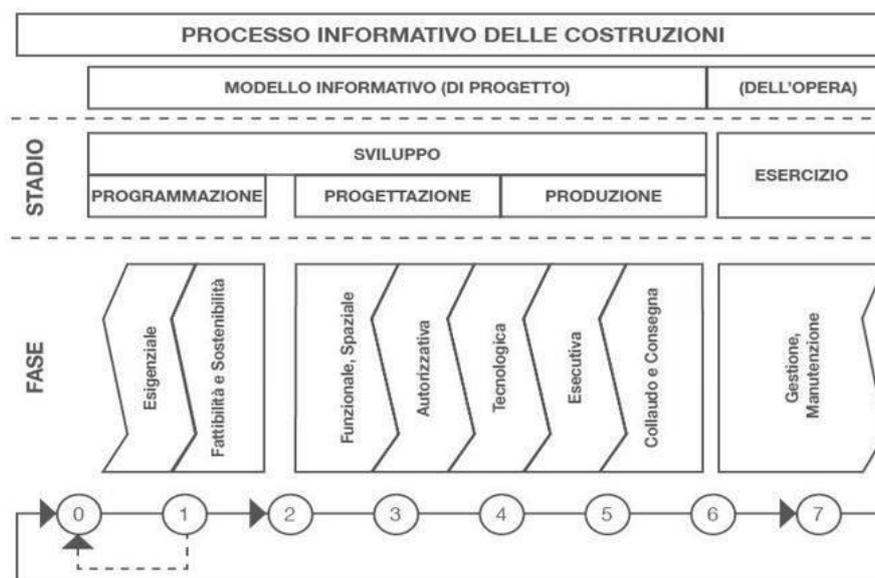


Figura 1.9 Il processo informativo delle costruzioni

Fonte: UNI 11337-1

La **Figura 1.9 Il processo informativo delle costruzioni** presenta l'evoluzione del modello informativo di progetto e, successivamente, dell'opera; il processo delle costruzioni può essere, pertanto, schematizzato secondo una struttura gerarchica costituita da

quattro stadi che, a loro volta, si articolano in otto fasi. Le varie tappe della procedura informativa non hanno un diretto contatto con i gradi della fase di programmazione in base al quadro giuridico delle opere pubbliche; la normativa però, suggerisce che i livelli di progettazione, identificati dalla normativa vigente, possano essere compresi all'interno di questo processo informativo digitale.

- Nella parte 2: vengono regolamentati quelli che sono i flussi informativi e le procedure circa le decisioni che possono essere prese dalla committenza, sia essa pubblica o privata. Queste procedure non tengono conto solamente della fase di progettazione e realizzazione dell'opera, ma dell'intero ciclo vita del bene, quindi anche della manutenzione ed eventualmente della demolizione.
- Nella parte 4: ci si concentra sull'evoluzione informativa e sull'uso dei modelli, che definiscono il livello di sviluppo (LOD) necessari per ciascun oggetto che li compone, in funzione degli stadi e delle fasi di evoluzione del processo. Dopo aver definito una scala generale dei LOD dei diversi ambiti (edifici ed interventi di nuova realizzazione, restauro, interventi territoriali e infrastrutture, ecc...) sono riportati esempi specifici di componenti del modello nelle loro declinazioni di LOD partendo da un basso contenuto informativo per arrivare ad un LOD specifico per la fase di manutenzione e gestione, contenente informazioni sulla tipologia di intervento di manutenzione, sul soggetto manutentore ecc.

- Nella parte 5: sono definiti i ruoli e i requisiti necessari a garantire il corretto flusso delle informazioni considerando, inoltre, la loro unione nelle procedure di costruzione digitalizzata. Tali requisiti sono definiti all'interno di tre documenti: Capitolato Informativo (CI), Offerta per la gestione informativa (oGI) e Piano per la gestione informativa (pGI). Successivamente la norma focalizza l'attenzione sulla gestione dei contenuti informativi di cui sono stati definiti i requisiti, introducendo la gestione degli standard grafici attraverso il loro coordinamento, l'analisi delle interferenze geometriche e delle incoerenze informative nonché la verifica dei loro contenuti; l'insieme dei dati, creati secondo le regole stabilite precedentemente, devono essere collocate in un ambiente condiviso di raccolta e gestione organizzata di dati.
- Nella parte 6: vengono presentate le linee guida per la redazione del Capitolato Informativo, dando direttive di procedura ed un disegno dei contenuti richiesti in questo documento.
- Nella parte 7: viene configurata e riconosciuta la figura professionale dell'esperto BIM e se ne certifica le capacità. Questa certificazione attribuisce al professionista capacità e responsabilità che possono essere considerate valide anche in termini giuridici.

1.4. IFC: la chiave dell'interoperabilità

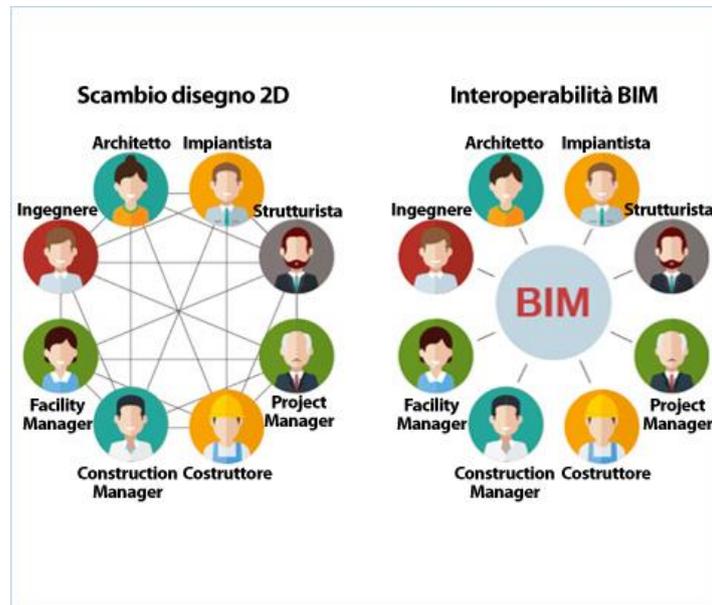


Figura 1.10 Interoperabilità del BIM

Fonte: <https://www.smartbuildingitalia.it/wp-content/uploads/2018/12/BIM-BMS-Pasquale-lacovone-.jpg>

Finora si è parlato di BIM fino al 10D, ma in un'ottica di miglioramento continuo, si può pensare di ottenere n-Dimensioni, ciascuna per ogni aspetto riguardante l'opera. Occorre fornire, a ciascun professionista interessato, la chiave per poter usufruire dell'unico modello che viene prodotto ovvero l'interoperabilità tra i vari strumenti software utilizzati.

"L'interoperabilità è dunque il requisito essenziale perché in un numero crescente di progetti il BIM venga effettivamente impiegato come metodologia e non solo come building information model semplificato per l'utilizzo durante la fase di progettazione. Lo scambio automatico dei modelli e di altri dati tra diverse piattaforme software è uno dei principali cambiamenti richiesti all'industria delle costruzioni per una completa

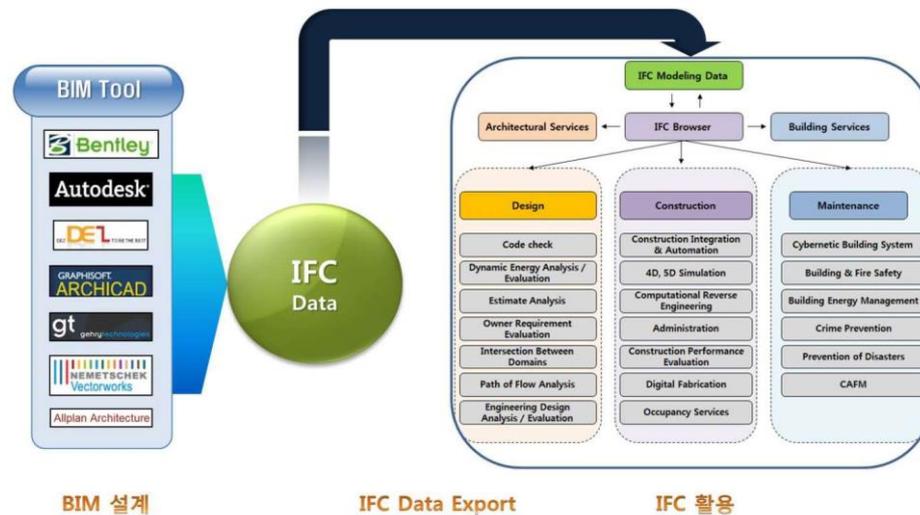
*integrazione e collaborazione tra i diversi attori del processo edilizio”
(Osello, 2012)*

L'interoperabilità è uno dei requisiti fondamentali per l'adozione della metodologia BIM; rappresenta la capacità di un sistema di scambiare dati con altri sistemi e, pertanto, l'opportunità di scambiare le informazioni tra i diversi attori del processo, portando inevitabilmente alla necessità di garantire l'efficienza dello scambio di dati e modelli tra diverse piattaforme software. Per definire, in maniera dettagliata, lo scambio delle informazioni è necessario stabilire standard tecnici. Ciò permette di instaurare una completa collaborazione e integrazione tra le diverse competenze. Il flusso di lavoro è organizzato secondo una struttura di scambio basata su specifici formati file; se inizialmente l'interoperabilità ha fatto riferimento a formati di scambio limitati all'esportazione/importazione della geometria, come ad esempio il formato DXF (Drawing eXchange Format), ora l'obiettivo è di realizzare un workflow openBIM, ovvero, un approccio universale alla progettazione collaborativa basato sull'utilizzo di standards e formati non proprietari. L'interoperabilità permette, pertanto, di selezionare i dati necessari per lo sviluppo di determinati approfondimenti disciplinari e per la loro estrazione dal database.

L'interoperabilità tra le diverse piattaforme software è garantita attraverso l'utilizzo di diversi formati. Ogni formato garantisce un diverso livello di sicurezza del trasferimento del dato; una prima semplice operazione di interoperabilità è la stampa in formato pdf: stampando un documento o un disegno in pdf si sceglie di esportare un file dal formato

nativo per rendere il documento o il disegno consultabile da tutti, accettando il compromesso di perdere parte delle informazioni e la possibilità di modifica diretta. Nel concetto di interoperabilità è necessario introdurre due designazioni fondamentali: la definizione di formato comune e di formato di interscambio. Il formato comune è quello che normalmente viene utilizzato come formato di interoperabilità e che può essere aperto, open-source, oppure proprietario; il concetto di formato di interscambio è invece strettamente legato all'esportazione, per cui nessun software utilizza quei formati come estensione per i propri documenti nativi; i formati PDF e DXF, ad esempio, sono, allo stesso tempo, formati aperti, le cui specifiche sono state pubblicate, e di interscambio, perché creati appositamente per lo scambio di informazioni tra piattaforme.

Nella procedura di importazione/esportazione bisogna sempre considerare una percentuale di perdita di dati; in base al formato di interscambio utilizzato la perdita può essere più o meno importante e può riguardare dati alfanumerici o geometrici. In una scala di performance di interoperabilità, si trovano, in fondo, i formati di scambio per i DWG, come il DXF, e i formati di importazione/esportazione esclusivamente legati alle geometrie, come l'FBX (Filmbox). Ci sono poi formati, come il gbXML (Green Building XML) che sono performanti per particolari simulazioni; il formato gbXML è utile per le simulazioni energetiche, in quanto, nella procedura di esportazione di un modello realizzato con un software parametrico, mantiene sia la geometria degli elementi sia i parametri legati alle proprietà termiche e fisiche dei materiali associati agli elementi.



BIM 설계

IFC Data Export

IFC 활용

Figura 1.11 IFC: interoperabilità tra diverse piattaforme software

Fonte: <https://www.01building.it/bim/il-formato-ifc-e-linteroperabilita-tra-modelli/>

Il livello più alto di interoperabilità è rappresentato dall'utilizzo del formato BIM standard, L'IFC (Industry Foundation Classes), uno schema dati che permette di scambiare informazioni rilevanti, teoricamente senza perdita di dati, tra diverse applicazioni software. L'IFC rappresenta pertanto un modello di struttura per i dati che stabilisce una gerarchia tra una serie di categorie e classi attraverso i quali devono essere organizzati gli oggetti del modello affinché siano riconosciuti nella stessa categoria o classe da qualunque software compatibile. Perché ciò avvenga è necessario inserire un set aggiuntivo di parametri all'interno del software di modellazione in modo da mappare gli oggetti rispetto agli attributi definiti dall'IFC. Tale operazione può essere lunga ed onerosa, pertanto deve essere pianificata fin dalle prime fasi del processo. Ad ogni modo non esiste un protocollo che consenta di esportare in IFC senza potenziale rischio di perdita di dati e senza un ulteriore intervento di inserimento dati,

codifica, revisione e controllo. L'IFC, infatti, rappresenta un formato interoperabile ma non operabile; oltre alla potenziale perdita di informazioni geometriche, riscontrata in alcuni casi a seconda di come il software in questione gestisce i calcoli delle superfici, è necessario considerare che, nell'esportazione in IFC, i parametri di una forma geometrica vengono mantenuti sotto forma di attributi, ma non sono più collegati da vincoli alla geometria; pertanto, ogni relazione dinamica tra parametri non viene conservata. Queste limitazioni rendono il formato IFC inutilizzabile per i processi di progettazione, se non come formato di consultazione, perché non è operabile e quindi modificabile.

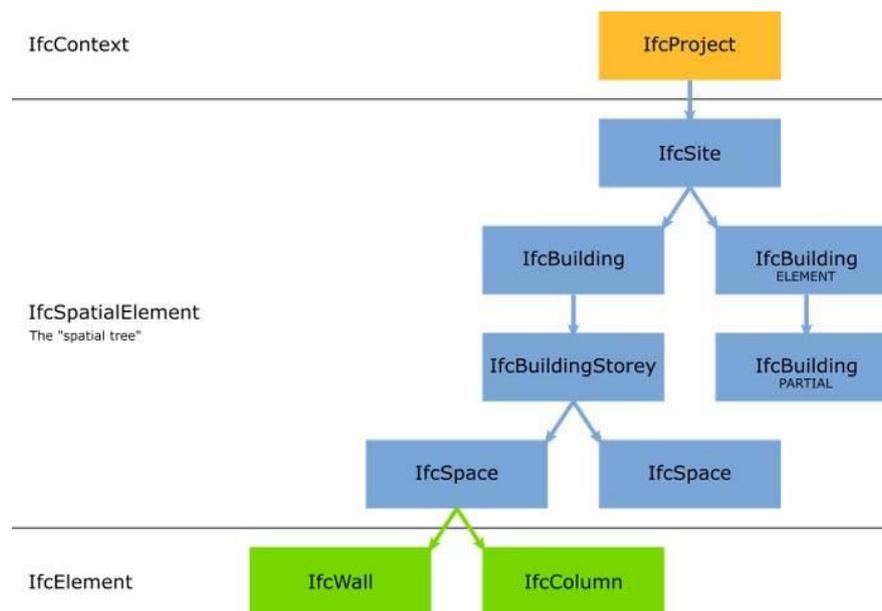


Figura 1.12 Albero spaziale IFC

Fonte: <https://www.ingenio-web.it/articoli/bim-e-interoperabilita-la-gestione-delle-informazioni-nella-progettazione-architettonica-bim/>

Per poter sfruttare tutte le potenzialità di questo formato OpenSource è necessario conoscerne la struttura in modo da esportare

correttamente un modello BIM in IFC. Si può notare come la gerarchia spaziale IFC sia sostanzialmente costituita da:

- IfcSite: entità che rappresenta il sito del progetto;
- IfcBuilding: individua l'edificio o gli edifici presenti nel sito;
- IfcBuildingStorey: rappresenta i livelli (o più comunemente i piani) in cui viene suddiviso un edificio.

Quanto riportato ci evidenzia come sia fondamentale fin dal principio operare con la logica del "Beginning with the end in mind" (BIM e Interoperabilità: la gestione delle informazioni nella progettazione architettonica BIM, 2023) per poter poi usufruire, una volta entrati nel cuore del progetto, dei vantaggi offerti da questa metodologia.

1.5. Livelli di sviluppo e di dettaglio (LOD)

L'attività di modellazione prevede un diverso livello di approfondimento a seconda dello scopo prospettato. Pertanto, agli elementi che compongono il modello vengono assegnati LOD crescenti, a seconda dell'insieme di dati grafici che contengono. Nella letteratura internazionale molte sono le definizioni reperibili di LOD; in breve, si può dire che il livello di sviluppo di un determinato elemento sia la quantità di informazioni, geometriche e parametriche, che si ha modo d'includere in un materiale a seconda del modello; stabilito ciò è possibile fissare il grado di dettaglio da ottenere e fin dove spingersi nel dettagliare l'informazione. Questo duplice significato alla considerazione dei concetti

di LOD, presentati nella normativa inglese e in quella statunitense, si riferisce al LOD inteso come:

- unione di LOD (Level of Detail) e LOI (Level of Information), concetto espresso nella PAS 1192-2:2013 inglese;
- unione di LOD of Element Geometry e di LOD of Associated Attribute Information delle LOD Specification – part A e B statunitensi.

AIA G202 – 2013 LOD = LOD of Element Geometry + LOD of Associated Attribute Information	PAS 1192-2 LOD = LOD + LOI	UNI 11337-4 LOD = LOG + LOI
LOD 100 	Brief 	LOD A 
LOD 200 	Concept 	LOD B 
LOD 300 	Definition 	LOD C 
LOD 350 	Design 	LOD D 
LOD 400 	Build and commission 	LOD E 
LOD 500 	Handover and closeout 	LOD F 
	Operation 	LOD G 

Figura 1.13 Definizioni di LOD nelle diverse normative

La comunicazione del LOD può avvenire attraverso l'utilizzo di apposite tabelle. Un primo livello di definizione si può avere con la definizione di un livello caratteristico di fase, legato pertanto alla modellazione degli oggetti, considerando come scopo di un determinato livello di progettazione; un secondo livello si raggiunge con la generazione di una "Model Element Table" per la definizione, per ciascuna componente costruttiva organizzata secondo la Work Breakdown Structure (WBS), di un progetto del LOD e dell'autore dei dati (MEA, Model Element Author) con

l'aggiunta di eventuali note. In questo modo, tenendo le tabelle in costante aggiornamento con l'avanzamento della modellazione, è possibile avere un chiaro quadro di riferimento della quantità di informazioni presenti nel modello e della persona che ha inserito tali dati. A queste tabelle possono aggiungersi "Attribute tables" in cui è possibile identificare parametri globali, comuni a tutti i componenti dell'elemento del modello, nonché parametri specifici per componente dell'elemento. La diversità e la completezza del LOD differiscono, ovviamente, sulla base della difficoltà del disegno.

Territorio e infrastrutture	Esigenziale	Fattibilità sostenibile	Funzionale spaziale	Autorizzativa	Tecnologica	Esecutiva	Collaudo e consegna	Gestione e manutenzione
Terreno		B	C	C	C	C	C	C
Reti tecnologiche soprasuolo		B	B	C	C	C	C	C
Reti tecnologiche sottosuolo		B	B	C	C	C	C	C
Scavi		B	B	C	D	E	E	E
Elementi temporanei		B	B	B	B	B	B	B
Elementi strutturali orizzontali		B	B	C	D	E	F	G
Elementi strutturali verticali		B	B	C	D	E	F	G
Altro	

Figura 1.14 LOD caratteristici di fase

Fonte: UNI 11337-4

La **Figura 1.14** LOD caratteristici di fase presenta un esempio di matrice di definizione sintetica dei LOD caratteristici in base alla fase di processo di alcuni elementi; agli oggetti modellati viene assegnato un rispettivo LOD caratteristico, che non viene necessariamente implementato; infatti è possibile, in funzione degli usi e degli obiettivi del

modello parametrico, scegliere che alcuni oggetti siano modellati, in termini geometrici, più o meno approfonditamente, per poi implementare nelle fasi successive unicamente la componente informativa dell'elemento. Inoltre, è possibile che alcuni elementi presenti nel modello, di cui non è necessario specificare un livello di dettaglio/sviluppo troppo elevato, siano caratterizzati da un LOD basso anche durante lo sviluppo della progettazione.

Uniformat Level	Use on this Project	SUBSTRUCTURE	Relevant Attribute Tables	SD			DD			CD			Estimating			Estimating			LEED Cert.			LEED Cert				
				Date	LOD	MEA	Notes	Date	LOD	MEA	Notes	Date	LOD	MEA	Notes	Est. 1	Bid Pkg.	Check	Est. 1	Bid Pkg.	Check	Submital	Est. 1	Bid Pkg.	Check	Submital
A	10	Foundations	A, B Concrete, A, B Wood, A, B Masonry, A, B Precast Concrete																							
A	10	Standard Foundations	A, B Concrete, A, B Wood, A, B Masonry, A, B Precast Concrete																							
A	10	Wall Foundations	A, B Concrete, A, B Wood, A, B Masonry, A, B Precast Concrete																							
A	10	Column Foundations	A, B Concrete, A, B Wood, A, B Masonry, A, B Precast Concrete																							
A	10	Special Foundations	A, B Concrete, A, B Wood, A, B Masonry, A, B Precast Concrete																							
A	10	Grade Beams	A, B Concrete, A, B Wood, A, B Masonry, A, B Precast Concrete																							
A	20	Subgrade Enclosures	A, B Concrete, A, B Wood, A, B Masonry, A, B Precast Concrete																							
A	20	Walls for Subgrade Enclosures	A, B Concrete, A, B Wood, A, B Masonry, A, B Precast Concrete																							
A	40	Slabs-on-Grade	A, B Concrete																							
A	40	Standard Slabs-on-Grade	A, B Concrete																							
A	40	Structural Slabs-on-Grade	A, B Concrete																							
B		SHELL																								
C		INTERIORS																								
D		SERVICES																								
E		EQUIPMENT & FURNISHINGS																								
F		SPECIAL CONSTRUCTION & DEMOLITION																								
G		BUILDING SITEWORK																								

Figura 1.15 Model Element Table

Fonte: Level of Development Specification 2017

B - Ext. Glazed Openings		Part 1 - Attribute Description				Part 2 - LOD Profile				Part 3 - Project-Specific Milestones (Examples)			
Attribute	Data Type	Units	Option Examples	Commentary	100	200	300	350	400	Est. 1	Estimating	LEED Cert.	LEED Cert
Construction	Text		options:[Unleaded (combined glass and frames), Stick Built, Structural Glass]			X	X	X	X				
Material	Text		options:[Aluminum Framed, Bronze Framed, Stainless Steel Framed, Channel Glass]				X	X	X				
Thermal Resistance	Number	R-Value	options:[yes, no, class]				X	X	X				
Condensation Resistance													
Windborne Debris Resistance		psf											
Wind Load Capacity		psf	options:[Conventional, Two Sided, Three Sided, Four Sided, Pin Supported]										
Glazing Method													
Shop Submittal Parameters													
Date - Issued for Construction	Date Time												
Date - Permitted	Date Time												
Date - received for Shop Detailing	Date Time												
Date - Detailing Submitted for (CR review) / Out For Approval	Date Time												
Date - Final Erection Drawings Approved for Fabrication	Date Time												
Date - Fabrication Start	Date Time												
Date - Fabrication End	Date Time												
Date - Fabrication Shipped	Date Time												
Date - Fabrication Received	Date Time												
Date - Erection	Date Time												
Date - Inspected	Date Time												
Glass - Material			options:[Glass, Plastic]										
Glass - Configuration			options:[Monolithic, Insulating]										
Glass - Condition			options, multiple:[annealed, Heat Strengthened, Tempered, Laminated, Bent]										
Glass - Coatings			options, multiple:[Punitive (hard coat), Sputter (soft coat), Low E, Metallic, Ceramic Frit, Opaco Coat, Digital Printed]										
Glass - Use			options, multiple:[glazing into conventional application, glazing into structural/glass application, Mirror, Decorative, Fire Resistant, Hurricane Resistant, Cable Suspended, Sustainable Glass, Electrochromically Controlled, Perforated Glass, Pressure Resistant, Radiation Resistant, Security, Ballistics Resistant]										

Figura 1.16 Attribute table

Fonte: Level of Development Specification 2017

La "Model Element Table" è rilevante in quanto permette a ciascun attore del processo, sulla base del suo ruolo all'interno del procedimento medesimo, di comprendere, dallo schema, il livello di sviluppo a cui ha il compito di portare le componenti, lo standard su cui sta lavorando oppure il numero e la validità dei dati all'interno del modello. La tabella, inoltre, definisce un ulteriore grado di approfondimento perché collega gli elementi costruttivi a una o più "Attribute Tables", in cui vi si trova una lista di requisiti riferibili ad un preciso LOD.

