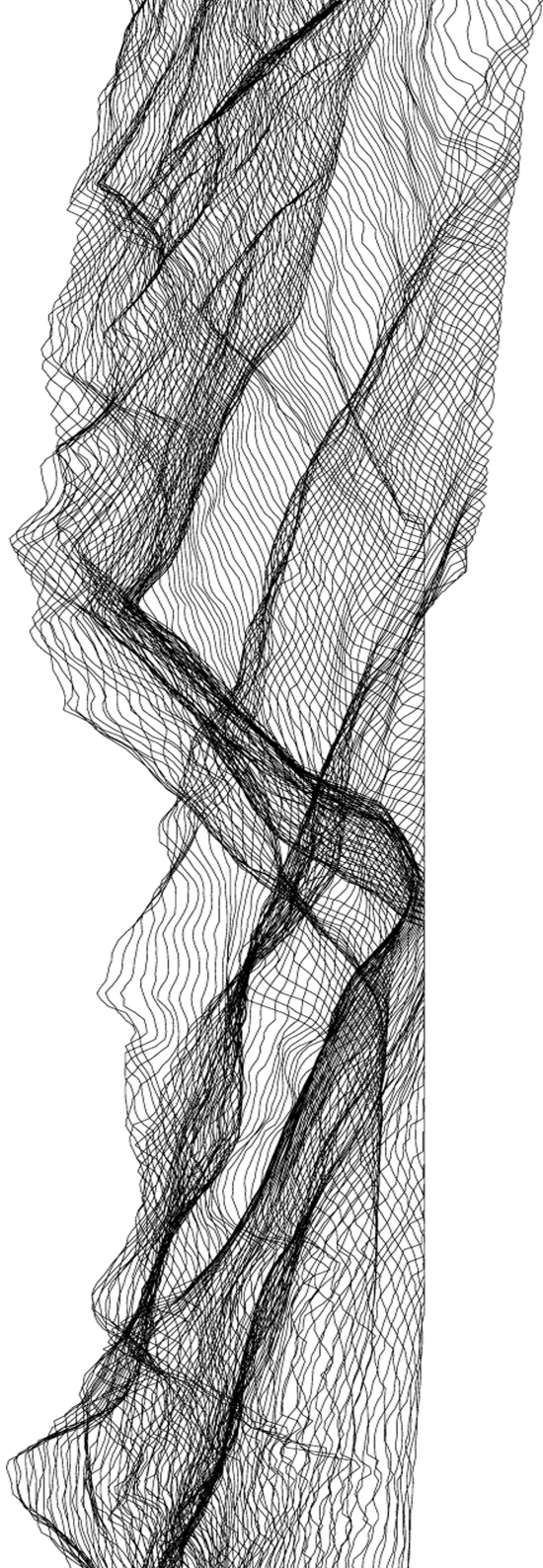


APPROCCIO COMPUTAZIONALE ALLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

SVILUPPO E GESTIONE DI MODELLI INFORMATIVI MULTIDISCIPLINARI PER LA REALIZZAZIONE DI UNA CANTINA VINICOLA A BOLGHERI



Nel quadro di una rinnovata tendenza di profondo cambiamento processuale dettata dalla veloce trasformazione del panorama tecnologico, questo breve elaborato affronta il tema dell'approccio computazionale al campo della progettazione architettonica, cercando di comprendere gli aspetti che ne hanno influenzato l'evoluzione metodologica, analizzando l'infrastruttura software ed indagando la profonda correlazione che si evidenzia tra gli strumenti tecnologici a disposizione ed il processo progettuale contemporaneo.

Allo scopo di comprendere al meglio i vantaggi, le opportunità e le criticità insite nella gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni in relazione alle varie fasi della progettazione, si è scelto inoltre di riportare l'esperienza diretta maturata presso lo studio aei progetti di Firenze, una società di progettazione di eccellenza con quasi 30 anni di esperienza nell'ambito dell'ingegneria strutturale.

Nello specifico, si evince da questo elaborato come, al fine di un processo progettuale più efficace ed efficiente e che punti ad elevati standard qualitativi, l'introduzione delle metodologie informatiche e digitali analizzate sia in grado di offrire vantaggi a beneficio di tutta la filiera delle costruzioni, consentendo ai professionisti e a tutte le figure in gioco di condividere le informazioni utili in modo semplice e trasparente ed esplorando inoltre un campo di confine tra le professioni che si sta sempre più assottigliando.

Alma Mater Studiorum – Università di Bologna
Scuola di Ingegneria e Architettura
Corso di Laurea in Ingegneria Edile – Architettura

APPROCCIO COMPUTAZIONALE ALLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

SVILUPPO E GESTIONE DI MODELLI INFORMATIVI MULTIDISCIPLINARI PER LA REALIZZAZIONE DI UNA
CANTINA VINICOLA A BOLGHERI

Tesi di Laurea in Building Information Modeling
aa 2017-2018

Relatore:

Ing. Simone Garagnani

Correlatore:

Ing. Niccolò De Robertis

Candidato:

Vicci Giannakopoulos

"I don't think equipment could take over. We rely on it a lot and we couldn't do what we do, as we do it, without it. We could still do a good, entertaining show without it, but always those things are down to how u control them, whether you're controlling them, not the other way around."

"It's all extensions of what's coming out of our heads. You've got to have it inside your head to be able to get it out at all anyway, and the equipment isn't thinking of what to do any of the time. It couldn't control itself."

"It's a question of using the tools available when they are available."

Pink Floyd – *Live at Pompeii* – Abbey Road Studios, January 1973

SOMMARIO

INTRODUZIONE	9
EVOLUZIONE DEGLI STRUMENTI: dai primi CAD al BIM	11
1.1 MODELLAZIONE E PROCESSO	12
1.2 MODELLAZIONE 2D: B-Spline, Curve di Bezier e NURBS	15
1.3 MODELLAZIONE 3D: B-rep e CSG	17
1.4 MODELLAZIONE PARAMETRICA OBJECT-BASED	19
1.5 METODO PROGETTUALE TRADIZIONALE	20
1.5.1 DESIGN-BID-BUILD	21
1.5.2 DESIGN-BUILD	22
1.5.3 CONSTRUCTION MANAGEMENT AT RISK	23
1.5.4 INTEGRATED PROJECT DELIVERY	23
1.6 INEFFICIENZE DEL METODO TRADIZIONALE	24
1.7 BENEFICI DEL BIM	25
1.7.1 LIVELLO DI INTEGRAZIONE DEL BIM	26
1.8 BIM E MODELLO VIRTUALE	28
1.8.1 DIGITAL TWIN E BIG DATA	28
1.8.2 LIVELLI DI SVILUPPO	29
1.8.3 DIMENSIONE DEL BIM	31
1.9 INTEROPERABILITA'	34
1.9.1 BUILDINGSMART E FORMATO DI SCAMBIO IFC	36
1.10 IL BIM NEL MONDO	39
1.10.1 QUADRO EUROPEO	47
1.10.2 QUADRO NORMATIVO IN ITALIA	49
PRINCIPALI SOFTWARE E LORO UTILIZZO NEL PROCESSO PROGETTUALE	59
2.1 COMPUTATIONAL DESIGN	60
2.2 PIATTAFORME BIM	63
2.2.1 REVIT	66
2.2.2 ARCHICAD	67
2.2.3 ALLPLAN	67
2.2.4 BENTLEY ARCHITECTURE	68
2.2.5 DIGITAL PROJECT	68

2.2.6 VECTORWORKS	69
2.2.7 TEKLA STRUCTURES	69
2.3 SOFTWARE ALGORITMICO-GENERATIVI	70
2.3.1 GRASSHOPPER	71
2.3.2 DYNAMO	72
2.4 INTEGRAZIONE CON LE PIATTAFORME BIM	73
2.4.1 RHIND - GRASSHOPPER - ARCHICAD - IFC	73
2.4.2 RHIND - ARCHICAD - IFC	74
2.4.3 RHIND - IFC	75
2.4.4 RHIND - REVIT	75
INGEGNERIZZAZIONE DEL PROGETTO: Caso studio Cantina Vinicola "La Cava" a Bolgheri	77
3.1 INQUADRAMENTO PROGETTUALE	78
3.2 OBIETTIVI	81
3.3 SCELTA DEL LINGUAGGIO	84
3.4 GESTIONE DEI FLUSSI INFORMATIVI	89
3.5 METODOLOGIA OPERATIVA	93
3.5.1 CONCEPTUAL DESIGN E PREDESIGN	95
3.5.2 VALUTAZIONE SPAZIALE DEL MODELLO	97
3.5.3 DEFINIZIONE DEL MODELLO STRUTTURALE	105
3.5.4 STIMA PRELIMINARE DEI COSTI	111
3.6 PRODUTTIVITA'	114
CRITICITA'	119
CONSIDERAZIONI FINALI	123
BIBLIOGRAFIA	126
SITOGRAFIA	127
CREDITI IMMAGINI	128
RINGRAZIAMENTI	130

INTRODUZIONE

Tanti sono gli elementi che concorrono alla definizione del panorama architettonico contemporaneo e del processo progettuale. L'analisi approfondita di questo processo restituisce una descrizione strutturata e sistemica delle attività decisionali ed operative che le varie unità di un team di lavoro svolgono per perseguire gli obiettivi di progetto. In architettura infatti, le produzioni sono espressione di sforzi collettivi, esercitati da gruppi formati da molteplici competenze che si affiancano alla figura centrale del progettista. L'opera stessa nasce dunque da un atto di comunicazione e la comunicazione stessa diventa un elemento primario dell'oggetto architettonico.

Dall'incontro di linguaggi diversi e dalla rivoluzione attuata dalla società dell'informazione, nasce un nuovo modo di concepire l'architettura, non più basata sui tradizionali concetti di tipo spaziale.

Negli ultimi anni assistiamo infatti ad una rinnovata tendenza di profondo cambiamento dettata dalla veloce trasformazione del panorama tecnologico a disposizione dei professionisti del settore delle costruzioni. Le varie attività compiute da ciascun attore inoltre, sono oggi supportate da sistemi informativi digitali e, per dare una coerenza completa a tale metodologia, risulta dunque di fondamentale importanza analizzare l'infrastruttura software. Da non sottovalutare, infatti, è la possibilità di utilizzare software specializzati che hanno contribuito ad un mutamento radicale del linguaggio architettonico, individuando nelle potenzialità degli strumenti computazionali nuove possibilità espressive.

Le infinite possibilità aperte dalla moderna tecnologia offrono infatti scenari che ancora non si è cessato di sperimentare. Queste continue e veloci innovazioni sono indice di una evoluzione tecnologica che conduce necessariamente ad un diverso approccio metodologico nel progettare.

La vera evoluzione, il vero progresso, si ottiene però utilizzando le possibilità offerte dalle nuove tecnologie per venire incontro alle rinnovate esigenze dell'architettura e pertanto ci si augura che le nuove generazioni di progettisti giungano ad un uso consapevole del mezzo e ad una padronanza delle procedure di utilizzo che i nuovi strumenti computazionali portano inevitabilmente con sé.

PARTE PRIMA

EVOLUZIONE DEGLI STRUMENTI: dai primi CAD al BIM

"A good craftsman knows his tools, whether the tools involve automation or not."¹



¹ Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston – *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, 2nd Edition – New Jersey, John Wiley & Sons, 2011 (pag. 32)

1.1 MODELLAZIONE E PROCESSO

La parola "processo" non ha una chiara definizione, essendo adoperata in molteplici ambiti anche molto differenti tra di loro: si può infatti parlare di processi biologici, chimici, industriali, sociali, progettuali ecc. Da queste definizioni emerge però un significato comune: *"ogni processo comporta un cambiamento da uno stato iniziale ad uno stato finale"*, ma solo dal contesto in cui si svolge tale processo si può definire univocamente il significato della parola stessa. Inoltre, possiamo dire di comprendere un processo solo quando riusciamo a definire i meccanismi interni che portano all'evoluzione del sistema preso in esame.

In questo elaborato analizzeremo una particolare tipologia di processi: i processi informativi delle costruzioni, ovvero la sequenza di fasi che ha come obiettivo la costruzione fisica di un edificio o di una infrastruttura e che utilizza come veicolo informativo uno o più modelli.

Un modello è generalmente una descrizione schematica o semplificata della realtà, una rappresentazione di qualcosa che, a causa dell'elevata complessità che la caratterizza, sfugge alla percezione diretta.

Un modello è dunque uno strumento per affrontare tale complessità e formalizzarla su un documento utile alla condivisione e comunicazione della conoscenza del processo stesso.

Rappresentare rigorosamente un modello significa infatti individuare le risorse impegnate, le attività svolte, i criteri ed i vincoli di tali attività, i prodotti ottenuti e delinearne poi le loro relazioni in un modo formale.

- **Il modello come strumento descrittivo:** Un modello è prima di tutto uno strumento descrittivo, poiché permette la definizione del processo e che quindi contribuisce alla creazione del prodotto o del servizio. La condizione necessaria per poter descrivere, controllare, valutare, confrontare, ipotizzare ed apportare modifiche ad un processo è avere una visione chiara di tutti gli aspetti che lo compongono.
- **Il modello come strumento di controllo:** Il modello può essere uno strumento utilissimo al quale fare da riferimento durante lo svolgimento del processo. La modellazione può fornire una rappresentazione chiara di come deve essere svolto il processo, definendo le tempistiche e le responsabilità; può fornire anche una metodologia di comportamento comune, presentando documenti, procedure e standard da prendere come riferimento.

- **Il modello come strumento di miglioramento:** Il modello può essere la base e lo strumento per uno studio del processo al fine di migliorarne le caratteristiche. Definiti gli obiettivi che si vorrebbero raggiungere, il modello fornisce tutto il sapere di base per poter iniziare un'attività d'analisi e modifica più o meno radicale.

Risulta dunque chiara l'importanza della corretta modellazione di un processo complesso come quello delle costruzioni.

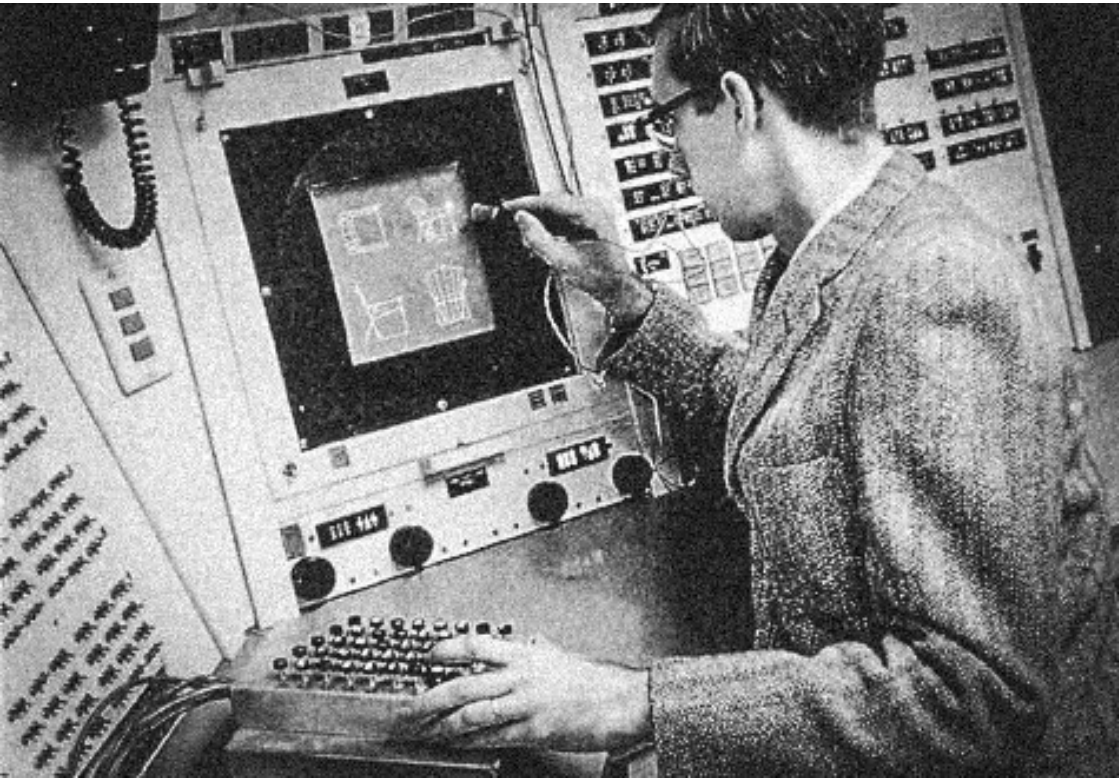


FIGURA 1 – Ivan Sutherland, scienziato e informatico statunitense, vincitore del Premio Turing nel 1988 per l'invenzione del software Sketchpad, predecessore delle interfacce maggiormente utilizzate nella computer grafica

1.2 MODELLAZIONE 2D: B-Spline, Curve di Bezier e NURBS

Lo sviluppo dei primissimi computer, a metà degli anni '40, fu per lo più finanziato da agenzie militari e queste macchine venivano utilizzate principalmente per il calcolo di traiettorie balistiche. In realtà il termine "computer" era originariamente usato per descrivere proprio le persone che prima effettuavano questi calcoli manualmente.

Un decennio dopo, IBM e alcune altre grandi aziende iniziarono a fornire computer alle grandi case del settore della difesa e automobilistico. A poco a poco, vennero sviluppati numerosi programmi per risolvere problemi ingegneristici.

Il termine Computer Aided Design (CAD), ossia progettazione assistita dal calcolatore, si riferisce a software sviluppati appositamente per assistere i progettisti nell'elaborazione di un modello virtuale, bidimensionale o tridimensionale. Quando nel 1960 fu lanciato "Sketchpad", un'interfaccia che consentiva per la prima volta di scrivere con una penna ottica su un display plotter a punti x-y facendo interagire graficamente l'utente con il calcolatore, il CAD era già molto più evoluto rispetto ai computer che avrebbero dovuto farlo funzionare.

Carta e matita sarebbero infatti rimaste per anni la via principale per la progettazione da parte dei 'disegnatori', ma nonostante le difficoltà iniziali, i software CAD sarebbero però diventati a breve il futuro della progettazione e gli strumenti chiave per tutti i settori industriali.

Fu solo a partire dalla metà degli anni 60 all'università di Cambridge, Rochester e Stanford che si iniziarono a fare ricerche approfondite sulla modellazione di curve bidimensionali e superfici tridimensionali, ma i risultati che si ottennero non ebbero alcuna diffusione al di fuori dell'ambito accademico prima degli anni 70, anche a causa della scarsa richiesta da parte del mercato manifatturiero e l'incapacità di comprendere le potenzialità di tali software.

Negli anni successivi iniziarono però a comparire molte aziende informatiche, le quali concentrarono le proprie forze principalmente nello sviluppo di software per il disegno bidimensionale, appurate le potenzialità in termini di riduzione degli errori della rappresentazione grafica computerizzata.

Inizialmente la maggior parte delle ricerche per lo sviluppo di questi modelli matematici furono finanziati dalle case automobilistiche, le quali videro immediatamente l'enorme potenziale dell'impiego dei software CAD nel settore produttivo.

Il termine B-spline (Basis spline) indica una funzione matematica che genera una curva a partire da punti di controllo. Per la semplicità della loro costruzione, la loro facilità e accuratezza di valutazione e la loro capacità di approssimare forme complesse furono largamente utilizzate nella modellazione bidimensionale come strumento per costruire forme morbide e fluide come le scocche delle auto.

Verso la fine degli anni 60 invece, Pierre Bézier, un ricercatore francese presso il dipartimento di ricerca Renault, si occupò dello sviluppo di strumenti per l'elaborazione di curve tridimensionali complesse e arrivò a formulare un metodo per realizzare curve estremamente precise partendo da 2 punti e una linea vettoriale. Con le curve di Bezier, si poneva la base per un ulteriore sviluppo nello studio di superfici e curve complesse.

Nel corso degli anni '70 poi, l'industria del CAD crebbe esponenzialmente e nel 1982 venne rilasciato da Autodesk il primo software CAD di progettazione 2D sviluppato per PC; nasce AutoCAD.

Alcuni anni più tardi la Boeing Company riunì un gruppo di matematici allo scopo di ottenere un modello geometrico onnicomprensivo per la rappresentazione di curve e nel 1983, idearono un nuovo modello matematico con il nome di Non-Uniform Rational Basis Splines, NURBS.

1.3 MODELLAZIONE 3D: B-rep e CSG

I primi sistemi CAD gestivano semplicemente dati bidimensionali, emulando le pratiche di disegno tradizionali. La transizione alle tre dimensioni venne inizialmente eseguita sfruttando la geometria wireframe: punti nello spazio e linee di collegamento. Gli oggetti solidi e le superfici erano definiti semplicemente da linee che rappresentavano i bordi della geometria. Senza ulteriori informazioni, non era però possibile generare immagini ombreggiate né rimuovere le linee nascoste senza l'intervento manuale.

Ovviamente, erano necessari metodi migliori di rappresentazione.

Ci sono stati diversi filoni di ricerca che alla fine hanno portato alla tecnologia di modellazione solida odierna. Un settore in cui la ricerca universitaria ha svolto un ruolo significativo nell'evoluzione dell'industria CAD è stata proprio la modellazione geometrica, sia per quanto riguarda le superfici che la modellazione di solidi.

Fin dal finire degli anni '60 infatti, l'abilità di rappresentare oggetti come composizione di forme poliedriche, e quindi la modellazione tridimensionale, è stata un'importante area di ricerca. Nonostante attività di ricerca fossero condotte in tutto il mondo però, nessun prodotto realmente utilizzabile venne reso disponibile fino al finire degli anni '70 e non è stato fino alla fine degli anni '80 che la modellazione solida è diventata una realtà commerciale.

Nel 1973 venne realizzato un consistente passo avanti grazie agli studi di tre ricercatori: Ian Braid all'Università di Cambridge, Bruce Baumgart a Stanford e Ari Requicha e Herb Voelcker all'Università di Rochester.

Inizialmente vennero sviluppati due approcci differenti alla modellazione solida: B-rep (Boundary Representation) e CSG (Constructive Solid Geometry).

L'approccio B-rep rappresentava gli oggetti solidi come una superficie chiusa e orientata: queste superfici dovevano soddisfare una serie di criteri (orientamento, connessioni, continuità ecc...).

Vennero introdotte delle operazioni elementari per la creazione di forme semplici parametrizzate di varie dimensioni (cubi, sfere, coni, piramidi) e vennero sviluppati comandi di sweep, estrusione e rivoluzione per la creazione di forme più complesse. Un oggetto poteva essere modellato tramite l'aggregazione di più forme semplici che venivano combinate tramite le cosiddette operazioni Booleane – unione, intersezione e sottrazione.

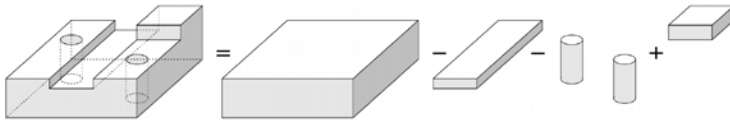


FIGURA 2 – Un esempio di operazioni Booleane di unione e sottrazione

L'approccio alternativo, quello CSG, rappresentava invece le forme come una lista di funzioni combinate in una serie di espressioni algebriche che utilizzavano le stesse operazioni Booleane.

La differenza tra i due principali approcci è sostanziale: la CSG archivia le operazioni utili a definire la forma finale come una lista di formule algebriche che sono editabili e rigenerabili all'occorrenza. Dall'altra parte invece, le B-rep era più immediata e consentiva l'interazione diretta tra l'utente e il modello digitale.

Presto si capì che questi due approcci dovevano essere combinati: questa metodologia ibrida è incorporata in tutti i moderni software di modellazione.

I.4 MODELLAZIONE PARAMETRICA OBJECT-BASED

Un notevole lavoro sulle tecniche di definizione delle superfici, basate sulle precedenti ricerche accademiche, è stato condotto anche in un certo numero di compagnie aeree e automobilistiche. Le industrie manifatturiera e aerospaziale videro infatti il potenziale di questa nuova tecnologia in termini di riduzione degli errori di progettazione, analisi e automazione della produzione e nel corso degli anni '80 i software per la modellazione 3D furono altamente richiesti e soggetti ad un rapidissimo sviluppo.

*"The goal is to create a system that would be flexible enough to entourage the engineer to easily consider a variety of design and the cost of making design changes ought to be as dose to zero as possible."*²

La progettazione parametrica doveva quindi permettere di esplorare una molteplicità di forme e di poterle editare, anche in fase avanzata di progettazione, senza la necessità di ricostruire il modello.

Si rese presto necessaria l'introduzione di "caratteristiche" proprie degli oggetti e che venivano associate alla geometria: era nata la modellazione Object-Based.

Un ulteriore sviluppo dal CAD alla modellazione parametrica fu l'introduzione di parametri condivisi da più oggetti/forme. Ad esempio un muro è definito dal piano di calpestio, dai muri laterali e dal soffitto che lo racchiudono; in altri casi la geometria non è definita da altri oggetti ma piuttosto, globalmente.

Con l'avanzamento dei software parametrici, queste informazioni vennero organizzate in grafici in cui i nodi rappresentano le classi degli oggetti (famiglie) e i le linee rappresentano le interdipendenze tra essi.

Questo tipo di approccio alla modellazione venne ripreso ed implementato negli anni successivi e fu importantissimo per lo sviluppo degli attuali software BIM.

Poiché una modifica ad un parametro può propagarsi ad altri oggetti, lo sviluppo di interazioni complesse ha portato alla necessità di analizzare le modifiche e scegliere automaticamente l'ordine più efficiente per aggiornarle. La capacità di supportare tali aggiornamenti automatici è lo stato dell'arte attuale nella modellazione BIM e parametrica.

² J. Teresco – *Industry Week* – dicembre 1993

1.5 METODO PROGETTUALE TRADIZIONALE

Abbiamo visto brevemente come il CAD abbia modificato, nel corso degli ultimi decenni del ventesimo secolo, le tecniche di rappresentazione del progetto. Il BIM, che sta ormai prendendo piede nel mondo dell'AEC (Architecture, Engineering and Construction), sta cambiando non solo il disegno, che da bidimensionale è diventato tridimensionale, ma sta cambiando profondamente anche il modo di progettare.

