

POLITECNICO DI TORINO



Tesi di Laurea Magistrale

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile (LM - 24)

L'adozione del BIM nei piccoli studi di progettazione.

Definizione ed analisi di workflow metodologici

Relatore:

Prof.ssa Anna Osello

Co-relatori:

Prof.ssa Manuela Rebaudengo

Prof. Ing. Matteo Del Giudice

Candidato:

Michele Zucco

Marzo 2022

A mia madre Angelina

Donna, madre e insegnante esemplare

Sommario

ABSTRACT	9
1. INTRODUZIONE	11
1.1 LO STATO AVANZATO DI UNA METODOLOGIA	11
1.2 IL CONCETTO ALLA BASE DEL BIM.....	13
2. QUAL È LO STATO DELL'ARTE DEL BIM OGGI?.....	16
2.1 IL BIM NEL MONDO	16
2.1.1 Stati Uniti d'America (USA).....	17
2.1.2 Canada.....	19
2.1.3 Singapore.....	24
2.2 IL BIM IN EUROPA	28
2.2.1 Regno Unito (UK).....	29
2.2.2 Francia	32
2.2.3 Germania	34
2.2.4 Danimarca	37
2.2.5 Paesi Scandinavi: Norvegia, Finlandia e Svezia	38
3. L'ITALIA E IL BIM.....	45
3.1 IL BIM NELLA NORMATIVA ITALIANA	45
3.1.1 I Decreti.....	45
3.1.2 Le normative ISO e UNI.....	48
3.2 BIM REPORT ITALIA	52
4 L'ATTUALE PRATICA PROFESSIONALE	58
4.1 IL BIM COME PUNTO DI PARTENZA	58
4.2 L'ADOZIONE DEL BIM NEL PRIVATO	59
5 SVILUPPO DEI PROCESSI	63
5.1 FLUSSO METODOLOGICO	63
5.2 OBIETTIVI DEL PROGETTO.....	64
5.3 MODEL USE.....	64
5.4 PROCESSO	72
6 ANALISI DEI PROCESSI	79
6.1 SCENARIO A: METODO TRADIZIONALE	79
6.2 SCENARIO B: METODOLOGIA MIXATA (BIM ORIENTED)	83
6.3 SCENARIO C: METODOLOGIA FULL BIM	90
6.4 ANALISI COMPARATIVA DEI TRE SCENARI	93
6.4.1 Classificazioni delle fasi	93
6.4.2 Definizione dell'Effort	95
6.4.3 Assegnazione dell'Effort ad ogni scenario	97
6.5 RISULTATI.....	99
7 CONCLUSIONI E SVILUPPI FUTURI.....	106
7.1 CONSIDERAZIONI FINALI	106
7.2 SVILUPPI FUTURI	108
7.2.1 Indagine statistica	108
7.2.2 Analisi di Model Uses.....	109
7.2.3 Funzione Effort, fattore tempo e fattore complessità	109
7.2.4 Analisi Scenario B "Snellito".....	110
7.2.5 Valutazione economica (Analisi Costi – Efficacia).....	111
7.2.6 BIM Functional Analyst.....	112

8	RINGRAZIAMENTI.....	113
9	BIBLIOGRAFIA E INCIDE IMMAGINI.....	115
9.1	<i>Riferimenti bibliografici e articoli tecnico-scientifici.....</i>	<i>115</i>
9.2	<i>Riferimenti sitografici</i>	<i>116</i>
9.3	<i>Indice delle figure.....</i>	<i>117</i>

*“Il processo è impossibile senza il cambiamento,
e chi non è in grado di cambiare idea
non è in grado di cambiare nulla.”*

George Bernard

Abstract

Il settore delle costruzioni sta attraversando un periodo di transizione dovuta alla rivoluzione digitale. Tutti gli attori coinvolti all'interno del processo edilizio stanno cambiando le loro abitudini lavorative implementandole con strumenti e tecnologie innovative. Elemento comune a tutti i professionisti è l'adozione della metodologia BIM (Building Information Modelling) che permette una maggiore gestione e ottimizzazione del processo progettuale.

I report e gli articoli scientifici che evidenziano le potenzialità ed i benefit dell'uso del BIM per la progettazione, costruzione e gestione di grandi opere sono numerosi, così come sono numerosi i grandi studi di progettazione che già da tempo la adoperano.

In questo panorama lavorativo i piccoli studi di progettazione come affrontano (se lo affrontano) il cambiamento metodologico?

Per tentare di dare una risposta a questa domanda si è dapprima esaminato lo stato dell'arte globale e nazionale dell'adozione del BIM per poi delineare ed analizzare in tre scenari differenti un workflow teorico di un'analisi richiesta nelle commesse edilizie strutturali.

L'analisi è stata svolta definendo punti di forza e criticità del processo a seconda della metodologia utilizzata dal professionista: Tradizionale, BIM oriented o full BIM.

The AEC sector is going through a period of transition due to the digital revolution. AEC professionals involved in the construction process are changing their working habits and implementing them with innovative tools and technologies. An element common to all professionals is the adoption of the BIM (Building Information Modelling) methodology that allows a greater management and optimization of the design process.

The reports and scientific articles that highlight the potential and benefits of using BIM for the design, construction and management of large works are numerous, as are numerous large design studios that have already used it for some time.

In this working landscape, how do small design studios deal with (if they face) methodological change?

Try to answer this question, I first examined the global and national state of the art of the adoption of BIM and then delineate and analyze in three different scenarios a theoretical workflow of an analysis required in structural building orders.

The analysis was carried out by defining strengths and criticalities of the process depending on the methodology used by the professional: Traditional, BIM oriented or full BIM.

1. Introduzione

1.1 Lo stato avanzato di una metodologia

Il National Institutes of Building Science di Washington definisce il B.I.M. – acronimo anglofono di Building Information Model/Modeling – come: “la rappresentazione digitale di caratteristiche fisiche e funzionali di un oggetto”. Ossia una metodologia di lavoro che agevola in maniera significativa lo scambio di dati e informazioni tra i vari progettisti.

È bene sottolineare che il BIM non è un prodotto o un software, come in molti sostengono, ma è un processo lavorativo innovativo, una metodologia basata su un modello dell'edificio che contiene ogni informazione relativa alla costruzione.

Come riportato ne Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti:

“Il BIM è dunque costituito dall'insieme dei processi applicati per realizzare, gestire, ricavare e comunicare informazioni tra soggetti a livelli differenti, utilizzando dei modelli creati da tutti i partecipanti al processo edilizio, in tempi diversi ed anche per scopi non uguali tra di loro, per garantire qualità ed efficienza attraverso l'intero ciclo di vita di un manufatto.”¹

Quindi, il BIM mette in pratica processi di programmazione e progettazione per ottimizzare tutte le fasi dalla realizzazione alla gestione, demolizione e dismissione di un edificio, raccogliendo digitalmente tutte le informazioni relative al suo intero ciclo di vita. In altre parole, potrebbe essere considerato come un enorme database informativo impostato su un modello digitale tridimensionale.

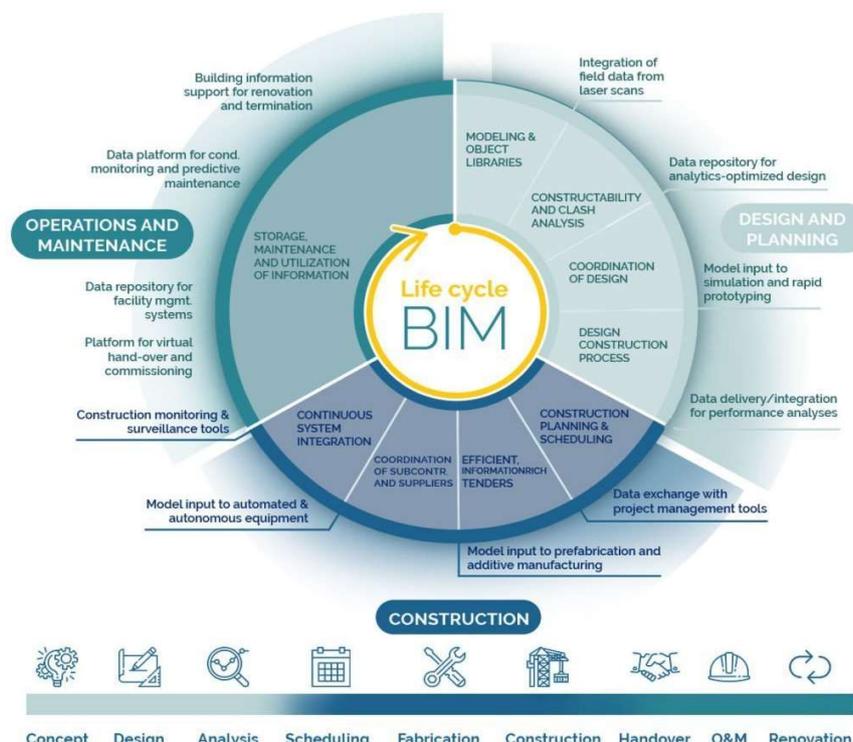


Figura 1 – La metodologia BIM. Fonte: <https://cemexventures.com/wp-content/uploads/2019/11/20191125-proceso-bim-3-1024x988.jpg>

¹ Osello A., Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti, Torino, Dario Flaccovio Editore, 2012, p.33

Parte integrante all'interno di tutti i processi BIM Based è la collaborazione – meglio nota come *interoperabilità* – tra le diverse figure professionali coinvolte nel processo edilizio.

Questa peculiarità favorisce una modellazione integrata e multidisciplinare in quanto permette in qualsiasi momento a tutti gli attori coinvolti di consultare, modificare e scambiare le informazioni sul e del modello BIM.

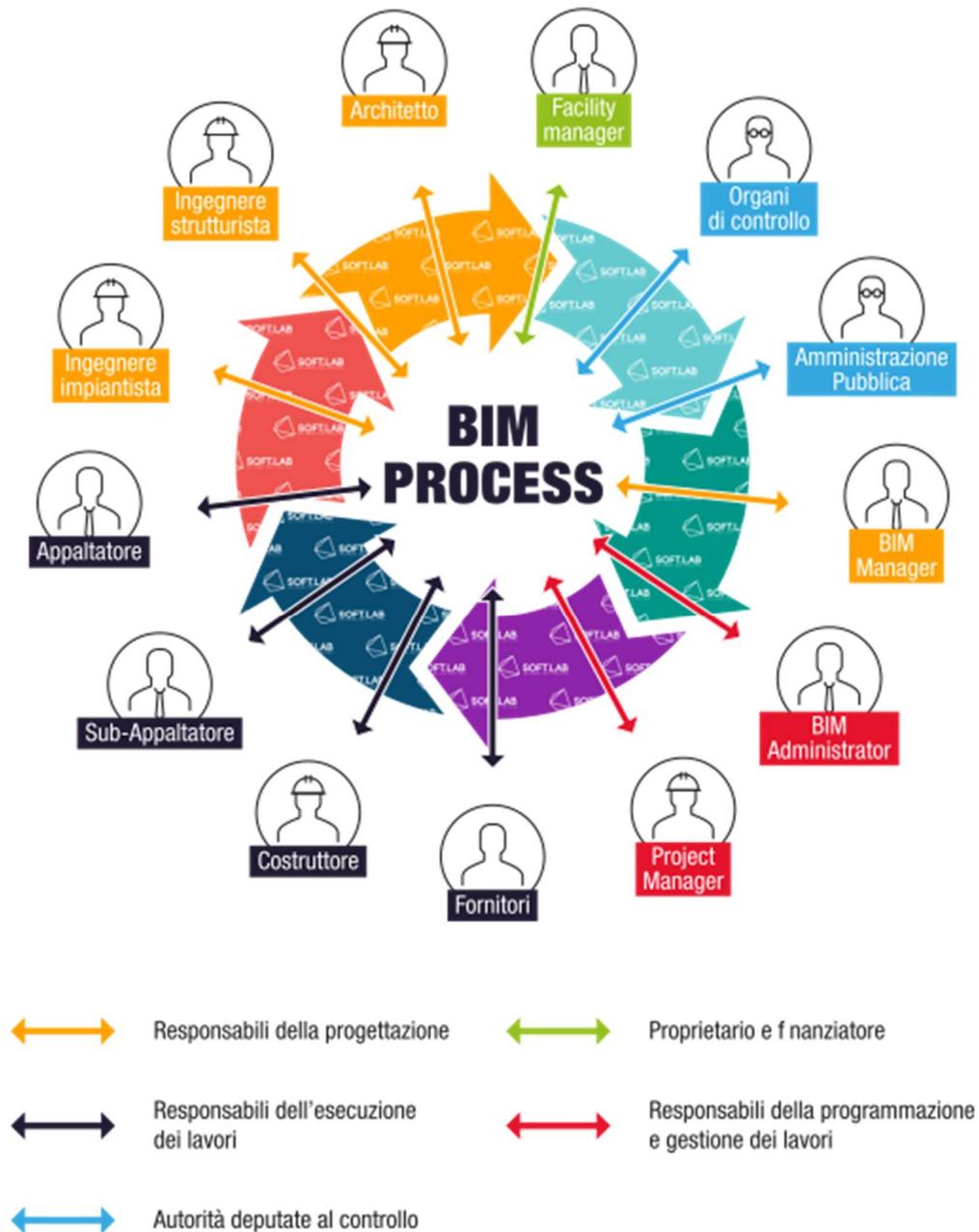


Figura 2 - L'interoperabilità e il processo BIM. Fonte: https://www.soft.lab.it/wp-content/uploads/2017/11/bim_process.png

Come è intuibile anche dalla figura sopra riportata, la metodologia migliora la qualità del progetto stabilendo un flusso incrociato d'informazioni, specificando e analizzando i flussi informativi ed eventualmente abolendo le incongruenze e le interferenze all'interno del processo.

1.2 Il concetto alla base del BIM

Il BIM nasce con lo scopo di gestire progetti sempre più complessi e rendere più efficiente il processo di collaborazione tra i diversi progettisti. È infatti indispensabile ricordare che il BIM oltre ad essere una metodologia è un'attività di gruppo dove l'interdisciplinarietà e l'interoperabilità sono il nucleo dell'intero processo.

È importante notare che un modello tridimensionale non è BIM e tanto meno il BIM non è semplicemente un modello 3D. Infatti, la metodologia BIM necessita che il modello virtuale dell'edificio venga realizzato tridimensionalmente seguendo i principi costruttivi dell'opera con l'ausilio di elementi e componenti edilizi virtuali che corrispondano a quelli realmente adoperati (pilastri, solai, finestre...). Così facendo, il modello sarà l'esatta virtualizzazione dell'edificio reale e non una sua mera rappresentazione.

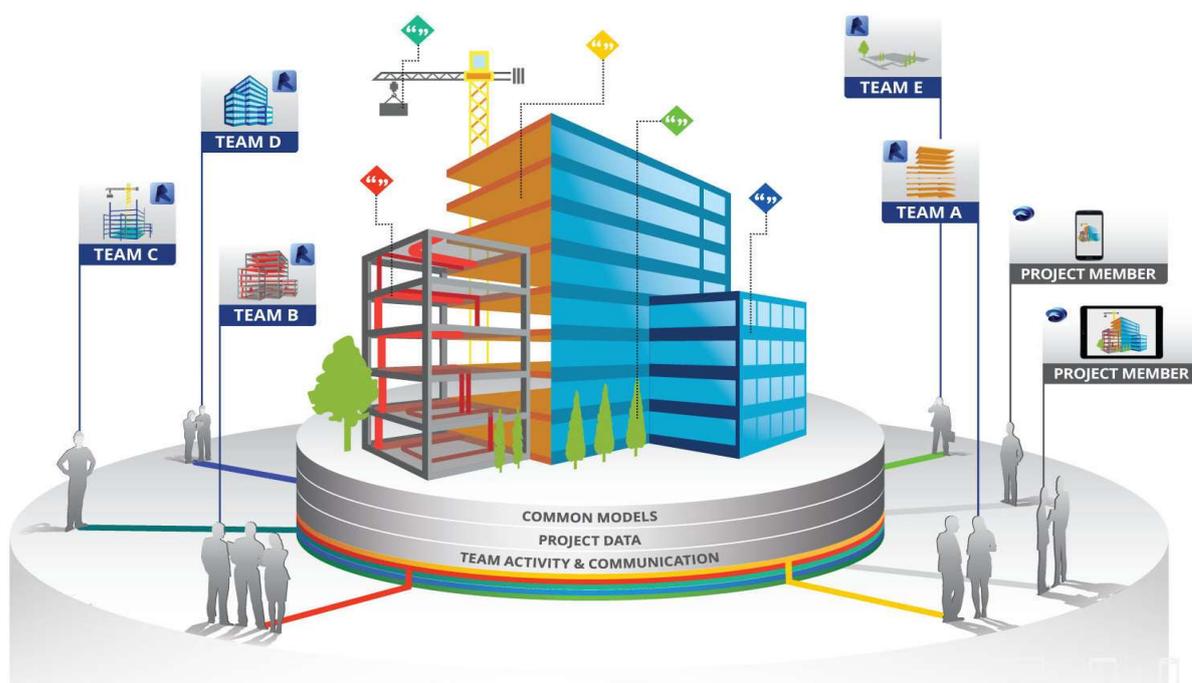


Figura 3 – La centralità del modello BIM. Fonte: <https://www.bimportale.com>

Il Building Information Model – brutalmente noto come “*modello 3D*” – porta con sé un vantaggio immediato, quello di avere un'unica fonte per i propri elaborati; difatti, tutte le informazioni relative al manufatto edilizio sono contenute in un unico luogo – *database* – il modello.

In altre parole, affermando che il modello BIM non è solamente una rappresentazione tridimensionale dell'edificio, si asserisce è in grado di estendere – con una gamma di livelli informativi – le classiche 3 dimensioni della fisica. Ovvero, oltre alle tre dimensioni che caratterizzano la geometria dell'edificio esistono altre “*dimensioni*” che esprimono diverse caratteristiche e aspetti informativi dello stesso modello, utili per realizzare o gestire l'opera.

In particolare, nel *BIM World* esistono ben sette dimensioni:

- **2D e 3D – dimensioni geometriche.** Dal modello BIM si possono produrre i classici elaborati che rappresentano bi-dimensionalmente il modello attraverso piante, sezioni e prospetti oltre che creare il modello tridimensionale;
- **4D – dimensione temporale.** La tecnologia 4D-BIM implementa il modello 3D con la variabile temporale; ciò permette un maggiore controllo nell'attività manageriale per gestire e coordinare l'organizzazione e le attività cantieristiche. Inoltre, migliora il controllo del rilevamento dei conflitti derivanti dalle diverse attività che si susseguono in fase di cantierizzazione evitando sovrapposizioni e minimizzando il rischio di imprevisti;
- **5D – dimensione estimativa.** Intrinsecamente collegata alla 4D consente di monitorare il progresso delle attività e gestire i relativi costi nel tempo. Permette quindi di generare un collegamento diretto tra elementi digitali, attività svolte, quantità richieste e stima dei costi, con lo scopo di produrre previsioni e analisi dei costi più dettagliati e attendibili;
- **6D – dimensione prestazionale.** È nota anche come dimensione della sostenibilità in quanto supporta le analisi energetiche e sulla sostenibilità ambientale dell'edificio. Analizza il comportamento del fabbricato con delle simulazioni atte a definire i consumi energetici.
- **7D – dimensione gestionale.** Questa dimensione racchiude la gestione operativa e il *Facily Management* – spesso indicato con l'acronimo *FM* – dell'opera post costruzione. Contempla tutte le attività e operazioni di gestione, manutenzione, rinnovamento e demolizione dell'edificio o di parte di esso.

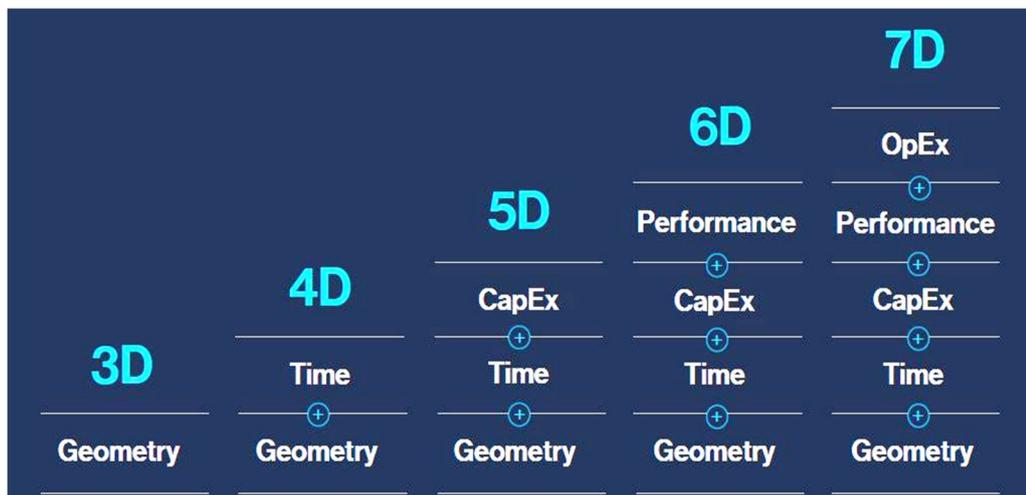


Figura 4 – Rappresentazione delle dimensioni del BIM. Fonte: <https://placetech.net/wp-content/uploads/2019/03/Cartwright-Pickard-7D-BIM-stages.jpg>

Tutte e sette le dimensioni sono state recepite e definite dall'attuale normativa italiana in tema BIM (UNI 11337:2017). È da precisare però, che la recente normativa inverte i contenuti e le finalità delle dimensioni 6D e 7D della convenzione internazionale; ovvero, attribuisce alla 6D il facility management e alla 7D la sostenibilità.

Inoltre, con l'avanzare della metodologia e della sua continua applicazione, ha comportato l'apertura di un tavolo tecnico in cui è in corso un dibattito sulla normalizzazione di altre tre nuove dimensioni del BIM². In particolare:

- **8D – dimensione della sicurezza.** È la dimensione in cui è possibile verificare con accuratezza le condizioni delle attività in cantiere, identificare anticipatamente i pericoli, pianificare le fasi di lavoro, gestire la comunicazione e la formazione degli addetti ai lavori, le criticità e le interferenze tra le varie lavorazioni. Genera quindi un modello realistico che riproduce fedelmente il cantiere completo di macchinari, opere provvisorie, operai in movimento, ecc., in modo da verificare gli ingombri e simulare situazioni di emergenza per valutare la correttezza delle scelte progettuali ed eventualmente intervenire per modificarle³;
- **9D – dimensione del processo snello.** In questa dimensione – nota anche come *Lean Construction* – si ottimizzano e snelliscono tutti i processi necessari alla realizzazione dell'opera; onde evitare ritardi nella consegna, eliminare completamente gli sprechi e ottimizzare tutte le risorse al fine di aumentare la produttività⁴;
- **10D – dimensione industrializzata.** L'ultima dimensione ha la finalità di industrializzare e rendere il settore delle costruzioni più produttivo. Infatti, ottimizza ogni fase del ciclo di vita della costruzione utilizzando la tecnologia⁵.



Figura 5 – Le 10 dimensioni del BIM. Fonte: <https://biblus.accasoftware.com/de/wp-content/uploads/sites/6/2021/09/BIM-Dimensionen.jpg>

Sembra evidente che tutte e dieci dimensioni sono tra loro interconnesse e continuando ad integrare il potenziale caratteristico di ogni dimensione con procedure e tecnologie è facile intuire che le dimensioni del BIM diventeranno sostanzialmente infinite.

² AA.VV. in "BIM 7D e gestione delle strutture", Biblus.com, <https://biblus.accasoftware.com/de/7d-bim-und-facility-management/>

³ AA.VV. in "BIM 8D: cos'è e quali sono i vantaggi", 19 novembre 2021, BiblusBIM.com, <https://bim.acca.it/bim-8d-e-sicurezza-sul-cantiere/>

⁴ AA.VV. in "Cos'è il BIM 9D", 13 novembre 2021, BiblusBIM.com, <https://bim.acca.it/cos-e-il-bim-9d/>

⁵ AA.VV. in "Cosa significa BIM 10D", 6 gennaio 2022, BiblusBIM.com, <https://bim.acca.it/cosa-significa-bim-10d/>

2. Qual è lo stato dell'arte del BIM oggi?

2.1 Il BIM nel mondo

Fin da subito il BIM è stato ampiamente accettato in tutto mondo e adottato da molti Paesi, ma solamente nell'ultimo decennio l'adozione del BIM come metodologia all'interno della prassi professionale è incrementata notevolmente rendendo ben riconoscibili e apprezzabili i benefit che essa produce.

È chiaro che l'adozione a livello mondiale sta trasformando l'industria delle costruzioni causando notevoli miglioramenti in termini di produttività e di risparmio sui costi di tutto il settore AEC⁶ (*Architecture Engineering Construction*).

Essendo il BIM un framework⁷ in continua evoluzione è comprensibile che a livello globale ci sia una continua ricerca della "regolarità", ovvero modelli univocamente regolati e normati.

Questa continua ricerca della regolarità è una prerogativa fondamentale che gli stati che adoperano la metodologia ricercano; infatti, chi da un ventennio a questa parte possiede già una normativa o degli standard applicativi in ambito BIM continua sempre ad implementarli e aggiornarli.

L'immagine di seguito riportata mostra, secondo la Governmental Information and Nemetschek Research, quali sono i principali paesi al mondo in cui la metodologia BIM è più sviluppata.

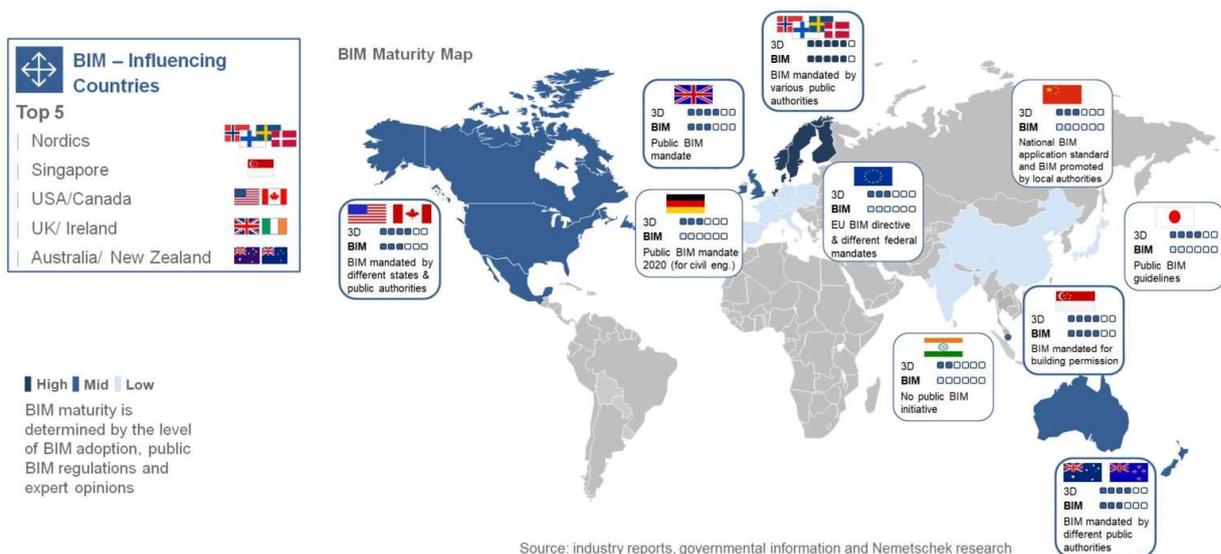


Figura 6 – Paesi BIM più influenti. Fonte: BIM Corner – Governmental information and Nemetschek research

I sottoparagrafi seguenti sono stati scritti analizzando lo stato dell'arte del BIM in alcuni dei Paesi in cui la metodologia è in stato più avanzato, con l'intento di rendere noto come l'adozione del BIM ha influenzato e sta tuttora influenzando il *modus operandi* dei professionisti del settore AEC.

⁶ A.E.C.: Acronimo di Architecture Engineering Construction con il quale viene comunemente designata l'industria delle costruzioni, soprattutto in ambito di tipo informatico.

⁷ FRAMEWORK: termine anglofono che può essere tradotto come struttura o quadro strutturale, in informatica e specificamente nello sviluppo software, è un'architettura logica di supporto sulla quale un software può essere progettato e realizzato, spesso facilitandone lo sviluppo da parte del programmatore.

2.1.1 Stati Uniti d'America (USA)

Gli Stati Uniti è il luogo dove nel 1974 il professor Charles M. Eastman teorizza e definisce per la prima volta il modello virtuale tridimensionale di edificio, grazie alla pubblicazione di un articolo scientifico dal titolo “*An outline of the building description system*”; risultato di un progetto di ricerca e sviluppo presso la Carnegie-Mellon University di Pittsburgh.

Con essa non nasce solamente il BIM, ma anche tutta la continua ricerca per ottenere una rappresentazione tridimensionale di un manufatto in grado di contenere informazioni geometriche e lo sviluppo di strumenti-software adeguati alle effettive esigenze della produzione edilizia⁸.

Ma non sempre essere il Paese in cui nasce una metodologia significa essere il Paese che per primo la norma e la adopera a pieno regime; infatti, il tasso di adozione del BIM negli USA si è gradualmente ridotto. Inoltre, seppur conoscendo l'importanza della metodologia e i suoi benefit nel processo edilizio, durante il precedente ventennio, il governo centrale degli Stati Uniti non ha reso obbligatorio il BIM nei progetti pubblici.

Nel 2003 la US General Services Administration (*GSA - L'amministrazione Generale dei servizi degli Stati Uniti*), l'agenzia nazionale che si occupa della gestione degli edifici governativi americani con il compito di promuovere politiche per la riduzione dei costi di gestione, ha redatto e pubblicato a livello nazionale il 3D-4D BIM Programme⁹. Nel seguente piano promulgava e rendeva obbligatorio l'adozione del BIM per tutti i progetti di servizi di edifici pubblici. L'unico stato ad aver implementato prontamente l'attuazione della metodologia per le opere pubbliche è stato il Wisconsin con progetti finanziati con fondi pubblici per un budget di oltre 5 milioni di dollari¹⁰.

Nel 2011 la *USACE (United States Army Corps of Engineers)* ovvero la sezione dell'esercito statunitense specializzata in ingegneria e progettazione, pubblica la roadmap sull'adozione del BIM (*ERDC TR-06-10, Supplement2*) come supplemento della prima linea guida BIM pubblicata nell'ottobre del 2006 (*ERDC TR-06-10*).

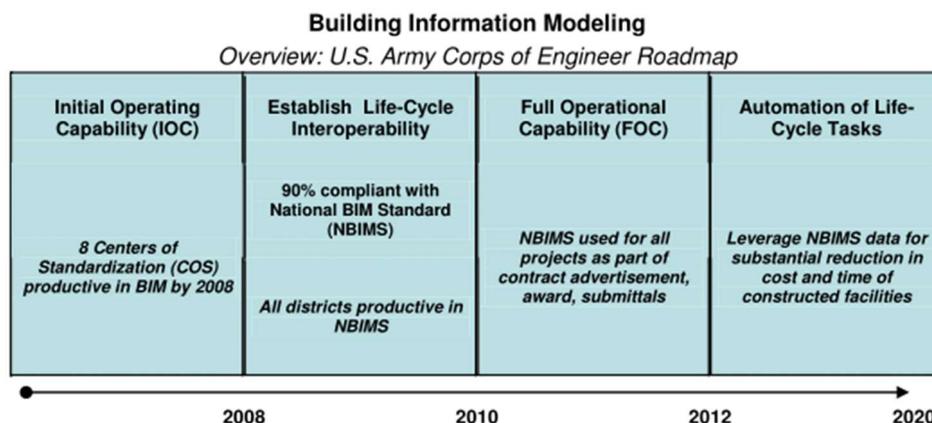


Figura 7 - USA BIM Roadmap. Fonte: USACE, ERDC TR-06-10

⁸ BAGNI B., in “Omaggio al padre del BIM: Charles M. Eastman”, novembre 2020, BimPortale, <https://www.bimportale.com/omaggio-al-padre-del-bim-charles-m-eastman/>

⁹ CAMERINI D. in “Building Information Modeling (BIM): cos'è, stato di adozione in Italia e nel mondo” ottobre 2019, Agenda Digitale, <https://www.buildingsmartitalia.org/building-information-modeling-bim-cose-stato-di-adozione-in-italia-e-nel-mondo/>

¹⁰ SHIMONT P. in “BIM adoption around the world: how good are we?” dicembre 2018, Geospatial world <https://www.geospatialworld.net/article/bim-adoption-around-the-world-how-good-are-we/>

La graduale attuazione del BIM tra i professionisti americani nell'ultimo decennio ha generato un impatto positivo sul settore AEC; infatti, tra il 2007 e il 2012 il Nord America ha registrato una delle più alte crescite dell'adozione del BIM tra i professionisti a livello globale passando dal 28% al 71%¹¹.

Con l'aumento del finanziamento privato per i progetti di costruzione e con l'obiettivo del governo centrale americano di sostenere e implementare gli investimenti nelle infrastrutture, l'amministrazione Trump a fine del 2017 pubblica un piano che prevede investimenti federali per circa 200 miliardi di dollari da spendere nel prossimo decennio volto a stimolare ulteriori 1,5 trilioni di dollari¹² in spese da città, stati e società private per i principali progetti pubblici infrastrutturali.

Oggi gli Stati Uniti rappresentano uno dei più grandi mercati di costruzione di tutto il mondo e sono il punto d'origine di importanti iniziative BIM, come: la *buildingSMART Alliance*, la *PennState BIM Task Force* e il *National Institute of Building Science (NIBS)*.

Quest'ultima stabilisce attraverso il progetto *NBIMS-US* gli standard necessari per promuovere l'innovazione nei processi e nelle infrastrutture in modo che gli utenti finali in tutti gli aspetti del settore AEC possono accedere in modo efficiente alle informazioni necessarie per creare e gestire delle strutture ottimizzate.



Figura 8 - Logo del National Institute of Building Sciences. Fonte: National BIM Standard

Il progetto di standardizzazione NBIMS-US è di stampo gerarchico e può essere schematizzato come cerchi concentrici di livelli di importanza sempre crescenti, con al centro gli standard internazionali.

Alle NBIMS-US seguiranno i Progetti di norme internazionali (*DIS - Draft International Standard*) e successivamente le Norme pubblicamente disponibili (*PAS - Publicly Available Standards*). Complessivamente la gerarchia che segue la NBIMS-US è quella riportata nella figura di seguito.



Figura 9 - Schema gerarchico del NBIMS-US. Fonte: National BIM Standard

¹¹ McAuley B., Hore A. and West R., BICP Global BIM Study - Lessons for Ireland's BIM Programme, 2017, Published by Construction IT Alliance (CitA) Limited

¹² Cohen P. and Rappoport A. in "Trump's Infrastructure Plan Puts Burden on State and Private Money", febbraio 2018, The New York Times, risorsa online: <https://www.nytimes.com/2018/02/12/business/trump-infrastructure-proposal.html>

2.1.2 Canada

La cronaca dell'approccio alla metodologia BIM del Canada è davvero bizzarra. Il Canada seppur con un bacino d'utenza del BIM molto ampio, presenta notevoli criticità sul piano di approvazione di un'apposita normativa tecnica sui temi digitali per le costruzioni.

Il Paese, infatti, non presenta né una normativa a riguardo né dei piani nazionali strutturati per l'attuazione a livello nazionale del BIM. A tal ragione, secondo i tecnici del settore, il Canada avrebbe bisogno di sviluppare una strategia BIM nazionale, degli standard aperti e un mandato BIM che possa perlomeno introdurre gli obblighi normativi¹³.

A prodigarsi per la causa sono alcune associazioni e organizzazioni pubbliche e private tra cui università, ministeri, rappresentanti delle imprese di costruzioni e dei professionisti che stanno iniziando a collaborare per raggiungere questi obiettivi e favorire a riguardo un'adeguata implementazione giuridica.

In particolare, nel 2004, con la nascita della *buildingSMART Canada* all'interno della comunità canadese di architettura, ingegneria, costruzione, proprietari e operatori (*AECOO – Architecture, Engineering, Construction, Owner and Operator*) si è registrato un aumento delle attività di utilizzo del BIM per tutti i progetti di costruzione; quasi a dimostrazione che la comunità a differenza delle istituzioni governative è già pronta per il cambiamento verso il digitale nelle costruzioni.

Nel 2010 è stato indetto un comitato dal neonato Istituto per il BIM in Canada (*IBC – Institute for BIM in Canada*) con la missione di guidare, coordinare e facilitare l'uso del BIM nel settore delle costruzioni.



Figura 10 - Logo della buildingSMART Canada e dell'Institute for BIM in Canada. Fonte: buildingSMART Canada

Nel 2016 l'IBC pubblica il *Canadian Practice Manual of BIM (C-PMB – Manuale pratico per il BIM in Canada)* una risorsa creata dagli esperti di tutto il Canada allineata con gli standard internazionali che fornisce in tre volumi un background generale dei vari usi e vantaggi del BIM: una spiegazione dettagliata su come implementare il BIM all'interno di un'organizzazione, una spiegazione sulla preparazione e una sulla partecipazione a progetti BIM collaborativi. Nello stesso anno viene anche pubblicata una roadmap accurata sul ciclo di vita del BIM nella comunità AECOO canadese.

¹³ AA.VV., in "BIM Canada, la comunità tecnica è pronta; le istituzioni no" settembre 2018, BibLusBIM, <https://bim.acca.it/bim-canada/>

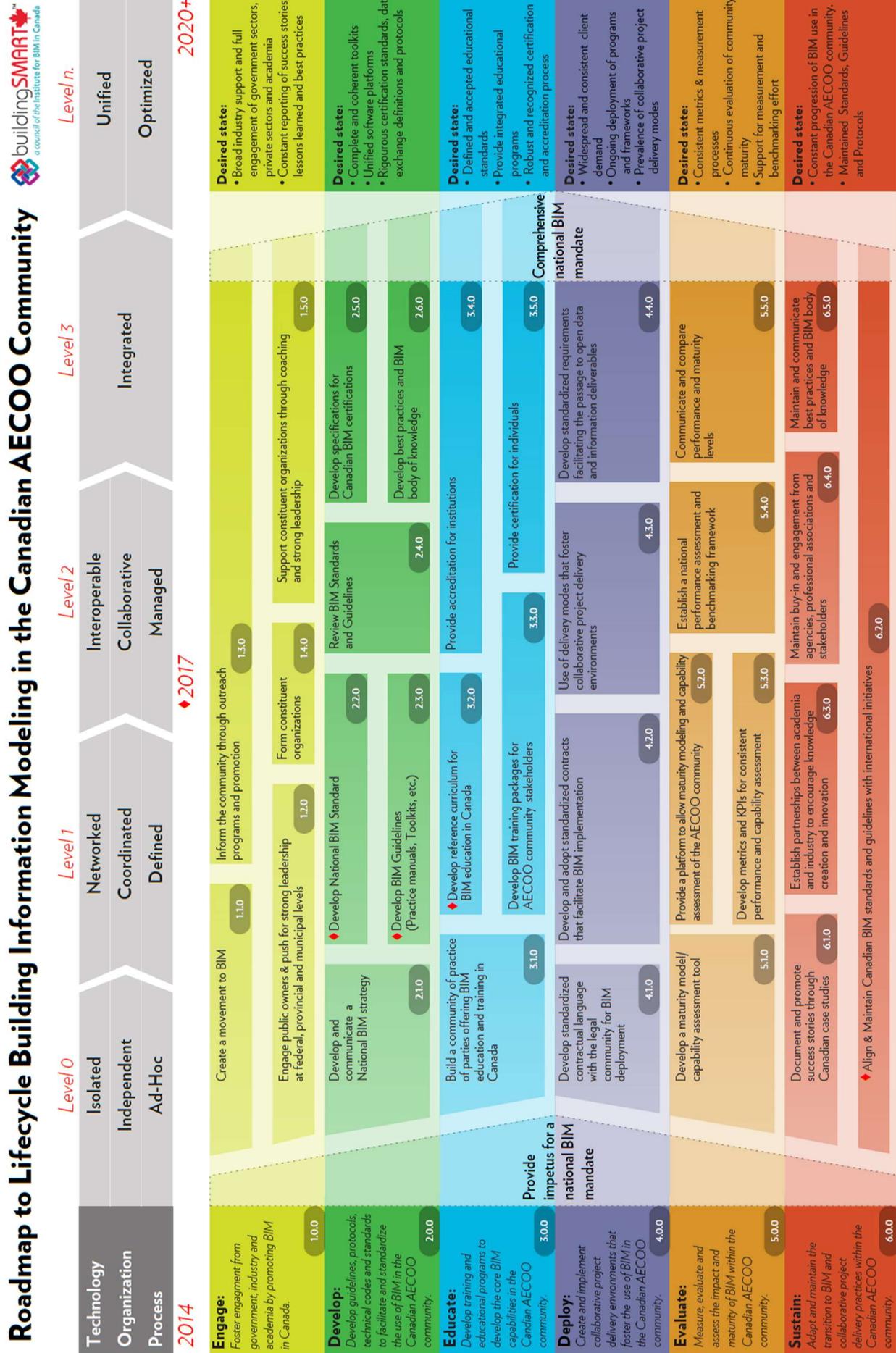


Figura 11 – BIM Roadmap del Canada. Fonte: buildingSMART Canada

Attualmente, il Canada ha anche reso pubblico un BIM-Report, che attraverso un'indagine di tre anni rivolta ai professionisti del settore, restituisce un benchmark¹⁴ relativo all'effettivo uso della metodologia BIM nel paese.

L'indagine mostra che nel 2021 quasi tutti i partecipanti (99%) conoscono la metodologia e il ben 82% degli intervistati ha affermato di essere un utente attivo. Del restante 18% - identificati come "Non utenti BIM" - solo l'1% disconosceva completamente la metodologia¹⁵.

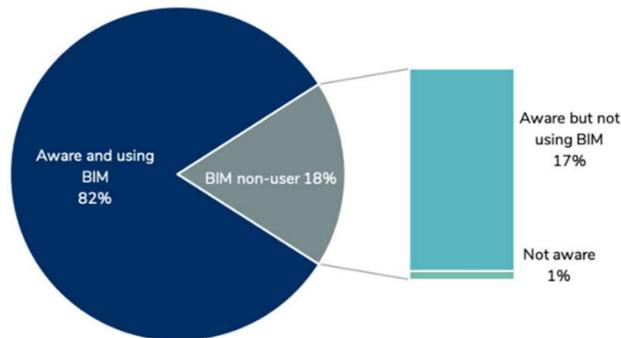


Figura 12 - Uso e conoscenza del BIM nel Canada. Fonte: University of Toronto, 3rd Annual BIM Report 2020

È bene precisare che le indagini che hanno permesso di mettere in luce questi risultati inizialmente interessavano soltanto la provincia dell'Ontario e successivamente sono state diffuse all'interno della comunità AECOO di tutto il Canada.

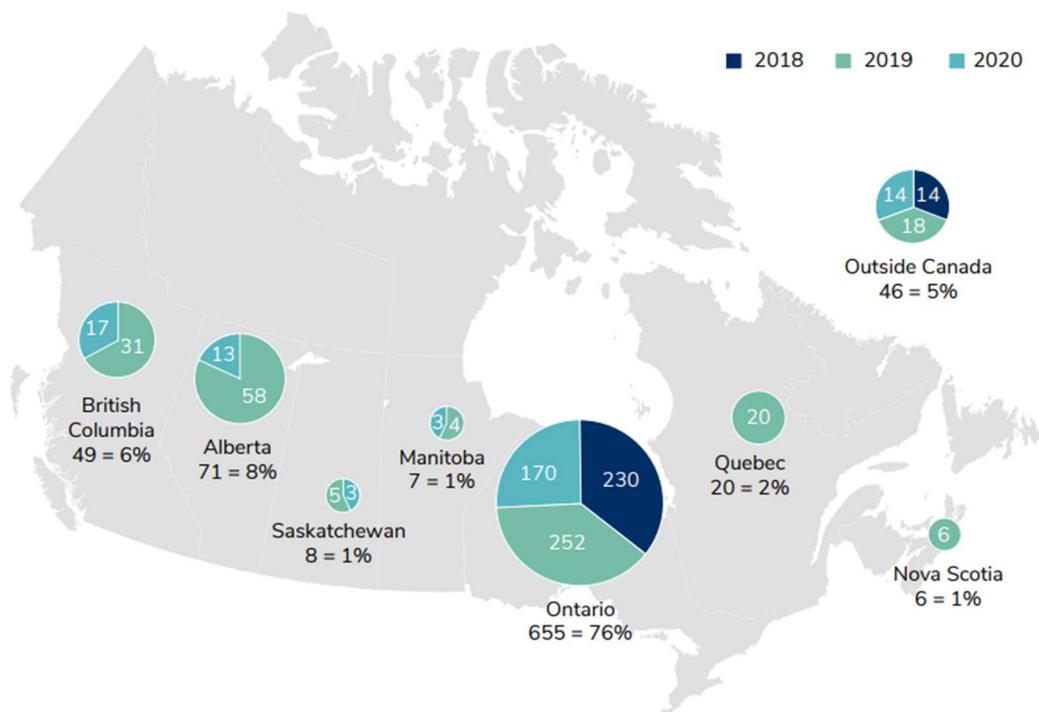


Figura 13 - Distribuzione indagine. Fonte: University of Toronto, 3rd Annual BIM Report 2020

A tal ragione, i numeri riportati non implicano un effettivo tasso di adozione del BIM in tutto il settore AEC del Canada.

¹⁴ Benchmark: Test appositamente studiato per valutare le prestazioni di un dispositivo o l'efficacia di un processo tecnico o di uno strumento finanziario in rapporto a uno standard di riferimento. Nel linguaggio finanziario indica un parametro di riferimento per valutare la prestazione di un titolo o di un fondo d'investimento o l'andamento del mercato in genere.

¹⁵ McCabe B.Y., Shahi A. e Nasrazadani H., 3rd Annual BIM Report 2020. A Benchmark of BIM use in Canada, Toronto, Building Innovation Research Centre, 2021, p.13

Dallo studio risulta che il 90% delle aziende/studi di progettazione intervistati adopera regolarmente il BIM mentre del restante 10% che ancora non aveva adottato la metodologia solo l'8% ha in programma di adoperarla entro i prossimi anni¹⁶.