2. Processo di adozione: il caso studio

Con l'introduzione graduale dell'obbligo di utilizzo del BIM, nel settore dell'AEC, tutte le figure che si occupano di progettazione o realizzazione dell'opera saranno via via coinvolte da questo processo. Si parla non solo di grandi studi di progettazione, ma anche del professionista che si occupa dell'illuminazione, dell'esperto in materia di sicurezza fino ad arrivare all'impresa di costruzione che dovrà restituire, a seguito dei lavori svolti, gli elaborati as-built delle opere realizzate.

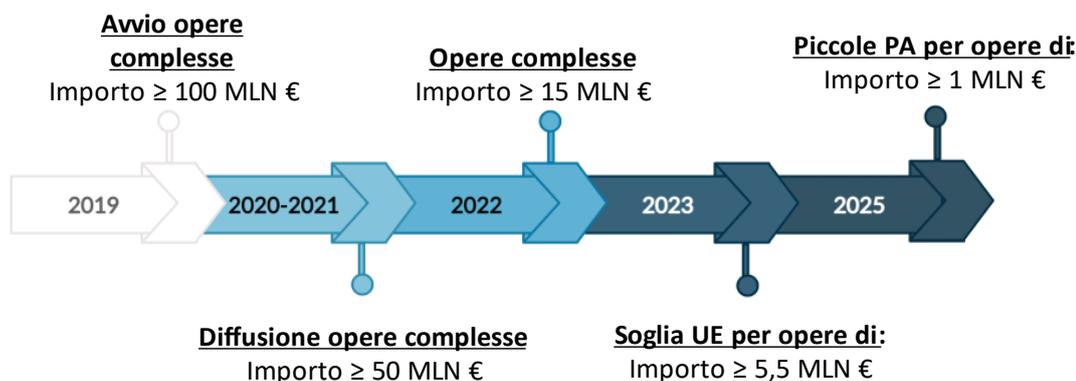


Figura 2.1 Aggiornamento tappe introduzione BIM secondo D.M. 312/2021

Ed è proprio quest'ultimo il caso che verrà preso in esame in questo elaborato, ossia un'impresa che si occupa di realizzazione, sostituzione e manutenzione di impianti idraulici a livello civile ed industriale. Oltre al personale in campo, suddiviso in squadre operative in base alle mansioni che si rendono necessarie in questo ambito lavorativo, l'impresa dispone di un ufficio tecnico interno.

Le figure che compongono l'azienda sono in grado di: coordinare il personale operante per ottimizzare i processi produttivi, interfacciarsi con le altre figure e/o imprese coinvolte a seconda delle richieste delle Committenti, può direttamente progettare e dimensionare impianti idraulici (gasdotti, acquedotti, fognature).

Nello specifico verrà analizzato il caso di un ufficio tecnico che, a seguito di intervento eseguito, dovrà realizzare un modello BIM As-Built di quanto effettuato, con relativa estrapolazione degli elaborati 2D di diretta estrazione dagli stessi modelli BIM prodotti.

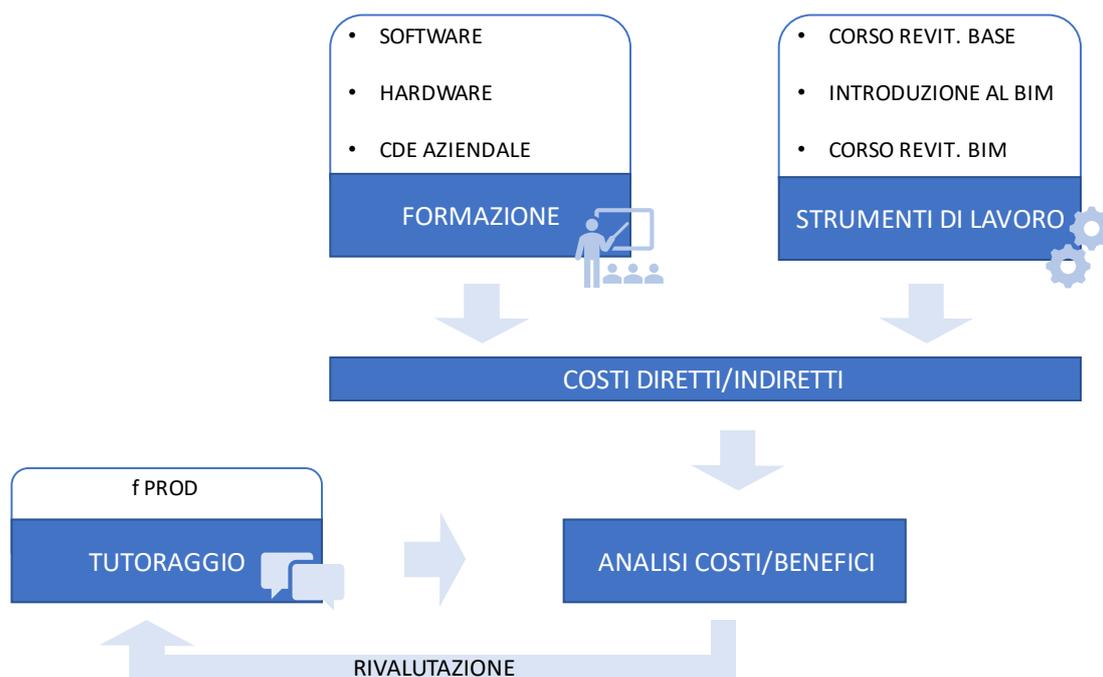


Figura 2.2 Processo aziendale adozione BIM

2.1. L'attuale pratica aziendale

Attualmente i disegni tecnici (planimetrie, sezioni, profili, ecc...) vengono prodotti con approccio tradizionale, utilizzando il software Autodesk Autocad in 2D, sviluppati partendo da basi cartografiche fornite direttamente dalla stazione appaltante, oppure sviluppate a seguito di rilievi in campo.

È necessario inoltre chiarire che, i lavori complessi, vengono suddivisi in più step e realizzati da squadre operative attrezzate allo scopo; a seconda anche della tipologia di impianto da realizzare (nel caso tipico di realizzazione di una rete interrata di distribuzione e di diramazioni aeree), ci si trova ad avere anche più di un tecnico per ciascun cantiere. Ognuno di essi, attualmente, per poter sviluppare gli elaborati, lavora su file separati, al fine di evitare l'uso contemporaneo di un unico file .dwg su più postazioni. Al termine, nel caso in cui sia necessario, i disegni prodotti vengono poi assemblati in un unico elaborato finale.

Gli as-built prodotti, a seconda della complessità dell'opera eseguita, vengono poi consegnati in formato cartaceo o digitale (solitamente in formato .pdf, ma eventualmente anche in formato .dwg a seconda delle richieste) e contengono i tracciati degli impianti realizzati con indicazione di tutte le componenti speciali utilizzate e il loro reale posizionamento accompagnato dalle dichiarazioni di conformità degli impianti realizzati.

2.2. Adozione della metodologia BIM

Il BIM è una rivoluzione radicale, a livello metodologico, e la sua adozione necessita di una consapevolezza e di una convinzione fondata e non può, dunque, essere trascurato ed impiegato unicamente in quanto obbligo di legge. Per questo motivo, prima di intraprendere un percorso così strutturato, è importante conoscere le ragioni del cambiamento e gli obiettivi a medio-lungo termine che l'azienda intende perseguire. Trattandosi di una transizione di metodologia, la pianificazione degli obiettivi sta alla base del processo, per non perdere di vista quello che è il fine a cui si mira. Prima di implementare il BIM in azienda occorre analizzare nel dettaglio l'organizzazione in essere, in termini di risorse, di tipologia di attività, di gestione dei flussi informativi e delle fasi che andranno percorse. Questo permette di avere degli stadi definiti e di predisporre il cosiddetto "BIM Adoption Plan" nel quale viene definita la strategia di implementazione, il team di lavoro e la predisposizione della tecnologia di supporto.



Figura 2.3 Workflow adozione BIM come metodologia di lavoro

2.2.1. Definizione obiettivi perseguiti

Con l'entrata in vigore del Decreto Baratonò (D.M. 560/2017), l'attuale processo di produzione degli elaborati diventerà obsoleto e si renderà necessaria la modellazione BIM dell'impianto, sia in fase di progettazione che di esecuzione e/o manutenzione. Per poter stimare i costi che dovranno essere sostenuti dall'azienda, al fine di poter ottemperare alla legge, si è scelto di considerare un "progetto pilota", ossia un lavoro che preveda la progettazione e realizzazione di una rete di distribuzione antincendio alimentato da due pompe ad immersione in pozzo, la cui destinazione d'uso risulta essere un complesso costituito da più unità immobiliari, nel quale si devono restituire gli elaborati tramite modellazione BIM.

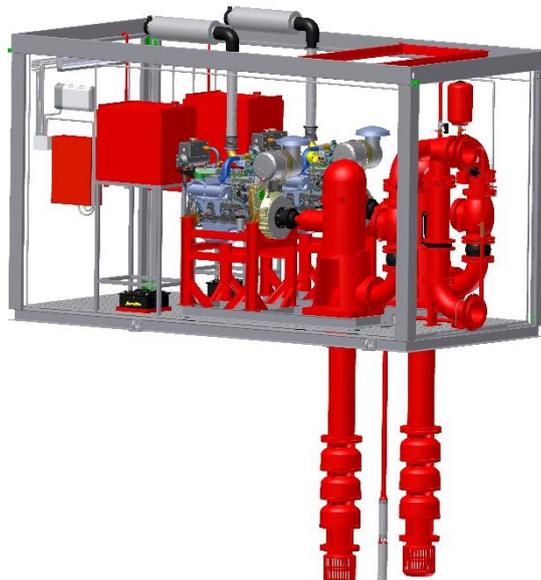


Figura 2.4 Locale tecnico Antincendio Prefabbricato a Norma UNI 11292

Fonte: <https://staapompe.it/prodotti/locale-tecnico-antincendio-da-esterno-per-gruppi-pompe-uni-en-12845-vertical-turbine-pumps/5>

Questo tipo di impianto sarà composto da un'alimentazione (le pompe sommerse che garantiscono l'approvvigionamento d'acqua richiesto), una rete di distribuzione interrata (tubazione in PE saldata, valvole, elettrovalvole, ecc..), delle derivazioni con relativi terminali d'uso (idranti, impianti ad erogazione d'acqua, ecc...). Per poter redigere l'elaborato finale viene fornita, in formato .dxf, la planimetria dell'area dell'intervento con rappresentate le unità immobiliari e le opere di urbanizzazione eseguite. La procedura che bisognerà seguire prevede di:

- definire quali sono i dati in input;
- sviluppare il modello BIM della parte impiantistica, comprensivo di modellazione geometrica e definizione informativa di tutte le componenti;
- coordinare il modello BIM delle discipline connesse (strutturale, architettonico ed elettrico);
- produrre gli elaborati finali 2D richiesti andandoli ad estrapolare direttamente dal modello BIM realizzato.

Per raggiungere l'obiettivo, partendo dalla situazione attuale all'interno dell'impresa, occorre:

- definire procedure di attuazione per approcciare la metodologia BIM, Strategy Plan;
- individuare le figure aziendali interessate;
- definire ed acquistare struttura software e hardware (Workstation) in grado di ottemperare alle esigenze;

- formare il personale tecnico all'adozione della metodologia BIM ed all'utilizzo dei software di Model Authoring;
- definire le linee guida e le procedure per una corretta modellazione dell'impianto realizzato;
- creare librerie di "famiglie" (database oggetti in ottemperanza al LOD richiesto).

2.3. Figure aziendali coinvolte – Team di lavoro

Essendo questo processo di adozione impattante sul piano economico dell'azienda, occorre dapprima individuare quelle che sono le figure sulle quali è indispensabile investire, mentre, almeno inizialmente, possono essere escluse tutte quelle, i cui compiti non siano direttamente collegati alla produzione di elaborati tecnici specifici per le commesse. Come si può osservare dall'organigramma aziendale vengono selezionati, per l'introduzione della metodologia BIM, i 6 responsabili tecnici di cantiere ed il direttore tecnico a cui fanno capo, mentre rimangono esclusi coloro che si occupano di qualità, sicurezza, ambiente ed amministrazione.

Pur non essendo completamente integrata la metodologia, tramite questa selezione di personale, si è comunque capaci di restituire quanto richiesto dalla commessa, anche senza la completa applicazione del BIM all'interno di tutti gli ambiti in cui esso può essere sfruttato, come per esempio per la sicurezza o l'ambiente, o anche solamente per i

responsabili della contabilità di cantiere per i quali l'accesso alla modellazione eseguita dai colleghi sicuramente comporterebbe una notevole semplificazione delle loro attività. Occorrerà dunque prevedere l'investimento economico per un totale di 7 componenti dell'azienda.

In **Figura 2.5** *Organigramma aziendale con figure coinvolte nell'adozione del BIM* sono evidenziati i componenti dell'azienda designati per il primo step di introduzione della metodologia.

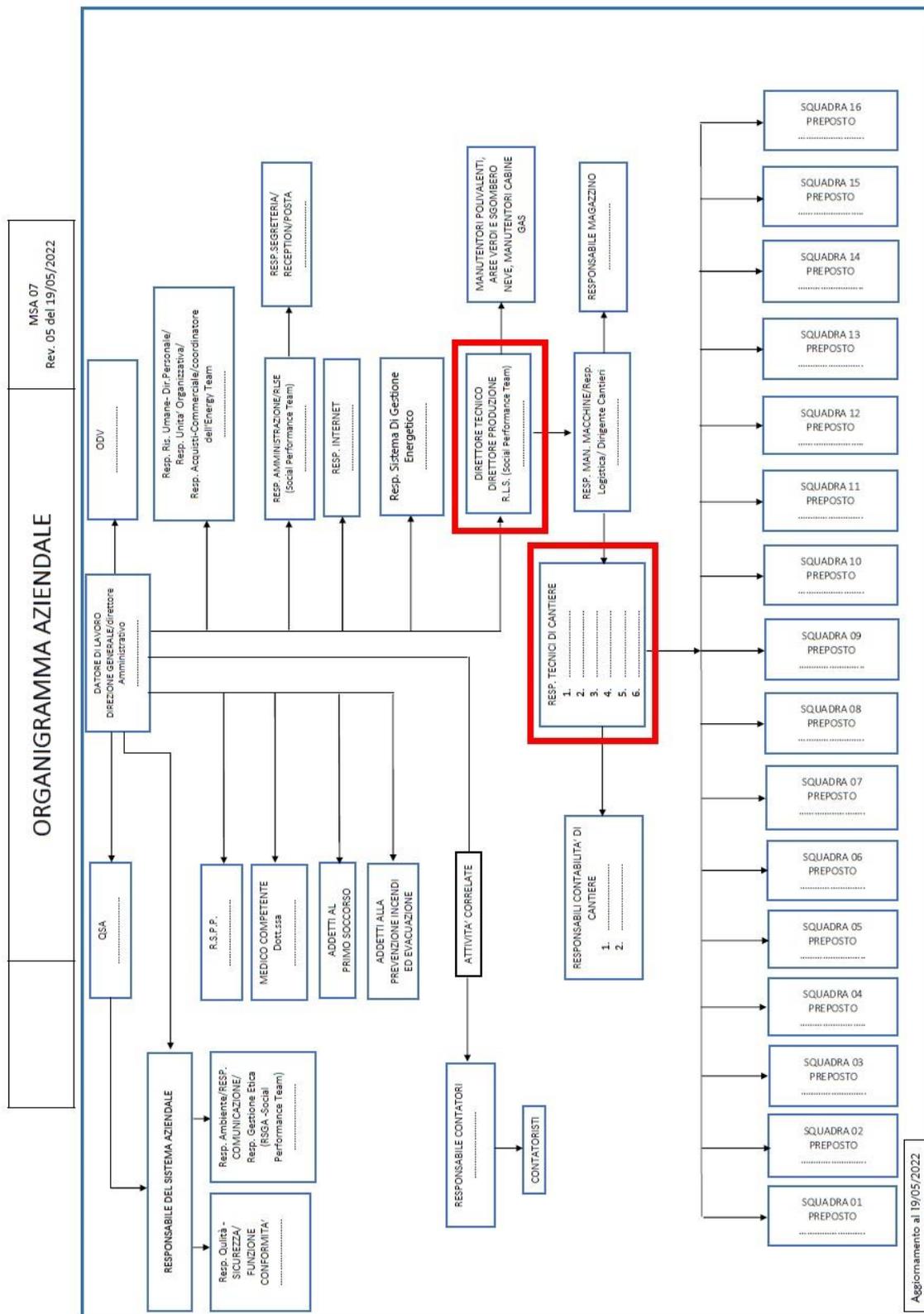


Figura 2.5 Organigramma aziendale con figure coinvolte nell'adozione del BIM

2.4. Definizione strumenti di lavoro

Il primo passo da compiere, per poter permettere al team che costituisce l'ufficio tecnico dell'impresa di produrre gli elaborati richiesti, è quello dell'acquisto di hardware e software capaci di garantire le prestazioni necessarie ed indispensabili per l'introduzione della metodologia BIM.

2.4.1. Software

Come primo step, in fase progettuale, occorre stabilire quello che sarà il software al fine di ricercare l'hardware capace di rispondere alle specifiche tecniche richieste per un suo corretto funzionamento. Quello che si è deciso di utilizzare è fornito da Autodesk per lo specifico caso di progettazione BIM: Revit. Si tratta di una piattaforma di BIM Authoring molto utilizzata nel settore dell'AEC in quanto risponde esattamente alla necessità di una progettazione dell'opera andando ad inserire i dati necessari sui singoli elementi che compongono la costruzione. Il software in esame, oltre che per gli elementi strutturali, consente anche la modellazione degli impianti MEP (Mechanical, Electrical and Plumbing) al cui interno si trova quello antincendio del caso studio. Si può quindi realizzare un modello digitale parametrico, gemello di quello reale, in cui, utilizzando correttamente le famiglie parametriche presenti nel software, si potrà allocare, all'interno del modello stesso, ciascun componente

dell'impianto realizzato (ad esempio i raccordi utilizzati per la tubazione interrata o per gli Sprinkler installati).

Attualmente, i tecnici dell'azienda, sviluppano gli elaborati tecnici utilizzando il software AutoCAD, sempre fornito da Autodesk, che ha un costo annuo di 2.360,70 €/caduno + I.V.A. (AEC Collection, 2023) per ciascuna postazione.

Prodotti principali	Prezzo del prodotto singolo	AEC Collection
 Revit	€ 3.386 /anno	<p>La Collection include questi prodotti di progettazione principali e 12 prodotti aggiuntivi per l'analisi, la visualizzazione, l'acquisizione della realtà, la creazione di dettagli, l'automazione e la gestione dei documenti.</p> <p>Un set integrato di strumenti BIM e CAD da utilizzare dalle prime fasi della progettazione fino alla costruzione</p> <p>Scopri tutti i prodotti inclusi nella Collection</p>
 Civil 3D	€ 3.233 /anno	
 AutoCAD	€ 2.361 /anno	
 InfraWorks	€ 2.428 /anno	
 Navisworks Manage	€ 3.191 /anno	
Prezzo totale	€ 14.599/anno Acquistando i prodotti separatamente	€ 4.136/anno  RISPARMIA € 10.463

Figura 2.6 Prezzi Autodesk AutoCAD e pacchetto AutoCAD-Revit

Fonte: <https://www.autodesk.it/collections/architecture-engineering-construction/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>

Considerando l'utilizzo di Autocad anche per altri aspetti e attività legate all'azienda, non è possibile sostituire il software in abbonamento; occorre pertanto integrare l'iscrizione di questi 7 utenti aggiungendo l'applicazione Revit. Si può inoltre individuare, sempre sul sito Autodesk, il pacchetto denominato "AEC Collection" che, anche se al momento non necessitano, consente l'accesso ad ulteriori software dedicati alla progettazione e realizzazione di altre tipologie di opere (ad esempio opere

infrastrutturali). Il pacchetto Autodesk, comprendente sia AutoCAD che Revit, ha un costo annuo di 3.390,00 €/caduno + I.V.A. (AEC Collection, 2023) per ciascuna postazione.

Questo upgrade comporta un incremento di spesa annua pari a 1.029,30 €/cad + I.V.A. per singola postazione che, moltiplicato per il numero di risorse coinvolte, porta ad un costo, unicamente riferito all'acquisto del pacchetto software, pari a 7.205,1 € + I.V.A. totali.

2.4.2. Hardware

In seguito alla valutazione economica, prestazionale e del fabbisogno del software è necessario valutare anche la dotazione hardware da assegnare al personale d'azienda. Per quanto riguarda i tecnici di cantiere, per rendere più agevoli le attività, lo standard aziendale prevede una piattaforma portatile, che permetta di poter accedere ai programmi e consultare i documenti sia in ufficio che in cantiere. Diversamente, per quanto concerne la progettazione "completa", a seguito di una analisi circa le specifiche tecniche minime richieste dai due software, si evince che occorre sostituire quelli che sono i laptop attualmente in funzione con delle workstation più efficienti, capaci di garantire una buona velocità di calcolo che ne renda fluente il lavoro. Questa necessità nasce dal fatto che il software Revit, in grado di elaborare una modellazione 3D dell'edificio, richiede una scheda grafica dedicata molto più performante per poter potenziare il lavoro al terminale.

Per stimare la differenza di spesa tra un laptop capace di processare fluentemente Autocad, ed uno che riesca ad elaborare quanto richiesto da Revit, è stato richiesto un preventivo presso un rivenditore abilitato (con la formula della locazione per 36 mesi per ammortizzare il costo della macchina durante l'intero ciclo vita della stessa, con sostituzione al termine). Il risultato dell'indagine di mercato è riportato in **Figura 2.7** *Preventivo di spesa Laptop e Workstation*.

Fossano, li 16 gennaio 2023	
OGGETTO: soluzione notebook per autodesk autocad / revit	
In seguito a colloquio intercorso, Vi presentiamo la ns. migliore offerta per n. 1 NOTEBOOK e workstation.	
Vi proponiamo a confronto due soluzioni.	
NOTEBOOK OPZIONE AUTOCAD	
Acer CONCEPTD 5 CN516-72G-77SV RTX 3060 (Vedi caratteristiche allegate)	
CONTRATTO DI LOCAZIONE	
DURATA CONTRATTO	36 MESI
CANONE DI LOCAZIONE MENSILE	€ 69,50 + IVA
VENDITA	
PREZZO A VOI RISERVATO	€ 2.130,00
NOTEBOOK OPZIONE REVIT	
HP ZBook studio 16 G9 Mobile Workstation (Vedi caratteristiche allegate)	
CONTRATTO DI LOCAZIONE	
DURATA CONTRATTO	36 MESI
CANONE DI LOCAZIONE MENSILE	€ 114,50 + IVA
VENDITA	
PREZZO A VOI RISERVATO	€ 3.599,00 + IVA
Nel caso sceglieste l'opzione di locazione la macchina si intende riscattata al termine dei 36 mesi.	

Figura 2.7 *Preventivo di spesa Laptop e Workstation*

Si può quindi osservare che, per quanto riguarda i supporti hardware necessari, si prevede un investimento annuo di circa 500 € superiore per ogni figura che verrà introdotta alla nuova metodologia sfruttando il software Autodesk Revit.