Tra le modalità di aggiudicazione degli appalti dei servizi di architettura e ingegneria in vigore negli Stati Uniti, troviamo tre metodi contrattuali principali. Il FAR (Federal Acquisition Regulation) disciplina il procedimento di stipulazione dei contratti pubblici di appalti e servizi, dall'individuazione dei beni o dei servizi di cui le amministrazioni federali intendono avvalersi, alle modalità di selezione dei potenziali aggiudicatori, alla formazione e alla gestione dei contratti.

Un quarto metodo, significativamente differente dagli altri tre, sta prendendo piede parallelamente alla crescita dell'utilizzo del BIM nel settore delle costruzioni.

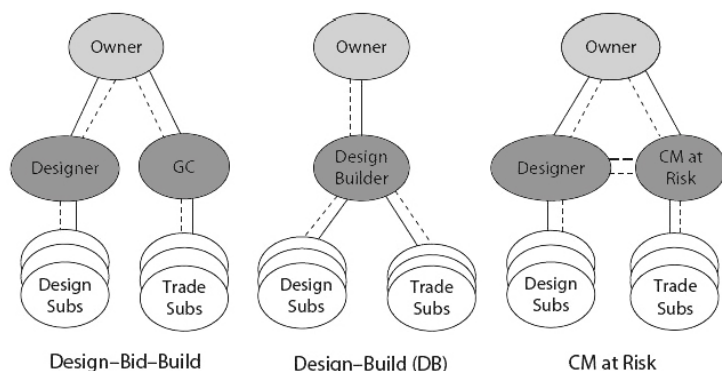


FIGURA 3 – Schema dei tre workflow progettuali più utilizzati negli USA

1.5.1 DESIGN-BID-BUILD

È il metodo più tradizionale ed il più usato. Una sostanziale fetta degli appalti viene concessa mediante questo metodo; negli USA quasi il 90% degli edifici pubblici e circa il 40% degli edifici privati (2002). Il principale beneficio nell'utilizzare questa procedura consiste nella possibilità di raggiungere il prezzo più basso, a beneficio del cliente.

La fase di progettazione e quella di costruzione, vengono gestite separatamente e sequenzialmente: la stazione appaltante avvia due procedimenti distinti, all'esito dei quali saranno stipulati i rispettivi contratti con due aggiudicatari.

Il cliente assume un architetto il quale risulta in carica del progetto nelle fasi di design e di produzione dei documenti contrattuali. Questi documenti (piante, prospetti, visualizzazioni 3D ecc.), devono quindi essere coordinati per riflettere tutti i cambiamenti man mano che vengono identificate modifiche in corso d'opera. La versione finale deve contenere dettagli sufficienti per facilitare le offerte per l'appalto di costruzione. A causa delle alte responsabilità, l'architetto può scegliere di includere meno dettagli nei disegni. Questa pratica spesso conduce a controversie con l'appaltatore, in quanto, rilevati errori ed omissioni, occorre ridistribuire responsabilità e costi aggiuntivi.

La fase due prevede l'ottenimento di offerte da parte degli appaltatori. Ad ogni appaltatore deve essere inviata una serie di disegni e specifiche che vengono utilizzati per formulare una proposta; l'appaltatore vincente è solitamente quello con l'offerta più bassa. Prima che i lavori possano iniziare, è spesso necessario che l'appaltatore ridisegni alcuni delle tavole per riflettere il processo di costruzione e le fasi di lavoro. Se questi disegni sono imprecisi o incompleti, o se peggio si basano su disegni che contengono già errori, incoerenze o omissioni, allora in corso d'opera sorgeranno conflitti. I costi e la perdita di tempo associati a questi conflitti possono essere significativi. Incoerenza, inesattezze e incertezze nel design rendono inoltre molto difficile la produzione di materiali prefabbricati. Di conseguenza, la maggior parte della fabbricazione e della costruzione deve avvenire in cantiere e solo dopo aver stabilito le condizioni esatte in-situ. I lavori di costruzione in loco sono più costosi, più dispendiosi in termini di tempo e inclini alla produzione errori che non si verificherebbero se il lavoro fosse eseguito in un ambiente in cui i costi sono inferiori e il controllo qualità è migliore. Spesso inoltre, durante la fase di costruzione, vengono apportate numerose modifiche al design a

causa di errori precedentemente sconosciuti, condizioni del sito inattese, modifiche alle disponibilità dei materiali, nuovi requisiti del cliente o nuove tecnologie disponibili. Per ogni modifica, è necessaria una procedura per determinare la causa, assegnare le responsabilità, valutare le implicazioni di tempi e costi e indirizzare il modo in cui il problema verrà affrontato e risolto.

La fase finale è la messa in servizio dell'edificio, che si svolge dopo la conclusione della costruzione. Ciò comporta il collaudo della struttura e degli impianti (riscaldamento, raffreddamento, impianto elettrico, impianti idraulici, irrigatori ecc.). Vengono quindi prodotti i disegni finali per riflettere tutte le modifiche apportate al progetto a base d'asta.

Questo processo è dispendioso in termini di tempo, facilmente soggetto a errori e costoso.

1.5.2 DESIGN-BUILD

Questo processo è stato sviluppato per consolidare le responsabilità del design e della costruzione in un'unica entità (appaltatore) e per semplificare le operazioni che spettano al committente.

Il committente contratta direttamente con il team di progetto/costruzione, che generalmente è un appaltatore con capacità progettuali o che lavora con un architetto. L'appaltatore esegue un progetto schematico e, una volta approvato, procede alla stima dei tempi e dei costi per la progettazione e la costruzione dell'edificio. Il progetto definitivo, approvato ancora una volta dal committente, diventa documento contrattuale assieme al budget definito in sede di contrattazioni.

Questo metodo consente di apportare modifiche alla progettazione nelle fasi iniziali, riducendo notevolmente la quantità di denaro e di tempo necessari per incorporare questi cambiamenti nel design finale.

Come risultato di queste semplificazioni, l'edificio viene in genere completato più velocemente, con molte meno complicazioni legali e un costo totale generalmente ridotto.

1.5.3 CONSTRUCTION MANAGEMENT AT RISK

Questo processo è un metodo in cui il committente incarica un designer che si occupa dei servizi di progettazione e un manager per gestire e coordinare le fasi di pre-costruzione e costruzione. Il manager della costruzione è solitamente un appaltatore con licenza che garantisce il costo e la qualità del progetto.

In questo modo si porta il costruttore nel processo di progettazione ad uno stadio in cui può avere un input sostanziale. L'efficienza di questo metodo deriva dal coinvolgimento iniziale dell'appaltatore e dalla ridotta responsabilità del proprietario per costi non previsti.

1.5.4 INTEGRATED PROJECT DELIVERY

Denominato anche IPD, sta diventando progressivamente sempre più popolare; mentre si assiste ad una progressiva espansione dell'utilizzo del BIM, l'industria AEC sta iniziando ad assimilare team di progetto integrati.

I progetti integrati sono caratterizzati da un'efficace collaborazione tra il proprietario, i progettisti ed il principale (e possibilmente i sub-) appaltatore. Questa collaborazione nasce nella progettazione iniziale e continua attraverso la consegna del progetto. Il concetto chiave è che questo team di progetto lavora insieme utilizzando i migliori strumenti di collaborazione a sua disposizione per garantire che il progetto soddisfi i requisiti del proprietario con tempi e costi significativamente ridotti.

I compromessi, che fanno sempre parte del processo di progettazione, possono essere valutati al meglio usando le funzionalità e l'efficacia di processi collaborativi.

L'adozione dell'IPD presenta però i suoi problemi. Poiché la maggior parte dei progetti di costruzione coinvolge soggetti diversi, le pratiche tradizionali non favoriscono il lavoro collaborativo.

La necessità di superare tali sfide è stata uno dei fattori alla base della crescita tecnologica negli ultimi decenni, che ha visto la nascita degli attuali BIM.

Pertanto, vedremo come BIM e IPD rappresentano una chiara rottura con i processi lineari attuali basati sullo scambio di informazioni cartacee.

1.6 INEFFICIENZE DEL METODO TRADIZIONALE

Allo stato attuale, il processo edilizio rimane ancora frammentato e si affida a modalità di comunicazione basate sulla carta. Come è ben chiaro a tutti gli operatori del settore, infatti, l'industria delle costruzioni è afflitta da criticità processuali che ne penalizzano fortemente efficienza e produttività. L'ormai endemica difficoltà a prevedere con buona approssimazione i tempi di realizzazione di un'opera e, di conseguenza, stimarne i costi è l'inevitabile conseguenza di tali criticità.

Errori ed omissioni nei documenti cartacei inoltre spesso causano ulteriori costi imprevisi, ritardi ed eventuali cause legali tra le varie parti.

Uno dei problemi più comuni associati alla comunicazione 2D durante la fase di progettazione sono infatti il tempo e l'impegno considerevoli necessari per generare informazioni critiche per un progetto proposto, tra cui dettagli strutturali, stime dei costi, analisi energetiche e così via. Queste analisi vengono normalmente eseguite per ultime, quando è già troppo tardi per apportare modifiche sostanziali al progetto. Poiché questi processi iterativi non si verificano nella fase iniziale di progettazione, è necessario affrontare le incoerenze, che spesso si traducono in compromessi rispetto al progetto originale.

Occorre sottolineare che il settore delle costruzioni è costellato di una molteplicità di specializzazioni, spesso notevolmente distinte tra loro, che inevitabilmente devono coesistere: tale frammentazione è evidente sia in fase di progettazione (architetti, strutturisti, geotecnici, impiantisti, ecc...), sia in fase di realizzazione (imprese appaltatrici, sub-appaltatrici, costruttori, ecc...).

Come risulta evidente, il processo produttivo di tipo tradizionale non è in grado di gestire tale frammentazione, generando inefficienze gravi.

I.7 BENEFICI DEL BIM

La qualità di un'opera, sia essa un edificio o un'infrastruttura, non può prescindere dalle modalità di produzione e di gestione dei contenuti informativi che la definiscono nei suoi molteplici aspetti. Questi contenuti informativi sono richiesti, prodotti, scambiati, utilizzati ed aggiornati nel corso dell'intero ciclo di vita dell'opera stessa, dalla sua ideazione sino alla sua riconversione o dismissione.

Questa eterogenea massa di dati può oggi essere gestita in modo più efficace ed efficiente, anche in questo settore, attraverso una significativa introduzione delle metodologie informatiche e digitali, come già avviene da tempo in tutti gli altri comparti produttivi o dei servizi.

Con l'avvento dei software 3D è stata infatti progressivamente raggiunta un'altissima complessità in termini di modellazione, ma presto l'attenzione si è spostata dal modello virtuale in sé, alle informazioni che questo poteva contenere. Il termine BIM è l'acronimo di "Building Information Modeling", ovvero "modello informativo della costruzione" e va inteso come una metodologia, un processo che consente di generare un modello virtuale in grado di contenere tutte le informazioni relative al ciclo di vita dell'edificio in oggetto, dalla fase di progetto, alla sua realizzazione, gestione e manutenzione, fino alla sua eventuale demolizione.

Questo obiettivo fondamentale si ottiene consentendo ai professionisti, agli addetti ai lavori, ai committenti e a tutte le figure in gioco, di condividere le informazioni utili in modo semplice e trasparente.

Le informazioni (dimensionali, geometriche, materiche, strutturali, energetiche, ecc...) contenute in un modello BIM e il processo collaborativo tra le diverse figure interessate permettono di arricchire, inserire, estrarre, aggiornare o modificare il modello informativo in modo immediato ed efficace.

Grazie al BIM è dunque possibile creare una virtualizzazione dell'edificio che non sia una mera rappresentazione tridimensionale, ma un modello dinamico: l'edificio viene "costruito" fin dai primi passi e ben prima della sua effettiva realizzazione fisica offrendo la possibilità di analizzare l'oggetto architettonico e valutarne le prestazioni già in fase progettuale.

Il progettista che si avvale della metodologia BIM è dunque decisamente avvantaggiato traducendosi in un abbattimento degli errori progettuali, e quindi in una qualità più alta, una sostanziale riduzione dei costi e dei tempi. Sostituire un ambiente CAD 2D o 3D con un sistema BIM comporta però molto più che la semplice acquisizione del software.

Concettualmente, gli strumenti di modellazione BIM sono sistemi di modellazione parametrica object-based. Sono però diversi perché hanno un proprio insieme predefinito di classi di oggetti, ognuno con comportamenti diversi programmati al loro interno.

L'uso efficace del BIM richiede che vengano apportate modifiche a quasi ogni aspetto del settore delle costruzioni. Si evidenzia inoltre la necessità di una certa comprensione della tecnologia BIM e dei processi correlati ad esso e un piano per l'implementazione prima ancora che la conversione possa iniziare.

1.7.1 LIVELLO DI INTEGRAZIONE DEL BIM

Per quanto riguarda l'utilizzo del BIM nel processo progettuale, i benefici offerti da questa tecnologia dipendono prevalentemente da quanto e in quale fase il team di progetto lavora in modo collaborativo su uno o più modelli digitali.

A questo proposito, un discorso a parte può essere fatto sul livello di maturità del BIM nei processi edilizi (progettazione, costruzione, gestione). A seconda del livello di utilizzo del processo BIM, possiamo individuare 3 stadi o livelli di integrazione:

- **BIM 1.0 (Object-based):** Al primo livello, il processo è assimilabile alle pratiche tradizionali; una volta completata la fase di progettazione si passa alla fase di costruzione e successivamente a quella di gestione. La collaborazione tra le parti è minima e i dati condivisi sono principalmente documenti 2D e modelli 3D semplificati, contenenti solo le informazioni geometriche. All'interno del processo i software BIM vengono utilizzati solo per l'organizzazione del lavoro all'interno della singola disciplina. I modelli tridimensionali creati vengono utilizzati per automatizzare la generazione della documentazione da condividere con i vari soggetti coinvolti.

- **BIM 2.0 (Model-based):** Una maggiore integrazione si ottiene mediante una collaborazione basata sul modello (model-based), cioè quando avviene un interscambio di modelli complessi che contengono tutte le informazioni prodotte nelle varie discipline. Tale cooperazione può avvenire all'interno della stessa fase, ad esempio tra architetto e strutturista, oppure tra le varie fasi. A questo livello ruoli e discipline iniziano a mischiarsi e le fasi a sovrapporsi, è quindi necessario stabilire il livello di dettaglio (LOD) a cui ogni fase dovrà arrivare. Grazie a questa integrazione è possibile cominciare a fare analisi tempistiche (4D) ed estimative (5D) ancora prima di terminare la fase progettuale.
- **BIM 3.0 (Network-based):** A questo livello i vari processi edilizi si sovrappongono e la condivisione dei dati avviene trasversalmente tra tutti i soggetti. I modelli BIM creati a questo livello sono altamente ricchi di informazioni, diventano modelli multidisciplinari e possono essere condivisi ed integrati in tutte le fasi, grazie alla creazione di un server e di una rete attraverso la quale poter accedere a tutte le informazioni riguardanti il progetto.

Questo tipo di collaborazione viene anche denominata Integrated Project Delivery (IPD), concetto che sottolinea un'attività integrata volta alla conclusione del progetto in modo complessivo.

I vantaggi che questo livello di integrazione porta, sono quindi molteplici.

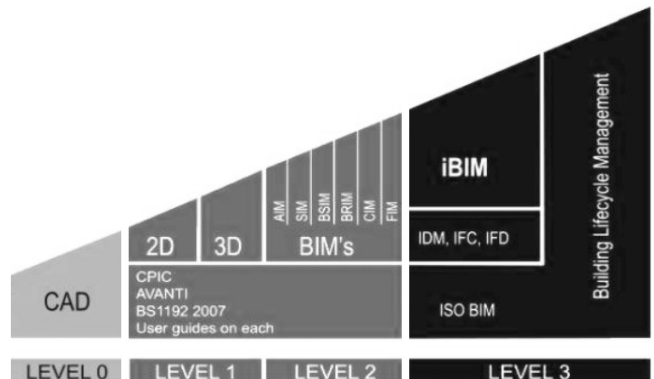


FIGURA 4 – Schema dei tre livelli di integrazione del BIM

1.8 BIM E MODELLO VIRTUALE

Abbiamo visto che operare con la metodologia BIM significa creare un modello virtuale di un edificio riuscendo a prevedere il comportamento dell'edificio reale mediante simulazioni. Disporre di un modello virtuale di un edificio offre potenzialità enormi e sviluppi inimmaginabili fino a qualche anno fa.

1.8.1 DIGITAL TWIN E BIG DATA

Il "Digital Twin" (gemello digitale) è una copia esatta di un oggetto reale sul quale è possibile effettuare test e prove in modo da prevedere eventuali problemi ed errori che potrebbero significare grosse diseconomie in termini di costi e di tempo. Come è facile comprendere, verificare in modo preventivo ogni fase o intervento porta ad una migliorata efficienza dell'intero processo.

Il concetto di Digital Twin è alla base della rivoluzione Industria 4.0.

L'evoluzione tecnologica in atto è caratterizzata infatti da un progressivo spostamento dall'atomo al bit: risulta oggi progressivamente più conveniente effettuare le operazioni sui bit (modelli virtuali) piuttosto che sugli atomi (oggetto reale).

La General Electric, ad esempio, ha esteso da alcuni anni l'applicazione del modello virtuale delle sue turbine anche alla loro manutenzione e controllo. Una turbina reale viene dotata di sensori che comunicano in tempo reale con il modello virtuale: un aereo in volo genera ad esempio circa 500GB di dati a tratta. Questi dati vengono costantemente inviati al "Digital Twin" che è in grado di simulare la situazione operativa e rilevare eventuali malfunzionamenti.

Questa enorme mole di dati viene identificata con il termine "Big Data". Pensiamo allo stesso concetto applicato ad un edificio, sfruttando proprio il modello virtuale messo a disposizione dalla metodologia BIM. Con l'applicazione di vari sensori (temperatura, pressione, umidità, consumo energetico, luminosità, ecc...) si può accedere ad una notevole quantità di dati utili al controllo e alla gestione ottimale delle prestazioni dell'edificio.

1.8.2 LIVELLI DI SVILUPPO

I modelli digitali creati attraverso un processo BIM, come abbiamo visto, sono il risultato dell'aggregazione di molti elementi, i quali contengono dati che ne caratterizzano forma, costo, prestazioni e tutte quelle informazioni utili per lo sviluppo del progetto; per gestire e definire quali tra tutte queste informazioni siano necessarie alle varie fasi di elaborazione del progetto, sono stati introdotti i "Livelli di Sviluppo" (LOD) dall'inglese "Levels of Development".

I LOD, da non confondere con i livelli di dettaglio, non si riferiscono esclusivamente alla qualità della rappresentazione grafica ma piuttosto al contenuto informativo dell'elemento modellato.

I vari livelli, che partono da LOD 100 e arrivano a LOD 500, sono stati definiti dall'AIA (American Institute of Architects) per definire la rappresentazione e l'accuratezza minimi relativi ad ogni grado di complessità.

I LOD servono quindi per monitorare il progressivo sviluppo di ogni elemento dalla fase concettuale al collaudo. Ogni livello richiede dei requisiti minimi di informazioni che i singoli componenti dovranno contenere e per ogni livello successivo i requisiti necessari verranno a sommarsi a quelli precedenti. Un elemento, per appartenere ad un determinato livello, deve quindi soddisfare tutti i requisiti richiesti anche dai livelli inferiori.

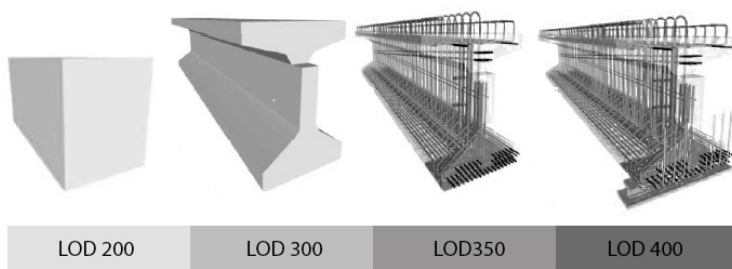


FIGURA 5 – Esempio di visualizzazione di un elemento trave in ca. ai vari livelli di sviluppo

- **LOD 100:** Gli elementi del modello a questo livello di sviluppo possono essere rappresentati genericamente da un simbolo, non necessariamente fedele per forma, estensione o localizzazione. Sono una approssimazione indicativa, solamente grafica che consenta analisi concettuali. Ad esempio per studi di fattibilità oppure fasi di concept.
- **LOD 200:** elementi approssimati per quantità, dimensioni, forma e posizione; possono anche contenere informazioni non esclusivamente geometriche come ad esempio delle stime di costo semplificate o con la possibilità di comportarsi come link verso documenti informativi a loro allegati.
- **LOD 300:** elementi rappresentati graficamente nel modello, possiedono dimensioni, forma, orientamento, posizione ed informazioni generiche non grafiche, mantenendo la possibilità di comportarsi come link verso documenti loro allegati. A questo livello si possono fare stime dei costi dettagliate e analisi energetiche.
- **LOD 350:** aggiunto successivamente per sopperire all'esigenza di maggior dettaglio nel momento in cui i progettisti collaborano con i costruttori, adatto alla fase di costruzione. Il grado informazioni contenute nell'elemento è paragonabile a quello delle schede tecniche fornite dai subappaltatori. Si ha la possibilità di integrare parametri di relazione con altri insiemi di elementi presenti nel progetto; in tal modo, distanze reciproche, lunghezza di tracciati o componenti, vincoli e rispetti possono essere quantificati direttamente dal modello, senza riferirsi a documenti specifici.
- **LOD 400:** questo livello di sviluppo è usato per modelli che presentano una complessità ancora maggiore. Include informazioni tecniche e dati sulla forma, quantità, dimensione, posizione, dettagli di assemblaggio, istruzioni di posa o l'installazione e caratteristiche di fabbricazione.
- **LOD 500:** l'elemento, dopo la sua effettiva costruzione fisica, viene verificato in termini di geometria e caratteristiche prestazionali per riflettere le condizioni "as built". Può contenere attributi e informazioni utili alla gestione e alla manutenzione. Utile in fase di collaudo e in fase di gestione.

1.8.3 DIMENSIONE DEL BIM

L'avanzamento delle fasi di progetto e del livello di sviluppo nel processo BIM generano un modello che gradualmente viene arricchito di informazioni che permettono di effettuare analisi e simulazioni. Come detto in precedenza, la creazione di questi modelli informativi ha esteso il campo di applicazione dimensionale del BIM, andando ben oltre la mera visualizzazione tridimensionale del progetto ed introducendo i concetti di modellazione 4D (gestione temporale della fase di costruzione) e modellazione 5D (gestione e la stima dei costi del progetto).

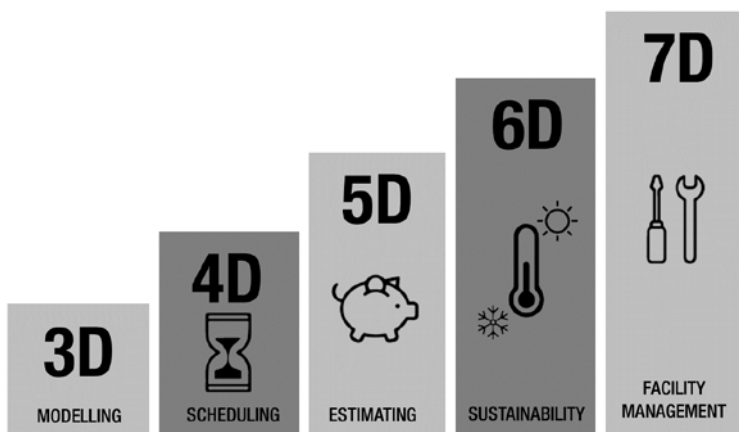


FIGURA 6 – Schema dei sette livelli dimensionali del BIM

- **BIM 2D**: Il disegno bidimensionale fa tuttora parte dei processi BIM 1.0 e 2.0 (livelli di integrazione del BIM), in cui il flusso di lavoro è basato sull'utilizzo congiunto di un modello tridimensionale intelligente e di elaborati cartacei. In questi casi di transizione da CAD a BIM, gli errori e i conflitti tra le parti, dovuti al rapporto duale tra 2D cartaceo e modello 3D, possono essere numerosi.
- **BIM 3D**: Il BIM viene comunemente associato alla modellazione 3D, le cui funzionalità di base possono essere ricondotte alla visualizzazione tridimensionale del progetto, produzione di render e verifiche di interferenza tra gli elementi (clash detection).

Le possibilità di utilizzo più avanzate di un modello 3D dipendono però principalmente dal livello di definizione del modello e dalle informazioni contenute in ogni elemento.

Ad esempio, le informazioni necessarie per uno studio degli ombreggiamenti sono esclusivamente le masse concettuali dell'edificio, la geolocalizzazione, l'orientamento e il contesto del sito mentre, al contrario, un'analisi energetica richiederà un livello di dettaglio del modello 3D molto più elevato; ad esempio il modello dovrà contenere informazioni riguardanti le caratteristiche termiche e prestazionali dell'involucro, il sistema di riscaldamento, la zonizzazione interna ecc. Solitamente, per una migliore organizzazione del progetto, vengono creati dei sottomodelli per le singole discipline (architettonico, strutturale, impiantistico, etc.) sui quali è possibile eseguire le analisi volute, senza dover necessariamente eseguire analisi e simulazioni su modelli contenenti informazioni superflue.

Nonostante lo sforzo iniziale per creare il modello tridimensionale, la modellazione 3D presenta inoltre dei vantaggi enormi per quanto riguarda l'apporto di modifiche, le quali vengono aggiornate automaticamente in tutte le viste (piante, sezioni, prospetti, viste assometriche) oppure nel caso di edifici complessi, in cui il disegno manuale delle sezioni risulta problematico.

Un'altra funzionalità molto utile è il clash detection, o anche verifica delle interferenze, che consente di individuare i conflitti e gli errori generati dalla sovrapposizione di elementi all'interno del modello, dove i conflitti più frequenti si verificano tra impianti e parte architettonica/strutturale. Un ulteriore strumento di verifica del progetto è il code diecking che introduce la possibilità della convalida del progetto in riferimento alle norme edilizie. Se utilizzato fin dalle fasi iniziali di progetto, la possibilità di incorrere in errori che inevitabilmente causerebbero un dispendio maggiore di tempo e di costi, viene ridotta, potendo, in ogni momento, verificare il rispetto degli standard e delle normative.

- **BIM 4D (Time):** La quarta dimensione del BIM, rappresenta la scansione temporale all'interno del progetto e viene utilizzata per animazioni (video-render) o per simulare la sequenza dei lavori in fase di costruzione.