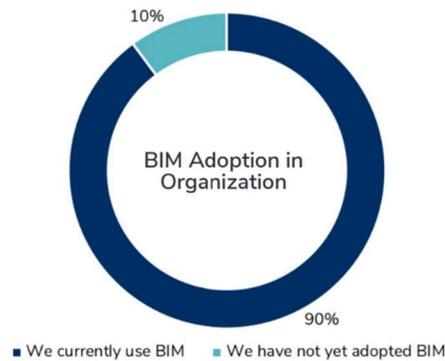


Figura 14 – Adozione del BIM nelle aziende. Fonte: University of Toronto, 3rd Annual BIM Report 2020

Tra i progettisti canadesi, l'uso del BIM è maggiormente presente nelle grandi aziende AEC a differenza dei piccoli studi di progettazione. Difatti il 95% dei partecipanti che lavorano per i grandi studi professionali adopera la costantemente la metodologia mentre disunisce drasticamente al 78%. per i piccoli studi.

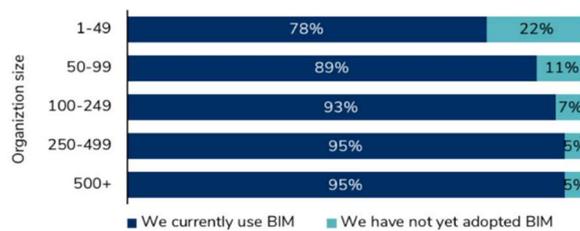


Figura 15 – Uso del BIM in funzione alla dimensione dell'azienda. Fonte: University of Toronto, 3rd Annual BIM Report 2020

Altro dato importante che emerge dalle indagini riguarda la frequenza d'impiego del BIM all'interno dei progetti. In particolare, il 68% degli intervistati indica di adoperare l'anzidetta metodologia in più della metà dei loro progetti – di cui il 30% la utilizza in tutti i loro progetti – mentre solamente l'8% non l'adopera¹⁷.

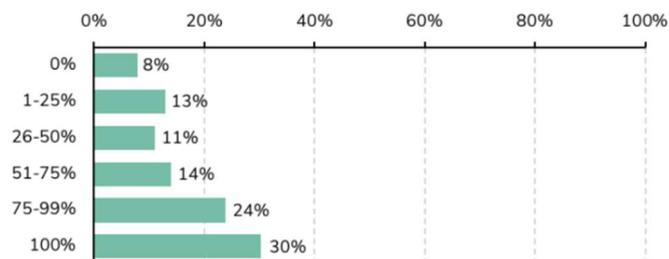


Figura 16 – Frequenza dei progetti BIM. Fonte: University of Toronto, 3rd Annual BIM Report 2020

¹⁶ McCabe B.Y., Shahi A. e Nasrazadani H., 3rd Annual BIM Report 2020. A Benchmark of BIM use in Canada, Toronto, Building Innovation Research Centre, 2021, p.15

¹⁷ Ibidem

Come in quasi tutti i report sul BIM è chiaro che il primo approccio alla metodologia e la sua completa adozione è difficoltosa e ostica perché richiede diversi cambiamenti negli ormai tradizionali flussi di lavoro della pratica professionale.

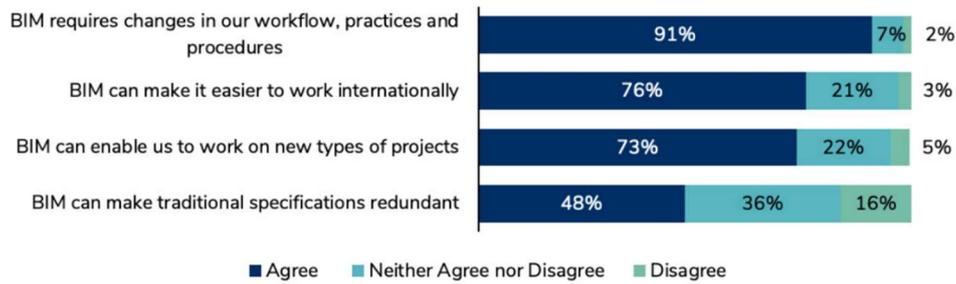


Figura 17 – Effetto del BIM sui processi organizzativi. Fonte: University of Toronto, 3rd Annual BIM Report 2020

La resistenza al cambiamento, l'inerzia dell'industria delle costruzioni verso l'adozione del BIM e la mancanza di conoscenza e abilità risultano quindi essere le principali barriere all'adozione del BIM da tutte le discipline del settore AEC in Canada.

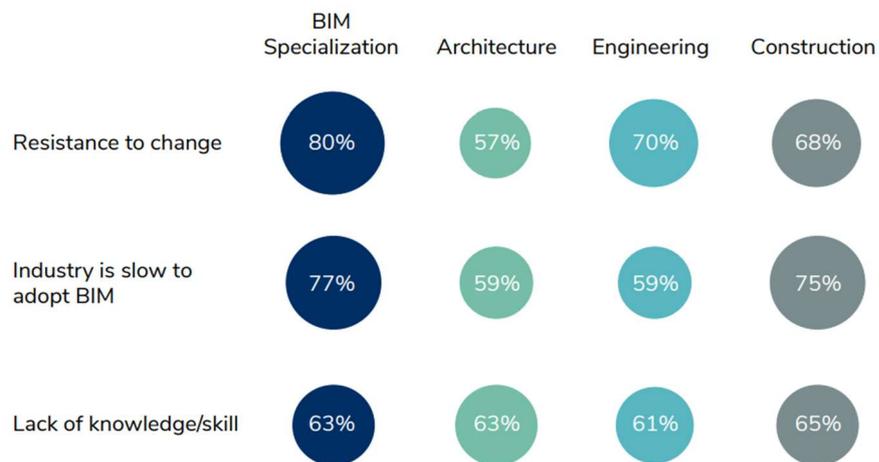


Figura 18 – Le prime tre barriere dell'adozione del BIM secondo le diverse discipline. Fonte: University of Toronto, 3rd Annual BIM Report 2020

Sia gli User BIM che i Non-user BIM canadesi sono comunque consapevoli del fatto che i professionisti che non si convertano a questa metodologia si troveranno sempre un passo indietro rispetto allo stato attuale del mondo delle costruzioni.

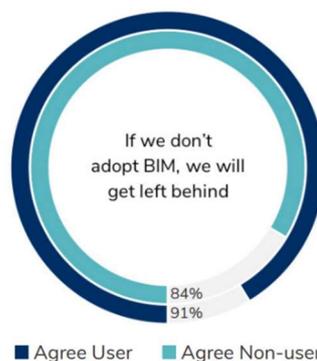


Figura 19 – Attitudine dei BIM User e Non-user verso l'adozione del BIM. Fonte: University of Toronto, 3rd Annual BIM Report 2020

2.1.3 Singapore

Singapore è il paese asiatico con maggior successo nel campo di standardizzazione e applicazione della metodologia BIM all'interno dei processi del settore delle costruzioni.

Già a metà degli anni 90 del precedente secolo, prima della nascita della metodologia BIM, il ministero dello sviluppo nazionale di Singapore guidato dalle autorità per le costruzioni e l'edilizia e in collaborazione con organizzazioni pubbliche e private diede vita ad un'importante iniziativa informatica il *Construction and Real Estate Network* – conosciuto con l'acronimo di *CoRENet*¹⁸ – con l'obiettivo di reingegnerizzare i processi del settore edilizio per ottenere maggiori guadagni in termini di tempo, costi e produttività.

Con l'avvio del BIM, il CoRENet si è trasformato in un'infrastruttura digitale necessaria per scambiare e veicolare le informazioni tra tutti i partecipanti del processo edilizio e le autorità governative in maniera veloce e interconnessa. Infatti, ha implementato la sua architettura digitale inserendo l'*e-Submission System* che permette a tutti i professionisti del settore di presentare online la documentazione progettuale necessaria alle opportune autorità di controllo per il rilascio di approvazioni e permessi.

Nel 2010 il governo centrale ha comunicato di voler ulteriormente aumentare la produttività del settore dell'industria e delle costruzioni in generale del 20-30%¹⁹ entro il 2020 con un piano quinquennale che prevede l'uso obbligatorio del BIM per i progetti pubblici in fasi successive.

Nello stesso anno, la Singapore Building and Construction Authority ha reso pubblica una BIM Roadmap – di seguito riportata – che sintetizza i cambiamenti e le strategie adoperate per implementare la metodologia nel Paese.

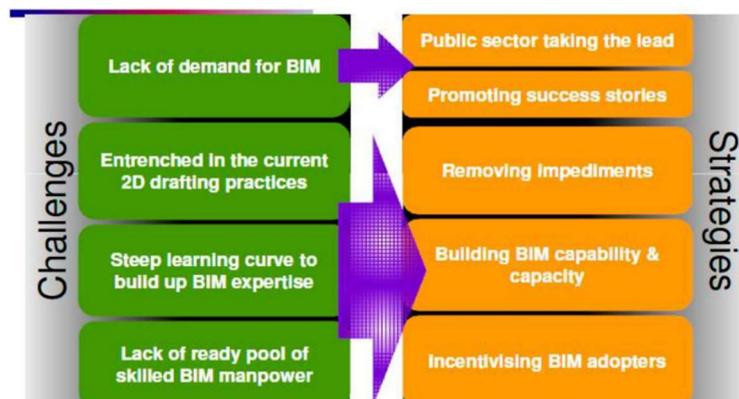


Figura 20 - BIM Roadmap di Singapore. Fonte: Singapore Building and Construction Authority

Di conseguenza l'ente normante in ambito delle costruzioni la BCA – *Building and Construction Authority* – ha supportato l'intento governativo pubblicando una serie di normative e linee guida consultabili direttamente su CoRENet.

La Guida BIM di Singapore è una guida di riferimento che delinea i ruoli e le responsabilità degli attori coinvolti all'interno dell'intero processo edilizio sviluppato adoperando la metodologia BIM.

¹⁸ Sito ufficiale del CoRENet, www.CoRENet.gov.sg

¹⁹ AA.VV., in "Che cos'è l'Open BIM", iBIMI.it, https://www.ibimi.it/wp-content/uploads/2015/10/nissim_openbim.pdf

Viene impiegata come guida di riferimento non solo per lo sviluppo del Piano Esecutivo del BIM (*BEP*), ma anche per le specifiche procedure di modellazione e di collaborazione tra i vari progettisti all'interno del processo BIM.

La prima versione delle linee guida è stata resa pubblica nel maggio del 2012; successivamente al fine del 2013 la BCA ha deciso di rivedere ed aggiornare le linee guida pubblicando una seconda versione aggiornata, ancora oggi in vigore.

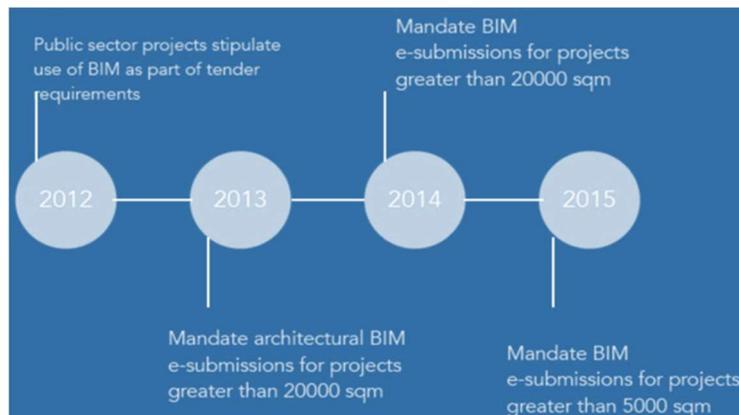


Figura 21 - Roadmap per l'applicazione della metodologia BIM in Singapore. Fonte: Geospatial.blogs.com

L'ultima pubblicazione della Guida BIM di Singapore risale a 7 anni fa e prevedeva una serie di note orientative per evidenziare le modifiche tra le due versioni e l'applicazione della metodologia in particolari condizioni.

Il Paese ha quindi elaborato un apposito programma di formazione per i professionisti sviluppato a livelli, per creare un apprendimento esperienziale specialmente nei settori del Facility Management (FM) e delle SmartCity²⁰.

Singapore è stato tra i primi paesi ad auto-analizzare criticamente il processo BIM e ampliarlo tecnologicamente. Infatti, già con la pubblicazione della Guida BIM del 2015 si prevedeva uno studio per analizzare e correggere i punti critici della metodologia ed implementarla entro il 2020 con le *Virtual Design & Construction (VDC)*.

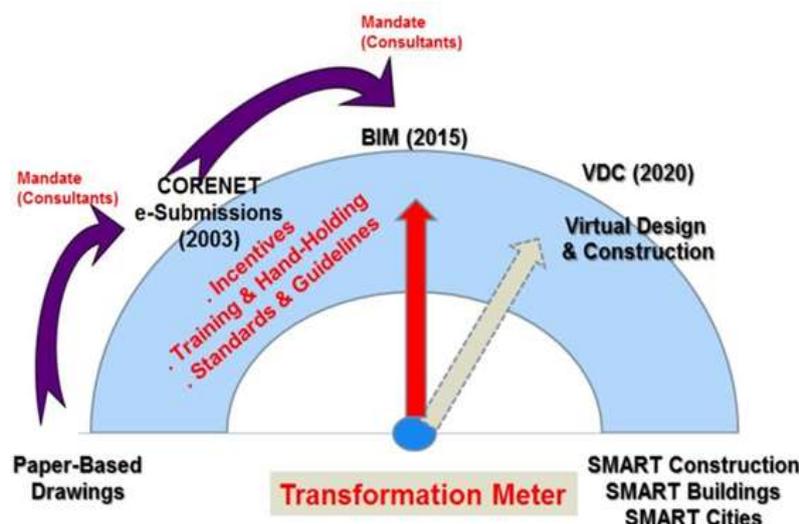


Figura 22 - Linea temporale applicazione GUIDA BIM a Singapore. Fonte: Geospatial.blog.com

²⁰ CAMERINI D. in "Building Information Modeling (BIM): cos'è, stato di adozione in Italia e nel mondo" ottobre 2019, Agenda Digitale, <https://www.buildingsmartitalia.org/building-information-modeling-bim-cose-stato-di-adozione-in-italia-e-nel-mondo/>

All'inizio del 2018 il Governo di Singapore pubblica la prima VDC, ovvero un documento di riferimento che fornisce una serie di linee guida per l'attuazione del Virtual Design & Construction all'interno dei progetti pubblici.

La VDC di Singapore nasce per stabilire in maniera comune le definizioni dei componenti e dei principi di progettazione e costruzione virtuali, fornire un quadro di riferimento per l'attuazione del VDC nei progetti di costruzione e colmare alcune delle lacune principali nelle nostre attuali pratiche di consegna dei progetti per facilitare la trasformazione dell'industria.

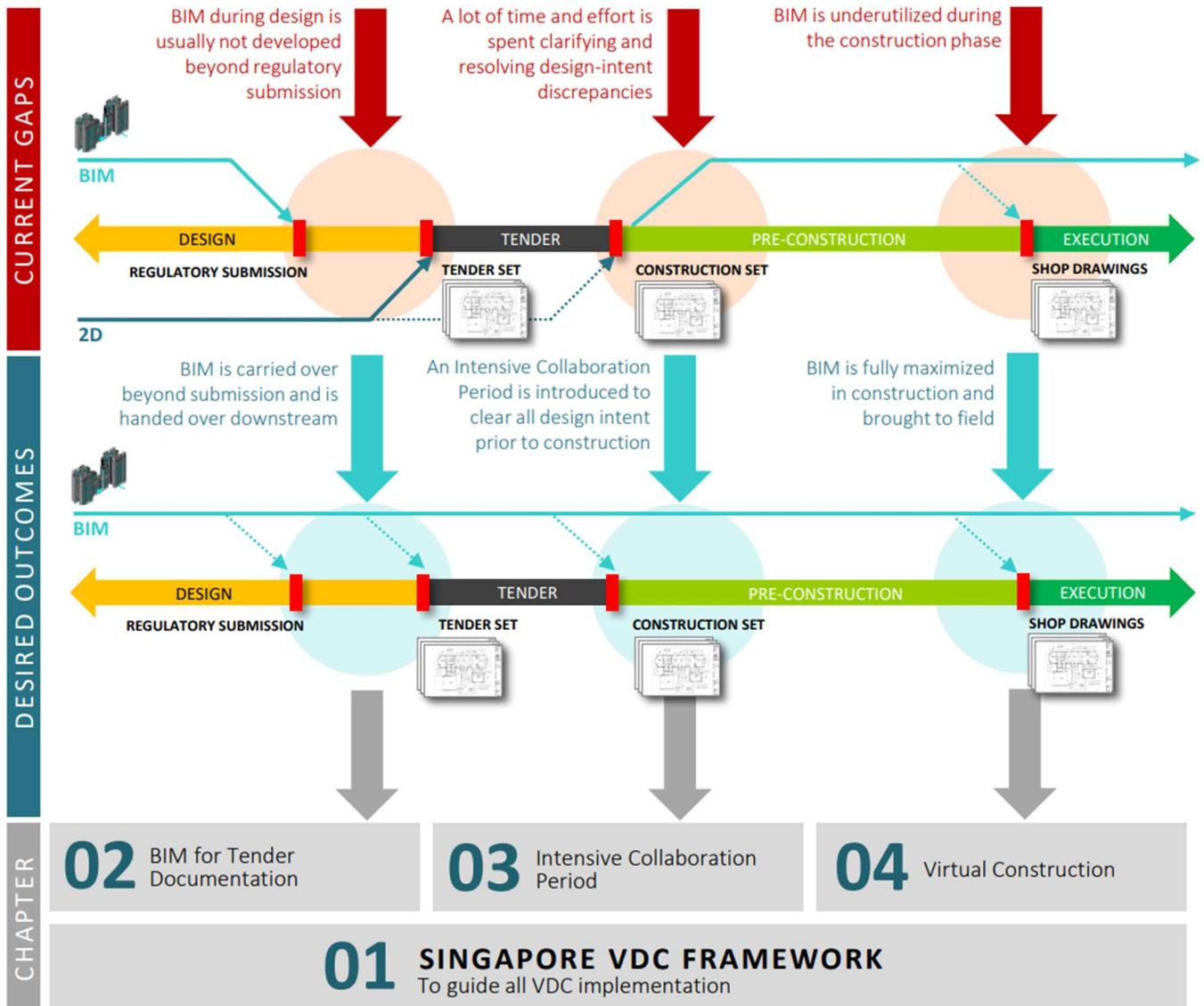


Figura 23 – Struttura della VDC di Singapore. Fonte: Singapore VDC Guide su CoRENet.gov.sg

È fondamentale capire che, come il modello tridimensionale non è BIM, allo stesso modo il BIM non è la VDC. Infatti, il BIM è uno dei componenti della Virtual Design & Construction; ovvero è l'informazione di cui si ha bisogno per svolgere le attività specifiche al fine di raggiungere l'obiettivo prefissato²¹.

²¹ Building and Construction Authority, The Singapore VDC Guide. Version 1.0, 2017. Risorsa online consultabile presso il sito: <https://www.corenet.gov.sg/>

La Virtual Design and Construction è la gestione di modelli BIM così come di presone e processi per raggiungere espliciti obiettivi progettuali oppure organizzativi e migliorare la performance del processo.

In sostanza, la VDC ha il compito di "Costruire due volte" la prima virtuale – grazie alla metodologia BIM – e la seconda realmente in sito. La “doppia costruzione” permette al team di progettazione di simulare completamente la progettazione e la costruzione in un ambiente virtuale prima dell'effettiva esecuzione sul sito, prevenendo e anticipando diverse problematiche che prolungherebbero e complicherebbero non solo la durata della fase di realizzazione ma inficerebbero economicamente il processo.

Di seguito viene riportato lo schema metodologico ed applicativo del Singapore VDC Framework. Come ogni schema funzionale è sviluppato in fasi gerarchiche con un obiettivo Principale (Goal) definito da diversi fattori critici o fattori di successo (Objectives) a cui corrispondono delle attività (Activities) con specifici risultati o targets (Targets).

Singapore VDC Framework

All of the components of VDC are integrated in a framework as illustrated below:

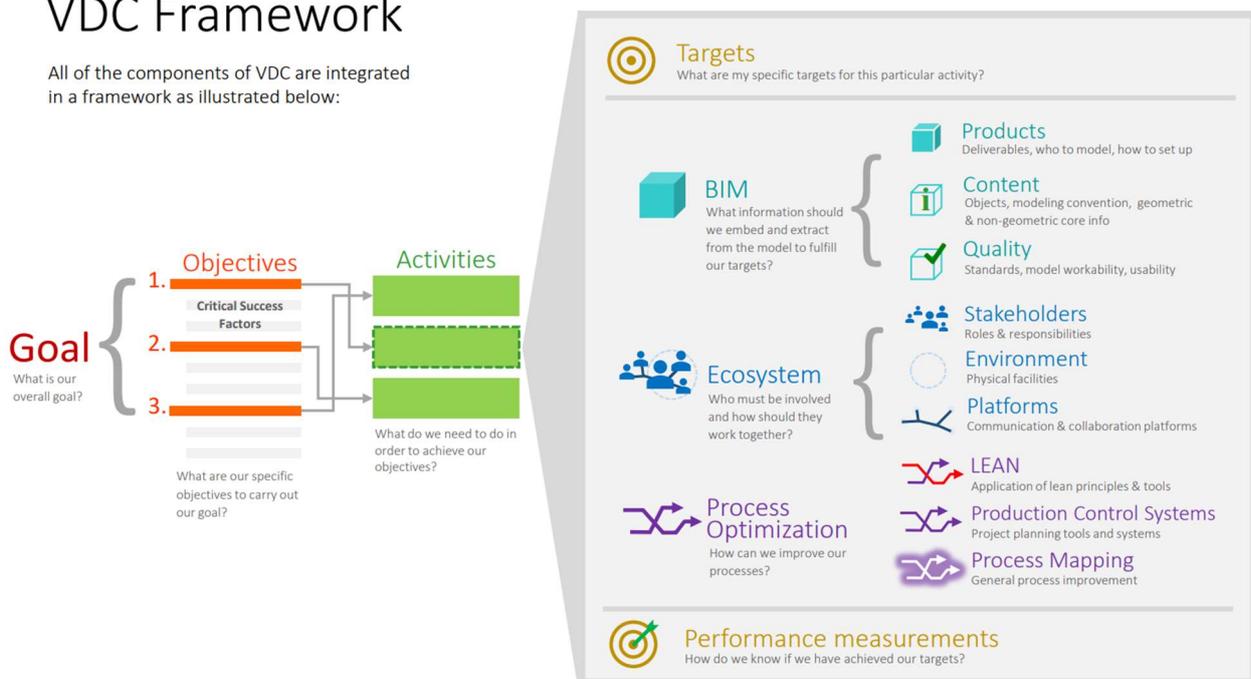


Figura 24 – Schema del Singapore VDC Framework. Fonte: Singapore VDC Guide su CoRENet.gov.sg

L'applicazione della VDC a livello nazionale sui progetti pubblici di Singapore oltre che ad incrementare la produzione e l'efficienza del processo progettuale, realizzativo e gestionale di una costruzione, segna un importante traguardo a livello mondiale per il settore delle costruzioni.

2.2 Il BIM in Europa

L'attuazione completa del BIM nel settore edilizio in Europa è un viaggio di cui la meta non è di certo lontana. Negli ultimi anni le iniziative pubbliche-private tra aziende e governi, gli accademici, le organizzazioni governative e gli stessi professionisti stanno sempre più riconoscendo i benefit che si ottengono con la transizione dalla normale prassi professionale alle tecnologie digitali.

Ogni Paese della comunità Europea – muovendosi autonomamente – adotta strategie nazionali diversi l'uno dall'altro con un'unica finalità di influenzare i professionisti verso una maggiore consapevolezza e digitalizzazione del settore AEC adottando un linguaggio comune.

I sistemi normativi statali nascenti definiscono in maniera non univoca non solo le caratteristiche dei modelli e dei processi BIM ma anche le tempistiche di attuazione, gli obblighi e i contenuti dei capitolati informativi (CI).

Se da un lato le aziende del settore privato presentano chiari interessi fiscali nel passaggio alla digitazione del processo con l'attuazione della metodologia BIM – perché vista come buona risposta alla richiesta di implementazione del profitto aziendale con maggiore efficienza e controllo della gestione delle costruzioni – dall'altro, generalmente, il settore pubblico non presenta la stessa pressione finanziaria per la digitalizzazione ma ad ogni modo ne riconosce un'importanza tecnica e sociale fondamentale²².

La comunità europea comprende che la standardizzazione della prassi comune e la collaborazione e cooperazione tra i professionisti e gli enti comunitari sono la chiave risolutiva del successo. Infatti, se le iniziative del settore privato venissero combinati con gli sforzi del settore pubblico, si riuscirebbe ad individuare un interesse condiviso nell'adozione del BIM che incrementerebbe non solo l'uso della metodologia ma anche il suo livello di maturità nel settore delle costruzioni.

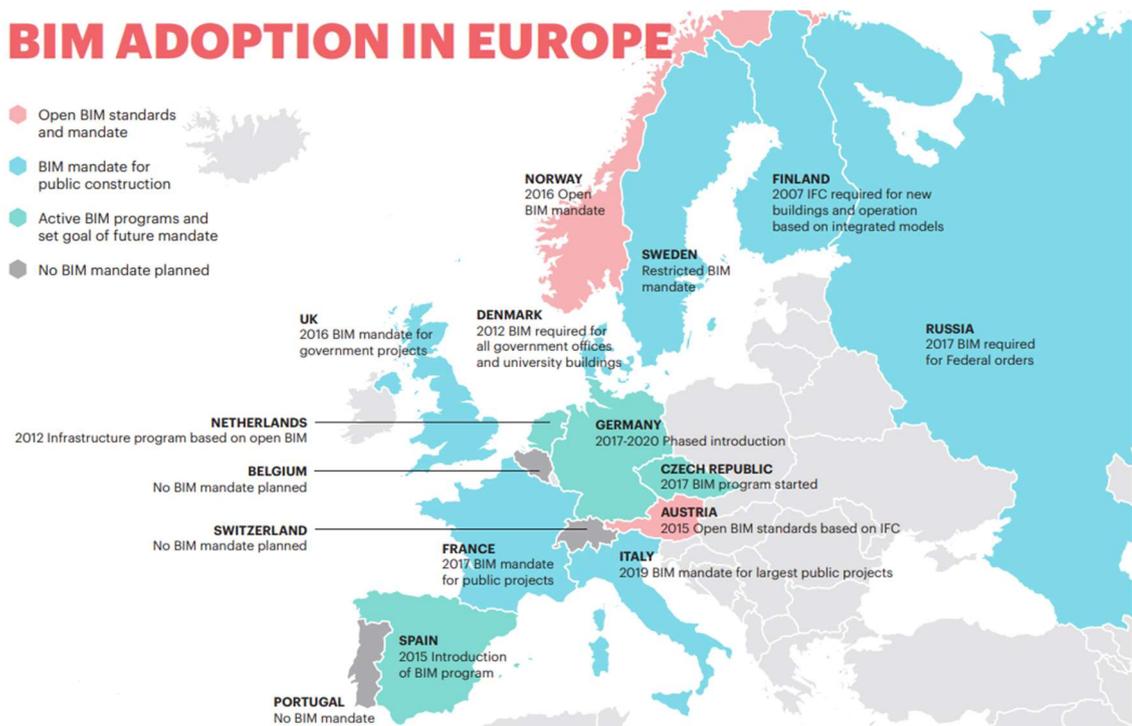


Figura 25 – Adozione del BIM nei paesi europei. Fonte: BICP Global BIM - Technological University Dublin

²² Commissione Europea, “European Construction Sector Observatory. – Building Information Modelling in the EU construction sector”, Trend Paper Series, marzo 2019

2.2.1 Regno Unito (UK)

Lo sviluppo del BIM nel Regno Unito dimostra come le iniziative governative possono effettivamente guidare il cambiamento industriale nel settore delle costruzioni. Infatti, presenta il piano pubblico di adozione del BIM più ambizioso e di ampie vedute del mondo.

A fine del 2011 la *Government Construction Strategy* ha richiesto a tutti i professionisti del settore AEC che entro il 2016 tutti i progetti finanziati con fondi pubblici, vengano realizzati adottando il BIM con livello di maturità e collaborazione tra i progettisti avanzato (detto di livello 2).

Contemporaneamente alla disposizione del GCS è stato fondato il Task Group BIM ovvero un consorzio industriale che riunisce varie competenze del settore delle costruzioni – industrie, università, professionisti e commissioni governative – con l’obiettivo di ridurre costi ed emissioni di CO₂ di almeno il 20%²³ e per trasformare l’industria inglese in un sistema più integrato, efficiente e collaborativo.

Un rapporto pubblicato a fine del 2013 dalla Task Group BIM mostra quali devono essere i requisiti che il protocollo COBie – *Construction Operations Building Information Exchange*, ovvero un foglio di calcolo strutturato in schede che incorpora oltre alle informazioni sulle strutture dell’edificio, quelle relative alle apparecchiature impiantistiche ed alcune norme in materia di contenuto dei dati²⁴ – deve soddisfare per affrontare gli scambi di informazioni per i progetti di infrastrutture civili.

Oltre a COBie, l’associazione industriale dell’edilizia inglese la Construction Industry Council (CIC) ha sviluppato un proprio protocollo a sostegno dell’applicazione della metodologia BIM a livello 2. Alla luce di tutto ciò, l’ente britannico di standardizzazione la BSI (*British Standard Institution*) istituisce la commissione di “progettazione edilizia, modellazione e scambio di dati” al fine di definire e pubblicare le nuove linee guida sulla standardizzazione del processo e della metodologia BIM a sostegno della politica governativa del 2016.

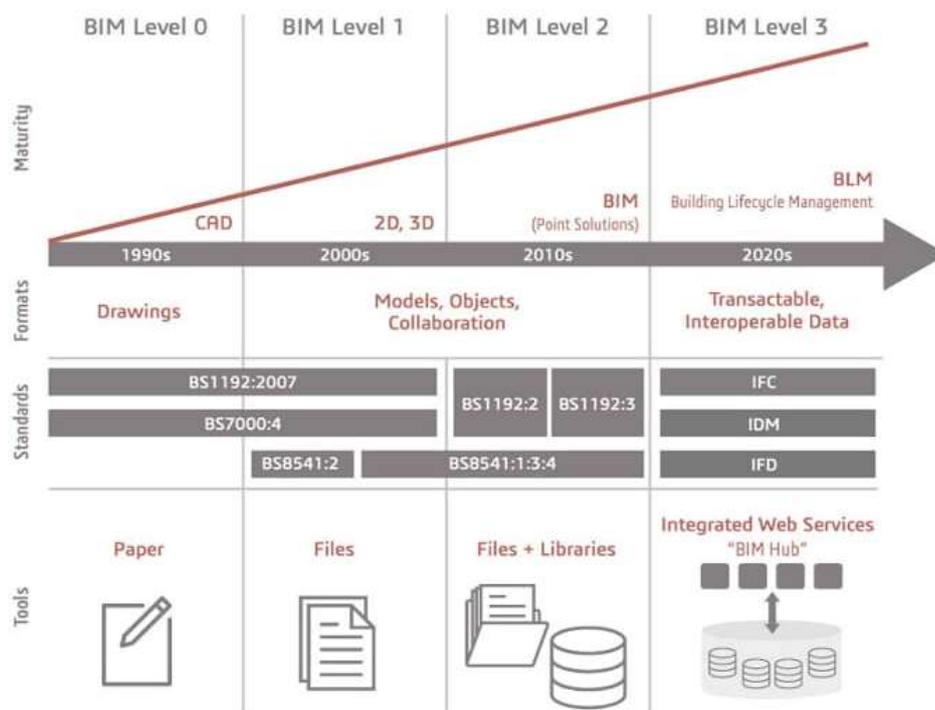


Figura 26 – Livelli di maturità BIM in UK. Fonte: BibLusBIM

²³ AA.VV., in “Che cos’è l’Open BIM”, iBIMI.it, https://www.ibimi.it/wp-content/uploads/2015/10/nissim_openbim.pdf

²⁴ Nissim L., in “Cos’è il COBie? una semplice spiegazione”, 2015, iBIMI.it, <https://www.ibimi.it/cose-il-cobie-una-semplce-spiegazione/>

L’NBS di recente ha reso pubblico un report sull’uso del BIM nel Regno Unito. In particolare, l’indagine evidenzia come in arco temporale di circa un decennio (2011 – 2021) sia aumentato l’interesse da parte dei professionisti del settore AEC nei confronti della metodologia BIM e come da tale metodologia siano emerse nuove tecnologie e modi di lavorare.

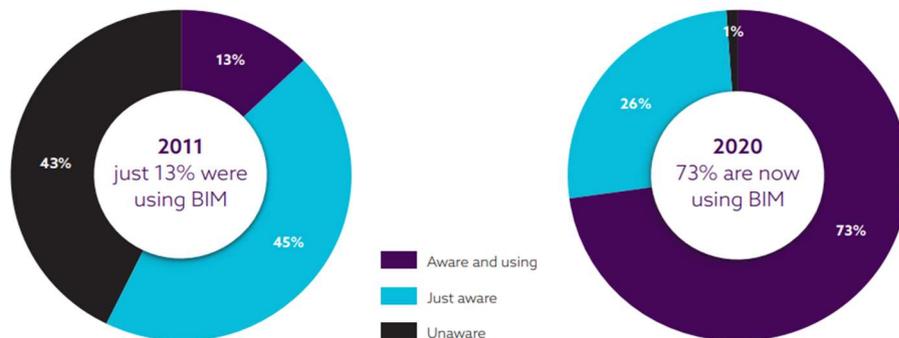


Figura 27 - Uso e consapevolezza del BIM nel UK. Fonte: The NBS BIM Report 2020

Come sommariamente mostra l’immagine, rispetto al 2011 – anno in cui il 43% degli intervistati asseriva di “Non conoscere il BIM” e solo il 13% di “Conoscere e adoperare il BIM” – nel 2020 si registra una crescente consapevolezza del tema da parte dei progettisti del settore AEC; infatti, il 73% afferma di “Conoscere e adoperare il BIM” e solo l’1% di “Non conoscere il BIM”.²⁵

Inoltre, risulta che quasi un quarto (23%) dei professionisti che adoperano il BIM affermano di usarlo in tutti i loro progetti e quasi la metà (46%) lo usa per maggior parte dei progetti²⁶; a dimostrazione che oramai il BIM sia effettivamente parte integrante del *modus operandi* dei progettisti inglesi.

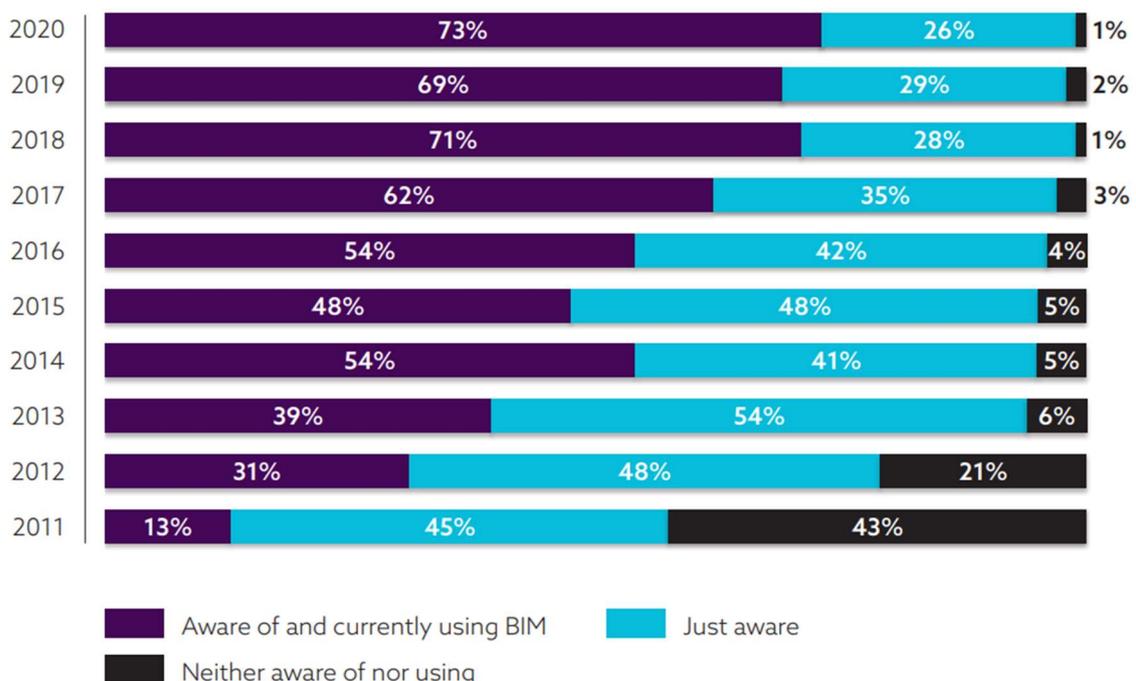


Figura 28 - L'adozione del BIM nel Regno Unito. Fonte: The NBS BIM Report 2020

²⁵ AA.VV., 10th Annual BIM Report 2020, The NBS, 2021, p.16

²⁶ *Ibidem*

Il report sottolinea come nel Regno Unito l'adozione del BIM da parte dei progettisti sia differenziata a seconda del settore, della tipologia d'intervento e della tipologia di clientela.

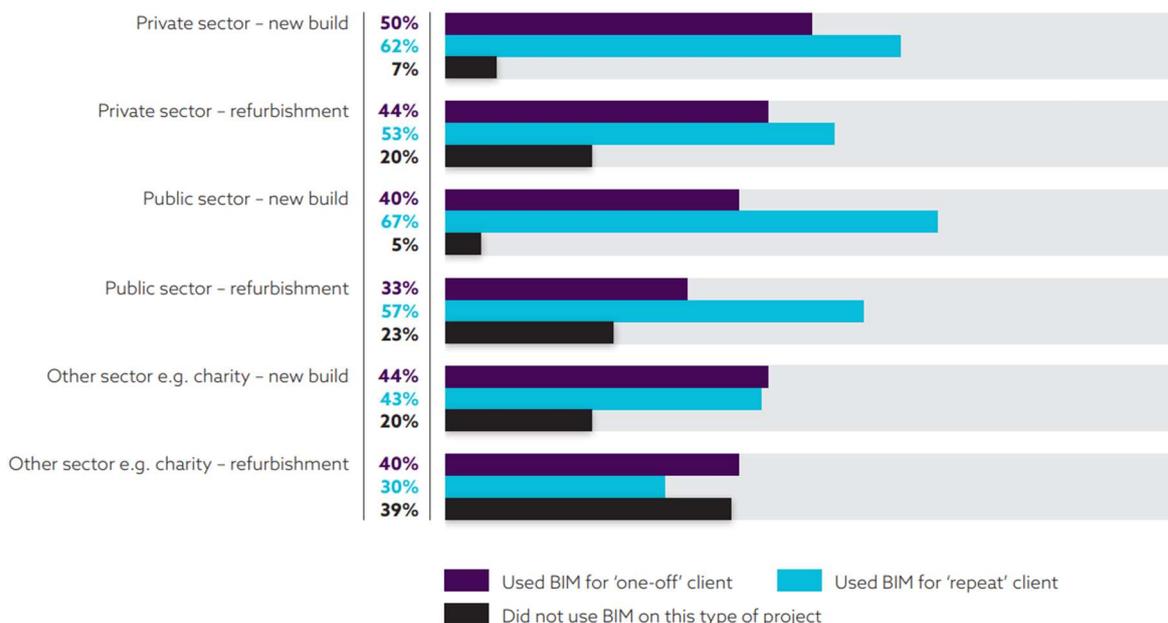


Figura 29 – Uso del BIM in UK in base al settore e alla tipologia di progetto. Fonte: The NBS BIM Report 2020

Dall'indagine appare chiaro che indistintamente dalla tipologia d'intervento e dalla tipologia di clientela, la metodologia BIM è maggiormente applicata nel settore privato (77%) rispetto che in quello pubblico (62%),²⁷. Inoltre, risulta che l'adozione del BIM in entrambi i settori è maggiore per i progetti di nuova costruzione rispetto a quelli di ristrutturazione.²⁸

Tra l'altro, è interessante scoprire che i principi del BIM siano stati anche applicati con apprezzabili risultati in altri settori, come ad esempio le associazioni di beneficenza.

Adoperare correttamente questa metodologia – secondo i progettisti del UK – è sicuramente impegnativo ma fornisce importanti benefit a chi la utilizza, come: la riduzione dei rischi di problematiche legate al progetto, l'aumento del coordinamento dei documenti di costruzione e l'aumento della redditività.

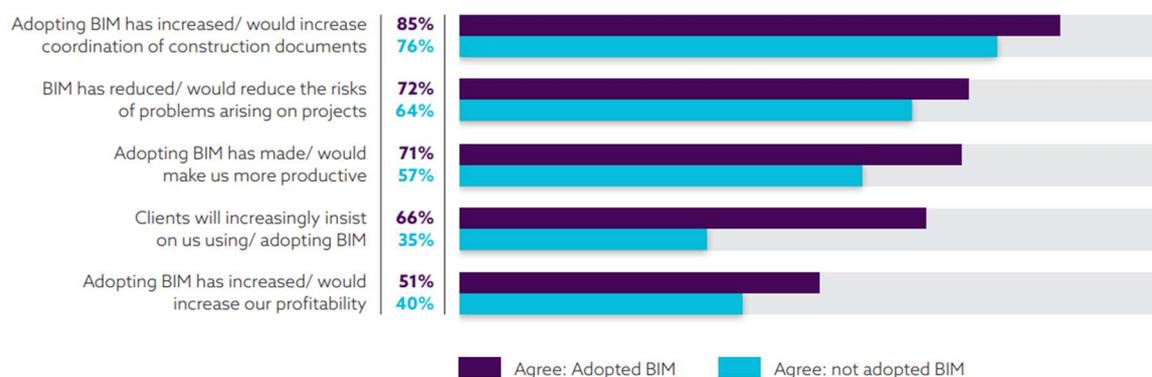


Figura 30 – Vantaggi nell'uso del BIM. Fonte The NSB BIM Report 2020

²⁷ AA.VV., 10th Annual BIM Report 2020, The NBS, 2021, p.17

²⁸ Ibidem

2.2.2 Francia

Nel 2014 con un piano di transizione digitale – *Plan Transition Numérique dans le Bâtiment* meglio noto con l'acronimo PTNB – la Francia ha approvato un finanziamento di circa 20 milioni di euro²⁹. L'iniziativa politica era mirata per supportare e permettere la “transazione digitale” ad imprese e istituzioni senza prevedere ancora obblighi normativi. Infatti, ha permesso la realizzazione di 500.000 nuove abitazioni progettata, realizzate e gestite con la metodologia BIM.



Figura 31 – Schema della piattaforma collaborativa PTNB. Fonte: BicLusBIM.fr

Nonostante non esista alcun obbligo normativo negli ultimi anni gli appalti pubblici francesi richiedono l'utilizzo della metodologia BIM sia per la progettazione che per la gestione del cantiere.

Di particolare prestigio è il piano-progetto BIM based “*EuropaCity*” di Bjarke Ingels che entro il 2024 in 800.000mq e con 3,1 miliardi di euro³⁰ si svilupperà alle porte di Parigi diventando la più grande destinazione turistica in Europa. Si tratta di un progetto futuristico a metà tra un polo commerciale e una visione urbanistica del futuro con innumerevoli spazi commerciali, aree verdi, aree ricreative e per lo sport.³¹



Figura 32 – Render del progetto “*EuropaCity*”. Fonte: BIG-BJARKE INGELS GROUP

²⁹ AA.VV. in “Il BIM in Francia: entro il 2022 diffusione completa grazie alla piattaforma KROQUI”, 27 agosto 2018, BibLusBIM, <https://bim.acca.it/il-bim-francia-entro-il-2022-diffusione-completa-grazie-alla-piattaforma-kroqi/>

³⁰ ANNOVAZZI LODI S. in “Il futuro di Parigi? Si chiama EuropaCity e sarà pronto nel 2024”, 9 maggio 2018, ElleDecor.com, <https://www.elledecor.com/it/architettura/a20679785/europa-city-parigi-progettata-da-bjarke-ingels>

³¹ VINNITSKAYA I. in “BIG wins EuropaCity development in Paris”, 15 Aprile 2013, ArchDaily.com, <https://www.archdaily.com/359796/big-design-wins-europe-city-development-in-paris?>

Di recente istituzione è “*Le Plan BIM 2022*” – italianizzato come “*Il Piano BIM 2022*” – che fa seguito al PTNB attivo dal 2015. Infatti, se il PTNB ha inizialmente dettato le linee guida di una prima transizione digitale del settore delle costruzioni francesi, il Piano BIM 2022 mira a mobilitare e supportare il settore edile fornendo ai professionisti metodi e strumenti concreti per consolidare la metodologia e a generalizzare l’uso della tecnologia e della metodologia entro il 2022.³²

In particolare, il governo francese ha sviluppato il Piano BIM 2022 in 2 assi e 8 azioni in modo tale da poter garantire l'uso completo della metodologia entro il 2022³³:

ASSE 1: Generalizzare l'ordine nel BIM in tutto l'edificio rendendo le pratiche più affidabili e mettendo in sicurezza tutti gli attori grazie a definizioni chiare ed equilibrate delle aspettative e delle responsabilità di ciascuno.

1. **Azione 1** – Rendere sicuro l'ordine e i contratti BIM;
2. **Azione 2** – Semplificare il controllo e l'autocontrollo del progetto;
3. **Azione 3** – Definire e garantire la presa in considerazione delle esigenze della filiera nei lavori sulle norme BIM, accelerarle e far convergere;
4. **Azione 4** - Osservatorio del BIM nel settore dell'edilizia.

ASSE 2: Distribuire il BIM nei territori sostenendo l'aumento di competenza di tutti i professionisti e fornendo loro un ecosistema innovativo di strumenti digitali accessibili affinché ovunque l'atto di costruire sia interamente digitale.