Considerando che si sono designate 7 figure totali, all'interno dell'azienda, l'investimento complessivo annuo risulta di circa 3.500 € unicamente per i supporti hardware.

2.5. ACDat – Ambiente di condivisione dati

La collaborazione risulta uno dei concetti fondamentali per garantire l'implementazione del metodo; per questo motivo, affinché il processo di implementazione sia efficace, è necessario definire un apparato di condivisione che permetta la comunicazione tra tutti gli attori del processo.

2.5.1. Sistema di condivisione: Collaborative BIM Data Sharing

Il concetto fondamentale su cui si basa la metodologia BIM ed il processo che ne deriva, è rappresentato dalla progettazione collaborativa. A livello di processo occorre pertanto definire metodi e procedure da concordare e sottoscrivere dalle diverse parti in causa durante la fase di "pre-construction":

- la definizione di ruoli e responsabilità, identificando il ruolo di coordinatore tra le diverse discipline; l'adozione di convenzioni su nomenclatura e codifica di elaborati ed elementi di progetto;
- l'adozione di codici specifici per il progetto e la definizione delle coordinate spaziali;
- la definizione e adozione del Common Data Environment (CDE), ovvero un apparato di collaborazione tra le parti e di archivio e gestione dei documenti, così come l'impostazione della sua struttura e gerarchia, con i relativi criteri di archiviazione e convenzioni di nomenclatura.

Questo sistema di condivisione integra i processi di implementazione, produzione, collaborazione e controllo e monitoraggio tra di loro.

2.5.2. Data management approach

In generale, tutto il processo prevede un approccio alla gestione dei dati esplicito in una metodologia iterativa; i dati sono raccolti, immagazzinati, "processati" e restituiti in diverse modalità. Tali passaggi si ripetono per garantire la continuità del dato e dell'informazione stessa.

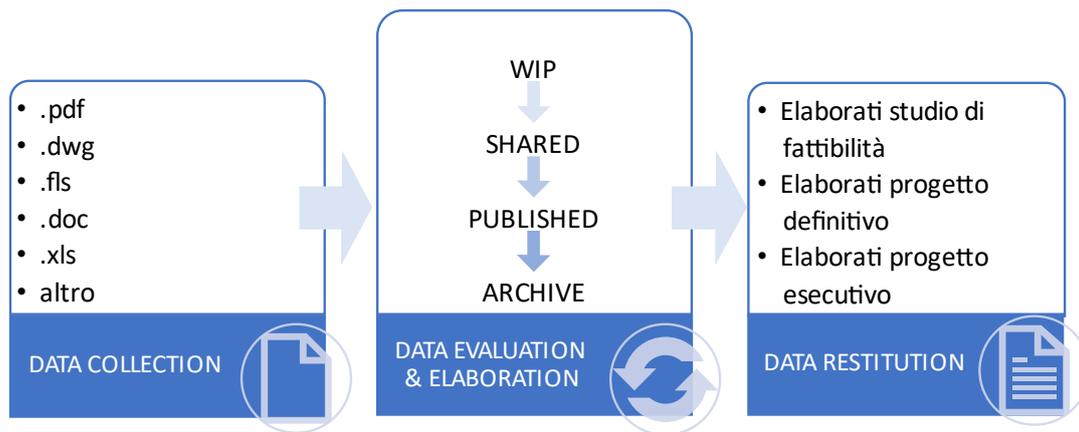


Figura 2.8 Processo di raccolta, gestione, verifica e validazione del dato

2.5.3. Common Data Environment (CDE) o Ambiente di Condivisione Dati (ACDat)

La definizione del CDE O ACDat è una parte fondamentale nel processo di implementazione della metodologia BIM. Il CDE stabilisce la procedura per la gestione dello sviluppo iterativo della documentazione progettuale, perseguendo l'obiettivo di integrare e coordinare i dati e le informazioni che provengono dai diversi attori coinvolti nel processo, non riferendosi esclusivamente al team di progettazione. Per garantire un approccio collaborativo, il requisito fondamentale è la fiducia nell'informazione che viene condivisa. Per questo motivo sono fissati degli standard di progetto specifici, che tutti devono rispettare per garantire il trasferimento ed il rilascio delle informazioni in modo controllato, a seconda della fase procedurale in cui ci si trova. In questo modo tutti i soggetti interessati hanno a disposizione una struttura di condivisione e, allo stesso tempo, di archiviazione da cui attingere informazioni sempre coerenti ed aggiornate: risultato di un'attività definita da un processo

verificabile, opportunamente disciplinato, trasparente e controllabile. Questo output assicura che le informazioni siano costantemente aggiornate ed implementate così da costituire il primo documento per le attività successive. In quest'ottica si definisce un luogo di raccolta organizzato e di condivisione delle informazioni, che prevede quattro sezioni:

- **“WORK-IN-PROGRESS” (WIP):** è il primo passo della realizzazione del progetto, dove ciascun team lavora alla propria competenza e i modelli contengono solamente le informazioni di cui il team è responsabile. Questa fase è caratterizzata da un primo step di verifica e validazione;
- **“Shared”:** l'ambiente di lavoro condiviso, successivo alla validazione del WIP, in cui i modelli generati da ciascun team subiscono il secondo livello di verifica e validazione in cui, se non rispettano le richieste, ritornano in WIP;

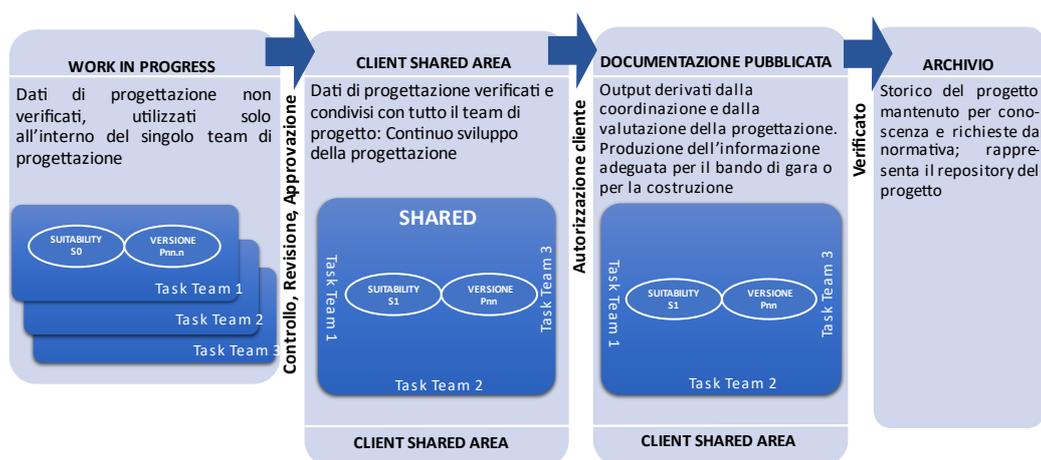


Figura 2.9 Ambiente di Condivisione dei Dati (ACDat/CDE)

Fonte: BS 1192-1:2017

- **“Published”**: una volta superata la validazione SHARED, il progetto può dunque essere pubblicato. Il passaggio in questo ambiente fa sì che i modelli prodotti vengano messi a disposizione alle imprese di realizzazione o per richieste di autorizzazioni (in formato non modificabile);
- **“Archive”**: una volta ultimate le fasi di progettazione e realizzazione i documenti vengono archiviati al fine di rispettare gli adempimenti di legge e di tener memoria di quanto realizzato per eventuali necessità future.

2.5.3.1. Work in Progress (WIP)

L'area WIP rappresenta l'ambiente di condivisione in cui i membri dei singoli team di lavoro, in base alla disciplina di appartenenza, portano avanti la progettazione e la produzione del relativo modello. Diversi step definiscono il processo da seguire nel team di riferimento, all'interno del quale è previsto un primo controllo dei contenuti specialistici. Sempre in questo ambiente opera un primo livello di coordinamento di controllo formale delle interferenze tra i modelli delle diverse discipline. L'ultimo livello di verifica riguarda la gestione dei modelli e delle simulazioni, in termini di tempi e costi, di esecuzione; tale fase di validazione è alla base della successiva argomentazione "Shared".

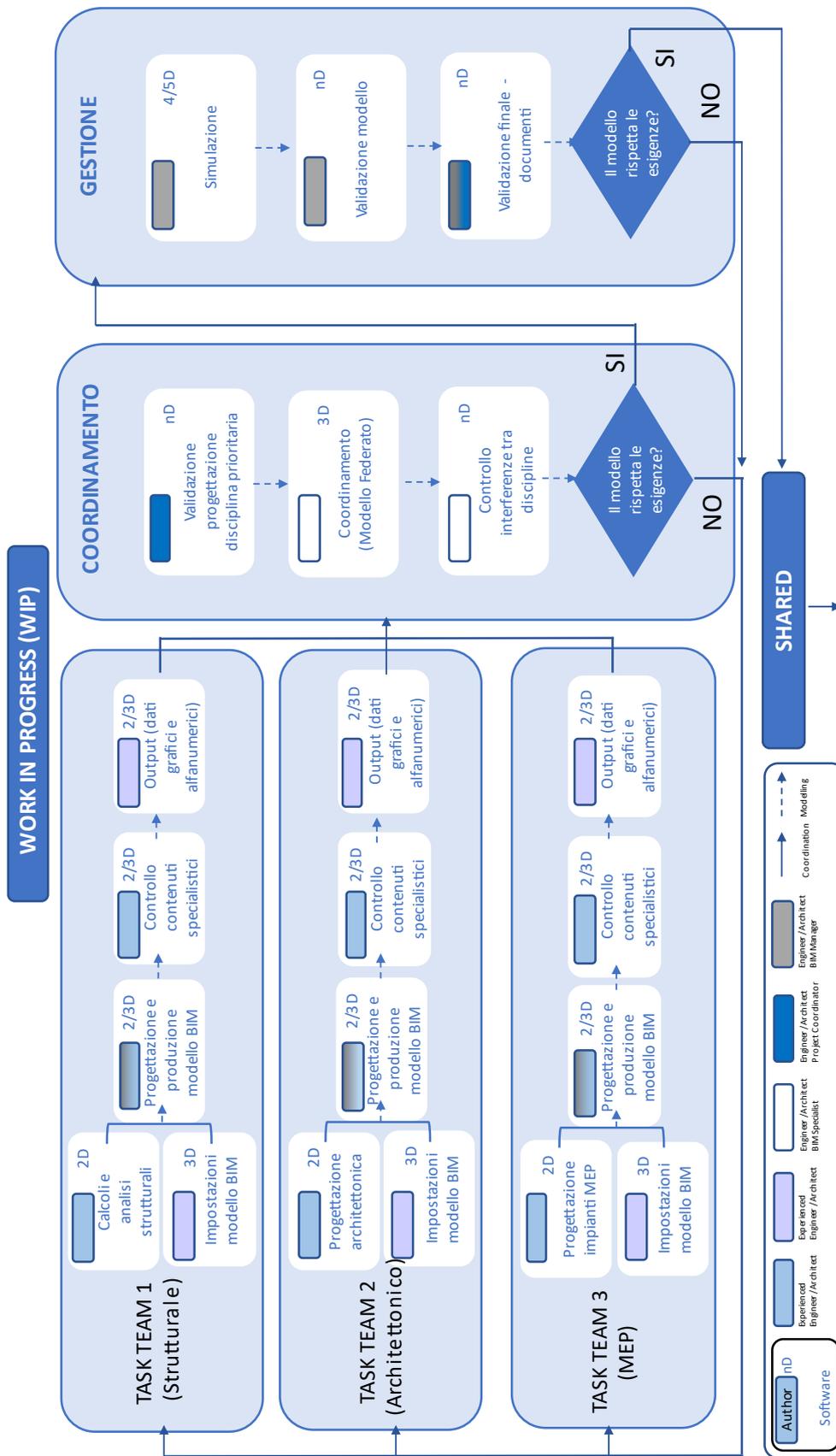


Figura 2.10 Approfondimento cartella WIP

2.5.3.2. Shared

I dati, che devono essere condivisi con gli altri membri del team di progetto, vengono ulteriormente controllati e, ad essi viene attribuito l'eventuale codice di revisione, aggiornato per indicare una revisione più alta. L'area "Shared" assicura:

- condivisione dei dati all'interno di un contesto ben definito;
- spazio sicuro per permettere una condivisione costruttiva;
- assenza, quasi totale, di contraddizioni;
- supporto nella generazione di dati spazialmente coordinati come parte del processo di sviluppo.

Il modello, quando raggiunge lo status per cui è "adatto per il coordinamento", dovrebbe essere reso disponibile nell'area "Shared" del CDE. Prima di essere caricato in tale area, deve però essere rivisto e controllato in accordo con le "necessità" affinché sia utile ad uno specifico scopo. Il codice "suitability" definisce la proprietà del file al team di lavoro della relativa disciplina, restringendo così l'accesso a pochi operatori fino a quando l'informazione non è sufficientemente sviluppata, coordinata, approvata e autorizzata. Per effettuare i controlli e le validazioni sui modelli deve essere definita una specifica procedura da applicare. Lo status nell'area condivisa (Shared) può assumere valori differenti a seconda della tipologia di condivisione delle informazioni:

- S1 coordinamento;
- S2 informazione;

- S3 revisione interna, commenti;
- S4 costruzione.

Una volta che il documento è stato approvato e autorizzato, la revisione cambia da "Preliminare" a "Contrattuale".

2.5.3.3. Published

Prima che l'informazione contenuta nell'area "Shared" del CDE sia resa disponibile a team di progettazione più estesi, per esempio in caso di gara d'appalto o costruzione, la stessa deve necessariamente essere controllata, approvata e autorizzata formalmente. I modelli prodotti, una volta ricevuta anche la seconda approvazione, vengono messi a disposizione delle altre figure interessate (impresa di costruzione, committente, organi di controllo) in formato non modificabile. In quest'area le revisioni assumono valori alfabetici:

- A: senza commenti, adatta per la costruzione;
- B: costruzione con commenti;
- AB: as-built;
- C: non approvato.

Individuando così i documenti respinti che dovranno ripercorrere il ciclo.

2.5.3.4. Archive

L'ultimo passaggio previsto nell'approccio di collaborazione considerato è rappresentato dall'area "Archive", un repository di progetto che deve garantire una continua disponibilità dell'informazione anche in fasi successive a quella di progettazione e costruzione al fine di garantire le seguenti informazioni:

- uno storico del progetto informativo;
- modelli;
- documenti
- informazioni sull'esercizio e sulla manutenzione.

2.5.4. Definizione CDE aziendale

Per poter interconnettere i vari team di lavoro, realizzando l'interoperabilità che la metodologia BIM persegue, occorre un CDE per i vari flussi di lavoro così da ridurre le tempistiche di progettazione e realizzazione traendone anche un beneficio economico. Per ottemperare a quanto sopra si è optato per l'utilizzo della piattaforma Autodesk Construction Cloud. All'interno del software è presente Autodesk Docs, che è il vero e proprio Common Data Environment di casa Autodesk: esso supporta l'applicazione della piattaforma BIM 360 ed è interconnesso con tutti i software della AEC.

In questo pacchetto sono presenti inoltre:

- Assemble: che permette di unire i workflow principali al BIM, così da allineare computi metrici, layout, modelli e abachi;
- BuildingConnected: che, orientato verso le committenti, permette di gestire bandi di gara per valutare i vari fornitori e successivamente aggiudicare quello con le offerte (tecniche ed economiche) più vantaggiose;
- BIM 360: che interconnette i team di lavoro per il monitoraggio ed il rispetto di tempistiche e budget;
- Plan Grid: che aumenta la collaborazione e l'efficienza, consentendo l'accesso a progetti complessi da qualsiasi device.

L'ambiente di condivisione dati, fornito con il pacchetto Autodesk Construction Cloud, ha un costo annuo pari a 540,10 €/cadauno + I.V.A. (Autodesk Construction Cloud, 2023) e viene acquistato solo per i 6 Responsabili tecnici di cantiere, mentre viene escluso il Direttore Tecnico, in quanto la sua funzione non prevede, al momento, la realizzazione del modello. Questa scelta porta ad un costo annuo, riferito al pacchetto Autodesk Construction Cloud, di 3.240,60 € + I.V.A. totale.

2.6. Formazione

In seguito all'approvvigionamento della strumentazione tecnica adeguata, si deve attuare un piano di formazione dei collaboratori interessati. Come in tutte le nuove procedure che vengono recepite all'interno di un'azienda, anche in questo caso è evidente il bisogno di una

preparazione adeguata e strutturata, per evitare l'adozione di pratiche che non sfruttino le potenzialità del sistema. Ancor più in questo caso, dove "il passaggio al BIM è innanzitutto un cambiamento di mentalità e del *modus operandi*" (Consulenza sui progetti di implementazione BIM, 2023), occorre realizzare una vera e propria istruzione su principi e obiettivi nell'applicazione della metodologia BIM. Prima dell'applicazione pratica, si rendono dunque necessarie alcune sessioni di formazione specifiche, come riportato in **Figura 2.11** *Riepilogo costi attivi formazione*.

Riepilogo costi da sostenere per adozione metodologia BIM			
Voce di costo	Costo unitario "UNA TANTUM"	Numero figure coinvolte	Costo totale "UNA TANTUM"
• Formazione			
Introduzione al BIM	190 €/cadauno	15	2.850,00 €
Corso Autodesk Revit BASE	380 €/cadauno	7	2.660,00 €
Corso Autodesk Revit MEP	380 €/cadauno	7	2.660,00 €
Totale costi da sostenere:	950 €/cadauno		8.170,00 €

Figura 2.11 *Riepilogo costi attivi formazione*

2.6.1. Introduzione al BIM

Essendo questo tipo di corso di introduzione alla filosofia BIM prettamente teorico, si è ritenuto opportuno che vi partecipasse l'intero personale d'ufficio (commerciali, amministrazione, tecnici, sicurezza ed ambiente). La scelta è stata determinata dalla consapevolezza dei benefici che comporta l'implementazione nell'utilizzo della metodologia oltre il 3D, ovvero per quelle D che si occupano anche di sicurezza ed ambiente. Gli argomenti trattati sono:

- introduzione e storia del BIM;
- il BIM nel mondo;
- le Normative di riferimento, nazionali ed internazionali;
- potenzialità tecniche del BIM ed esempi di applicazione;
- Facility Management e Ambiente di condivisione dati;
- il futuro del BIM.

Di seguito si riporta la quantificazione delle ore di formazione necessarie, nonché dei costi relativi:

16 ore - 15 persone - 2.850 € + I.V.A. totale

2.6.2. Corso Autodesk Revit BASE

Questo ulteriore corso di formazione, più specifico e con l'obiettivo di offrire una prima visione dell'ambiente Revit applicato in generale all'ambiente dell'AEC, è rivolto alle figure che compongono il reparto tecnico dell'ufficio, ossia il Direttore Tecnico ed i Responsabili Tecnici di cantiere. Gli argomenti trattati sono:

- configurazioni iniziali;
- definizione componenti architettonici e strutturali;
- viste di progetto e sezioni;
- locali ed abachi;

- layout e stampa;
- prova pratica di modellazione.

La spesa stimata nonché le ore/uomo necessarie vengono di seguito riportate:

32 ore – 7 persone – 2.660 € + I.V.A. totale

2.6.3. Corso Autodesk Revit MEP

L'ultimo corso, ritenuto indispensabile all'interno dell'azienda, è quello specialistico degli impianti MEP e HVAC, essendo questa l'effettiva specializzazione dell'azienda stessa. Come per il Revit BASE anche il MEP è indirizzato alle figure tecniche dell'azienda. Gli argomenti trattati sono:

- dimensionamento e modellazione BIM dell'impianto;
- sviluppo famiglie di componenti e simboli;
- verifica delle interferenze e stampa;
- impianto HVAC;
- impianto idrico sanitario;
- impianto antincendio;
- impianto elettrico.

Ed anche per il MEP è stato elaborato un computo dell'investimento per la formazione:

32 ore - 7 persone - 2.660 € + I.V.A.

2.7. Tutoraggio su caso studio

Il team, ultimato il percorso di formazione, disporrà delle basi teoriche e pratiche per poter avviare la progettazione di impianti MEP tramite modellazione BIM.

2.7.1. Processo di produzione: modellazione BIM dell'impianto

Il processo di produzione è, in questo caso, riferito alla creazione del modello stesso con la definizione dei primi passaggi da seguire nell'approccio ad essa, come, ad esempio, la delineazione degli stadi di impostazione antecedenti la modellazione. Questa fase di "pre-modellazione" deve essere considerata non meno importante delle fasi seguenti, in quanto pone le basi per la standardizzazione ed ottimizzazione del processo. Nell'approccio alla produzione di uno standard è necessario avere chiaro il quadro generale, in relazione alla finalità per cui tale modello viene sviluppato, affinché sia il più performante possibile nel raggiungimento dell'obiettivo.

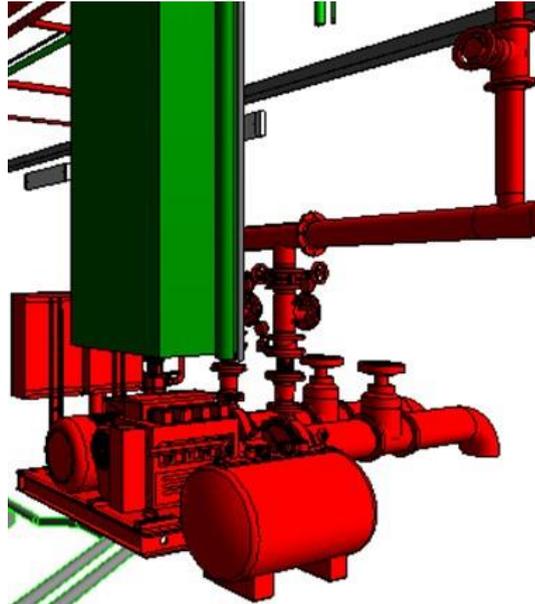


Figura 2.12 Modello BIM Centrale Antincendio

Il processo di produzione, in questo tipo di approccio, valorizza gli aspetti di qualità e difficoltà del bene, l'autonomia del procedimento e la creazione seriale di prodotti: concetti tipici del processo industriale, da cui il contesto del Building Information Modeling prende spunto parlando di modelli e standard. Dopo aver specificato l'uso o gli usi del modello, un altro passaggio fondamentale è rappresentato dalla definizione del Livello di sviluppo e di dettaglio degli elementi che devono comporre il modello. Come riportato nel Paragrafo 0 è possibile definire delle matrici, in cui si definisce il LOD caratteristico di fase, per le categorie di componenti all'interno del modello, con le indicazioni sulle informazioni che tali elementi devono contenere a livello geometrico ed alfanumerico.

2.7.1.1. Le fasi di impostazione

Le fasi di impostazione costituiscono i fondamenti per produrre un elaborato capace di rispondere correttamente alle nostre esigenze di interoperabilità e sono quelle che portano alla produzione di un template (modello) capace di essere sfruttato dai software parametrici che andremo ad utilizzare. La generazione del modello comporta dunque la definizione di “standard” che verranno poi replicati qualora ci vengano sottoposti progetti che richiedano un trattamento simile o uguale. Questo processo conduce ad un’analisi degli obiettivi che si vogliono raggiungere tramite tale modello e rappresenta, quindi, un punto imprescindibile nella definizione dello standard di riferimento. Il template, una volta impostato secondo le necessità della disciplina specifica, consente di ottenere il “punto zero” dal quale si inizia a creare lo standard; si richiede una struttura di modello dinamica, poiché deve essere garantita l’opportunità di personalizzare il file a seconda delle caratteristiche del singolo progetto.