La gestione temporale del progetto, grazie alle informazioni contenute nel modello BIM, risulta essere la parte più interessante nel processo BIM se si considera che i dati del modello possono essere usati per programmare le sequenze costruttive, realizzare uno scheduling preciso e dettagliato, pianificare le operazioni di logistica e organizzare il cantiere in modo da ridurre i tempi morti e da prevedere le misure di salute e sicurezza necessarie sul sito, durante l'avanzamento del progetto.

- **BIM 5D (Cost):** Il modello BIM, data la sua natura di database informativo, si presta molto bene ad agevolare le procedure di stima dei costi. Infatti quando si tratta di stimare le quantità di materiali e componenti, si parla di quinta dimensione. Questa predisposizione del BIM rende le operazioni di stima molto più precise e rapide rispetto ai metodi tradizionali. Grazie agli automatismi che si generano tra modello e stima, è possibile analizzare le variazioni in relazione a materiali e componenti utilizzati all'interno del progetto in tempo reale (*real-time cost estimating*). Attraverso l'utilizzo di software specifici è possibile stimare i costi per l'intero ciclo di vita dell'edificio (*life-cycle cost*), che comprendono dunque i costi complessivi di tutte le fasi.
- **BIM 6D (Sustainability):** La sesta dimensione consiste nell'analisi della sostenibilità ambientale del progetto, fornendo una valutazione accurata del fabbisogno energetico dell'edificio. Il BIM 6D permette quindi una semplificazione delle procedure per ottenere le certificazioni energetiche.
- **BIM 7D (Facility Management):** Quest'ultima dimensione consiste nella gestione dei servizi e della manutenzione del costruito (*Facility and Maintenance Management*). Se si considera infatti il modello BIM come una rappresentazione virtuale dell'edificio (*Digital Twin*), basata su oggetti intelligenti, il suo utilizzo per la creazione di liste di apparecchiature e componenti risulta alquanto semplificato. Tali liste risultano molto utili per i sistemi di *Facility Management* oppure per i sistemi computerizzati di gestione della manutenzione.

1.9 INTEROPERABILITA'

A supporto dei vari ambiti delle fasi di progettazione e costruzione sono disponibili molteplici applicazioni con requisiti di sovrapposizione dei dati.

Come abbiamo visto inoltre, in campo edilizio le attività utili alla progettazione, costruzione e manutenzione di un edificio vengono svolte da molteplici figure professionali che necessariamente collaborano tra loro. Tuttora non esistono applicazioni software in grado di gestire globalmente i lavori svolti queste figure; si è resa dunque necessaria la nascita di strumenti che consentano lo scambio di dati (informazioni) tra applicazione e applicazione e tra professionista e professionista.

Per interoperabilità s'intende la capacità di scambiare dati tra applicazioni, consentendo di uniformare i flussi di lavoro e, talvolta, facilitarne l'automazione. Tale caratteristica riduce al minimo la necessità di copiare manualmente i dati già generati in altre applicazioni. Se i dati di progetto parziali vengono copiati manualmente, l'iterazione, necessaria per trovare le soluzioni migliori a problemi complessi, come la progettazione strutturale ed energetica, viene disincentivata. Inoltre si generano errori, poiché la copia manuale comporta inevitabilmente un certo livello di incoerenza, e viene limitata significativamente anche l'automazione delle prassi commerciali.

L'interoperabilità è dunque requisito fondamentale affinché i progetti sviluppati con una metodologia BIM beneficino di tutte le risorse finora illustrate.

Questa esigenza è diventata, oggi, uno dei principali cambiamenti richiesti al mondo dell'industria delle costruzioni per ottenere una completa integrazione e collaborazione tra le parti interessate al processo edilizio.

L'interoperabilità supporta funzionalità diverse e risolve vari problemi nello scambio di dati tra tre tipologie di applicazioni BIM, intese come strumenti, piattaforme e ambienti. La forma più comune e importante di interscambio di dati è quella che si verifica tra una piattaforma BIM e un insieme di strumenti da essa supportati. I più comuni sono gli strumenti destinati all'analisi, come quelli per l'analisi strutturale o termica, oppure applicazioni per il computo metrico, il cronoprogramma e i documenti di appalto.

In questi casi si assiste alla conversione di specifiche porzioni del modello di dati nativo della piattaforma (ossia, la struttura di dati che la piattaforma utilizza internamente).

Lo scambio piattaforma-strumento è la forma principale di interoperabilità, supportata sia dallo scambio diretto applicazione-applicazione sia da formati di scambio neutrali. Lo scambio dati piattaforma-strumento può essere complesso ma la grande sfida dell'interoperabilità è quindi rappresentata dallo scambio piattaforma-piattaforma. A tale scopo si considerano non soltanto le piattaforme di progettazione come ArchiCad, Revit o Digital Project, ma anche le piattaforme di modelli costruttivi come Tekla, Structureworks ecc. In tali piattaforme sono incorporati sia un'ampia gamma di dati, sia le regole per la gestione dell'integrità degli oggetti.

Oggigiorno i set di regole supportati dalle differenti piattaforme BIM presentano una somiglianza solo limitata, portando inevitabilmente ad un difficoltoso scambio di informazioni tra le varie piattaforme o addirittura tra le differenti versioni dello stesso software. Questo anche perché non si tratta soltanto di tradurre un modello in un altro formato, bensì comporta la mappatura di specifiche informazioni di modello, a partire da quelle definite per un'applicazione, rispetto alle informazioni logicamente coerenti richieste da un'altra applicazione. Nei casi più semplici, la conversione è di tipo sintattico e non implica cambiamenti semantici. Tuttavia, molti scambi richiedono competenze integrate in grado di interpretare le informazioni del progetto che hanno un certo significato rispetto ad altre informazioni con altri significati.

Per definire in maniera inequivocabile le condizioni di scambio delle informazioni, si rendono dunque necessari dettagliati standard tecnici, dato che i dati vengono trasferiti tra tipi di software diversi e le informazioni prodotte da essi sono spesso specifiche e differenti per i vari campi di studio. I tradizionali formati di scambio dei file (.dxf, .dwg, .clwf e .pdf) sono divenuti inadeguati per gestire questa complessità e con la comparsa di nuovi standard sono nati anche nuovi formati per lo scambio dei dati.

Allo stato attuale questo scambio avviene, tipicamente, in uno dei seguenti modi:

- Link diretto: mediante collegamenti interni al software BIM stesso.
- Tramite formati di scambio proprietari
- **Tramite formati di scambio aperti (IFC e XML):** quest'ultima modalità risulta come la migliore per ottenere una completa condivisione del progetto tra diverse applicazioni e in tale direzione si stanno facendo molti sforzi per la definizione degli standard che riguardano l'intero settore delle costruzioni.

1.9.1 BUILDINGSMART E FORMATO DI SCAMBIO IFC

Ciò che risulta fondamentale per la collaborazione tra le varie parti è la modalità di interscambio, indipendentemente dai particolari strumenti utilizzati da ogni singola figura professionale.

Essendo cresciuta la ricchezza dei dati dell'edificio, le problematiche dello scambio dei dati sono passate da una mera conversione precisa al filtraggio delle informazioni necessarie e alla qualità delle informazioni.

Negli anni sono stati infatti effettuati diversi studi al fine di sviluppare rapporti efficaci d'interoperabilità. Negli Stati Uniti, a metà degli anni 90, già si lavorava sulla ricerca di un linguaggio di interscambio dati che potesse supportare diversi programmi informatici. Lo scopo era quello di sviluppare un nuovo standard facilmente accessibile a tutti, a dimostrazione dell'evidente vantaggio economico.

Questa affermazione risulta particolarmente vera nel caso in cui diverse organizzazioni collaborino come una squadra di progetto. Aumentare l'interoperabilità dei differenti sistemi utilizzati dalla squadra è molto più semplice e vantaggioso che costringere tutte le aziende a usare un'unica piattaforma. Il settore pubblico vuole inoltre evitare una soluzione di proprietà che conceda una sorta di monopolio a una piattaforma software.

Nell'ottobre del 1995 venne così fondata l'IAI (Industry Alliance for Interoperability), la quale nel gennaio del 1997 istituì l'IFC (Industry Foundation Classes), un innovativo formato di scambio non più legato ad una singola azienda, ma liberamente disponibile.

IFC e CIS/2, standard pubblici riconosciuti a livello internazionale, diventeranno probabilmente lo standard per lo scambio dei dati e l'integrazione all'interno delle imprese di costruzione del settore AEC.

L'IAI (ribattezzata BuildingSMART nel 2005) è un'organizzazione internazionale che lavora a sostegno della diffusione mondiale del BIM.

*"Contribute to the sustainable built environment through SMARTER information sharing and communication using open international standards in the building and construction sector, private and public."*³

BuildingSMART guida lo sviluppo di standard aperti, strumenti e formazione riconosciuti a livello internazionale per supportare la più ampia diffusione del

³ <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/>

Building Information Modeling da parte del settore Architecture Engineering & Construction (AEC) e del Facility Management (FM). Si tratta di un'organizzazione senza scopo di lucro con sedi regionali in Europa, America settentrionale, Australia, Asia e Medio Oriente.

BuildingSMART è dunque una associazione nata per contribuire alla promozione e allo sviluppo di pratiche innovative nel comparto edilizio, agevolando la digitalizzazione (il "passaggio al BIM") della filiera delle costruzioni attraverso l'adozione degli standard aperti come l'IFC.

Le Industry Foundation Classes Data model (IFC) sono delle specifiche aperte, internazionali e standardizzate per i dati BIM che vengono scambiati e condivisi tra le applicazioni software utilizzate dai vari partecipanti a un progetto di costruzione o gestione di un edificio. Le IFC definiscono un unico modello di dati object-oriented relativo a un manufatto, interoperabile tra tutti gli applicativi conformi, permettendo di scambiare informazioni in maniera accurata e senza errori durante tutto il suo ciclo di vita, senza che il software debba supportare numerosi formati nativi. Questo perché è un formato aperto, neutrale e indipendente dai piani di un particolare sviluppatore di programmi; è quindi possibile ottimizzare il processo, scambiando file in formato IFC tra software di diverse case produttrici senza dover perdere tempo per importare, adattare e a volte rifare il modello nel passaggio da un programma a un altro.

Sono state rilasciate numerose versioni; l'ultimo aggiornamento del modello di dati è IFC4, rilasciato nel marzo del 2013.

Con l'introduzione dell'IFC si punta a migliorare il complesso dialogo e la scarsa collaborazione tra gli attori che intervengono nel processo edilizio, attraverso l'arricchimento dell'interoperabilità del software che essi utilizzano e, ad oggi, sono in costante aumento le case produttrici di software che hanno scelto di adottare questo protocollo.

Nel 2010 BuildingSMART ha sviluppato una procedura (IFC Certification 2.0) per migliorare significativamente la qualità e il servizio offerto alle società di software.

La procedura di certificazione del software ha lo scopo di promuovere implementazioni coerenti e affidabili delle specifiche IFC da parte di molti fornitori di software su più applicazioni. Essa risponde alla forte domanda nata per migliorare la qualità delle interfacce software e per rafforzare la rigidità della certificazione: per gli utenti finali dei software IFC, è essenziale

sapere che il prodotto che stanno utilizzando è veramente interoperabile. Per questo motivo, il servizio di certificazione è accessibile da tutti i membri, e risulta un test totalmente indipendente dai fornitori dei software certificati e molto apprezzato da essi.

Questo è un elenco di alcuni dei software attualmente certificati.

Software Developer	Software Application	Exchange Requirement	Status
ACCA Software SpA	Edificius	Architecture	Export: certified Import: certified
	EdiLus	Structural	Export: certified Import: certified
Autodesk	AutoCAD	Architecture	Export: certified Import: in progress
	Revit	Architecture Structural	Export: certified Import: certified
Bentley Systems	AECOSim Building Designer	Architecture Structural	Export: certified Import: certified
Graphisoft	ArchiCAD	Architecture	Export: certified Import: certified
Nemetschek	Allplan	Architecture	Export: certified Import: certified
	Vectorworks	Architecture	Export: certified Import: certified
	Scia Engineer	Structural	Export: certified Import: certified
Tekla	Tekla Structures	Structural	Export: certified Import: certified

1.10 IL BIM NEL MONDO

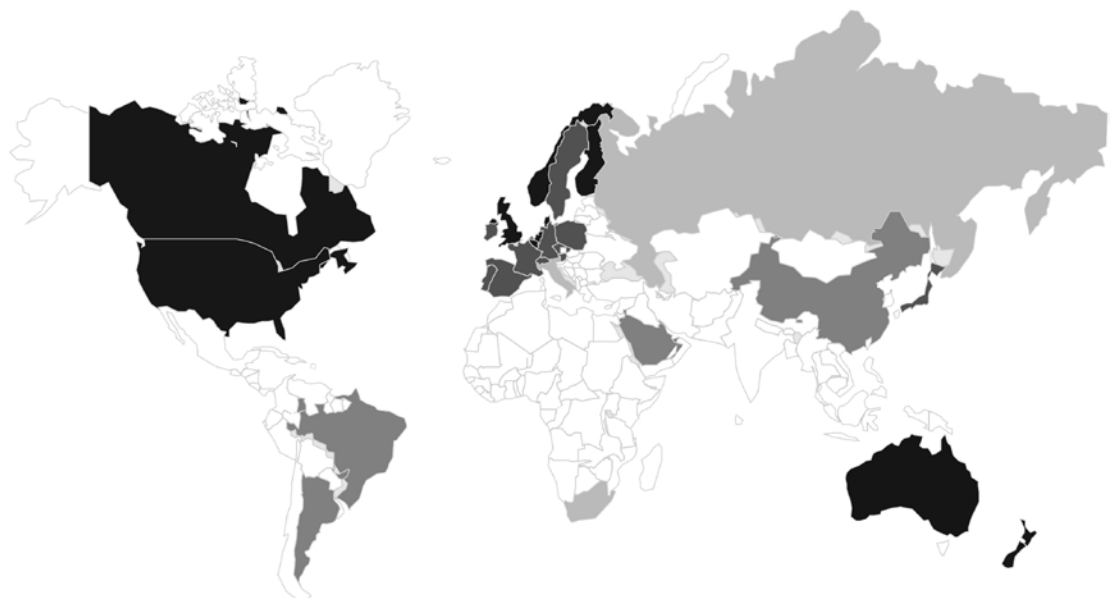


FIGURA 7 – Adozione delle tecnologie BIM nel mondo

Non c'è dubbio che l'adozione del BIM nel settore AEC abbia fatto molta strada da quando è stata introdotto il termine nel 2002.

La maggior parte delle grandi aziende in tutto il mondo utilizza il BIM su molti dei loro progetti, e diversi sforzi sono stati compiuti nei paesi più sviluppati dalle autorità dell'edilizia e delle costruzioni per promuovere, normare e allo stesso tempo sfruttare le enormi potenzialità di questa nuova tecnologia.

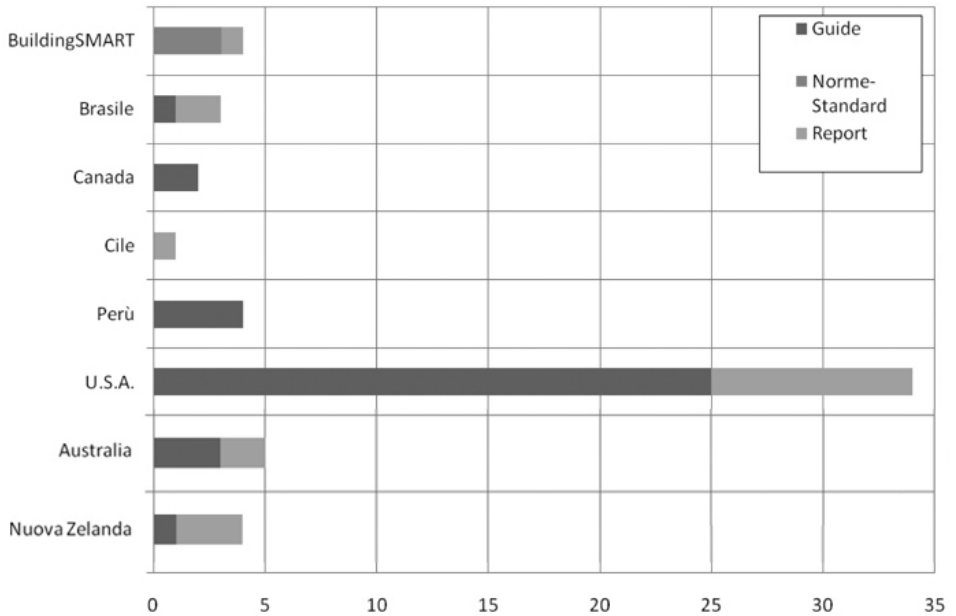


FIGURA 8 – Livelli di adozione di normative o guide relative all'utilizzo di tecnologie BIM in America e Oceania

- USA

Negli Stati Uniti, diversi enti stanno lavorando sul tema da alcuni anni, ma la diffusione e regolamentazione del BIM è curata prevalentemente dal GSA (General Services Administration) che è responsabile della costruzione di tutte le strutture federali. Nel 2003 la GSA ha istituito un programma nazionale 3D-4D BIM non solo incentivando l'uso del BIM, ma anche l'applicazione delle tecnologie 3D e 4D come implemento dalle tecnologie classiche bidimensionali.

Negli USA viene riconosciuto quindi che una rappresentazione geometrica tridimensionale è solo una parte del concetto BIM e non tutti i modelli 3D si qualificano come modelli BIM. Tuttavia, anche i modelli 3D classici sono molto più adatti a comunicare i concetti della progettazione rispetto ai disegni 2D. Dunque se il BIM non può essere implementato su un progetto, vengono promosse tecnologie di modellazione 3D.

La GSA, tuttavia, ha reso obbligatorio l'utilizzo del BIM per la convalida spaziale su tutti i suoi progetti a partire dal 2007. Ciò consente ai team di progettazione GSA di convalidare i requisiti degli spazi richiesti, aree, rapporti di efficienza e così via in modo più preciso e rapido rispetto ai tradizionali approcci 2D.

Un ruolo importante è inoltre rivestito dal National BIM Standard-US Project Committee, un comitato di lavoro della buildingSMART, il cui mandato è quello di migliorare il processo di pianificazione, progettazione, costruzione e manutenzione utilizzando un modello informativo standardizzato, in un formato utilizzabile da tutti. Un ulteriore sforzo è stato fatto verso il code-checking automatico. La codifica delle regole, vale a dire la trasformazione di migliaia di codici cartacei in regole interpretabili dai calcolatori, è diventata la sfida principale degli ultimi anni intrapresa dall'International Code Council (ICC).

- **CANADA**

L'IBC (Institute for BIM in Canada) sta coordinando l'utilizzo del BIM nelle fasi di progetto, costruzione e gestione dei progetti nel paese. Le priorità dell'IBC includono un programma di sensibilizzazione, un manuale di pratica, una bibliografia di risorse utili e una valutazione completa della scansione ambientale sull'uso del BIM in Canada.

Nel 2011, il National Research Council ha pubblicato l'Environmental Scan of BIM Tools and Standard. Il rapporto individua complessivamente 79 software commerciali disponibili ed utilizzabili nel settore dell'AEC, distinguendoli in base alle fasi di pianificazione e progettazione, realizzazione e gestione. Dalla relazione emerge che l'utilizzo del BIM è maggiore nella prima fase legata alla progettazione.

- **AUSTRALIA**

L'utilizzo del sistema BIM in Australia si concentra sullo sviluppo dell'industria delle costruzioni al fine di adottare modelli digitali e tecnologie integrate per rispondere a nuove regolamentazioni, migliorare l'efficienza, affrontare i problemi ambientali e di ciclo di vita ed aumentare la competitività internazionale. Tale obiettivo è stato promosso dal Built Environment Digital Modeling Working Group, un'iniziativa congiunta del Built Environment Industry Innovation Council (BEIIC) e dell'Information Technology Industry Innovation Council (ITIIC).

Un ruolo importante assume anche il National Specification System (NATSPEC), un'organizzazione costituita da architetti, costruttori e proprietari immobiliari che operano attraverso associazioni professionali e gruppi governativi al fine di migliorare la qualità dei processi di costruzione attraverso la fornitura di informazioni, strumenti, prodotti e servizi. Nel 2012 il NATSPEC ha pubblicato la National BIM Guide, che aiuta a ridurre confusioni e incongruenze da parte di clienti e consulenti, e il BIM Management Plan Template che definisce una guida su come deve essere eseguito un progetto, monitorato e controllato attraverso il BIM e soprattutto attraverso lo sviluppo di un piano di lavoro come guida dell'intero processo edilizio. Ulteriore iniziativa è il Cooperative Research Centre (CRC) for Construction Innovation, un centro di ricerca concentrato sullo sviluppo di tecnologie, strumenti e sistemi di gestione per migliorare il settore dell'industria delle costruzioni.

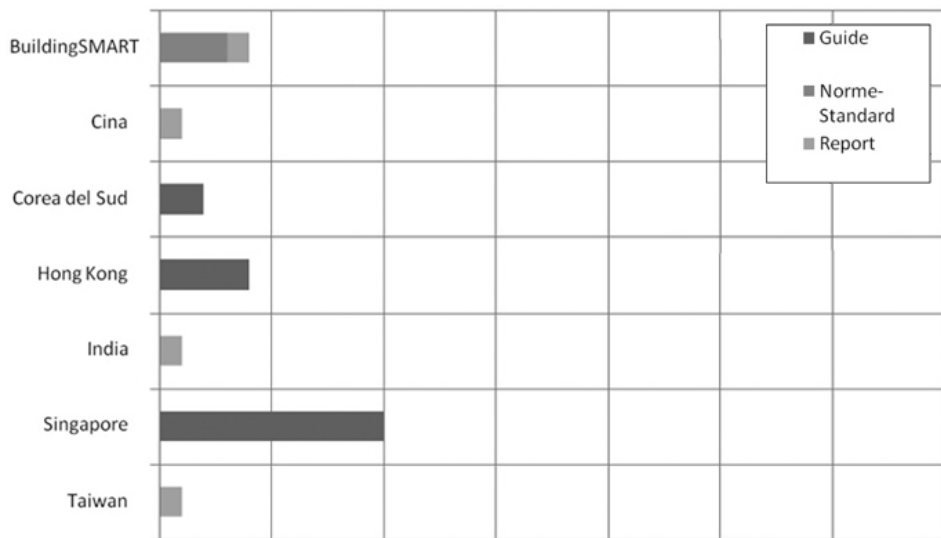


FIGURA 9 – Livelli di adozione di normative relative all'utilizzo di tecnologie BIM in Asia

- **SINGAPORE**

Singapore è stato uno dei primi stati a realizzare l'enorme potenziale della progettazione model-based. Ancora prima che venisse coniato il termine BIM, negli anni '90 Singapore aveva implementato un sistema per il code-checking automatico dei progetti. Naturalmente, era necessario presentare un modello tridimensionale informativo.

Negli ultimi anni, in collaborazione con BuildingSMART, la BCA (Building and Construction Authority) ha attuato una politica di forte incentivo per spingere l'industria delle costruzioni all'utilizzo del BIM. Ad esempio nel 2010, con l'intento di facilitare la transizione dal CAD al BIM, sono stati creati dei template per la presentazione dei progetti, è stata creata una libreria di oggetti come anche un set di linee guida ed è stato stanziato un fondo destinato a corsi di aggiornamento. Un altro passo importante è stato fatto dalle Università, che ad oggi offrono regolarmente corsi, workshop e seminari sul BIM.

Attualmente a Singapore sono in atto una serie di azioni in cui collaborano il settore industriale, gli enti pubblici, gli istituti di formazione e gli enti governativi al fine di attuare una strategia di implementazione del BIM.

- **CINA**

Negli ultimi anni la Cina ha operato numerose iniziative per bilanciare la propria economia, la protezione ambientale e si è aperta a riforme soprattutto nel campo delle costruzioni e dell'industria. Uno dei punti chiave di questa riforma sulla sostenibilità sono gli edifici ad alta efficienza energetica e di conseguenza l'utilizzo di tecnologie innovative come il BIM sta prendendo velocemente piede.

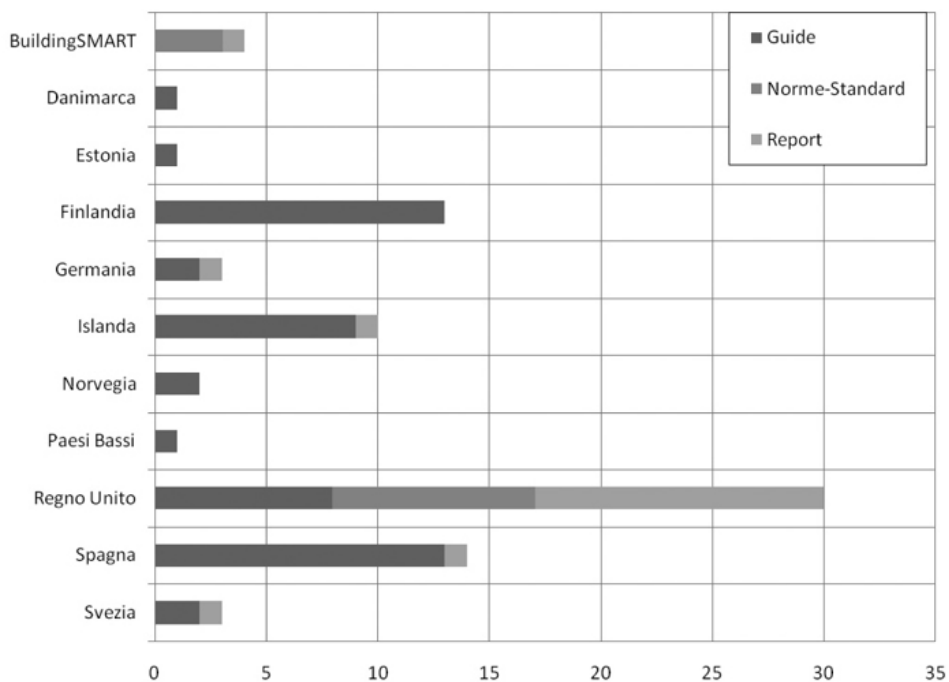


FIGURA 10 – Livelli di adozione di normative relative all'utilizzo di tecnologie BIM in Europa

1.10.1 QUADRO EUROPEO

L'Europa possiede ad oggi la massima concentrazione mondiale di politiche e di strategie governative inerenti al BIM e la digitalizzazione dei processi informativi. La Finlandia e la Norvegia, che avevano originariamente definito i primi riferimenti normativi, sono state presto seguite in materia di contratti pubblici adottata dalla Commissione Europea, dal Regno Unito, dall'Olanda e più recentemente dalla Francia, dalla Germania e dalla Spagna.