5. **Azione 5** - Sviluppare gli strumenti di crescita delle competenze accessibili il più vicino possibile ai territori;
6. **Azione 6** - Valutare la maturità in BIM e farla riconoscere da tutti;
7. **Azione 7** - Creare un ecosistema dinamico che permetta a tutti gli attori di scambiare a livello locale.
8. **Azione 8** - Consentire agli attori di collaborare concretamente in BIM con la piattaforma pubblica KROQI e il suo ecosistema di strumenti semplici e adatti ai professionisti.



Figura 33 – Azioni del Piano BIM 2022. Fonte: PlanBIM.fr

³² Ministère de la transition écologique, in “Bâtiment et numérique. Le Plan BIM2022”, 17 maggio 2021, Ecologie.gouv.fr, <https://www.ecologie.gouv.fr/batiment-et-numerique>

³³ Ministère de la Cohésion des territoires et des Relations avec les collectivités locales, “Plan BIM 2022”, 2018 PARIS

2.2.3 Germania

L'innovazione digitale nel settore edilizio e delle costruzioni in generale in Germania segue un approccio Bottom-Up; infatti, a partire da associazioni del settore e piccoli gruppi di lavoro si sta sviluppando una strategia nazionale. Tale strategia denominata “*Stufenplan Digital Planen und Bauen*” – conosciuto con l'acronimo SDPB e italianizzato come “*Piano passo-passo per la pianificazione e costruzione digitale*” – persegue un obiettivo chiaro: entro la fine del 2020 il BIM dovrebbe essere pienamente applicato a tutti i progetti del settore pubblico delle infrastrutture.

L'iniziativa del SDPB è stata presentata a fine del 2015 dal Ministero Federale dei trasporti e delle infrastrutture digitali - *Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)* – per rendere il processo delle costruzioni più trasparente e per rendere il BIM lo standard per i progettisti a livello nazionale³⁴.

Il piano SDPB definisce una sequenza temporale e un livello di performance graduale sviluppato in tre step³⁵:

1. **Fase di preparazione** (*Vorbereitungsphase 2015/2017*). In questa fase – grazie a quattro progetti pilota di cui il progetto principale è il tunnel ferroviario “*Deutsche Bahn Netz AG*” della città di Rastatt – si studiano le condizioni ottimali per l'uso del BIM nei grandi progetti infrastrutturali, il quadro giuridico e tecnico per poter avviare degli standard e delle strategie per adoperare la metodologia.

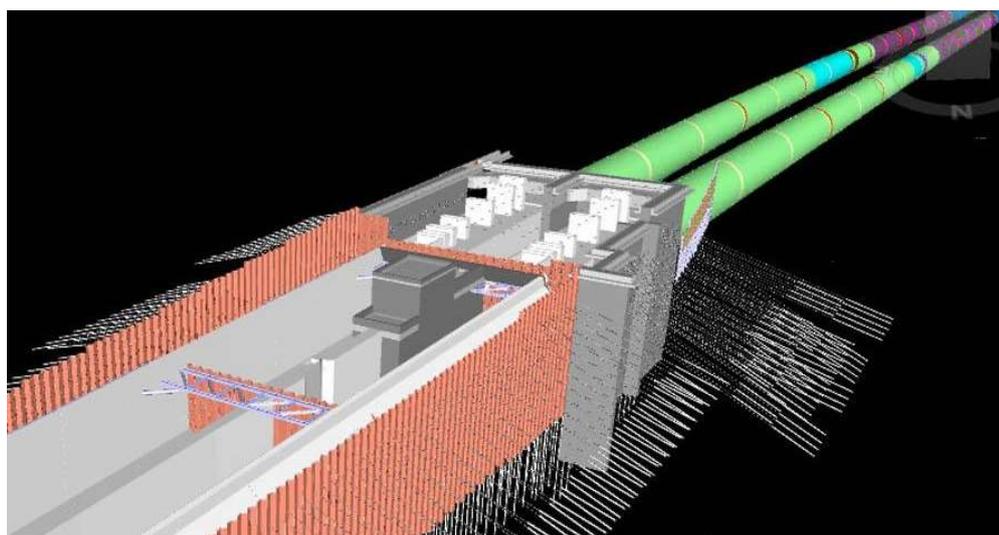


Figura 34 – Modello BIM del Rastatt Tunnel. Fonte: Arcien.com

2. **Fase pilota** (*Erweiterte Pilotphase 2017/2020*). In questo lasso temporale deve essere realizzato un numero elevato di progetti infrastrutturali in BIM in modo tale da poter raccogliere esperienze esaustive del suo uso pratico durante le fasi di pianificazione e costruzione. Inoltre, in questa fase è stato previsto lo sviluppo di linee guida per l'utilizzo del BIM in progetti futuri per fornire chiarimenti sull'aspetto legale e normativo e lo sviluppo database nazionale.

³⁴ AA.VV. in “Il BIM in Germania: il Piano pubblico 2015/2020 e i progetti pilota di strade e ferrovie” 3 settembre 2018, BibLusBIM, <https://bim.acca.it/il-bim-in-germania-il-piano-pubblico-20152020-ed-il-piano-privato-planen-bauen-4/>

³⁵ Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, “Stufenplan Digital Planen und Bauen. Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken” 15 dicembre 2015 BERLIN

3. **Fase di applicazione** (*BIM – Niveau I für neu zu planende Projekte* 2020). Secondo il governo tedesco dal 2020 in poi il BIM deve essere applicato a pieno regime e obbligatoriamente per la pianificazione e realizzazione di grandi progetti³⁶.



Figura 35 – Piano graduale BMVI per l'implementazione del BIM in Germania.
Fonte: Stufenplan Digitales Planen und Bau

Sulla scia del piano lanciato dal BMVI, nel 2015 un gruppo di grandi aziende private, associazioni e organizzazioni non governative camerale della filiera della progettazione, costruzione e gestione, lanciarono un'iniziativa privata per supportare l'introduzione dei processi di costruzione digitale nell'intero ciclo di vita degli edifici³⁷.

Da tale iniziativa nacque il "Planen Bauen 4.0" ovvero un gruppo direttivo privato tedesco del BIM che mira a stabilire linee guida chiare per l'applicazione pratica della metodologia BIM; poiché come afferma il Dr. Ilka May, amministratore delegato del gruppo:

*"Il principale ostacolo all'adozione del BIM in Germania non riguarda la tecnologia, ma piuttosto la conoscenza del BIM da parte delle imprese."*³⁸

Il piano attuativo privato, definisce gradualmente la metodologia BIM e i suoi standard applicativi all'interno delle aziende, affiancando il piano pubblico del BMVI e i suoi progetti pilota.

L'idea alla base del piano privato è quella di formare i professionisti con i progetti pilota e di seguito diffondere delle linee guida nel settore privato.

³⁶ "Stufenplan Digital Planen und Bauen". Opera già citata.

³⁷ "Planen Bauen 4.0", <https://planen-bauen40.de/>

³⁸ AA.VV. in "Il BIM in Germania: il Piano pubblico 2015/2020 e i progetti pilota di strade e ferrovie" 3 settembre 2018, BibLusBIM, <https://bim.acca.it/il-bim-in-germania-il-piano-pubblico-20152020-ed-il-piano-privato-planen-bauen-4/>

Attualmente in Germania esistono due centri istituzionali e ufficiali di standardizzazione:

- il **VDI** (*Verein Deutscher Ingenieure – Associazione degli ingegneri tedeschi*);
- il **DIN** (*Deutsches Institut für Normung – Istituto tedesco di standardizzazione*).

E altri due centri di competenza del settore di digitalizzazione:

- il **BIM Deutschland** – Zentrum für die Digitalisierung des Bauwesens (*BIM Germany – Centro per la digitalizzazione del settore edile*) gestito dal Ministero Federale dei Trasporti e delle Infrastrutture Digitali (BMVI) e dal Ministero Federale dell'Interno, dell'Edilizia e della Comunità (BMI);



Figura 36 – Logo del BIM Deutschland. Fonte: BIM Deutschland.de

- il **Mittelstand 4.0** – Kompetenzzentrum Planen und Bauen (*Mittelstand 4.0 – Centro di competenza per la progettazione e la costruzione*) un centro finanziato e gestito dal Ministero Federale dell'economia e dell'energia (BMW).i).



Figura 37 – Logo del Mittelstand 4.0. Fonte: Mittelstand-digital.de

È quindi chiaro che la Germania sia ormai pronta a rendere obbligatorio l'adozione della metodologia BIM per la progettazione e costruzione di tutte le opere pubbliche. Infatti, sia le autorità governative tedesche che i professionisti del settore notano un significativo aumento dell'efficienza nei processi costruttivi associato ad un migliore coordinamento della pianificazione e della gestione.

2.2.4 Danimarca

La Danimarca è uno dei primi paesi al mondo ad aver introdotto la metodologia BIM all'interno dei processi costruttivi, rendendoli digitali.

Infatti, nel 2007 il governo danese avviò un progetto di Digital Construction il “*Det Digitale Byggeri*” che mirava a rendere digitale tutto l'iter di progettazione e realizzazione di una costruzione: dall'idea del progetto alla costruzione finita e in uso.

Nello stesso anno l'agenzia nazionale per l'impresa e le costruzioni pubblicò quattro linee guida per l'applicazione della metodologia BIM: manuale di CAD3D, metodo di lavoro 3D, accordi per il progetto CAD3D e strutture a livello ed oggetti³⁹.

Successivamente, nel 2011 il governo rese obbligatoria la metodologia per i progetti locali e regionali maggiori di 2.7 milioni di Euro e per gli interventi su edifici statali anche piccoli (cioè anche fino a 677.000 euro)⁴⁰. In altri termini, venne chiesto a tutti gli enti statali danesi – tra cui anche le Università – l'adozione del BIM in tutte le tipologie di progettazione: sia la nuova costruzione che il recupero degli edifici esistenti.

Dal 2013 è stato emanato l'*Executive Order N.118*, noto anche come *Danish BIM Mandate*, in cui è stato richiesto l'utilizzo dell'ICT – *Information & Communication Technology* – per i progetti interamente e parzialmente finanziati dal governo.

Il governo danese, negli ultimi anni, ha continuato ad emanare regolamenti e normative in materia di BIM per promuovere l'uso del BIM e delle tecnologie ICT al fine di incrementare la produttività del settore AEC.

Secondo il *NBS International BIM Report* pubblicato nel 2016, la Danimarca è tra i primi paesi membri dell'Unione Europea in cui un'elevata percentuale dei professionisti conosce, è consapevole e utilizza attivamente la metodologia BIM nella propria vita professionale.

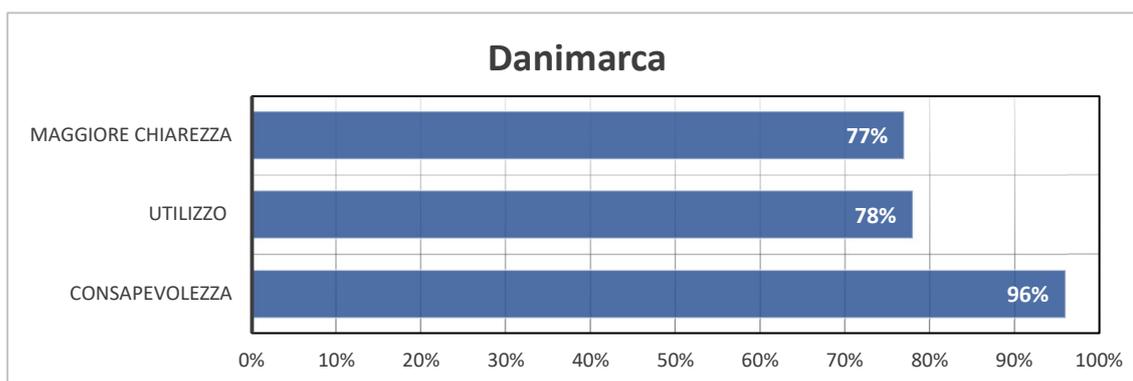


Figura 38 – Dati raggruppati sull'adozione del BIM in Danimarca secondo il NBS International Report 2016. Fonte: NBS International Report 2016

³⁹ Nissim L. in “Sforzi del settore pubblico per l'adozione del BIM in Europa”, 11 novembre 2015, iBIMI.it, <https://www.ibimi.it/sforzi-del-settore-pubblico-per-ladozione-del-bim-in-europa/>

⁴⁰ AA.VV. in “BIM in Europa: la diffusione e l'adozione nei singoli Paesi - PARTE 3”, 3 giugno 2019, BibLusBIM, <https://bim.acca.it/bim-in-europa-parte-3/>

2.2.5 Paesi Scandinavi: Norvegia, Finlandia e Svezia

Tutti i paesi scandinavi – Norvegia, Finlandia e Svezia – vantano il privilegio di essere tra i pionieri dell'adozione a livello nazionale della metodologia BIM.

Il governo norvegese è parte in causa dell'adozione del BIM a livello nazionale sin dal 2000, ma solamente nel 2005 ha emesso una prima bozza normativa in ambito BIM. Nel 2008 ha rivisto la normativa ed ha compilato sei standard BIM da usare in tutti i progetti; e successivamente, dal 2011 tali standard sono stati aggiornati al fine di aumentare i livelli di uso del BIM in tutta la nazione.

La *Norwegian Homebuilders Association* – l'associazione dei costruttori norvegesi – insieme alla *Norwegian directorate of Public Construction and Property* – nota come *Statsbygg* – un ente della pubblica amministrazione norvegese che si occupa del patrimonio pubblico, già nel 2010 ha attivamente e fortemente promosso l'adozione del BIM anche per i lavori di ristrutturazione⁴¹.

A tal ragione nel 2013 il governo norvegese ha rivisto le normative in uso in campo della progettazione ed ha emanato il *Statsbygg BIM Manual*. Con questo documento la *Norwegian Defense Estate Agency* – *NDEA*, agenzia governativa norvegese responsabile degli immobili appartenenti all'esercito norvegese⁴² – insieme agli enti ospedalieri richiedono l'uso del BIM nei loro progetti entro il 2016⁴³, poiché pienamente convinti che la metodologia BIM sia una valida strategia per l'aumento dell'efficienza energetica degli edifici per l'intero ciclo di vita.

Il governo di Oslo ha quindi reso obbligatorio dal 2013 l'uso della metodologia BIM – con formati OpenBIM (IFC) – per tutti gli appalti pubblici; inoltre, entro il 2015 imporrà l'uso del BIM in maniera più restrittiva e cioè secondo gli standard del BuildingSmart Norway⁴⁴.

Ultimamente la Norvegia sta lavorando per migliorare e rendere più automatica l'elaborazione dei requisiti BIM all'interno del processo; infatti, uno studio condotto da Elif Hjelseth ⁴⁵docente presso l'Oslo Metropolitan University, ha dimostrato che solamente il 34% del risultato di un processo BIM – che segue la *Norwegian Statsbygg BIM guidance* versione 1.2 – è controllato automaticamente, mentre un altro 34% deve essere controllato per forza manualmente.

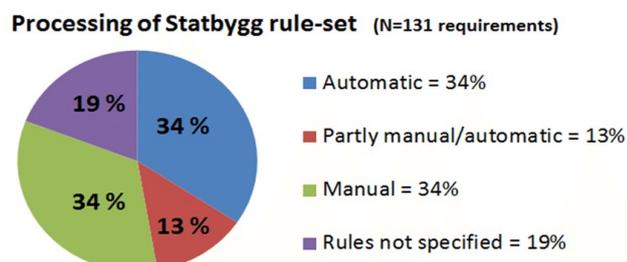


Figura 39 – Distribuzione dell'elaborazione dei requisiti BIM nella versione norvegese delle linee guida BIM di Statsbygg. Fonte: BIM Understanding and Activities

⁴¹ AA.VV. in “BIM in Europa: la diffusione e l'adozione nei singoli Paesi – PARTE 3”, 3 giugno 2019, BibLusBIM, <https://bim.acca.it/bim-in-europa-parte-3/>

⁴² Forsvarsbygg.no

⁴³ Rizzarda C.C. e Gallo G., *La sfida del BIM. Un percorso di adozione per progettisti e imprese*, Pioltello (MI) TECNICHE NUOVE, 2017

⁴⁴ AA.VV., in “Che cos'è l'Open BIM”, iBIMI.it, https://www.ibimi.it/wp-content/uploads/2015/10/nissim_openbim.pdf

⁴⁵ HJELSETH E., in “BIM Understanding and activities”, 2017, <https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/BIM17/BIM17001FU1.pdf>

Nel 2001, l'agenzia governativa responsabile del patrimonio immobiliare pubblico finlandese, la *Senate Properties*, ha promosso l'utilizzo della metodologia BIM in progetti pubblici pilota.

Gli ottimi risultati raggiunti da tali progetti hanno permesso al governo finlandese di impegnarsi ad ampliare le tecniche BIM in tutta l'edilizia pubblica; difatti, nel 2007 viene richiesto l'uso della metodologia - attraverso pacchetti di software di progettazione OpenBIM con certificazione del formato IFC ⁴⁶- in tutti i progetti sopra il milione di Euro.

Così facendo, la Finlandia ottiene il primato di Paese più all'avanguardia nel campo dell'applicazione del BIM; infatti, già nel 2007 la metodologia BIM era normale prassi professionale all'interno del 93% degli studi di architettura e del 60% di quelli di ingegneria.

L'ampio utilizzo della metodologia e le conseguenti pressioni da parte delle industrie del settore AEC finlandese per aggiornare i contenuti delle linee guida hanno portato nel 2010 alla creazione del progetto di ricerca e sviluppo "coBIM" (acronimo di *Common national requirements for Building Information Modelling*, ovvero Requisiti Nazionali Comuni sul BIM).

Il progetto sviluppato nel corso di un periodo di circa 2 anni comprendeva una coalizione di imprese pubbliche e private, ⁴⁷tra cui 10 agenzie per la redazione e 24 organismi finanzianti di per estendere le linee guida del *Senate Properties* e trasformarle in linee guida nazionali BIM.

Inoltre, il coBIM coinvolse tutti gli attori e gli strumenti coinvolti all'interno del processo del ciclo di vita dell'edificio: le imprese di costruzioni, gli studi di progettazione con i progettisti ed i software utilizzati, le società di consulenza, i proprietari, etc.

I nuovi coBIM Requirements sviluppati in collaborazione con la BuildingSMART Finlandia comprendono 13 capitoli detti "Serie":

- Serie 1: Parte generale
- Serie 2: Modellazione della situazione di partenza
- Serie 3: Progettazione architettonica
- Serie 4: design MEP
- Serie 5: Progettazione strutturale
- Serie 6: Garanzia di qualità
- Serie 7: Decollo della quantità
- Serie 8: Uso di modelli per la visualizzazione
- Serie 9: Uso di modelli nelle analisi MEP
- Serie 10: Analisi energetica
- Serie 11: Gestione di un progetto BIM
- Serie 12: Utilizzo dei modelli nel facility management
- Serie 13: Uso dei modelli nella costruzione

⁴⁶ AA.VV. in "BIM Adoption Nordic Countries", BIMspot, <https://www.bimspot.io/blogs/bim-adoption-nordic-countries/>

⁴⁷ European Commission in "European Construction Sector Observatory. Policy measure fact sheet: Finland coBIM Requirements", novembre 2016

La pubblicazione dei coBIM – rilasciate in finlandese il 27 marzo 2012 – segna il passaggio definitivo ed obbligatorio dalla metodologia tradizionale a quella BIM per tutti i progetti pubblici finlandesi.

Attualmente, in Finlandia è stata posta una forte enfasi sulla definizione di standard internazionali.

Infatti, le norme finlandesi in materia di BIM – in particolare quelle relative alla gestione delle informazioni – si sovrappongono a quelle internazionali, complicando la cooperazione tra gli stakeholder e inficiando la produttività del processo.

Ma un rapporto del RASTI project del 2018 stima che gli standard internazionali in realtà migliorano l'efficienza della gestione delle informazioni dell'ambiente costruito finlandese del 50%⁴⁸.

Di seguito viene riportata la BIM-RoadMap 2030 della Finlandia che spiega le fasi delle strategie di adozione, diffusione e standardizzazione del BIM dal 2018 al 2030.

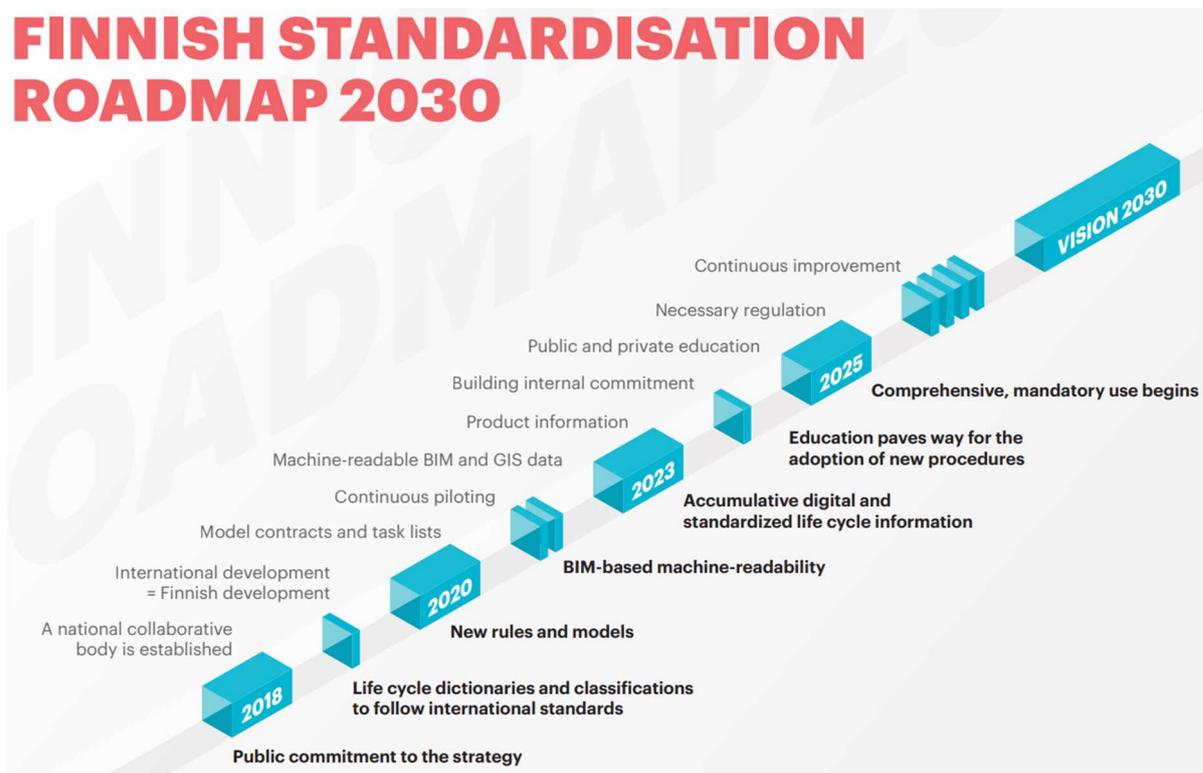


Figura 40 – BIM RoadMap 2030 della Finlandia. Fonte: Magicad.com

⁴⁸ RASTi in “The RASTI Project – A national strategy and roadmap for information management standardization in built environment” aprile 2018, <https://rastiprojekti.com/en/the-rasti-project/>

La Svezia in tutto l'ultimo ventennio ha ampiamente promosso la metodologia BIM tra i progetti pubblici. In particolare, si è contraddistinta per la standardizzazione, la ricerca e l'implementazione delle nuove tecnologie nelle costruzioni.

Il governo svedese pubblica nel 2012 la *BIM-Strategy* con la quale richiede ai professionisti che le revisioni e le approvazioni da parte del cliente su un progetto siano condotte con modelli tridimensionali – coordinati a un livello base – eventualmente supportati dal materiale cartaceo bidimensionale.

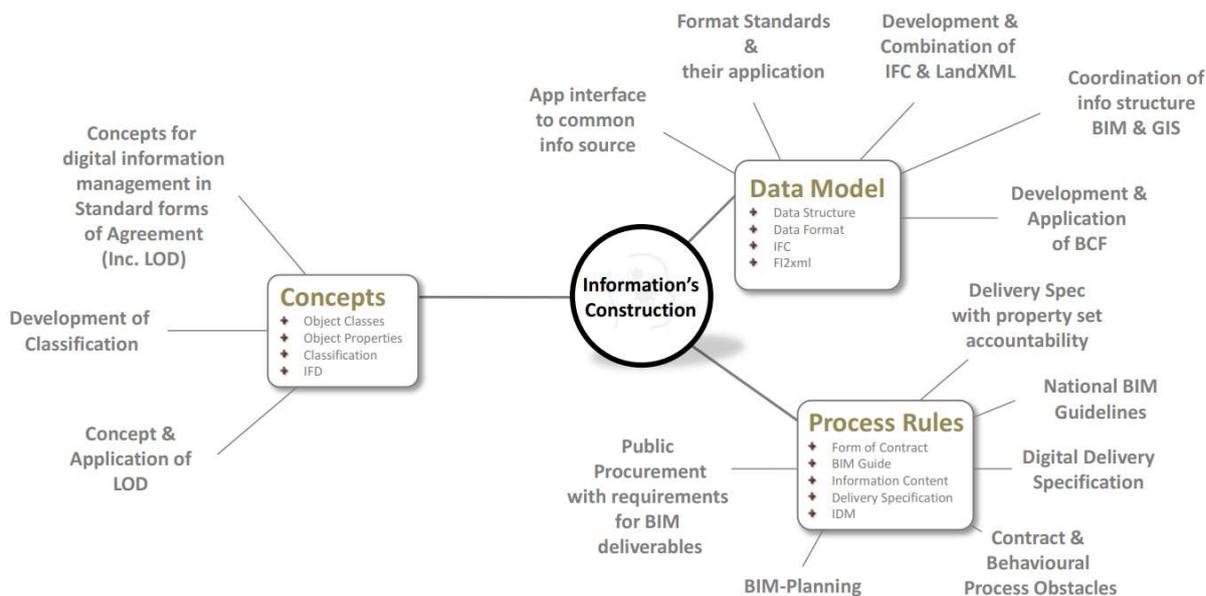


Figura 41 – Piattaforma informativa BIM per la standardizzazione svedese.
Fonte: BIM standardisation effort the case of sweden

Sull'onda della nuova metodologia di progettazione e gestione delle costruzioni, l'agenzia governativa *Swedish Transport Administration (STA)* – italianizzata come l'amministrazione dei trasporti svedesi – ha manifestato che per i loro progetti pubblici avrebbero usato ed implementato la metodologia nei successivi anni; infatti, lanciarono un progetto di attuazione BIM per uniformare i loro processi interni e per creare opportunità ai loro fornitori esterni nell'utilizzare il BIM⁴⁹.

Ma non essendo definito il livello collaborativo e alcuni aspetti legislativi, nel 2013 lo *Swedish Standards Institute (SSI)* ha pubblicato otto best practice conosciuti come *BYGGGHANDLINGAR 90*, ovvero testi redatti con lo scopo di definire le specifiche per la produzione della documentazione di progetti di ogni genere, dalla nuova costruzione al progetto di impianti idraulici ai progetti di ristrutturazione.

Successivamente nel 2014 le normative statali di standardizzazione sono state ampliate e riunite per entrambi i settori – pubblico e privato – grazie alla collaborazione dell'associazione *BIM Alliance Sweden*⁵⁰.

Di seguito vengono riportati alcuni risultati di un'indagine svedese pubblicata dal *Journal of Information Technology in Construction* e condotta nel 2015 dalla Lund University sui punti di forza della standardizzazione svedese del BIM.

⁴⁹ Nissim L. in "Sforzi del settore pubblico per l'adozione del BIM in Europa", 11 novembre 2015, iBIMI.it, <https://www.ibimi.it/sforzi-del-settore-pubblico-per-ladozione-del-bim-in-europa/>

⁵⁰ AA.VV. in "BIM Adoption Nordic Countries", BIMspot, <https://www.bimspot.io/blogs/bim-adoption-nordic-countries>

Le figure di seguito riportate mostrano come gli intervistati – professionisti, accademici ed industrie del settore AEC – hanno risposto alle domande: “Cosa è migliorato dal BIM e di quanto?”, “Quali e quanto sono i benefici del BIM avete assistito/sperimentato?” e “Quali iniziative di standardizzazioni del BIM ritenete importanti e di quanto?”. Inoltre, è facilmente visibile come l’impatto della metodologia BIM sia sicuramente positiva.

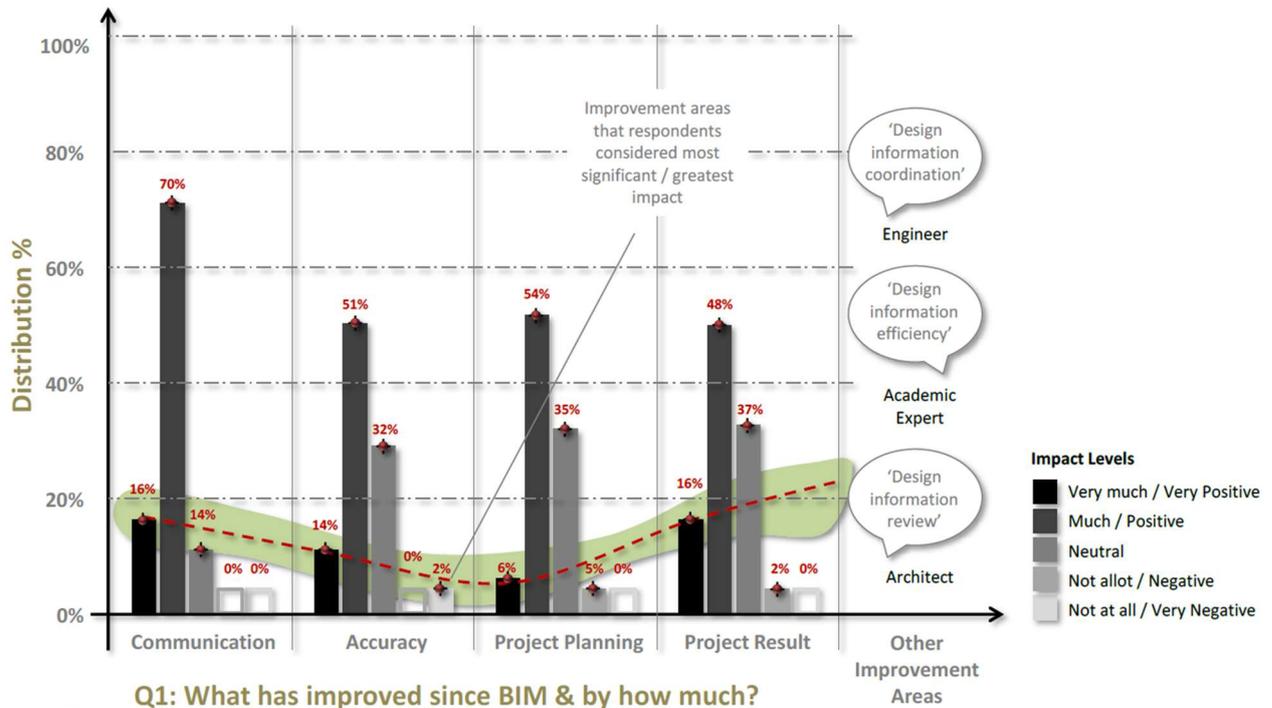


Figura 30 – BIM Standardisation Efforts – The case of Sweden: Survey Result Q1. Fonte: Hooper, 201430

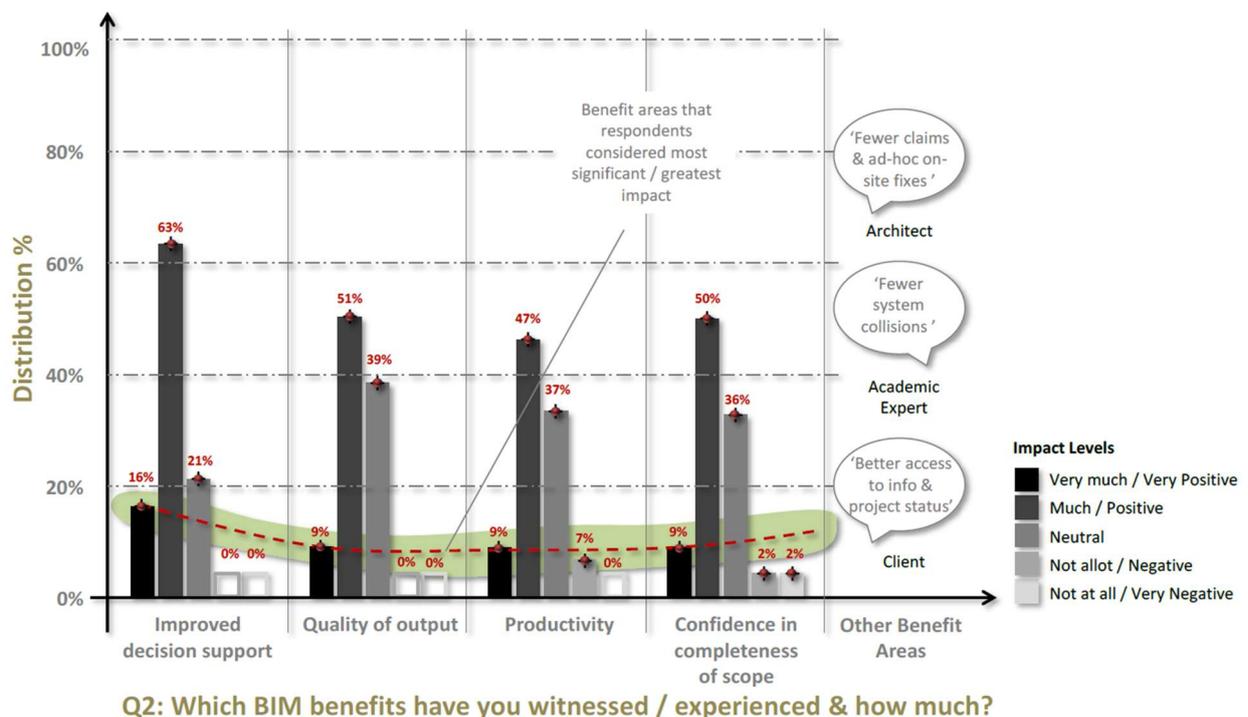


Figura 31 – BIM Standardisation Efforts – The case of Sweden: Survey Result Q2. Fonte: Hooper, 2014

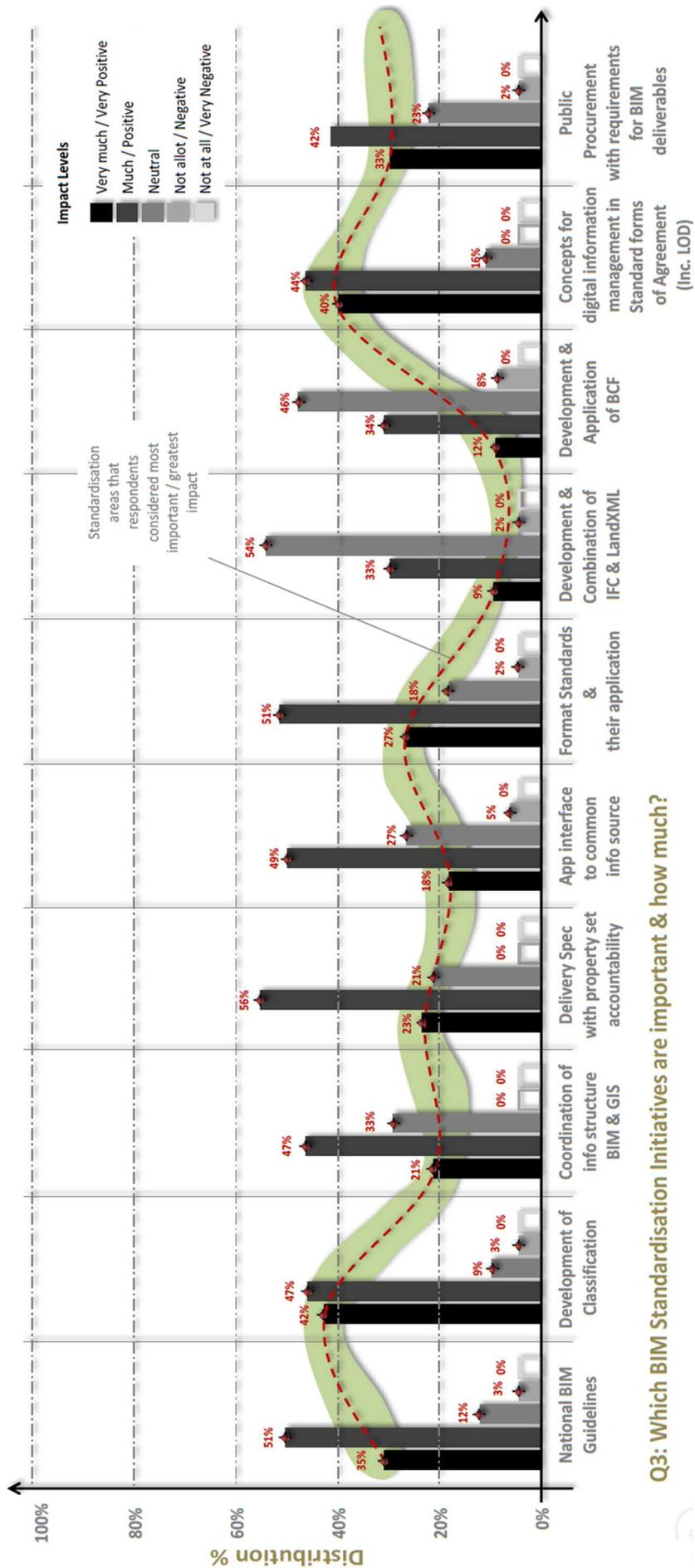


Figura 42 – BIM Standardisation Efforts – The case of Sweden: Survey Result Q3. Fonte: Hooper, 2014

Gli standard svedesi del BIM sono generalmente divisi in tre parti e possono essere descritte con un triangolo in cui al centro c'è il BIM e ai lati ci sono: il Concetto (*Begrepp*), i Dati del modello (*Datamodel*) e il Processo (*Process*).

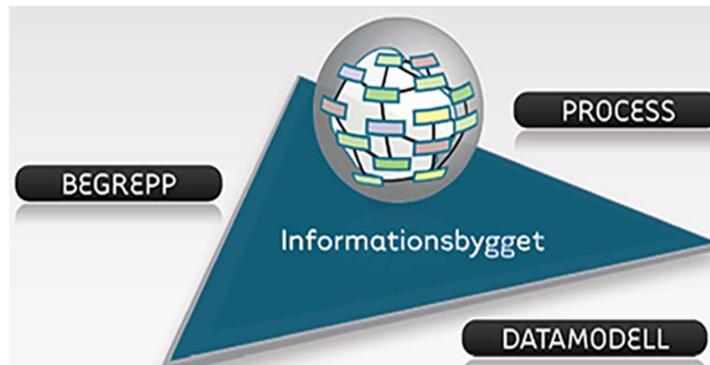


Figura 43 - Triangolo della standardizzazione del BIM in Svezia. Fonte: BIM Alliace Sweden

Recentemente, la *BIM Alliace Sweden*⁵¹ ha implementato la loro struttura inserendo all'interno del loro sito ufficiale non solo gli standard BIM consultabili gratuitamente in collaborazione con la *Nationella Riktlinjer*⁵² - società che si occupa delle linee guida svedesi - ma ha anche aggiunto una roadmap navigabile che mostra in base alla fase del ciclo di vita della costruzione gli standard svedesi da applicare e i ruoli professionali che prendono parte alla fase.

L'esempio riportato di seguito rappresenta la selezione della fase di pianificazione del progetto in cui gli attori chiamati in campo sono il BIM manager (BIM-Strateg), il fornitore dei software (Mjukvaruleverantör), il Progettista/BIM Specialist (Projektledare) e il costruttore (Byggherre) e gli standard al quale devono riferirsi sono la *bSDD* e *CoClass* (in fase di pianificazione) e la *CAD-lager med CoClass* (in fase di transizione dalla pianificazione del progetto alla progettazione).

STEG [Avmarkera](#)



ROLLER



PLANERING

Under planeringsskedet (också kallad programskedet) bearbetas den samlade informationen från förstudien, därefter fattas beslut angående vad som ska byggas. Besluten dokumenteras i programhandlingar.

- Vad ska byggas?
- Framtagande av programhandlingar.

Standarder för planering

Under planering:

bSDD (buildingSMART Data Dictionary)

CoClass

I övergång till projektering:

CAD-lager med CoClass

Figura 44 - Fase di Pianificazione del progetto secondo la BIM Roadmap svedese. Fonte: BIM Alliace Sweden

⁵¹ Bimalliance.se

⁵² Nationella-riktlinjer.se

3. L'Italia e il BIM

3.1 Il BIM nella normativa italiana

Certamente il BIM rappresenta universalmente il sogno utopistico di settore per definirsi industriale. In Italia purtroppo questo desiderio è stato più volte messo da parte fino agli ultimi anni; infatti, le costruzioni e in generale il settore AEC italiano è sempre stato restio e resiliente al cambiamento digitale e all'innovazione tecnologica.

Anche se la metodologia BIM arriva in Italia solamente quattro decenni dopo – e anche con un certo ritardo – rispetto alcuni Paesi Europei, trova un ambiente favorevole e maturo per una codificazione legislativa che pone l'accento all'obbligatorietà della metodologia all'interno dei progetti pubblici. Difatti, la diffusione italiana non è solamente di carattere strumentale e applicativa metodologica ma soprattutto di carattere normativo e giurisdizionale.

Il panorama BIM italiano si presenta quindi come doppiamente strutturato e supportato da un complesso quadro tecnico normativo (UNI) e giuridico nazionale (Decreti Ministeriali).

3.1.1 I Decreti

La prima volta che nella normativa italiana introduce il concetto BIM è con il Decreto Legislativo del 18 Aprile 2016 n.50 e s.m.i. – noto a molti come D.Lgs 50/2016 o con l'appellativo “*Nuovo Codice degli Appalti*” – ma non viene esplicitamente nominato e né l'acronimo BIM né la locuzione *Building Information Modeling* bensì parla di “metodi e strumenti elettronici nella progettazione”. In particolare, l'articolo 23 che disciplina i livelli della progettazione per gli appalti, per le concessioni di lavori nonché per i servizi, il comma 1 alla lettera h) asserisce:

“1. 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:

- a) [...];
- 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;*
- l) [...].”⁵³

La normativa italiana intende il BIM come metodi e strumenti elettronici specifici di modellazione per l'edilizia.

Nello stesso articolo ma al comma 13 disciplina l'uso di tale metodologia e rimandando l'obbligatorietà ad un futuro decreto attuativo del ministero delle infrastrutture:

⁵³ Decreto Legislativo del 16 aprile 2016, n.50 “Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture”, comma 1. Lettera h(Pubblicata in G. U. 19 aprile 2016, n.91 S.O.)

“13. 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. Con decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti, da adottare entro il 31 luglio 2016, anche avvalendosi di una Commissione appositamente istituita presso il medesimo Ministero, senza oneri aggiuntivi a carico della finanza pubblica sono definiti le modalità e i tempi di progressiva introduzione dell’obbligatorietà dei suddetti metodi presso le stazioni appaltanti, le amministrazioni concedenti e gli operatori economici, valutata in relazione alla tipologia delle opere da affidare e della strategia di digitalizzazione delle amministrazioni pubbliche e del settore delle costruzioni. L’utilizzo di tali metodologie costituisce parametro di valutazione dei requisiti premianti di cui all’articolo 38⁵⁴”.

Come esplicitamente scritto all’articolo 13, la metodologia diventa obbligatoria per la progettazione pubblica solamente con l’emanazione del Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti n.560 del 2017 e s.m.i. – noto come “Decreto BIM” o “Decreto Baratono” dal nome dell’ingegnere Pietro Baratono, pioniere dell’utilizzo di questo sistema nella pubblica amministrazione italiana e provveditore alle Opere pubbliche di Lombardia e Emilia Romagna, nonché referente della commissione istituita dall’allor Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti Graziano Delrio – il quale può essere considerato come decreto attuativo del D.lgs. 50/2016.

Il decreto disciplina le modalità e le tempistiche con il quale le stazioni appaltanti e le amministrazioni sono obbligati ad introdurre la metodologia per le opere pubbliche in modo graduale e progressivo in funzione della complessità dell’opera e degli importi a base di gara. Infatti, l’articolo 6 disciplina:

“1. 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.”⁵⁵*

⁵⁴ D.lgs. 50/2016 Art.23 com.13

⁵⁵ D.M. 560/2017 Art.6 com.1

Il DM 560/2017 non si limita a delineare una timeline progressiva sull'adozione della metodologia BIM nei processi e progetti pubblici ma definisce anche i contenuti indispensabili per creare un linguaggio comunitario e condiviso sul BIM in Italia.

Il provvedimento ministeriale inoltre disciplina gli adempimenti preliminari delle stazioni appaltanti che devono aver già adottato:

- un piano di formazione del personale;
- un piano di acquisizione o di manutenzione di hardware e software di gestione dei processi decisionali e informativi;
- un atto organizzativo che espliciti il processo di controllo e gestione, i gestori dei dati e la gestione dei conflitti.

Nell'agosto del 2021 il ministero delle infrastrutture e della mobilità sostenibile guidato dal ministro Enrico Giovannini pubblica il Decreto Ministeriale n. 312 a modifica del precedente decreto (DM 560/2017e s.m.i.) in ambito di obligatorietà e dei criteri premianti per l'uso della metodologia BIM. In particolare, trasla le date di obligatorietà e sostituisce alcune soglie economiche.

“[...] 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.”⁵⁶

Per chiarire e meglio visualizzare le principali modifiche apportate al precedente decreto si è realizzata una rappresentazione grafica delle fasi temporali di obligatorietà; immaginandole come poste su una linea ferrata temporale che ha interrotto il percorso inserendo un deviatoio.