In generale, al fine di non dover impostare singolarmente ogni singolo template, si rende indispensabile stabilire come standard alcuni suoi aspetti:

- Organizzazione dell’interfaccia utente: impostare le regole per il Browser di Progetto per una efficiente gerarchia di visualizzazione degli oggetti (esempio Autodesk Revit);
- Definizione di norme di visualizzazione e di interrogazione delle viste: utilizzare filtri utili per visionare i dati nella maniera più funzionale possibile. I diversi applicativi software permettono varie tipologie di

visualizzazione: piante, sezioni, prospetti, viste assonometriche o prospettiche, ma anche abachi (tabelle) in cui visionare i dati collegati agli oggetti mediante l'associazione di specifici parametri. Vi è pertanto una corrispondenza dinamica, per cui ogni modifica al modello viene riflessa in tutte le viste;

- Creazione di "librerie" di elementi efficienti: a seconda delle necessità della disciplina in questione, personalizzando gli oggetti in funzione delle caratteristiche del modello;
- Impostazione delle coordinate condivise: questo passaggio risulta essenziale per il coordinamento con modelli di altre discipline;
- Impostazione delle fasi di costruzione e demolizione: se necessario, per l'amministrazione della fasizzazione del progetto;
- Impostazione di parametri condivisi: in Autodesk Revit si possono configurare come famiglie di parametri che è possibile associare a categorie di oggetti; questi parametri vengono condivisi tramite appositi file che possono essere utilizzati anche per altri progetti o per l'utilizzo in più famiglie.

2.7.1.2. La realizzazione del modello

La realizzazione del modello è regolata attraverso le linee guida definite dal cliente; è necessario, pertanto, specificarne le caratteristiche relative ad ogni singolo progetto, a seconda della finalità del modello. Tuttavia, in relazione alla disciplina da realizzare, è possibile definire

alcune indicazioni generali rispetto alla modalità di modellazione, utili per le fasi di approccio alla modellazione.

Di seguito vengono approfondite alcune delle best practice che l'esperienza di uso della piattaforma Autodesk Revit hanno permesso di consolidare.

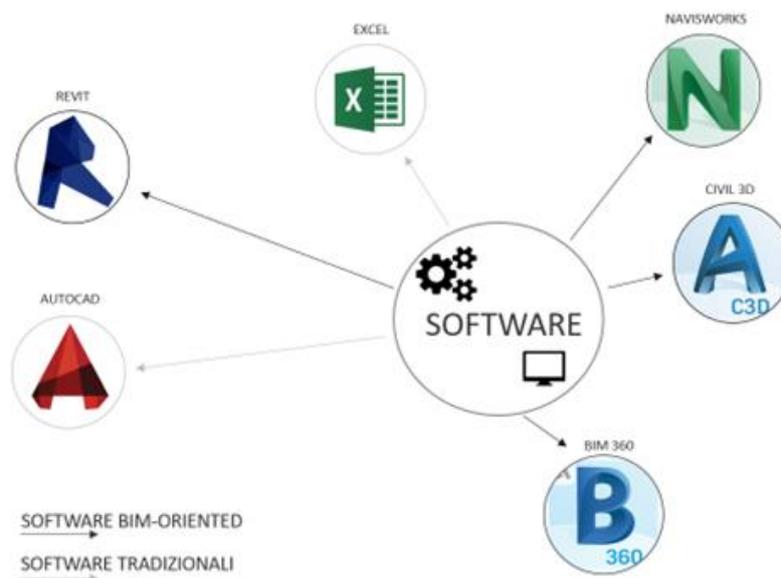


Figura 2.13 Rosa dei Software utilizzati

La modellazione parametrica sviluppata su Revit presuppone una struttura gerarchica degli elementi utilizzati nel modello. Ogni oggetto fa riferimento ad una specifica Categoria ed è inserito all'interno di essa. Attraverso questa suddivisione, il software, definisce le proprietà, potendo pertanto gestire le interazioni con altri elementi presenti nel progetto. All'interno di tali categorie, i componenti di disegno sono a loro volta organizzati in "Famiglie". Attraverso questo strumento, nel file di progetto Revit, vengono create le componenti che costituiscono il modello di una

struttura, nonché gli impianti e i componenti di dettaglio. In Revit sono disponibili tre macro-tipologie di famiglie:

- Famiglie di sistema: Utilizzate per modellare i componenti basilari di una struttura (ad esempio: Muri, Tetti, Scale, Pavimenti ecc.), dove i parametri e gli oggetti, riguardano l'ambiente di progetto (Livelli, Prospetti, Griglie), oppure le basi di sistema (Calcolo delle aree, Fasi di lavoro, ecc.). La personalizzazione di tale tipologia di famiglia è ridotta; infatti, nel creare una variante dell'oggetto, è necessario duplicarlo, in quanto deve essere identificato in modo univoco tramite attribuzione di un nuovo nome e la successiva assegnazione di valori diversi ai parametri che lo definiscono;
- Famiglie caricabili: Svolgono la funzione di replicare gli innumerevoli oggetti da inserire in un progetto; vengono definite "caricabili" poiché, a differenza delle famiglie descritte in precedenza sono memorizzate in librerie (cartelle) esterne al file di progetto e caricate al suo interno per essere poi impiegate a seconda delle necessità. Ogni oggetto creato come Famiglia caricabile, inoltre, può essere personalizzato a seconda delle necessità: l'utente può parametrizzarlo di modo che, una volta inserito nel progetto, si possano modificarne dimensioni, aspetto, componenti e materiali;
- Famiglie locali: Conosciute come "In Place Families", sono utilizzate per la modellazione di elementi specifici di un determinato progetto, di cui non è necessario creare alcuna variante in quanto possiedono delle caratteristiche di unicità e sarebbero inutilizzabili

al di fuori del disegno dove è sono state create. Anche le famiglie locali, come le famiglie di sistema, vengono salvate nel file di progetto e non esternamente.

All'interno di una Famiglia, i valori associati ai parametri che definiscono le caratteristiche dell'elemento, possono essere diversi, creando delle varianti dell'oggetto stesso. In ambiente Revit, tali varianti sono applicabili solo alle Famiglie di sistema ed alle Famiglie caricabili e sono denominate "Tipi": un esempio sono muri o pavimenti caratterizzati da stratigrafie diverse oppure serramenti di diverse dimensioni. Quando viene scelto un "Tipo" di elemento da caricare, e lo si inserisce all'interno dell'area di disegno di un file di progetto, si compie un'operazione di "creazione di un'Istanza di un Tipo di famiglia"; pertanto in Revit l'Istanza rappresenta il singolo oggetto inserito nel modello le cui caratteristiche vengono definite dal Tipo a cui appartiene, a meno che non si renda necessario impostare il valore di determinati parametri, in riferimento all'Istanza stessa; i Parametri associati devono essere impostati come "Parametri di Istanza", per cui la variazione dei valori di questo genere di parametri apporta modifiche alla sola Istanza selezionata (cioè al singolo oggetto) e non a tutte quelle presenti nel progetto benché appartenenti allo stesso Tipo.

In generale vi sono alcune criticità legate alla modellazione, che possono comportare problemi all'intero software (geometrie complesse, relazioni parametriche o vincoli multipli, viste complesse), e file collegati che rendono gravosa l'elaborazione degli oggetti. Pertanto, analizzare un

modello e le famiglie che lo compongono, avendo chiare queste criticità, permette di ottimizzarne le prestazioni.

2.7.1.2.1. Importazione/collegamento file DWG

Qualora di renda necessario collegare o importare un file DWG è importante che il numero di essi sia ridotto al minimo; prima di procedere con l'importazione è importante eliminare i dati superflui dal file DWG in AutoCAD e successivamente, una volta su Revit, andare ad individuare unicamente quelli che sono i DWG indispensabili per le analisi.

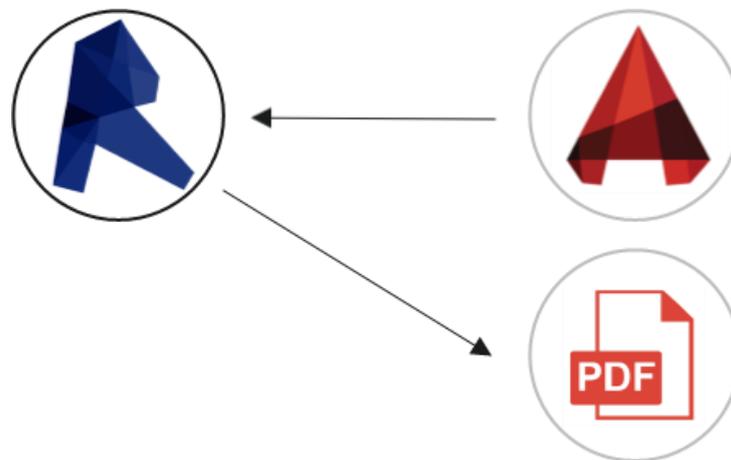


Figura 2.14 Interoperabilità tra software e formati

Un'altra accortezza è quella di non “esplodere” quanto importato da un DWG, perché così facendo ci si trova a dover elaborare un numero considerevole di singoli elementi, che comporta un notevole dispendio di tempo di elaborazione del modello che si sta sviluppando: così facendo, il file DWG viene considerato come un'unica geometria e, dunque, un unico elemento.

2.7.1.2.2. Creazione di famiglie

L'obiettivo principale nella modellazione di una famiglia risulta essere la sua ottimizzazione per la ripetizione; è importante, quindi, definire i parametri in modo da garantire l'opportunità di creare diversi "Tipi". Rispetto alla scelta della macro-tipologia di famiglia (caricabile o locale) è sempre preferibile l'utilizzo di famiglie caricabili rispetto alle famiglie locali; inoltre è consigliabile limitare, ove possibile, l'utilizzo di famiglie dettagliate, nidificate (una famiglia inserita come componente all'interno di un'altra famiglia) o i cui parametri hanno un valore determinato da matrici e/o formule.

Le famiglie parametriche, infatti, richiedono ampie potenzialità di calcolo dell'elaboratore, e dunque, è opportuno valutare attentamente l'utilizzo e servirsene solo nel caso in cui si renda indispensabile nel modello che si sta realizzando; da evitare sono anche i buchi geometrici nelle figure perché, un loro utilizzo eccessivo, comporta ulteriori aggravii nella rielaborazione del modello stesso. Nella modellazione di una famiglia, inoltre, occorre porre attenzione sull'elaborazione delle geometrie, semplificandola ove possibile; un esempio può essere la necessità, in pianta, di mostrare solamente figure semplici che richiedono minor dispendio di risorse, per cui viene consigliato di utilizzare linee anziché elementi di geometria. Un altro aspetto da controllare è la rigenerazione di famiglie che tagliano i rispettivi host, poiché, per farlo, viene richiesta una notevole quantità di risorse di elaborazione rispetto a famiglie basate su una determinata superficie senza tagliare l'host. Pertanto, nella realizzazione di una famiglia, è consigliabile valutare

l'opportunità di modellare componenti come famiglie 2D basate su famiglie di sistema; la versione 2D di una famiglia è più "leggera" circa del 20% della versione 3D. Una famiglia richiamata più volte in un modello può portare ad una notevole incidenza sul peso stesso dello stesso, perciò è importante mantenere sempre una modellazione selettiva degli oggetti, limitata alle viste nelle quali devono essere visualizzati correttamente.

In sintesi, è strettamente necessario:

"Valutare con cura quali elementi modellare. Le modalità di costruzione di singole famiglie e altre procedure di modellazione possono determinare un miglioramento delle prestazioni." (Nota tecnica sulle prestazioni dei modelli, 2023)

2.7.1.2.3. Collegamenti e condivisione del lavoro

La gestione dei collegamenti deve essere funzionale al lavoro di modellazione. Per progetti di dimensioni notevoli è utile suddividere il modello in più file di progetto separati, collegandoli successivamente attraverso uno standard di coordinamento o "federato". Questa suddivisione in genere viene effettuata per disciplina, ma, in caso di progetti di grandi dimensioni, il modello può essere suddiviso ulteriormente; in questo caso, dato che si lavora su una stessa disciplina, può essere utile organizzare l'attività con l'utilizzo di workset, creando un file centrale da cui sia possibile estrarre modelli locali, definiti in base al livello, agli interni o alle funzioni della struttura considerata.

I collegamenti provocano un aumento della richiesta di risorse di memoria necessarie per l'apertura del file; pertanto, quando un collegamento non è necessario, è consigliabile scaricarlo temporaneamente per poi caricarlo nuovamente in base alle esigenze. Se un collegamento risultasse collocato in rete, potrebbe essere opportuno eseguire l'importazione piuttosto che il collegamento. Inoltre, un altro passaggio a cui è necessario prestare attenzione è rappresentato dall'aggiornamento della versione: questa procedura, infatti, richiede una quantità di memoria maggiore rispetto all'aggiornamento di un file senza collegamenti.

2.7.1.2.4. Modellazione

La modellazione, come precedentemente affermato, deve essere selettiva, in quanto è necessario cercare di ridurre tutti gli elementi superflui che andrebbero esclusivamente a gravare sulla dimensione del file. Pertanto, tra le operazioni principali, vi è la riduzione dei particolari che, a seconda delle viste ed alle scale di output, non risulteranno visibili o utili, con la finalità di ottenere una dimensione complessiva del file di progetto non superiore ai 200 MB, suddividendo il modello nella maniera più opportuna a seconda delle discipline correlate. Per l'inserimento di famiglie di sistema, come muri o tetti, è preferibile utilizzare quelle di default poiché in una prima fase progettuale rispondono a tutte le esigenze e sono già state appositamente "alleggerite" così da non gravare eccessivamente sulle dimensioni del progetto. Altri accorgimenti,

da adottare per rendere il flusso di lavoro più agevole, sono riportati di seguito:

- ridurre al minimo l'utilizzo delle geometrie unite;
- evitare l'estensione dei muri su più livelli, in quanto si instaurano dei rapporti tra livelli con un significativo aumento del tempo di aggiornamento del modello;
- evitare di tenere caricati gruppi non necessari;
- lasciare solamente nelle viste fondamentali elementi come ringhiere o scale, che comportano un notevole appesantimento del modello;
- rimuovere le figure raster superflue, in quanto danno origine a file di grandi dimensioni e provocano la riduzione delle prestazioni.

2.7.1.2.5. Gestione modello analitico

“Un modello analitico corrisponde ad una rappresentazione 3D semplificata della descrizione tecnica completa di un modello fisico strutturale. Il modello analitico è costituito da componenti strutturali, geometria, proprietà di materiali e carichi che insieme formano un sistema di progettazione. Il modello analitico di una struttura include una serie di modelli analitici di elementi strutturali, uno per ogni elemento della struttura. Sono associati modelli analitici di elementi strutturali ai seguenti elementi: pilastri strutturali, elementi del telaio strutturale quali travi e controventi, pavimenti strutturali, muri strutturali ed elementi della platea.”
(Informazioni sul modello analitico strutturale, 2023)

Affinché si realizzi quanto sopra citato è necessario che ogni componente strutturale sia sostenuto mediante un punto di supporto, ovvero un elemento fondamentale che presenta un punto di intersezione con l'elemento supportato. Questo perché, nel modello analitico, i componenti strutturali sono rappresentati come linee ai cui estremi sono presenti dei nodi analitici. È possibile che i collegamenti di default, tra i componenti strutturali, non siano corretti per l'analisi strutturale; pertanto, è necessario aggiungere specifici collegamenti analitici per ottenere risultati accettabili; questi elementi analitici forniscono rigidità al modello senza aggiungere un oggetto fisico reale e pertanto senza incidere sulla massa.

2.7.1.2.6. Ottimizzazione MEP

Nell'ottica di un'adozione della metodologia, in un ambito non solo strutturale e architettonico ma anche impiantistico, il software Revit permette di conformare gli elementi d'impianto nei campi della meccanica, dell'elettronica e dell'idraulica; per garantire un'ottimizzazione della modellazione è necessario fare alcune considerazioni volte ad ottimizzare la procedura di creazione delle famiglie, affinché siano efficienti ed allo stesso tempo non gravino eccessivamente sulla dimensione del file di progetto. In primo luogo, nel momento di creazione di una famiglia, è necessario associare la categoria corretta rispetto ad un elemento in modo da garantirne un comportamento corretto dello stesso anche in relazione alla

compilazione dei parametri di default (diversi a seconda della categoria). La modellazione delle famiglie, anche nel caso delle discipline MEP, deve essere adeguata, senza incorrere nel rischio dell'over-Modeling; la scelta del template di famiglia .rft deve essere consapevole, in quanto un componente modellato, basato su host muro, potrà essere collocato solo su tale elemento; in generale la scelta di un template, basato su superficie, è ottimale, in quanto si configura come la scelta più flessibile poiché l'elemento può avere come host qualsiasi superficie nel file di progetto. Anche nel caso di famiglie MEP valgono le indicazioni riportate nella sezione relativa alla creazione di famiglie:

- evitare inutili relazioni tra parametri;
- eludere l'utilizzo eccessivo di vuoti, formule;
- eliminare i tipi inutilizzati che appesantiscono la famiglia;
- non sfruttare troppe famiglie nidificate, il cui limite consigliato è di 2 livelli di nidificazione.

I componenti fondamentali, nella creazione di famiglie, sono i connettori in quanto rappresentano gli elementi che rendono una famiglia MEP tale; è essenziale configurarli correttamente per assicurarne un valido comportamento. Le tipologie di connettore sono tre: connettore elettrico, connettore per condotti e connettore per tubazioni. Questi elementi vanno collocati sulla superficie dell'elemento che devono connettere con la rete. Anche i connettori hanno parametri definiti ai quali è possibile dare un valore per specificarne determinate caratteristiche.

2.7.1.3. Output e restituzione

2.7.1.3.1. Il database

Il file RVT è un database dove sono conservati i dati geometrici ed alfanumerici del progetto. Gli oggetti modellati sono parte del database e ciò permette che siano aggiornati in modo dinamico: le modifiche effettuate anche all'interno di un solo oggetto vengono riportate automaticamente in tutte le viste di modellazione. Questo database può essere esportato da Revit attraverso il formato ODBC; durante questa operazione, tra gli schemi di informazioni, vengono enunciati dei rapporti, grazie ad alcune chiavi primarie, ed alcuni valori di riferimento. Nei database di tipo relazionale una chiave primaria, etichettata "Id", determina una riga all'interno di uno schema del database. I valori di riferimento rappresentano le colonne di uno schema che fanno riferimento ad altri modelli.

2.7.1.3.2. Elaborati

Tutte le viste (2D, 3D) e gli abachi provengono dall'unico modello che viene realizzato per cui, quando si va ad apportare anche una minima modifica al modello stesso, in automatico, tutti i progetti/lavori vengono rielaborati ed aggiornati proprio perché fanno capo a quell'unico database sulla quale si sta operando.

2.7.1.3.3. Viste

In ambiente Revit, a seconda delle necessità, è possibile creare diverse tipologie di viste, tra cui quelle di pianta, di prospetto, di sezione, di dettaglio, 3D e viste di legenda; queste possono essere impostate nel template del modello, ma, nel caso in cui fossero necessarie ulteriori viste, si possono creare nella sezione apposita. Tutte le prospettive del file di progetto possono essere personalizzate agendo sullo strumento *Visibilità/Grafica*, che controlla la visualizzazione utilizzata in un dato momento, definendo quali elementi del modello (categorie, elementi importati e modelli collegati) visualizzare e secondo quale grafica. Inoltre, per rendere omogenei prospetti accomunati dallo stesso scopo, è possibile creare modelli di vista che possono essere selezionati a seconda delle necessità. Un altro elemento fondamentale è rappresentato dallo strumento *Filtro*, utile nel caso in cui determinati elementi non debbano essere visualizzati: possono includere una o più categorie e, nella definizione delle regole di filtro, sono disponibili i parametri comuni a tutte le categorie incluse all'interno di esso.

2.7.1.3.4. Abachi

“Un abaco è una raccolta di informazioni estratte dalle proprietà degli elementi di un progetto e visualizzate in una tabella. In un abaco è possibile elencare tutte le istanze del tipo di elemento che si intende inserire, oppure comprimere più istanze in un'unica riga in base ai criteri di

raggruppamento dell'abaco." (AUTODESK REVIT: COME PROGETTARE LE RISTRUTTURAZIONI IN MANIERA INTELLIGENTE, 2023)

Gli abachi possono essere esportati quando necessario e, proprio perché rappresentano una vista dei parametri alfanumerici, sono completati in maniera automatica in modo da rappresentare le modifiche alle proprietà dei componenti di costruzione del progetto. Gli abachi possono essere inseriti nelle tavole di progetto, esportati in un ulteriore progetto e possono delineare ed usare chiavi per digitalizzare l'addizione di dati uguali sugli abachi e, pertanto, inserire automaticamente delle informazioni riducendo così i tempi di creazione dell'abaco.

2.7.1.3.5. Tavole

Le tavole sono anch'esse viste, create appositamente per la produzione di elaborati grafici, a cui possono essere aggiunte viste (di pianta, tridimensionali), abachi, e di cui è possibile amministrarne i controlli. Al termine della realizzazione documentaria edilizia in Revit, si possono imprimere le tavole o divulgare in un altro formato, così da permetterne il controllo in modalità elettronica. È inoltre possibile, nel caso in cui si rendesse necessario oppure nel caso in cui una consegna preveda anche tale formato, esportarle in formato DWG per un'importazione su dedicati software di grafica (es. Illustrator).

2.7.2. Definizione Tutor aziendale

Trattandosi di un ambito complesso e ricco di sfaccettature, si intuisce immediatamente che il team di lavoro dell'azienda necessita di un supporto nelle fasi iniziali dell'adozione della metodologia al fine di avviare un percorso di produzione ottimizzato ed efficiente.

Viene quindi incaricato un consulente esterno che si occupi di:

- impostazione ACDat per il lavoro coordinato tramite condivisione Cloud (ACC);
- impostazioni di avvio su progetto, template Revit;
- analisi puntuale delle attività di modellazione e gestione attributi informativi;
- analisi interferenze e controllo attività;
- attività di supporto al team di lavoro.

Il consulente esterno ha un costo, a corpo, pari a 6.000 € e fornirà le istruzioni necessarie all'azienda fino all'emissione del primo progetto pilota.

3. Analisi costi/benefici adozione metodologia

BIM

Dall'analisi dei costi sostenuti dall'azienda è emerso quanto riassunto in **Figura 3.1 Sintesi costi attivi annui ed "UNA TANTUM" per adozione metodologia BIM.**

Riepilogo costi da sostenere per adozione metodologia BIM					
Voce di costo	Costo unitario "annuo"	Costo unitario "UNA TANTUM"	Numero figure coinvolte	Costo totale "annuo"	Costo totale "UNA TANTUM"
• Software					
Autodesk AEC Collection	1.029,30 €/anno		7	7.205,10 €/anno	
Autodesk Construction Cloud	540,10 €/anno		6	3.240,60 €/anno	
• Hardware					
Workstation	500,00 €/anno		7	3.500,00 €/anno	
• Formazione					
Introduzione al BIM		190 €/cadauno	15		2.850,00 €
Corso Autodesk Revit BASE		380 €/cadauno	7		2.660,00 €
Corso Autodesk Revit MEP		380 €/cadauno	7		2.660,00 €
• Tutoraggio su progetto pilota					
Consulente esterno					6.000 €
Totale costi da sostenere:	2.069,40 €/anno	950 €/cadauno		13.945,70 €/anno	14.170,00 €

Figura 3.1 Sintesi costi attivi annui ed "UNA TANTUM" per adozione metodologia BIM

Si specifica, però, che i costi indicati non sono tutti quelli che l'azienda deve sostenere per convertire e, successivamente, amministrare l'ufficio tecnico, ma sono quelli straordinari rispetto ai costi sostenuti ordinariamente nella pratica professionale (in particolare in merito ai costi dell'Autodesk AEC Collection ed a quelli della Workstation che sono scalati dei costi di Autodesk AutoCAD e del Laptop attualmente in dotazione alle figure coinvolte). Dall'analisi della tabella sopra riportata si denota come l'investimento da realizzare non sia indifferente.