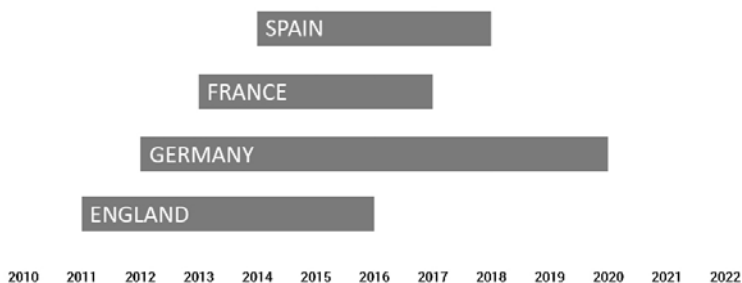


FIGURA 11 – Tempi di implementazione del BIM nei principali paesi Europei

- **REGNO UNITO**

Il Regno Unito è uno dei paesi dove il BIM è più utilizzato sin dalle sue origini. Il programma del governo è iniziato nel luglio 2011 e si concentra sull'adozione della tecnologia BIM sia nel settore pubblico sia in quello privato, in particolare nelle organizzazioni che si occupano degli appalti e delle realizzazioni di edifici e infrastrutture. Nel 2011 il National Building Specification (NBS) ha annunciato lo sviluppo della National BIM Library per l'industria delle costruzioni del Regno Unito, una libreria digitale di oggetti gratuita e facilmente accessibile online da tutti i professionisti del settore delle costruzioni.

Contrariamente alla maggior parte dei paesi, soprattutto Europei, il governo britannico ha effettivamente imposto l'uso del BIM a partire dal 2016. Il documento programmatico del 2011 che introduceva tale obbligo riconosce inoltre che la mancanza di sistemi, standard e protocolli compatibili e le diverse esigenze dei clienti e dei designer hanno inibito l'adozione diffusa del BIM. Pertanto, il Cabinet Office coordina tutt'ora gli sforzi del governo per lo sviluppo di standard che consentano a tutti i membri del processo edilizio di lavorare in modo collaborativo attraverso il BIM.

- **PAESI SCANDINAVI**

Norvegia, Danimarca, Svezia e Finlandia sono la patria di alcuni dei principali fornitori di tecnologie per l'AEC. Questi paesi sono stati infatti tra i primi ad adottare la progettazione model-based e hanno fortemente promosso lo sviluppo di standard aperti nella tecnologia AEC, incarnati principalmente dall'IFC.

<i>Paese</i>	<i>Norme</i>	<i>Leggi</i>	<i>Strategie</i>
Germania	No	No	- ricerca preliminare universitaria - piattaforma digitale - strategia nazionale attraverso casi studio
Francia	No	Si	- ricerca preliminare universitaria - strategia nazionale attraverso casi studio
Inghilterra	Si	Si	- ricerca preliminare universitaria - piattaforma digitale - strategia nazionale attraverso casi studio - Leggi e normative
Spagna	No	No	- mappatura del paese - introduzione graduale dei codici
Olanda	Si	Si	- mappatura del paese - introduzione graduale dei codici
Norvegia	Si	Si	- elementi di design diretti dagli appaltatori - focus sugli appalti pubblici
Svezia	Si	Si	- guide e documentazione per la progettazione
Finlandia	Si	Si	- Leggi e normative
Danimarca	Si	Si	- piattaforma digitale - strategia nazionale attraverso casi studio

I.ID.2 QUADRO NORMATIVO IN ITALIA

Attualmente in Italia non esiste ancora una normativa specifica in materia che proponga l'adozione della tecnologia BIM ma è in corso di rifinitura la prima norma legislativa italiana per il BIM, la nuova **UNI 11337**, sviluppata a partire dalla UNI 11337:2009 *"Edilizia e opere di ingegneria civile - Criteri di codificazione di opere e prodotti da costruzione, attività e risorse - Identificazione, descrizione e interoperabilità"*.

Nonostante la carenza normativa, tale metodologia di gestione dei progetti sta cominciando a diffondersi anche nel nostro paese, seppure con un po' di ritardo rispetto ad altri, anche Europei, dove invece risulta ormai essere un metodo diffuso di lavorare.

Sebbene le università e diverse associazioni cerchino di proporre la diffusione del BIM attraverso corsi, convegni e seminari, le imprese sotto questo punto di vista risultano arretrate mancando di coordinamento multidisciplinare, collaborazione ed integrazione della conoscenza, requisiti fondamentali di un processo iterativo a supporto del processo decisionale.

Ecco il quadro normativo di riferimento nel nostro paese:

- **Direttiva Europea 2014/24/EU**

La Commissione Europea ha emanato una direttiva, denominata ufficialmente European Union Public Procurement Directive (EUPPD), il 15 gennaio del 2014. Con questa direttiva risulta chiaro l'intento di modernizzare la normativa sugli appalti, invitando i 28 stati membri ad incoraggiare o imporre l'utilizzo del BIM per i progetti finanziati da fondi pubblici a partire dal 2016: l'introduzione di questa metodologia per la progettazione di opere pubbliche rappresenta un importante passo avanti verso la diffusione del BIM.

- D. Lgs 18 Aprile 2016, n.50 ("Codice dei Contratti Pubblici")

Si tratta del decreto di attuazione della direttiva 2014/24/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture.

Art. 23 (*Livelli della progettazione per gli appalti, per le concessioni di lavori nonché per i servizi*)

- *Comma 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:

.....

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;

- *Comma 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 38.

- D.m. MIT n°560 del 01/12/2017 (“Decreto BIM”)

In attuazione dell'articolo 23, comma 13, del “Codice dei contratti pubblici”, il Ministro delle Infrastrutture e dei Trasporti (MIT) ha adottato il decreto n. 560 del 1 dicembre 2017 che definisce le modalità e i tempi di progressiva introduzione, da parte delle stazioni appaltanti, delle amministrazioni concedenti e degli operatori economici, dell'obbligatorietà dei metodi e degli strumenti elettronici specifici, quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture, nelle fasi di progettazione, costruzione e gestione delle opere e relative verifiche.

Art. 2 (Definizioni)

1. Ai fini del presente decreto si intende per:

a) ambiente di condivisione dei dati, un ambiente digitale di raccolta organizzata e condivisione di dati relativi ad un'opera e strutturati in informazioni relative a modelli ed elaborati digitali prevalentemente riconducibili ad essi, 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 e di tutela della proprietà intellettuale;

.....

e) lavori complessi, ai fini dell'attuazione del presente decreto di cui all'art. 6, fermo restando quanto previsto dall'articolo 3, comma 1, lettera oo), del codice dei contratti pubblici, i lavori caratterizzati da elevato contenuto tecnologico o da una significativa interconnessione degli aspetti architettonici, strutturali e tecnologici, ovvero da rilevanti difficoltà realizzative dal punto di vista impiantistico-tecnologico ed in ogni caso tutti quei lavori per i quali si richieda un elevato livello di conoscenza finalizzata principalmente a mitigare il rischio di allungamento dei tempi contrattuali e/o il superamento dei costi previsti, oltre che alla tutela della salute e la sicurezza dei lavoratori coinvolti, rendendo disponibili informazioni attendibili ed utili anche per la fase di esercizio ed in generale per l'intero ciclo di vita dell'opera. Rientrano tra i lavori complessi altresì quelli determinati da esigenze particolarmente accentuate di coordinamento e di collaborazione tra discipline eterogenee, la cui integrazione in termini collaborativi è ritenuta fondamentale;

Art. 3 (Adempimenti preliminari delle stazioni Appaltanti)

1. L'utilizzo dei metodi di cui all'articolo 23, comma 13, del codice dei contratti pubblici è subordinato all'adozione, anche a titolo non oneroso, da parte delle stazioni appaltanti, di:

- a) un piano di formazione del proprio personale in relazione al ruolo ricoperto, con particolare riferimento ai metodi e strumenti elettronici specifici, quali quelli di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture;
- b) un piano di acquisizione o di manutenzione degli strumenti hardware e software di gestione digitale dei processi decisionali e informativi, adeguati alla natura dell'opera, alla fase di processo ed al tipo di procedura in cui sono adottati;
- c) un atto organizzativo che espliciti il processo di controllo e gestione, il gestore del dato e la gestione dei conflitti.

2. Le stazioni appaltanti si adeguano, comunque, a quanto previsto dal comma 1 entro e non oltre le date fissate dall'articolo 6, comma 1, in relazione all'introduzione obbligatoria dei metodi e degli strumenti di cui all'articolo 23, comma 1, lettera h), del codice dei contratti pubblici.

Art. 4 (Interoperabilità)

1. Le stazioni appaltanti utilizzano piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari. Tutti i dati presenti nel processo devono risultare connessi a modelli tridimensionali orientati a oggetti secondo le modalità indicate nei requisiti informativi di cui all'articolo 7 e devono essere richiamabili in qualunque fase e da ogni attore durante il processo di progettazione, costruzione e gestione dell'intervento secondo formati digitali aperti e non proprietari, normati, fatto salvo quanto previsto all'articolo 68 del codice dei contratti pubblici, a livello nazionale o internazionale e controllati nella loro evoluzione tecnica da organismi indipendenti. Le informazioni prodotte e condivise tra tutti i partecipanti al progetto, alla costruzione e alla gestione dell'intervento, sono fruibili senza che ciò comporti l'utilizzo esclusivo di applicazioni tecnologiche commerciali individuali specifiche.

2. I flussi informativi che riguardano la stazione appaltante e il relativo procedimento si svolgono all'interno di un ambiente di condivisione dei dati, AcDaT (Ambiente di condivisione Dati Uni 11337:2016 ndr) dove avviene la gestione digitale dei processi informativi, esplicitata attraverso un processo di correlazione e di ottimizzazione tra i flussi informativi digitalizzati e i processi decisionali che riguardano il singolo procedimento.

Art. 6 *(Tempi di introduzione obbligatoria dei metodi e strumenti elettronici di modellazione per l'edilizia e le infrastrutture)*

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 nuove opere di importo a base di gara inferiore a 1 milione di euro, a decorrere dal **1° gennaio 2025**.

Art. 7 *(Capitolato)*

3. La documentazione di gara è resa disponibile tra le parti, su supporto informatico per mezzo di formati digitali coerenti con la natura del contenuto e con quanto previsto dai requisiti informativi del capitolato di cui al comma 1

4. In via transitoria, fino all'introduzione obbligatoria dei metodi e degli strumenti di cui all'articolo 23, comma 1, lettera h), del codice dei contratti pubblici, secondo quanto previsto dall'articolo 6, la prevalenza contrattuale dei contenuti informativi è definita dalla loro esplicitazione su supporto cartaceo in stretta coerenza, per quanto possibile, con il modello informativo elettronico per quanto concerne i contenuti geometrico dimensionali e alfa numerici. La documentazione di gara può, altresì, essere resa disponibile anche su supporto informatico, fermo restando che a tutti gli effetti è considerata valida la documentazione cartacea, integrata, ove necessario, dalla documentazione digitale.

5. A decorrere dall'introduzione obbligatoria ai sensi dell'articolo 6, la prevalenza contrattuale dei contenuti informativi è definita dal modello elettronico, nella misura in cui ciò sia praticabile tecnologicamente. I contenuti informativi dovranno, comunque, essere relazionati al modello elettronico all'interno dell'ambiente di condivisione dei dati.

- **Norma UNI 11337 (“Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni”)**

L'Italia oggi può vantare un grosso passo avanti sotto l'aspetto normativo volto a disciplinare le commesse BIM-based.

La Normativa UNI11337 (Linee guida volontarie) rappresenta infatti un importante riferimento per tutta la filiera di progetto. La norma è suddivisa in 10 capitoli, di cui sono state pubblicate fino ad oggi le parti 1, 4, 5, 6 e 7.

1 – Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi

La presente norma interessa gli aspetti generali della gestione digitale del processo informativo nel settore delle costruzioni, quali:

- la struttura dei veicoli informativi;
- la struttura informativa del processo;
- la struttura informativa del prodotto.

La presente norma è applicabile a qualsiasi tipologia di prodotto (risultante) di settore, sia esso un edificio od una infrastruttura, ed a qualsiasi tipologia di processo: di ideazione, produzione od esercizio. Siano essi rivolti alla nuova costruzione come alla conservazione e/o riqualificazione dell'ambiente o del patrimonio costruito.

2 – Criteri di denominazione e classificazione di modelli, prodotti e processi

[in pubblicazione]

3 – Modelli di raccolta, organizzazione e archiviazione dell'informazione tecnica per i prodotti da costruzione (schede informative digitali per prodotti e processi)

[in pubblicazione]

4 – Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati ed oggetti

La presente norma interessa gli aspetti qualitativi e quantitativi della gestione digitalizzata del processo informativo nel settore delle costruzioni, a supporto del processo decisionale, con lo scopo di:

- specificare gli obiettivi di ciascuna delle fasi di un processo introdotte nella UNI 11337-1. Il modello, gli oggetti e gli elaborati informativi hanno carattere strumentale al raggiungimento di tali obiettivi;

- definire una scala comune di livello di sviluppo informativo degli oggetti relativi ai modelli;
- definire una scala comune di stati di lavorazione e di approvazione del contenuto informativo.

5 – Flussi informativi nei processi digitalizzati

La presente norma definisce i ruoli, i requisiti ed i flussi necessari alla produzione, gestione e trasmissione delle informazioni e la loro connessione e interazione nei processi di costruzione digitalizzati.

La presente norma è applicabile a tipologia di prodotto risultante di settore, sia esso un edificio od una infrastruttura, ed a qualsiasi tipologia e stadio di processo: di programmazione, produzione od esercizio. Siano essi rivolti alla nuova costruzione come alla conservazione e/o riqualificazione dell'ambiente o del patrimonio costruito.

6 – Linee guida per la redazione del capitolato informativo

Il presente rapporto tecnico fornisce una linea guida per la stesura del capitolato informativo, così come presentato nella UNI 11337-5. Esso fornisce indicazioni procedurali e uno schema generale dei contenuti del capitolato informativo.

Il presente documento fornisce le indicazioni generali relative alle specifiche informative finalizzate alla gestione digitale del processo edilizio in accordo con i principi dell'interoperabilità aperta, come attuabile applicando la norma UNI EN ISO 16739. Lo stesso costituisce l'atto propedeutico alla redazione del piano per la gestione informativa.

Il capitolato informativo (CI) è da considerarsi documento contrattuale di commessa tra un soggetto proponente, in seguito denominato committente, e un soggetto contraente, in seguito denominato affidatario.

Il presente documento può essere applicato a capitolati informativi destinati a qualsiasi tipologia di prodotto risultante di settore, sia esso un edificio od una infrastruttura, di nuova costruzione o conservazione e/o riqualificazione dell'ambiente o del patrimonio costruito.

Gli esempi riportati sono casi indicativi di applicazione. Il capitolato informativo deve essere redatto e articolato dal committente in ragione delle proprie finalità di economicità, efficacia ed efficienza del processo.

7 – Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa

La norma definisce le competenze dei professionisti che operano con l'approccio BIM Building Information Modeling – obbligatorio dal 1° gennaio 2019 per alcune categorie di appalti pubblici – ed è il riferimento unico per la certificazione delle competenze, secondo i principi della Iso Cei 17024. Sarà dunque possibile in futuro per i professionisti del settore ottenere una certificazione conforme a una norma nazionale riconosciuta come titolo professionale.

La norma Uni 11337-7 non descrive chiaramente i metodi e tempistiche di esame, i criteri di valutazione e punteggio né i requisiti per il mantenimento e durata della certificazione stessa; è il regolamento Tecnico ICMQ a fornire tutte le indicazioni relative ai requisiti di ammissione e modalità di esame, in modo che la verifica possa convalidare tale metodologia per renderla di riferimento per le certificazioni rilasciate in ambito nazionale.

La norma indica quattro profili professionali, di cui tre già noti.

Per ogni profilo, la norma delinea le funzioni e i requisiti che riguardano l'abilità, la competenza e la conoscenza. Il suo formato riflette uno schema specifico, comune ad altre norme analoghe, come quella relativa al Project Manager. La norma ha l'intento di influire sulla maturità digitale degli operatori, apportando indicazioni e chiarimenti utili per evitare fraintendimenti e, in prospettiva, per agevolare l'attribuzione di responsabilità in sede giurisdizionale.

I profili indicati sono quelli del:

- **BIM Specialist** (Operatore Avanzato della Gestione e della Modellazione Informativa)

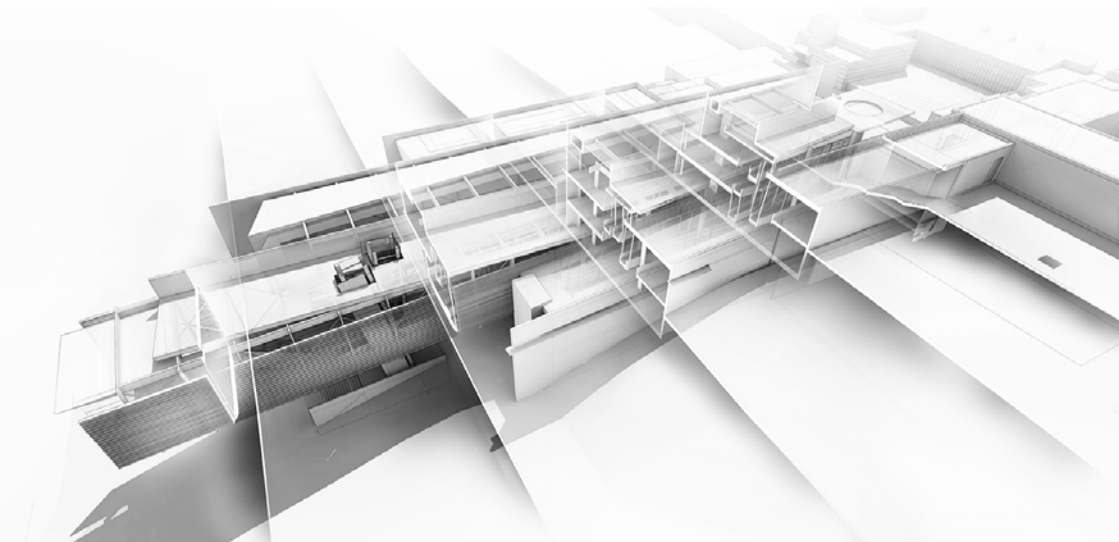
Il BIM Specialist è un soggetto operativo profondamente implicato tecnologicamente nella singola commessa e nella modellazione informativa, ma anche dotato di consapevolezza sul piano delle implicazioni culturali, giuridiche, gestionali e organizzative, e perciò dovrà possedere non solo una conoscenza profonda degli applicativi di produzione dei modelli informativi e una adeguata padronanza dei relativi saperi disciplinari, ma dovrà anche possedere pure una consapevolezza dei criteri con cui i software sono stati concepiti sotto la fattispecie dell'ingegneria dell'informazione e segnatamente delle basi di dati.

- **BIM Coordinator** (Coordinatore dei Flussi Informativi di Commessa)
Il BIM Coordinator è il regista principale della specifica commessa, funge da ponte tra il BIM Specialist e il BIM Manager, configurando le strutture di dati, le corrispondenti regole di controllo e attuando la susseguente verifica dei modelli informativi disciplinari e aggregati, e assicurando la continuità tra ambienti di calcolo e ambienti di modellazione.
- **BIM Manager** (Gestore dei Processi Digitalizzati)
Il BIM Manager, pur avendo compiti non irrilevanti nelle singole commesse, oltre che nella ottimizzazione del coordinamento tra di esse, si delinea quale gestore dei processi digitali dell'organizzazione per cui agisce, svolge periodicamente valutazioni sul grado di maturità digitale dell'organizzazione tramite metodologie riconosciute, ha la responsabilità di sovrintendere alla configurazione delle linee guide proprietarie e al loro aggiornamento tramite l'implementazione delle verifiche ispettive, collabora con i vertici aziendali nella determinazione delle politiche di investimento, di gestione del rischio e di reclutamento, formazione e ricerca.
- **CDE Manager** (Gestore dell'Ambiente di Condivisione dei Dati).
Il CDE Manager deve possedere la piena padronanza della data science al fine di governare un intero ecosistema digitale, dell'organizzazione o della commessa.

PARTE SECONDA

PRINCIPALI SOFTWARE E LORO UTILIZZO NEL PROCESSO PROGETTUALE

"The biggest thing about BIM is that it's moving us back to interdisciplinary work...."⁴



⁴ Kathleen Liston, autrice di "A BIM Handbook"

2.1 COMPUTATIONAL DESIGN

Questo capitolo fornisce una panoramica delle principali tecnologie che distinguono le applicazioni di progettazione parametrica object-based dai sistemi CAD di precedente generazione.

L'attuale generazione di strumenti per la modellazione è infatti, come abbiamo visto, il frutto di quarant'anni di attività di ricerca e sviluppo nell'ambito degli strumenti informatici per la progettazione 3D interattiva, che ha raggiunto il proprio apice nella modellazione parametrica basata su oggetti.

Innanzitutto bisogna comprendere l'evoluzione tecnologica che c'è stata, partendo dal semplice supporto alla progettazione (CAD) ed arrivando ai complessi software odierni. Il passaggio che c'è stato da rappresentazione a simulazione e da progettazione del singolo oggetto a gestione di un complesso sistema integrato (BIM) ha apportato delle modifiche sostanziali al modo di relazionarsi al progetto. Mentre fino a poco tempo fa l'architetto si affidava principalmente all'intuizione e alla conoscenza per sviluppare un progetto e superare i problemi che gli si ponevano davanti, ora può contare su nuovi metodi per risolvere tali problemi. Se si considerano le ricerche condotte da Moretti, sul concetto di parametro e relazione, e il concetto di rappresentazione diagrammatici, frutto delle teorie sull'architettura parametrica, è lecito supporre che il passaggio successivo sia la progettazione computazionale (Computational Design).

Il diagramma si trasforma in algoritmo che a sua volta genera la forma. Il design computazionale, grazie alle possibilità offerte dai nuovi strumenti, è quindi un termine che comprende varie attività; dalla gestione dei Big Data alla generazione di forme complesse. Inoltre, l'utilizzo di questi nuovi strumenti presuppone da parte del progettista dei nuovi requisiti, diversi rispetto a quelli che caratterizzavano la progettazione tradizionale basata sul disegno.

Il tradizionale processo progettuale, che prevedeva un'evoluzione dell'idea da inizialmente vaga a definita, diviene infruttuoso ed inefficace in un contesto computazionale. I codici di programmazione non prevedono una conformazione "vaga" dell'idea ed è per questo l'architetto dovrà essere di in grado di progettare un processo algoritmico che tenga in considerazione gli intenti progettuali e generi un preciso risultato.

È possibile individuare 3 macro-categorie di processi di generazione della forma.

La prima è quella tradizionale che segue un processo "top-down" in cui il progettista inizia il progetto immaginando una determinata forma e successivamente la modella all'interno di un software. Tale processo risulta alquanto dispendioso in termini di tempo speso per apportare modifiche e il lavoro è totalmente manuale.

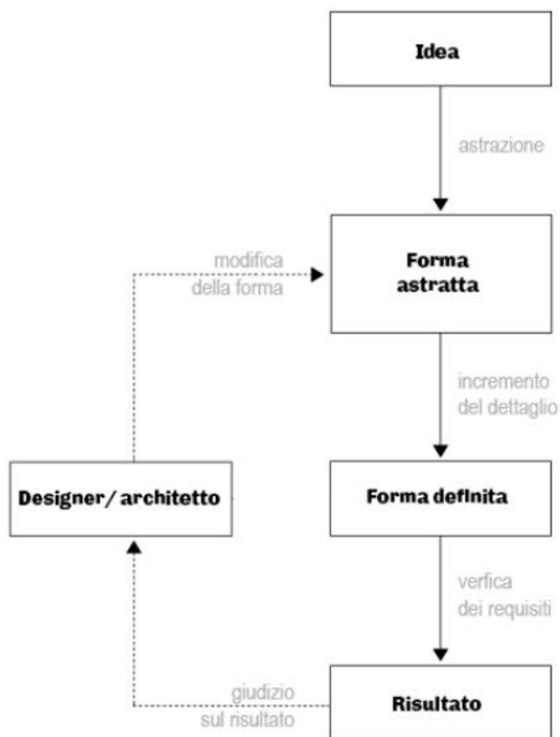


FIGURA 12 – Schema del processo ideativo tradizionale, top-down

La seconda, invece, attraverso l'inserimento di un insieme di parametri e l'esecuzione di un determinato algoritmo ottiene una forma non immaginata preventivamente, ma che soddisfa tutti i criteri imposti dall'architetto. Questo processo è definito "bottom-up" appunto perché è possibile partire dal semplice elemento ed arrivare alla forma finale.

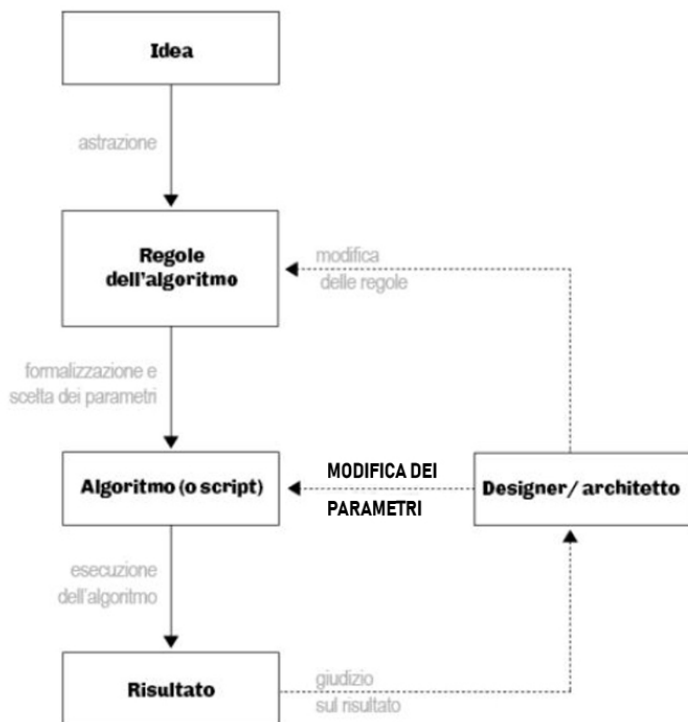


FIGURA 13 – Schema del processo ideativo computazionale, bottom-up

Infine la progettazione algoritmica, paragonabile ad un sistema autonomo, che esegue costantemente un determinato algoritmo. Invece di focalizzarsi su un unico processo generativo, che genererebbe una sola soluzione, la progettazione algoritmica opera su una serie di parametri; variandone i valori e reiterando l'esecuzione dello stesso algoritmo genera un elevato numero di soluzioni possibili.