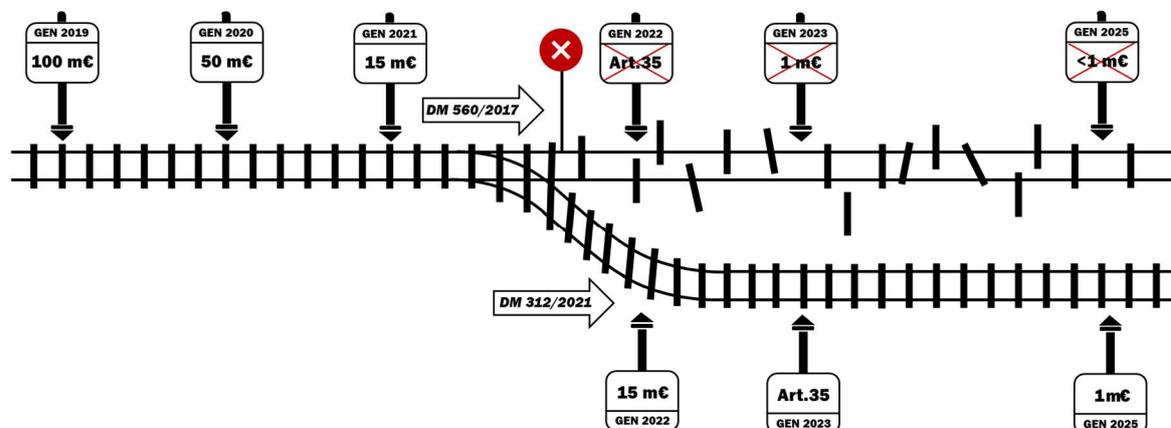


Figura 45 - Linea temporale di obligatorietà di adozione del BIM secondo il DM560/2017 e il DM 312/2021

⁵⁶ D.M. 360/2021, Art.1, comma e.

Dal confronto visivo possiamo immediatamente notare come il nuovo decreto presenta una parziale attuazione dei vincoli sull'entrata in vigore dell'obbligatorietà della metodologia nei progetti pubblici ma da un'attenta lettura dell'articolo è chiaro che il DM 312/2021 esclude le opere di ordinaria e straordinaria manutenzione e i lavori al di sotto del milione di euro.

Questo ritardo previsto dal legislatore potrebbe essere visto come il tentativo strategico e legislativo per consentire alle Pubbliche Amministrazioni di prepararsi meglio e superare le criticità dovute all'integrazione della metodologia nei loro processi e al periodo emergenziale – va precisato che il suddetto decreto è stato emanato durante uno stato emergenziale (pandemia Covid-19) – e al contempo di consentire alle imprese di recuperare i ritardi dovuti al lockdown.

3.1.2 Le normative ISO e UNI

La prima norma internazionale in ambito BIM è la UNI EN ISO 19650:2019 dal titolo “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”.

L’emanazione a livello globale della norma segna una chiara necessità di delineare delle regole e degli standard internazionali per garantire una migliore trasversalità della metodologia. A differenza delle normative statali la ISO 19650 affronta la metodologia con un approccio manageriale della gestione delle informazioni dell’edificio alla quale si vuole applicare; infatti, al momento è composta da due parti:

- *Parte 1: Concetti e principi*
- *Parte 2: Fase di consegna dei cespiti immobili.*

La prima parte della normativa inquadra gli aspetti informativi generali della metodologia, inclusi lo scambio, la registrazione e l’organizzazione per tutti gli attori del processo edilizio. Questa parte della normativa è applicabile all’intero ciclo di vita di qualsiasi costruzione: dalla pianificazione alla progettazione, la manutenzione e la ristrutturazione.



- Key
- AIM Asset Information Model
 - PIM Project Information Model
 - A Start of delivery phase (see 3.2.11) – transfer of relevant information from AIM to PIM
 - B Progressive development of the design intent model into the virtual construction model (see 3.3.10 Note 1)
 - C End of delivery phase – transfer of relevant information from PIM to AIM

Figura 46 – Generico progetto e asset information management ciclo di vita. Fonte: ISO 19650-1:2019

La seconda parte invece pone l'attenzione sul flusso informativo dell'intero iter progettuale, ripercorrendo le tappe in cui vengono definite le commesse individuando 8 fasi di gestione:

1. Valutazione (di fattibilità) e formulazione delle esigenze;
2. Invito a presentare offerte;
3. Offerte;
4. Incarico;
5. Mobilitazione;
6. Produzione collaborativa di informazioni;
7. Consegna del modello informativo;
8. Chiusura della commessa (fine della fase di consegna).

Di seguito viene rappresentato il processo lineare idealizzato dalla normativa, in cui ogni fase, corrispondente a un'attività all'interno dell'iter procedurale, è connessa con quella successiva. L'unica eccezione è il ciclo di collegamento tra la settima e la seconda fase in quanto ogni incarico deve contribuire all'incarico successivo.



Figura 47 - Flusso previsto dalla normativa ISO 19650:2019

È necessario sottolineare che le fasi sono state rappresentate graficamente come quadrati e ognuno di esso compatta a sua volta il diagramma esecutivo della fase. Ad esempio, la fase 5 è composta da altre 3 sottofasi che iniziano alla fase 4 e proseguono nella fase 6.

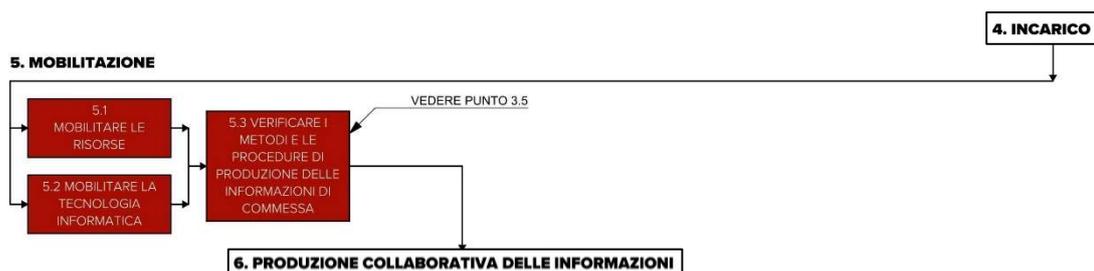


Figura 48 - Espansione della fase 5 secondo la ISO 19650-2. Fonte: GRAPHISOFT

L' ISO 19650 essendo una normativa tecnica internazionale gode del principio degli allegati nazionali di riferimento – definiti giuridicamente *annex* – per il mercato nazionale; l'applicazione di tale principio è stato colto solamente dall'Italia e dal Regno Unito in quanto già reduci di un preesistente quadro normativo in merito.

In particolare, a differenza dell'UK che si appropria alla ISO con un allegato nazionale con le normative BS e BSPAS, il recepimento italiano della normativa, dato il corpus e dettagliato status normativo esistente, stabilisce che l'intera l'UNI 11337 costituisce l'allegato nazionale, ovviamente rimandando al principio di predominanza della ISO su eventuali incongruenze tra le due normative.

L'UNI 11337 è una normativa articolata in più di dieci parti di cui attualmente sono state pubblicate solamente sei (1-3-4-5-6-7). Inoltre, la peculiarità di tale normativa tecnica risiede nel suo carattere “*adattatorio*”, ovvero la sua applicabilità è estesa a qualsiasi tipologia di costruzione (edificio, infrastruttura, etc).

In particolare, la normativa italiana si suddivide in:

- **Parte 1: Modelli, elaborati ed oggetti.** Definisce il concetto di “dato”, “informazione” e “contenuto informativo”, le modalità di trasmissione e rappresentazione attraverso elaborati e modelli, il significato di oggetti digitali e strutture informative di prodotti e processi.
- **Parte 2: Denominazione e classificazione** (Non ancora pubblicata). Delinea il sistema di classificazione e denominazione di opere, oggetti ed attività.
- **Parte 3: LOI e LOG.** Questa parte è formata da una raccolta di schede informative in cui si definisce l'organizzazione e l'archiviazione dell'informazione tecnica dei prodotti da costruire secondo i vari LOG e LOI.
- **Parte 4: LOD e oggetti.** La quarta parte dell'UNI11337 concerne gli aspetti qualitativi e quantitativi della gestione digitalizzata del processo mirando alla definizione degli obiettivi relativi alle fasi di processo introdotte nella prima parte. Vengono presentati i LOD (Level of Development) ovvero i livelli di sviluppo degli oggetti digitali.
- **Parte 5: Gestione modelli ed elaborati.** La parte 5 definisce i ruoli, i requisiti e flussi necessari alla produzione, gestione e trasmissione delle informazioni e la loro connessione e interazione nei processi di costruzione digitalizzati attraverso l'introduzione di tre documenti: il Capitolato informativo (CI), l'offerta per la gestione informativa (oGI) e il piano per la gestione informativa (pGI). Inoltre, norma i concetti di analisi delle incoerenze e interferenze informative e di ambiente di condivisione dati (ACDat).
- **Parte 6: Il Capitolato informativo.** Delinea i flussi procedurali, la struttura e la stesura per la redazione del Capitolato Informativo.
- **Parte 7: Qualificazione figure.** Pubblicata nel 2018 riguarda la definizione dei requisiti relativi all'attività professionale delle figure coinvolte nella gestione e

nella modellazione informativa; in particolare si concentra sulle quattro figure associate al mondo BIM (CDE Manager, BIM Manager, BIM Coordinator e BIM Specialist) definendo gli ambiti di competenza e i limiti gestionali ed operativi.

- **Parte 8: PM / BIM-M** (Non ancora pubblicata). Processi di integrazione tra attività e figure informative e attività e figure tradizionali del settore AEC.
- **Parte 9: Fascicolo del costruito** (Non ancora pubblicata). Questa parte curerà la gestione informativa in fase di esercizio: Due Diligence, Piattaforma collaborativa e Fascicolo del fabbricato.
- **Parte 10: Verifica amministrativa** (Non ancora pubblicata). La parte 10 presenta le linee guida per la gestione informativa digitale delle pratiche amministrative.

Come si può desumere la normativa italiana, che è ancora in fase di sviluppo, presenta un elevato livello di elaborazione. Nel paragrafo successivo si è cercato di comprendere quanta è usata e conosciuta dai professionisti sia il BIM che la normativa in merito.

3.2 BIM Report Italia

Una panoramica della diffusione dell'adozione del BIM nella prassi professionale in Italia è deducibile dall'attuale BIM Report 2020 pubblicato dall'associazione ASSOBIM; associazione che nasce con lo scopo di rappresentare la filiera "tecnologica" del Building Information Modeling con la finalità di promuovere la digitalizzazione nel settore dell'edilizia, supportare l'approccio OPEN BIM alla collaborazione nella progettazione, la realizzazione e la gestione degli edifici e delle infrastrutture e sensibilizzare le istituzioni per sostenere lo sviluppo del BIM nel mondo dell'ambiente costruito⁵⁷.

Il Report analizza le risposte di un ventaglio molto ampio di operatori professionali del settore AEC, comprendente: studi di progettazione, società di engineering, imprese di costruzioni e manutenzioni, società di servizi IT, committenza pubblica e privata, produttori di materiali e componenti, enti della Pubblica Amministrazione, Università e Centri di ricerca.

1 – Suddivisione del campione per tipologia di azienda

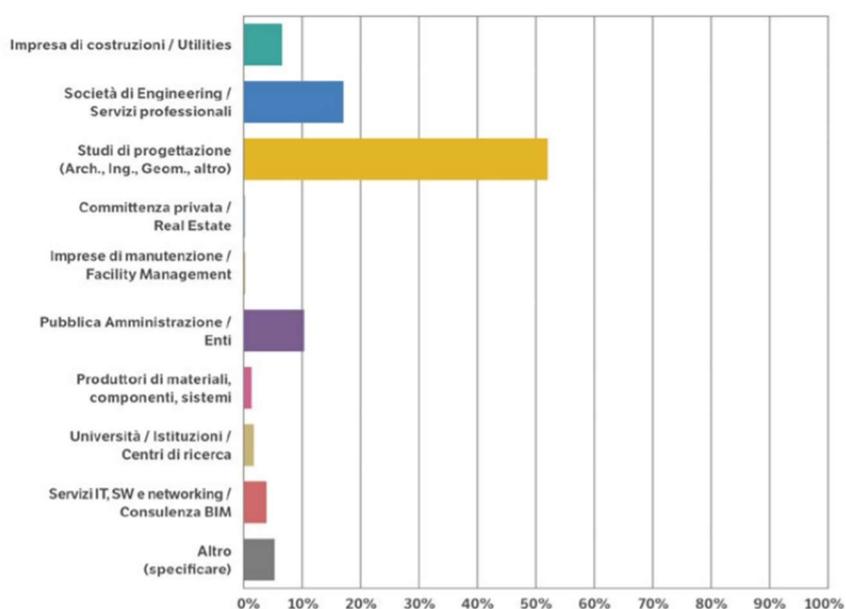


Figura 49 – Tipologia di azienda intervistata. Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020

2 – Numero di dipendenti

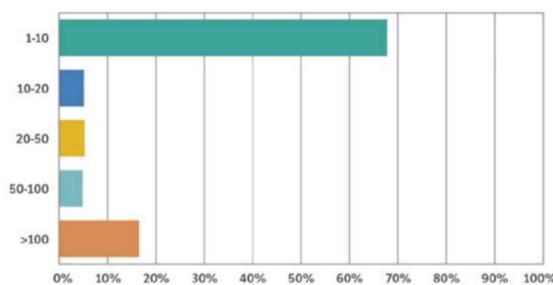


Figura 50 – Numero di dipendenti presenti nelle associazioni che hanno preso parte al report. Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020

⁵⁷ ASSOBIM.com

La maggior parte del campione intervistato è formato da studi di progettazione (circa il 52%) e da società ingegneristiche (17%) ed entrambi presentano un numero di collaboratori al di sotto delle dieci unità in quasi il 68% dei casi analizzati. Ciò rende il campione analizzato, campione ideale in quanto rispecchia perfettamente la realtà professionale italiana rendendo molto affidabili i risultati emersi dalle risposte.

5 – Grado di conoscenza e di utilizzo del BIM

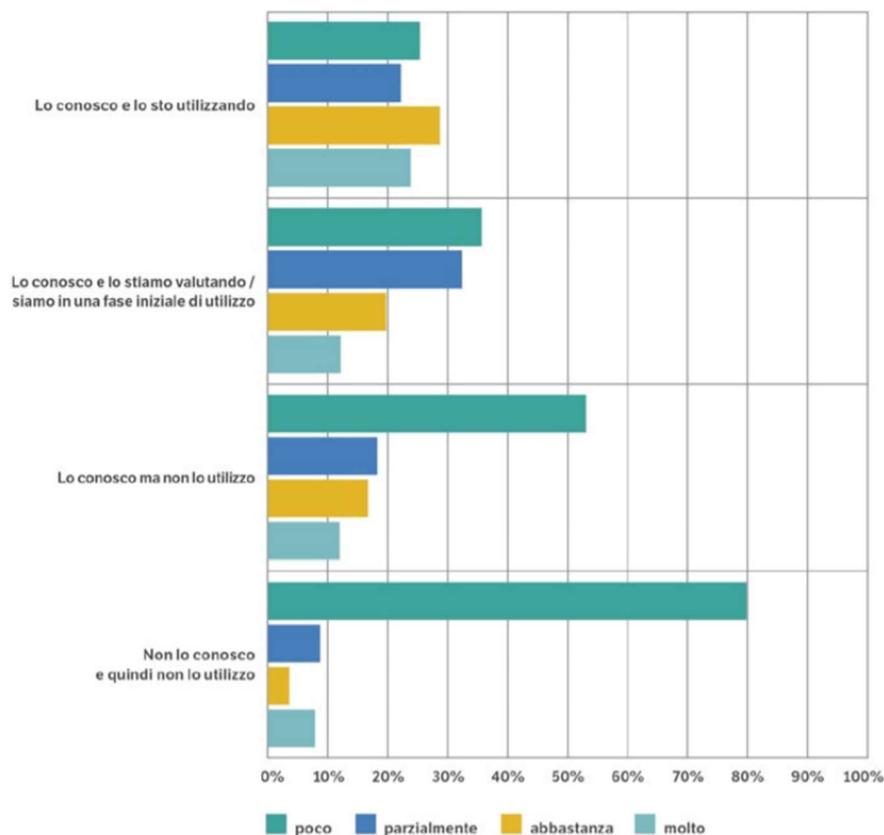


Figura 51 – Grado di conoscenza del BIM in Italia. Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020

L’analisi mostra come oltre la metà dei professionisti conosce e adopera la metodologia BIM; in particolare, il 40% conosce ma non la utilizza oppure ne fa un uso parziale mentre solo il 10% disconosce completamente l’argomento.

6 – Percentuale di adozione del BIM nei progetti e nelle attività dell’azienda

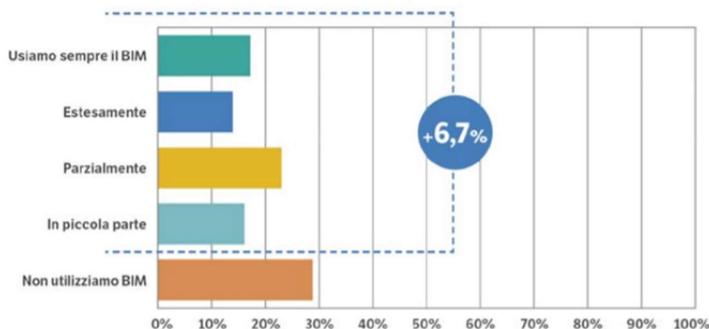
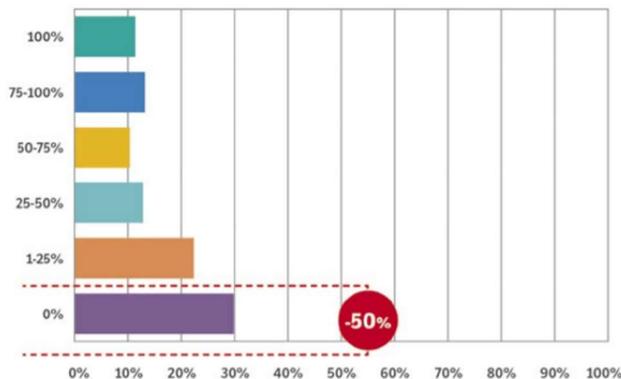


Figura 52 – Percentuale di adozione BIM nei progetti. Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020

Se da un lato si registra una diffusione sempre più estesa della metodologia tra i professionisti, dall'altro è corroborato da:

1. l'**intenzione di introdurre il BIM in azienda** da parte di quanti ancora non lo utilizzano. I dati mostrano che l'11% prevede di adottarlo nell'arco di un anno, il 16% nel giro di tre anni e quasi il 20% nei prossimi cinque;
2. dal **tasso di utilizzo**. In questo caso il 32% del campione ha dichiarato di avere adottato il BIM nei propri progetti sempre (18%) o comunque estesamente (15%) e il 23% parzialmente; mentre solo il 16% lo ha utilizzato in piccola parte.

8 – Percentuale di utilizzo del BIM nei progetti realizzati negli ultimi dodici mesi



10 – Previsioni sull'utilizzo del BIM in azienda nei prossimi anni

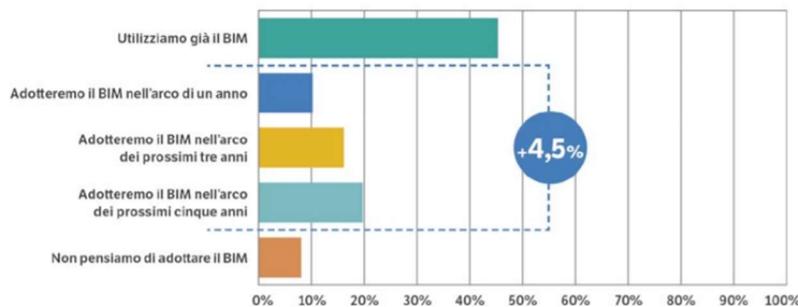


Figura 53 – Percentuale di uso del BIM nei progetti e previsione dell'uso del BIM in azienda nei prossimi anni. Fonte: ASSO BIM. BIM Report Italia 2020

Il secondo obiettivo è stato quello di verificare se in proporzione all'incremento della diffusione di conoscenze e competenze sia incrementato il livello di consapevolezza dei vantaggi offerti dalla metodologia BIM e come essi incidano sull'obbligatorietà della metodologia introdotta dal DM 560/2017.

12 – Valutazione dell'impatto del BIM in termini di riduzione dei tempi/costi e di competitività in genere nell'ambito dei progetti realizzati negli ultimi dodici mesi

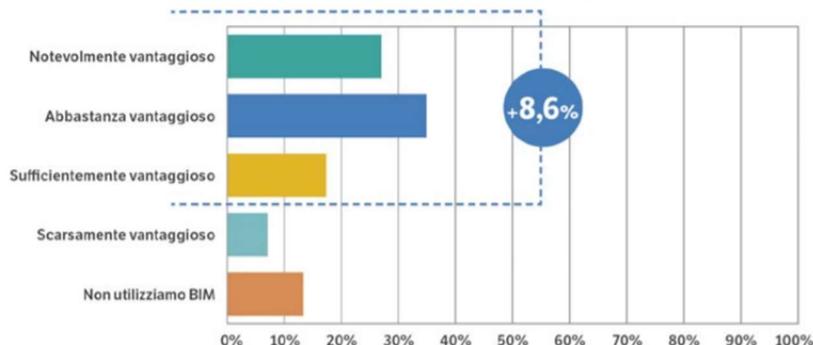


Figura 54 – Percentuale di conoscenza dei vantaggi della metodologia BIM. Fonte: ASSO BIM. BIM Report Italia 2020

In quest'ambito i risultati sono stati sorprendenti; infatti, oltre l'80% degli intervistati è molto o abbastanza convinto che l'adozione del BIM sia in grado di contribuire fortemente alla riduzione dei costi e per di più alla riduzione del tempo complessivo di realizzazione dell'opera, dall'avvio al completamento dei lavori.

Il report approfondisce inoltre gli aspetti giuridici e la percezione dei professionisti sulla normativa in vigore in Italia. Lo studio afferma che oltre il 60% del campione ritiene che il grado di conoscenza delle previsioni contenute nel Decreto 560/2107 - detto anche Decreto Baratonò sia da molto a sufficientemente buono e solo 10% dichiara di non avere conoscenze in merito.

14 – Livello di conoscenza dei contenuti del Decreto Ministeriale 560/2017 (Decreto obbligatorià BIM, o Decreto Baratonò)

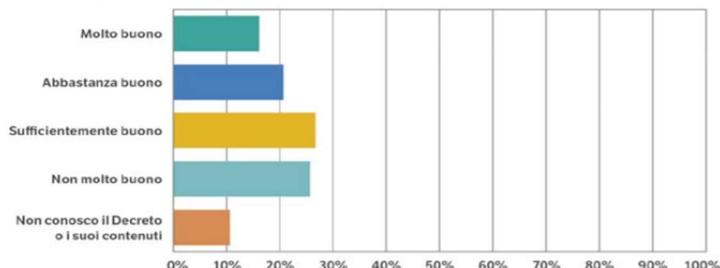


Figura 55 – Livello di conoscenza del DM 560/2017. Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020

È da analizzare criticamente anche un altro dato: il livello di partecipazione a bandi pubblici che prevedono l'obbligatorià del BIM nel documento di gara. Oltre il 70% degli studi di progettazione non ha partecipato attivamente a bandi pubblici che prevedono l'obbligatorià di modelli BIM.

15 – Partecipazione a bandi pubblici che prevedono l'obbligatorià di modelli BIM nel documento di gara

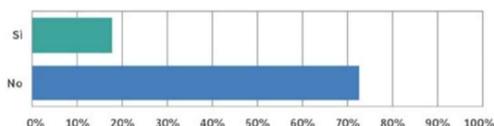


Figura 56 – Partecipazione a bandi pubblici con obbligatorià del BIM. Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020

Questo drastico dato è sicuramente frutto della situazione attuale e della fase di "applicazione obbligatorià" della metodologia in Italia - al momento dell'indagine la soglia per l'applicazione obbligatorià del BIM era per i progetti con un valore pari o superiori a 50 milioni di euro - sicuramente una fase con soglia relativamente alta in prospettiva alle dimensioni medie degli studi di progettazione nazionali.

Informazione altrettanto interessante è quella relativa all'introduzione all'interno della struttura aziendale di figure professionali con competenze BIM certificate secondo la norma UNI 11337-7: ovvero BIM specialist, BIM coordinator e BIM manager.

17 – Introduzione in azienda di figure professionali con competenze BIM certificate secondo la norma UNI 11337-7

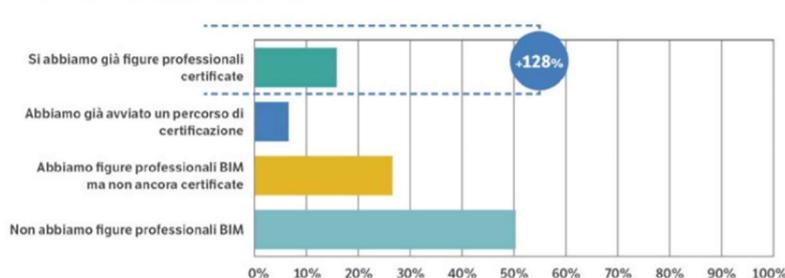


Figura 57 – Presenza all'interno delle aziende delle figure professionali con competenze BIM previsti dalla normativa UNI 11337-7. Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020

Come si poteva immaginare il risultato è fortemente negativo, infatti, più del 50% degli studi di progettazione o organizzazioni del settore AEC non dispone di professionisti BIM certificati all'interno del proprio organico e solo il 23% può contare all'interno del proprio staff tali figure (16%) oppure ha già avviate un percorso di certificazione (7%).

Un ultimo blocco del questionario si focalizza sulla percezione delle opportunità e criticità evidenziate dalla metodologia BIM fra gli operatori specializzati. Ovviamente il 90% del campione è convinto che la metodologia BIM rappresenti il futuro della gestione delle informazioni relative al progetto, alla costruzione e alla gestione-manutenzione di una costruzione. Alcune risposte marcano inevitabilmente le criticità e difficoltà che l'implementazione della metodologia comporta per gli operatori del settore AEC e il loro rapporto con il mercato edile.

In particolare, il 70% del campione esprime forti perplessità sul fatto che i principali clienti non siano ancora in grado di comprendere i vantaggi offerti dal BIM. Tale dato secondo l'ASSOBIM, viene riequilibrato dalla convinzione che la domanda di adozione del BIM da parte di committenti e clienti sarà destinata a crescere esponenzialmente nel prossimo futuro. Alta è anche la consapevolezza da parte degli operatori che l'adozione del BIM comporta inevitabilmente una serie di cambiamenti nelle procedure, pratiche e flussi di lavoro sulle proprie strutture e processi.

Fra le maggiori criticità avvertite dagli operatori del settore si trovano: la mancanza di competenze interne (67%), l'inadeguata formazione (72%) ed i costi di implementazione e la dotazione di beni strumentali (75%). Fattori che influiscono in maniera negativa all'approccio metodologico sono la poca chiarezza nella committenza pubblica e nel Capitolato Informativo (70%), le difficoltà nello sviluppo dell'interoperabilità (67%) e la mancanza di tempo (58%) e la mancanza di risorse umane (58%).

24 – Principali criticità e ostacoli all'utilizzo del BIM

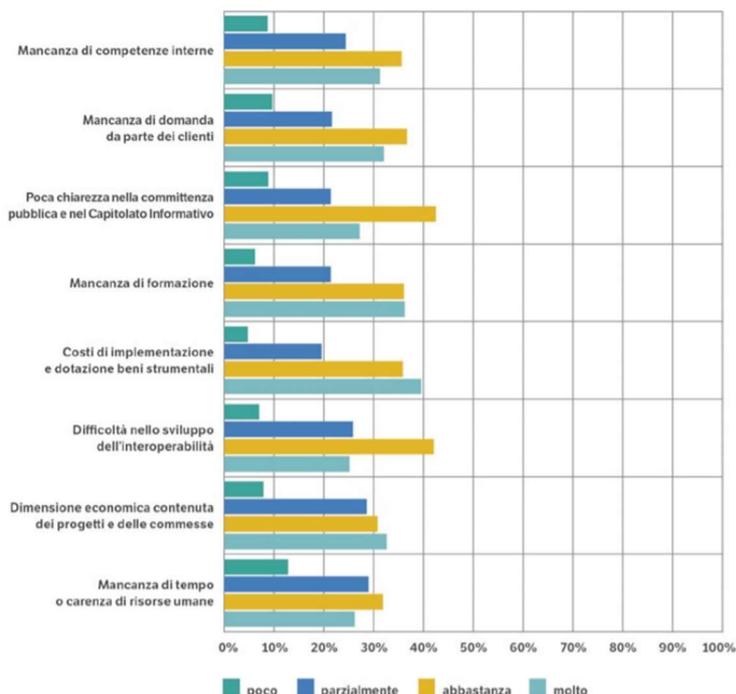


Figura 58 – Principali criticità all'uso del BIM Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020

23 – Livello di adesione alle affermazioni sui vantaggi del BIM (prima parte)

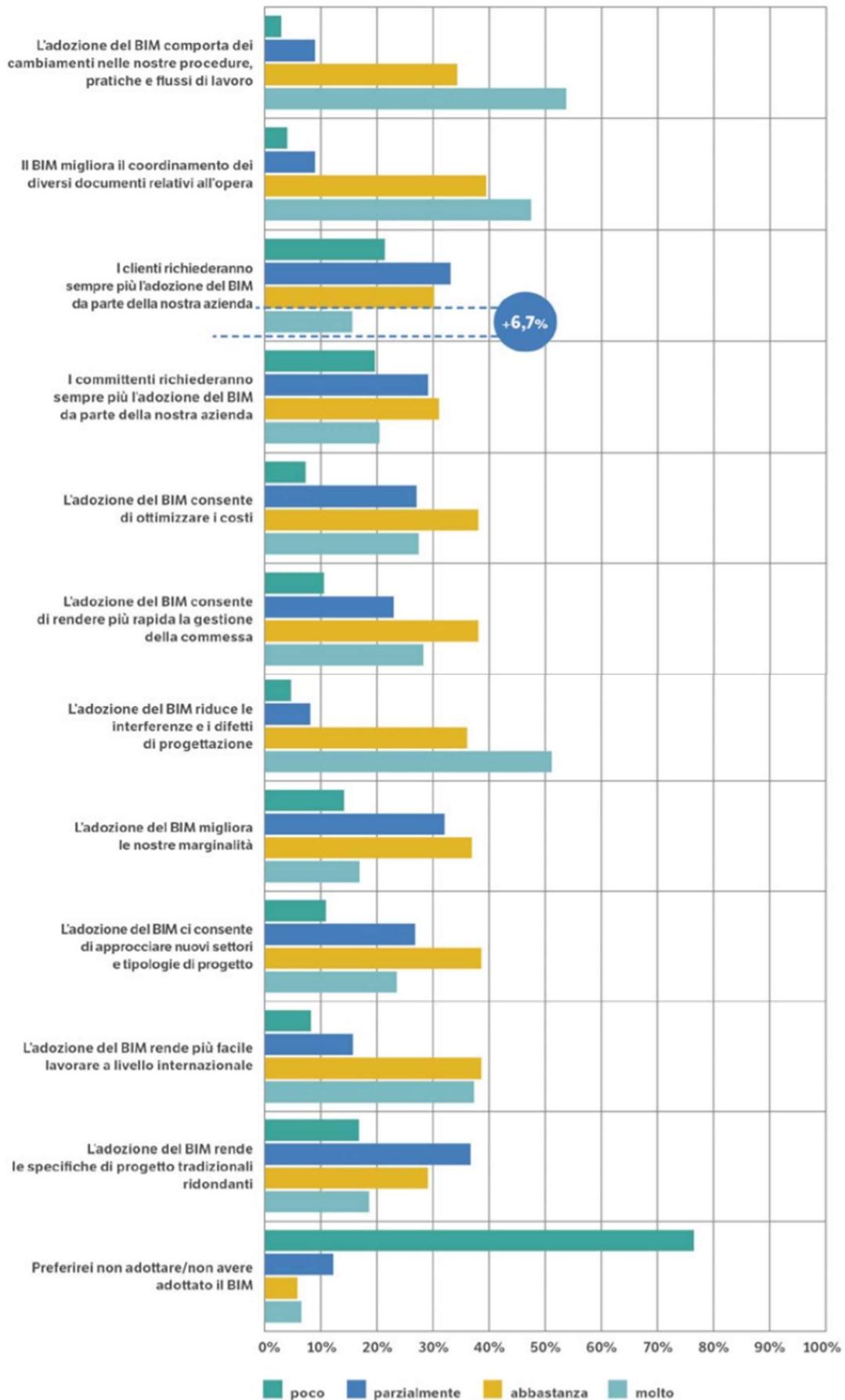


Figura 59 – Livello di adesione alle affermazioni sui vantaggi del BIM Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020

4 L'attuale pratica professionale

4.1 Il BIM come punto di partenza

Il Building Information Modeling richiede che l'edificio venga modellato tridimensionalmente secondo principi più simili a quelli costruttivi, ovvero assemblando tra loro strati di materiali gettati in opera e componenti prefabbricati che vanno a generare una vera e propria virtualizzazione dell'edificio, più che una sua rappresentazione.

L'applicazione del BIM riscontra vantaggi principalmente nell'ambito di progetti pubblici o di grandi dimensioni, in quanto viene ampliata la necessità di una migliore gestione degli immobili e di considerare i tempi e le modalità di esecuzione anche per la vita futura dell'edificio attraverso il facility management. Sembra chiaro quindi che la tecnologia per la modellazione digitale ha un grandissimo impatto sulla pratica professionale.

A differenza dei tradizionali metodi di progettazione (disegno manuale o automatizzato con software CAD) in cui un edificio viene progettato interamente attraverso la creazione di una serie di elaborati grafici e descrittivi - quali piante, prospetti, sezioni, etc - con il BIM gli elaborati necessari alla descrizione del progetto vengono ricavati ed estrapolati dal modello tridimensionale dell'edificio ricostruito virtualmente.

È palese quindi che con il BIM è possibile produrre ancora i tradizionali elaborati grafici e disegni cantieristici ma l'upgrade metodologico avviene grazie all'implementazione e l'interoperabilità del modello con diversi software necessari a produrre e gestire informazioni aggiuntive utili per scopi successivi alla sola e mera realizzazione dell'opera.

Si può dedurre che la metodologia BIM e quella tradizionale sono due approcci metodologici essenzialmente opposti che tentano di raggiungere un risultato simile.

DISEGNO - CAD	BIM
2D	2D - 3D - 4D - 5D ...
Necessità di stampa	Comunicazioni Elettroniche
Lavoro Manuale	Lavoro Semi-automatico
Processo Analitico	Processo Digitale
Lavoro Lento	Lavoro Veloce
Progettazione Singola	Progettazione Integrata

Figura 60 - Differenze tra il disegno CAD e il BIM.

4.2 L'adozione del BIM nel privato

Come si intuisce dai paragrafi precedenti, il BIM nasce per risolvere problemi complessi legati al settore delle costruzioni e il suo impiego nel quadro attuale professionale è sicuramente un fenomeno inevitabile.

Se l'adozione della metodologia in ambito pubblico sta avvenendo per "imposizione normata" in quanto le committenze pubbliche si sono già dotate o si stanno dotando di tutti i mezzi necessari per implementare la digitalizzazione, diversamente, in ambito privato è tutto fermo.

Come risulta dalle indagini svolte e analizzate precedentemente, l'iniziativa di adozione tra privati – nel mondo e in particolare in Italia – è molto limitata a opere, studi professionali, situazioni e casi molto specifici.

Infatti, il BIM è generalmente ed erroneamente associato solamente alla costruzione o gestione di grandi opere e ai grandi studi di progettazione; non alle piccole opere o ai contratti pattuiti tra il singolo professionista con il privato.

La maggior parte dei principali articoli scientifici pubblicati scelgono casi studio di notevole complessità che mirano principalmente ad evidenziare la potenzialità della metodologia e quanto questa sia quanto effettivamente applicabile ai casi complessi.

Per un professionista che lavora per un piccolo studio di progettazione, cambiare il proprio approccio lavorativo significa cambiare le abitudini e mettere in discussione le sicurezze acquisite durante gli anni di esperienza lavorativa; tutto ciò non è di certo semplice e scontato e tra l'altro risulta essere un ostacolo che molti non riescono a superare.

Mutare la propria prassi professionale in ottica BIM cercando di limitare quanto più possibile gli errori che si commetterebbero per il cambiamento del *modus operandi* – e non si verificherebbero se si decidesse di continuare a adoperare il metodo tradizionale – significa adottare un "metodo consapevole". L'adozione di un metodo consapevole però richiede:

1. Consapevolezza di ciò che si fa;
2. Disponibilità economica a investire;
3. Adeguate risorse umane o adeguata formazione delle risorse umane;
4. Motivazione e coraggio nell'affrontare il cambiamento.

In particolare, la formazione deve essere "utile" e non deve intendersi come semplice trasferimento e acquisizione di nozioni ma deve essere il punto di partenza per un cambiamento lavorativo. In altre parole, non si può pensare di acquisire nuovi strumenti conoscitivi senza applicarli e quindi modificare la prassi lavorativa esistente.

D'altro canto, approcciarsi al mondo BIM richiede: un'elevata consapevolezza tecnica e tecnologica rispetto a quella richiesta per l'uso del CAD, delle figure professionali altamente specializzate che si occupino principalmente di disegnare flussi metodologici, ottimizzare i software e gli strumenti utilizzati.

Quindi se l'uso del CAD permette di servirsi di uno strumento tecnologico (personal computer, notebook, etc) per predisporre, elaborare e produrre la documentazione necessaria per un progetto, la metodologia BIM implementa tutto ciò rendendo l'intero processo più integrato, interattivo e condivisibile oltre che funzionale per la gestione dell'intero ciclo di vita della costruzione.

La maggior parte degli studi professionali in Italia è composta da pochi liberi professionisti privati che singolarmente collaborano con esterni allo studio in una meta-organizzazione senza vincoli, assumendo un ruolo preciso all'interno dell'iter progettuale.

Ma lavorare indipendentemente su una commessa edilizia, senza interloquire con gli altri tecnici, potrebbe risultare dannoso per il processo e portare anche alla perdita di alcune informazioni.

Infatti, nel caso in cui uno dei progettisti necessitasse di effettuare anche una leggera modifica al progetto è necessario che la comunichi tempestivamente a tutto il team e ciò implica un'elevata dispersione di energie e di tempo.

Sfruttando invece un approccio BIM based, la dispersione e la perdita di informazioni tra i vari progettisti è notevolmente limitata in quanto il modello sul quale si lavora è generalmente condiviso - con opportune limitazioni - a tutti i soggetti coinvolti all'interno del processo.

Ergo, qualsiasi modifica anche piccolissima da parte di qualsiasi progettista implica un aggiornamento quasi immediato del modello centrale (immaginando di lavorare con una metodologia BIM basata sui workset); ovviamente ciò comporta una riduzione drastica delle interferenze e una limitata perdita di informazioni tra i vari professionisti.

Attualmente e soprattutto in queste condizioni, l'uso del BIM all'interno di uno studio professionale assume un valore marginale in quanto non emergono le effettive potenzialità che la metodologia possiede intrinsecamente.

Ciò non toglie il fatto che i concetti che il BIM offre sia per grandi che per le piccole commesse edilizie sono i medesimi e si differenziano solamente a seconda delle risorse che si vogliono o si possono metter in campo.

Ad esempio, se per una grossa commessa è necessario un modello confederato multidisciplinare in cui le informazioni provengono da un CDE gestito dal piano di Gestione Informativa (pGI), come prevede la normativa tecnica italiana; per una piccola commessa magari è sufficiente un modello parametrico le cui informazioni sono state inserite manualmente secondo standard operativi interni allo studio di progettazione.

In altre parole, si abbassa il livello di complessità del modello e della gestione delle informazioni.

Inoltre, indifferentemente della dimensione dello studio di progettazione si può provare che adoperando consapevolmente la metodologia BIM, al fine di ottimizzare e implementare il valore progettuale è necessario concentrare nelle fasi iniziali del processo le risorse e le energie dedicate al progetto stesso.

A dimostrare ciò nel 2004 fu Patrick MacLeamy, architetto americano, presidente ed ex amministratore delegato di HOK⁵⁸.

Le quattro curve, di seguito riportate e rappresentate su un piano cartesiano le cui ordinate riportano lo “sforzo” impiegato e le ascisse l'intero iter progettuale dalla fase di concezione alla fase di gestione, descrivono:

- L'**efficacia delle azioni** ovvero la capacità di impattare sull'ottimizzazione del processo a partire dai costi. Come è intuibile, tale capacità è massima nelle prime fasi di progettazione e con andamento decrescente procede verso la fase di gestione;
- L'**andamento dei costi** derivanti da un'eventuale variante progettuale. In questo caso la curva presenta un andamento completamente opposto rispetto a quello della curva precedente. Infatti, modifiche progettuali sostenute nelle prime fasi di progettazione presentano costi nettamente minori rispetto a quelle affrontate in fase di costruzione.
- Il **processo progettuale CAD-based**.
- Il **processo progettuale BIM-based**.

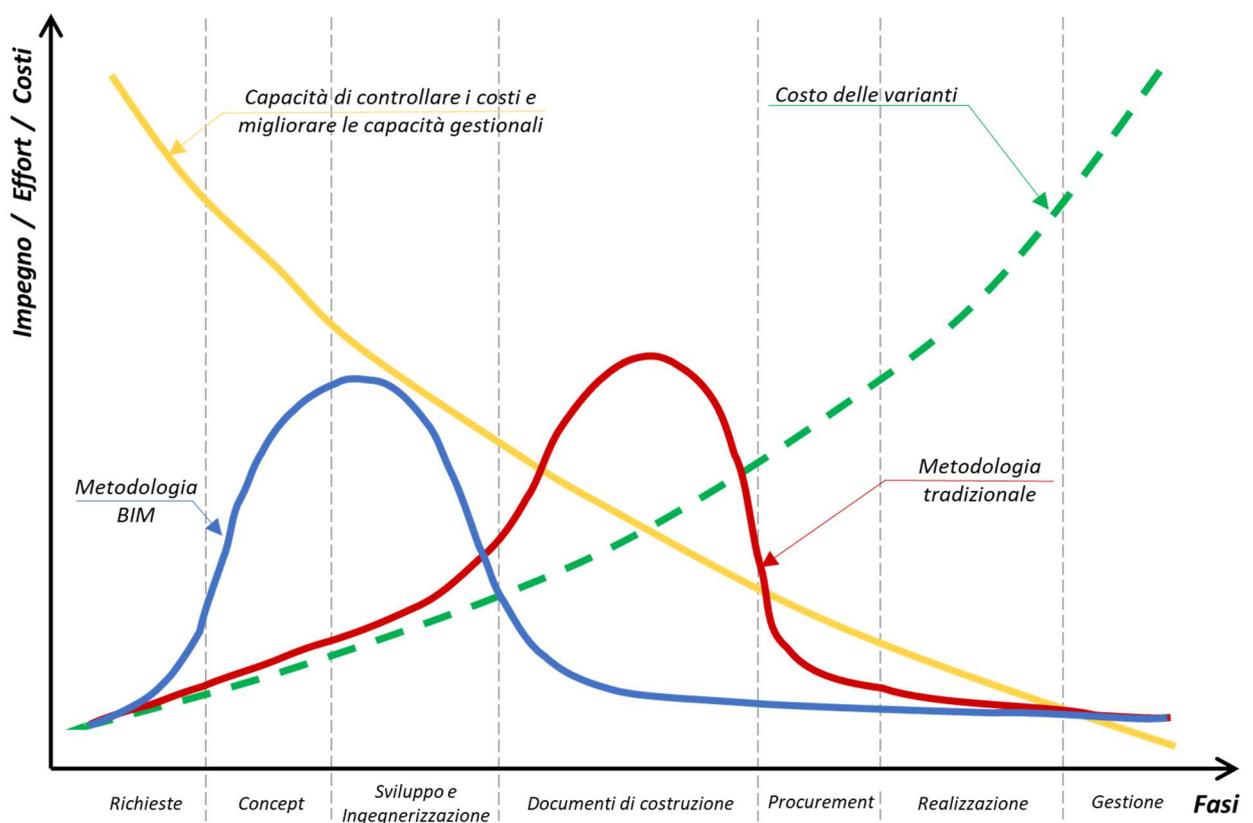


Figura 61 - Curve di MacLeamy

⁵⁸ CARRADORI M. in “Building Information Modeling: i principi di una rivoluzione” febbraio 2017, BIS-LAB Building Innovation & skills-lab – https://www.bis-lab.eu/2017/02/28/bim-building-information-modeling-i-principi-di-una-rivoluzione/#_edn6

Come mostra il grafico, nel processo CAD-Based le modifiche del progetto sono previste tra le ultime fasi di progettazione con un picco di attività e sforzo nella fase (*Construction Documentation*) di redazione degli elaborati e dei documenti di costruzione; fase in cui i costi sono decisamente più alti rispetto ai costi che le stesse avrebbero se le modifiche fossero anticipate nel tempo.

Invece, adoperare la metodologia BIM – come mostra la curva ad essa relativa – permette di anticipare le modifiche nelle prime fasi progettuali, dove i costi relativi alle varianti del progetto risultano ridotti.

Dunque, spostare le risorse in fase pre-progettuale può generare un elevato valore progettuale dato principalmente dall'anticipazione di alcune decisioni che altrimenti, seguendo la metodologia tradizionale CAD-based, si sarebbero dovute affrontare in fasi successive e quasi sicuramente per poterle attuare avrebbero comportato un aumento smisurato dei costi.

Le curve di Mac Leamy non mostrano solamente come si può ridurre lo sforzo progettuale utilizzando il BIM ma differentemente, qualora si decidesse di adoperare la metodologia BIM all'interno del proprio flusso lavorativo, come tali sforzi vengono anticipati nel tempo.

Per quanto il BIM sia una metodologia rivoluzionaria, come mostrano anche i report precedentemente analizzati, molti professionisti continuano inflessibili a lavorare con i metodi tradizionali piuttosto che sfruttare il ventaglio di benefit che questa metodologia offre.

Effettivamente, cambiare la normale prassi lavorativa modificando anche la tecnologia utilizzata presenta oltre che numerose resistenze da parte degli stessi professionisti alcuni fattori di carattere puramente pregiudiziale e ideologico.

5 Sviluppo dei processi

In questo capitolo si vuole arrivare a raffigurare tre diversi workflow teorici, anche detti mappe dettagliate di un processo, che rappresentano i tre possibili e differenti scenari della prassi lavorativa:

- Scenario A: uso della metodologia tradizionale;
- Scenario B: uso della metodologia mixata (BIM oriented);
- Scenario C: uso completo della metodologia BIM (full BIM).