Si parla infatti di un aggravio dei costi di gestione aziendali pari a circa 2.000 € all'anno per ogni componente dell'ufficio tecnico oltre ad un investimento iniziale di circa 1.000 € per lo svolgimento di corsi di formazione specifici per l'utilizzo della metodologia BIM applicata ad impianti MEP.

È fondamentale evidenziare come i costi di formazione, nel caso in cui vi fosse un incremento o una sostituzione nel personale interessato, possano essere evitati andando ad investire su una figura professionale già operante con questa metodologia o che abbia effettuato un percorso di studi che comprenda lo studio di questa metodologia. Andando ad analizzare la situazione dell'intero ufficio tecnico, per poter indirizzare correttamente il team, l'azienda dovrà predisporre un budget di circa 28.000 €, suddivisi tra costi di formazione, costi annuali di gestione e mantenimento degli strumenti necessari; infatti ai primi 14.000 € di partenza andranno a sommarsi ulteriori 14.000 € di spesa annua.

Quelli sopra esposti risultano essere esclusivamente i costi diretti di introduzione alla metodologia, ovvero quelli che si possono calcolare dall'analisi dei preventivi ricevuti. Non è però sufficiente prendere in considerazione solamente quelle che sono le spese effettive che si andranno a sostenere, ma occorre anche effettuare un'analisi circa la mancata produttività del team rispetto a quello che è il normale regime lavorativo. Tali costi andranno sommati direttamente a quelli presentati in precedenza per concludere la valutazione della spesa che l'azienda deve sostenere.

3.1. Costo indiretto corsi formazione

Il primo costo indiretto che si può individuare, è quello da sostenere per la retribuzione del personale durante la frequenza ai corsi di formazione. Considerando un costo aziendale orario medio di un impiegato pari al 185% della paga oraria netta del lavoratore ed una paga oraria media di 12,00 €/ora, risulta che, all'ora, un impiegato con l'inquadramento sopra indicato costa all'azienda 22,20 €/ora, dunque:

- Introduzione al BIM (16 ore): 15 persone – 16 h x 15 persone x 22,20 €/h = 5.328,00 €
- Corso Autodesk Revit BASE (32 ore): 7 persone – 32 h x 7 persone x 22,20 €/h = 4.972,80 €
- Corso Autodesk Revit MEP (32 ore): 7 persone – 32 h x 7 persone x 22,20 €/h = 4.972,80 €

In totale, dunque, per far sì che il personale designato frequenti i corsi necessari, occorrerà tenere conto di un investimento di:

$$5.328,00 \text{ €} + 4.972,80 \text{ €} + 4.972,80 \text{ €} = 15.273,60 \text{ €}$$

La spesa sarà a carico dell'azienda unicamente per la retribuzione degli impiegati durante le ore di frequenza ai corsi. Al fine di non gravare ulteriormente sulla produttività aziendale, viene deciso di svolgere i corsi di formazione al di fuori dell'orario lavorativo standard, in questo modo, almeno in questa fase, la produzione degli impiegati tecnici rimane invariata.

3.2. Costo indiretto tutoraggio

L'azienda, soprattutto durante la fase del tutoraggio, subisce l'impatto di costi indiretti che derivano dal fatto che il personale dell'ufficio tecnico non è ancora professionalmente in grado di modellare un progetto in autonomia e non ha ancora maturato la sicurezza necessaria.

Di fatto, i corsi di formazione permettono di fondare le basi per quanto riguarda gli aspetti teorici della metodologia, ma ben diversa è poi l'applicazione di quanto appreso.

3.2.1. Costo orario aziendale

È necessario, dapprima, individuare la spesa aziendale effettiva di un'ora di lavoro di un impiegato tecnico includendo il pacchetto della strumentazione a suo corredo.

Il costo orario risulta calcolabile in:

$$C_{tecnico_h} = C_{paga_h} + C_{automezzo_h} + C_{software_h} + C_{hardware_h} + C_{spesevarie_h}$$

Dove:

- $C_{tecnico_h}$: è il costo complessivo di un'ora di lavoro di un responsabile tecnico azienda medio;
- C_{paga_h} : caratterizza il costo orario lordo dello stipendio che, come già precedentemente anticipato, è pari a 22,20 €/h;

- $C_{automezzo_h}$: indica il costo orario dell'automezzo di servizio. Siccome ogni tecnico aziendale ha in dotazione un'autovettura, indispensabile per gli spostamenti ufficio-cantiere, anch'essa influisce sul costo orario; quindi, ipotizzando una spesa mensile pari a 500 €/mese per l'automezzo, comprensiva di tutti gli oneri ad esso associati (assicurazione, bollo, carburante, ecc...) risulta che, considerando mediamente 21 giorni lavorativi al mese, il costo orario per l'automezzo sia pari a:

$$C_{automezzo_h} = \frac{C_{automezzo_{mese}}}{(gg_{medi_{mese}} \cdot h_{gg_{lavorative}})}$$

$$= \frac{500 \text{ €/mese}}{(21 \text{ gg/mese} \cdot 8 \text{ h/gg})} = 2,98 \text{ €/h}$$

- $C_{software_h}$: individua il costo orario del software che viene fornito in dotazione al tecnico. Ed è ricavabile dal costo annuo, precedentemente individuato, ovvero 3.390,00 €/anno per il pacchetto AEC Collection e 540,10 €/anno per il pacchetto Autodesk Construction Cloud. Risulta, dunque, un costo orario per il software pari a:

$$C_{software_h} = \frac{C_{software_{anno}}}{(mm_{medi_{anno}} \cdot gg_{medi_{mese}} \cdot h_{gg_{lavorative}})} =$$

$$\frac{(3.390,00 + 540,10) \text{ €/mese}}{(12 \text{ mesi/anno} \cdot 21 \text{ gg/mese} \cdot 8 \text{ h/gg})} =$$

$$1,95 \text{ €/h}$$

- $C_{hardware_h}$: determina il costo orario dell'hardware che viene fornito in dotazione al tecnico, elaborato dal costo mensile

precedentemente individuato, ovvero 114,50 €/mese. Risulta, dunque, un costo orario per l'hardware pari a:

$$C_{hardware_h} = \frac{C_{hardware_mese}}{(gg_{medi_mese} \cdot h_{gg_lavorative})} =$$

$$114,50 \text{ €/mese} / (21 \text{ gg/mese} \cdot 8 \text{ h/gg}) = 0,68 \text{ €/h}$$

- $C_{spesevarie_h}$: che indica il costo orario relativo alle spese varie che, durante la regolare attività professionale, si rendono necessarie (rappresentano quei costi che vanno ad influire sulle spese di gestione dell'ufficio, come per esempio le bollette, la cancelleria, ecc.). Questo dato può essere estrapolato dai bilanci aziendali e, in questo specifico caso, risulta pari a circa 2.000 €/anno. Pertanto, il costo orario per spese varie risulta pari a:

$$C_{spesevarie_h} = \frac{C_{spesevarie_h}}{(mm_{medi_anno} \cdot gg_{medi_mese} \cdot h_{gg_lavorative})}$$

$$= \frac{2.000,00 \text{ €/mese}}{(12 \text{ mesi/anno} \cdot 21 \text{ gg/mese} \cdot 8 \text{ h/gg})}$$

$$= 0,99 \text{ €/h}$$

Riepilogando, un impiegato tecnico medio, che utilizza la metodologia BIM, costa all'azienda un totale di:

$$C_{tecnico_h_BIM} = C_{paga_h} + C_{automezzo_h} + C_{software_h_BIM} + C_{hardware_h_BIM}$$

$$+ C_{spesevarie_h}$$

$$= 22,20 \text{ €/h} + 2,98 \text{ €/h} + 1,95 \text{ €/h} + 0,68 \text{ €/h} + 0,99 \text{ €/h}$$

$$= 28,80 \text{ €/h} \sim 29,00 \text{ €/h}$$

Attualmente, invece, i tecnici adoperanti AutoCAD, costano all'azienda:

$$\begin{aligned}C_{tecnico_h_CAD} &= C_{paga_h} + C_{automezzo_h} + C_{software_h_CAD} + C_{hardware_h_CAD} \\ &+ C_{spesevarie_h} \\ &= 22,20 \text{ €/h} + 2,98 \text{ €/h} + 1,58 \text{ €/h} + 0,41 \text{ €/h} + 0,99 \text{ €/h} \\ &= 28,16 \text{ €/h} \sim 28,10 \text{ €/h}\end{aligned}$$

Come si può osservare, l'influenza dei costi di utilizzo delle nuove strumentazioni (hardware e software) non va a stravolgere quello che è il costo orario effettivo di ogni figura; infatti, la spesa subisce un aumento di circa 1 €/h per ciascuna figura, che corrisponde a circa il 3,2% dell'attuale costo orario. Ciò che invece ha un impatto maggiore sull'azienda è ciò che andremo ora ad analizzare, ovvero il costo legato all'incremento dei tempi di realizzazione degli elaborati necessari per la commessa.

3.2.2. Fattore di produzione (f_{PROD}) durante il tutoraggio

Non avendo ancora predisposto quelli che sono i modelli di riferimento, i template e tutti i vari standard che permetteranno in futuro di poter snellire la fase di progettazione e, non avendo ancora dimestichezza con i nuovi software, è necessario dunque tenere in conto, nel calcolo dei costi da sostenere, dei "rallentamenti" di produzione degli elaborati da parte dei responsabili tecnici di cantiere.

In base alle informazioni reperite dal consulente esterno, esperto in materia BIM, si ipotizza un tempo pari ad un anno prima di poter avere un riscontro effettivo sulle effettive capacità e conoscenze acquisite dall'ufficio tecnico, in modo che possa definirsi autonomo e produttivo

mediante l'utilizzo della nuova metodologia introdotta e paragonabile ai livelli di produttività ante-BIM. Si può ipotizzare che, per i primi sei mesi, il livello di produttività scenda ad un terzo della produttività attuale, questo legato al fatto che occorre molto tempo per sviluppare l'ambiente di progettazione (template, famiglie di parametri, abachi, ecc...), mentre nei successivi sei mesi la produttività andrà via via aumentando per portarsi, ad un anno dall'inizio del processo, al livello atteso a regime.

Questo, in altre parole, significa che nell'elaborazione del medesimo progetto "x" che richiede alla figura che utilizza la metodologia tradizionale un numero "n" di ore, adottando la metodologia BIM vengono richieste "3n" ore di lavoro per la consegna alla committenza degli stessi elaborati. Dopo un periodo di circa 6 mesi di pratica con la nuova strumentazione, i tempi di realizzazione inizieranno a ridursi fino ad arrivare ad avere una capacità produttiva che pareggia quella esistente. In **Figura 3.2** *Andamento produttività/tempo primo anno introduzione BIM* è riportato quanto descritto in precedenza.

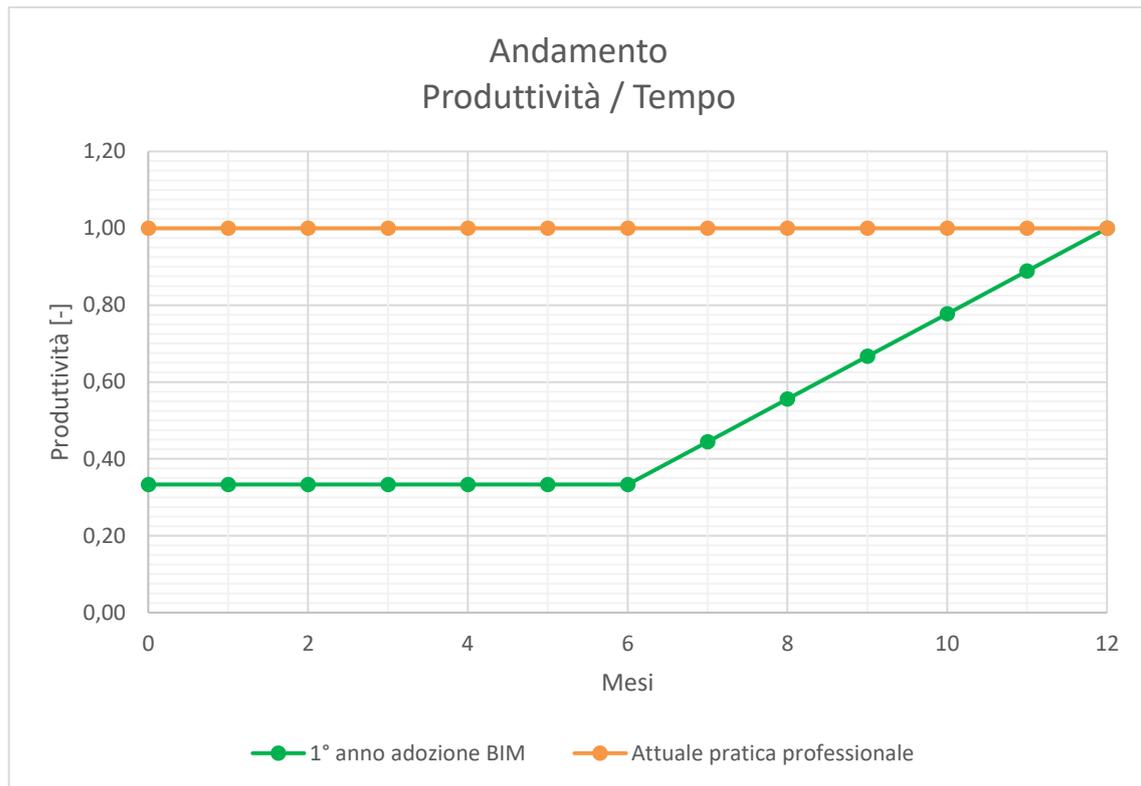


Figura 3.2 Andamento produttività/tempo primo anno introduzione BIM

Per poter individuare quello che è l’investimento che l’azienda dovrà sostenere per affrontare questo rallentamento nel rendimento produttivo dell’ufficio tecnico, è necessario quantificare meglio queste grandezze e sviluppare un’analisi circa la produzione nel tempo ed i relativi costi associati. Un elemento utile, per poter monitorare la produttività della singola figura, è quella del fattore di produzione (f_{PROD}) che risulta semplicemente l’inverso dell’indice di produttività precedentemente esposto, e che aiuta a quantificare meglio il livello di produttività. Siccome il valore del fattore di produzione indica il numero di ore necessarie al conseguimento dello stesso risultato che si raggiungerebbe in un’ora di lavoro sfruttando l’attuale pratica professionale, ecco che risulta:

$$f_{PROD} = \frac{1}{PRODUTTIVITA'}$$

La **Figura 3.3** Andamento fattore di produzione/tempo primo anno introduzione BIM mostra la variazione del fattore di produttività nel primo anno di introduzione della metodologia BIM in base ai parametri precedentemente stabiliti.

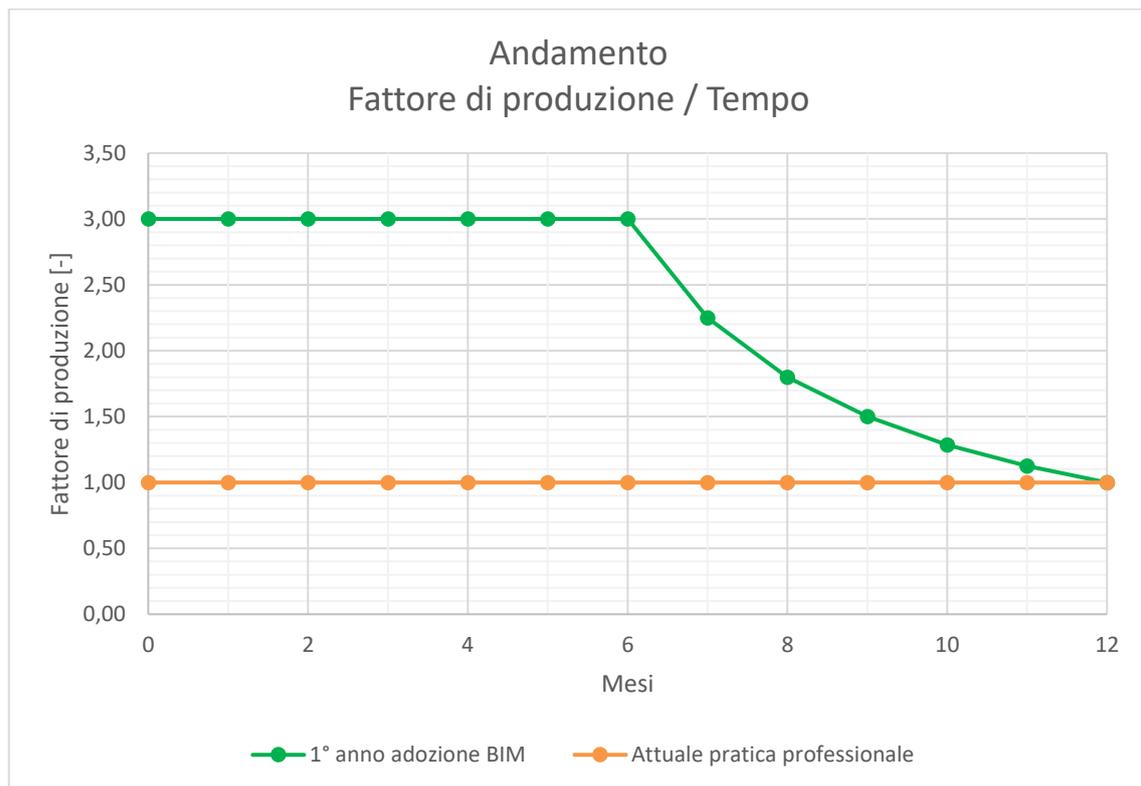


Figura 3.3 Andamento fattore di produzione/tempo primo anno introduzione BIM

3.2.3. Costo giornaliero aziendale

Altro aspetto da tenere in considerazione, per poter valutare il costo giornaliero di ogni responsabile tecnico, è che l'utilizzo di tali strumenti non avviene per l'intera giornata lavorativa, ma si presuppone un utilizzo pari a due terzi di essa. Le esigenze aziendali richiedono che per circa 3 ore su 8 i tecnici si occupino di altre attività (ad esempio eseguono sopralluoghi o riunioni), mentre il tempo dedicato alla modellazione risulta essere mediamente pari a 5 ore su 8. Si può dunque considerare di dividere in due momenti distinti l'analisi dei costi legati all'improduttività.

- I PRIMI SEI MESI

Durante i primi sei mesi si è stabilito che la produttività del singolo tecnico possa scendere ad 1/3 di quella attuale. Tale diminuzione, come anticipato prima, va quantificata solamente sul tempo trascorso alla modellazione e non sull'intera giornata lavorativa; risulta quindi che, attualmente, in una normale giornata lavorativa l'azienda subisce un costo medio per figura coinvolta pari a:

$$C_{tecnico_gg_CAD} = 28,10 \text{ €/h} \cdot 8 \text{ h/gg} = 224,80 \text{ €/gg}$$

Pertanto, nell'arco dei primi 6 mesi, nel caso in cui si fosse mantenuta l'attuale pratica professionale, il costo sarebbe stato di:

$$C_{tecnico_1^\circ SEM_CAD} = 224,80 \text{ €/gg} \cdot 126 \text{ gg/SEM} = 28.324,80 \text{ €/SEM}$$

Durante i primi mesi di utilizzo di questa nuova tecnica di modellazione, invece, riducendosi la produttività ad 1/3, risulta che le 5 ore

al giorno utilizzate attualmente per la progettazione necessitano ora di 15 ore per raggiungere gli stessi obiettivi, ecco dunque che risulta:

$$C_{tecnico_gg_BIM} = 29,00 \text{ €/h} \cdot [3 \text{ h/gg} + (3 \cdot 5 \text{ h/gg})] = 522,00 \text{ €/gg}$$

Che portano ad un costo relativo al primo semestre pari a:

$$C_{tecnico_1^{\circ} SEM_{BIM}} = 522,00 \text{ €/gg} \cdot 126 \text{ gg/SEM} = 65.772,00 \text{ €/SEM}$$

- I SECONDI SEI MESI

Durante gli ulteriori sei mesi, invece, non si registra più la diminuzione costante della produttività, bensì un graduale aumento fino a giungere a fine dell'anno al pareggiamento della normale produttività nella pratica quotidiana attuale.

Risulta quindi che:

$$C_{tecnico_gg_BIM}(gg) = 29,00 \text{ €/h} \cdot [3 \text{ h/gg} + (f_{PROD}(gg) \cdot 5 \text{ h/gg})]$$

Nell'equazione riportata si indica con $f_{PROD}(gg)$ il fattore di produzione che, come analizzato in precedenza, è una grandezza adimensionale che varia da un valore di 3 al primo giorno del secondo semestre, fino ad arrivare ad 1 all'ultimo giorno del semestre, ovvero alla fine dell'anno necessario per raggiungere la produttività di partenza.

Il Fattore di produzione può dunque essere espresso come:

$$f_{PROD}(gg) = 5 - \frac{1}{63} gg$$

Dove con “gg” si è indicato il giorno dell’anno in cui si vuole valutare il fattore di produttività. Il costo del secondo semestre, non essendo più una costante, si può calcolare come area sottesa al grafico $C_{tecnico_gg_BIM}(gg) / gg$, riportato in figura e risulta essere pari a:

$$\begin{aligned} C_{tecnico_2^\circ SEM_BIM} &= \frac{[C_{tecnico_gg_BIM}(gg = 126) + C_{tecnico_gg_BIM}(gg = 252)] * gg}{2} \\ &= \frac{\{29,00 \text{ €/h} \cdot [3 \text{ h/gg} + (3 \cdot 5 \text{ h/gg})] + 29,00 \text{ €/h} \cdot [3 \text{ h/gg} + (1 \cdot 5 \text{ h/gg})]\} * 126}{2} \\ &= 47.502,00 \text{ €/SEM} \end{aligned}$$

Mentre nel caso si fosse mantenuta la pratica attuale, il costo ottenuto sarebbe stato pari a:

$$C_{tecnico_2^\circ SEM_CAD} = 224,80 \text{ €/gg} \cdot 126 \text{ gg/SEM} = 28.324,80 \text{ €/SEM}$$

In **Figura 3.4** Andamento costo giornaliero Tecnico/tempo primo anno introduzione BIM è rappresentato graficamente il costo giornaliero aziendale per ciascuna figura coinvolta nel processo di adozione.

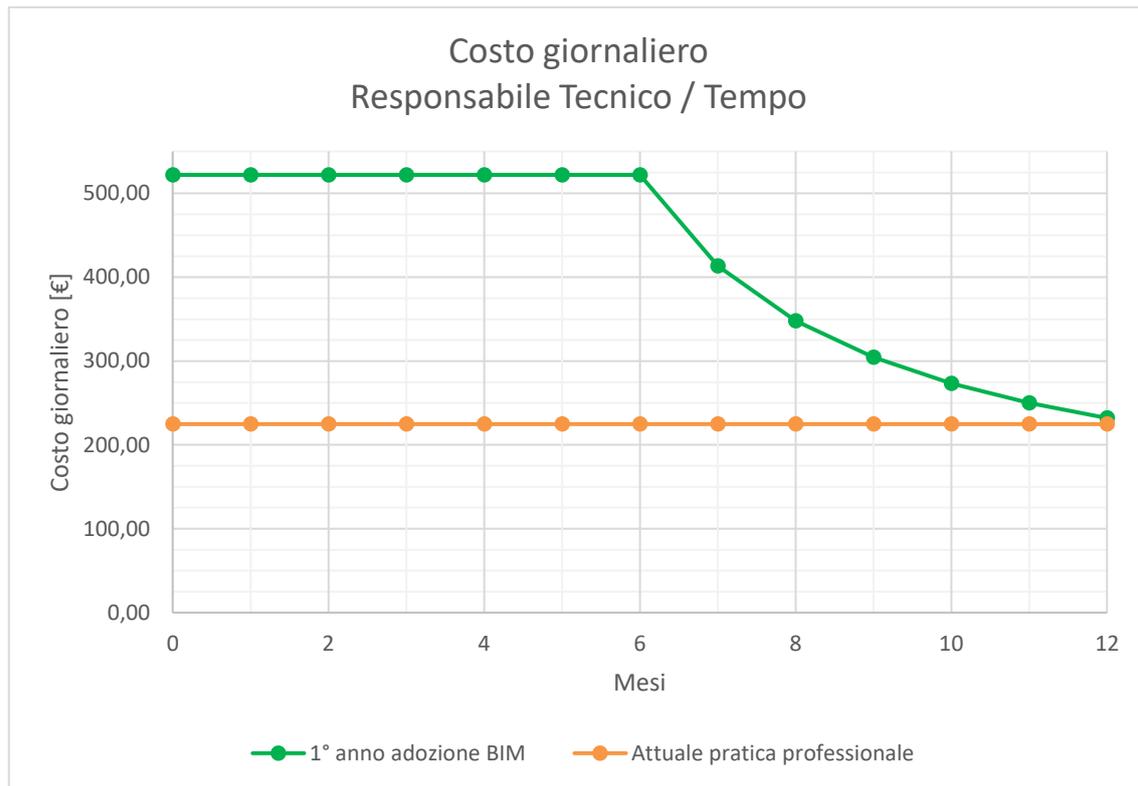


Figura 3.4 Andamento costo giornaliero Tecnico/tempo primo anno introduzione BIM

3.2.4. Costo cumulativo annuale

Si può ora concludere l'analisi relativa ai costi indiretti legati al tutoraggio e quelli relativi alla formazione pratica del personale interessato, andando a valutare quale è la differenza tra i costi che l'azienda avrebbe sostenuto per il singolo tecnico nel caso in cui avesse mantenuto l'attuale prassi professionale e quelli che invece andrà a sostenere con l'introduzione della nuova metodologia di modellazione BIM.