Questo tipo di progettazione viene anche chiamata Generative Design, appunto per la sua capacità di generare continuamente forme differenti. Si inizia con degli obiettivi specifici di progettazione e poi si esplorano tutte le possibili combinazioni per trovare la soluzione migliore.

2.2 PIATTAFORME BIM

La modellazione parametrica object-based, alla base delle piattaforme BIM, non rappresenta gli oggetti con geometria e proprietà fisse, ma tramite parametri e regole che ne determinano la geometria, nonché le proprietà e le caratteristiche non geometriche. I parametri e le regole possono essere costituiti da espressioni che si relazionano ad altri oggetti, in modo da consentire un aggiornamento automatico controllato dall'utente o realizzato a fronte di variazioni del contesto. Grazie agli oggetti parametrici personalizzati è possibile modellare geometrie complesse, un'attività che in precedenza non era possibile o non era di facile realizzazione.

Nell'ambito dell'architettura, le società di software BIM hanno predisposto per le attività di costruzione un insieme di categorie di oggetti di base che gli utenti possono integrare, modificare o ampliare. Un tipo di oggetto consente di creare un numero qualsiasi di istanze di oggetti, con forme variabili a seconda dei parametri correnti e delle relazioni con gli altri oggetti. Le categorie di oggetti fornite dal sistema stabiliscono in via preliminare le caratteristiche di un muro, un pavimento o un tetto nei termini della relativa interazione con altri oggetti. Pur essendo in grado di produrre disegni completi, le applicazioni BIM di disegno architettonico consentono anche di combinare oggetti modellati in 3D con sezioni disegnate in 2D e quindi di determinare il livello di dettaglio del modello 3D. Gli oggetti disegnati in 2D non sono comunque compresi negli elenchi dei materiali, nelle analisi e nelle altre applicazioni BIM.

Nelle applicazioni di progettazione BIM attualmente in uso sono inclusi servizi che consentono di svolgere compiti specifici tramite uno strumento e che forniscono anche una piattaforma per la gestione dei dati all'interno di un modello con scopi diversi. Altre applicazioni offrono la possibilità di gestire i dati in modelli diversi, ossia in un ambiente BIM. Ogni applicazione BIM è orientata verso uno o più tipi di servizi.

A livello di strumento, tali applicazioni variano in base alla complessità degli oggetti di base predefiniti, alla facilità con cui gli utenti possono definire nuovi tipi di oggetti, ai metodi di aggiornamento degli oggetti, alla facilità d'uso, ai tipi di superfici che possono essere utilizzati, alle funzionalità per la generazione del disegno e alla capacità di gestire grandi quantità di oggetti. A livello di piattaforma, variano in base alla capacità di gestire progetti di grandi dimensioni o molto dettagliati, alle interfacce con gli strumenti di altri

software BIM, alla coerenza dell'interfaccia per l'utilizzo di strumenti multipli, alla relativa possibilità di espansione, alle librerie esterne che possono essere utilizzate, ai dati che esse contengono per consentirne la gestione e alla capacità di supportare la collaborazione.

A livello teorico, per quanto appartengano a un'unica famiglia di sistemi di modellazione parametrica basata su oggetti, gli strumenti di modellazione BIM sono spesso "realizzati su misura" per le esigenze e le modalità espressive e tecnico-organizzative degli utenti. Le rispettive differenze sono riconducibili alla presenza di un set predefinito di categorie di oggetti, ciascuna delle quali può assumere un comportamento differente in base a quanto programmato internamente. Questi insiemi di famiglie di oggetti predefiniti possono essere applicati con facilità ai progetti edili di ogni sistema. Oltre alle famiglie di oggetti fornite dal venditore, diversi siti web mettono a disposizione ulteriori famiglie che possono essere scaricate e quindi utilizzate; l'equivalente moderno delle librerie di blocchi disponibili per i sistemi 2D. Nel caso di alcune aziende, si è cercato di includere il più ampio numero possibile di oggetti necessari per la modellazione standard. Altre hanno invece limitato il numero degli oggetti ai soli che presentano un comportamento specificamente parametrico, legato ad altri oggetti disponibili nel settore di mercato al quale si rivolgono.

In ogni applicazione di progettazione BIM sono inclusi anche altri oggetti che vengono utilizzati per la modifica degli oggetti primari dell'involucro dell'edificio. Tra questi sono inclusi aperture e giunti tra muri e solai, aperture per lucernari e abbaini nei tetti, connettori per travi, pilastri e altri elementi strutturali.

In un progetto è necessario rappresentare e valutare vari aspetti di uno spazio interno: per esempio la forma, il volume, le superfici, la qualità ambientale, l'illuminazione e altre proprietà. Fino a non molto tempo fa i sistemi architettonici CAD non erano in grado di rappresentare gli spazi degli edifici in modo esplicito. Gli oggetti venivano quindi approssimati mediante un sistema di rappresentazione tradizionale, per esempio utilizzando poligoni definiti dall'utente con il nome di uno spazio associato. Il vecchio metodo manuale presenta tutte le criticità di un disegno realizzato a mano: gli utenti devono infatti gestire la coerenza tra il perimetro dei muri e degli spazi e apportare aggiornamenti continui, un processo noioso e soggetto a errori.

Partendo dal concetto di LOD diventa chiaro come all'inizio della progettazione si utilizzino elementi nominali che non vengono definiti in base alle proprie caratteristiche costruttive. Successivamente, nella fase di ingegnerizzazione, i progettisti e i costruttori devono fare i conti con elementi che non risultano più standard ma sono altresì definiti. Tali elementi variano quindi da quelli nominali e devono includere informazioni di tipo costruttivo. Inoltre, le deformazioni dovute ai carichi di pre-tensionamento (curvatura e accorciamento), alla gravità e alla variazione di temperatura possono modificare le forme. Con il progressivo utilizzo dei modelli di edificio per la fabbricazione diretta, gli aspetti relativi alla generazione e alla modifica della forma parametrica del modello richiederanno l'introduzione di funzionalità aggiuntive nelle applicazioni di progettazione BIM.

Ogni strumento BIM varia tuttavia in base al livello di implementazione della modellazione parametrica, alle famiglie di oggetti parametrici fornite, alle regole di tale famiglie e pertanto al funzionamento risultante del progetto. Per personalizzare il comportamento delle categorie di oggetti forniti è richiesto un nuovo livello di competenze che attualmente non è facile da reperire nel settore AEC. Infatti, dato che ogni tipo di oggetto del sistema presenta un comportamento e associazioni peculiari, le applicazioni di progettazione BIM risultano di conseguenza intrinsecamente complesse. Spesso l'uso efficace di un'applicazione di progettazione BIM richiede mesi di impegno per l'acquisizione di competenze avanzate.

Considerandone più in dettaglio l'utilizzo, risulta evidente che la maggior parte delle applicazioni di progettazione BIM ambisce a un ruolo che supera quello di un semplice strumento di progettazione.

In molti casi, infatti, sono incluse interfacce con altre applicazioni destinate a scopi di rendering, analisi energetica, stima dei costi e così via, oppure funzionalità multiutente che permettono a più utenti di coordinare il proprio lavoro.

Di seguito si propone una panoramica delle attuali funzionalità offerte nelle più importanti piattaforme BIM per la generazione di modelli edilizi. In alcune sono supportate solo le funzioni di progettazione architettonica, in altre solo vari tipi di sistemi costruttivi a livello di fabbricazione e in altre ancora entrambi gli elementi.

2.2.1 REVIT



Revit è una piattaforma BIM per sistemi operativi Windows e attualmente è il software BIM più conosciuto e utilizzato nel mondo della progettazione architettonica. All'interno della piattaforma Revit sono presenti una famiglia di prodotti: Revit Architecture, Revit Structure e Revit MEP.

Il supporto alla generazione dei disegni (piante, sezioni, viste) e la gestione dei documenti (abachi, testi, tavole) sono buone. La modifica avviene in maniera bidirezionale tra modello, disegni e quote. Lo sviluppo di nuovi oggetti parametrici e la personalizzazione degli oggetti predefiniti è interamente supportato grazie alla presenza di un ottimo API (Application Programming Interface).

È possibile importare modelli da SketchUp, Rhinoceros e tutti gli altri sistemi che supportano l'esportazione di file in formato DXF. Revit si presenta quindi come una piattaforma molto potente, specialmente per il gran numero di applicazioni supportate e per l'ampia gamma di software Autodesk che si integrano molto bene tra loro.

I formati supportati sono: DWG, DXF, DGN, SAT, DWF/DWFX, ADSK, html, FBX, gbXML, IFC e ODBC (Open DataBase Connectivity).

Revit supporta l'identificazione degli oggetti ma le informazioni di identificazione non vengono salvate nell'oggetto stesso, ma all'interno del file di progetto. Questo limita la sincronizzazione degli oggetti nel caso di project team che lavorino simultaneamente. Revit è quindi una piattaforma, ma non fa parte di un ambiente propriamente BIM, come ad esempio ArchiCAD.

Punti di forza: come strumento di progettazione Revit è molto valido; è intuitivo; gli strumenti di produzione del disegno sono eccellenti. Tuttavia, molti progettisti che desiderano andare oltre alle limitazioni degli oggetti inclusi si servono di altri strumenti per progettare in maniera più libera.

Revit è facile da imparare e le sue funzionalità sono organizzate in un'interfaccia ben progettata e user-friendly. Ha una vasta gamma di librerie di oggetti, sviluppate sia da loro stesse sia da terze parti. Per la posizione dominante che riveste sul mercato, Revit è la piattaforma preferita per le interfacce di collegamento diretto con altri strumenti BIM.

Debolezze: Revit è un sistema in-memory che rallenta in modo significativo per progetti che superano i 300 megabyte. Ha alcune limitazioni sulle regole parametriche. Ha inoltre un supporto limitato per superfici curve complesse. In mancanza di timestamp a livello di oggetto, Revit non fornisce ancora il supporto necessario per la gestione completa dell'oggetto in ambiente BIM

2.2.2 ARCHICAD



ArchiCAD è stato il primo software BIM per la progettazione architettonica. Iniziò ad essere commercializzato a partire dagli anni '80 dall'azienda Graphisoft.

L'interfaccia è molto intuitiva e di facile utilizzo. La generazione dei disegni viene gestita automaticamente dal software ed incorpora una vasta serie di oggetti parametrici predefiniti, mentre il supporto alla generazione manuale è incluso grazie alla presenza del GDL (Geometric Description Language), un linguaggio di programmazione con cui creare oggetti parametrizzati molto utilizzato dai professionisti.

ArchiCAD gestisce bene lo scambio di file con altri software, principalmente attraverso i formati GDL e IFC.

Permette i gruppi di lavoro simultaneo tramite il servizio di BIM cloud, che grazie alla tecnologia brevettata DELTA server, permette l'accesso a progetti provenienti da localizzazioni diverse.

2.2.3 ALLPLAN



Allplan è la soluzione software del gruppo Nemetschek per la progettazione architettonica BIM. Consente di affrontare tutti gli aspetti della progettazione nello stesso ambiente operativo e con le stesse metodologie, lavorando a un unico modello BIM 3D dal primo schizzo alla presentazione tramite rendering e filmati con computo metrico integrato, consentendo al progettista il coordinamento e il controllo costante di tutte le fasi progettuali.

Allplan è sviluppato espressamente per il settore delle costruzioni e offre comandi intelligenti per le parti costitutive di un edificio. Inoltre una parte del software è dedicata al computo metrico tramite una grande quantità di report di computo capaci di analizzare qualunque parte del modello BIM.

Dal modello 3D unico si ottengono automaticamente viste e sezioni con livello di dettaglio e grafica differenziate in base alla scala di rappresentazione.

Nella stessa piattaforma e con le stesse logiche, Allplan offre un rendering di alta qualità grazie all'introduzione del motore di calcolo di Cinema 4D, supportando la Global Illumination. Allplan supporta in modo completo il processo Open BIM grazie al supporto del formato IFC – per cui è certificato – e ai 50 diversi formati supportati.

2.2.4 BENTLEY ARCHITECTURE



La Bentley Systems offre un'ampia gamma di prodotti specifici per architettura, ingegneria, infrastrutture e costruzione. Il loro software dedicato all'ambito architettonico è Bentley Architecture.

Presenta una serie di oggetti parametrici predefiniti che possono essere estesi tramite MicroStation Development Language (MDL), il linguaggio di programmazione della piattaforma MicroStation. Bentley Architecture supporta anche oggetti parametrici personalizzati grazie ai moduli Parametric Cell Studio e Generative Components.

Le applicazioni della piattaforma Microstation sono sistemi file-based, cioè ogni azione viene immediatamente scritta nel file, influenzando negativamente in termini di carica-mento e prestazioni.

I formati supportati dal software sono DWG, DXF, PDF, U3D, Rhino 3DM, IGES, Parasolid, ACIS SAT, CGM, STEF, STL, OBJ, VRML, Google Heart KML, SketchUp, Collada, ESRI SHP e altri vari standard pubblici (IFC, SDF).

2.2.5 DIGITAL PROJECT



Sviluppato dalla Gehry Technologies, Digital Project deriva dal famoso software della Dassault, CATIA, forse la migliore piattaforma per la modellazione parametrica nell'industria aerospaziale ed automobilistica. Digital Project è uno strumento molto complesso ma le possibilità di

modellazione parametrica sono superiori rispetto a tutte le altre piattaforme.

È uno strumento eccellente per lo sviluppo di complessi algoritmi e la modellazione di superfici curve. Le funzioni di importazione ed esportazione di fogli di calcolo e XML sono ottime e le capacità di esportazione IFC vengono continuamente migliorate ed implementate. Mediante Digital Project è possibile definire facilmente nuove classi di famiglie e di oggetti, tramite l'utilizzo di linguaggi come Visual BASIC e .NET per lo sviluppo di componenti aggiuntivi.

I formati di scambio supportati sono CIS/2, IFC, SDF, STEP, DWG, DXF, VRML, TF, STL, CGR, 3DMAR SAT, 3DXML, IGES, HCG.

Digital Project è stato progettato come una piattaforma che permette, attraverso strumenti specifici, sia la progettazione ingegneristica che manifatturiera. Supporta il lavoro simultaneo di più utenti, grazie all'applicativo SVN che controlla la gestione del progetto.

2.2.6 VECTORWORKS



Vectorworks fornisce un gran numero di strumenti, organizzati e raggruppati in diversi pacchetti: Architect: per fini architettonici e BIM; Designer: per design del prodotto; Landmark: per la progettazione paesaggistica; Spotlight: per le simulazioni illuminotecniche; Machine design: per la progettazione di macchinari; Renderworks: per il rendering.

Le librerie predefinite dispongono di un buon numero di oggetti specifici per i vari pacchetti. La modellazione di superfici NURBS è molto buona e le classi dell'oggetto possono essere modificate e create grazie all'API oppure utilizzando il linguaggio proprietario Vectorscript. Vectorworks è un sistema in-memory e come altre piattaforme, si possono utilizzare i gruppi di lavoro (workgroups) per suddividere il modello in sottogruppi. Grazie a tale funzione è infatti possibile lavorare simultaneamente a differenti parti del progetto.

Il principale formato con cui comunica con altre applicazioni è il formato IFC. Per la parte strutturale si può interfacciare a Revit structure, Scia Engineer, Tekla e Allplan.

2.2.7 TEKLA STRUCTURES



Tekla Structures è prodotto da Tekla, un'azienda finlandese ora parte del gruppo Trimble. Tekla Structures offre un ambiente di progettazione BIM che permette la condivisione delle informazioni tra committenti, ingegneri strutturisti, costruttori, disegnatori e produttori di componenti edili sia nel settore delle opere in acciaio sia in quello del cemento armato.

Il modello 3D del "costruito" (as-built), realizzato e condiviso mediante le applicazioni software di Tekla, permette il più alto livello possibile di controllo della costruibilità e della produzione. Tekla Structures Acciaio è la configurazione dedicata alla modellazione delle strutture in acciaio che affronta in un unico flusso di lavoro l'intero processo, dall'offerta, preventivazione e progetto preliminare fino al disegno di dettaglio, alla costruzione e al montaggio.

Tekla Structures Cemento Armato serve, invece, a organizzare la progettazione, la produzione e la spedizione di ogni manufatto in cemento armato, sia esso prefabbricato oppure gettato in opera, integrando tra loro progetto, disegno, produzione e montaggio.

Grazie al collegamento con i software di calcolo strutturale, Tekla Structures Ingegneria rappresenta una soluzione completa per tutto il processo progettuale.

2.3 SOFTWARE ALGORITMICO-GENERATIVI

Questa particolare tipologia di software sono degli applicativi che si integrano alle tradizionali funzioni di modellazione bi- e tridimensionale offerte da ambienti come Rhinoceros o Revit.

Utilizzando un metodo parametrico, le interazioni possibili sono pressoché illimitate.

Grazie alla logica associativa e all'impiego di un diagramma a nodi per visualizzare tali associazioni, è possibile creare relazioni tra elementi tipologicamente e dimensionalmente differenti. I principali elementi utilizzati in questi software sono i "componenti", i quali non sono altro che funzioni con degli ingressi (input) da cui ricevono le informazioni da elaborare e delle uscite (output) per restituire i risultati dell'elaborazione. Le connessioni tra questi componenti offre quindi la possibilità di creare un sistema di legami sequenziali (algoritmi) essenzialmente illimitato, il cui limite è dato dalle capacità computazionali dell'hardware.

Quest'ordine sequenziale è una diretta conseguenza del fatto che l'algoritmo è essenzialmente uno script, il quale viene rappresentato attraverso l'uso di un linguaggio di programmazione visuale: il diagramma a nodi. Nei diagrammi a nodi a differenza degli script testuali viene offerta la possibilità di creare sequenze logico-matematiche di complessità superiore, grazie ad una logica associativa più efficace, in cui risulta facilitato il controllo dell'intero sistema.

Questi strumenti sono ormai entrati nel mondo della progettazione architettonica, alterandone la tradizionale metodologia e aumentando in un certo senso la libertà del progettista, frutto della capacità di controllo e gestione della complessità offerta da questi nuovi strumenti computazionali. Ad esempio nella fase di concept tali strumenti tornano utili per sperimentare ed esplorare forme diverse, generate automaticamente una volta definito l'algoritmo e i parametri da variare. Questo metodo generativo si rivela in grado di offrire risultati imprevedibili e spesso sorprendenti anche per lo stesso utilizzatore/progettista.

Nelle fasi centrali di progettazione invece possono tornare utili le funzioni di razionalizzazione e discretizzazione della forma, offerte da questi strumenti, allo scopo di rendere la forma creata costruibile.

Nelle fasi conclusive del progetto l'integrazione offerta dai nuovi sistemi tecnologicamente avanzati per la fabbricazione rende questi software il tramite ideale per comunicare tra il mondo virtuale del modello e il mondo reale.

2.3.1 GRASSHOPPER



Grasshopper è lo strumento più utilizzato per la modellazione algoritmica e viene rilasciato gratuitamente come plug-in di Rhinoceros (ora integrato nella versione Rhino 6), sviluppato dalla Robert McNeel & Associates.

Il plug-in consiste in un linguaggio di programmazione visuale che utilizza la visualizzazione di Rhinoceros per rappresentare le geometrie create. Funzioni avanzate permettono di eseguire analisi strutturali per il dimensionamento degli elementi, studi illuminotecnici per il controllo degli ombreggiamenti oppure simulazioni ambientali per il risparmio energetico. L'interfaccia è composta da una barra dei menu a tendina, un pannello contenente tutti i componenti, una barra per il salvataggio e per le impostazioni di visualizzazione e una "canvas" che rappresenta l'area di lavoro in cui verranno inseriti i componenti necessari a comporre l'algoritmo. Si possono distinguere due grandi classi: i parametri, che contengono un'informazione (numeri, vettori, geometrie, etc), e i componenti che eseguono un'operazione (traslazione, copia, suddivisione, scala, etc).

I componenti sono raggruppati per gruppi di funzioni e vengono organizzati per schede in base alla tipo di funzione che svolgono.

Esistono vari plug-in che permettono di interagire con diversi software BIM, come Revit e ArchiCAD, e di esportare le geometrie create nei formati più conosciuti.

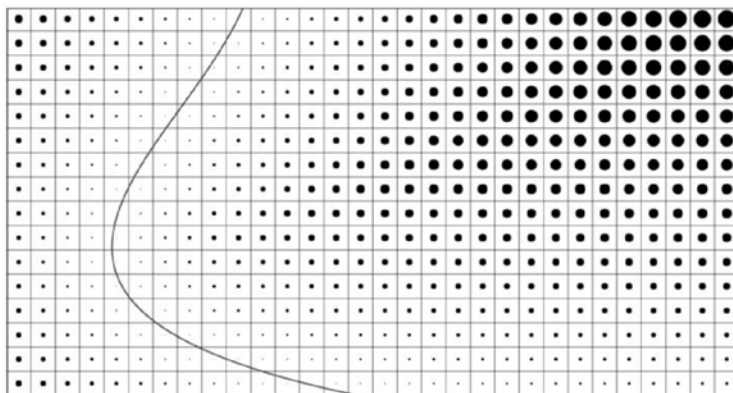
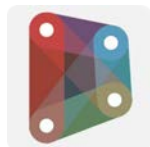


FIGURA 14 – Attractor Curve: il diametro dei cerchi è parametrizzato in base alla distanza dalla curva attrattrice

2.3.2 DYNAMO



Dynamo è un'applicazione per la programmazione visuale creata da Autodesk. A differenza di Grasshopper, è un software open-source che viene aggiornato ed implementato costantemente.

L'applicazione funziona anche autonomamente, ma viene principalmente utilizzata come plug-in di Revit. Molto apprezzata per la sua ottima interoperabilità con Revit, sta diventando un mezzo indispensabile e largamente usato per la modellazione algoritmica all'interno del famoso software BIM. La grande potenzialità di questo programma sta proprio nella possibilità di interagire direttamente con il software nonostante presenti ancora alcune limitazioni.

2.4 INTEGRAZIONE CON LE PIATTAFORME BIM

Recentemente è risultata evidente la necessità da parte di architetti e altri professionisti del settore di integrare e rendere fluido un workflow di lavoro basato sulla piattaforma Rhinoceros di Mcneel, continuando ad usufruire delle sue grandi potenzialità (e quelle offerte dal plugin Grasshopper) integrandole con una piattaforma BIM.

Abbiamo visto crescere questa domanda in grandi studi di architettura e multidisciplinari dell'industria AEC. In questo tipo di aziende infatti è molto comune che un gruppo di designer o un team di progettazione si trovi "costretto" a sviluppare il proprio lavoro in modo compatibile con un flusso di lavoro BIM, che lentamente sta prendendo sempre più piede nelle grandi società di progettazione.

Purtroppo, ancora la metodologia BIM è un flusso di lavoro che non è famoso per essere design-friendly. Sembra che questa metodologia non offra ai progettisti la flessibilità formale di semplici flussi di lavoro basati su software 3D.

Si è deciso di concentrare l'attenzione sul caso particolare di Rhinoceros dato che questo software è un potente strumento utilizzato dai progettisti di molte professioni tra cui l'architettura, l'edilizia e l'industria AEC in generale, illustrando alcuni dei possibili flussi di lavoro che conosciamo.

2.4.1 RHINO – GRASSHOPPER – ARCHICAD – IFC

Questo è il flusso di lavoro ottimale per connettere Rhino con una piattaforma BIM, in questo caso ArchiCAD. Grazie ad un plugin distribuito direttamente da Graphisoft, la connessione tra Grasshopper e ArchiCAD è capace di convertire tutte le geometrie in elementi BIM nativi.

Questo strumento consente a Rhino / Grasshopper e ArchiCAD di comunicare direttamente (Live Connection) per creare e manipolare un modello BIM attraverso l'interfaccia di scripting visivo di Grasshopper. La natura attiva, associativa e bidirezionale della connessione consente agli utenti di creare flussi di lavoro versatili e utilizzare la connessione in più scenari, utilizzando sia i sistemi operativi Apple Mac OS che Microsoft Windows.

A differenza dei molti plug-in esistenti per abilitare l'interoperabilità tra Rhino e Revit, l'integrazione tra ArchiCAD e Rhino/Grasshopper è molto più profonda. La connessione funziona in tempo reale, consentendo agli utenti di creare componenti BIM nativi direttamente dall'interfaccia di Rhino/Grasshopper. Oltre a creare la geometria dei componenti, gli utenti possono anche controllare altri parametri di input come materiali, livelli, dimensioni, colori, ecc.

Lo strumento Live Connection sfrutta infatti i punti di forza dei tre ambienti di progettazione: Rhino per la modellazione 3D avanzata, Grasshopper per la progettazione algoritmica e infine ARCHICAD per BIM.

Nei progetti in cui il design è determinato principalmente utilizzando il set di strumenti di Rhino-Grasshopper, gli utenti possono applicare la connessione bidirezionale per convertire il progetto in un modello BIM completo e conservare ancora alcune delle funzionalità di modifica algoritmica. In altri casi, Rhino / Grasshopper (o altri plug-in di Rhino) possono essere utilizzati per integrare un progetto BIM esistente con funzioni algoritmiche o ambiente di modellazione a mano libera in qualsiasi fase del processo di progettazione. In queste situazioni, la geometria di riferimento o di riferimento per la parte progettata in Grasshopper può essere presa direttamente da ArchiCAD stesso.

Una volta che il modello è in ArchiCAD, come sappiamo, è possibile esportare i file IFC per collaborare in Open BIM con qualsiasi altra piattaforma BIM. Le funzionalità di conversione IFC sono estremamente potenti. Il modello IFC che possiamo esportare può essere conforme a tutti gli standard internazionali e locali ed è supportato anche da Building Smart. In questo senso, ARCHICAD è la porta per collegare Rhinoceros a tutto il resto del software BIM.