5.1 Flusso metodologico

Per arrivare alla mappatura dei processi si è adoperato un flusso metodologico a cascata che segue le principali linee guida per la pianificazione del BIM, ma che può essere tranquillamente utilizzato per qualsiasi processo di progettazione-pianificazione.

Gli step principali consistono nell'identificare appropriatamente gli obiettivi e gli usi di un progetto per poter successivamente mappare in modo corretto il flusso metodologico-lavorativo e riuscire in secondo luogo a definire i prodotti e le infrastrutture informatiche corrette di supporto all'intero processo.



Figura 62 – Flusso metodologico applicato

5.2 Obiettivi del progetto

Il primo passaggio consta nel definire chiaramente e univocamente l'obiettivo o gli obiettivi che dovrebbero essere specifici per il progetto a tutti i membri del team.

L'obiettivo o gli obiettivi generali possono basarsi sia sulle prestazioni del progetto e includere elementi come la riduzione della durata dei lavori, la riduzione del costo del progetto oppure possono anche riguardare l'avanzamento delle capacità dei membri del team.

Nel caso specifico di questa tesi l'obiettivo da raggiungere è: la stesura di tre processi che rappresentano a livello teorico il workflow metodologico da seguire secondo le tre differenti prassi professionali: tradizionale (lavoro in CAD), mixata o anche detta BIM oriented (sviluppo con diversi software BIM e risultati in CAD) e full BIM.

5.3 Model Use

Definiti e chiariti gli obiettivi è possibile passare allo step successivo per identificare gli usi specifici del BIM (BIM Uses e Model Uses) nel progetto.

I ricercatori della PennState, definiscono un BIM Use come "un metodo di applicazione del BIM durante il ciclo di vita di una costruzione per raggiungere uno o più obiettivi specifici⁵⁹". Difatti il BIM Use definisce in maniera chiara l'uso per il quale la metodologia viene implementata nel processo.

Generalmente i BIM Use sono classificati in base o allo scopo per il quale vengono utilizzati o in base alle caratteristiche d'uso.

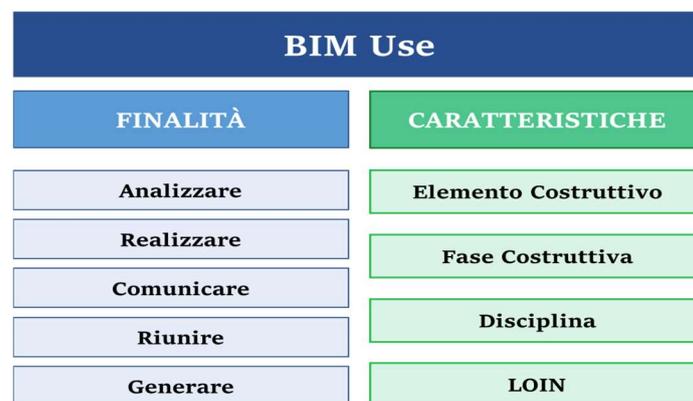


Figura 63 - Classificazione dei BIM Use.

In particolare, in funzione della finalità o dello scopo esistono 5 categorie di BIM Use (Analizzare, Comunicare, Realizzare, Generare, Riunire) ognuna della quale presenta a sua volta una serie di sottocategorie. Allo stesso modo, i BIM Use definiti secondo le caratteristiche si suddividono in base ad attributi comuni che verranno implementati in BIM: Elemento, Fase Costruttiva, Disciplina e Fabbisogno Informativo (LOIN - Livello di informazione necessaria). Definire questi fattori permette di passare delineare un BIM Use specifico e quindi avere un approccio mirato della metodologia.

⁵⁹ Kreider, Ralph G. and Messner, John I. (2013). "The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses". Version 0.9, September, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA.

Spesso i BIM Uses vengono erroneamente confusi con i Model Uses – Usi del Modello – che a loro volta invece definiscono univocamente le caratteristiche dei modelli BIM. Ogni Model Uses rappresenta un set di requisiti, attività e specifici obiettivi progettuali, raggruppati in un unico elenco in modo che possano essere più facilmente definiti, misurati e compresi⁶⁰. A differenza dei BIM Use i Model Use identificano e raccolgono i requisiti informativi che devono essere inseriti all'interno del Modello; in parole semplici i model use permettono di focalizzare l'obiettivo per la quale viene realizzato un modello BIM.

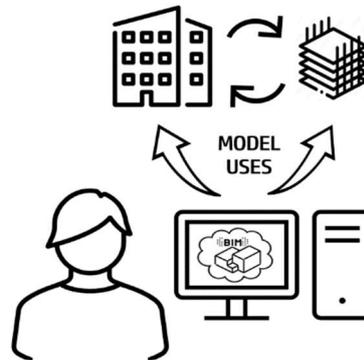


Figura 64 – Model Uses visto come interazione obiettivo-prodotto BIM.

Il Model Use è il risultato finale previsto o atteso del progetto che parte dalla generazione del modello tridimensionale e finisce con la collaborazione e collegamento dei modelli con database esterni.

I Model Uses, quindi, rappresentano l'interazione tra un utente e un sistema di modellazione che genera un modello finito. L'iniziativa BIM excellence⁶¹ ha codificato univocamente i model uses e li ha raggruppati in tre macrocategorie:

1. General Model Uses;
2. Domain Model Uses;
3. Custom Model Uses.

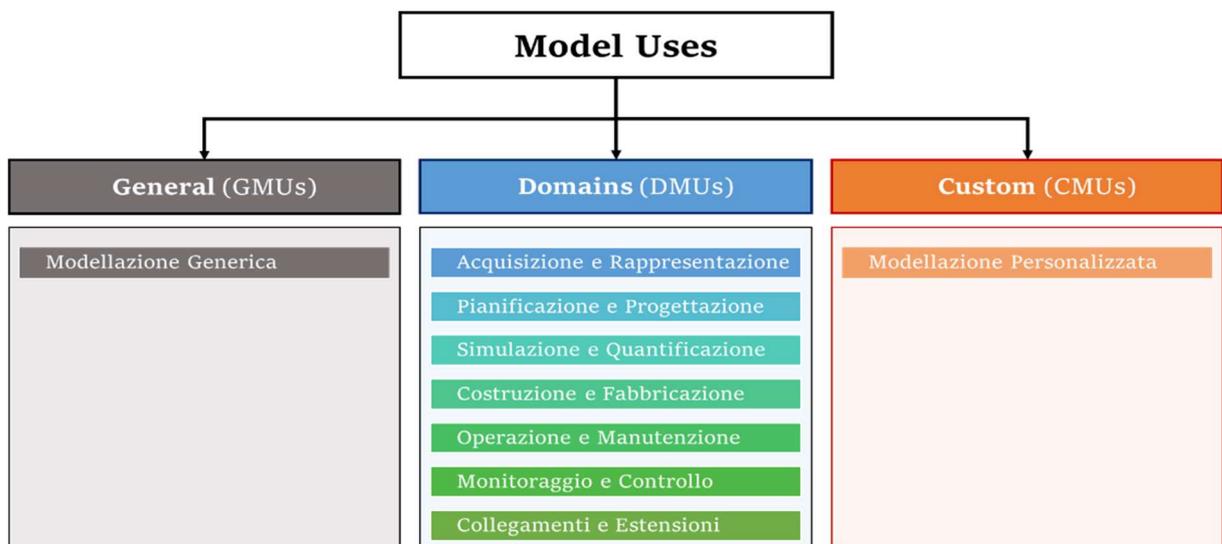


Figura 65 – Classificazione dei Model Uses

⁶⁰ Massimo S. in "BIM uses: cosa sono e perché saranno sempre più importanti nel flusso BIM" marzo 2020, Ingegno, <https://www.ingegno-web.it/23090-bim-uses-cosa-sono-e-perche-saranno-sempre-piu-importanti-nel-flusso-bim>

⁶¹ BIM excellence anche nota come BIMe è una comunità di professionisti e accademici che ha come missione l'attestazione di nuovi modi di pensare, fare ricerca, imparare e collaborare nel settore AEC.

Il General Model Uses (GMUs) rappresenta la categoria dei modelli generici applicabili in tutti i sistemi informativi, industriali e i settori della conoscenza. I GMUs si suddividono in funzione del loro livello di dettaglio e di sviluppo dei componenti modellati; infatti, generalmente al GMUs corrisponde una modellazione divisa in discipline (Architettonica, Strutturale, Impiantista, Antincendio, etc).

MODEL USE GENERALI			
<i>Codice</i>	<i>EN</i>	<i>IT</i>	<i>EN Topic</i>
1010	Architectural Modeling	Modellazione Architettonica	<i>Architectural Tectonics</i>
1020	Audio-visual Systems Modelling	Modellazione dei sistemi audiovisivi	<i>Sound Systems Modelling; Video-network Modelling</i>
1030	Barrier Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di barriere	<i>Fence Modelling; Highway-barrier Modelling</i>
1040	Brick Structures Modelling	Modellazione di strutture in mattoni	<i>Brick Information Modelling</i>
1050	Concrete Structures Modelling	Modellazione di strutture in CLS	<i>Concrete Frame Modelling</i>
1060	Conservation Modelling	Modellazione Conservativa	<i>Historical Site Modelling; Historical Excavation Modelling; Ancient Monument Modelling</i>
1070	Decorative Modelling	Modellazione Decorativa	<i>Wrought Iron Modelling; Gypsum Decorations Modelling; Sculptural Modelling; Fountain Design Modelling</i>
1080	Display Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di visualizzazione	<i>Exhibition Systems Modelling</i>
1090	Drainage Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di drenaggio	<i>Flood-relief systems Modelling</i>
1100	Ducted Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di canali	<i>Fresh-air Systems Modelling; Exhaust Systems Modelling; Smoke-extraction Systems Modelling</i>
1110	Extra-terrestrial Structures Modelling	Modellazione di strutture extraterrestri	<i>Space-habitat Modelling</i>
1120	Façade Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di facciate	<i>Glazing Systems Modelling; Cladding Systems Modelling; Curtain Systems Modelling</i>
1130	Fire Systems Modelling	Modellazione dei sistemi intincendio	<i>Modelling Sprinkler Systems Modelling</i>
1140	Fit-out Modelling	Modellazione d'Arredo	<i>Interiors Modelling; Tenant Modelling</i>
1150	Flue Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di fumo	<i>Chimney Systems Modelling; Exhaust Systems Modelling</i>
1160	Forensic Modelling	Modellazione Forense	<i>Criminal Investigations Modelling; Crime-scene Modelling</i>
1170	Foundations Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di fondazioni	<i>Piling-systems Modelling</i>
1180	Fuel Systems Modelling	Modellazione dei sistemi a gas	<i>Liquefied-gas Supply Systems Modelling; Liquid-fuel Systems Modelling; Gas-supply Systems Modelling</i>
1190	HVAC Systems Modelling	Modellazione di sistemi HVAC	<i>Heating Systems Modelling; Ventilation Systems Modelling; Air-conditioning Systems Modelling;</i>
1200	Hydraulic Systems Modelling	Modellazione dei sistemi idraulici	<i>Plumbing Systems Modelling; Compressed-air Systems Modelling; Steam Systems Modelling; Sewage Systems Modelling; Black-water Systems Modelling; Grey-water Systems Modelling</i>
1210	Information Systems Modelling	Modellazione dei sistemi informativi	<i>Computer Systems Modelling; Communication Systems Modelling; Telecommunication Systems Modelling</i>
1220	Infrastructure Systems Modelling	Modellazione dei sistemi infrastrutturali	<i>Underground Systems Modelling; Supply Systems Modelling</i>
1230	Irrigation Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di irrigazione	<i>Hydrological Systems Modelling</i>
1240	Landscape Modelling	Modellazione paesaggistica	<i>Hardscaping; Softscaping</i>
1250	Lighting Systems Modelling	Modellazione dei sistemi luminosi/ottici	
1260	Marine Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di marini	<i>Oil Riggs Modelling</i>
1270	Masonry Systems Modelling	Modellazione opere in muratura	
1280	Medical Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di medici	<i>Oxygen-pipes Modelling; Vacuum-pipes Modelling</i>
1290	Modular Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di modulari	
1300	Nuclear Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di nucleari	
1310	Parametric Modelling	Modellazione Parametrica	<i>Object-based Modelling; Algorithmic Modelling;</i>
1320	Power Systems Modelling	Modellazione di sistemi elettrici	<i>Generator Systems Modelling; Low-voltage Systems Modelling; Medium-voltage Systems Modelling; Highvoltage Systems Modelling; Battery Systems Modelling; Electrical Systems Modelling</i>
1340	Refrigeration Systems Modelling	Modellazione di impianti di raffreddamento	
1350	Renovation Modelling	Modellazione per il rinnovamento	<i>Refurbishment Modelling; Retrofit Modelling</i>
1360	Sanitary Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di sanitari	<i>Septic Systems Modelling</i>
1370	Security Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di sicurezza	<i>Surveillance Systems Modelling; Alarm Systems Modelling; Modelling; Listening Systems Modelling</i>
1380	Signage Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di segnaletica	<i>Visual-guidance Modelling; Exit Systems Modelling</i>
1390	Signalling Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di segnalazione	
1400	Spatial Inspection Modelling	Modellazione di ispezione spaziale	<i>Zone Modelling; Height-inspection Modelling; Clearance-space Modelling; Line-of-sight Modelling;</i>
1410	Steel Frame Modelling	Modellazione delle strutture in acciaio	<i>Steel Structures Modelling</i>
1420	Subterranean Space Modelling	Modellazione dello spazio sotterraneo	<i>Tunnel Modelling; Tunnel Shaft Modelling</i>
1430	Temporary Structures Modelling	Modellazione di strutture temporanee	<i>Scaffolding Systems Modelling; Fence Modelling</i>
1440	Tensile Structures Modelling	Modellazione di tensostrutture	<i>Stressed Textile Modelling</i>
1450	Terrain Modelling	Modellazione dei terreni	<i>Topographical Modelling; Site Modelling; Geological Modelling; Geotechnical Engineering Modelling; Open-pit Modelling</i>
1460	Timber Structures Modelling	Modellazione di strutture in legno	<i>Timber Frame Modelling; Truss Systems Modelling</i>
1470	Traffic Modelling	Modellazione del traffico	
1480	Underwater Space Modelling	Modellazione dello spazio subacqueo	<i>Aquatic Spaces Modelling</i>
1490	Urban Modelling	Modellazione Urbana	<i>City Modelling; Precinct Modelling</i>
1500	Vertical Circulation Modelling	Modellazione della circolazione verticale	<i>Elevator Systems Modelling; Stair Systems Modelling; Escalator Systems Modelling; Vertical Conveyance Modelling</i>
1510	Waste-disposal Systems Modelling	Modellazione dei sistemi di smaltimento dei rifiuti	<i>Garbage Systems Modelling</i>
1520	Wood Frame Modelling	Modellazione di strutture in legno	<i>Wood Structures Modelling</i>

Figura 66 – General Model Use

La seconda macrocategoria invece definisce i Model Uses specifici del settore o della disciplina; infatti, sono anche detti Model Uses Settoriali (Domains Model Uses, DMUs).

I DMUs vengono sviluppati in 7 serie che racchiudono le principali attività professionali del mondo delle costruzioni:

1. **Acquisizione e Rappresentazione.** Uso di strumenti, software e attrezzature specializzate ad acquisire e rappresentare spazi e ambienti fisici;
2. **Pianificazione e Progettazione.** Uso di strumenti software per la concettualizzazione, la pianificazione e la progettazione;
3. **Simulazione e Quantificazione.** Uso di strumenti software per condurre vari tipi di simulazioni e stime basate su modelli 3D;
4. **Costruzione e Fabbricazione.** Uso di modelli per scopi specifici di costruzione e prefabbricazione;
5. **Operazione e Manutenzione.** Uso di modelli BIM per operare, gestire e mantenere una struttura;
6. **Monitoraggio e Controllo.** Uso di modelli per monitorare le performance degli edifici o controllare i loro spazi, sistemi ed attrezzature/materiali;
7. **Collegamenti e Estensioni.** Collegamento dei Modelli BIM e dei relativi componenti ad altri database.

Ogni serie raggruppa una decina di model uses specifici che sono stati strutturati in codici e delineati nelle tabelle successive.

MODEL USE SETTORIALI				
<i>Codice</i>	<i>EN</i>		<i>IT</i>	
2010	CAPTURING & REPRESENTING	2D Documentation	ACQUISIZIONE E RAPPRESENTAZIONE	Documentazione 2D
2020		3D Detailing		Dettagli 3D
2030		As-constructed		Come-costruito
2040		Generative Design		Progetto generativo
2050		Laser Scanning		Laser scanning
2060		Photogrammetry		Fotogrammetria
2070		Record Keeping		Conservazione Documenti
2080		Surveying		Rilievo
2090		Visual Communication		Comunicazione visiva
3010		PLANNING & DESIGN		Conceptualization
3020	Construction Planning		Pianificazione del cantiere	
3030	Demolition Planning		Pianificazione delle demolizioni	
3040	Design Authoring		Authoring	
3050	Disaster Planning		Pianificazione delle emergenze	
3060	Lean Process Analysis		Analisi Lean del processo	
3070	Lift Planning		Pianificazione dei sollevamenti	
3080	Operation Planning		Pianificazione dei lavori	
3090	Selection and Specification		Selezione e Specifica di Prodotti	
3100	Space Programming		Programmazione Spaziale	
3110	Urban Planning		Pianificazione urbana	
3120	Value Analysis		Analisi di valutazione	

Figura 67 – Model Uses Settoriali parte 1.

MODEL USE SETTORIALI			
<i>Codice</i>		<i>EN</i>	<i>IT</i>
4010	SIMULATING AND QUANTIFYING	Accessibility Analysis	Analisi della accessibilità
4020		Acoustic Analysis	Analisi acustica
4030		Augmented Reality Simulation	Simulazione in realtà aumentata
4040		Clash Detection	Clash detection
4050		Code Checking & Validation	Controllo e convalida del codice
4060		Constructability Analysis	Analisi di costruibilità
4065		Construction Operation Analysis	Analisi delle operazioni di costruzione
4070		Cost Estimation	Stima dei costi
4080		Egress and Ingress	Simulazione dei flussi in ingresso e in uscita
4090		Energy Utilisation	Consumo Energetico
4100		Finite Element Analysis	Analisi agli elementi finiti
4110		Fire and Smoke Simulation	Simulazione antincendio
4120		Lighting Analysis	Analisi illuminotecnica
4130		Quantity take-off	Computo Metrico
4140		Reflectivity Analysis	Analisi della riflettanza
4150		Risk and Hazard Assessment	Valutazione di rischi e pericoli
4160		Safety Analysis	Analisi di sicurezza sul lavoro
4170		Security Analysis	Analisi dei sistemi di sicurezza
4180		Site Analysis	Analisi del sito
4190		Solar Analysis	Analisi solare
4200		Spatial Analysis	Analisi spaziale
4210		Structural Analysis	Analisi strutturale
4220		Sustainability Analysis	Analisi di sostenibilità
4230		Thermal Analysis	Analisi termica
4240		Virtual Reality Simulation	Simulazione in Realtà Virtuale
4050		Life-Cycle Assessment	Valutazione del Ciclo di vita
4060	Wind Studies	Analisi del vento	
5010	CONSTRUCTION & FABRICATING	3D Printing	Stampa 3D
5020		Architectural Modules Prefabrication	Prefabbricazione di moduli architettonici
5030		Casework Prefabrication	Prefabbricazione dell'involucro
5040		Concrete Precasting	Prefabbricazione del CLS
5050		Construction Logistics	Logistica di cantiere
5055		Construction Waste Management	Gestione dei rifiuti edili
5060		Mechanical Assemblies Prefabrication	Prefabbricazione di assemblaggi meccanici
5070		Sheet Metal Forming	Fornitura di lamiere metalliche
5080		Site set-out	Configurazione del cantiere
6010		OPERATION & MAINTAINING	Asset Maintenance
6020	Asset Procurement		Approvvigionamento degli asset
6030	Asset Tracking		Tracciamento degli asset
6040	Building Inspection		Ispezione dell'edificio
6050	Handover and Commissioning		Consegna e messa in servizio
6060	Relocation Management		Gestione delle ricollocazioni
6070	Space Management		Gestione degli spazi
7010	MONITORING & CONTROLLING	Building Automation	Automazione dell'edificio
7020		Field BIM	FieldBIM
7030		Performance Monitoring	Tracciamento degli asset
7040		Real-time Utilization	Utilizzo in Real-time
7050		Structural Health Monitoring	Monitoraggio della salute strutturale
8010	LINKING & EXTENDING	BIM/Spec Linking	Collegamento BIM/Specifiche tecniche
8020		BIM/ERP Linking	Collegamento BIM/ERP
8030		BIM/FM Integration	Integrazione BIM/FM
8040		BIM/GIS overlapping	Sovrapposizione BIM/GIS
8050		BIM/IoT Interfacing	Consegna e messa in servizio
8060		BIM/PLM overlapping	Sovrapposizione BIM/PLM
8070		BIM/Web-services Extension	Estensione BIM/servizi WEB

Figura 68 – Model uses settoriali parte 2.

La terza macrocategoria, i CMUs (Custom Model Uses) includono gli usi di un modello personalizzato nato come una combinazione tra l'uso generale e settoriale.

I modelli che ricadono in questa categoria di Model Uses sono modelli specifici, realizzati su misura quando necessari per richieste della committenza o specifiche esigenze di mercato; ad esempio, un modello BIM per un sistema di sicurezza per un istituto penitenziario.

Questa infinita classificazione degli usi del modello per quanta complessa possa risultare in realtà è di fondamentale importanza ai fini di una buona modellazione.

Infatti, i Model Use se correttamente individuati possono semplificare l'identificazione dei requisiti informativi nell'ambito dei protocolli di progetto e quindi permettono di evitare di modellare e/o di inserire informazioni all'interno del modello che possono risultare superflue.

Considerando l'obiettivo definito precedentemente e il caso studio analizzato - una pratica di SismaBonus su un piccolo edificio - sono stati individuati i Model Uses necessari ed affini per portare a termine la commessa.

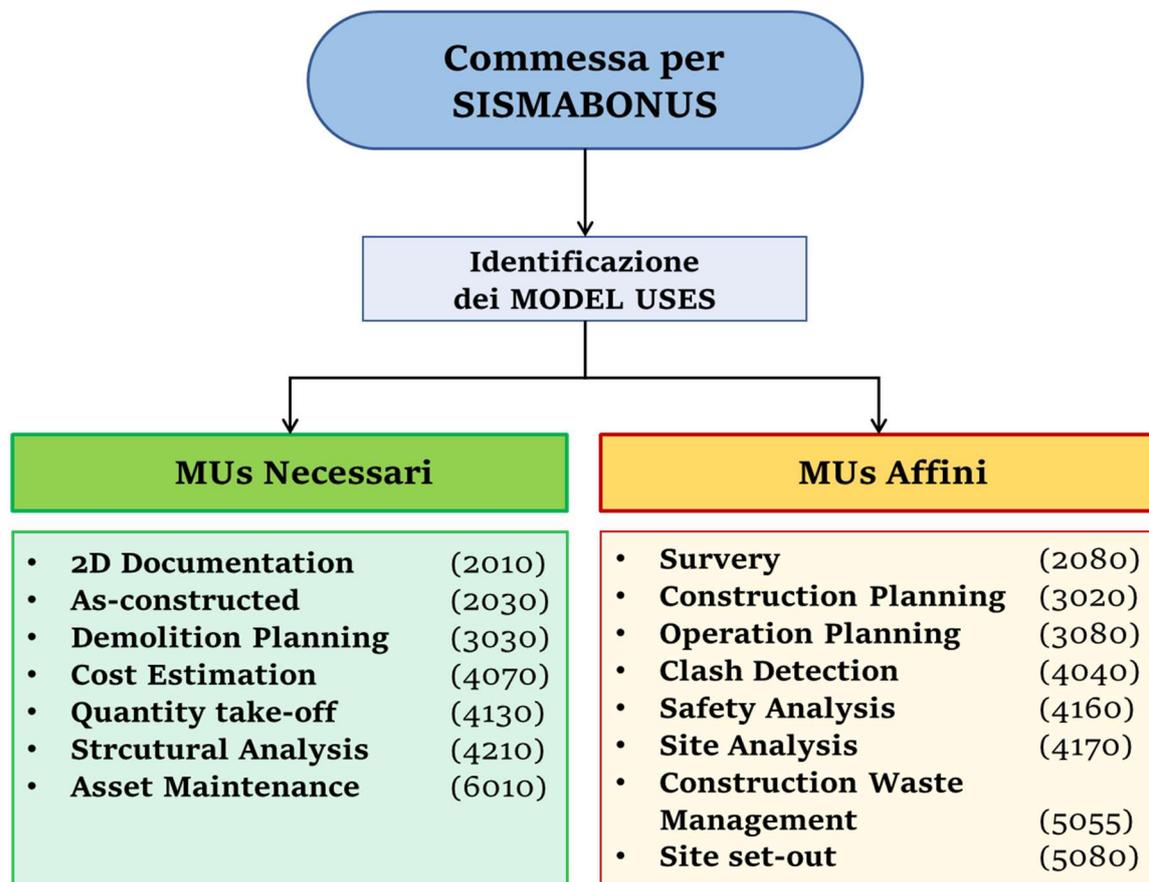


Figura 69 - Flowchart di identificazione dei Model Uses Settoriale per una commessa edilizia di SISMABONUS.

Nella sottocategoria dei Model Use Necessari sono stati inseriti tutti quegli usi del modello BIM che dovrebbe generare un prodotto utile ai fini burocratici della commessa edilizia:

1. La **documentazione 2D** (*2D Documentation*) rappresenta il modo in cui i disegni 2D (pianche, sezioni, prospetti e dettagli) vengono estratti da modelli tridimensionali ricchi di informazioni.
2. Lo **stato di fatto** (*As-constructed*) è il Model Use dove vengono generati dei modelli 3D come Modelli As-Build temporanei o Modelli Record permanenti; so basa su tecniche di rilievo manuali e/o su processi semi-automatici (rilievo con laser scanner).
3. Il **piano di demolizione** (*Demolition Planning*) rappresenta il modo in cui i modelli 3D vengono utilizzati per pianificare o monitorare le attività di demolizione di strutture esistenti o parti di strutture esistenti.
4. La **stima dei costi** (*Cost Estimation*) che rappresenta in modo in cui i modelli 3D vengono utilizzati per generare studi di fattibilità e comparare differenti scelte economiche.
5. Il **computo metrico** (*Quantity take -off*) rappresenta come modelli 3D sono utilizzati per calcolare la quantità di impianti e attrezzature o materiali da costruzione al fine di generare una stima dei costi.
6. L'**analisi strutturale** (*Structural Analysis*), un Model Use che rappresenta il modo in cui i modelli 3D vengono utilizzati per analizzare il comportamento del sistema strutturale e include lo studio degli effetti dei carichi statici/dinamici sugli edifici.
7. La **manutenzione del bene** (*Asset Maintenance*) che prevede l'uso di modelli BIM per gestire la manutenzione degli asset (beni) collegando gli oggetti a database esterni.

Allo stesso modo vengono definiti “Model Use Affini”, ovvero tutti quegli usi del modello che non generano un prodotto - *BIM Deliverable* - direttamente e burocraticamente utile alla commessa ma che indirettamente devono essere considerati per la buona riuscita del progetto.

In particolare, ai fini della commessa edilizia per sisma bonus come MUs Affini rientrano:

1. Il **rilievo** (*surveying*) usato per stabilire le relazioni dimensionali, tra cui distanze orizzontali, elevazioni, direzioni e angoli, sulla superficie terrestre, e per individuare i confini della proprietà, generare mappe e stabilire il layout di costruzione.
2. La **pianificazione del cantiere**, Model Use in cui il modello BIM viene utilizzato per pianificare, organizzare o testare le attività di costruzione rispetto a vincoli predefiniti (tempo, risorse umane e materiali).
3. La **clash detection** che rappresenta l'uso di modelli 3D per coordinare diverse discipline (ad esempio strutturale e architettonica) e per identificare e risolvere possibili scontri tra elementi virtuali prima della costruzione o della fabbricazione effettiva.
4. La **safety analysis** ovvero l'analisi per la sicurezza sul lavoro che è un Model Use dove i modelli 3D sono utilizzati per analizzare gli spazi operativi e simulare attività costruttive al fine di garantire la sicurezza dei lavoratori e ridurre i rischi per la salute.

5. L'**analisi del sito** che prevede l'utilizzo di software BIM e/o strumenti per la gestione di un sistema informativo Geografico (GIS) per selezionare il sito ottimale di un edificio all'interno di uno specifico sito.
6. Il **Construction Waste Management** ovvero la gestione dei rifiuti da costruzione. Un Model Use che rappresenta il modo in cui i modelli 3D vengono utilizzati per identificare potenziali rifiuti da costruzione, ridurre l'uso di materiali che generano altri rifiuti da costruzione ma soprattutto quantificare i rifiuti, simulare lo stoccaggio in loco e il trasporto fuori sede dei rifiuti e identificare i materiali che possono essere riutilizzati.
7. La **configurazione del cantiere** è un Model Use dove il modello BIM ed equipaggiamenti specializzati sono utilizzati per la localizzazione esatta di dove installare gli elementi in cantiere.

Nell'ottica della metodologia tradizionale, i Model Uses possono essere visti come le attività, le analisi, la documentazione o le azioni specifiche professionali necessarie per raggiungere l'obiettivo richiesto dalla specifica pratica.

MODEL USE SETTORIALI				<i>Documenti - Elaborati tecnici o parti di essi</i>
<i>MU</i>	<i>Codice</i>	<i>EN</i>	<i>IT</i>	
N	2010	2D Documentation	Documentazione 2D	- Piante, Sezioni, Prospetti (Elaborati Progettuali) - Relazione illustrativa <i>Mod.3</i> - Relazione tecnica
N	2030	As-constructed	Come-costruito (S.d.F.)	- Stato di fatto dell'opera
A	3020	Construction Planning	Pianificazione del cantiere	- Utile per PSC
A	3030	Demolition Planning	Pianificazione delle demolizioni	- Piante, Sezioni, Prospetti (giallo/rossi)
A	3080	Operation Planning	Pianificazione dei lavori	- Cronoprogramma
A	4040	Clash Detection	Clash detection	- Fondamentale per controllare le interferenze
N	4070	Cost Estimation	Stima dei costi	- CME
N	4130	Quantity take-off	Computo Metrico	- CME
A	4160	Safety Analysis	Analisi di sicurezza sul lavoro	- Utile per il PSC
N	4210	Structural Analysis	Analisi strutturale	- Relazione di Calcolo
A	5055	Construction Waste Management	Gestione dei rifiuti edili	- Utile per il PSC
A	5080	Site set-out	Configurazione del cantiere	- Utile per il PSC
N	6010	Asset Maintenance	Manutenzione degli asset	- Piano di manutenzione strutturale

Figura 70 – Corrispondenza tra i MUs Settoriali e i documenti o elaborati tecnici da presentare

Questa classificazione dettagliata delle attività professionali è utile nell'odierna pratica professionale che sta affrontando in un periodo di transizione tra la vecchia e la nuova metodologia.

Tra i vari model uses necessari ai fini della commessa edilizia è stato affrontato e analizzato quello dell'analisi strutturale.

5.4 Processo

Mappare un processo è un'attività che il team progettuale che non è solito affrontare; infatti, richiede particolari conoscenze in merito all'attività da svolgere per permettere di identificare i model uses specifici e corretti in funzione della commessa edilizia.

Definito tra i vari model uses quello da analizzare è possibile elaborare la mappatura teorica del processo.

Il workflow teorico permette al team o al singolo progettista di conoscere pienamente l'attività da svolgere, identificare le informazioni necessarie e comprendere come esse vengono scambiate e condivise tra i vari partecipanti al processo.

La realizzazione grafica del flowchart è stata affrontata seguendo la tecnica standardizzata del BPMN – Business Process Modeling Notation – che consente di creare e condividere diagrammi più o meno complessi graficizzando le fasi e i prodotti di un intero processo, dall'inizio alla fine.

I vantaggi che si ottengono grazie alla visualizzazione del processo con l'uso della notazione BPMN sono molteplici:

- Semplice ed efficace rappresentazione visiva delle fasi;
- Migliore comunicazione e collaborazione per raggiungere l'obiettivo;
- Anticipazione ed identificazione dei problemi che si potrebbero verificare durante il processo;
- Possibilità di personalizzazione del processo in funzione alle attività svolte.

La notazione BPMN si fonda su categorie di elementi base con molti simboli e forme diverse. In particolare, per poter tracciare e codificare un processo, di seguito viene fornita una rapida panoramica su:

1. Oggetti di flusso,
2. Ambiente grafico,
3. Oggetti di connessione,
4. Data Object;

Gli oggetti di flusso spiegano e rappresentano il comportamento di un processo; nei processi definiti di seguito sono inclusi come oggetti di flusso: le attività, gli eventi e i gateway.

Le attività sono state graficizzate come un rettangolo con gli angoli arrotondati e rappresentano il lavoro eseguito oppure il compito di un soggetto o di un sistema. Le attività previste in questi processi sono di due tipologie: attività singole, come creare qualcosa o modificare qualcos'altro oppure attività doppie, in questo caso, s'intendono due attività che si susseguono rapidamente ma non necessariamente nella stessa infrastruttura informatica.



Figura 71 –Esempio di attività singola: CREARE.

Un esempio di attività doppia è l'esportazione di un file da un software e l'importazione dello stesso file in un altro oppure l'apertura di un file per un rapido controllo delle informazioni che contiene.

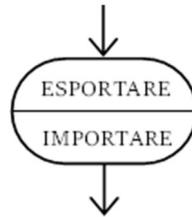


Figura 72 - Esempio di attività doppia: **ESPORTARE - IMPORTARE**.

Nelle attività doppie, a differenza di quelle singole, il flusso entra nella prima attività ed esce dalla seconda.

Gli eventi iniziali e finali sono stati raffigurati con cerchi contenenti le lettere S per indicare lo start, l'inizio del processo e la E per End ad indicare la fine del processo. Ovviamente il flusso parte dall'evento iniziale e termina nell'evento finale.



Figura 73 - Evento iniziale (a sinistra) ed evento finale (a destra).

Esistono poi degli eventi detti intermedi che si verificano durante un processo; questi sono stati graficizzati come rettangoli.



Figura 74 - Evento intermedio: gli elaborati strutturali 2D.

I gateway rappresentano i punti di controllo del flusso di sequenza; sono stati graficizzati come dei rombi nel quale il flusso entra e poi o prosegue in una direzione se il controllo è risultato positivo oppure continua a tornare indietro ad un punto prestabilito del processo se il controllo è risultato negativo. L'equivalente informatico del gateway è il "ciclo if", un ciclo iterativo di una stessa funzione che continua fin quando la condizione diventa falsa o vera.

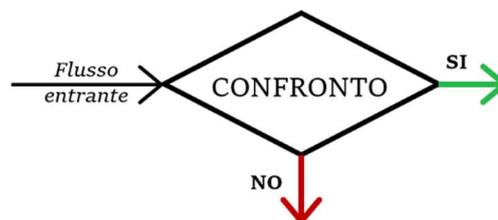


Figura 75 - Il confronto è un tipo di gateway. Nell'immagine sono specificati il flusso entrante (nero), il flusso uscente da un controllo positivo (verde) e il flusso uscente da un controllo negativo (rosso).

L'ambiente detto "pool" in cui il processo viene graficizzato è formato da tre corsie (lane) ovvero sub-partizioni usate per organizzare e categorizzare le attività. Ai fini del flusso da tracciare

Le informazioni e i file che vengono inseriti (INPUT) nel processo e quelli che vengono prodotti (OUTPUT) dal processo sono state inseriti in due lane differenti.

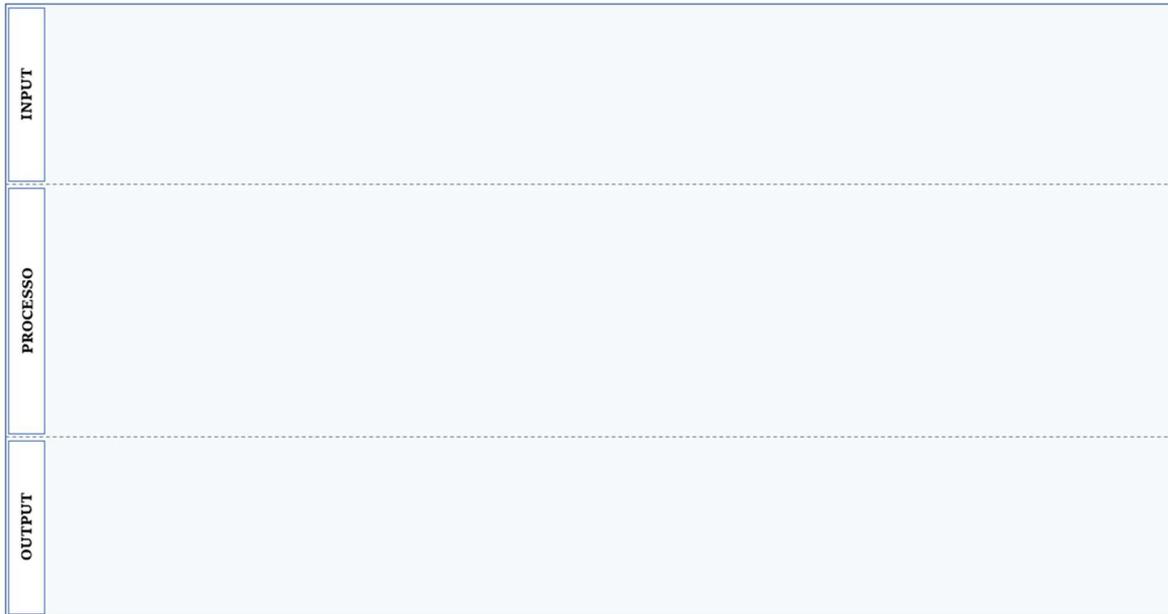


Figura 76 - Ambiente (pool) di disegno dei flussi con le tre diverse corsie (lane) per Input, Processo e Output.

Altri elementi fondamentali al fine della rappresentazione dei flowchart sono gli oggetti di connessione ovvero le frecce che rappresentano il processo in sé e collegano gli oggetti di flusso tra di loro o con altre informazioni. L'immagine che segue chiarisce le diverse tipologie di oggetti di connessione e la loro simbologia.

Oggetti di connessione		
Simbolo	Tipologia	Significato
	Flusso sequenziale	Flusso del processo che segue l'ordine delle attività o degli eventi
	Flusso di input	Flusso di dati, informazioni o file inseriti nel processo (INPUT)
	Flusso di output	Flusso di dati, informazioni o file ottenuti dal processo (OUTPUT)
	Flusso di confronto	Flusso di attività o eventi che devono essere confrontati tra di loro o con altre informazioni
	Flusso di iterazione negativa	Flusso da seguire in caso di iterazione da gateway con risultato negativo
	Flusso di iterazione positiva	Flusso da seguire in caso di iterazione da gateway con risultato positivo
	Flusso di reinserimento	Input da reinserire in caso di iterazione da gateway con risultato positivo

Figura 77 - Tabella degli oggetti di connessione.

Una categoria importante all'interno dei processi è quella dei "Data Object", ovvero degli oggetti informativi graficizzati come rettangoli che rappresentano i dati (file, informazioni, banche dati, risorse, etc) inseriti nel processo o risultanti da esso.

I Data Object sono connessi con le azioni o con gli eventi grazie ai flussi di input, output o di confronto.

All'interno dei processi è possibile raggruppare elementi, informazioni e/o file che sono tra di loro correlati in una categoria informativa detta gruppo. Il raggruppamento, che è stato graficizzato come un rettangolo dal perimetro tratteggiato, non ha effetto sul flusso teorico delle attività poiché rappresenta solamente un contenitore di categorie simili utilizzato per scopi di documentazione o analisi.

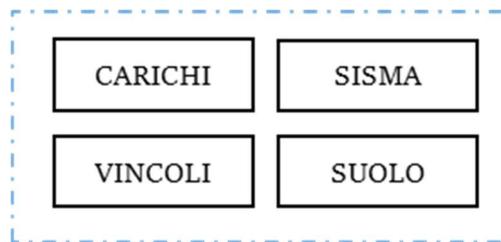


Figura 78 - Esempio di gruppo: Oggetti Data Strutturali

Per creare una mappatura efficiente e dettagliata del workflow metodologico è importante:

- a. Definire la dipendenza tra attività, eventi e Data Object del processo con gli oggetti di connessioni;
- b. Inserire dei gateway di verifica.

Aggiungere dei gateway di verifica all'interno di un processo può essere d'aiuto per controllare un punto cruciale del flusso. Infatti, con i gateway si ha l'opportunità di rappresentare i controlli di qualità richiesti prima del completamento di un'attività; questo permette di garantire che i risultati ottenuti siano soddisfacenti.

La mappatura dettagliata del workflow che si crea in base al model use scelto può essere usata come linea guida in caso progetti futuri. È importante quindi documentare il processo e aggiornarlo periodicamente per perfezionarlo. Inoltre, può essere utile rivedere il workflow per confrontare l'effettivo processo pratico utilizzato rispetto a quello pianificato.

Nelle immagini di seguito vengono rappresentati i workflow teorici dei tre scenari operativi ottenuti utilizzando l'approccio BPMN appena descritto.

I tre scenari verranno analizzati e commentati nel capitolo successivo.