Risulta quindi che:

$$\begin{aligned}
 C_{tecnico_anno_CAD} &= C_{tecnico_1^\circ SEM_CAD} + C_{tecnico_2^\circ SEM_CAD} \\
 &= 2 SEM/anno \cdot 28.324,80 \text{ €/SEM} = 56.649,60 \text{ €/anno}
 \end{aligned}$$

$$C_{tecnico_1^\circ anno_BIM} = C_{tecnico_1^\circ SEM_BIM} + C_{tecnico_2^\circ SEM_BIM}$$

$$= 65.772,00 \text{ €/SEM} + 47.502,00 \text{ €/SEM} = 113.274 \text{ €/anno}$$

Per ogni tecnico coinvolto nel processo di aggiornamento, l'azienda dovrà mettere in conto, per il primo anno dall'avvio del processo, una spesa indiretta legata alla mancata produttività iniziale pari a:

$$\Delta C_{tecnico_1^\circ anno_BIM} = C_{tecnico_1^\circ anno_BIM} - C_{tecnico_anno_CAD}$$

$$= 113.274,00 \text{ €/anno} - 56.649,60 \text{ €/anno} = 56.624,40 \text{ €/anno}$$

Che riportato a tutte le figure che vengono coinvolte nell'azienda, si ottiene un costo indiretto relativo al prolungarsi dei tempi di produzione pari a:

$$C_{aziendale_prod_1^\circ anno_BIM} = 7 \cdot \Delta C_{tecnico_1^\circ anno_BIM} = 7 \cdot 56.624,40 \text{ €/anno}$$

$$= 396.370,80 \text{ €/anno}$$

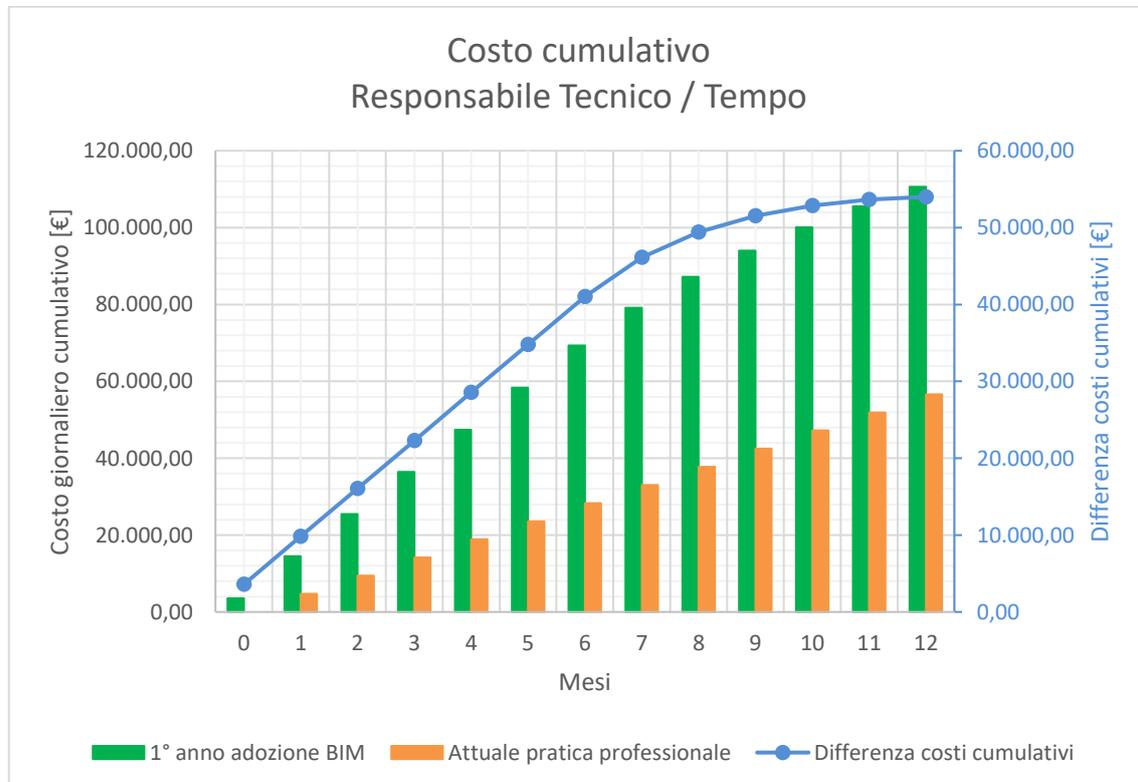


Figura 3.5 Andamento costo cumulativo Tecnico/tempo primo anno introduzione BIM

In **Figura 3.5** Andamento costo cumulativo Tecnico/tempo primo anno introduzione BIM è rappresentato l'aumento annuo cumulativo dei costi giornalieri di un singolo Responsabile Tecnico. Per poter visualizzare meglio l'andamento della differenza dei costi è stata anche riportata la differenza tra di essi con apposita linea di tendenza.

3.3. Benefici attesi dopo tutoraggio

Ultimata l'analisi dei costi per l'adozione della metodologia, si tratta ora di valutare quelli che sono i benefici attesi, per poter effettuare una valutazione finale circa la fattibilità economica dell'operazione. Tale procedura è infatti basata sul requisito che, una volta raggiunta l'autonomia di progettazione e realizzazione del personale tecnico, si possa ottimizzare il processo aziendale per ottenere un risparmio effettivo dei tempi di produzione sfruttando a pieno tutte le potenzialità di questa metodologia.

I benefici a cui si vuole mirare sono:

- Efficientamento della progettazione: la progettazione subirà una riduzione dei tempi in quanto non sarà più necessario produrre ogni singola vista per gli elaborati richiesti, ma, sfruttando il modello realizzato, si potranno generare in automatico tutte le viste, gli abachi ed anche il computo metrico;
- Modellazione 3D dell'impianto: questo è un aspetto cruciale per cui si ottiene un risparmio considerevole di tempo nella

progettazione. La modellazione 3D dell'impianto, eseguita su un modello gemello di quello che si va a realizzare, permette di eseguire, a priori, una modellazione virtuale che potrà essere replicata perfettamente in cantiere e che permetterà di ridurre la fase di elaborazione as-built. Nell'attuale pratica professionale, infatti, realizzando i progetti in 2D e utilizzando simboli convenzionali per indicare i vari elementi che vanno a definire l'impianto, è prassi elaborare un progetto definitivo e, successivamente, esecutivo che non tengono però conto degli ingombri reali ed effettivi dei vari elementi che si andranno ad installare. Utilizzando invece una modellazione precisa e rispettosa di quella che è la realtà, l'elaborato as-built può essere generato prima ancora della realizzazione stessa dell'impianto;

- Interoperabilità: l'utilizzo di un CDE permette ai diversi professionisti incaricati della realizzazione di un progetto, di lavorare in tempo reale sullo stesso modello e, in base alle proprie specializzazioni, realizzare le diverse parti dell'impianto ottimizzando i tempi di progettazione poiché non è necessario assemblare repliche dello stesso modello ogni volta che viene fatta una modifica o un'integrazione. Ogni professionista tecnico aziendale avrà il modello aggiornato in tempo reale secondo le operazioni eseguite da tutto il team;
- Possibilità di assemblaggio preventivo: modellando l'impianto fedelmente alla realtà è possibile prevedere quelli che saranno i componenti che dovranno essere concepiti, eventualmente

realizzandoli nel proprio magazzino, con la certezza che gli interventi effettuati (i tagli, le saldature, le piegature, ecc...) corrispondano a quelli necessari per installare l'impianto in cantiere. Questa pratica permette un notevole risparmio in termini di tempi di realizzazione, infatti vengono eliminati gli spostamenti, non previsti in precedenza, che altrimenti si renderebbero necessari tra cantiere e sede o tra cantiere e magazzino di forniture per l'approvvigionamento di componenti;

- Realizzazione database as-built dinamico: grazie alle potenzialità offerte da questa metodologia, è possibile racchiudere in un unico documento il modello BIM dell'opera realizzata e tutta la documentazione a corredo di una consegna alla committenza:
 - ✓ i certificati di collaudo delle componenti installate;
 - ✓ i libretti di uso e manutenzione;
 - ✓ il piano di manutenzione ordinaria stesso previsto dal produttore.

Quanto sopra può essere inserito all'interno del database as-built dinamico che può essere implementato ed integrato da ogni tecnico che lo utilizza: quest'integrazione di dati evita il crearsi di strade parallele in cui la stessa documentazione viene estrapolata ed inviata da figure diverse senza correlarsi l'un l'altra. Un altro aspetto fondamentale, in grado di rendere più efficiente la fase di progettazione, è che il fornitore

stesso, può fornire, unita a tutta la documentazione attestante la validità del componente proposto, la modellazione BIM dell'oggetto, completa di tutti quei dettagli che egli stesso è in grado di fornire al progettista fin dalla fase di modellazione dell'impianto semplificando in questo modo l'inserimento dell'elemento e di tutte le sue caratteristiche all'interno del modello.

Come mostrato dunque, i benefici attesi, non si limitano unicamente ad un risparmio in termini di progettazione, o all'aumento di produttività del singolo tecnico, ma comportano vantaggi anche per quanto concerne il processo di realizzazione dell'intera dell'opera.

3.3.1. Valutazione F_{PROD} dopo il tutoraggio

Volendo quantificare inoltre il periodo necessario per ammortizzare l'investimento in chiave puramente progettuale, bisogna definire quale sia il valore del "Fattore di produzione" nel tempo, ossia verificare di quanto si riducono i tempi (e di conseguenza i costi aziendali) di progettazione e realizzazione per avere il ritorno economico che permetta all'azienda di rientrare dell'investimento iniziale e, successivamente, di poter trarne un vantaggio economico a lungo termine. Per fare ciò, si è tenuto conto di quanto emerge dal report annuale prodotto da ASSOBIM (importante ed autorevole associazione in materia BIM), che nel 2021 mostra:

“L’86% del campione – il 6% in più rispetto al 2020 – si dichiara convinto che l’adozione del BIM sia in grado di contribuire fortemente (fino a un terzo in meno) alla riduzione del costo iniziale di costruzione e dei costi relativi all’intero ciclo di vita dell’edificio, nonché alla riduzione (fino al 50% in meno) del tempo complessivo di realizzazione dell’opera, dall’avvio al completamento dei lavori. Altrettanto significativo l’apprezzamento manifestato dal campione in rapporto a un altro punto di forza della metodologia BIM, vale a dire la capacità di ridurre le varianti in cantiere per risolvere interferenze e difetti di progettazione, tema che registra un ampio consenso fra gli operatori interpellati (oltre il 75%).” (ASSOBIM, 2022)

4 – Quale ruolo avrà il BIM nel conseguimento di specifici risultati

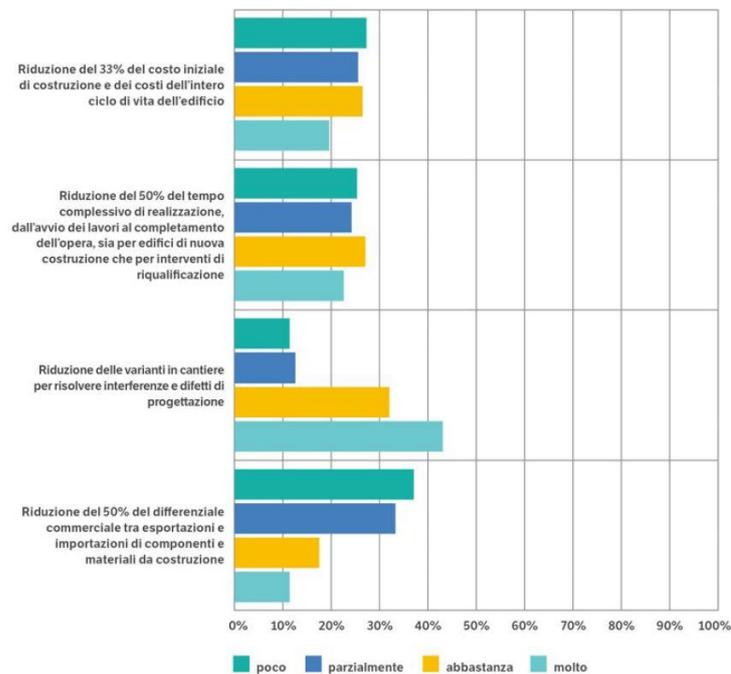


Figura 3.6 Ruolo del BIM nel conseguimento di specifici risultati

Fonte: ASSOBIM, “BIM REPORT 2021”.

In base a quanto anticipato e come mostrato in **Figura 3.6 Ruolo del BIM nel conseguimento di specifici risultati** si decide cautelativamente, di proiettare l’analisi dei costi al secondo anno con un fattore di produzione

che incrementa fino al 0,83 (20% di produttività in più rispetto all'approccio tradizionale attualmente in uso) ed alla fine del terzo anno ad un fattore di produttività pari a 0,75 (33% di produttività in più rispetto all'approccio tradizionale attualmente in uso).

3.3.2. Beneficio giornaliero aziendale

In questo modo, andando ad agire sui grafici precedentemente sviluppati si ottiene che l'andamento della produttività nel tempo risulta come da **Figura 3.7** *Andamento produttività/tempo a regime introduzione BIM.*

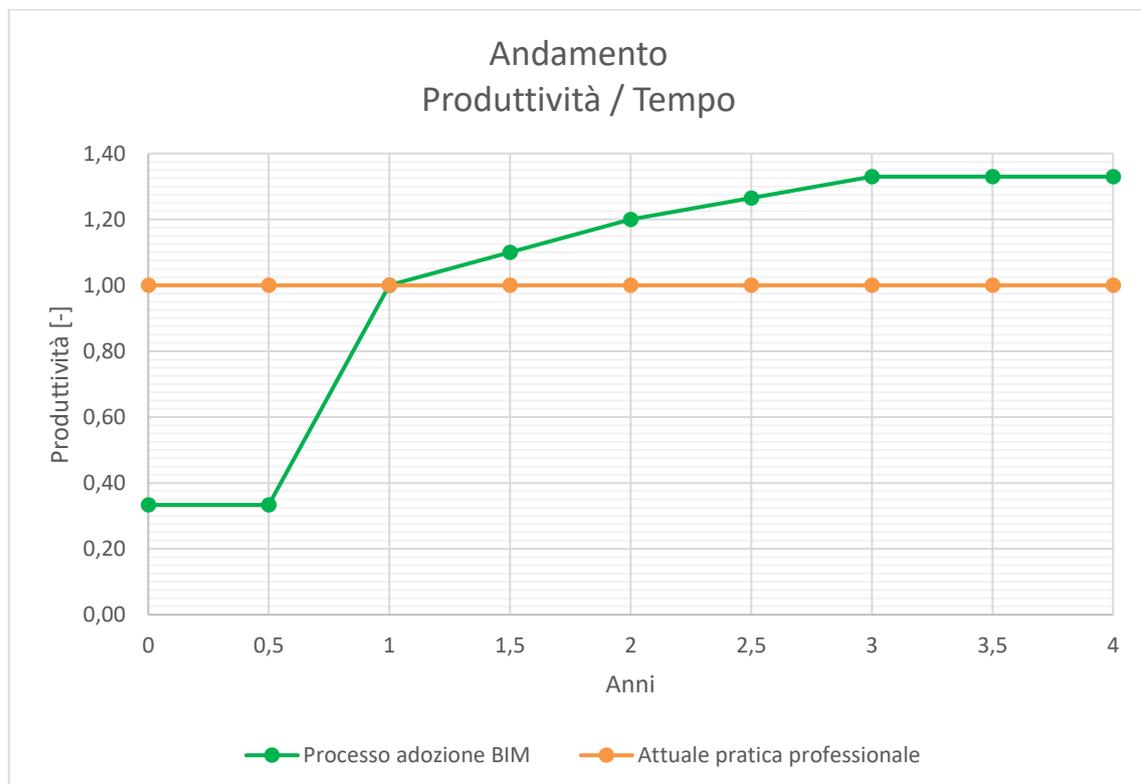


Figura 3.7 *Andamento produttività/tempo a regime introduzione BIM*

Si può dunque procedere col ricavare il fattore di produzione come inverso della produttività, come rappresentato in **Figura 3.8** *Andamento Fattore di produzione/tempo a regime introduzione BIM.*

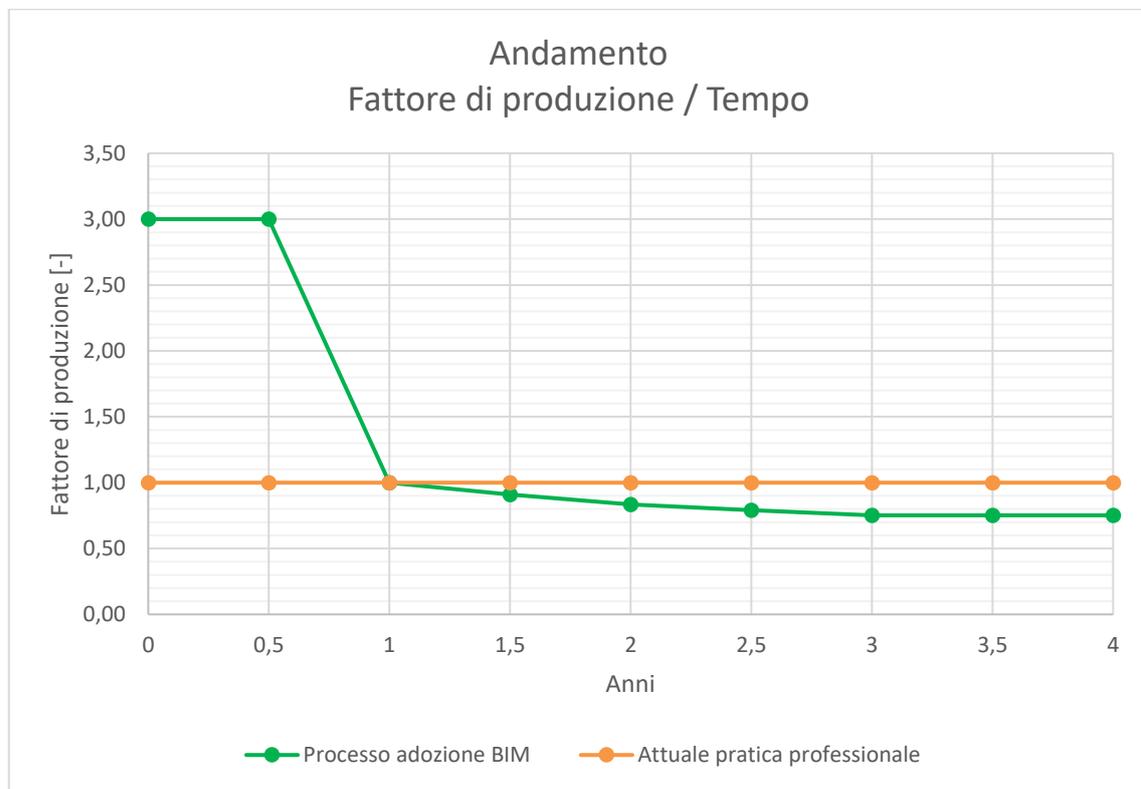


Figura 3.8 *Andamento Fattore di produzione/tempo a regime introduzione BIM*

Avendo noto l'andamento del Fattore di produzione nel tempo, è possibile ricavare quello che è il costo giornaliero di ciascuna figura componente l'ufficio tecnico aziendale sempre in funzione del tempo trascorso dall'inizio dell'adozione. Come indicato in precedenza, esso è dato dall'amplificazione e/o dalla riduzione delle ore effettive che devono essere spese per sviluppare un determinato progetto; tale andamento è legato strettamente al valore del fattore di produzione che, se maggiore di 1 provocherà un aumento delle ore richieste, mentre se inferiore ad 1, come accade al primo anno dall'introduzione della metodologia, porterà

ad una diminuzione delle ore richieste (**Figura 3.9** *Andamento Costo giornaliero Tecnico/tempo a regime introduzione BIM*).

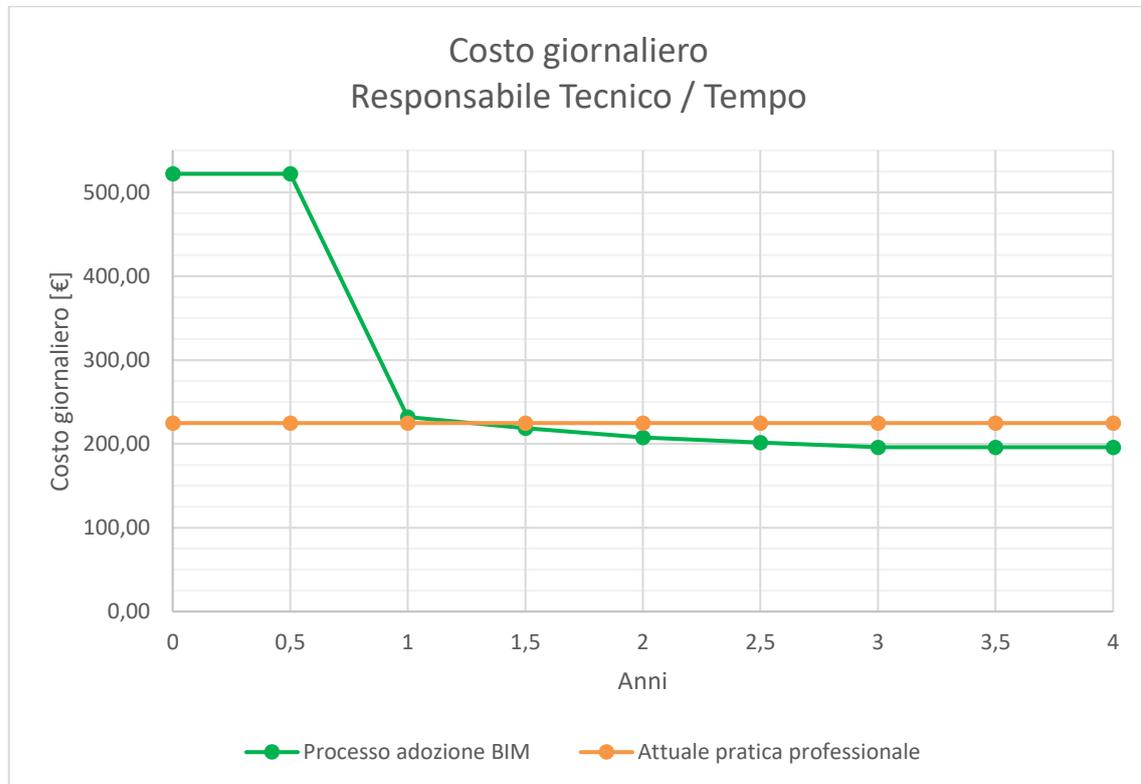


Figura 3.9 *Andamento Costo giornaliero Tecnico/tempo a regime introduzione BIM*

3.3.3. Beneficio cumulativo aziendale

Per valutare il ritorno dell'investimento e quantificare le spese sostenute nel primo anno, in cui si è stabilito di adottare il BIM, si può ricavare il grafico cumulativo dei costi sostenuti.