2.4.2 RHINO – ARCHICAD – IFC

Questa opzione ci consente di importare i modelli di Rhino senza utilizzare Grasshopper e la sua connessione con ArchiCAD. In pratica, ArchiCAD è in grado di aprire i file nativi di Rhino.

Questo flusso di lavoro converte tutte le geometrie di Rhino in oggetti GDL ArchiCAD permettendo di modificare l'oggetto GDL aggiungendo Proprietà, Informazioni, Classificazione, ecc. È anche possibile collegare i file come link.

Il vantaggio di questo metodo è che possiamo avere un file Rhino collegato ad ArchiCAD e che può essere aggiornato man mano che il file cambia.

Confrontando questo approccio con la metodologia precedente, non avremo però tutte le capacità di modifica in ArchiCAD. Gli oggetti GDL possono essere modificati, sì. Ma non è così flessibile e pratico come avere un set di elementi BIM nativi. Ancora una volta è possibile esportare in seguito il modello in IFC. Gli oggetti GDL creati con Rhino faranno parte di questo file IFC ed è possibile controllare questa traduzione in modo abbastanza efficiente. In questo modo possiamo condividere questo IFC con altre piattaforme BIM.

2.4.3 RHINO – IFC

VisualARQ è un set di strumenti architettonici per Rhinoceros che include un plug-in di importazione ed esportazione IFC integrato. Apre così la possibilità di convertire tutte le geometrie Rhinoceros in IFC. Gli elementi che modelliamo utilizzando gli strumenti di VisualARQ saranno tradotti in elementi che IFC riconosce come elementi BIM nativi come muri, solai, ecc.

Tuttavia, non tutti i comandi di Rhino sono compatibili con VisualARQ.

Il componente aggiuntivo Grasshopper Components consente di lavorare anche con oggetti VisualARQ direttamente da Grasshopper.

Un'altra opzione risulta essere il plugin Geometry Gym, che offre una buona serie di soluzioni Open BIM consentendo lo scambio di dati tra diversi software. Questo plug-in utilizza le funzionalità di modellazione del flusso di dati di Grasshopper per generare direttamente il modello di scambio IFC, evitando così la necessità di un esportatore separato.

2.4.4 RHINO – REVIT

Rhynamo è un plugin open source che consente la lettura e la scrittura di file .3dm di Rhino all'interno di Dynamo. Questo plugin consente inoltre agli utenti di creare flussi di lavoro bidirezionali in cui è possibile creare file Rhino da Dynamo. Tuttavia, Rhynamo opera solo con la geometria "baked" e non direttamente con Grasshopper.

Come soluzione alternativa, potrebbe risultare utile utilizzare un altro plug-in di Grasshopper chiamato Elefront per aggiungere attributi agli oggetti di Rhino prima di essere trasferiti in Dynamo.

PARTE TERZA

INGEGNERIZZAZIONE DEL PROGETTO: Caso studio Cantina Vinicola "La Cava" a Bolgheri

"Collective decision-making in biological systems requires all individuals in the group to go through a behavioural change of state. During this transition fast and robust transfer of information is essential to prevent cohesion loss."⁵



⁵A. Attanasi, A. Cavagna, L. Del Castello, I. Giardina, T.S. Grigera, A. Jelić, S. Melillo, L. Parisi, O. Pohl, E. Shen, M. Viale – Information transfer and behavioural inertia in starling flocks – Nature Physics, 2014

3.1 INQUADRAMENTO PROGETTUALE

TIPO: Nuova costruzione

COMMITTENTE: *Alejandro Bulgheroni Family Vineyards*



LUOGO: Bolgheri, Toscana (IT)

DIMENSIONI: ca. 4500mq

Superficie totale: 379.8 Ha

Superficie vitata: 64,70 Ha (95,40 Ha entro 2020)

INVESTIMENTI: 20.366.644 €

ARCHITETTURA: Bernardo Tori, Firenze

<https://www.bernardotori.it/>

STRUTTURA: aei progetti, Firenze

<https://aeiprogetti.net/>

IMPIANTI ENOLOGICI: Stefano Venturi

Opportunamente selezionato, il caso di studio in oggetto cerca di mettere in luce i vantaggi e le criticità riscontrate nell'utilizzo del processo e degli applicativi BIM nelle fasi di progettazione preliminare e concept strutturale.

Si è cercato di fare chiarezza sulle modalità operative di un processo complesso dal punto di vista delle varie figure coinvolte nel progetto, ma soprattutto su come il team di progettisti abbia utilizzato gli strumenti BIM a propria disposizione per trarne il massimo beneficio.

Inoltre, nonostante il progetto sia ancora nelle fasi iniziali, viene dato ampio spazio alle conclusioni tratte dal team di lavoro, specialmente in seguito alle difficoltà incontrate nell'uso delle nuove tecnologie, dei processi BIM e dalle modalità di scambio dati tra i vari attori.

Ricordiamo che tutte le informazioni relative a questo progetto oggetto di studio sono il risultato della gentile disponibilità dei diversi partecipanti, tra i quali vogliamo ringraziare in particolar modo l'Ing. Niccolò De Robertis dello studio *aei progetti*.

Lo sforzo, bisogna sottolinearlo, è stato grande, considerata la riluttanza in quest'ambito professionale a rivelare informazioni sensibili relative ad un progetto in corso, ma nonostante tutto, le figure chiave di questo progetto, hanno mostrato una grande disponibilità a condividere informazioni, esperienze di lavoro pregresse, immagini e soluzioni.



FIGURA 15 – Una delle sale dello studio di progettazione aei progetti

3.2 OBIETTIVI

“aei progetti è una società di progettazione con più di 20 anni di esperienza nell’ambito dell’ingegneria strutturale e delle molteplici discipline coinvolte nel mondo delle costruzioni. Lo studio nasce nel 1991 dall’incontro di tre soci fondatori con competenze e percorsi differenti che si sono riconosciuti nel voler dar vita ad una struttura in grado di dialogare attivamente e positivamente con gli studi di architettura. Il nostro team multidisciplinare ed esperto composto da ingegneri, architetti, geometri e consulenti, con il proprio entusiasmo, una instancabile curiosità e una predisposizione alla creatività, si propone di soddisfare le aspirazioni e le richieste dei clienti con progetti di elevati standard qualitativi. Crediamo che la collaborazione costruttiva e il continuo confronto con le altre figure coinvolte nella progettazione, già dalle prime fasi dell’ideazione, sia l’approccio corretto per poter offrire ai propri clienti e partner soluzioni originali, ottimizzate e di elevata qualità che riescano ad andare al di là delle loro aspettative. Abbiamo scelto, e continuiamo a farlo, di combinare la passione per l’inventiva e l’immaginazione con l’analisi e la ricerca, per proporre strutture che, utilizzando le minori risorse possibili, siano la miglior risposta possibile alle esigenze del progetto. Dopo venti anni non abbiamo perso il gusto per essere messi alla prova e continuiamo ad applicare lo stesso rigore a qualunque progetto nel quale siamo coinvolti. All’ingegneria strutturale, attorno alla quale lo studio è nato e si è sviluppato, le nostre attività specialistiche riguardano la geotecnica, la prevenzione incendi e i servizi di supporto agli studi di architettura per lo sviluppo di progettazioni di dettaglio. Da qualche tempo ci siamo addentrati nell’affascinante mondo della sostenibilità. [...]”⁶

Da queste poche righe che riassumono egregiamente la filosofia dello studio aei progetti, possiamo comprendere come una società di progettazione all’avanguardia punti inevitabilmente alla cooperazione interdisciplinare al fine di un processo progettuale più efficace ed efficiente.

La qualità dei processi di progettazione e la loro integrazione con gli altri processi aziendali deve infatti garantire la qualità dei risultati e cioè la conformità del prodotto/servizio agli obiettivi prefissati e la validità delle soluzioni tecnologiche adottate, in particolare in relazione all’affidabilità (capacità di mantenere le prestazioni nel tempo) e ai costi di produzione.

⁶ <https://aeiprogetti.net/profilo/filosofia>

Il "triangolo di ferro" della gestione dei progetti è composto, com'è ben noto, da **tempi, costi e qualità**. Un progetto, per essere completato, richiede un certo tempo e determinati costi a cui va aggiunto un livello di qualità specifico da raggiungere.

Dato che i progetti comportano inevitabilmente dei rischi, si può essere costretti a cambiare uno o più variabili di questo triangolo. Se qualcosa va storto, ad esempio, di solito i tempi si dilatano, i costi lievitano o i risultati ottenuti sono inferiori alle attese.

Per prendere le decisioni giuste e per raggiungere l'equilibrio ottimale tra gli elementi del triangolo, risulta conveniente confrontarsi in modo veloce ed efficace con tutti gli stakeholder del progetto in ogni fase. Inoltre, per avere garanzia di eccellenza occorre che i processi di progettazione siano integrati con gli altri processi del ciclo di sviluppo, produzione e consegna del prodotto.

Nelle pagine che seguono emerge come una progettazione efficiente, efficace e che punti ai più elevati standard qualitativi non sia stato solo l'obiettivo di questo lavoro di ricerca quanto piuttosto il motore trainante di questo progetto.



FIGURA 16 – L'affascinante volo degli Sturni

3.3 SCELTA DEL LINGUAGGIO

In natura, molti animali vivono in società o in gruppi, e le decisioni su quali comportamenti collettivi debbano essere seguiti nelle varie situazioni è estremamente rilevante. Per esempio, nel caso in cui un gruppo sia minacciato da un predatore, è importante che durante la fuga venga mantenuta la coesione del gruppo. Questo significa che deve esserci un meccanismo efficace e affidabile non solo per decidere in che direzione fuggire, ma anche per fare in modo che l'informazione sui cambiamenti di direzione si propaghi molto rapidamente a tutti i membri del gruppo.

Uno dei modelli studiati per chiarire questo aspetto è lo stormo di uccelli, in particolare di Storni (*Sturnus vulgaris*), animali noti per il caratteristico volo in formazione.

In uno stormo di uccelli in volo, la decisione di cambiare direzione viene presa da un piccolo gruppo di uccelli, e nel giro di mezzo secondo l'informazione si propaga a tutti gli altri. La distanza percorsa dall'informazione aumenta linearmente nel tempo: questo significa che la velocità dell'informazione attraverso lo stormo è pressoché costante e raggiunge il valore di 20-40 metri al secondo. Lo stormo ha di solito dimensioni rilevanti e l'informazione deve attraversare un elevato numero di passaggi intermedi. In queste condizioni, ci si aspetterebbe un certo grado di attenuazione, con una conseguente dispersione degli uccelli in posizione più periferica e una perdita di coesione dello stormo, che però non si verifica.

La mancanza di dissipazione è la chiave per il trasporto dell'informazione nello stormo e dunque, per la sua sopravvivenza.

Analogamente, la qualità di un edificio, non può prescindere dalle modalità di produzione, gestione e trasferimento delle informazioni che lo definiscono nei suoi molteplici aspetti lungo l'intero ciclo di vita.

La filiera delle costruzioni è caratterizzata infatti, come abbiamo visto, da una intensa produzione di dati e informazioni, strettamente interconnessi e con un medesimo obiettivo, ma riguardanti una pluralità di discipline tra loro alquanto differenti.

Questa eterogenea quantità di dati può oggi giorno essere gestita in modo più efficace ed efficiente attraverso il passaggio alla digitalizzazione dei processi informativi.

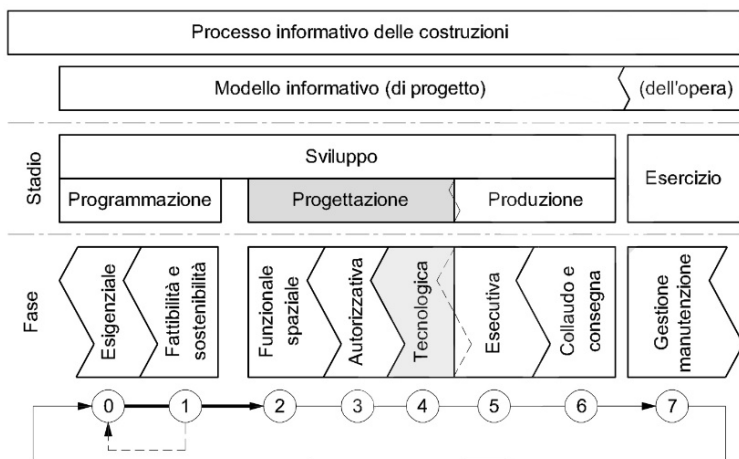


FIGURA 17 – Schema delle fasi del processo informativo delle costruzioni

Il processo informativo delle costruzioni si compone di una sequenza strutturata di stadi e fasi che riguardano la produzione e la gestione dei contenuti informativi relativi all'intero ciclo di vita di un'opera a partire dall'espressione dei bisogni del committente sino al termine della vita utile dell'opera.

I vari stadi e le fasi del processo si articolano secondo una successione logica e temporale, tale per cui i contenuti informativi elaborati in ognuno di essi risultano collegati a quelli elaborati negli stadi e nelle fasi precedenti e costituiscono sviluppo logico propedeutico di quello successivo.

Il processo informativo digitalizzato tende alla produzione di informazioni facilmente e tempestivamente reperibili ed utilizzabili da chiunque ne abbia necessità, ad ogni stadio, limitando errori o vizi di soggettività nella loro acquisizione, trasmissione e lettura.

I veicoli di rappresentazione di prodotti e processi del settore delle costruzioni sono definiti *elaborati informativi*, mentre i veicoli di virtualizzazione sono definiti *modelli informativi*.

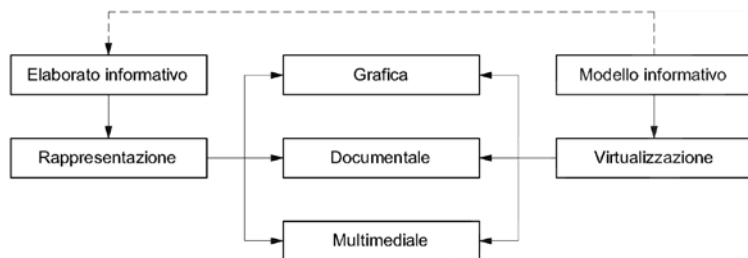


FIGURA 18 – Schema di organizzazione dei contenuti informativi

La gestione dei processi informativi del settore delle costruzioni può avvenire attraverso elaborati informativi (digitali e non digitali), modelli informativi o sistemi misti. Da un modello informativo è sempre possibile estrapolare uno o più elaborati informativi.

Al fine di un più efficace ed efficiente flusso informativo si deve prediligere l'impiego di modelli mentre ai fini della compiuta digitalizzazione del processo delle costruzioni si devono preferire informazioni e contenuti informativi composti da dati strutturati, fissati su supporto digitale e scritti in formato aperto.

Anche in caso di formato proprietario è importantissimo e deve essere garantito il fine della trasferibilità e leggibilità dei dati verso terzi.

I modelli informativi infatti, in ragione della loro finalità di impiego possono riguardare una singola disciplina oppure una loro aggregazione e cioè un insieme coordinato o fusione (stabile o temporanea) di due o più modelli disciplinari. Sono modelli informativi aggregati, ad esempio, il modello architettonico e strutturale oppure il modello architettonico, strutturale ed impiantistico. Nella gestione digitale dei processi del settore costruzioni i modelli, gli oggetti e gli elaborati informativi, digitali, possono inoltre essere raccolti, in funzione degli accordi contrattuali, in uno o più ambienti di conservazione e condivisione organizzata dei dati.

Lo stadio di progettazione invece, è l'insieme strutturato dei contenuti informativi relativi alla definizione della natura e qualità dell'intervento individuato nello stadio di programmazione, nel rispetto di vincoli ed obiettivi stabiliti, ed ha lo scopo di definire compiutamente gli input necessari alla successiva realizzazione dell'intervento.

La fase di progettazione tecnologica è specificatamente l'insieme dei contenuti informativi relativi alla definizione di dettaglio ed all'ingegnerizzazione degli elementi e attività necessarie al successivo stadio di produzione.

Questa fase recepisce e sviluppa i contenuti informativi elaborati nelle precedenti fasi e costituisce la fase propedeutica allo stadio di produzione.

I modelli, gli oggetti che li compongono e i loro contenuti informativi (dati e informazioni) evolvono nel tempo in termini qualitativi e quantitativi, in ragione del perfezionarsi degli stadi e delle fasi del processo, assumendo differenti gradi di approfondimento (LOD).

La denominazione dei modelli si relaziona oltre alla fase cui sono attribuiti e alla loro tipologia, all'ambito disciplinare, alla disciplina e alle specializzazioni cui si riferiscono.

Nell'ambito dell'ingegnerizzazione del progetto è utile una denominazione per ambito disciplinare tecnico: modello architettonico, strutturale, impiantistico.

Ma perché il processo BIM? I motivi generali per cui il BIM viene, ormai, largamente utilizzato negli studi di architettura e ingegneria più all'avanguardia sono la conseguenza del cambiamento delle esigenze e delle relazioni tra gli attori coinvolti nella filiera costruttiva (dai progettisti alla Committenza fino al Contraente Generale ed i Subappaltatori).

Con la crisi che ha investito il mondo delle costruzioni nello scorso decennio, gli operatori del settore hanno dovuto rispondere adeguandosi negli aspetti, più procedurali che strumentali, che inficiavano la redditività. Dunque, ottimizzazione dei tempi e maggior controllo dei costi.

Il BIM authoring, con la possibilità di gestire non solo informazioni fisiche, ma facenti capo a diverse discipline all'interno dello stesso "modello informativo", costituisce il comune denominatore di varie competenze, sia tradizionali (architettura, impianti, strutture) sia più specialistiche.

Da questo ruolo di coordinamento trae vantaggio, in termini di efficienza progettuale ed economica, tutta la filiera del settore.

Essendo tutte le informazioni relative alle varie competenze progettuali all'interno dei modelli, è fondamentale impostare le procedure organizzative delle stesse quanto prima possibile, addirittura nel preliminare stesso. Le

procedure sono fatte da regole di modellazione, di organizzazione dei parametri da estrarre, standard di utilizzo della piattaforma e protocollo di scambio delle informazioni. Questo implica una chiarezza delle condivisioni degli obiettivi tra i vari attori della filiera, fin dal principio, con l'obiettivo ottimizzare il numero e il tipo delle informazioni contenute nel prototipo pena la minore efficienza del processo.

È largamente dimostrato che un corretto utilizzo dei processi progettuali integrati aumenta in maniera consistente il controllo dei costi progettuali, mentre riduce la dispersione di energie in termini economici e temporali dovute ad eventuali cambiamenti/varianti richieste e/o resosi necessarie.

Un ulteriore motivo fondamentale per il consolidamento della metodologia BIM è sicuramente la possibilità di avere, in diretta e in qualsiasi momento, lo stato dell'arte del progetto, visualizzabile anche dal cliente stesso. Il committente può, dunque verificarne costantemente gli sviluppi ed essere, quindi, più coinvolto nel processo creativo e progettuale. Questo aumenta largamente il consenso rispetto al metodo.

*Nel caso specifico del progetto in questione, l'accordo tra i team di lavoro è stato, fin dall'inizio, quello di massimizzare l'impiego di tecnologie 3D. L'obiettivo era quello di utilizzare modelli tridimensionali per individuare ed eliminare il rischio di errori, in particolare al momento del passaggio dalla progettazione alla costruzione. Inoltre, queste informazioni sarebbero dovute servire, per quanto possibile, per accelerare l'estrapolazione delle quantità e i processi di stima affinché il team potesse ricevere un feedback più veloce sulle modalità con le quali il progetto era stato seguito rispetto al suo costo obiettivo. Un attento esame delle opzioni software e delle competenze dei membri del team ha portato alla scelta di **Autodesk Revit**, aggiornato alla versione 2018, come piattaforma per le discipline architettoniche e strutturali. I formati di scambio scelti risultano dunque principalmente i file .rvt (modello architettonico e strutturale), e sporadicamente .dwg e .pdf.*

Perché Revit e non altri software? Non c'è una preferenza. Semplicemente Revit è quello che, come me tanti altri progettisti, hanno trovato più naturale imparare proprio perché conseguenza di Autocad. Essendo un prodotto di casa Autodesk, Revit è il software di più immediata comprensione per chi è già abituato a lavorare in Autocad. Questo nulla toglie alle potenzialità, alle possibilità e alle modalità di lavoro di altri software. Tutti i concetti esposti fino ad ora sono implementati ed applicabili a tutte le piattaforme BIM in commercio.

3.4 GESTIONE DEI FLUSSI INFORMATIVI

L'introduzione della digitalizzazione nel settore costruzioni comporta una innovazione di natura strumentale ma, soprattutto, un cambio di paradigma in termini di processo.

Rispetto alla tradizione, il Building Information Modeling si situa in un contesto rivoluzionario in quanto trasforma la rappresentazione architettonica e sostituisce i disegni con modelli virtuali 3D dell'edificio. Cambia quindi non soltanto il modo con cui è generata una rappresentazione, ma cambiano anche l'organizzazione del tratto e i processi mentali connessi.

Ma imparare ad utilizzare gli strumenti BIM è solo un primo passo che conduce verso operazioni diverse per la generazione, il perfezionamento e la valutazione delle idee progettuali.

Questa innovazione processuale interessa ogni singolo soggetto o struttura a vario titolo coinvolti nella filiera delle costruzioni, sia al suo interno, sia verso l'esterno e le relazioni con ogni altro soggetto o struttura che partecipi al processo stesso; ciò a partire dal committente, coinvolgendo i progettisti, le imprese, i produttori di componenti, i gestori, ecc., ed interessando ogni stadio dalla programmazione sino all'esercizio.

La gestione dei contenuti informativi, siano essi modelli, elaborati, schede o oggetti, deve garantire completezza, trasmissibilità e congruenza di tutti i dati e le informazioni negli stessi contenuti.

La quantità e la tipologia dei modelli è funzionale alla complessità dell'opera (o complesso di opere), alla complessità di intervento ed alla fase del processo in cui si rendono necessari. Il coordinamento tra i modelli e tra i modelli e i vari elaborati, così come tra modelli e regolamenti o vincoli, avviene attraverso l'analisi e controllo delle interferenze fisiche e informative (clash detection) e l'analisi e controllo delle incoerenze informative (model e code checking). La verifica di coordinamento dei modelli grafici può essere eseguita in via automatizzata attraverso specifici software, i quali redigono un report del risultato delle analisi ma il coordinamento automatizzato eseguito attraverso software dedicati non sopperisce in nessun caso alle responsabilità (penali, civili, professionali, ecc.) del responsabile del modello o degli elaborati analizzati.

Ai fini di una migliore gestione del processo, per ogni opera, o complesso di opere, deve essere definito un ambiente condiviso di raccolta dati (ACDat) dove tutti i soggetti accreditati possano condividere le informazioni prodotte. L'ambiente condiviso dei dati è preferibilmente posto in capo al committente il quale può curarne la gestione direttamente o delegarla ad un soggetto esterno appositamente incaricato.

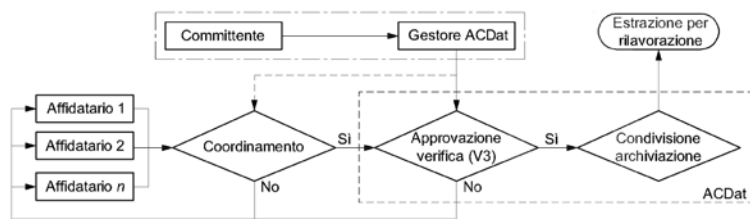


FIGURA 19 – Schema della gestione dei contenuti informativi nel processo digitalizzato delle costruzioni

Ai fini della gestione digitale dei processi delle costruzioni si rende necessaria la definizione di nuove funzioni professionali ad essa preposti ma in funzione della complessità della struttura organizzativa di committenti, affidatari e sub-affidatari, le varie funzioni di controllo possono essere ricoperte da un singolo soggetto, come da più soggetti (differenti per funzione oppure all'interno di ciascuna funzione, eventualmente all'interno di una struttura stabile dedicata). Le suddette funzioni possono essere interne o esterne alla o alle organizzazioni interessate.

Il mantenimento, l'aggiornamento e l'evoluzione delle competenze necessarie all'attività professionale di gestione e controllo del processo informativo delle costruzioni (CDE manager, BIM manager, BIM coordinator e BIM specialist) non sono attualmente subordinate ad uno specifico percorso formativo. Il professionista è, comunque, tenuto a seguire percorsi autonomi o guidati di aggiornamento professionale continuo al fine di acquisire le capacità e l'esperienza opportune al particolare tipo di commessa.

Un motivo di preferenza delle piattaforme BIM è infatti più specificamente legato al metodo di gestione del progetto e, di conseguenza, delle responsabilità manageriali nei termini di coordinamento strategico ed operativo.

I benefici del BIM sono prima di tutto procedurali.

La progettazione parametrica, con la sua impostazione della struttura operativa molto più approfondita di quanto non accada nelle modalità tradizionali, produce evidenti vantaggi nelle fasi progettuali per chi ha la responsabilità della gestione del processo progettuale.

L'organizzazione in elementi appartenenti a gruppi parametrici specifici facilita il controllo della coerenza dei dati immessi, così come delle interferenze tra le varie competenze specialistiche.

Questo è un aspetto di non trascurabile rilevanza per l'efficienza del processo, soprattutto se si ha una responsabilità di coordinamento.

Su progetti complessi, riuscire a garantire il minimo di "clash detection" tra le varie discipline è molto difficile. I motivi sono impliciti nei limiti dei software: ad esempio, utilizzando software CAD si possono eseguire un certo numero di sezioni di verifica, ma non è detto che mettano in evidenza un problema specifico. Utilizzando piattaforme BIM questo errore viene evitato, dato che mediante un modello tridimensionale multidisciplinare e tramite l'utilizzo di software specifici, è il programma stesso che effettua verifiche di questo genere. Naturalmente, sta al coordinatore impostare i parametri del controllo di tali interferenze.

La possibilità di ridurre al minimo i rischi di verifica di problematiche con le altre discipline è un assoluto vantaggio, anche per la maggiore tutela della qualità del prodotto finale.

*Utilizzando questi strumenti infatti, i vari team di lavoro sono stati in grado di impegnarsi in molteplici discussioni circa la progettazione utilizzando **modelli 3D work-in-progress**.*

Ciò ha garantito un accesso continuo allo stato aggiornato della progettazione e ha evitato problemi legati all'utilizzo di disegni non aggiornati.