O

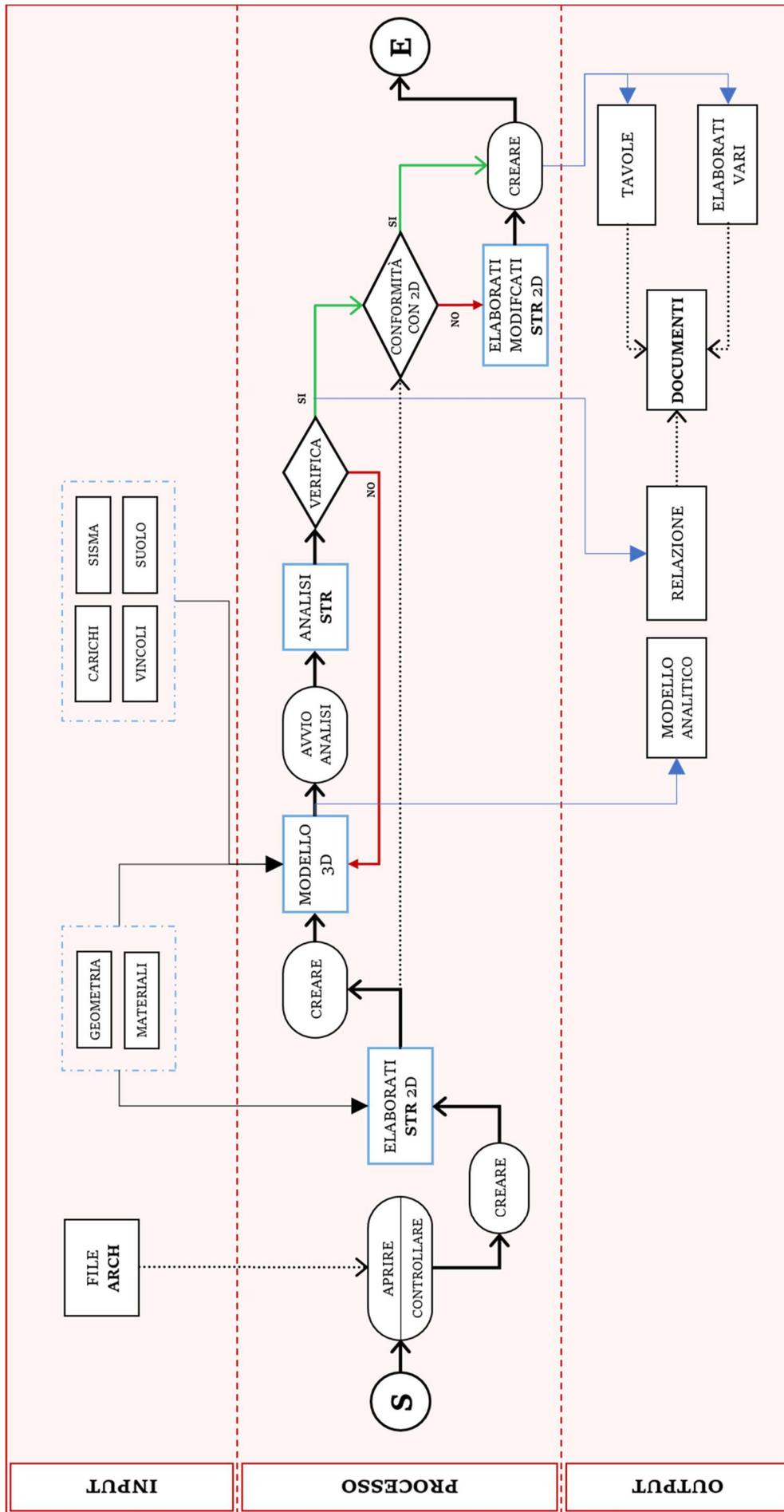


Figura 79 - Scenario A: workflow teorico della metodologia tradizionale

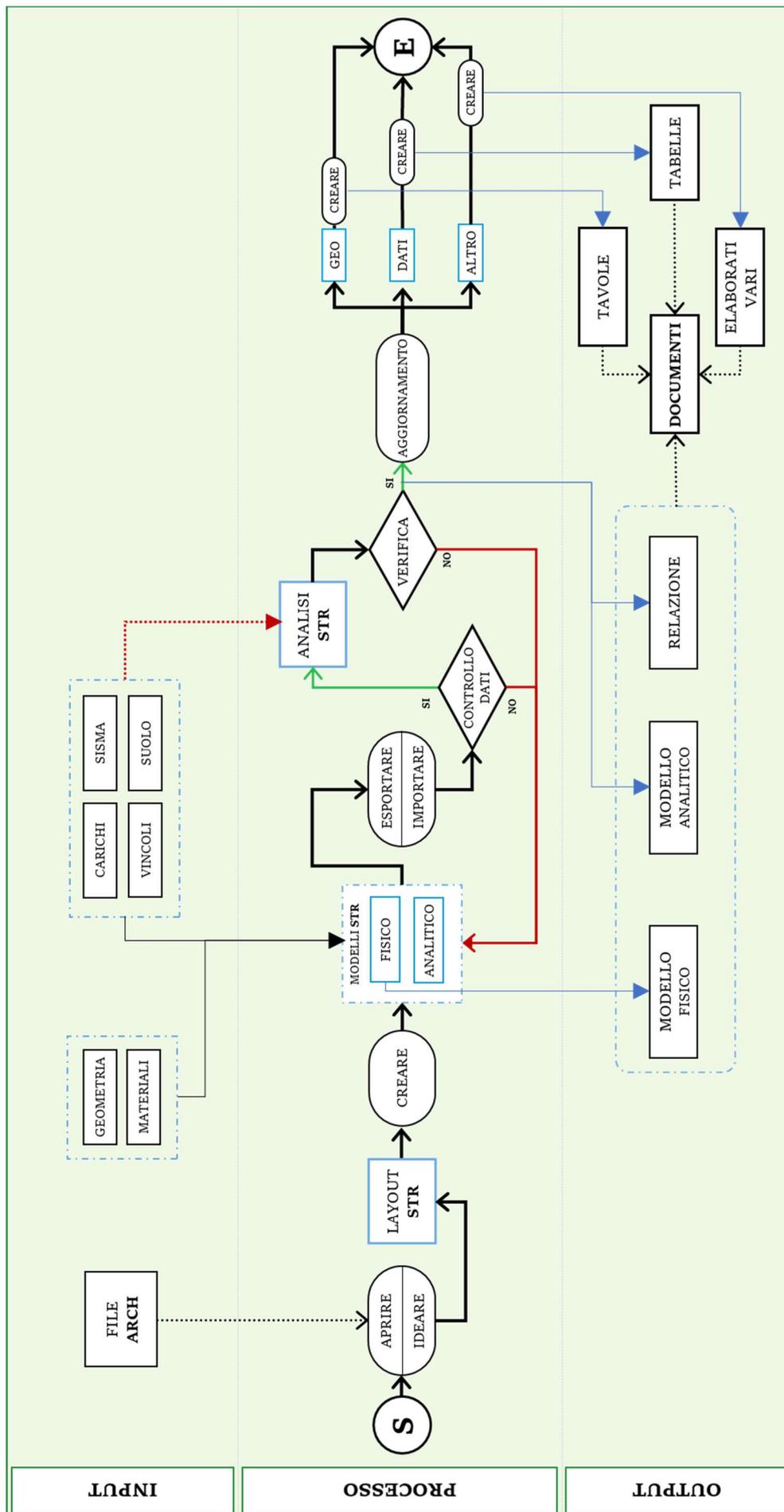


Figura 8o - Scenario B: Workflow teorico della metodologia mixata (BIM oriented)

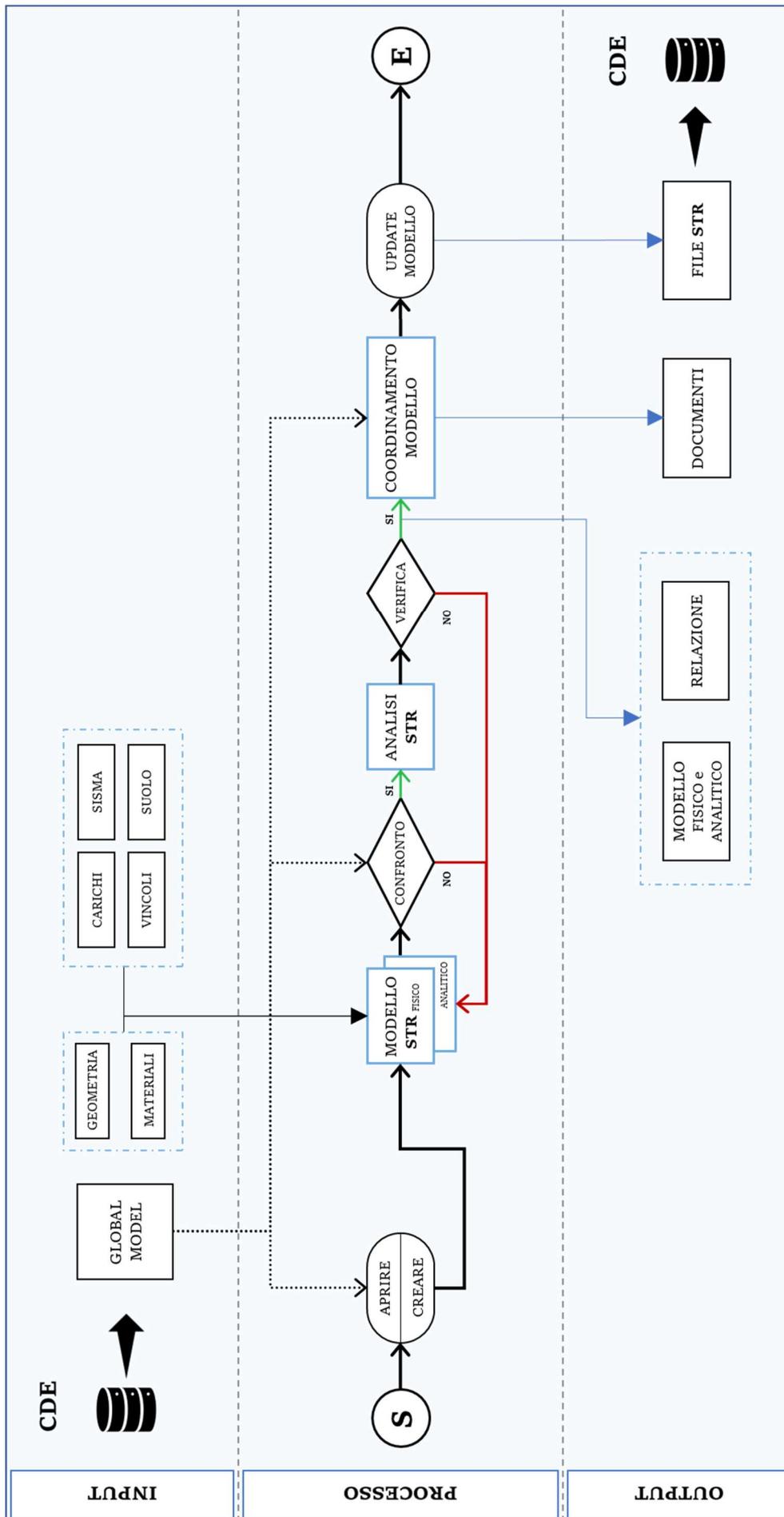


Figura 81 - Scenario C: Workflow teorico della metodologia full BIM

6 Analisi dei processi

6.1 Scenario A: metodo tradizionale

Sovente, all'interno di piccoli studi di progettazione l'ingegnere strutturista non partecipa attivamente all'intero iter procedurale e progettuale dell'opera ma solo ad una minima parte di esso.

Una volta delineati e definiti i criteri architettonici principali viene sottoposto allo strutturista un progetto architettonico pseudo-definitivo, il quale è chiamato a valutare, in tempi spesso anche celeri, il comportamento strutturale della costruzione. Per adempiere l'incarico, tradizionalmente, utilizza software CAD 2D per produrre elaborati grafici e software mirati che permettano una modellazione analitica del comportamento della costruzione come SAP2000, DOLMEN, Tekla, etc.

Mentre i software CAD permettono di automatizzare il processo del disegno – che altrimenti sarebbe stato svolto a mano – e produrre elaborati grafici con la finalità di essere stampati e condivisi solo in formato cartaceo; i modelli virtuali analitici creati definiscono solamente le caratteristiche geometriche e comportamentali dell'opera. Tutti gli aspetti descrittivi e qualitativi del progetto non sono mai integrati con il modello virtuale ma vengono inseriti a parte nella documentazione allegata al progetto come le relazioni di calcolo, le asseverazioni e i piani di manutenzione che devono essere consegnati obbligatoriamente all'ufficio tecnico.

Il primo scenario riprende i criteri generali e tradizionali che un professionista strutturale è abituato ad eseguire indifferentemente dalla sua personale conoscenza in merito al BIM.

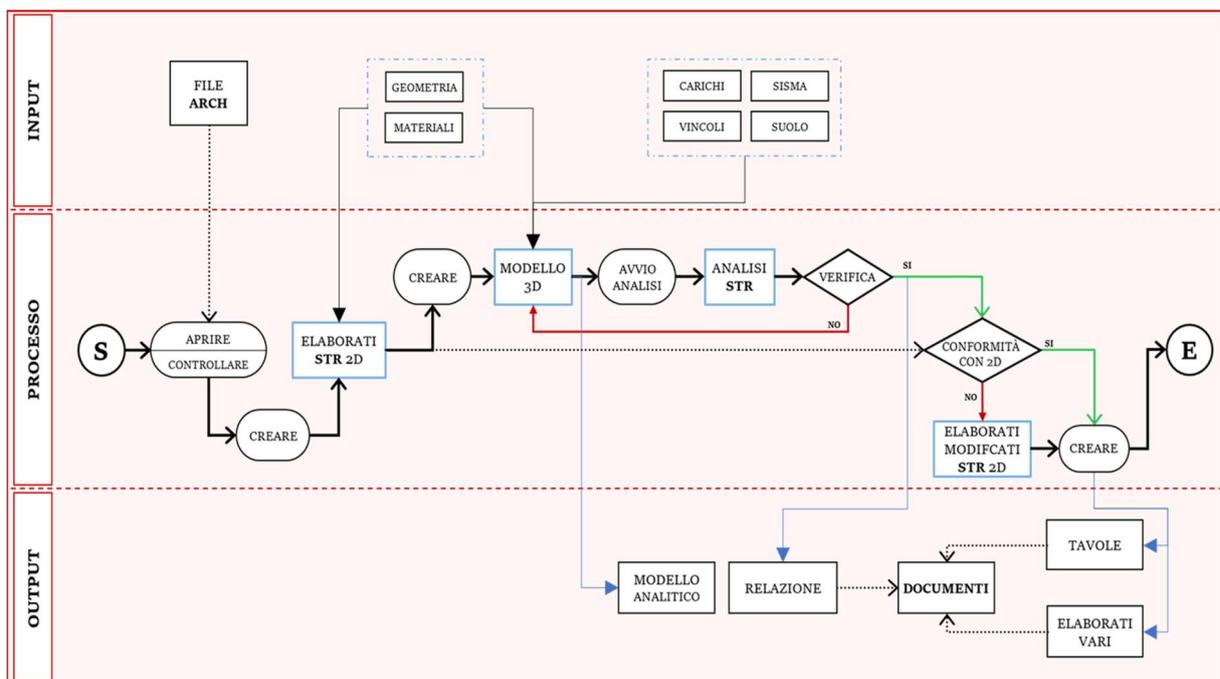


Figura 82 – Mappatura del processo secondo lo scenario A.

Il processo inizia con l'**apertura** ed il **controllo** del o dei file che contengono le informazioni architettoniche (piante, sezioni, prospetti) e dello stato di fatto del manufatto (se il manufatto è esistente).

Affrontato il primo check di controllo non strutturale si passa ad una prima **elaborazione 2D** per ipotizzare un layout strutturale e definire la geometria e il materiale degli elementi.

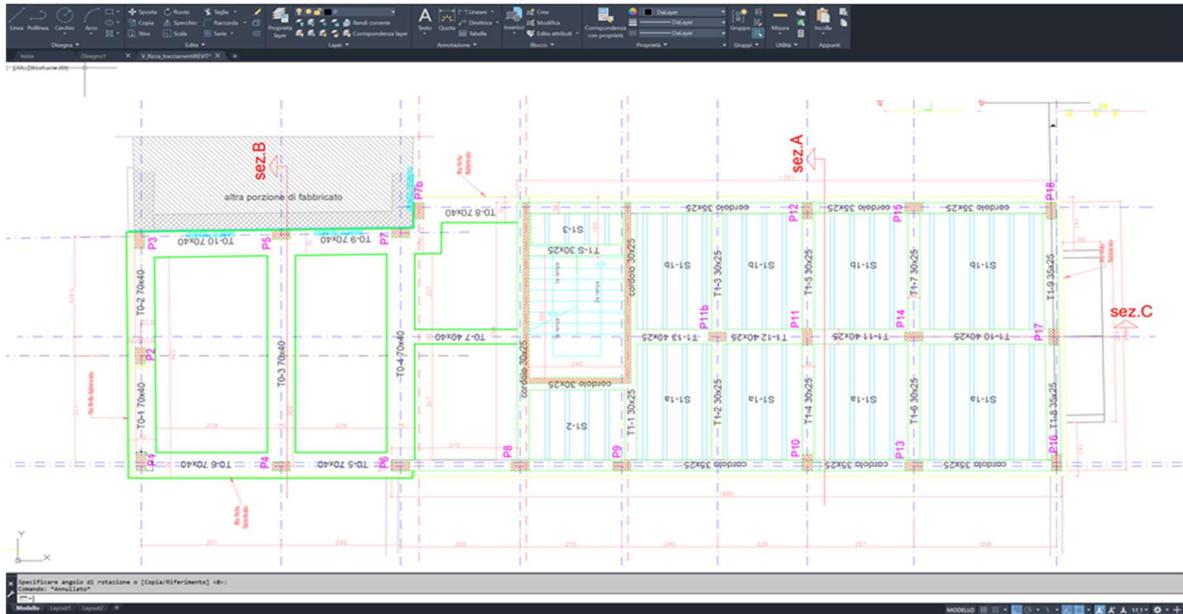


Figura 83 - Prima fase di elaborazione grafica con identificazione di un layout strutturale (software AutoCAD)

Definite grossolanamente queste informazioni prima di passare all'impaginazione e alla stampa delle tavole tecniche da consegnare alla committenza viene eseguita l'analisi strutturale.

Per eseguire l'analisi strutturale normalmente il progettista si avvale di software basati sulle normative tecniche italiane in merito al calcolo strutturale e che sfruttano una modellazione 3D basica. In tutti i processi è stato scelto come software strutturale CDM DOLMEN 21.

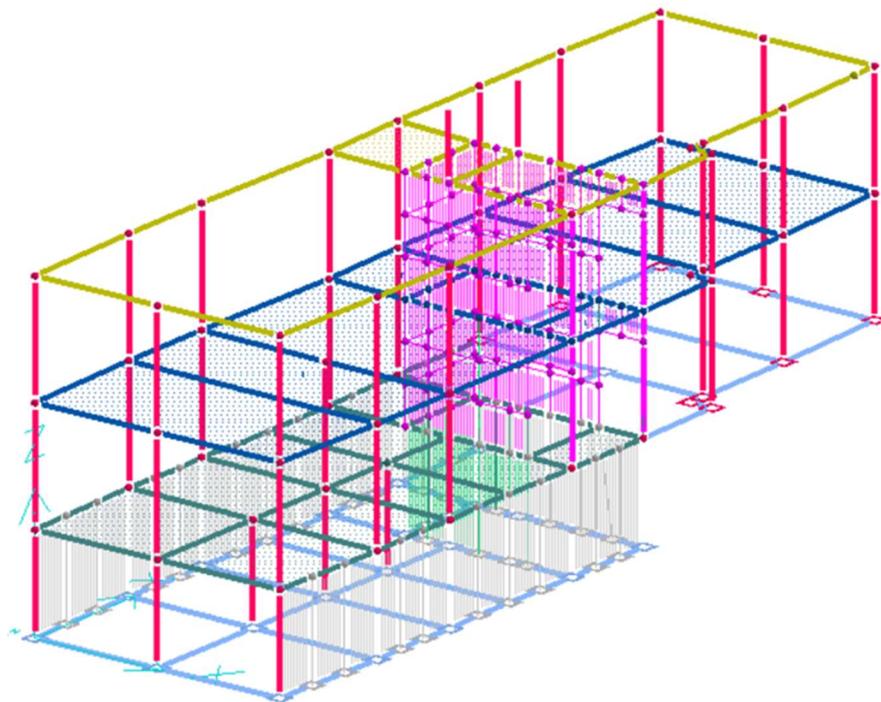


Figura 84 - Modello analitico della struttura realizzato con DOLMEN

Il **modello analitico** generato con questi software è sostanzialmente formato da aste e nodi al quale vengono associati manualmente delle caratteristiche informatiche per descrivere geometria, materiale, condizioni di carico e di vincolo.

Creato il modello analitico si **avvia l'analisi strutturale** che restituisce oltre al comportamento statico della struttura desumibile da una relazione semiautomatica del calcolo strutturale, i diagrammi degli sforzi e se opportunamente inserite le informazioni, il comportamento sismico.

Quasi sempre il primo risultato ottenuto dal calcolo strutturale non è verificato oppure non è quello ottimale.

È necessario quindi ripetere il processo: ritornare sull'ambiente di modellazione analitica e modificare alcuni aspetti tecnici "modificabili" quali il materiale o la geometria della sezione di una trave o di un pilastro.

Generalmente le informazioni strutturali come le condizioni di carico, le condizioni di vincolo vengono modificati solo al momento di un eventuale errore di modellazione o di valutazione da parte del professionista.

Ad esempio, la giunzione di una struttura in acciaio a seconda della tecnica di esecuzione può essere modellata in differenti condizioni di vincolo.

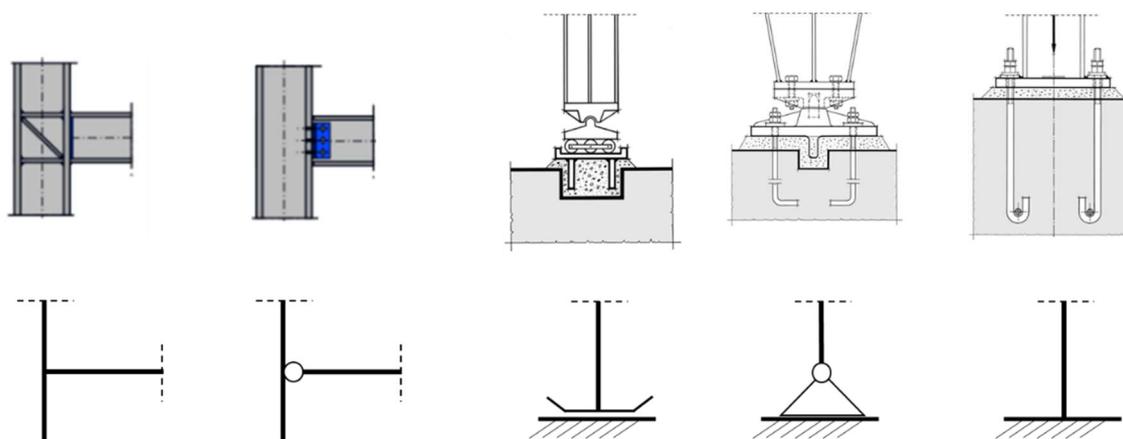


Figura 85 - Tipologia di vincoli per strutture in acciaio per differenti giunzioni travi-pilastro (sinistra) o pilastro-fondazione (destra).

Ottimizzato e verificato il comportamento strutturale della costruzione e definite la posizione, la geometria e il materiale degli elementi strutturali, il processo continua con un confronto manuale tra gli elaborati grafici ipotizzati prima del calcolo strutturale e i risultati ottenuti.

Come si può immaginare, è chiaro che i due elaborati conterranno informazioni differenti.

Il professionista per ovviare il problema e conscio del fatto che deve consegnare alla committenza e agli uffici tecnici di pertinenza sia una documentazione contenente la relazione di calcolo che degli elaborati grafici, ritorna nuovamente sul software CAD e ridisegna gli elementi strutturali che hanno subito delle modifiche.

Terminato il disegno si può procedere con l'impaginazione delle tavole strutturali e la loro stampa.

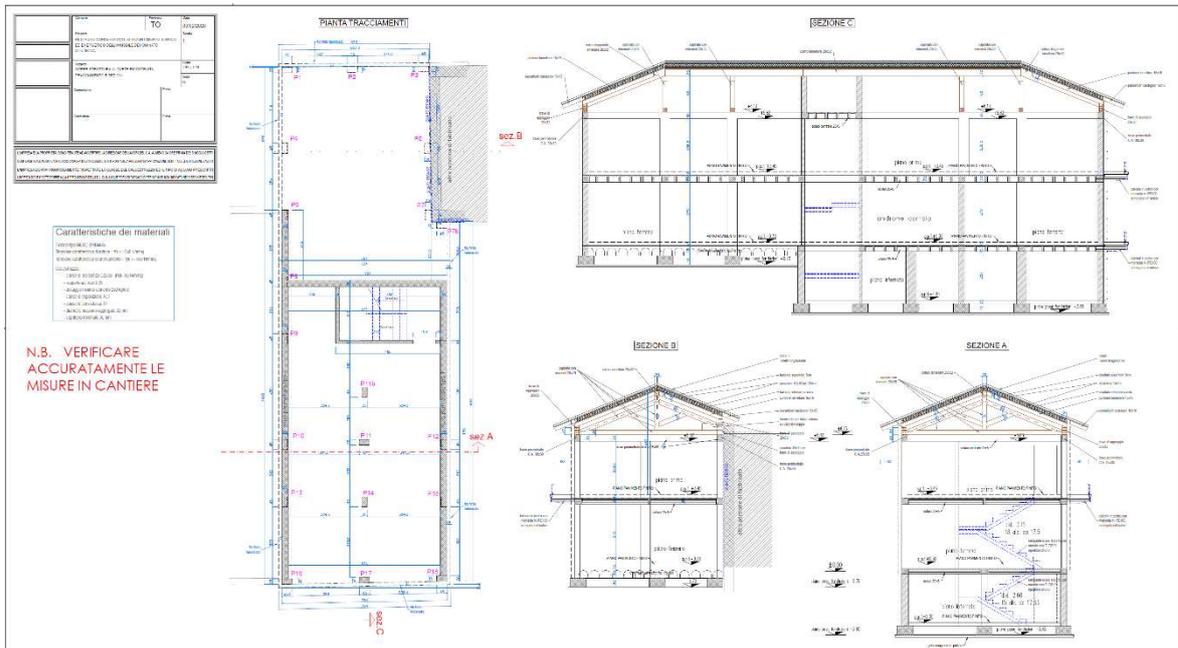


Figura 86 – Esempio di tavola grafica strutturale contenete la pianta dei tracciamenti e alcune delle sezioni più significative. (software: AutoCAD)

Per la metodologia tradizionale, con la realizzazione della documentazione e la stampa delle tavole strutturali da inviare in cantiere e negli uffici tecnici, il processo termina e si conclude anche il compito dello strutturista.

Come si intuisce dal processo analizzato, sia il progetto strutturale che tutta la documentazione associata ad esso allegata viene ancora oggi presentata e/o scambiata tra i diversi professionisti manualmente o tramite e-mail.

Questa modalità di scambio delle informazioni non solo genera errori progettuali ma anche un eccessivo consumo di tempo e risorse impiegate.

6.2 Scenario B: metodologia mixata (BIM oriented)

Lo scenario B rappresenta uno stato pseudo-attuale in cui il professionista decide per risorse interne al proprio studio di utilizzare la metodologia BIM; ma è concio del fatto che gli elaborati finali e tutta la documentazione che dovrà presentare agli uffici tecnici di pertinenza dovrà essere prodotta secondo la metodologia tradizionale (file in formato pdf, word e dwg).

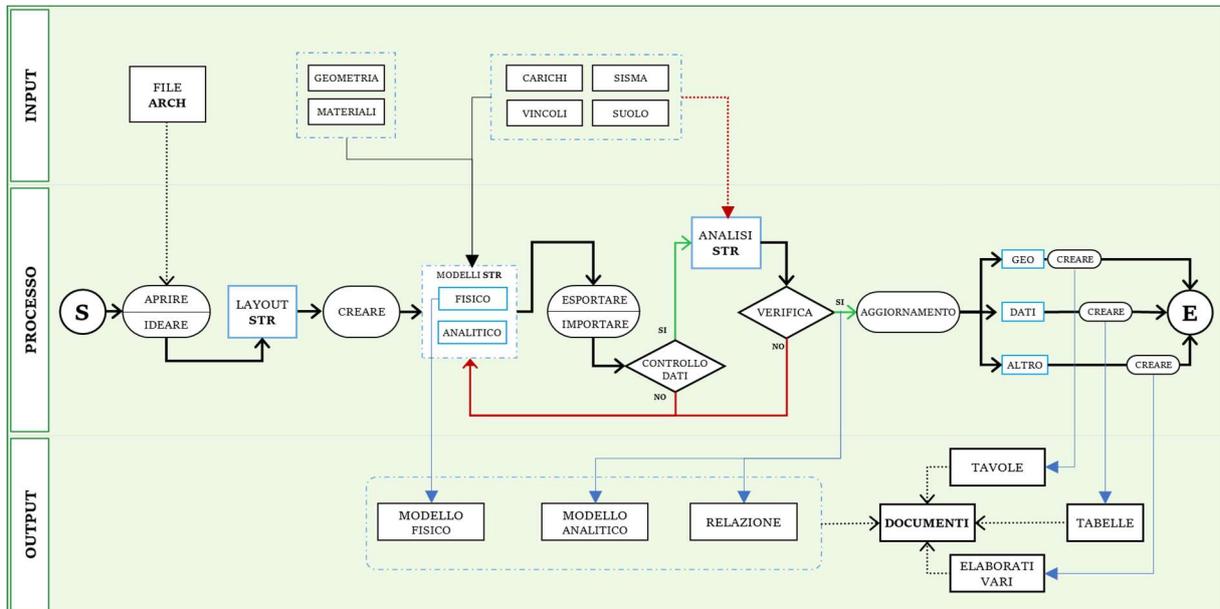


Figura 87 – Mappatura del processo secondo lo scenario B.

Come per il precedente scenario anche in questo caso il processo inizia con l’apertura del o dei file inviati dal progettista architettonico – file non BIM oriented – e prosegue con l’ideazione di un layout strutturale.

Il layout strutturale potrebbe essere assimilabile ad un modello figurato definibile **modello concettuale**, che non è associato ad alcun software ma che risiede nella “testa” del progettista.

Questo modello meglio schematizza e approssima il comportamento reale della struttura e nasce dalla conoscenza degli schemi della tecnica delle costruzioni e soprattutto dall’esperienza dell’ingegnere.

Visualizzato il layout strutturale e definiti dall’ingegnere strutturista il BIM authoring (software che crea e modifica modelli BIM) e i BIM tools (software o plug-in che eseguono verifiche ed analisi) da utilizzare per la commessa, il processo continua con la creazione sui vari applicativi i modelli.

In ambito strutturale i modelli devono contenere un ventaglio variegato di informazioni che spesso non sono solamente necessari all’ingegnere strutturista per definire ed analizzare il comportamento della costruzione, ma spesso alcune di queste – come la geometria e il materiale scelto per gli elementi strutturali – interessano anche gli altri progettisti.

La modellazione strutturale richiede quindi sia un modello fisico che contiene le informazioni geometriche e le proprietà dei materiali di tutti i componenti strutturali progettati che un modello analitico che schematizza tutti gli elementi strutturali.

Il **modello fisico**, quindi, riproduce tridimensionalmente la struttura geometrica della costruzione e può essere ritenuto come ottimo punto di partenza per gli elaborati tecnici da produrre e consegnare.

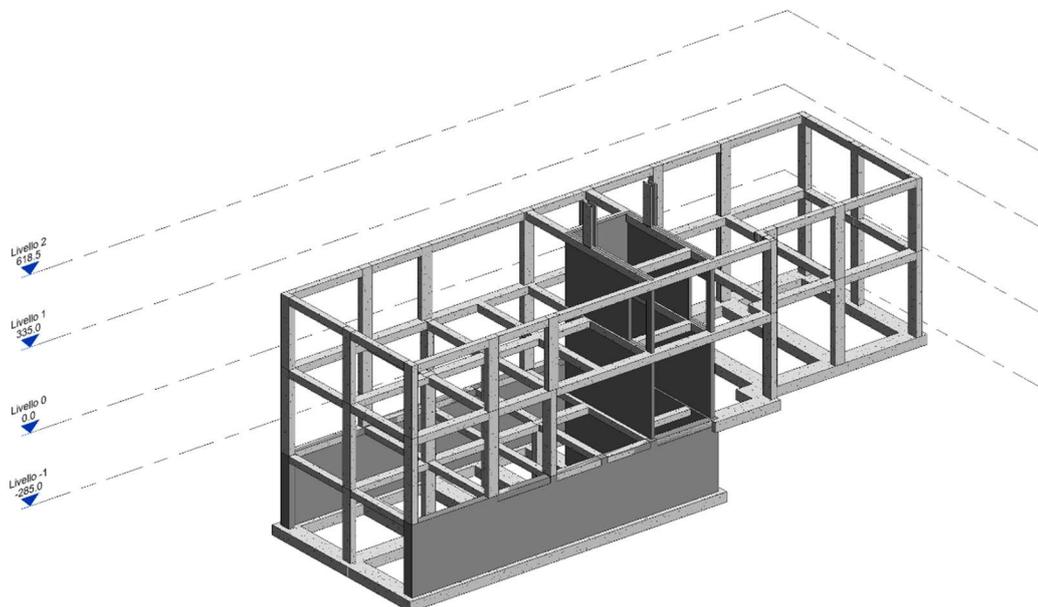


Figura 88 – Modello fisico generato con Autodesk REVIT 22

All'opposto, il **modello analitico** corrisponde ad una rappresentazione semplificata tridimensionale del modello fisico, in cui gli elementi strutturali monodirezionali come pilastri e travi vengono graficizzati come “aste” e gli elementi bidirezionali come i solai sono invece raffigurati come “piani”.

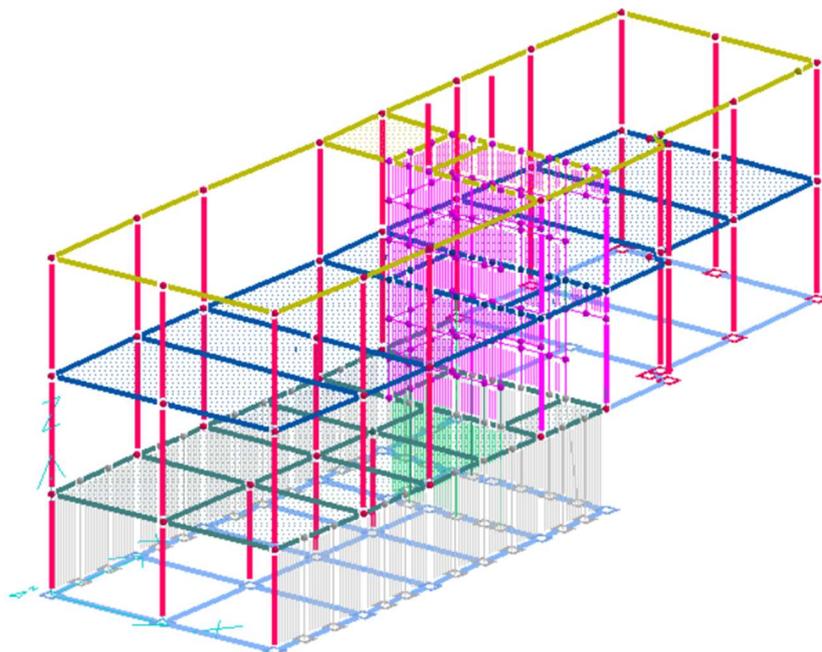


Figura 89 – Modello Analitico realizzato con DOLMEN

In questo modello è possibile anche definire i carichi agenti le condizioni di vincolo e le condizioni al contorno della struttura.

Come una matryoska, il modello analitico dell'intero edificio è formato da una serie di modelli analitici semplici corrispondenti ad ogni elemento strutturale (pilastro-asta, solaio-piano) e collegati tra di loro con "nodi".

In alcuni BIM tools, il modello analitico è anche **modello computazionale** cioè un modello formato da elementi finiti – aste, nodi e mesh – associati a condizioni di carichi e di vincoli.

Questa tipologia di modello una volta elaborato e processato dal software fornisce i risultati strutturali attesi utili per tutte le verifiche del caso: reazioni, deformazioni, sollecitazioni e diagrammi.

Alcune software house di BIM authoring hanno sviluppato applicativi – come, ad esempio, Revit Structure di Autodesk – capaci di creare e modificare istantaneamente sia il modello fisico che quello analitico associato; infatti, in questa piattaforma il modello analitico viene generato e gestito automaticamente dal modello fisico e può essere facilmente esportato in diversi formati digitali per eseguire le analisi con altri software.

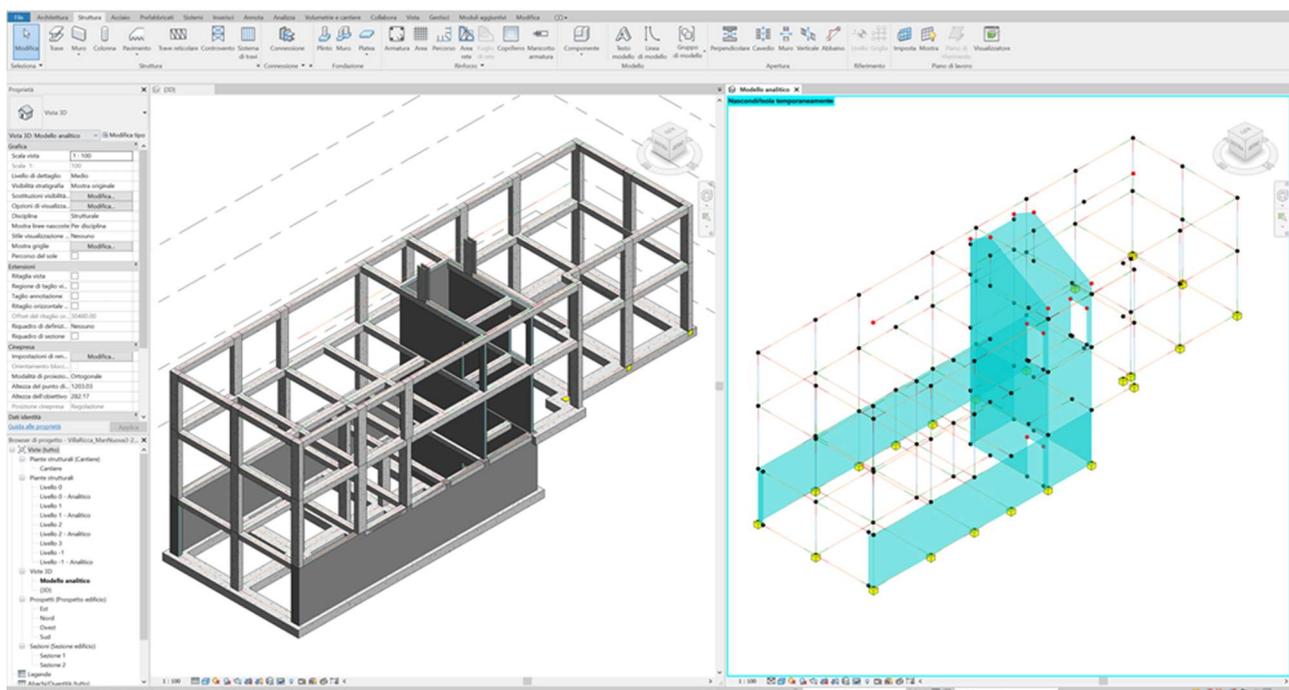


Figura 90 – Modello fisico e analitico (software REVIT 22)

È importante precisare che nel modello fisico la visualizzazione approssimativa degli elementi strutturali non corrisponde a quella del modello analitico.

Seppur inizialmente entrambi i modelli sono strettamente legati e il modello analitico è geometricamente dipendente da quello fisico è anche vero che può essere modificato e visualizzato come un insieme di oggetti indipendenti.

Completata la complessa fase di "doppia" modellazione fisica e strutturale, il processo prosegue con l'esportazione del modello analitico per poi essere importato nel BIM tools dove viene eseguita l'analisi strutturale.

L'operazione di esportare il file in un formato OpenBIM da un BIM authoring e importarla in un altro spesso genera delle perdite di informazioni.

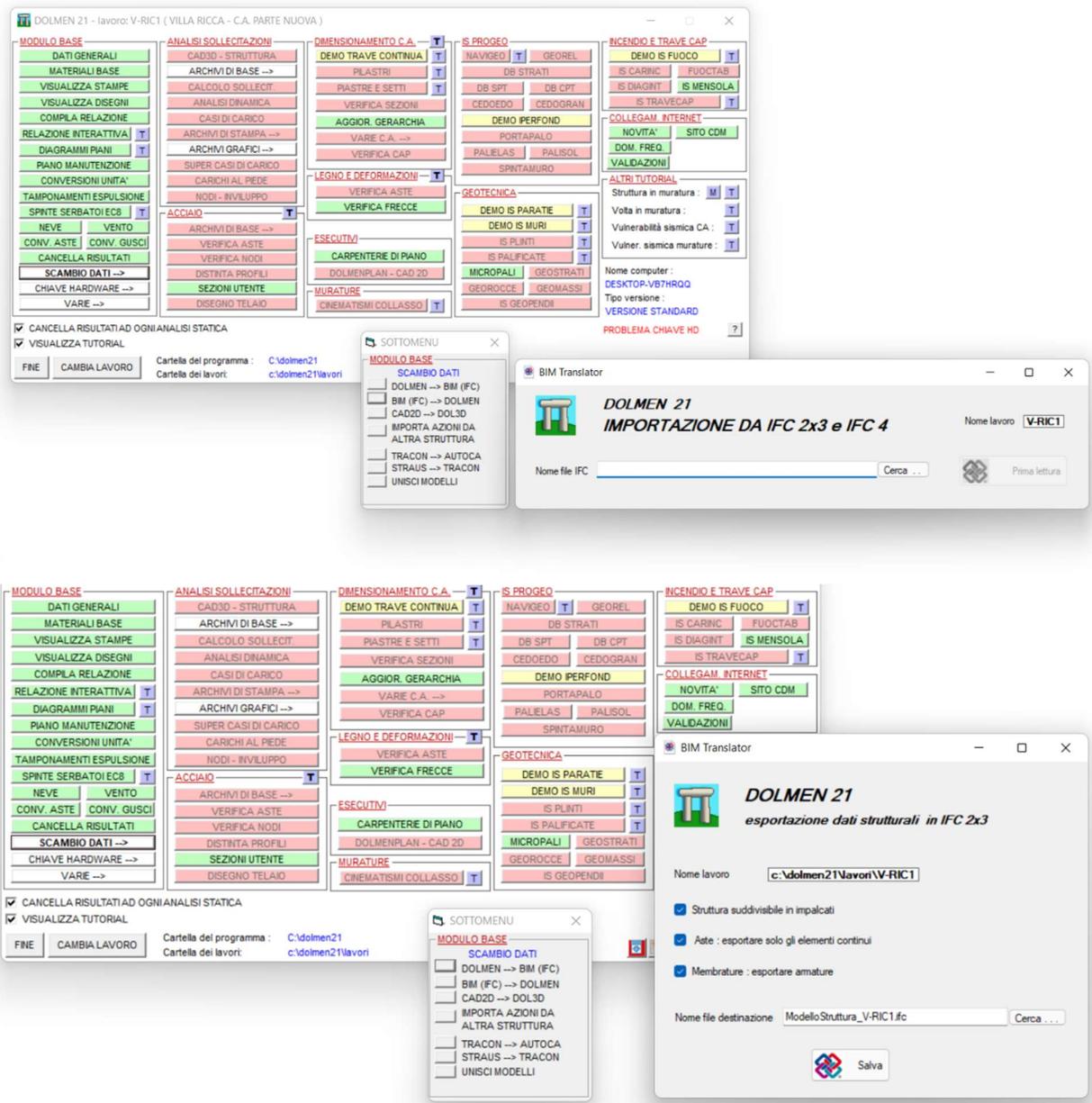


Figura 91 - Modalità di importazione (sopra) ed esportazione (sotto) dei dati in formato OpenBIM da DOLMEN

Questo è un punto cruciale e delicato durante l'iter da seguire. Quest'azione gioca un ruolo fondamentale e allo stato attuale grava eccessivamente nel processo. È importante prima di avviare l'analisi strutturale capire: se, quanti e quali informazioni sono andate perse.

Questo controllo genera un primo ciclo iterativo che nel caso di mancata conformità implica l'implementazione manuale di informazioni da parte del progettista nel modello analitico o in casi estremi la ri-modellazione analitica dell'intero fabbricato.

Ad ogni modo una volta confermate e validate le informazioni necessarie della struttura, l'iter può proseguire con le analisi strutturali.

Le verifiche strutturali, eseguite con il software strutturale DOLMEN, restituiscono diversi output: diagrammi delle sollecitazioni, verifiche sulle sezioni scelte per gli elementi strutturali, la relazione di calcolo generata di default dal programma, etc.

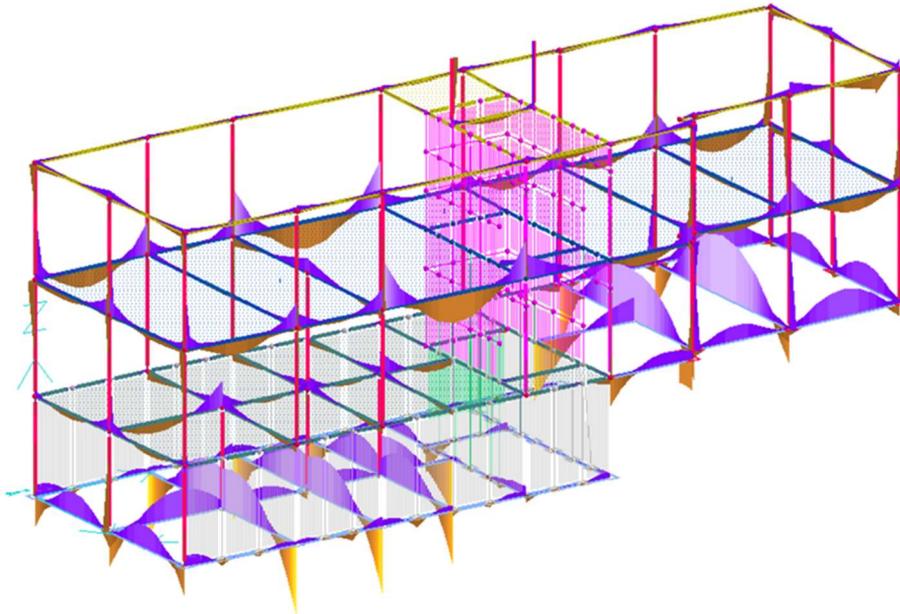


Figura 92 – Risultato dell'analisi statica visualizzato sul modello analitico (Diagrammi del Momento) con DOLMEN

Tutte queste informazioni pervenute al termine dell'analisi rappresentano un valido strumento valutativo e permettono al progettista di prendere decisioni migliori e celeri sul progetto in esame.

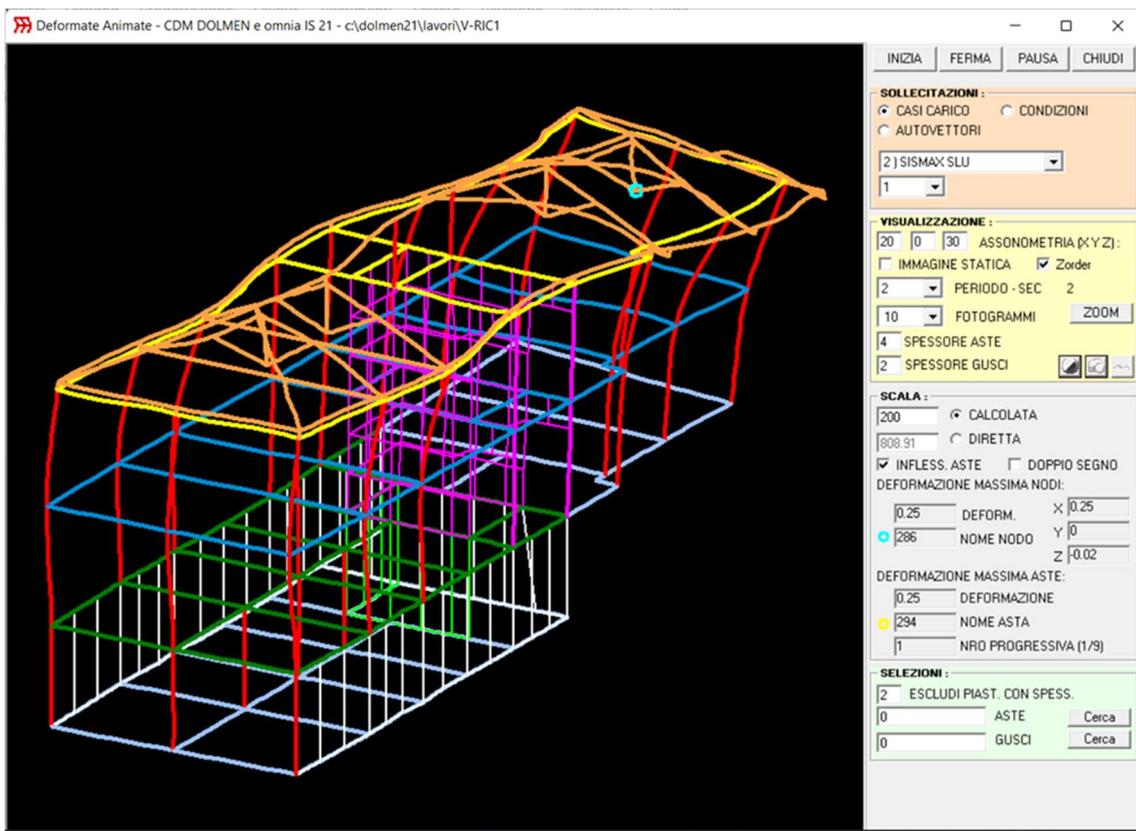


Figura 93 – Risultati dell'analisi strutturale deformata (software: DOLMEN)

-In particolare, se la struttura non risultasse verificata secondo i limiti predefiniti dalla Normativa Tecnica per le Costruzioni del 2018, si genererebbe un nuovo iter ciclico all'interno del workflow teorico che mira a migliorare il comportamento strutturale di un elemento, di una parte o dell'intera struttura modificando quelle che ho definito informazioni strutturali di I grado: la geometria o il materiale scelto.