Il ritorno dell'investimento è ipotizzabile appunto perché il fattore di produzione, al termine del primo anno dall'adozione, si porta al di sotto del valore unitario, andando così a ridurre quelli che sono i tempi richiesti per l'elaborazione del progetto al tecnico incaricato. Dall'analisi effettuata

emerge quanto riportato in **Figura 3.10** *Andamento costo cumulativo Tecnico/tempo a regime introduzione BIM.*

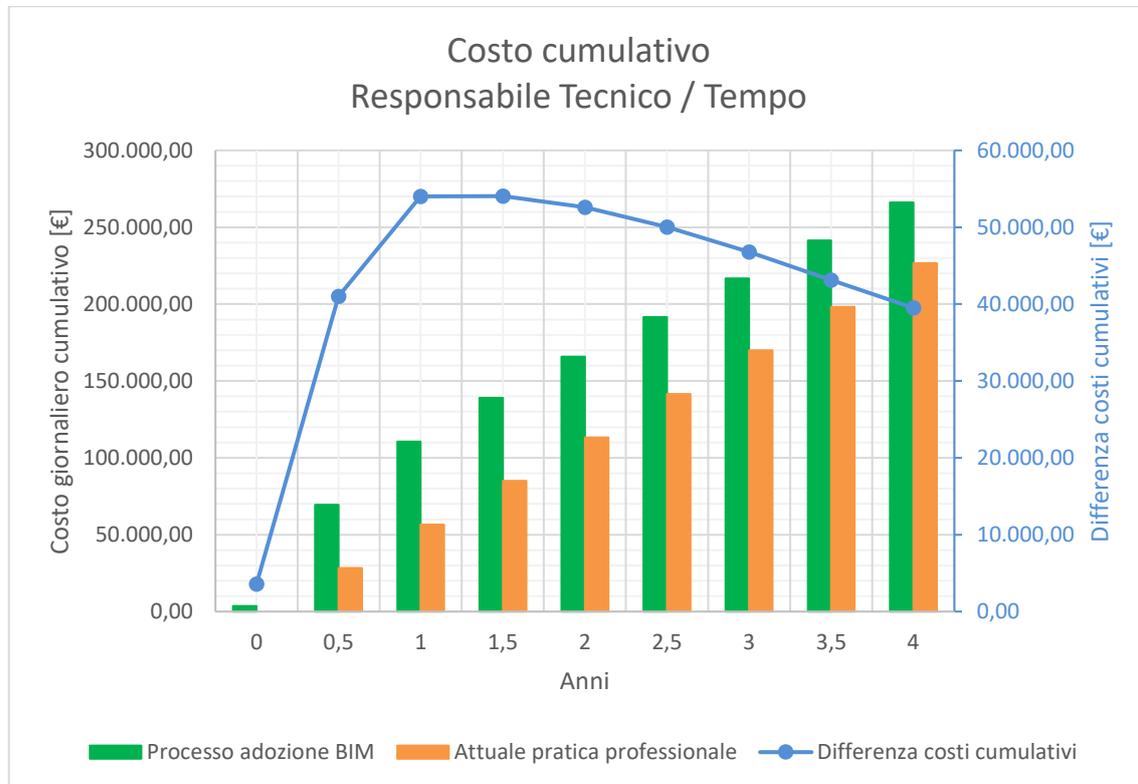


Figura 3.10 *Andamento costo cumulativo Tecnico/tempo a regime introduzione BIM*

Si evidenzia quindi che, dopo la prima fase di assestamento, vi sia effettivamente un recupero dell'investimento realizzato. Il ritorno economico è rappresentato graficamente dall'avvicinarsi, a tendere, delle due curve rappresentanti il costo giornaliero cumulativo della figura interessata.

3.4. Tempo di ritorno dell'investimento

Per stabilire se l'investimento fatto comporta dei vantaggi sono stati fatti diversi studi, riportati in letteratura, da cui si evince un riscontro

positivo legato anche ai maggiori dettagli per le stazioni appaltanti e le società di progettazione. Vengono di seguito riportati (in **Figura 3.11** *Qualitative ROI per actor* e in **Figura 3.12** *Summary of the reported return factors and ROI results*) alcuni estratti delle pubblicazioni edite in merito all'argomento: dalle analisi effettuate emerge che il valore principalmente utilizzato è il ROI (Return of investment) che si ottiene applicando la formula seguente:

$$ROI = \frac{G - C}{C} \cdot 100$$

Dove:

- G: è il guadagno atteso dall'investimento;
- C: è il costo aziendale sostenuto per sostenere l'investimento.

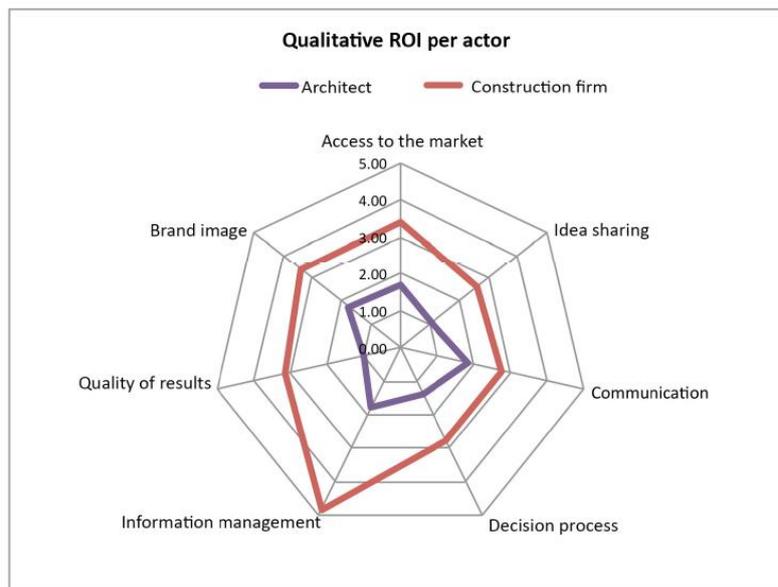


Figura 3.11 *Qualitative ROI per actor*

Fonte: A. Guerriero, S. Kubicki, S. Reiter, "Building Information Modeling in use: How to evaluate the Return on Investment?".

Country	Reported returning factors	Type	Reported ROI	Author/s
USA	Productivity gain after training	(1)	-39%* to 16%*	(Autodesk, 2004)
	Clash detection	(4)	140% to 39,900%	(Azhar, 2011)
	Reduced schedule overruns, Fewer Request for Information (RFIs) and; Reduced Change Orders (COs)	(3)	N/A	(Barlish and Sullivan, 2012)
	Visualization, clash detection, building design, As- built model, Building Assemble, construction sequencing, program/Massing studies, Model based estimating, Feasibility studies, Alternative Development, Direct Fabrication, Environmental Analysis, Code Review, Facilities management, LEED certification and forensic analysis	(3)	N/A	(Becerik-Gerber and Rice, 2010)
	Reduced schedule overruns, Fewer RFIs and; Reduced COs	(4)	16% to 1654%	(Giel <i>et al.</i> , 2009)
	Reduced schedule overruns, Fewer RFIs and; Reduced COs	(4)	16% to 1654%	(Giel and Issa, 2013)
	Project programming, Budgeting, Design coordination, Clash detection, Work sequencing, Lean delivery, Off-site material, Pre-fabrication verification, BIM O&M data and 3 D digital as-built linked to O&M data	(3)	N/A	(Gilligan and Kunz, 2007)
	Clash detection (Holder Construction Case study)	(4)	300% to 500%	(McGraw-Hill, 2008)
	Improved project outcomes (such as fewer RFIs and field coordination problems), Better communication because of 3D visualization, Productivity improvement of personnel, Positive impact on winning projects, Lifecycle value of BIM and Initial cost of staff training	(2)	11% to >1000%	(McGraw-Hill, 2008, 2014, 2012, 2009)
	Better understanding of the scope of work, Higher quality, Design productivity and better documents, Model-based energy and sustainable analysis; facility performance, Overall design duration, Fewer and quickly resolved RFIs, Fewer design change orders, Owner satisfaction with greater awareness and more confidence, Easier, quicker visualization for the general contractor (GC), subcontractors, inspectors, 3 D and 4D visualization, logistics/sequencing studies, field efficiencies, Simple, secure document, design, and data management tools Smaller, higher-performing project staff, more efficient, focusing on project excellence Lower costs of printing, packing, shipping, receiving, distributing, and copying Subcontractors: bids with lower risk, less built-in contingency, confidence in prefabrication/preassembly, Shorter construction duration: lower cost for GC, subcontractors in general Field BIM: equipment tracking, safer site, digital survey, machine guidance BIM for safety budget and planning, Earlier certificate of occupancy and Rich information	(2)	1.8% to 10.5%	(Stowe <i>et al.</i> , 2015)
Korea	Reduced rework costs due to design errors	(4)	22% to 97%	(Lee <i>et al.</i> , 2012)
	The design errors: simple design, rework-related that may lead to demolition and rework; and delay- related likely to prolong the construction period.	(4)	94.41%	(Ham <i>et al.</i> , 2018)
	Improvement of productivity, schedule reduction, cost reduction, strategic superiority of a company and intellectual property with regard to the employees and includes the improvement of customer preference by the introduction of BIM, expansion of the BIM market and increased employee productivity	(4)	145% to 350% (Max. 2400%.)	(Kim <i>et al.</i> , 2020)
	Preventing rework, Schedule compliance, Improved work efficiency, Safety improvement, Quality improvement and Strengthened BIM capability.	(4)	167.8% to 476.72%.	(Lee and Lee, 2020)
Sweden	Project Development Savings, Design and Construction Savings, COs Savings and; Reduced schedule overruns	(4)	735%	(Salih, 2012)
Singapore	Better Company Image, Enhanced Knowledge Management Improved Market Access, Strategic Competitive Advantage Improved Relations (with Contractors), Improved Relations (with Consultants) Less Information Bottlenecks, Timely Decision Captures, Improved Data Availability, Better Information Management, Enhanced Information Accuracy, Enhanced Decision Making Accuracy, Better Project Control, Less Mistakes and Errors, Lower Material Expenditures, Lower RFIs, Less Service Works, Reduced Litigations and Enhanced Staff Recruitment.	(3)	N/A	(Qian, 2012)
Spain	Productivity gain after training	(4)	-83.3%*	(Conde <i>et al.</i> , 2020)
Taiwan	Requests for information, rework, change orders, and schedule compliance	(3)	N/A	(Fan <i>et al.</i> , 2014)
Poland	Visualization, productivity increase, process improvement (less duplication of work and fewer coordination problems), competitive advantage, improvement of communication, and collaboration.	(1)	-31.4%	(Reizgevičius <i>et al.</i> , 2018)
	Energy efficiency analysis, Facility Maintenance, Reduction in rework and RFIs, and clash detection	(3)	N/A	(Walasek and Barszcz, 2017)
Malaysia	Clash detection, reduce rework, reduce the cost and shorten the time during the design stage	(3)	N/A	(Latiffi and Tai, 2017)

Note: *Adjusted value based on the equation (1)

Figura 3.12 Summary of the reported return factors and ROI results

Fonte: A. Sompolgrunk, S. Banihashemi, S. Reza Mohandes, "Building information modelling (BIM) and the return on investment: a systematic analysis".

L'indice ROI, solitamente è espresso in percentuale, ci indica:

- Se $ROI < 0$: indica che l'investimento fatto comporta delle perdite aziendali, infatti risulta che il guadagno è inferiore al costo dell'investimento;
- Se $ROI = 0$: indica che l'investimento fatto non comporta guadagni a livello aziendale;
- Se $ROI > 0$: indica che l'investimento fatto porta a dei guadagni aziendali effettivi.

Il calcolo del ROI risulta utile quando si vuole valutare il beneficio dell'investimento a breve termine, ad esempio per una campagna promozionale di breve durata o per un investimento bancario, mentre risulta più complicato utilizzarlo per quanto riguarda l'introduzione della metodologia BIM all'interno di un'azienda. Relativamente alla nostra argomentazione, avendo valutato tutti quelli che sono i costi diretti ed indiretti che di dovranno sostenere, adottando la metodologia, si rende opportuno quantificare il tempo necessario per ammortizzare l'investimento. Per valutarlo è sufficiente inserire tutti i costi di formazione al giorno zero di applicazione della metodologia e tracciare il grafico relativo ai costi cumulativi aziendali sostenuti fino a quando, sottraendo la spesa riguardo all'attuale pratica professionale, il risultato sarà pari a zero. La proiezione è riportata in **Figura 3.13** *Tempo di ritorno Processo adozione BIM per singola figura aziendale*.

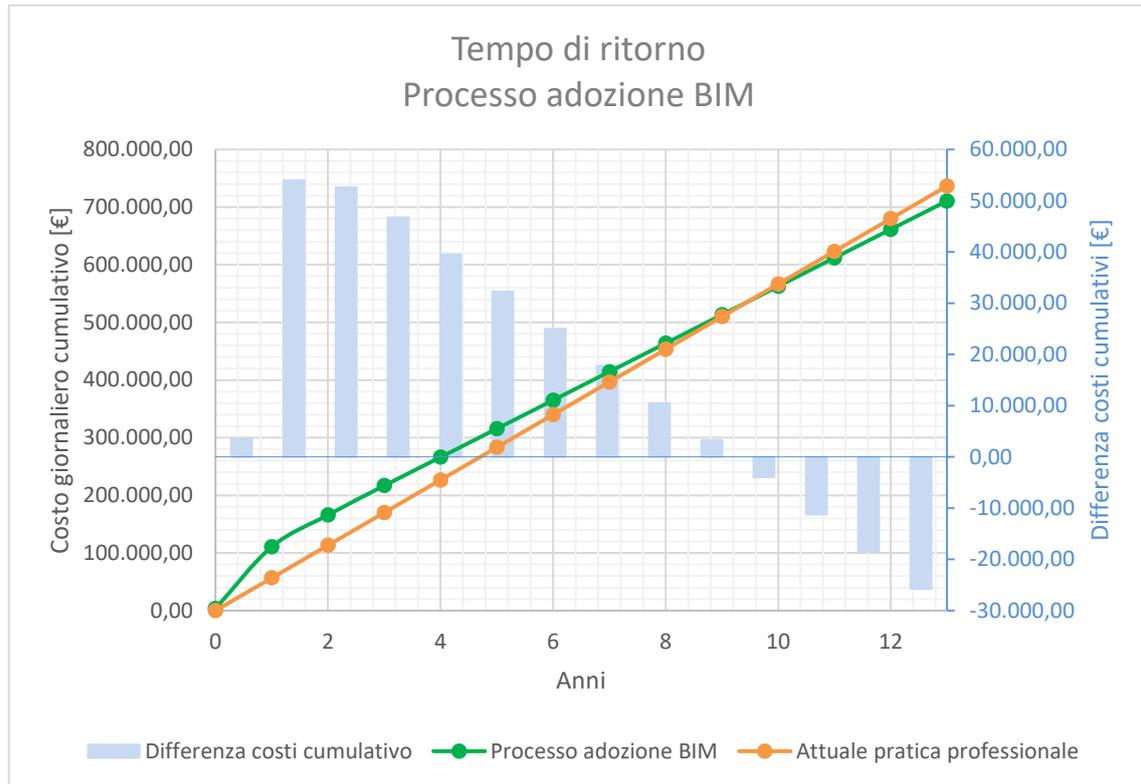


Figura 3.13 Tempo di ritorno Processo adozione BIM per singola figura aziendale

Per tempo di ritorno dell'investimento si intende che superato il primo anno di introduzione della metodologia BIM ed i relativi costi indiretti aggiuntivi sostenuti nell'intero periodo (in questa relazione di calcolo risultano essere nell'ordine di euro 60.000), occorrono circa nove anni di utilizzo a regime della pratica appresa per sfruttarne l'aumento di produttività e rientrare così dei costi sostenuti inizialmente.

4. Conclusioni

Lo scopo del presente elaborato è quello di analizzare l'impatto dell'adozione della metodologia BIM su un'impresa di costruzione, sia in termini di progettazione, sia in termini di costi. Essendo un argomento complesso e ricco di sfaccettature, avendo come obiettivo quello di ottimizzare gli strumenti a disposizione, l'analisi ha evidenziato l'importanza dell'uso di strumenti esterni per indirizzare correttamente l'adozione della metodologia. Tale adozione deve garantire una piena coscienza della metodologia di lavoro, assicurando una corretta comprensione degli strumenti e dei processi BIM; l'uso scorretto porta alla realizzazione di un semplice disegno tridimensionale e vanifica l'investimento.

È stata effettuata una analisi dettagliata di quelli che si prevedono essere i costi da sostenere per coinvolgere tutte le figure dell'ufficio tecnico e renderle operative pienamente, tenendo in considerazione il fattore di produzione che comporta, nella prima fase, un notevole impegno in termine di tempi mentre, acquisita la padronanza con la metodologia, si registra una contrazione delle tempistiche per arrivare alla restituzione del capitale investito sul lungo periodo. Quanto sviluppato, applicato al team costituente l'ufficio tecnico, è riportato in

Figura 4.1 *Tempo di ritorno Processo adozione BIM aziendale.*

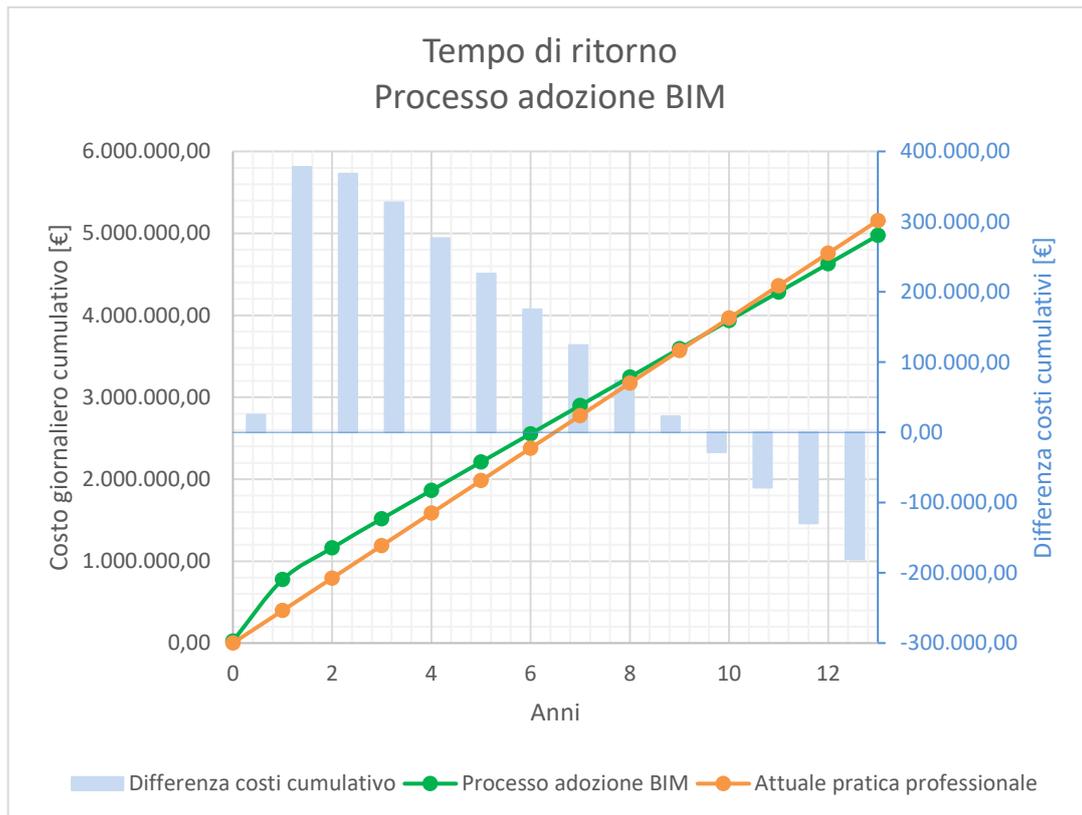


Figura 4.1 Tempo di ritorno Processo adozione BIM aziendale

È chiaro che, davanti ad un prospetto di spesa di questo tipo, la domanda che nasce spontanea all'amministrazione aziendale è: "Qual è lo scopo di tale investimento se il ritorno economico avviene dopo così tanto tempo?". Se ci si sofferma unicamente a quanto analizzato in questo elaborato questa metodologia può essere vista come un "esercizio di stile" utile solamente a migliorare la restituzione documentale alla Committenza ed adeguarsi ad un prossimo obbligo di legge, ma il mondo del BIM non è solamente questo, anzi questa è la base da cui partire per poi espandere la modellazione As-Built che porta alla creazione di "Digital Twin" (Grieves, 2015) utili per la gestione/realizzazione di fabbricati o città.

Basti pensare che, andando oltre le 3D del progetto as-built realizzato, utilizzando i parametri introdotti per la modellazione degli

elementi che costituiscono l'impianto, si può sfruttare quella che, nell'introduzione teorica, è stata definita 6D ossia quel ramo del BIM che si occupa di gestione e manutenzione delle opere realizzate. Si possono infatti prevedere quelli che saranno gli interventi di manutenzione ordinaria ed i costi ad essi associati ed, eventualmente, i costi per interventi manutentivi straordinari in modo tale che, anche la Committenza, ne sia a conoscenza e possano inserirli nel proprio budget.

Un ulteriore aspetto, che in questo elaborato non è stato considerato, in quanto si è partiti da una base cartografica in DWG per poi modellare direttamente l'impianto as-built, è quello che riguarda la progettazione preliminare e definitiva; nel caso in cui ci si trovi a dover progettare e dimensionare un impianto MEP su di un edificio da costruire e lo studio di progettazione a cui è affidato il bando ci metta a disposizione la modellazione architettonica e strutturale in BIM possiamo apprezzare tutti i benefici che questa metodologia offre. È proprio a questo punto che, sfruttando i modelli BIM realizzati, la modellazione 3D dell'impianto risulta più rapida rispetto ad una progettazione 2D su più piani e, sfruttando il Clash Detection, si possono individuare, nel modello della progettazione, eventuali problemi di interferenza tra impianti o strutture.