Inoltre, attraverso il processo di revisione della progettazione basato sul modello, il team è stato in grado di identificare ed evitare durante le prime fasi della progettazione centinaia di problemi legati a informazioni incomplete, piuttosto che aspettare che le varie discipline assemblassero un pacchetto di elaborati per una revisione completa.



FIGURA 20 – Una delle sale riunione dello studio di progettazione aei progetti

3.5 METODOLOGIA OPERATIVA

Le modalità operative con cui aei progetti lavora sono certamente una caratteristica distintiva e una delle ragioni del successo dello studio. La capacità di proporre soluzioni che rappresentino sempre lo stato dell'arte della tecnologia, infatti, è certamente tratto di distinzione e punto di forza di questa società di progettazione.

L'approccio utilizzato per rispondere alle problematiche incontrate, è infatti quello di cercare di offrire strumenti che facilitino la comunicazione tra i vari attori al fine di raggiungere l'elevata qualità delle soluzioni proposte mediante l'apporto del know-how condiviso.

Le ragioni alla base di questo approccio, che preserva le caratteristiche individuali e promuove la condivisione del sapere, vengono principalmente dalla natura eterogenea dei progetti portati avanti in studio, dalla differente composizione dei team di lavoro e dalla loro natura dinamica fortemente auto organizzativa: sono le persone, infatti, che fanno l'eccellenza.

Risulta dunque difficoltoso generalizzare ed individuare un approccio progettuale univoco in una società eterogena e all'avanguardia come aei progetti. Ogni professionista contribuisce con il proprio sapere e le proprie skills all'interno di un processo progettuale integrato che ha come obiettivo comune il raggiungimento della più elevata qualità progettuale: in altri termini, ingegneri, strutturisti, architetti, BIM manager, BIM specialists, disegnatori CAD, geometri, impiantisti ecc. collaborano attivamente apportando il proprio bagaglio conoscitivo ogni qualvolta venga richiesto.

Questa metodologia operativa viene fortemente incentivata grazie all'utilizzo del processo e degli applicativi BIM e di un server di deposito dati che permette il lavoro simultaneo (worksharing) su di un medesimo modello virtuale (central model).

Inoltre, come vedremo, la metodologia BIM ridistribuisce l'allocazione degli sforzi all'interno del processo progettuale, ponendo maggiore enfasi sulle fasi iniziali di progettazione concettuale e progetto preliminare.

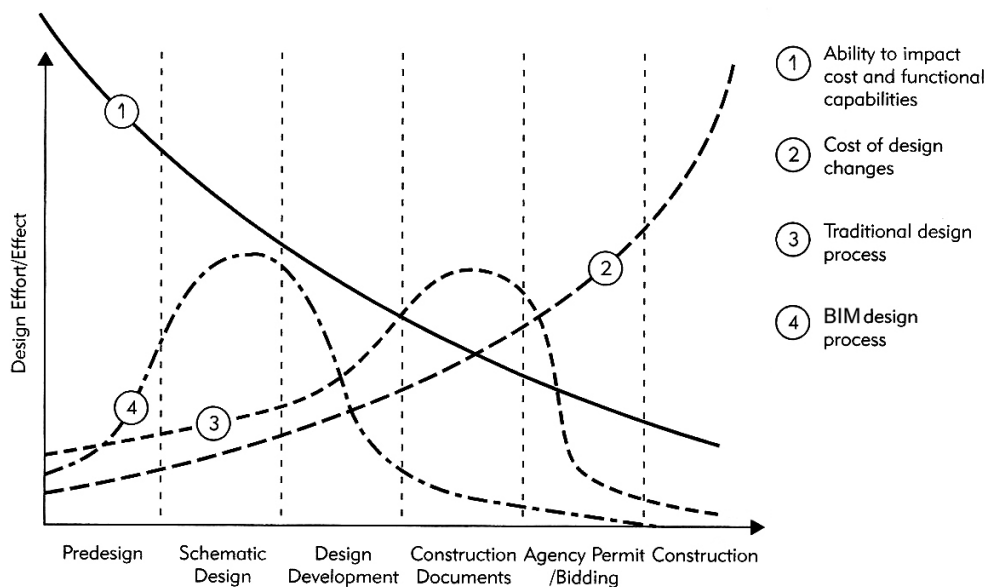


FIGURA 21 – Curve di MacLeamy: rappresentazione grafica dell'impegno in termini di tempo richiesto nelle varie fasi progettuali con processo tradizionale (3) e BIM (4)

Nelle prossime pagine cercheremo di analizzare nel dettaglio l'impatto della metodologia BIM sulla progettazione del caso studio dal punto di vista della:

- *Progettazione preliminare*: affronta l'organizzazione teorica e spaziale del progetto e ne determina le parti. Il BIM rende più semplice la creazione di involucri edilizi complessi e rende più meticolose l'indagine e la valutazione del progetto preliminare, anche se i workflow che lo supportano sono integrati solo in parte.
- *Progettazione strutturale*: la metodologia BIM sostiene nuovi workflow di informazioni e li integra più saldamente con gli strumenti di simulazione e di analisi già esistenti, utilizzati dai progettisti strutturali, permettendo una valutazione delle soluzioni proposte più immediata e di facile lettura.

Vedremo come il BIM apporta vantaggi significativi a più livelli.

3.5.1 CONCEPTUAL DESIGN E PREDESIGN

Il primo punto di analisi riguarda la primissima fase di progettazione.

Il conceptual design determina la struttura di base del progetto da sviluppare nelle fasi successive, in termini di volumetria, struttura, layout spaziale generale, approccio alle condizioni ambientali e di contesto e relazioni con il sito. E la parte più creativa dell'attività di progettazione e riguarda tutti gli aspetti del progetto, ossia funzionalità, costi, modalità di costruzione e materiali, impatti ambientali, pratiche edilizie, considerazioni culturali ed estetiche. Infine, ha la responsabilità di anticipare e applicare la gamma di competenze del team di progettazione.

È proprio in questa fase che è possibile prendere decisioni importanti valutando attentamente l'impatto in termini di costi e fattibilità sul progetto.

Gli strumenti di concept design devono dunque conciliare la necessità di supporto dei processi mentali creativi con la capacità di fornire rapidamente valutazioni e feedback sulla base di una serie di strumenti di simulazione e di analisi, allo scopo di consentire una progettazione più consapevole.

Dopo l'elaborazione del programma di costruzione l'essenza della progettazione concettuale si riversa nel layout di base del progetto dell'edificio, nelle planimetrie, nella sua volumetria e nell'aspetto generale. Questa operazione ha lo scopo di determinare il posizionamento dell'edificio, l'orientamento sul sito, l'organizzazione e la qualità ambientale interna e come il progetto realizzerà il programma di costruzione di base, tenendo in considerazione il contesto in tutti i suoi aspetti. Come già mostrato, le decisioni iniziali correlate al programma e al concept sono di enorme importanza per il progetto generale, in quanto determinano in larga parte il costo, l'utilizzo, la complessità costruttiva, il tempo di consegna e altri aspetti fondamentali.

Nel caso in esempio della progettazione della cantina vinicola "La Cava" questa fase è stata di rilevanza enorme. Le prime stesure del progetto dello studio Bernardo Tori inviate ad aei progetti per l'esame sono state il frutto di un processo collaborativo di alto livello.

Dalla qualità e diversità dei collaboratori esterni emerge inoltre che la sfida principale nell'adozione della tecnologia BIM è stata quella di incoraggiare tutti i soggetti coinvolti nella progettazione a impegnarsi con nuove modalità di lavoro, che documentino e veicolino l'utilizzo della nuova metodologia.

I requisiti per un concept design BIM prevedono che il modello sia costituito da almeno:

- Solai di piano definiti con uno spessore finale e con la misura dell'interpiano, anche nella rappresentazione delle coperture.
- Indicazione dell'orientamento dell'edificio e del contesto
- Insieme di elementi spaziali 3D su ogni solaio: definiti e denominati a livello dipartimentale, denominati a livello dipartimentale, o con un'altezza dello spazio che determina l'altezza di interpiano.
- Scale, ascensori e rampe definite dai volumi che occuperanno.
- Pareti esterne (media ponderata tra superfici opache e trasparenti, quest'ultima può essere indicata in percentuale); lo spessore della parete definisce gli intenti in termini di massa e di valore di resistenza termica.
- Ingressi dell'edificio con porte.

Sulla base di una o più prescrizioni da parte del committente, lo studio di architettura ha generato diversi progetti dei concept spaziali. Nella primissima fase ne sono state trasmesse tre versioni, in formato .rvt, ma in seguito ne sono state prodotte di più, ricorrendo a revisioni e iterazioni.

Ricordiamo che prima dell'introduzione del BIM, i vari concept e le descrizioni venivano presentati in formato cartaceo, con disegni e rendering generati in diversi formati, allungando di molto i tempi di trasmissione.

La società di architettura e la committenza hanno valutato ogni alternativa della progettazione preliminare in base al rapporto con il programma spaziale, le normative e i regolamenti, compresi quelli dei vigili del fuoco e di accessibilità, oltre ad una stima preliminare dei costi e dei consumi energetici. Prima, questo tipo di valutazioni venivano svolte a mano dal personale dello studio di progettazione o da consulenti, mentre adottando la tecnologia BIM estrarre queste informazioni è stato enormemente semplificato.

Si riporta una delle proposte in fase di progettazione architettonica di concept nelle tavole allegata a questo elaborato.

3.5.2 VALUTAZIONE SPAZIALE DEL MODELLO

Le informazioni di cui sopra forniscono i dati minimi sul modello di edificio che risultano necessari per definire un preliminary concept design, tuttavia risultano già abbastanza approfondite per elaborare previsioni significative sulle prestazioni. I requisiti informativi del modello sono definiti per assicurare flessibilità e facilità di interpretazione.

Il concept design è infatti finalizzato principalmente alla determinazione delle unità spaziali. L'organizzazione dello spazio è una decisione fondamentale in questa fase.

Durante la fase di progettazione concettuale i progettisti hanno esplorato diverse forme e hanno prodotto una serie di ipotesi sullo spazio e alle varie destinazioni d'uso. Il team ha analizzato le alternative attraverso diversi studi che includevano l'esposizione, il trasporto, l'accessibilità e l'evacuazione di emergenza.

Nel caso in esame un importante parametro di scelta sulla gestione dello spazio destinato alle aree produttive e di stoccaggio sono state le disposizioni e le quantità indicate nella relazione dell'enologo.

Dati tratti dalla relazione del ciclo produttivo:

SUPERFICIE VITATA	
Uve Bianche	Ha 27
Uve Rosse	Ha 68
RESE PRODUTTIVE	
Uve Bianche	HI 2250
Uve Rosse	HI 3340
Uve Rosse Rosato	HI 1250

Capienza necessaria vinificazione	
Uve Bianche	HI 2500
Uve Rosse	HI 4350
Uve Rosse Rosato	HI 1400
Produzione bottiglie lt. 0,750	
Vini Bianchi	Nr. 300.000
Vini Rosati	Nr. 167.000
Vini Rossi	Nr. 450.000

Vinificazione:

Nel processo di vinificazione l'uva intera viene trasferita in pressa oppure viene diraspata, pigiata e inviata in pressa passando attraverso uno scambiatore di calore tubo in tubo per diminuire la temperatura del prodotto.

I serbatoi dove verrà accolto il mosto possono essere in acciaio inox, in cemento e in legno.

Le caratteristiche indispensabili dei serbatoi di vinificazione sono di non cedere sostanze nocive (al vino, alla salute, al palato), di non causare o facilitare mutamenti negativi, di essere facile da mantenere nelle condizioni ottimali per il contenimento del vino, di consentire una appropriata pulizia, di rispondere alle considerazioni di ordine economico.

Nella cantina di nuova costruzione sono stati previsti serbatoi da vinificazione in cemento e acciaio inox.

A seconda delle caratteristiche delle uve ottenute anche in base all'andamento climatico di volta in volta l'enologo avrà la possibilità di scegliere tipologia di serbatoio, capienza e metodo di gestione della fermentazione. Le capacità sono state scelte considerando le specifiche caratteristiche dei vitigni, varietà e CRU per permettere vinificazioni in purezza avendo la possibilità della gestione della fermentazione indipendente serbatoio per serbatoio.

In linea di massima l'indirizzo sarà acciaio inox per la vinificazione delle uve bianche e cemento per le uve rosse.

Con l'obiettivo di ottimizzare al massimo le dimensioni della cantina, è stato deciso di vinificare anche in serbatoi di grande capienza, pur mantenendo alto il livello qualitativo della fermentazione per preservare le caratteristiche delle uve ottenute in vigna.

I serbatoi in cemento consentono al vino di respirare come il legno senza conferirne il sapore e quindi mantenendo inalterate le caratteristiche del terroir.

Sono stati scelti tini costruiti facendo in modo che non ci fossero angoli morti con conseguente uniformità della composizione del liquido soprattutto dal punto di vista della temperatura.

Il cemento permette una cinetica di fermentazione più regolare.

I serbatoi in acciaio inox saranno dotati di sistemi di gestione e monitoraggio di tutte le fasi di vinificazione oltre ad intercapedini di refrigerazione dimensionate per permettere una ideale temperatura di fermentazione.

I serbatoi in acciaio inox possono essere di due tipologie: AISI 304 (18 - 8 la costituzione con il 18% di nichel e 8% di cromo) che presenta resistenza meccanica alla corrosione dovuta al nichel e determina la maggior resistenza meccanica dell'acciaio, lasciando questo tipo di acciaio vulnerabile in ambienti riducenti; AISI 316 (18 - 8 - 8 la costituzione con il 18% di nichel, 8% di cromo e 8% di molibdeno) che con l'aggiunta di molibdeno, diminuisce la vulnerabilità dell'acciaio in ambienti riducenti. Questo spiega anche perché, mentre i serbatoi inox sempre colmi si comportano bene indipendentemente dal contenuto in anidride solforosa, quelli che non sono sempre colmi vengono rapidamente attaccati a meno che non contengano in lega del molibdeno, per questi è comunque sempre consigliabile attenuare l'aggressività dell'atmosfera con l'impiego di gas inerti.

Fermentazione:

Il mosto trasferito nei serbatoi di fermentazione inizia la trasformazione degli zuccheri in alcool e in tutte le componenti chimiche ed organolettiche fino a divenire vino.

I tempi di fermentazione dipendono dalla varietà, maturazione delle uve, obbiettivi di vinificazione ma generalmente durano da pochi giorni a settimane. Nella fermentazione di uve rosse destinate a vino rosso la prima parte della fermentazione viene effettuata a contatto delle bucce mentre nelle fermentazioni di uve rosse destinate a vini rosati e di uve bianche la fermentazione si svolge in totale assenza di bucce.

La temperatura di fermentazione dei mosti in cantina sarà presumibilmente di 25-28°C nei rossi e 18°C nei bianchi.

Stoccaggio:

Terminata la fase di fermentazione i vini saranno conservati in parte in serbatoi di stoccaggio ed in parte destinati all'affinamento in legno.

La capacità totale della cantina è stata definita nel rispetto delle norme del Disciplinare di produzione della DOC Bolgheri che prevedono che il DOC Bolgheri rosso possa essere commercializzato soltanto dal primo settembre dell'anno successivo alla vendemmia e che il Bolgheri superiore deve essere sottoposto ad un periodo di invecchiamento di almeno 2 anni, a decorrere dal 1° gennaio successivo all'annata di vendemmia, di cui almeno uno in botti di rovere.

Affinamento:

Terminata la fase di fermentazione i vini saranno trasferiti nei serbatoi di affinamento che possono essere, a seconda delle necessità enologiche, in acciaio, legno e/o cemento.

In questi locali verrà mantenuta una temperatura di 18°C e nei locali dove è presente legno una umidità del 75-85%.

I vini che saranno destinati all'invecchiamento in botti di rovere sosteranno all'interno delle stesse 24 mesi per cui, nel dimensionamento dei locali di affinamento, abbiamo considerato la sovrapposizione di due vendemmie.

Imbottigliamento:

A vini "pronti" si procede all'imbottigliamento.

I vini rossi verranno imbottigliati e posizionati in contenitori che verranno tenuti a temperatura costante per periodi variabili da 6 a 18 mesi a favorire l'affinamento in bottiglia.

I vini rosati e bianchi verranno imbottigliati, etichettati, posti nei cartoni e depositati in stoccaggio nei magazzini (condizionati a 18 – 20°C) pronti per essere messi nel mercato.

Dalle disposizioni dell'enologo si è optato dunque per una distinta:

Botti Lignee (Affinamento)		
Nr. 42	Rotonde 60 hl	2520 hl
Nr. 15	Ovali 50 hl	750 hl
Nr. 2	Ovali 60 hl	120 hl
Nr. 45	Rotonde 30 hl	1350 hl
Nr. 42	Tonneaux 5 hl	210 hl
Tini in Acciaio Inox (Vinificazione e Stoccaggio)		
Nr. 9	Tini 300 hl	2700 hl
Nr. 177	Tini 150 hl	2550 hl
Tini in Cemento (Vinificazione e Stoccaggio)		
Nr. 13	Tulipe 51 hl	663 hl
Nr. 14	Tulipe 75 hl	1050 hl
Nr. 86	Tulipe 86 hl	1462 hl

La fase successiva ha previsto il caricamento di famiglie modellate ad hoc in Revit per la disposizione delle botti e dei tini nelle aree destinate alla produzione e stoccaggio.

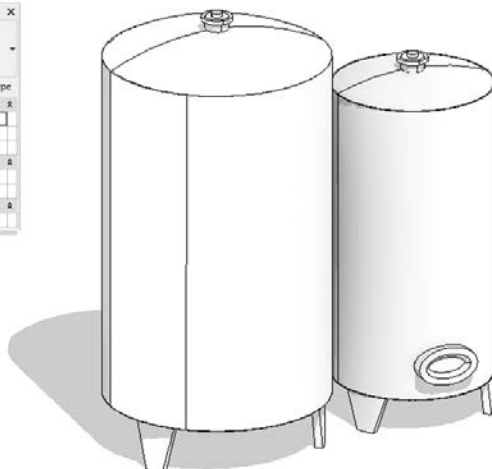
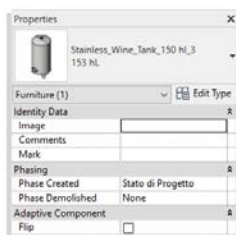
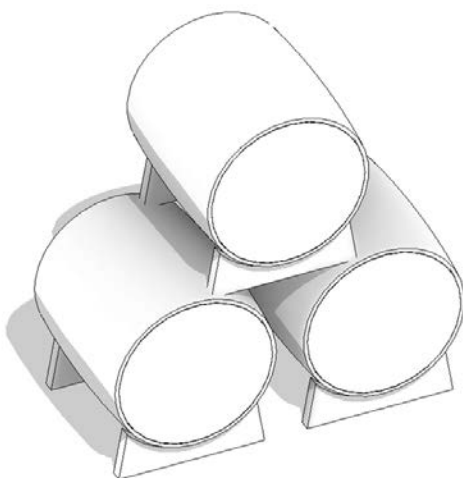
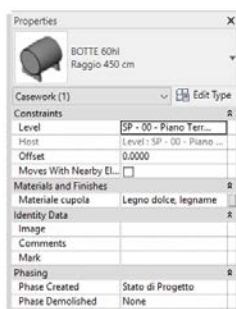


FIGURA 22 – Famiglie modellate ad hoc con ingombri, capienza e materiali

In questa fase, la possibilità di parametrizzare molti dei dati di progetto e il supporto dato dalla progettazione tridimensionale sono stati di grandissimo aiuto per riuscire a prendere decisioni importanti in maniera semplificata.

Ad esempio, l'ingombro delle botti e dei tini, lo spazio necessario per la circolazione e la disposizione a fila singola, doppia o tripla sono stati parametri decisivi anche in fase di progettazione strutturale.

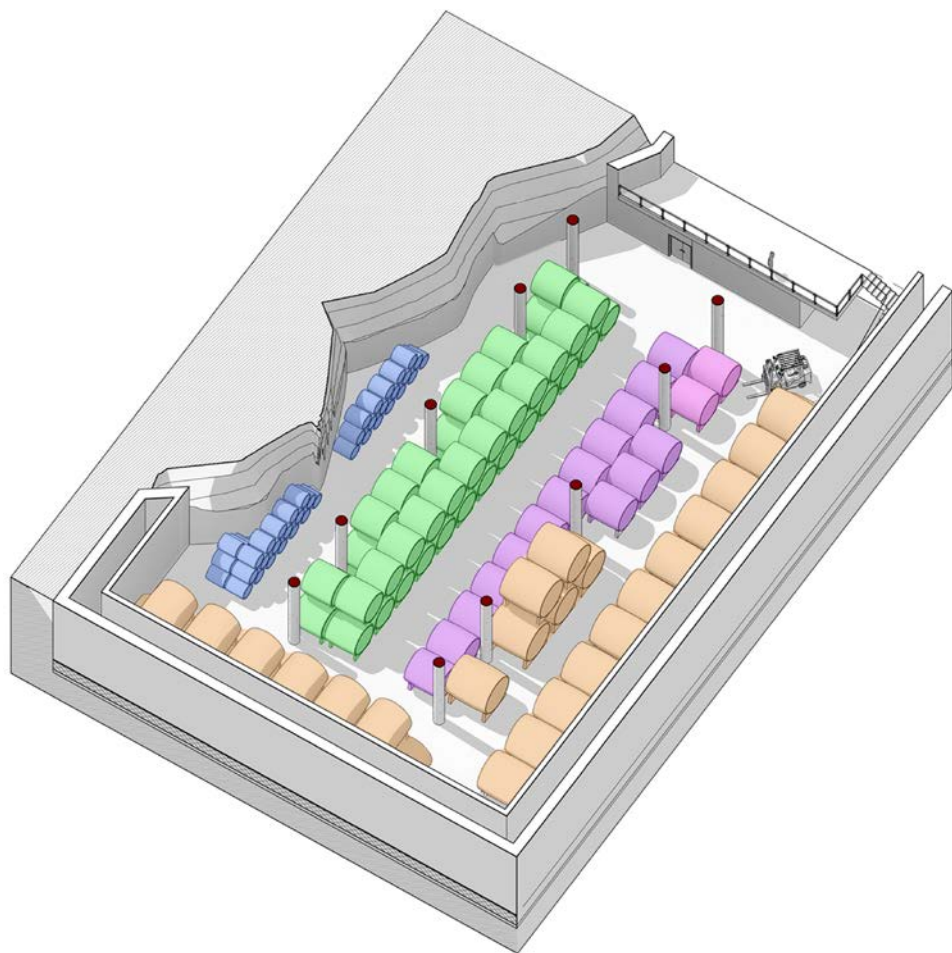


FIGURA 23 – Vista assometrica del piano terra (Bottoia) con gli elementi 3D delle botti

Com'è facile intuire dal disegno, le luci tra i pilastri al piano terra, la disposizione in pianta delle botti e l'area destinata alla circolazione, sono conseguenza diretta della tipologia di botti scelte.

Allo stesso modo, al piano superiore è stato necessario verificare l'allineamento della pilastrata con la disposizione dei tini per la vinificazione e delle passerelle di ispezione:

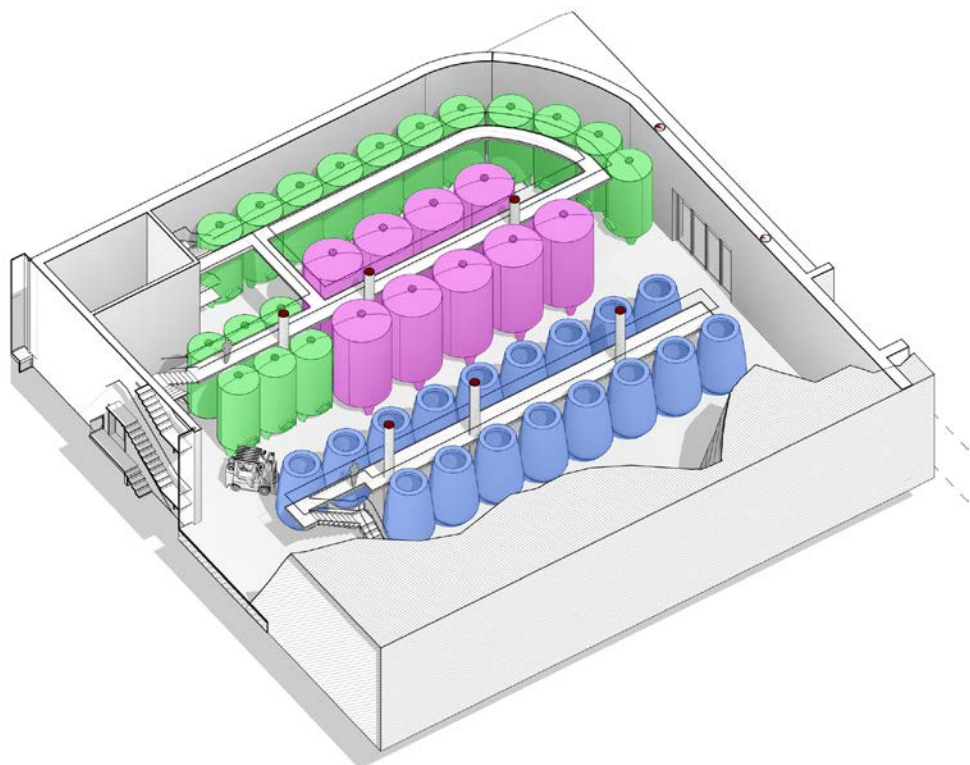


FIGURA 24 – Vista assometrica del primo piano (Tinaia) con gli elementi 3D dei tini in acciaio inox e dei Tulipe in cemento

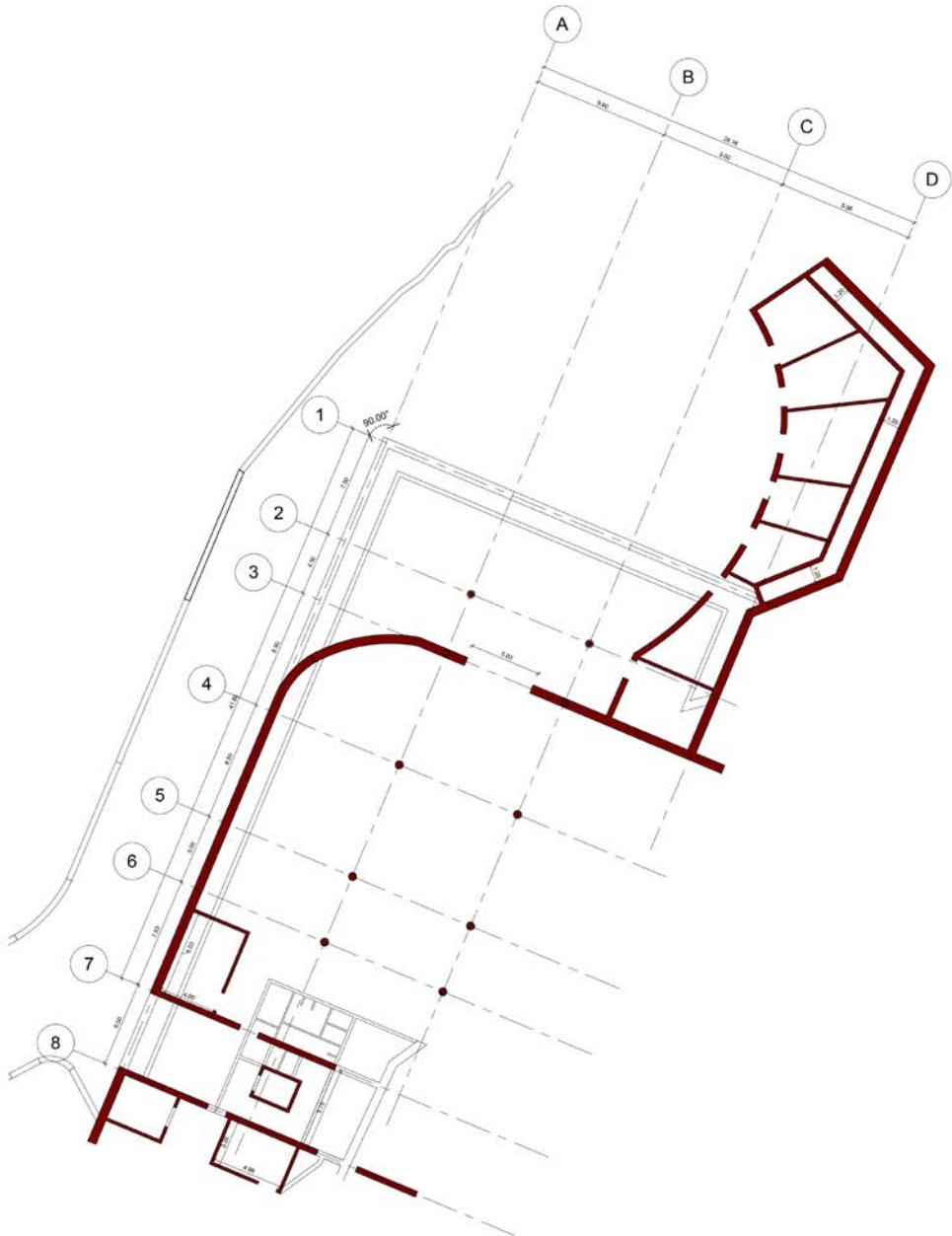


FIGURA 25 – Vista in pianta dell'allineamento strutturale dei pilastri nei locali Tinaia e Bottaia

3.5.3 DEFINIZIONE DEL MODELLO STRUTTURALE

Dopo che la progettazione ha superato la fase di valutazione spaziale preliminare, è necessario fornire specifiche più dettagliate, progettare i sistemi strutturali e dimensionare gli elementi dell'edificio. Queste attività sono generalmente svolte in collaborazione con ingegneri strutturalisti, interni o esterni al team di progettazione. Una collaborazione efficace tra queste attività offre larghi margini di differenziazione sul mercato.