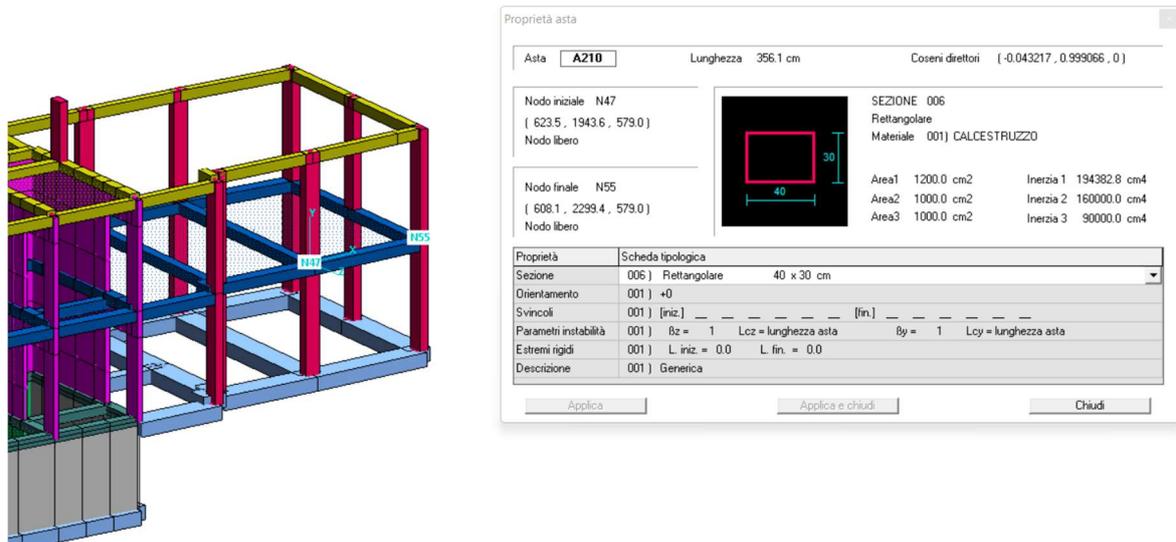


Figura 94 – Proprietà geometriche di un'asta del telaio (software: DOLMEN)

È inconcepibile invece che le informazioni strutturali di II genere come i data per le analisi sismiche o del terreno oppure la combinazione dei carichi, vengano modificate poiché sono tutte informazioni definite dalla normativa in vigore o da prove direttamente svolte sul sito.

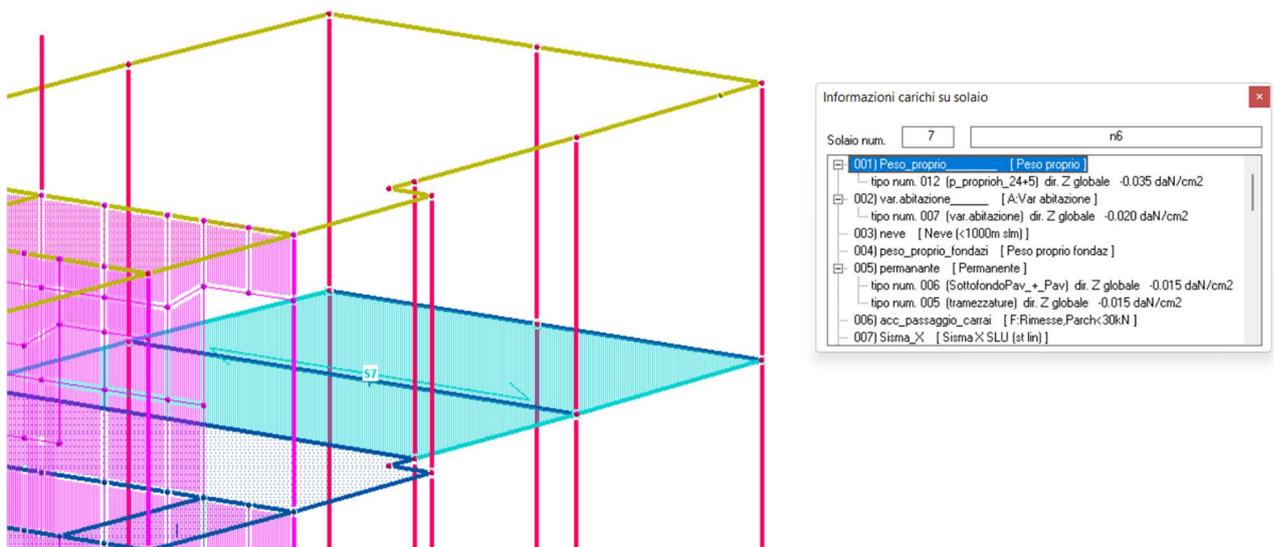


Figura 95 – Informazioni del II genere: Carichi su generico solaio. (software: DOLMEN)

Convalidati gli esiti positivi dell'analisi è necessario analizzare le informazioni presenti negli output strutturali quali il modello fisico, il modello analitico e la relazione di calcolo.

6.3 Scenario C: metodologia full BIM

Il terzo scenario prova a delineare il workflow metodologico in condizioni “pseudo-utopistiche”; ovvero condizioni in cui il BIM è “normale prassi” per tutte le pratiche e per tutti gli operatori del settore AEC sia per i professionisti che per gli uffici tecnici – indifferentemente dalla dimensione del loro personale.

Queste sono condizioni che in un futuro non troppo lontano si potrebbero realmente verificare. Di fatto, la metodologia e il modello BIM possono produrre tutta la documentazione necessaria e contenere tutte le informazioni che qualsiasi attore coinvolto all’interno del processo o del settore AEC necessita ai fini della pianificazione, progettazione, costruzione, gestione e manutenzione dell’opera. Così facendo, l’intero progetto dell’opera diventa un continuo flusso di lavoro, dal concept fino alla gestione del manufatto senza perdita di informazioni e senza sforzi superflui da parte dei diversi professionisti.

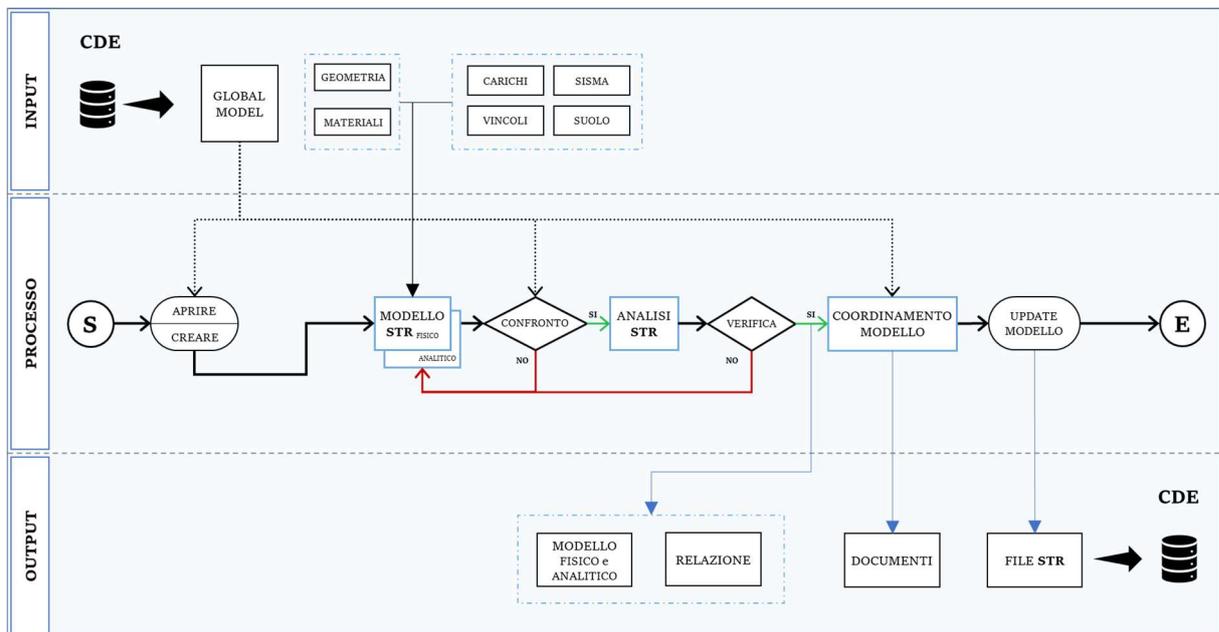


Figura 97 – Mappatura del processo secondo lo scenario C.

In un mondo in cui il BIM è diventata la normale prassi professionale del settore AEC, tutte le informazioni riguardante l’opera in oggetto sono standardizzate, catalogate e sapientemente organizzate all’interno del CDE – *Common Data Enviromental* – o come lo definisce la normativa italiana ACDat – *Ambiente di Condivisione Dati*.

Definendo lo scenario “pseudo-utopistico” si vuole far leva su alcuni aspetti e/o strumenti che già sono in uso o che le normative attuali già presentano. Ad esempio, il CME è già ampiamente diffuso e infatti il D.M.560/2017 definisce:

“[...] ambiente digitale di raccolta organizzata e condivisione di dati relativi ad un’opera e strutturati in informazioni relative a modelli ed elaborati digitali, basato su un’infrastruttura informatica la cui condivisione è regolata da precisi sistemi di sicurezza per l’accesso, di tracciabilità e successione storica delle variazioni apportate ai contenuti informativi, di conservazione nel tempo e relativa accessibilità del

patrimonio informativo contenuto, di definizione delle responsabilità nell'elaborazione dei contenuti informativi e di tutela della proprietà intellettuale.⁶²

Questo ambiente virtuale di gestione e raccolta dei dati e dei file è strutturato in un server sul quale vengono depositati i data relativi alla commessa accessibili, in funzione dei differenti diritti a tutti gli attori coinvolti per il loro specifico interesse.

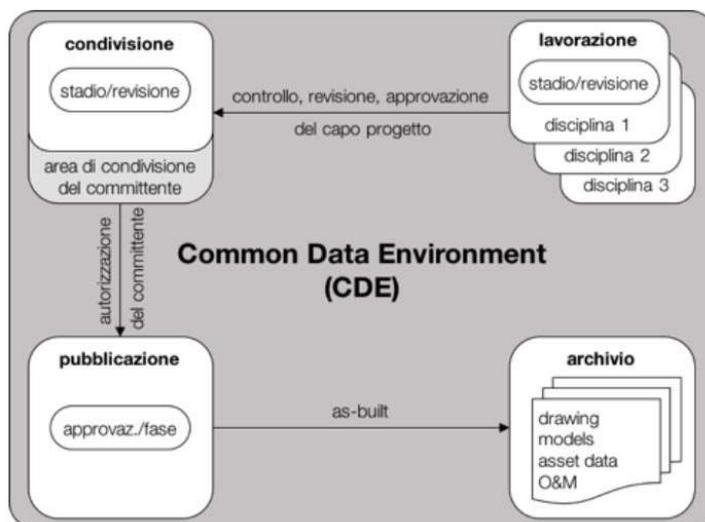


Figura 98 - Struttura del CDE secondo la normativa italiana UNI 11337 - 5

Grazie alla peculiarità della struttura di quest'ambiente, tutti i soggetti interessati e coinvolti sono in grado di conoscere chi ha prodotto una specifica informazione e quale sia il ruolo all'interno di questo processo.

Così facendo tutti possono contribuire alla realizzazione del modello BIM fermo restando le specifiche e singole responsabilità di ognuno in merito alle informazioni inserite.

Tra le varie informazioni presenti in quest'ambiente vi è sicuramente – in funzione alla tipologia di organizzazione e degli standard adottati nel processo – il modello architettonico.

Il processo completamente implementato alla metodologia BIM inizia con l'apertura e il salvataggio in locale del file architettonico presente nel modello globale nel CDE al fine di poter creare in funzione delle informazioni architettoniche un primo layout strutturale.

In accordo con i differenti progettisti, una volta definito il layout strutturale si procede con la creazione del modello strutturale (fisico e analitico) all'interno della piattaforma di BIM authoring precedentemente definita.

Generati i modelli strutturali, in un'ottica di un progetto e processo sempre più integrato e prima di effettuare le verifiche strutturali, il modello deve essere vagliato e confrontato con i modelli delle altre discipline per poter scongiurare e risolvere a priori eventuali sovrapposizioni di elementi afferenti alle altre discipline, come: travi tagliate da impianti o pilastri al centro di stanze.

⁶² Decreto Ministeriale numero 560 del 01/12/2017, articolo 2 comma 1 lettera a.

Superato il confronto con i modelli, il workflow prosegue con l'inserimento delle altre informazioni strutturali (carichi, vincoli etc) e con l'analisi strutturale.

In funzione del risultato dell'analisi strutturale il modello e le informazioni in esso inserite devono essere riaggiornati in caso di esito negativo delle verifiche oppure in caso di esito positivo, ricontrollati con i diversi modelli (ARC e MEP) e confermati.

Coordinati tutti i modelli - architettonico, impiantistico e strutturale - il modello strutturale può essere caricato all'interno del modello globale e del CDE.

In questo scenario gli output che risultano sono sufficienti e non necessitano di ulteriori modifiche o "riscritture" in quanto l'intero processo come tutti gli attori coinvolti sfruttano la metodologia BIM.

L'ente pubblico predisposto alla verifica e convalida della pratica strutturale, come la committenza e gli impresari edili coinvolti, possiedono tutti gli strumenti necessari per gestire, controllare ed interrogare il modello strutturale digitale e i file ad esso associati.

6.4 Analisi comparativa dei tre scenari

Per poter svolgere adeguatamente l'analisi comparativa dei processi precedentemente delineati è stato necessario in un primo momento definire delle fasi in comune all'interno dei tre scenari e successivamente associare ad ogni azione/evento un valore numerico che rappresentasse lo sforzo impiegato dal professionista nell'eseguirlo e portarla a termine.

6.4.1 Classificazioni delle fasi

Le fasi all'interno del processo definiscono e sintetizzano qualitativamente una successione quasi standardizzata di tre grandi momenti: di progettazione o creazione, di analisi o verifica e di restituzione grafica. Inoltre, devono includere al loro interno tutti le azioni, gli eventi e gli output del workflow analizzato.

La **fase di progettazione** rappresenta l'attività avviata dal progettista che è alla base del processo e include tutte quelle azioni e quegli eventi atti a creare un prodotto che soddisfi determinati requisiti richiesti.

In particolare, in questa fase rientrano le azioni di: Apertura e il controllo dei file architettonici, la creazione di elaborati 2D, la creazione del modello tridimensionale sia analitico che quello BIM, l'inserimento di informazioni STR, etc.

L'immagine di seguito riporta, per ogni scenario, tutte le azioni e gli eventi che sono inclusi all'interno della fase di progettazione.

PROGETTAZIONE	
Scenario A	Aprire file
	Controllare file
	Creare elaborati 2D
	Inserimento informazioni STR1
	Creazione modello analitico
Scenario B	Aprire file
	Ideare il Layout
	Creare modello BIM
	Inserimento informazioni STR1
	Inserimento informazioni STR2
	Esportazione modello STR
Scenario C	Aprire modello globale
	Creare modello locale STR
	Inserimento informazioni STR1
	Inserimento informazioni STR2

Figura 99 – Azioni ed eventi della fase di progettazione.

La **fase di analisi** include tutte quelle azioni e/o eventi che hanno l'obiettivo di definire e descrivere in maniera razionale e con adeguate verifiche numeriche imposte dalla normativa tecnica in vigore il comportamento strutturale della costruzione.

L'immagine di seguito riporta in funzione dei diversi scenari, tutte le azioni e gli eventi che comprendono la fase di analisi.

ANALISI	
Scenario A	Inserimento informazioni STR1
	Inserimento informazioni STR2
	Analisi strutturale
	Visualizzazione e verifica dei risultati
Scenario B	Importazione modello STR
	Conformità dei dati importati
	Analisi strutturale
	Visualizzazione e verifica dei risultati
Scenario C	Confronto con altri modelli
	Analisi strutturale
	Visualizzazione e verifica dei risultati

Figura 100 - Azioni ed eventi della fase di analisi.

L'ultima fase individuata nei processi di tutte e tre gli scenari è la **fase di restituzione grafica** e degli elaborati.

Come buona pratica insegna all'interno delle discipline grafiche tecniche, per restituzione grafica s'intende la trasposizione grafica bidimensionale o tridimensionale digitale e soprattutto cartacea della costruzione o di una parte di essa.

In questo caso particolare, vengono inseriti all'interno di questa fase tutte quelle azioni atte a redigere e completare gli elaborati tecnici e i documenti ottenuti come output del processo che contengono informazioni specifiche del fabbricato come: il comportamento strutturale, le configurazioni geometriche e spaziali, la valutazione dei costi, etc.

Le azioni e gli eventi pertanto individuati all'interno del processo di tutti e tre gli scenari e riportate nell'immagine di seguito sono: la conformità con gli elaborati bidimensionali, l'aggiornamento delle informazioni, il coordinamento dei modelli, la creazione di elaborati per la consegna e l'update del modello STR.

RESTITUZIONE	
Scenario A	Conformità con gli elaborati
	Creazione elaborati per consegna
Scenario B	Aggiornamento informazioni
	Creazione elaborati per consegna
Scenario C	Coordinamento modello
	Update Modello STR

Figura 101 - Azioni ed eventi della fase di restituzione

6.4.2 Definizione dell'Effort

Per poter analizzare i workflow dei tre differenti scenari è stato definito un parametro che permettesse di valutare il loro rendimento teorico e che rappresentasse in un certo qual modo lo sforzo che dovrebbe commettere il professionista per portare a termine l'attività svolta. Tale parametro adimensionale è stato definito con il termine anglofono di "**Effort**".

La tecnica di utilizzare il parametro d'Effort (\mathcal{E}) come metro di paragone tra i processi dei tre differenti scenari nasce dal Project Management e dal Marketing dove per *Effort* s'intende, rispettivamente "la quantità di lavoro necessaria per svolgere un'attività⁶³" e "le risorse che un'azienda dedica alla promozione dei propri prodotti e servizi⁶⁴".

In questo senso l'adozione dell'Effort come unità di misura delle azioni punta a quantificare lo sforzo teorico comprensivo di ore di lavoro impiegate, complessità del lavoro, strategie e risorse che un piccolo studio di progettazione dovrebbe impiegare per portare a termine una precisa azione del processo.

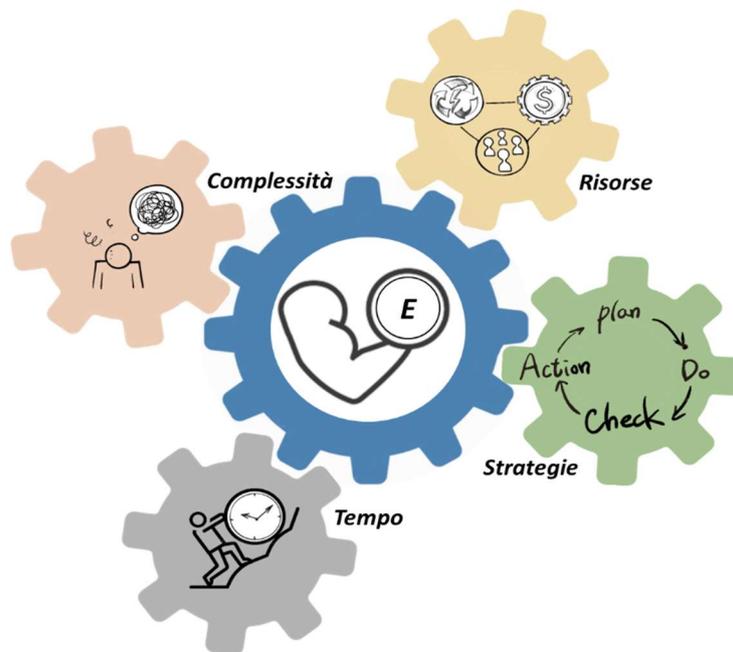


Figura 102 – Elementi dell'Effort

I fattori che il parametro tiene in considerazione sono: il numero di ripetizioni dell'azione, un fattore temporale e un fattore complessità. Questi fattori non sono normati o standardizzati ma sono stati definiti secondo una pratica professionale personalizzata che purtroppo non rappresenta una media esatta di un campione analizzato.

Appare abbastanza chiaro che ripetere n-volte all'interno di un processo un'azione richiede uno sforzo maggiore che svolgerla un'unica volta. Al contempo, seppur l'effort e il tempo non sono direttamente legati – in quanto come già precedentemente detto, l'effort dipende anche dalle risorse contemporaneamente impiegate – è comunque un fattore da tener presente poiché spesso una variazione dell'effort su un processo comporta involontariamente anche una variazione temporale.

⁶³ Glossario di STUDIOSAMO. Reperibile presso il sito: <https://www.studiosamo.it/glossario/effort/>

⁶⁴ Idem

Il **fattore tempo** (F_t) è stato quindi definito considerando diverse variazioni temporali; infatti, l'esecuzione di un'azione può richiedere da qualche minuto a intere giornate come mostra la tabella che si è seguito per l'assegnazione del valore del fattore.

Ft	Tempo	
	[mnt]	[ore]
0	0	0
1	1	0.02
2	10	0.17
3	30	0.50
4	60	1
5	120	2
6	210	3.5
7	330	5.5
8	480	8
9	720	12

Figura 103 - Tabella di correlazione Ft e tempo impiegato

Provando a graficizzare il comportamento di questo fattore (come mostra il grafico di seguito) si è ottenuta una successione di punti che grossolanamente seguono la legge matematica:

$$y = 3.9x^{0,34}$$

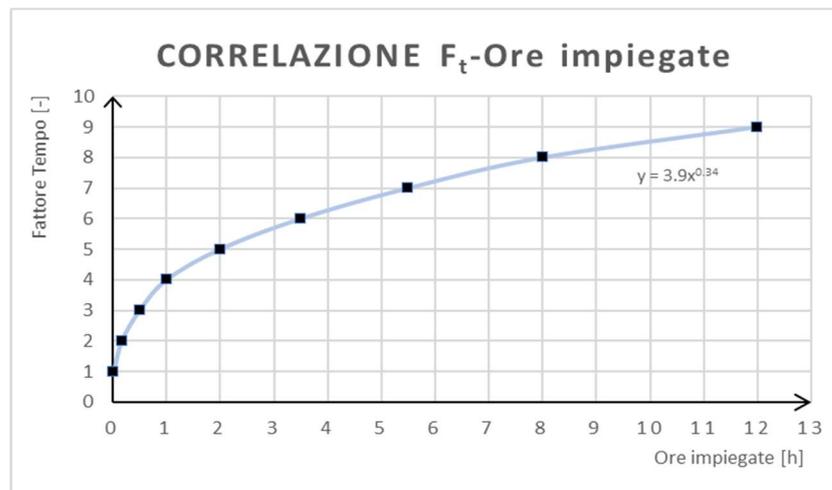


Figura 104 - Correlazione fattore tempo - numero di ore impiegate

È possibile quindi definire il fattore tempo interpolando e interpretando i dati graficamente, oppure utilizzando la formula:

$$F_t = 3.9 t^{0,34}$$

Dove il simbolo " t " indica il tempo impiegato per svolgere e portare a termine un'azione espresso in ore.

Differentemente, il **fattore complessità** (F_c) rappresenta un coefficiente che oltre a definire la complessità dell'azione è strettamente legato alle competenze richieste per svolgere quella determinata azione e alle risorse impiegate.

Ad esempio, disegnare utilizzando software CAD non richiede delle competenze e conoscenze elevatissime rispetto a quelle richieste per una corretta modellazione in BIM.

Il fattore complessità è stato contabilizzato su una scala di 5 livelli dove il livello 1 rappresenta un'azione ordinaria che non richiede alcuna competenza specifica, mentre il livello 5 rappresenta un'azione molto complessa che richiede conoscenze e competenze elevate.



Figura 105 - Indicatore di complessità

6.4.3 Assegnazione dell'Effort ad ogni scenario

Alla luce di tutto ciò è possibile quantificare l'Effort di ogni singola azione (\mathcal{E}_{azione}) come il prodotto algebrico tra il fattore temporale, il fattore complessità e il numero di ripetizione delle azioni. In altri termini:

$$\mathcal{E}_{azione} = n \cdot F_t \cdot F_c$$

Poiché ogni fase all'interno dei processi è composta da un numero limitato di azioni è possibile assegnare anche un'effort alle singole fasi semplicemente sommando gli effort associato ad ogni azione che compone la singola fase.

Espresso in termini matematici, l'effort di una fase è pari alla sommatoria di tutti gli effort delle singole azioni contenute nella macrofase:

$$\mathcal{E}_{fase} = \sum \mathcal{E}_{azione}$$

Spiegato il metodo di determinazione dell'effort, ad ogni azione/evento è stata associata un valore di fattore tempo, fattore complessità ed è stato calcolato l'effort.

Le immagini di seguito riportano per ogni scenario i relativi fattori e l'effort associato per ogni azione/evento.

SCENARIO A: metodologia tradizionale				
FASE	AZIONI-EVENTI	F _t	F _c	Effort
PROGETTAZIONE	Aprire file	1	1	1
	Controllare file	2	2	4
	Creare elaborati 2D	5	2	10
	Inserimento informazioni STR1	4	2	8
	Creazione modello analitico	8	4	32
ANALISI	Inserimento informazioni STR1	2	3	6
	Inserimento informazioni STR2	3	3	9
	Analisi strutturale	2	2	4
	Visualizzazione e verifica dei risultati	1	3	3
RESTITUZIONE	Conformità con gli elaborati	4	3	12
	Creazione elaborati grafici	7	2	14

Figura 108 - Calcolo dell'Effort per lo scenario A (metodologia tradizionale)

SCENARIO B: metodologia mixata BIM oriented				
FASE	AZIONI-EVENTI	F _t	F _c	Effort
PROGETTAZIONE	Aprire file	1	1	1
	Ideare il Layout	2	2	4
	Creare modello BIM	9	5	45
	Inserimento informazioni STR1	4	4	16
	Inserimento informazioni STR2	3	3	9
	Esportazione modello STR	1	1	1
ANALISI	Importazione modello STR	1	1	1
	Conformità dei dati importati	3	4	12
	Analisi strutturale	2	2	4
	Visualizzazione e verifica dei risultati	1	3	3
RESTITUZIONE	Aggiornamento informazioni	9	3	27
	Creazione elaborati grafici	9	3	27

Figura 106 - Calcolo dell'Effort per lo scenario B (metodologia BIM oriented)

SCENARIO C: metodologia full BIM				
FASE	AZIONI-EVENTI	F _t	F _c	Effort
PROGETTAZIONE	Aprire modello globale	1	1	1
	Creare modello locale STR	6	5	30
	Inserimento informazioni STR1	3	3	9
	Inserimento informazioni STR2	3	3	9
ANALISI	Confronto con altri modelli	2	2	4
	Analisi strutturale	2	2	4
	Visualizzazione e verifica dei risultati	1	1	1
RESTITUZIONE	Coordinamento modello	2	2	4
	Update Modello STR	1	1	1

Figura 107 - Calcolo dell'Effort per lo scenario C (metodologia full BIM)

6.5 Risultati

Per poter meglio interpretare i risultati ottenuti è stata redatta una tabella, di seguito riportata, che riassume per tutte le attività svolte in tutti i processi il valore dell'effort associato.

Attività	Scenario A	Scenario B	Scenario C
Aprire file	1	1	1
Aprire modello globale			
Controllo file	4	0	0
Ideazione Layout			
Creazione bozza elaborato 2D	10	4	0
Creazione modello BIM			
Creazione modello analitico	32	45	30
Creazione modello locale STR			
Esportazione modello STR	0	1	0
Importazione modello STR	0	1	0
Conformità dati importati			
Confronto con altri modelli	0	12	4
Inserimento informazioni STR1	14	16	6
Inserimento informazioni STR2	9	9	9
Analisi strutturale	4	4	4
Visualizzazione e verifica dei risultati	3	3	1
Conformità elaborati grafici			
Aggiornamento informazioni	12	27	4
Coordinamento modello			
Creazione elaborati per consegna			
Update modello STR	14	27	1

Figura 109 - Tabella riassuntiva Attività -Effort

Dalla presente tabella e da quelle riportate al paragrafo precedente - 6.4.3 "Assegnazione dell'Effort ad ogni scenario" - sono stati realizzati differenti grafici per poter meglio interpretare e visualizzare i dati ottenuti.

In particolare, i tre grafici seguenti - ognuno realizzato per ogni scenario - mostrano come l'effort incide in ogni azione e/o evento all'interno del processo.

È lapalissiano notare come in tutti e tre gli scenari l'azione che rappresenta la creazione di modelli tridimensionali, fisici o analitici, sia la quota parte maggioritaria di sforzo di tutto il processo. Inoltre, si poteva già dedurre dalla tabella riassuntiva che mostra valori numerici elevati di effort (32, 45 e 30) in tutti e tre gli scenari.

Questo risultato è in un certo qual senso "scontato" ed atteso. È infatti l'azione di "modellare" che in sé ingloba un medio-alto grado di complessità e maggior dispendio di tempo di risorse impiegate.

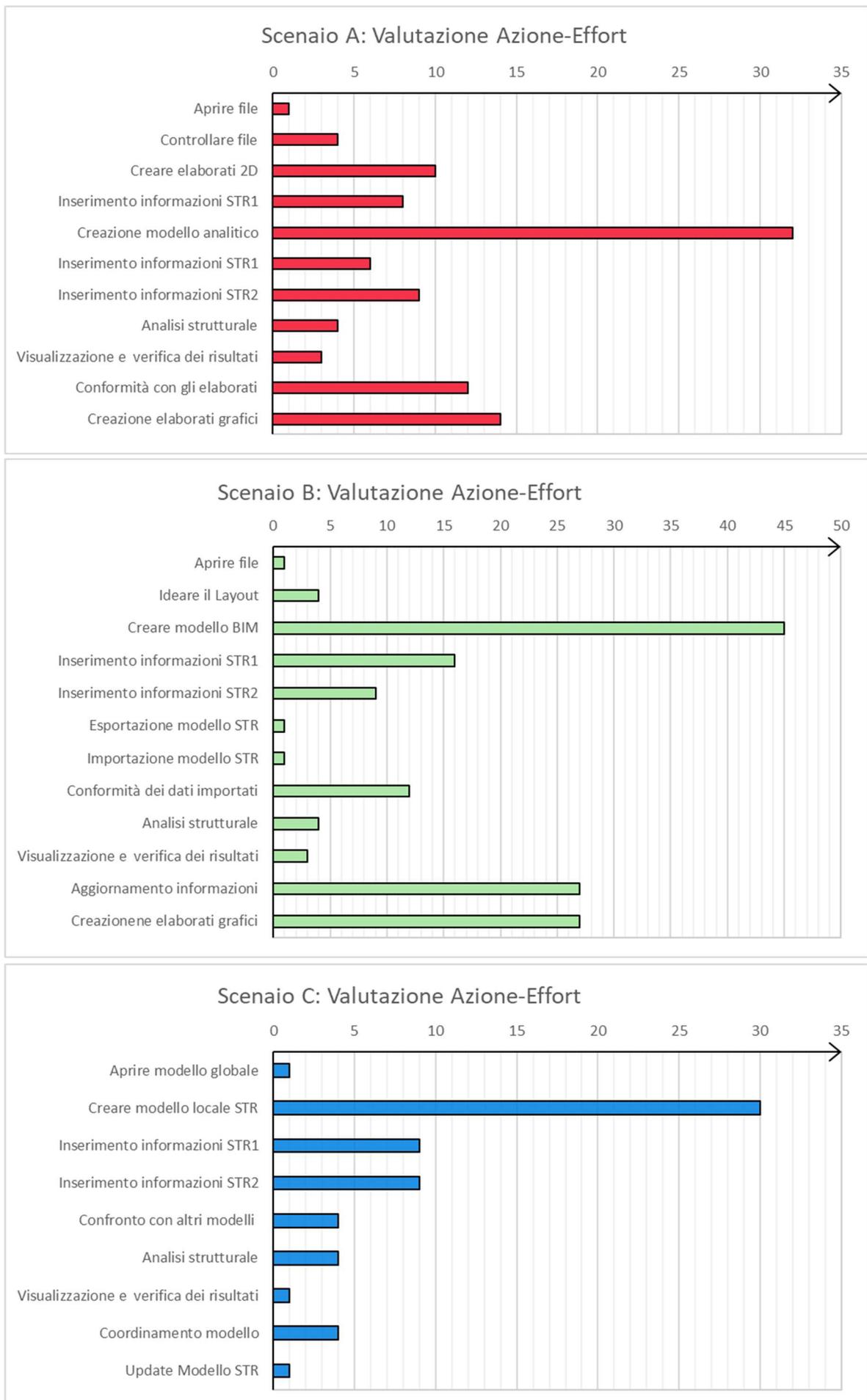


Figura 110 - Valutazione Azione-Effort: scenario A (in alto), scenario B (in centro) e scenario C (in basso)

Le altre azioni che richiedono un medio-alto sforzo da parte del professionista riguardano l'inserimento manuale delle informazioni strutturali, il confronto tra le varie informazioni ma soprattutto la creazione degli elaborati tecnici comprendenti sia le tavole tecniche che la redazione della documentazione da presentare negli opportuni uffici.

La restituzione grafica dei tre istogrammi, se non letta accuratamente, potrebbe trarre in inganno e far passare il concetto che la realizzazione del modello richieda la stessa quantità di sforzo in tutti e tre gli scenari. Ciò non può essere veritiero.

Onde evitare tale astrazione per un errore di visualizzazione è risultato utile accorpate tutte le azioni simili ed affini di tutti gli scenari e graficizzarli utilizzando una stessa scala grafica.

Il diagramma successivamente ottenuto e di seguito riportato mostra come realmente, a seconda della metodologia utilizzata, la stessa azione (più o meno) richieda sforzi differenti.

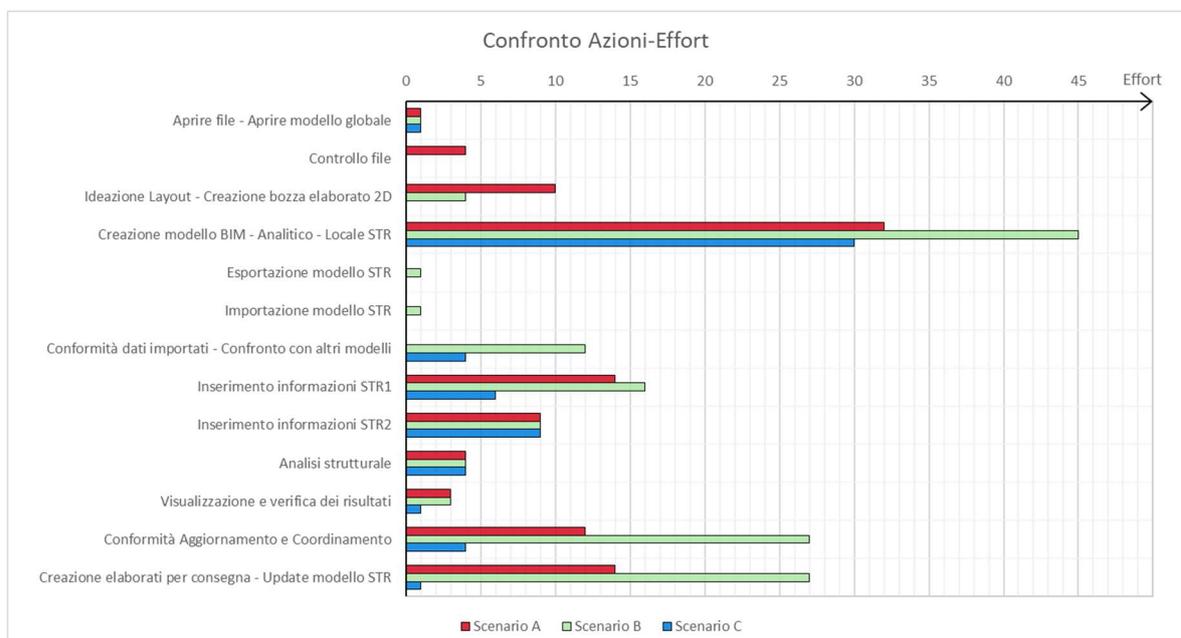


Figura 111 - Confronto completo Azioni-Effort

È importante sottolineare come non tutte le azioni sono presenti in tutti gli scenari.

Ad esempio, l'azione di esportare e importare un file è richiesta solamente nello scenario B che sfrutta la metodologia mixata e prevede l'uso di software differenti in cui il file – in formato OpenBIM – non è sempre implementabile.

Ciò invece non accade nello scenario in cui si utilizza la metodologia tradizionale in quanto il modello analitico creato al solo scopo di verificare il comportamento strutturale dell'edificio non è oggetto di consegna all'ufficio competente ma rimane solamente un file presente all'interno dell'archivio del professionista.

Al contempo realizzare un modello in locale – come previsto per lo scenario C – richiede uno sforzo minore poiché generato a partire da un modello globale preesistente.

Inoltre, è stata redatta una diversa tabella che tenesse conto oltre del modo in cui il valore dell'effort assegnato nelle tre fasi del processo fosse ripartito anche del valore dell'effort finale per ogni scenario.

Scenari	Progettazione	Analisi	Restituzione	Effort
Scenario A	55	22	26	103
Scenario B	76	20	54	150
Scenario C	49	9	5	63

Figura 112 - Tabella riassuntiva Scenari-Fasi-Effort.

A partire dalla precedente tabella sono stati realizzati differenti grafici che permettono di analizzare non solo l'influenza dell'Effort a seconda delle varie fasi del processo ma anche come i tre scenari richiedano un livello di sforzo effettivamente differente.

Il primo istogramma redatto e analizzato mostra i livelli di sforzo richiesto per ogni fase in funzione dello scenario di riferimento.

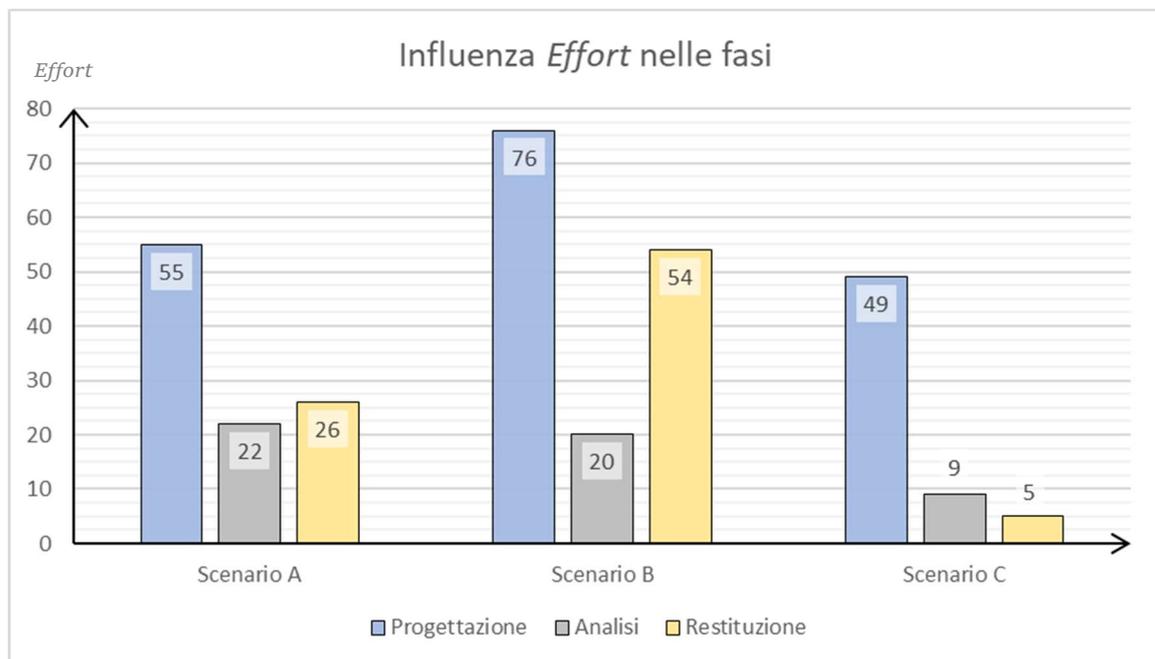


Figura 113 - Influenza dell'Effort nelle fasi a seconda dei differenti scenari

Allegati al precedente grafico e di seguito riportati, sono stati redatti tre areogrammi che rappresentassero l'incidenza in termini percentuali degli sforzi commessi a completare ogni singola fase per tutti e tre gli scenari.

Ragionare ed analizzare i dati ottenuti in termini percentuali permette di confrontare in maniera più oggettiva grandezze di per sé con scale di ordine diverso.

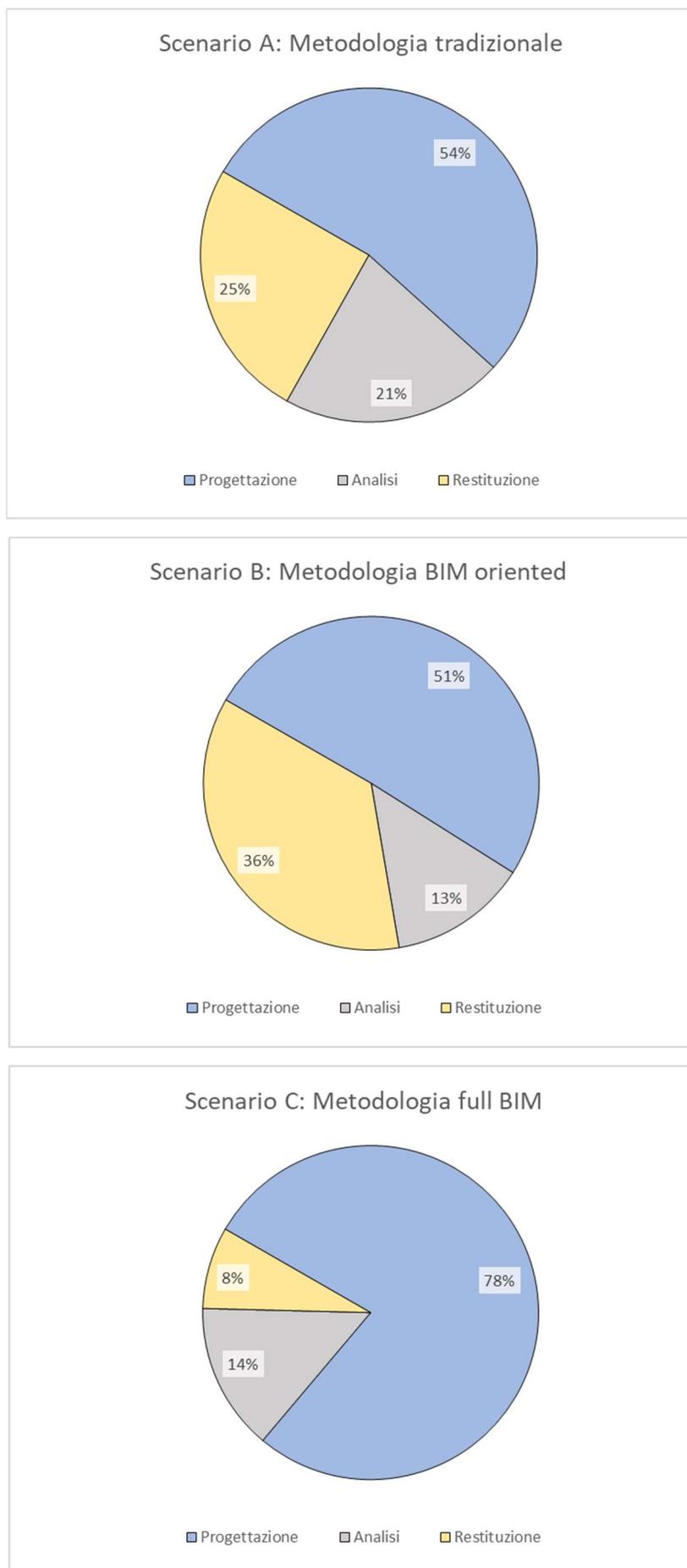


Figura 114 - Percentuale di incidenza delle fasi nel processo a seconda della metodologia: Tradizionale (sopra), BIM oriented (al centro) o full BIM (sotto).

Come mostra il suddetto grafico, la fase di progettazione è la fase che richiede uno sforzo maggiore in tutti e tre gli scenari. È interessante notare come la fase di progettazione, all'interno dello scenario B seppur risulti la più impegnativa e dispendiosa – con un valore di effort pari a 76 punti – in realtà rappresenti solamente il 51% del processo; a differenza invece dello scenario “full BIM” che rappresenta la quasi la totalità del processo (78%) ma con un livello di effort pari a 49 punti.

Effetto quasi statico invece è rappresentato dalla fase di analisi che grossomodo rimane con un livello di effort costante nei primi due scenari – rispettivamente 22 e 20 punti *effort* – nello scenario full BIM l'effort si abbassa considerevolmente a 9 punti. La drastica riduzione degli sforzi impiegati per lo svolgimento della fase di analisi nello scenario C è associabile alla struttura del processo che ingloba e anticipa nella fase di progettazione alcune azioni che nella normale prassi professionale si sarebbero svolte in questa fase; come, ad esempio, l'inserimento di informazioni strutturali direttamente su un unico modello perfettamente compatibile per effettuare successivamente le verifiche strutturali.

La fase di restituzione invece, registra una variazione di livello di effort molto differente tra i vari scenari. Se per la metodologia tradizionale questa fase occupa il 25% dell'intero processo con un valore di effort di 26 punti, nello scenario B che segue una metodologia mixata e richiede un duplice sforzo la fase di restituzione incide il 36% del processo con un incremento di 28 punti Effort rispetto allo scenario A (54 Effort). Al contempo, nel caso di utilizzo della metodologia fullBIM rappresentato dallo scenario C, la fase di restituzione all'interno del processo incide in maniera esigua (8%); infatti, richiede un livello di sforzo pari a 5 punti Effort.

Questo risultato era prevedibile; proprio perché lo scenario fullBIM è stato previsto completamente digitalizzato e integrato e quindi non richiede la realizzazione di elaborati e documenti burocratici finalizzati alla consegna negli uffici tecnici, ma dell'Update del modello in un CDE.

In ultimo è stato redatto un grafico a barre che mostra il livello di effort totale associato ad ogni scenario. Come era prevedibile lo scenario che rappresenta lo stato attuale – scenario B di metodologia mixata – è quello che richiede l'impiego di maggior sforzo da parte del progettista.