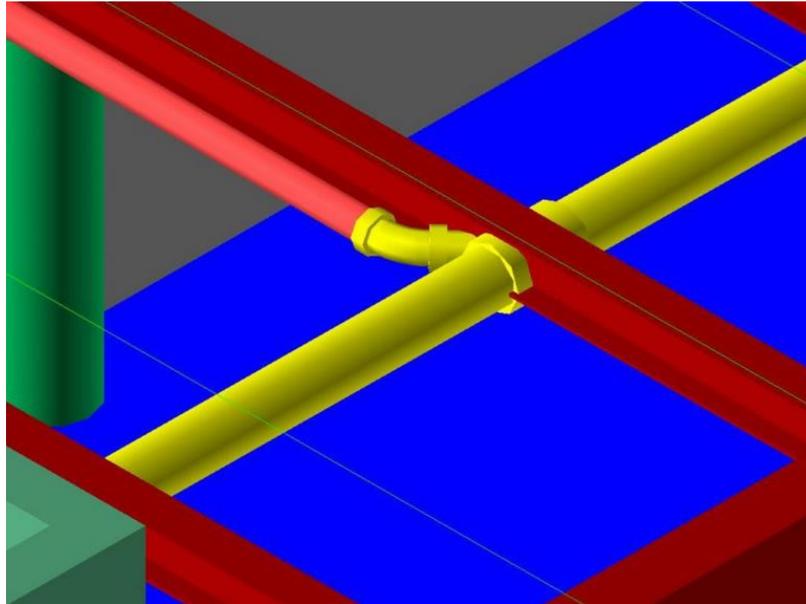


Figura 4.2 *Interferenza tra una struttura e l'elemento di un impianto*

Fonte: <https://www.iicbim.org/10-motivi-per-usare-il-bim/>

In **Figura 4.2** *Interferenza tra una struttura e l'elemento di un impianto*, è rappresentato in estrema sintesi quello che è il più tipico degli inconvenienti nei quali si può incorrere durante la realizzazione di un impianto, ovvero l'impossibilità di seguire il tracciato previsto a causa della presenza di un altro elemento strutturale. La risoluzione di questa situazione può sembrare una banalità, quando si è a livello di progettazione in ufficio, ma non nel caso in cui il problema si presenti durante la costruzione. In questo caso i costi, per poter risolvere il problema, aumentano esponenzialmente, gravando direttamente sull'impresa di costruzione che oltre all'eventuale fermo cantiere nell'attesa dell'individuazione e validazione della soluzione da parte di tecnici o, ancora, quello necessario per l'approvvigionamento di materiali inizialmente non previsti, può vedersi addebitate le eventuali penali per il

ritardo nella consegna o addirittura doversi far carico degli extra-costi dei materiali non preventivati.

Questa modellazione di alta precisione permette infatti di sovvertire quella che attualmente è la prassi, ossia:

elaborato esecutivo → realizzazione dell'opera → elaborato As-Built

Già in fase di progettazione, grazie all'elevata precisione raggiungibile dalla metodologia BIM, quello che si ottiene è il Modello As-Built di ciò che si realizzerà, andando così ad eliminare il tempo necessario per la restituzione documentale dell'opera costruita e garantendo una minor perdita di dati tra i vari attori coinvolti ed efficientando il prodotto realizzato. Tutte queste ulteriori sfaccettature ed innovazioni legate alla progettazione BIM-based possono portare il valore del fattore di produzione a livelli più bassi di quel 0,75 che si è stabilito di raggiungere al termine dei tre anni dall'introduzione della metodologia in azienda, rendendo l'investimento meno gravoso ed abbassando notevolmente quello che è il tempo di ammortamento.

A dimostrazione di quanto detto, si è voluto rappresentare graficamente il tempo di ritorno ed i benefici che si possono raggiungere andando a modificare i valori del fattore di produzione attesi nel breve e lungo termine; i valori ottenuti sono riportati in **Figura 4.3** *Andamenti fPROD in funzione dell'impegno aziendale all'introduzione BIM* ed in **Figura 4.4** *Valutazione Tempo di ritorno al variare dell'fPROD*.

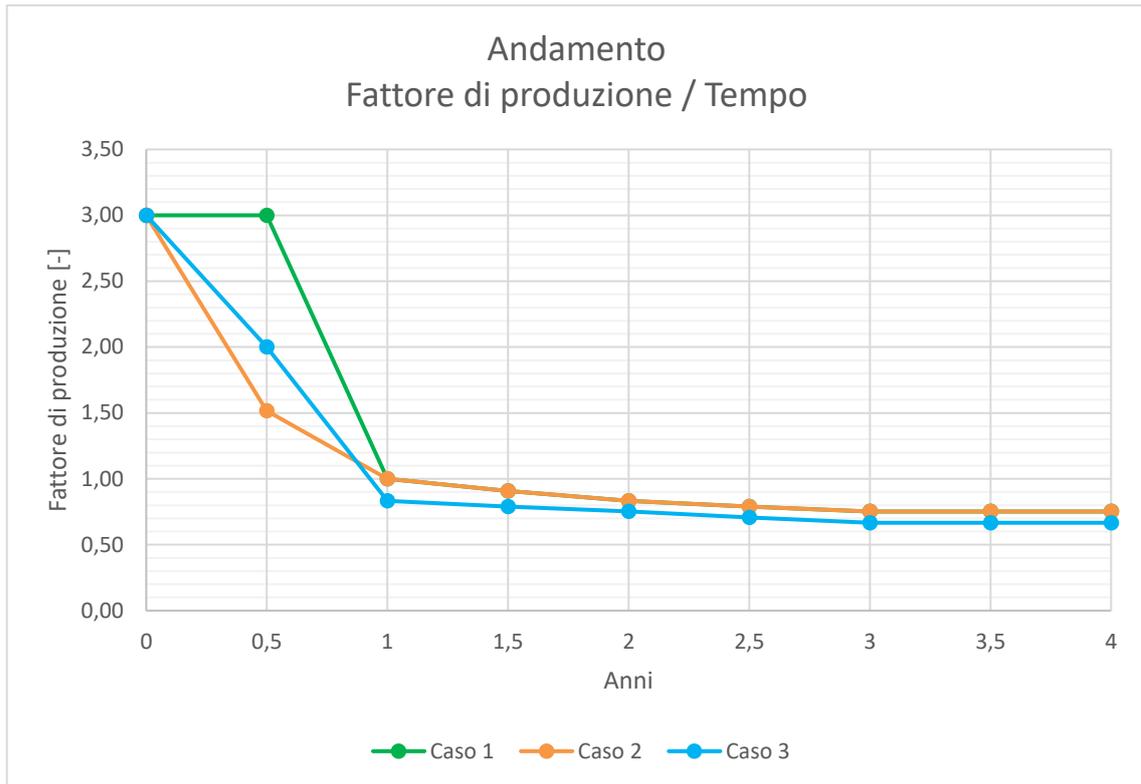


Figura 4.3 Andamenti f_{PROD} in funzione dell'impegno aziendale all'introduzione BIM

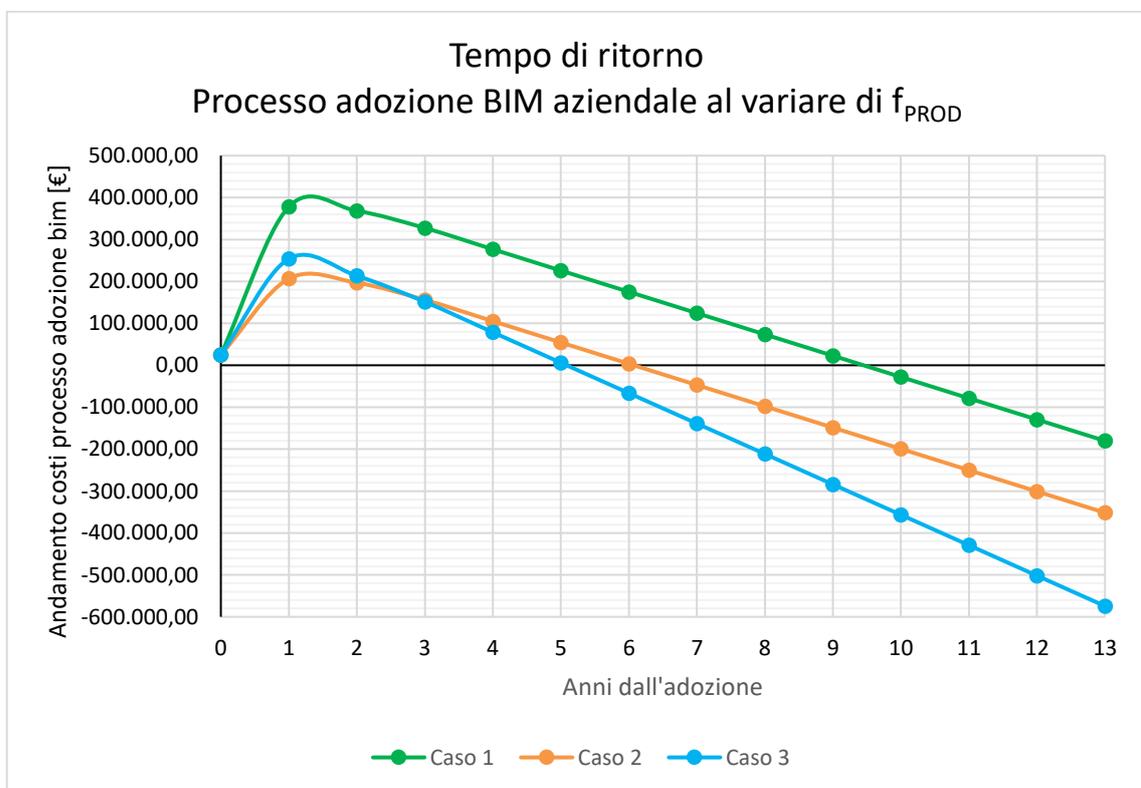


Figura 4.4 Valutazione Tempo di ritorno al variare dell' f_{PROD}

Per poter dunque sostenere questa adozione è necessario che la tecnologia disponibile venga sfruttata al massimo, in ogni suo aspetto, dall'attività aziendale in cui può essere applicata (oltre alla progettazione si può espandere il BIM al reparto sicurezza, amministrativo o, ancora, alla gestione del magazzino, ecc...) per far sì che i benefici possano essere tangibili e l'investimento venga valorizzato, aumentando lo standard aziendale a livelli superiori rispetto all'attuale pratica professionale e non ultimo ammortizzando l'investimento in tempi più ragionevoli possibile con conseguenti maggiori benefici sul lungo termine.

5. Sviluppi futuri

In un'ottica di interdisciplinarietà della metodologia BIM, dobbiamo considerare anche l'ambito in cui opera l'azienda ovvero quello di fornitura di servizi per Società di Distribuzione di beni quali acqua, luce e gas naturale. Attualmente queste Società gestiscono i loro impianti sfruttando software GIS per la mappatura e localizzazione degli stessi. Essendo la manutenzione degli impianti una delle principali attività con cui l'azienda oggetto del caso studio, lavora, l'integrazione di modelli BIM, con i sistemi GIS, aumenterebbe il livello di conoscenza necessario per operare al meglio. Si avrebbe, ad esempio, anziché un menù a tendina con le informazioni di massima dell'impianto associato ad un simbolo in planimetria, come un Gruppo di Riduzione Finale del gas naturale, un collegamento diretto con una piattaforma BIM che, tramite appositi file in formato open "IFC", potrebbe restituire il modello grafico-informativo dell'opera con i dati riguardanti le manutenzioni. In questo modo, andando ad analizzare l'intero impianto nazionale, si potrebbero stimare, in modo più accurato, quelli che sono tempi e metodi degli interventi ottimizzando il processo in funzione dei dati emersi.

Un ulteriore aspetto che si potrebbe approfondire è quello di rendere il modello informativo un digital-twin in grado di interagire con i dati in campo derivanti dalla sensoristica (BMS, Building Management System) per un corretto aggiornamento del database informativo che consentirebbe quindi di avere una manutenzione strutturata, sia di tipo correttivo che di tipo preventivo.

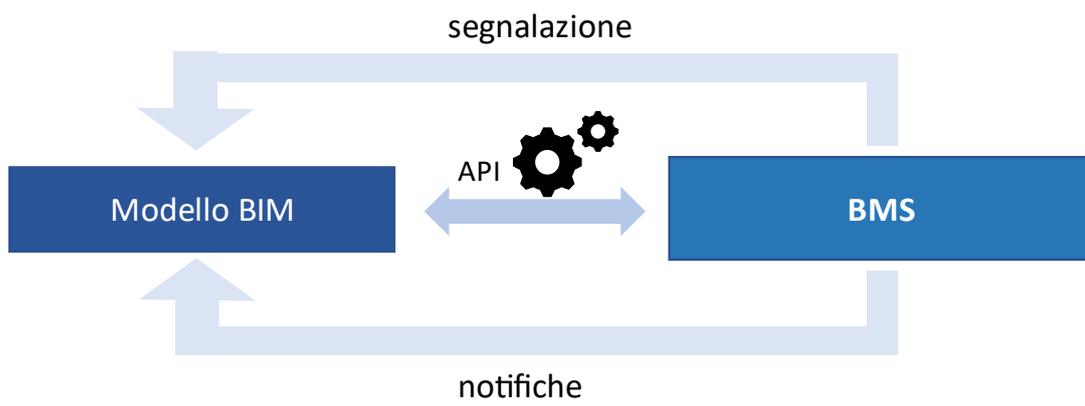


Figura 5.1 Collegamento Digital-Twin con i dati in campo

Ringraziamenti

Con la produzione di questo elaborato si conclude questo mio ciclo di studi iniziato parecchi anni fa. Se sono riuscito ad ultimarlo è grazie all'insistenza incessante della mia famiglia, che, anche dopo una brusca interruzione del percorso al termine dell'ultimo esame, non ha mai smesso di spronarmi: non c'era infatti occasione d'incontro in cui, immancabilmente, non venissi ripreso ed invogliato a completare ciò che avevo accantonato.

È quindi d'obbligo ringraziare prima di tutti i miei genitori che, lasciandomi libero di scegliere la strada che più desideravo, con grandi sacrifici, mi hanno sempre dato tutto ciò di cui avevo bisogno consentendomi di arrivare fin qui. Un grazie speciale va inoltre alla dolce nonna e madrina Uccia che, assieme a zia Domy, mi hanno fin da piccolo accudito ed amato incondizionatamente e che, più di tutti, hanno creduto in me. Un grazie morale, invece, è per mio figlio Giacomo perché senza accorgersene, guardandolo crescere, mi ha dato la consapevolezza che per potergli trasmettere i valori importanti della vita avrei dovuto chiudere questo capitolo: perché gli impegni presi, costi quel che costi, vanno portati a termine.

Ed infine ringrazio l'Ing. Dorian, grande amico ed ex compagno di studi che, nonostante i propri molteplici impegni, ha comunque trovato il tempo per indirizzarmi ed accompagnarmi nella realizzazione di questo documento.

Riferimenti

AEC Collection. (2023, 01 17). Tratto da Autodesk:

<https://www.autodesk.it/collections/architecture-engineering-construction/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>

ASSOBIM. (2022). *BIM REPORT 2021*.

Autodesk Construction Cloud. (2023, 01 17). Tratto da Autodesk:

<https://construction.autodesk.eu/pricing/autodesk-build/>

AUTODESK REVIT: COME PROGETTARE LE RISTRUTTURAZIONI IN MANIERA INTELLIGENTE. (2023, 01 20). Tratto da PROSOFT INTESYS:

[https://www.prosoftweb.it/revit-](https://www.prosoftweb.it/revit-ristrutturazioni#:~:text=Un%20abaco%20%20%27abaco)

[ristrutturazioni#:~:text=Un%20abaco%20%20%27abaco](https://www.prosoftweb.it/revit-ristrutturazioni#:~:text=Un%20abaco%20%20%27abaco)

[3%A8%20una%20raccolta,criteri%20di%20raggruppamento%20dell%27abaco](https://www.prosoftweb.it/revit-ristrutturazioni#:~:text=Un%20abaco%20%20%27abaco)

Bardelli, P., & Coppo, S. (2010). *Il cantiere edile*. Palermo: Dario Flaccovio Editore.

BIM (Building Information Modeling) e appalti pubblici. (2023, 01 04).

Tratto da INFOBUILD:

<https://www.infobuild.it/approfondimenti/bim-building-information-modeling-e-appalti-pubblici/>

BIM e Interoperabilità: la gestione delle informazioni nella progettazione architettonica BIM. (2023, 01 06). Tratto da INGENIO:

<https://www.ingenio-web.it/articoli/bim-e-interoperabilita-la->

gestione-delle-informazioni-nella-progettazione-architettonica-bim/

Bocconcino, M., Osello, A., & Vernizzi, C. (2006). *Il disegno e l'ingegnere. Disegno e geometria. Principles of engineering drawing*. Torino: Levrotto & Bella.

Consulenza sui progetti di implementazione BIM. (2023, 01 18). Tratto da Systema srl: <https://www.systemasrl.it/servizi-e-consulting/consulenza-sui-progetti-di-implementazione-bim/>

D.Lgs. 18 aprile 2016 n. 50/2016 Art. 23 com. 1. (2016, 04 19). *Codice dei contratti pubblici*. G.U. n. 91.

D.Lgs. 18 aprile 2016 n. 50/2016 Art. 23 com. 13. (2016, 04 19). *Codice dei contratti pubblici*. G.U. n. 91.

D.M. 312/2021 art. 1. (2021, 08 02). *NUOVO Decreto BIM*. G. U.

D.M. 560/2017 art. 6. (2017, 12 01). *Decreto BIM*.

Del Giudice, M. (2019). *Il disegno e l'ingegnere. BIM handbook for building and civil engineering students*. Torino: Levrotto & Bella.

Direttiva 2014/24/UE Art. 22 com. 4. (2014, 03 28). *DIRETTIVA 2014/24/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO E DEL CONSIGLIO del 26 febbraio 2014 sugli appalti pubblici e che abroga la direttiva 2004/18/CE*. G.U. dell'Unione europea.

Eastman, C. M. (1974). *An Outline of the Building Description System*. Pittsburgh: Carnegie-Mellon Univ.

- Eastman, C., Teicholz, P., & Sacks, R. (2008). *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors*. Hoboken: John Wiley & Sons, Inc.
- Ferrara, A., & Feligioni, E. (2016). *BIM & PROJECT MANAGEMENT*. Palermo: Dario Flaccovio Editore.
- Giana, P., Schievano, M., Paleari, F., & Seghezzi, E. (2019). *Introduzione al BIM. Protocolli di modellazione e gestione informativa*. Bologna: Società Editrice Esculapio.
- Grieves, M. (2015). *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication*. Digital Twin White Paper.
- Guerriero, A., Kubicki, S., & Reiter, S. (s.d.). *Building Information Modeling in use: How to evaluate the Return on*. Luxembourg: Luxembourg Institute of Science and Technology.
- Holzer, D. (2016). *The BIM Manager's Handbook: Guidance for Professionals in Architecture, Engineering, and Construction*. John Wiley & Sons.
- Informazioni sul modello analitico strutturale*. (2023, 01 20). Tratto da Autodesk: <https://knowledge.autodesk.com/it/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2020/ITA/Revit-Analyze/files/GUID-05CA5628-12C6-456C-B0B9-D922D22B67D0-htm.html>
- La nuova visione del BIM – l'intervento*. (2023, 01 05). Tratto da INSIC: <https://www.insic.it/edilizia-e-progettazione/la-nuova-visione->

del-bim/intervento/#BIM_le_N_dimensioni_riguarda_la_fase_di_progettazione

Nota tecnica sulle prestazioni dei modelli. (2023, 01 18). Tratto da

Autodesk Revit 2017:

https://revit.downloads.autodesk.com/download/2017RVT_RTM/Docs/InProd/Autodesk_Revit_2017_Model_Performance_Technical_Note_ita.pdf

Osello, A. (2012). *Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti.*

Palermo: Dario Flaccovio Editore.

Pavan, A., Mirarchi, C., & Giani, M. (2017). *BIM: METODI E STRUMENTI*

Progettare, costruire e gestire nell'era digitale. Milano: Tecniche Nuove.

Pavan, A., Rota, A., Mirarchi, C., & Romano, A. (2021). *I CAPITOLATI*

INFORMATIVI CON METODOLOGIA BIM. Guida alla stesura per appalti digitali. Milano: Tecniche Nuove.

Pozzoli, S., Rossi, P., Longo, D., & Gianninoto, M. (2020). *Autodesk Revit per*

impianti MEP. Guida avanzata per l'implementazione BIM di sistemi meccanici, idraulici ed elettrici. Milano: Tecniche Nuove.

Sompolgrunk, A., Banihashemi, S., & Mohandes, S. (2021, 12). Building

information modelling (BIM) and the return on investment: a. *Construction Innovation.*

UNI 11337. (s.d.). *Gestione Digitale Dei Processi Informativi delle*

Costruzioni BIM. Italia: Ente italiano di normazione.

UNI EN ISO 19650. (s.d.). *Organizzazione e digitalizzazione delle informazioni relative all'edilizia e alle opere di ingegneria civile, incluso il Building Information Modelling (BIM) - Gestione informativa mediante il Building Information Modelling*. Italia: Ente italiano di normazione.

Indice delle Figure

Figura 1.1 BIM: Building Information Modeling.....	6
Figura 1.2 Le 7 Dimensioni del BIM.....	7
Figura 1.3 Le 10 Dimensioni del BIM.....	9
Figura 1.4 Curva di MacLeamy, confronto costi benefici tra progetto integrato e tradizionale	11
Figura 1.5 Sviluppo delle Normative BIM in Europa.....	13
Figura 1.6 PAS 1192 e livelli raggiunti nel Regno Unito.....	15
Figura 1.7 I livelli di utilizzo del BIM.....	18
Figura 1.8 Tappe introduzione BIM secondo D.M. 560/2017	22
Figura 1.9 Il processo informativo delle costruzioni	25
Figura 1.10 Interoperabilità del BIM.....	28
Figura 1.11 IFC: interoperabilità tra diverse piattaforme software	31
Figura 1.12 Albero spaziale IFC.....	32
Figura 1.13 Definizioni di LOD nelle diverse normative.....	34
Figura 1.14 LOD caratteristici di fase.....	35
Figura 1.15 Model Element Table.....	36
Figura 1.16 Attribute table	36
Figura 2.1 Aggiornamento tappe introduzione BIM secondo D.M. 312/2021	38

Figura 2.2 Processo aziendale adozione BIM	39
Figura 2.3 Workflow adozione BIM come metodologia di lavoro.....	41
Figura 2.4 Locale tecnico Antincendio Prefabbricato a Norma UNI 11292..	42
Figura 2.5 Organigramma aziendale con figure coinvolte nell'adozione del BIM.....	46
Figura 2.6 Prezzi Autodesk AutoCAD e pacchetto AutoCAD-Revit.....	48
Figura 2.7 Preventivo di spesa Laptop e Workstation	50
Figura 2.8 Processo di raccolta, gestione, verifica e validazione del dato	53
Figura 2.9 Ambiente di Condivisione dei Dati (ACDat/CDE)	54
Figura 2.10 Approfondimento cartella WIP.....	56
Figura 2.11 Riepilogo costi attivi formazione.....	61
Figura 2.12 Modello BIM Centrale Antincendio.....	65
Figura 2.13 Rosa dei Software utilizzati.....	68
Figura 2.14 Interoperabilità tra software e formati.....	71
Figura 3.1 Sintesi costi attivi annui ed "UNA TANTUM" per adozione metodologia BIM.....	82
Figura 3.2 Andamento produttività/tempo primo anno introduzione BIM	90
Figura 3.3 Andamento fattore di produzione/tempo primo anno introduzione BIM.....	91

Figura 3.4 Andamento costo giornaliero Tecnico/tempo primo anno introduzione BIM.....	95
Figura 3.5 Andamento costo cumulativo Tecnico/tempo primo anno introduzione BIM.....	96
Figura 3.6 Ruolo del BIM nel conseguimento di specifici risultati.....	101
Figura 3.7 Andamento produttività/tempo a regime introduzione BIM....	102
Figura 3.8 Andamento Fattore di produzione/tempo a regime introduzione BIM.....	103
Figura 3.9 Andamento Costo giornaliero Tecnico/tempo a regime introduzione BIM.....	104
Figura 3.10 Andamento costo cumulativo Tecnico/tempo a regime introduzione BIM.....	105
Figura 3.11 Qualitative ROI per actor	106
Figura 3.12 Summary of the reported return factors and ROI results	107
Figura 3.13 Tempo di ritorno Processo adozione BIM per singola figura aziendale.....	109
Figura 4.1 Tempo di ritorno Processo adozione BIM aziendale	111
Figura 4.2 Interferenza tra una struttura e l'elemento di un impianto.....	113
Figura 4.3 Andamenti f_{PROD} in funzione dell'impegno aziendale all'introduzione BIM	115
Figura 4.4 Valutazione Tempo di ritorno al variare dell' f_{PROD}	115

Figura 5.1 Collegamento Digital-Twin con i dati in campo..... 118