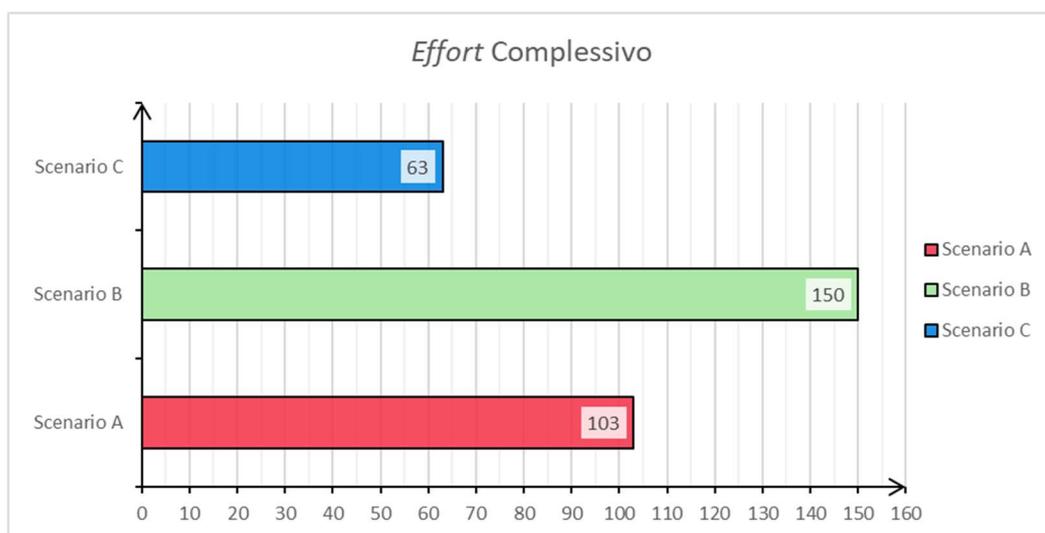


Figura 115 – Distribuzione complessiva degli Effort

Per poter valutare in termini percentuali la variazione di effort tra gli scenari è stata applicata la seguente formula:

$$\Delta_{\%} = \left[\left(\frac{v_f}{v_i} \cdot 100 \right) - 100 \right]$$

Dove:

- $\Delta_{\%}$ Indica la variazione in termini percentuale;
- v_f Rappresenta il valore finale dell'Effort;
- v_i Rappresenta il valore iniziale dell'Effort.

Applicata tale formula tra la metodologia tradizionale e quella che dovrebbe rappresentare la massima implementazione del BIM - scenario C full BIM - restituisce un valore di:

$$\Delta_{A \rightarrow C} = \left[\left(\frac{63}{103} \cdot 100 \right) - 100 \right] = -39\%$$

Analogamente, se si volesse valutare lo stato attuale di implementazione della metodologia BIM all'interno di uno studio di progettazione al solo scopo di un'analisi strutturale seguendo il processo delineato all'interno di questo elaborato, si scoprirebbe che il passaggio dalla metodologia tradizionale a quella BIM oriented richiede un incremento di sforzo da parte del progettista pari a:

$$\Delta_{A \rightarrow B} = \left[\left(\frac{150}{103} \cdot 100 \right) - 100 \right] = +46\%$$

È lapalissiano notare come con l'intento di semplificare e rendere più snello il processo - utilizzare il 39% di sforzo in meno - allo stato attuale, si ottiene il risultato completamente opposto (aumento del 46%).

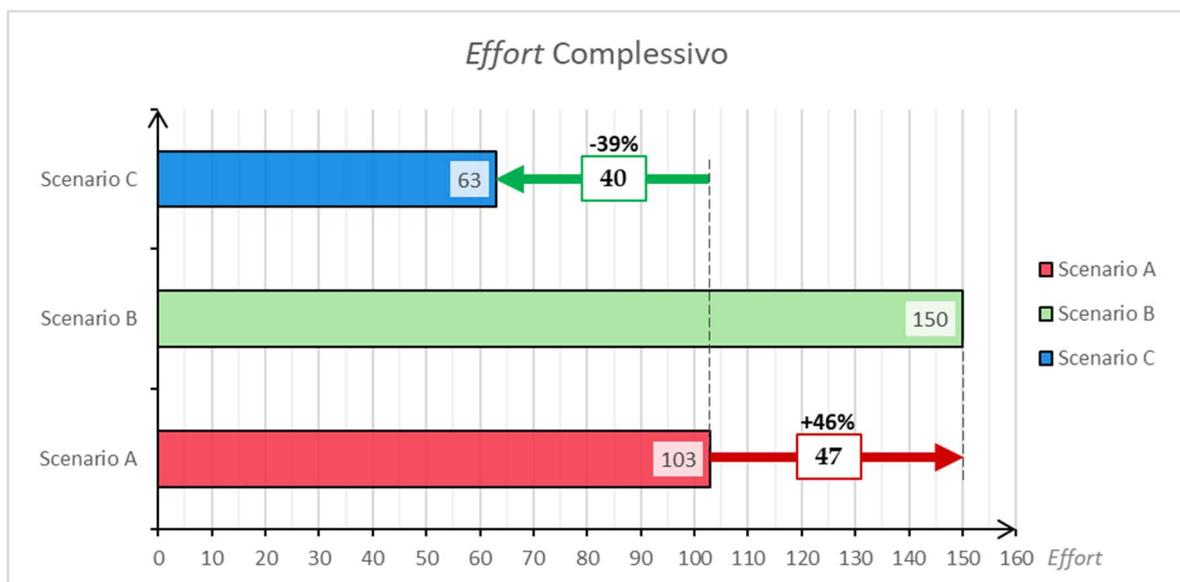


Figura 116 - Valutazione variazioni dell'Effort

7 Conclusioni e Sviluppi futuri

7.1 Considerazioni finali

Il presente elaborato cerca in qualche modo di rispondere alla fatidica domanda:

“Allo stato attuale, adottare la metodologia BIM nei piccoli studi di progettazione è conveniente?”

Come sempre, la risposta è: DIPENDE!

Le basi teoriche sulla quale la metodologia BIM si fonda sono solide e veritiere; difatti, numerose sono le prove (articoli scientifici e tecnici, esperienza diretta all'interno dei grandi studi di progettazione, tesi accademiche, etc) che dimostrano come l'adozione della metodologia BIM da parte dei professionisti sia realmente il futuro del mondo edilizio (professionale e non).

Ma come in tutti i processi complessi le variabili in gioco da considerare sono realmente tante; bisogna considerare:

- gli strumenti (hardware e software) già usati e presenti nello studio di progettazione;
- gli eventuali strumenti (hardware e software) da acquistare;
- le competenze già acquisite e maturate con esperienza dal professionista;
- le competenze da individuare e da acquisire;
- le disponibilità economiche dello studio;
- le risorse umane già a disposizione;
- il contesto professionale di condivisione;
- i progetti e le commesse edilizie da sviluppare;
- il panorama normativo globale e nazionale da seguire;
- l'approccio personale del professionista verso i cambiamenti;
- ...

E la lista potrebbe ancora continuare.

Fondamentale per l'implementazione della metodologia BIM all'interno di un piccolo studio di progettazione è l'investimento economico iniziale – sicuramente consistente – per sostenere e affrontare tutte le spese necessarie per attualizzarla.

Tale investimento – non quantificato in questo elaborato – deve essere ammortizzato nel più breve tempo possibile; poiché l'adozione della metodologia in stato ottimale dovrebbe garantire un aumento esponenziale in termini di efficienza e produttività del lavoro oltre che una drastica riduzione di sforzi e di tempo impiegato. Non produrne l'effetto opposto.

Ogni società di progettazione ha caratteristiche interne e funzionali differenti dall'altro; a tal ragione non è possibile adottare per tutti la medesima strategia di implementazione della metodologia BIM. Sicuramente, tra i vari aspetti da tener conto nella progettazione e nell'attuazione di queste strategie sono le già presenti risorse interne – umane e informatiche – dell'azienda.

Un piccolo studio di progettazione dovrebbe iniziare ad applicare strategie mirate di investimento su tutte quelle azioni che registrano, all'interno del processo, un effort elevato come, ad esempio, la creazione del modello BIM.

Infatti, come è stato dimostrato dai risultati ottenuti, è chiaro che quando la metodologia sarà in stato avanzato in un futuro non molto lontano, la fase di progettazione o per meglio dire di creazione del modello e l'inserimento in esso di opportuni dati rappresenterà il punto cardine dell'intero iter progettuale.

È proprio su questa azione che ognuno dovrebbe concentrare i propri investimenti aziendali. Come? Ad esempio:

- acquisendo (se non si è già in possesso) software OpenBIM che favoriscano l'interscambio di informazioni e idonei hardware in grado di supportarli.
- seguire corsi di aggiornamento e professionalizzanti per poter acquisire le competenze e le conoscenze necessarie ad abbattere la complessità delle azioni e ridurre le tempistiche;
- investire su figure professionalmente già formate o sul personale giovane (che oggi è già accademicamente formato) per implementare la metodologia BIM nel processo.

È impossibile pensare che un piccolo studio di progettazione si doti nell'immediato di un intero arsenale di applicativi informatici per poter eseguire una semplice commessa edilizia. A quale pro fornire così tanti strumenti? Sono realmente efficaci per lo svolgimento della commessa?

Certamente bisogna sottolineare che non è sufficiente acquistare applicativi informatici o seguire dei corsi per potersi ritenere un professionista che sfrutta a pieno la potenzialità della metodologia BIM, perché è necessario un radicale cambio di paradigma.

Il problema principale è cambiare l'approccio al progetto e studiare realmente il nuovo processo con cui le attività vengono svolte. Il progettista deve dotarsi di una "Mentalità BIM oriented" scardinata dagli ormai tradizionali concetti di "isolamento" professionale e incentrata sulla condivisione, integrazione e collaborazione.

In conclusione, il BIM dovrebbe semplificare il processo e dovrebbe aiutare il professionista a srotolare agilmente la fitta e complessa matassa che è quella della vita professionale, non il contrario.

Per far ciò l'attuale panorama legislativo e le attuali norme tecniche in vigore non sono sufficienti. Il legislatore – supportato da un'idonea squadra tecnica – ha il compito e il dovere di semplificare a livello normativo il flusso di applicazione della metodologia tra tutti gli attori coinvolti del settore AEC pubblici ma soprattutto privati.

Solo una cosa è certa:

“È più difficile sviluppare nuove abitudini che abbandonare le vecchie!”

(cit. Hilario Boung)

7.2 Sviluppi futuri

Nella seguente tesi sono state affrontate alcune osservazioni e riflessioni su determinati aspetti che per diverse cause non sono stati approfonditi. Lascio dunque ai posteri l'arduo compito di definirli in maniera più accurata di quanta, personalmente, sia riuscito a trattare.

Tra i vari argomenti, sono rilevanti:

- Un' indagine statistica sulla reale adozione BIM nei piccoli studi di progettazione;
- L'analisi di altri model uses per piccole commesse;
- La definizione e nuova analisi di uno scenario B "snellito"
- Lo studio e definizione della funzione *Effort* e dei suoi componenti
- Una valutazione economica (costi – efficacia) del processo;
- L'inserimento nel panorama edilizio e aziendale di una nuova figura professionale e/o competenza: "analista funzionale BIM" (BIM functional analyst).

7.2.1 Indagine statistica

Le indagini statistiche che hanno dato seguito alla redazione di questo elaborato seppur molto valide e utili, non rappresentano a pieno l'attuale stato dell'arte dell'adozione della metodologia BIM. In particolare, non tengono in considerazione un vasto campione rappresentativo di singoli professionisti che lavorano in piccoli studi di progettazione.

È bene ricordare che l'obiettivo di un'indagine statistica è quello di raccogliere, registrare e in particolare modo di analizzare le informazioni di un fenomeno che seppur individuale ha carattere collettivo.

Con quest'ottica e considerando che all'interno della popolazione d'indagine il campione analizzato deve essere fortemente rappresentativo di tutti i possibili e diversi scenari di conformazione dell'attività svolte all'interno di questi studi di progettazione; l'indagine atta a descrivere il fenomeno dell'adozione della metodologia BIM dovrebbe fornire, almeno, informazioni in merito a:

- Provenienza dei professionisti;
- Numero di dipendenti realmente attivi nello studio;
- Le risorse umane interne dell'azienda;
- Gli strumenti informatici e gli applicativi usati;
- L'ordine di grandezza dei progetti sviluppati;
- La conoscenza e le competenze in ambito BIM

7.2.2 Analisi di Model Uses

La fase di modellazione, come è stato più volte ribadito, rappresenta e rappresenterà sempre di più la fase centrale dell'intero processo. È buona prassi prima dell'avvio di questa fase, avere un solido background informativo necessario per destrutturare il processo, definire gli obiettivi preposti e quindi gli opportuni Model Uses.

Come si è riscontrato per la commessa edilizia analizzata, per poter applicare la metodologia BIM è necessario definire gli opportuni Model Use – necessari ed affini – e quindi definire successivamente tutta una serie di informazioni necessarie per generare un modello BIM ottimale.

Nel presente elaborato si è analizzato, nei tre diversi scenari, solamente un singolo Model Use (Strcutural Analysis) e non tutti quelli necessari per poter completare e svolgere l'intera pratica edilizia.

Un successivo studio da allegare al presente elaborato potrebbe definire e analizzare, una volta definito uno scenario, il processo di tutti i model uses necessari per completare la commessa edilizia. Il seguente studio potrebbe rispondere a domande del tipo:

- *È necessario definire un modello per ogni singolo model use, oppure è possibile generare un modello BIM che contenga tutti i model use utili alla commessa edilizia?*
- *È possibile standardizzare la logica Model Use – Informazioni necessarie (LOIN) – BIM deliverable?*
- *È possibile spostare il binomio Model Use-Prodotto in Model Use-Commessa?*

7.2.3 Funzione Effort, fattore tempo e fattore complessità

Il calcolo del parametro *Effort* determinato nel presente elaborato per permettere di definire lo sforzo compiuto dal progettista per svolgere un'azione, completare una fase o valutare uno scenario è stato eseguito come un banale prodotto (nel caso delle azioni) o una somma algebrica (nel caso delle fasi e degli scenari).

Questa scelta di modellazione potrebbe essere superata da una differente analisi che mostra come la definizione di un modello matematico definito sulla base di accurate indagini statistiche possa ottimizzare e rendere più realistico il parametro di effort.

Ciò richiederebbe:

- un accurato studio di tutti i fenomeni che rientrano nell'Effort (fattore tempo e il fattore complessità);
- definizione e test sui vari modelli matematici applicabili;
- definizione di opportuni modelli che descrivano il fattore temporale e i relativi test;
- definizione di opportuni modelli che descrivano il fattore complessità e i relativi test;
- un'analisi sul legame tra i due fattori e il calcolo dell'effort;
- spiegare se è sufficiente un prodotto e una banale somma algebrica per ottenere un parametro realistico e comparabile.

7.2.4 Analisi Scenario B "Snellito"

Come evidenziato nei capitoli precedenti, lo scenario B - relativo all'uso della metodologia mixata, BIM oriented - risulta essere quello maggiormente critico.

Allo stato attuale, le numerose delle criticità dello scenario B risiedono:

- nell'**aspetto normativo**: che obbliga il professionista a dover consegnare degli elaborati non BIM oriented;
- nell'**aspetto degli applicativi usati**: per svolgere il processo ogni software seppur con lo stesso compito (ad esempio, a livello strutturale SAP2000, DOLMEN o Tekla Structure) è differente dell'altro e gestisce le informazioni in maniera differente;
- nell'**aspetto metodologico**: le informazioni condivise come i file di partenza non sono BIM based e non dovrebbero essere reinseriti più volte.

Al fine di ottenere un processo più snello e attuabile nel breve periodo sarebbe interessante analizzare lo stesso scenario con la modifica di alcuni aspetti come: il file architettonico di partenza BIM based o l'uso di un altro software per l'analisi strutturale - nell'attuale scenario B il calcolo strutturale è stato svolto con *DOLMEN* - che permette di evitare l'esportazione e l'importazione del file.

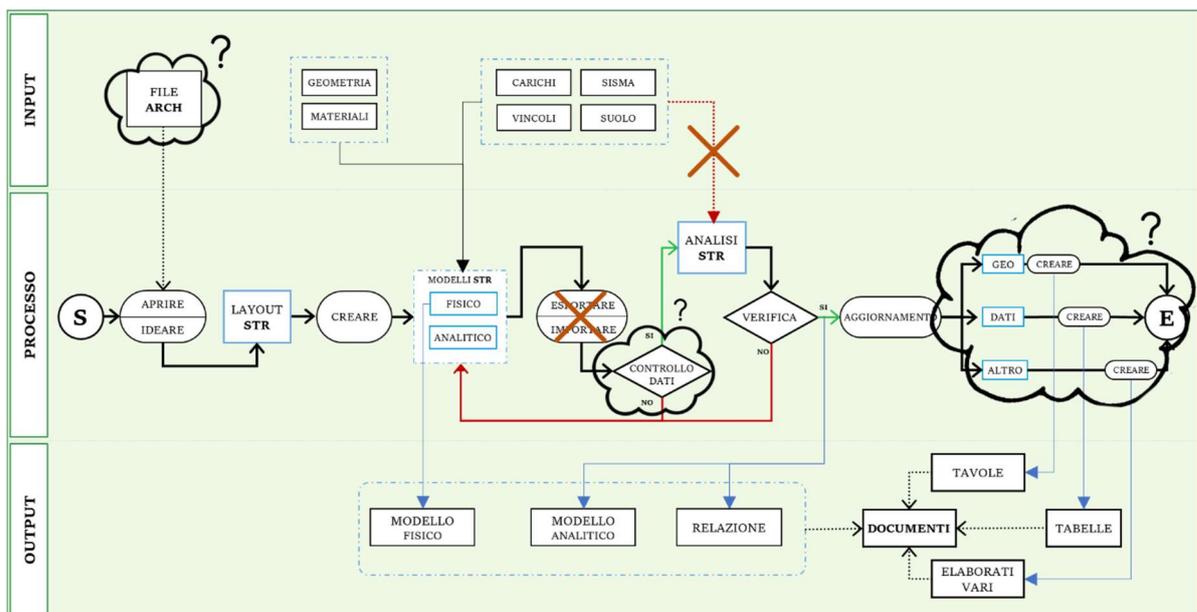


Figura 117 - Azioni da rivalutare o eliminare per rendere più "snello" lo scenario B.

Sicuramente, ragionare sulle azioni che richiedono uno sforzo maggiore, migliorarle dal punto di vista del processo scegliendo eventualmente una strada informatica alternativa, dovrebbe favorire l'efficienza del flusso e certamente ridurre l'Effort complessivo dello scenario.

7.2.5 Valutazione economica (Analisi Costi – Efficacia)

Come evidenziato nei capitoli precedenti, qualsiasi studio di progettazione, grande o piccolo che sia, per poter iniziare a servirsi della metodologia BIM deve far fronte ad una serie di investimenti economici atti ad acquistare gli strumenti necessari e le competenze specifiche richieste al professionista.

Quantificare in termini monetari tale investimento e successivamente analizzarlo non è banale. Infatti, partendo dalla scelta di una commessa edilizia, di un piccolo studio di progettazione e analizzate le proprie risorse interne si dovrebbe:

- Valutare e monetizzare l'investimento economico iniziale che dovrebbe affrontare la piccola azienda per poter adottare o implementare la metodologia BIM all'interno del proprio workflow;
- Studiare un eventuale piano di ammortamento dei costi subiti;
- Valutare l'indice di redditività del capitale investito (*ROI, Return on investment*) e/o di un altro indicatore di redditività;
- Effettuare un'analisi costi-efficacia per riuscire a definire la strategia migliore a parità di efficacia dello scenario analizzato.

Effettuare una valutazione del ROI e/o di un qualsiasi altro indicatore di redditività – come il ROE, Return on Equity un indice per misurare la capacità del patrimonio netto di generare dei profitti – è fondamentale per capire se l'investimento affrontato risulta redditivo e profittevole a breve, medio e lungo termine.

Invece, l'analisi costi-efficacia – *Cost Effectiveness Analysis, CEA* – rappresenta un buon metodo di valutazione per razionalizzare, a parità di efficacia, la scelta fra progetti alternativi e individuare la soluzione che minimizzi il valore dei costi.

Sarebbe preferibile applicare un'analisi costi a differenza di un'analisi costi-benefici poiché è ampiamente usata in tutti quei casi, spesso sanitari, in cui è complicata una valutazione monetaria dei benefici; inoltre, è spesso preferita, per via anche della formazione tecnico-scientifica, dagli analisti di formazione non prettamente di matrice economica come gli ingegneri e i medici.

7.2.6 BIM Functional Analyst

Tutto il lavoro che stato svolto per redigere questo elaborato – partendo dall'analisi dello stato dell'arte dell'adozione della metodologia BIM nel panorama globale e terminando con l'analisi dei tre diversi scenari per capire quale strategia utilizzare per adoperare o implementare la metodologia BIM all'interno di piccoli studi di progettazione – potrebbe essere l'incipit per una nuova competenza o figura professionale: l'analista funzionale BIM.

Il *BIM Functional Analyst* o italianizzato come l'analista funzionale BIM dovrebbe essere un esperto che:

- Identifica e analizza i requisiti necessari ed i bisogni tecnici di un professionista singolo o di uno studio di progettazione;
- Analizza le risorse aziendali interne (strumenti, personale, competenze);
- Analizza i processi lavorativi e decisionali dello studio di progettazione;
- Identifica e gestisce i requisiti funzionali per snellire i processi;
- Valuta, anche economicamente, le tempistiche necessarie per portare a termine un progetto;
- Identifica, analizza e compara i diversi software necessari per il raggiungimento dell'obiettivo preposto;
- Definisce e analizza scenari alternativi di valutazione dei processi;

Ma soprattutto:

- Definisce strategie tecniche ed economiche mirate per implementare e ottimizzare i processi aziendali e il valore del progetto.

Un professionista con il ruolo di BIM Functional Analyst dovrebbe possedere un robusto background di matrice tecnico-economica con esperienza nel settore e solide conoscenze nel campo della metodologia BIM, dei processi aziendali ingegneristici, delle valutazioni economiche, degli applicativi informatici usati e soprattutto della pratica professionale.

8 Ringraziamenti

Prometto che a differenza della Laurea Triennale sarò breve e conciso!

Eccoci finalmente giunti alle “battute finali” di questo lungo e arduo percorso. Dire che è stato stravolgente è a dir poco. Un percorso impregnato di emozioni, sorrisi, pianti, lezioni, esami, Challenge, feste, cene, incontri, riunioni, pandemie e...boh chissà cosa mi/ci riserverà il futuro.

Non dimenticherò mai i volti e le parole di tutte le persone che in questi anni ho conosciuto e che chi in un modo chi in un altro mi hanno accompagnato e formato. Per ringraziarli tutti non basterebbero tutte le pagine di questo elaborato.

In primis ci terrei a ringraziare la professoressa Anna Osello, docente illustre e visionaria di questo ateneo. Grazie per esser stata in tutti questi anni punto fermo e sicuro del mio percorso accademico (e non solo) e per avermi permesso di acquisire un metodo di lavoro che sicuramente replicherò in futuro. Grazie alla professoressa Manuela Rebaudengo per la sua disponibilità e per i preziosi consigli fornitomi.

In particolare vorrei ringraziare il professor Matteo Del Giudice per avermi spronato, guidato, sostenuto e motivato durante la stesura di questo elaborato. Grazie per l'infinita disponibilità, per i suggerimenti pratici, le dritte indispensabili e le numerose domande pragmatiche che mi hanno permesso di sviluppare una maggiore capacità di analisi e problem solving.

Ringrazio anche i ragazzi del laboratorio “Drawing to the FUTURE” per avermi trattato come uno di loro, per la complicità creata nel redigere questo elaborato, per i pranzi e le pause caffè diventate spunto di continua crescita e formazione professionale, ma soprattutto grazie per non avermi mai fatto sentire “Al di là del vetro”.

Un ringraziamento anche all' Ingegnere Piero ROSA BRUSIN che da un anno a questa parte cura meticolosamente quella che un domani spero diventi la mia professione. Grazie Piero!

Mamma, papà: Come si fa a ringraziare in due righe chi da ventisei anni a questa parte ti inebria di amore ogni giorno? Non si può. O per meglio dire: io non lo so fare. Vi ringrazio per essermi stato sempre accanto, per i vostri insegnamenti per la pazienza, l'amore e la dedizione verso i figli che vi contraddistinguono.

Grazie alle mie sorelle, a mio cognato e alle mie splendide nipotine Erika e Federica. Grazie per esserci sempre e comunque nonostante tutto, per la pazienza che avete nel supportarmi e per sostenermi nelle mie imprese.

Grazie a voi. A tutta la mia famiglia. Quest'anno ne abbiamo passate di tutti i colori, ma come sempre da bravi calabresi a testa dura e con cuore grande ci rialziamo sempre da terra con testa alta e continuiamo a lottare perché la vita è una e deve andare avanti.

Un famoso Preside di nome Albus Silente disse: “Il ricordo è tutto. Senza siamo ciechi. Senza lasciamo il destino del nostro mondo a caso”. Aiutato da questa frase vorrei provare a trovare le giuste parole per ringraziare chi in questi ultimi mesi è diventato tra i più cari e bellissimi ricordi: Nonna Mela e zio Filippo. Sicuramente da lassù con il loro amore non mi lasceranno affrontare la mia vita da cieco ma anzi saranno la luce e la guida che mi accompagnerà lungo tutto il mio cammino.

Un ringraziamento dal profondo del cuore alla mia dolce Nonna Cuncia. Grazie per farmi capire anche oltre a 1600 km di distanza che l'amore verso i figli e i nipoti va letteralmente oltre i comuni sensi umani.

Grazie a tutti i miei amici. Siete troppi per nominarvi tutti. Grazie a gli amici di una vita, a quelli storici, quelli estivi, quelli conosciuti sin dal primo anzi secondo giorno d'università, agli amici della “magistrale”, agli amici di Torino e a tutti i colleghi. Grazie per esser stati la miglior ciurma di sempre e per avermi regalato un sorriso, una valida compagnia o un bicchiere di buon vino in giornate nere e pesanti.

Un primo ringraziamento ai colleghi dell'I.T.C.G. “G. Galilei” di Avigliana per avermi accolto in così “tenera” età in questo fantastico mondo che è l'insegnamento. Mi ricorderò sempre di voi.

Al preside e ai colleghi più cari dell'I.I.S. “G. Cena” di Ivrea, grazie per ricordarmi che un docente non si misura mai solamente dalla capacità di trasmettere nozioni in aula ma anche e soprattutto dal rapporto che lo lega con i propri alunni. Grazie per avermi permesso di far parte di questa famiglia.

Un grazie immenso a tutti i miei Alunni, i miei ragazzi, che con i loro infiniti mondi, le eccentriche personalità e le innumerevoli scuse sono fonte inesauribile e indispensabile di ispirazione e risate. Ogni giorno mi ricordate sempre di più che si può e si deve imparare anche da voi. Vi ringrazio di cuore e vi auguro di scoprire il disegno che siete chiamate ad essere. Metteteci tutta la passione che avete nel corpo per realizzarlo. E ricordate che ognuno di voi a suo modo è speciale. Non demordete mai!

Infine grazie a me stesso, alla mia tenacia, ai miei dubbi e al mio carattere che bene o male mi permette di tirare fuori il meglio di me in situazioni difficili e andare sempre oltre a tutte quelle persone che mi hanno ostacolato, ferito o rallentato il mio percorso.

GRAZIE a tutti!

PS: un grazie particolare a miei cugini Alberto e soprattutto Antonio Oppedisano che come fratelli mi sono stati particolarmente vicini in questi ultimi impegnativi, particolari e alquanto difficili mesi. Grazie.

9 Bibliografia e incide immagini

9.1 Riferimenti bibliografici e articoli tecnico-scientifici

1. Osello A., *Il futuro del disegno con il BIM per ingegneri e architetti*, Torino, DARIO FLACCOVIO Editore, 2012;
2. AA.VV. in *"BIM 7D e gestione delle strutture"*, BIBLUS;
3. AA.VV. in *"BIM 8D: cos'è e quali sono i vantaggi"*, novembre 2021, BiblusBIM;
4. AA.VV. in *"Cos'è il BIM 9D"*, novembre 2021, BiblusBIM;
5. AA.VV. in *"Cosa significa BIM 10D"*, gennaio 2022, BiblusBIM;
6. BAGNI B., in *"Omaggio al padre del BIM: Charles M. Eastman"*, novembre 2020, BimPortale;
7. CAMERINI D. in *"Building Information Modeling (BIM): cos'è, stato di adozione in Italia e nel mondo"* ottobre 2019, Agenda Digitale;
8. SHIMONT P. in *"BIM adoption around the world: how good are we?"* dicembre 2018, Geospatial world;
9. MCAULEY B., HORE A. and WEST R., *BICP Global BIM Study – Lessons for Ireland's BIM Programme*, 2017, Published by Construction IT Alliance (CitA) Limited;
10. COHEN P. and RAPPEPORT A. in *"Trump's Infrastructure Plan Puts Burden on State and Private Money"*, febbraio 2018, The New York Times;
11. AA.VV., in *"BIM Canada, la comunità tecnica è pronta; le istituzioni no"* settembre 2018, BibLusBIM;
12. McCABE B.Y., SHAHI A. e NASRAZADANI H., *3rd Annual BIM Report 2020. A Benchmark of BIM use in Canada*, Toronto, Building Innovation Research Centre, 2021;
13. AA.VV., in *"Che cos'è l'Open BIM"*, iBIMi;
14. Building and Construction Authority, *"The Singapore VDC Guide"*. Version 1.0, 2017;
15. European Commission in *"European Construction Sector Observatory. – Building Information Modelling in the EU construction sector"*, Trend Paper Series, marzo 2019;
16. Nissim L., in *"Cos'è il COBie? una semplice spiegazione"*, 2015, iBIMi;
17. AA.VV., *10th Annual BIM Report 2020*, The NBS, 2021;
18. AA.VV. in *"Il BIM in Francia: entro il 2022 diffusione completa grazie alla piattaforma KROQUT"*, agosto 2018, BibLusBIM;
19. ANNOVAZZI LODI S. in *"Il futuro di Parigi? Si chiama EuropaCity e sarà pronto nel 2024"*, maggio 2018, ElleDecor;
20. VINNITSKAYA I. in *"BIG wins EuropaCity development in Paris"*, Aprile 2013, ArchDaily;
21. Ministère de la transition écologique, in *"Bâtiment et numérique. Le Plan BIM2022"*, maggio 2021, Ecologie.gouv.fr;
22. Ministère de la Cohésion des territoires et des Relations avec les collectivités locales, *"Plan BIM 2022"*, 2018 PARIS;
23. AA.VV. in *"Il BIM in Germania: il Piano pubblico 2015/2020 e i progetti pilota di strade e ferrovie"* settembre 2018, BibLusBIM;
24. Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, *"Stufenplan Digital Planen und Bauen. Einführung moderner, IT-gestützter Prozesse und Technologien bei Planung, Bau und Betrieb von Bauwerken"* dicembre 2015 BERLIN;
25. NISSIM L. in *"Sforzi del settore pubblico per l'adozione del BIM in Europa"*, novembre 2015, iBIMi;
26. AA.VV. in *"BIM in Europa: la diffusione e l'adozione nei singoli Paesi – PARTE 3"*, giugno 2019, BibLusBIM;
27. RIZZARDA C.C. e GALLO G., *La sfida del BIM. Un percorso di adozione per progettisti e imprese*, Pioltello (MI) TECNICHE NUOVE, 2017;
28. HJELSETH E., in *"BIM Understanding and activities"*, 2017;
29. AA.VV. in *"BIM Adoption Nordic Countries"*, BIMspot;
30. European Commission in *"European Construction Sector Observatory. Policy measure fact sheet: Finland coBIM Requirements"*, novembre 2016;
31. RASTI in *"The RASTI Project – A national strategy and roadmap for information management standardization in built environment"* aprile 2018;

32. CARRADORI M. in “*Building Information Modeling: i principi di una rivoluzione*” febbraio 2017, BIS-LAB Building Innovation & skills-lab;
33. Kreider, Ralph G. and Messner, John I. (2013). “*The Uses of BIM: Classifying and Selecting BIM Uses*”. Version 0.9, September, The Pennsylvania State University, University Park, PA, USA;
34. MASSIMO S. in “*BIM uses: cosa sono e perché saranno sempre più importanti nel flusso BIM*” marzo 2020, Ingegno.

9.2 Riferimenti sitografici

1. <https://www.cemexventures.com/discover-how-bim-is-implemented-in-each-phase-of-the-construction-industry> [Ultimo aggiornamento:14.03.2022];
2. <https://biblus.accasoft.com/de/7d-bim-und-facility-management> [Ultimo agg.:14.03.2022];
3. <https://bim.acca.it/bim-8d-e-sicurezza-sul-cantiere> [Ultimo agg.:14.03.2022];
4. <https://bim.acca.it/cose-il-bim-9d/> [Ultimo agg.:14.03.2022];
5. <https://bim.acca.it/cosa-significa-bim-10d> [Ultimo agg.:14.03.2022];
6. <https://www.buildingsmartitalia.org/building-information-modeling-bim-cose-stato-di-adozione-in-italia-e-nel-mondo> [Ultimo agg.:14.03.2022];
7. <https://www.CoRENet.gov.sg> [Ultimo agg.:14.03.2022];
8. <https://www.geospatialworld.net/article/bim-adoption-around-the-world-how-good-are-we/>
9. <https://bim.acca.it/bim-canada/> [Ultimo agg.:14.03.2022];
10. <https://www.ecologie.gouv.fr/batiment-et-numerique> [Ultimo agg.:14.03.2022];
11. <https://www.planen-bauen40.de> [Ultimo agg.:14.03.2022];
12. <https://www.Forsvarsbygg.no> [Ultimo agg.:14.03.2022];
13. <https://rastiprojekti.com/en/the-rasti-project> [Ultimo agg.:14.03.2022];
14. <https://www.Bimalliance.se> [Ultimo agg.:14.03.2022];
15. <https://www.Nationella-riktlinjer.se> [Ultimo agg.:14.03.2022];
16. <https://www.ASSOBIM.com> [Ultimo agg.:14.03.2022];
17. <https://bimexcellence.org> [Ultimo agg.:14.03.2022];
18. <https://www.thenbs.com> [Ultimo aggiornamento:14.03.2022];
19. <https://www.studiosamo.it/glossario/effort/> [Ultimo agg.:14.03.2022];

9.3 Indice delle figure

Figura 1 – La metodologia BIM. Fonte: https://cemexventures.com/wp-content/uploads/2019/11/20191125-proceso-bim-3-1024x988.jpg	11
Figura 2 – L'interoperabilità e il processo BIM. Fonte: https://www.soft.lab.it/wp-content/uploads/2017/11/bim_process.png	12
Figura 3 – La centralità del modello BIM. Fonte: https://www.bimportale.com	13
Figura 4 – Rappresentazione delle dimensioni del BIM. Fonte: https://placetech.net/wp-content/uploads/2019/03/Cartwright-Pickard-7D-BIM-stages.jpg ..	14
Figura 5 – Le 10 dimensioni del BIM. Fonte: https://biblus.accasoftware.com/de/wp-content/uploads/sites/6/2021/09/BIM-Dimensionen.jpg	15
Figura 6 – Paesi BIM più influenti. Fonte: BIM Corner – Governmental information and Nemetschek research.....	16
Figura 7 – USA BIM Roadmap. Fonte: USACE, ERDC TR-06-10.....	17
Figura 8 – Logo del National Institute of Building Sciences. Fonte: National BIM Standard	18
Figura 9 – Schema gerarchico del NBIM-US. Fonte: National BIM Standard	18
Figura 10 – Logo della buildingSMART Canada e dell'Institute for BIM in Canada. Fonte: buildingSMART Canada	19
Figura 11 – BIM Roadmap del Canada. Fonte: buildingSMART Canada.....	20
Figura 12 – Uso e conoscenza del BIM nel Canada. Fonte: University of Toronto, 3rd Annual BIM Report 2020.....	21
Figura 13 – Distribuzione indagine. Fonte: University of Toronto, 3rd Annual BIM Report 2020.....	21
Figura 14 – Adozione del BIM nelle aziende. Fonte: University of Toronto, 3rd Annual BIM Report 2020.....	22
Figura 15 – Uso del BIM in funzione alla dimensione dell'azienda. Fonte: University of Toronto, 3rd Annual BIM Report 2020	22
Figura 16 – Frequenza dei progetti BIM.	22
Figura 17 – Effetto del BIM sui processi organizzativi. Fonte: University of Toronto, 3rd Annual BIM Report 2020.....	23
Figura 18 – Le prime tre barriere dell'adozione del BIM secondo le diverse discipline.	23
Figura 19 – Attitudini dei BIM User e Non-user verso l'adozione del BIM. Fonte: University of Toronto, 3rd Annual BIM Report 2020	23
Figura 20 – BIM Roadmap di Singapore. Fonte: Singapore Building and Construction Authority	24
Figura 21 – Roadmap per l'applicazione della metodologia BIM in Singapore. Fonte: Geospatial.blogs.com.....	25
Figura 22 – Linea temporale applicazione GUIDA BIM a Singapore. Fonte: Geospatial.blog.com	25
Figura 23 – Struttura della VDC di Singapore. Fonte: Singapore VDC Guide su CoRENet.gov.sg	26
Figura 24 – Schema del Singapore VDC Framework. Fonte: Singapore VDC Guide su CoRENet.gov.sg.....	27
Figura 25 – Adozione del BIM nei paesi europei. Fonte: BICP Global BIM – Technological University Dublin	28
Figura 26 – Livelli di maturità BIM in UK. Fonte: BibLusBIM	29
Figura 27 – Uso e consapevolezza del BIM nel UK. Fonte: The NBS BIM Report 2020.....	30
Figura 28 – L'adozione del BIM nel Regno Unito. Fonte: The NBS BIM Report 2020	30
Figura 29 – Uso del BIM in UK in base al settore e alla tipologia di progetto. Fonte: The NBS BIM Report 2020	31
Figura 30 – Vantaggi nell'uso del BIM. Fonte The NSB BIM Report 2020	31
Figura 31 – Schema della piattaforma collaborativa PTNB. Fonte: BicLusBIM.fr	32
Figura 32 – Render del progetto "EuropaCity". Fonte: BIG-BJARKE INGELS GROUP.....	32
Figura 33 – Azioni del Piano BIM 2022. Fonte: PlanBIM.fr	33
Figura 34 – Modello BIM del Rastatt Tunnel. Fonte: Arcien.com	34
Figura 35 – Piano graduale BMVI per l'implementazione del BIM in Germania. Fonte: Stufenplan Digitales Planen und Bau	35
Figura 36 – Logo del BIM Deutschland. Fonte: BIM Deutschland.de	36
Figura 37 – Logo del Mittelstand 4.0. Fonte: Mittelstand-digital.de	36
Figura 38 – Dati raggruppati sull'adozione del BIM in Danimarca secondo il NBS International Report 2016. Fonte: NBS International Report 2016	37
Figura 39 – Distribuzione dell'elaborazione dei requisiti BIM nella versione norvegese delle linee guida BIM di Statsbygg. Fonte: BIM Understanding and Activities	38
Figura 40 – BIM RoadMap 2030 della Finlandia. Fonte: Magicad.com.....	40
Figura 41 – Piattaforma informativa BIM per la standardizzazione svedese. Fonte: BIM standardisation effort the case of sweden.....	41
Figura 42 – BIM Standardisation Efforts – The case of Sweden: Survey Result Q3. Fonte: Hooper, 2014	43
Figura 43 – Triangolo della standardizzazione del BIM in Svezia. Fonte: BIM Alliace Sweden.....	44
Figura 44 – Fase di Pianificazione del progetto secondo la BIM Roadmap svedese. Fonte: BIM Alliace Sweden	44
Figura 45 – Linea temporale di obbligatorietà di adozione del BIM secondo il DM560/2017 e il DM 312/2021	47
Figura 46 – Generico progetto e asset information management ciclo di vita. Fonte: ISO 19650-1:2019.....	48
Figura 47 – Flusso previsto dalla normativa ISO 19650:2019.....	49
Figura 48 – Espansione della fase 5 secondo la ISO 19650-2. Fonte: GRAPHISOFT	49
Figura 49 – Tipologia di azienda intervistata. Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020	52
Figura 50 – Numero di dipendenti presenti nelle associazioni che hanno preso parte al report. Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020	52
Figura 51 – Grado di conoscenza del BIM in Italia. Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020	53
Figura 52 – Percentuale di adozione BIM nei progetti. Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020	53
Figura 53 – Percentuale di uso del BIM nei progetti e previsione dell'uso del BIM in azienda nei prossimi anni. Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020	54
Figura 54 – Percentuale di conoscenza dei vantaggi della metodologia BIM. Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020	54
Figura 55 – Livello di conoscenza del DM 560/2017. Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020	55
Figura 56 – Partecipazione a bandi pubblici con obbligatorietà del BIM. Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020.....	55
Figura 57 – Presenza all'interno delle aziende delle figure professionali con competenze BIM previsti dalla normativa UNI 11337-7. Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020	55
Figura 58 – Principali criticità all'uso del BIM Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020	56
Figura 59 – Livello di adesione alle affermazioni sui vantaggi del BIM Fonte: ASSOBIM. BIM Report Italia 2020	57
Figura 60 – Differenze tra il disegno CAD e il BIM.....	58
Figura 61 – Curve di MacLeamy	61
Figura 62 – Flusso metodologico applicato.....	63
Figura 63 – Classificazione dei BIM Use.....	64
Figura 64 – Model Uses visto come interazione obiettivo-prodotto BIM	65
Figura 65 – Classificazione dei Model Uses	65
Figura 66 – General Model Use.....	66
Figura 67 – Model Uses Settoriali parte 1.....	67
Figura 68 – Model uses settoriali parte 2	68
Figura 69 – Flowchart di identificazione dei Model Uses Settoriali per una commessa edilizia di SISMABONUS.....	69
Figura 70 – Corrispondenza tra i MU Settoriali e i documenti o elaborati tecnici da presentare	71
Figura 71 – Esempio di attività singola: CREARE.	72
Figura 72 – Esempio di attività doppia: ESPORTARE - IMPORTARE.	73
Figura 73 – Evento iniziale (a sinistra) ed evento finale (a destra).....	73
Figura 74 – Evento intermedio: gli elaborati strutturali 2D.....	73
Figura 75 – Il confronto è un tipo di gateway. Nell'immagine sono specificati il flusso entrante (nero), il flusso uscente da un controllo positivo (verde) e il flusso uscente da un controllo negativo (rosso).....	73

Figura 76 – Ambiente (pool) di disegno dei flussi con le tre diverse corsie (lane) per Input, Processo e Output	74
Figura 77 – Tabella degli oggetti di connessione.	74
Figura 78 – Esempio di gruppo: Oggetti Data Strutturali	75
Figura 79 – Scenario A: workflow teorico della metodologia tradizionale.....	76
Figura 80 – Scenario B: Workflow teorico della metodologia mixata (BIM oriented)	77
Figura 81 – Scenario C: Workflow teorico della metodologia full BIM	78
Figura 82 – Mappatura del processo secondo lo scenario A	79
Figura 83 – Prima fase di elaborazione grafica con identificazione di un layout strutturale (software AutoCAD)	80
Figura 84 – Modello analitico della struttura realizzato con DOLMEN	80
Figura 85 – Tipologia di vincoli per strutture in acciaio per differenti giunzioni travi-pilastro (sinistra) o pilastro-fondazione (destra).....	81
Figura 86 – Esempio di tavola grafica strutturale contenete la pianta dei tracciamenti e alcune delle sezioni più significative. (software: AutoCAD)	82
Figura 87 – Mappatura del processo secondo lo scenario B.	83
Figura 88 – Modello fisico generato con Autodesk REVIT 22	84
Figura 89 – Modello Analitico realizzato con DOLMEN	84
Figura 90 – Modello fisico e analitico (software REVIT 22)	85
Figura 91 – Modalità di importazione (<i>sopra</i>) ed esportazione (<i>sotto</i>) dei dati in formato OpenBIM da DOLMEN	86
Figura 92 – Risultato dell'analisi statica visualizzato sul modello analitico (Diagrammi del Momento) con DOLMEN	87
Figura 93 – Risultati dell'analisi strutturale deformata (software: DOLMEN)	87
Figura 94 – Proprietà geometriche di un'asta del telaio (software: DOLMEN)	88
Figura 95 – Informazioni del II genere: Carichi su generico solaio. (software: DOLMEN)	88
Figura 96 – Stralcio di relazione strutturale	89
Figura 97 – Mappatura del processo secondo lo scenario C.	90
Figura 98 – Struttura del CDE secondo la normativa italiana UNI 11337 – 5	91
Figura 99 – Azioni ed eventi della fase di progettazione.	93
Figura 100 – Azioni ed eventi della fase di analisi.	94
Figura 101 – Azioni ed eventi della fase di restituzione	94
Figura 102 – Elementi dell'Effort.....	95
Figura 103 – Tabella di correlazione Ft e tempo impiegato	96
Figura 104 – Correlazione fattore tempo - numero di ore impiegate	96
Figura 105 – Indicatore di complessità	97
Figura 106 – Calcolo dell'Effort per lo scenario B (metodologia BIM oriented)	98
Figura 107 – Calcolo dell'Effort per lo scenario C (metodologia full BIM)	98
Figura 108 – Calcolo dell'Effort per lo scenario A (metodologia tradizionale).....	98
Figura 109 – Tabella riassuntiva Attività -Effort.....	99
Figura 110 – Valutazione Azione-Effort: scenario A (<i>in alto</i>), scenario B (<i>in centro</i>) e scenario C (<i>in basso</i>).....	100
Figura 111 – Confronto completo Azioni-Effort.....	101
Figura 112 – Tabella riassuntiva Scenari-Fasi-Effort.	102
Figura 113 – Influenza dell'Effort nelle fasi a seconda dei differenti scenari	102
Figura 114 – Percentuale di incidenza delle fasi nel processo a seconda della metodologia: Tradizionale (<i>sopra</i>), BIM oriented (<i>al centro</i>) o full BIM (<i>sotto</i>).	103
Figura 115 – Distribuzione complessiva degli Effort	104
Figura 116 – Valutazione variazioni dell'Effort	105
Figura 117 – Azioni da rivalutare o eliminare per rendere più "snello" lo scenario B.	110