Negli ultimi decenni, ben prima della comparsa del BIM, sono state sviluppate numerose funzionalità di analisi computerizzata e svariati strumenti software. Per la maggior parte si tratta di elementi basati sulla fisica dell'edificio, come le analisi strutturali, la fluidodinamica, la termodinamica e l'acustica. Molti strumenti richiedono una modellazione 3D degli edifici. Infatti, da tempo gli ingegneri strutturalisti utilizzano la modellazione parametrica 3D, compresi i vincoli parametrici e la definizione di componenti parametrici per i profili d'intersezione. A questo proposito gli aspetti 3D di modellazione parametrica BIM sono apparentemente meno nuovi per queste figure, quindi ci si potrebbe aspettare che l'adozione del BIM sia rapida e spontanea.

Nella realtà la situazione è ben diversa, tanto che l'adozione del BIM nell'ambito dell'ingegneria strutturale registra cifre ben più basse rispetto a quelle di altre figure professionali dell'ambito delle costruzioni.

La spiegazione di questo fenomeno sembra insita nella separazione filosofica e nella dicotomia tra i *modelli analitici ideali* (modelli di calcolo) e la geometria reale. Tradizionalmente, i progettisti strutturali modellano la struttura in modo che sia adatta per le analisi e tale modellazione non può essere convertita direttamente nel formato utile per la costruzione, perché si basa su presupposti teorici diversi.

Eppure, oltre ai vantaggi per il processo di progettazione globale, ottenuto con la collaborazione multidisciplinare, *il BIM è in grado di fornire benefici diretti e mirati agli ingegneri*, poiché elimina le rielaborazioni e rende la produzione delle tavole più efficiente. È comunque necessario uno sforzo significativo per preparare l'insieme di dati necessari per eseguire le simulazioni analitiche. Con opportune interfacce BIM, un modello che rappresenta la geometria reale può essere utilizzato per ottenere sia il modello analitico sia l'insieme degli elaborati grafici, in modo da eliminare o semplificare al massimo la preparazione degli insiemi di dati di input delle simulazioni analitiche.

Un'interfaccia efficace tra uno strumento BIM e un'applicazione di analisi, sia essa strutturale, energetica ecc, coinvolge almeno tre aspetti:

- Assegnazione di relazioni e attributi specifici nello strumento BIM coerenti con quelli richiesti per l'analisi.
- Metodi per la compilazione di un modello di dati analitici che contenga le opportune astrazioni della geometria degli edifici, in modo che funzioni come rappresentazione valida e accurata dell'edificio per il software di analisi. (Il modello analitico che viene estratto dal modello BIM sarà diverso per ogni tipo di analisi.)
- Un formato di scambio per il trasferimento dei dati che sia supportato reciprocamente. Tali trasferimenti devono mantenere le associazioni tra il modello analitico e il modello BIM e includere le informazioni per agevolare l'aggiornamento continuo da entrambe le parti.

Questi aspetti sono gli elementi fondamentali delle aspettative correlate al BIM, nello specifico l'eliminazione della necessità di immettere dati multipli per le varie applicazioni di analisi, in modo che il modello sia analizzabile direttamente e in tempi brevi. La modalità di gestione delle analisi strutturali mostra con efficacia questi aspetti.

Poiché le applicazioni di progettazione architettonica non creano e non rappresentano elementi strutturali in una modalità adatta per l'esecuzione di analisi strutturali, alcune società di software offrono versioni separate del software BIM che includono queste funzionalità. **Revit Structure** è un esempio: vengono forniti gli oggetti di base e le relazioni comunemente usate dagli strutturisti (pilastri, travi, pareti, solai e simili) in forme interoperabili con gli stessi oggetti delle applicazioni architettoniche BIM.

È importante notare, tuttavia, che tali elementi hanno una doppia natura, poiché aggiungono una rappresentazione ideale della struttura, generata automaticamente, che è composta da "aste e nodi"; sono anche in grado di rappresentare carichi strutturali e combinazioni di carico, nonché il comportamento teorico delle connessioni. Queste funzionalità forniscono agli ingegneri interfacce dirette per avviare applicazioni di analisi strutturale.

Probabilmente non sarà possibile sviluppare un formato di scambio diretto che supporti tutti i tipi di analisi, perché analisi diverse richiedono estrazioni differenti dal modello generale, con caratteristiche specifiche per ogni tipo di

analisi. La maggior parte delle analisi richiede quindi un'attenta strutturazione dei dati di ingresso da parte del progettista o dell'ingegnere che prepara il modello.

Per poter definire il modello analitico di un edificio dalla sua realizzazione architettonica è infatti richiesta un'esperienza nell'ambito dell'ingegneria strutturale. Il modello strutturale, inoltre, può assumere forme diverse. In genere, nel caso di strutture in calcestruzzo o acciaio, si tratta di una rappresentazione per telaio e nodi che definisce le caratteristiche della tipologia strutturale per comunicarne il comportamento.

Il modello è una rappresentazione astratta del comportamento della connessione, dei carichi esterni e del codice richiesto per far fronte alle combinazioni di carichi. In alcuni casi, le parti di dettaglio di una struttura, per effetto della relativa complessità geometrica o di carico, o dell'importanza critica che ricoprono per il progetto, possono essere rappresentate come una mesh nel modello 3D di un elemento finito (Finite Element Method, FEM), con una geometria molto più dettagliata le cui interfacce definiscono un insieme diverso di nodi e di requisiti degli elementi. I modelli FEM derivano in genere da modelli solidi e richiedono un significativo apporto degli operatori. Per generare entrambi i tipi di modelli strutturali, quindi, come si è già detto, è richiesta esperienza nella progettazione di strutture. Si possono avere due o talvolta più rappresentazioni degli elementi strutturali di un edificio.

Il punto è che nel momento in cui si applicano i cambiamenti a un modello è necessario rivedere ed eventualmente aggiornare gli altri modelli per garantirne la coerenza.

I modelli Revit infatti, non possono ancora essere importati direttamente in software di analisi agli elementi finiti. Revit può esportare un file IFC, che può essere importato nelle varie piattaforme di analisi, ma vengono importate solo le informazioni di forma, mentre i dati dimensionali si perdono. Per risolvere questo problema sono stati creati modelli di calcolo di riferimento, che hanno richiesto uno sforzo di immissione dati manuale maggiore.

Il nuovo intervento è costituito da tre piani principali addossati alla parete rocciosa della cava. Si è optato per una struttura in cemento armato gettato in opera, avente platea di fondazione di altezza 50 cm, strutture di elevazione in cemento armato, con pilastri di diametro variabile dai 60 ai 40cm, setti portanti e solai a piastra in ca per permettere il passaggio degli impianti di condizionamento, necessari nelle aree di produzione e stoccaggio.

L'obiettivo di questa fase era quello di impostare un modello che potesse aiutare a valutare le scelte costruttive migliori per eseguire le strutture dell'edificio.

La modellazione preliminare parte dalla definizione degli elementi tecnici che compongono l'edificio. Viene così identificata la funzione di ogni parte strutturale:

Struttura di fondazione: diretta (fondazione a platea)

Strutture di elevazione: orizzontale (travi e solette)

verticale (pilastri e pareti)

inclinata (scale)

Il modello BIM non è solamente una modellazione tridimensionale per la definizione dei volumi o per la progettazione strutturale, ma un modello virtuale che viene utilizzato per definire in modo esauriente una parte dell'edificio e per organizzare i dati e le informazioni in modo semplice e costruttivo.

Il primo modello, sviluppato in fase di concept strutturale, è però molto semplice, dal momento che il suo scopo è quello di collegare a ciascun elemento tecnico le informazioni necessarie per un controllo efficace della progettazione.

Avendo utilizzato Revit per la modellazione, è stato possibile creare per ogni tipologia di elemento tecnico l'apposita famiglia completata dai parametri necessari per definirlo. L'utilizzo di parametri permette a una sola famiglia di essere sufficientemente flessibile per affrontare questioni che altrimenti per essere gestite richiederebbero più famiglie. In una famiglia i parametri si distinguono principalmente in parametri di sistema e parametri utente, i primi gestiti da Revit e quindi non editabili; i secondi creati appunto dagli utenti, utili per impostare valori personali nelle varie "modellazioni" che costituiscono la famiglia.

Il modello descritto in precedenza viene quindi "informato" attraverso l'uso dei parametri comuni come ad esempio requisiti e proprietà dei materiali.

La definizione di tutte queste informazioni permette una migliore definizione del progetto e una migliore previsione dei progressi della fase di costruzione dell'opera.

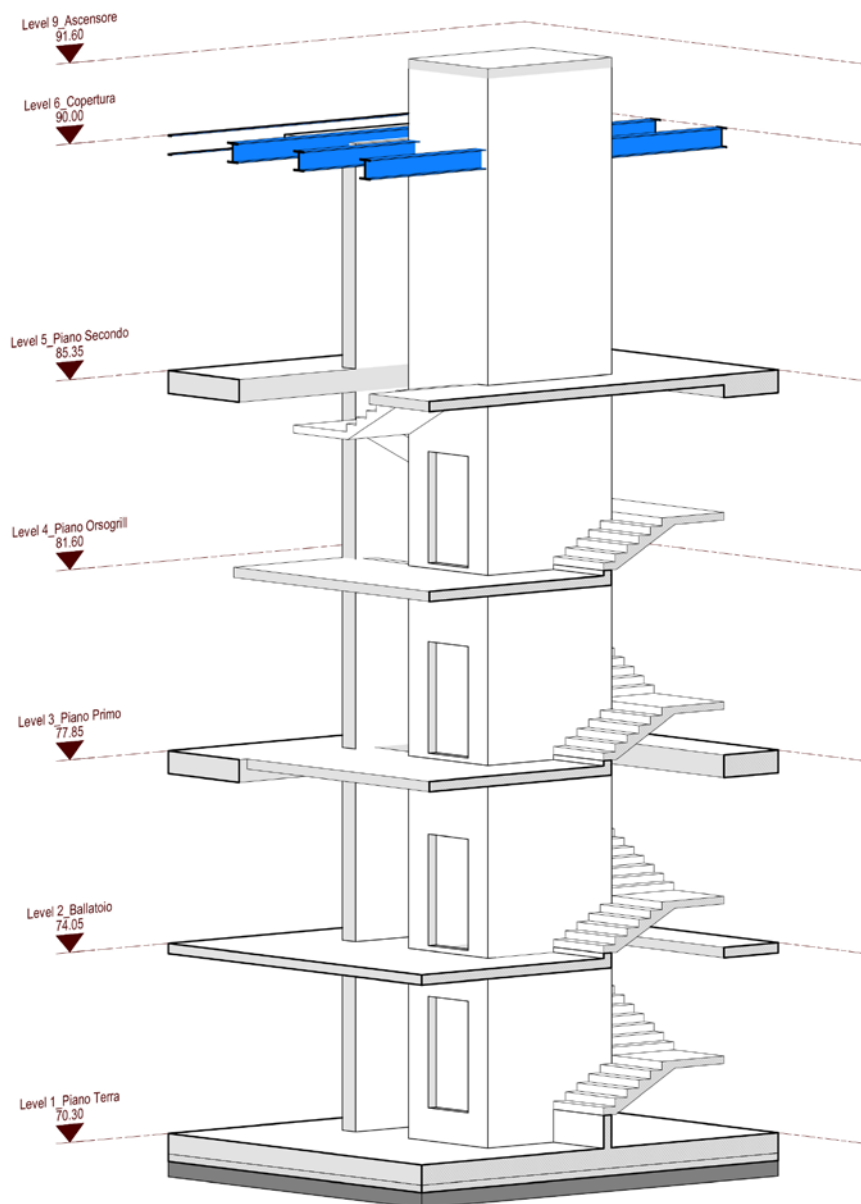


FIGURA 26 – Vista del modello strutturale in Revit Structure: vano scale e ascensore

I requisiti dei materiali sono le informazioni strutturali derivate dalla descrizione del progetto e tutte le caratteristiche chimico-fisiche e meccaniche che devono essere richieste e verificate in fase di accettazione dei materiali in cantiere.

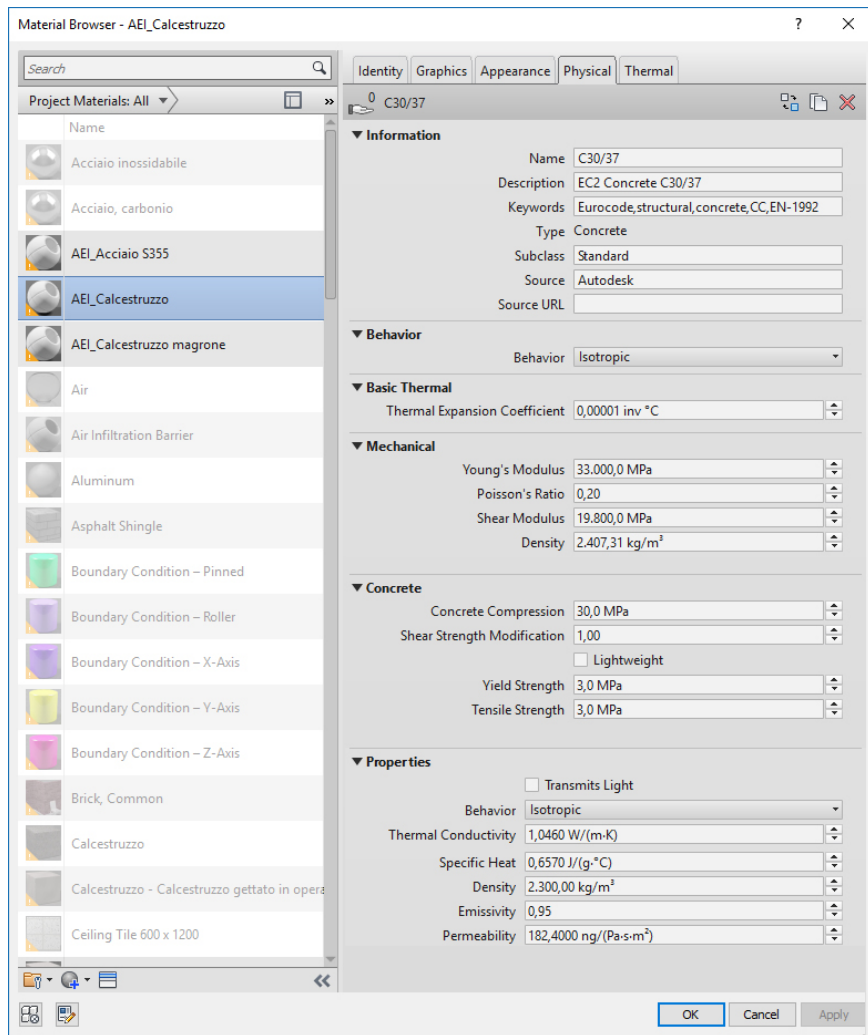


FIGURA 27 – Materiale Calcestruzzo definito in Revit Structure: esempio di informazioni insite negli elementi del modello strutturale

3.5.4 STIMA PRELIMINARE DEI COSTI

Uno dei principali obiettivi del concept design è quello di determinare l'impatto di particolari caratteristiche di progettazione e di conoscere il valore e il potenziale costo di determinate idee progettuali.

Per elaborare una stima preliminare, è risultato utilissimo sfruttare le informazioni che risultano disponibili dal modello dell'edificio in questa fase iniziale della realizzazione.

Il modulo di stima dei costi è basato su due componenti principali: dati basati sul modello di edificio e dati testuali basati sui costi. I dati provenienti dal modello comprendono la nomenclatura degli spazi e i relativi attributi associati, le superfici dei piani, tetti e pareti esterne e il numero di scale e ascensori.

Fino a poco tempo fa il quantitativo dei prodotti o dei materiali di un progetto veniva misurato e stimato con conteggi e calcoli manuali delle superfici: come tutte le attività svolte dall'uomo, queste erano soggette a errori e richiedevano tempo. Tuttavia, i modelli di edifici BIM oggi possiedono oggetti distinti che possono essere facilmente computati in modo quasi immediato e automatico calcolando sia i volumi sia le superfici dei materiali. I dati specifici estratti da uno strumento di progettazione BIM possono quindi fornire un computo accurato delle unità di prodotto e dei materiali necessari per la stima dei costi.

Mentre la maggior parte delle piattaforme BIM consente l'estrazione immediata del numero di elementi e dei calcoli di aree e volumi per molti dei propri componenti e/o materiali, l'estrazione dal modello di un computo metrico più sofisticato richiede però software specializzati.

Le tipologie costruttive e i materiali scelti in fase di concept design possono quindi essere monitorati per osservare la variazione dei quantitativi dei materiali previsti e dei costi in base al maggior dettaglio del progetto. In tal modo, durante la progettazione, è disponibile uno strumento di monitoraggio in itinere. La stima dei costi è infatti importantissima per i progettisti poiché consente di esaminare già durante le fasi iniziali le alternative che consentono di utilizzare al meglio le risorse del cliente.

Purtroppo nessun strumento oggi disponibile supporta l'intero flusso del conceptual design, né per quanto riguarda l'indagine relativa a progettazione e sviluppo, né per quanto riguarda la consegna del prodotto a livello dei servizi di progettazione preliminari. Quando sarà possibile elaborare valutazioni in

merito alle idee di progetto già a livello iniziale in termini di energia, costi e altri aspetti, l'interazione tra le fasi di ideazione e valutazione del progetto diventerà più articolata. Grazie ai controlli, quasi in tempo reale, il passaggio da un'idea a un'altra, attualmente basato su richiami e intuizioni, si amplierà fino a includere valutazioni e interpretazioni computazionali. Questo cambiamento avrà effetto sia sugli obiettivi e sulla qualità dello sviluppo concettuale, sia sul processo mentale di supporto.

Uno degli obiettivi del team di lavoro riguardo il processo di modellazione tridimensionale era quello di utilizzare il modello per molto di più che la semplice progettazione. Uno dei tentativi riusciti di questo progetto è stato l'impiego del modello per la stima. Quando è stato avviato il processo, il team ha capito che il programma di modellazione (Revit) aveva la capacità di integrare le informazioni e i parametri necessari per un processo di stima dei costi.

Man mano che il progetto avanzava, infatti si avvertiva una continua esigenza di monitorare il costo del progetto e assicurarsi che questo non superasse il budget prefissato. Inoltre, sono state sollevate potenziali questioni connesse a rischi e opportunità che avrebbero potuto aumentare il costo del progetto, a meno che non venissero attentamente valutate e non venissero prese iniziative a riguardo.

Utilizzare il BIM per la stima dei costi richiede l'integrazione degli attributi degli oggetti dal modello 3D del progettista con le informazioni sui costi provenienti da banche dati. Utilizzare il modello 3D per fare una stima dei costi piuttosto che i disegni 2D non è solo più veloce, ma riduce notevolmente anche la possibilità di errori e omissioni.

Un esempio di computo è mostrato nelle pagine allegate a questo elaborato, mentre nella pagina seguente viene mostrato un confronto tra i computi relativi alle tre principali proposte in fase di concept.

Cantina "La Cava"	SOLUZIONE 23.10.2018	SOLUZIONE 06-12-2018	SOLUZIONE 06-12-2018 con ampliamento bottaia
Opere Architettoniche	€ 3.260.902	€ 3.017.958	€ 3.207.883
Opere Strutturali	€ 2.722.314	€ 2.147.793	€ 2.282.957
Impianti Enologici/ Impianti Meccanici/Elettrici/Speciali/ Impianti Fognari	€ 3.450.000	€ 2.900.000	€ 2.900.000
Finissaggio Finale dei Reflui/ Sub-Irrigazione/ Filtro Particolatore	€ -	€ 40.000	€ 40.000
Messa in Sicurezza Cava	€ 900.000	€ 900.000	€ 900.000
Strade/Piazzali/Accessi/Movimento Terra	€ 500.000	€ 500.000	€ 500.000
TOTALE OPERE	€ 10.833.216	€ 9.505.751	€ 9.830.839

3.6 PRODUTTIVITA'

La separazione storica tra progettazione, ingegnerizzazione e costruzione non esisteva fino al Rinascimento. Per lunghi periodi della storia, tale distanza è stata colmata attraverso lo sviluppo di stretti rapporti di lavoro tra le maestranze, che negli anni a seguire avrebbero intrapreso un "lavoro d'ufficio" come disegnatori negli studi degli architetti. Negli ultimi anni tale relazione si è indebolita. I progettisti per ora sono principalmente giovani architetti e il canale di comunicazione tra le maestranze e l'ufficio di progettazione si è atrofizzato. Al suo posto è sorto un rapporto quasi conflittuale, in gran parte a causa dei rischi e delle responsabilità quando insorgono problemi.

La complessità degli edifici moderni ha reso inoltre estremamente impegnativo il compito di mantenere la coerenza tra gruppi di elaborati grafici sempre più grandi, anche con l'uso di strumenti di redazione computerizzata e sistemi di controllo dei documenti.

Maggiore è il numero di informazioni dettagliate, più rapidamente aumenta la probabilità di errori, per quanto riguarda sia gli intenti sia l'incoerenza. Le procedure di controllo della qualità raramente sono in grado di catturare tutti gli errori, ma in definitiva tutti gli errori si rivelano durante la costruzione.

Un progetto di costruzione richiede una progettazione non solo del prodotto costruito ma anche del processo di costruzione.

Questa affermazione è al centro dell'integrazione tra progettazione e costruzione. Essa implica un processo di progettazione che tiene conto delle implicazioni tecniche e organizzative intrinseche alla combinazione dei diversi sottosistemi nell'edificio, così come delle qualità estetiche e funzionali del prodotto finito. Il risultato previsto è costituito quindi da un prodotto derivante da un progetto e un processo coerenti che integrano tutte le conoscenze di settore.

Nel corso della progettazione, il lavoro collaborativo viene svolto da architetti, ingegneri, specialisti del team di progettazione e da collaboratori. Queste attività di consultazione consistono nel fornire agli specialisti le informazioni progettuali appropriate, l'uso desiderato e il contesto corrispondente, a scopo di revisione e feedback, consigli o modifiche.

La collaborazione comporta spesso una squadra di problem-solving in cui ogni partecipante è a conoscenza solo di una parte del problema generale.

Tradizionalmente, queste collaborazioni hanno fatto affidamento su disegni, fax, telefonate e incontri fisici. Il passaggio ai disegni e ai modelli elettronici offre nuove possibilità di interscambio elettronico, come scambi di e-mail e conferenze via web con le revisioni del modello e degli elaborati online. Con i modelli 3D BIM è possibile svolgere revisioni regolari con tutte le parti coinvolte in un processo di progettazione o di costruzione. I partecipanti possono essere dislocati in tutto il mondo e gli unici limiti sono le differenze di fuso orario. Utilizzando un workflow bidirezionale tra le applicazioni di progettazione BIM e le analisi strutturali è poi possibile raggiungere una valida collaborazione. Tuttavia è ancora necessario impegnarsi per realizzare scambi bidirezionali efficaci in molti ambiti di analisi.

Se da un lato la metodologia BIM offre la possibilità di ottenere nuovi vantaggi, dall'altro tutto questo comporta un costo. Lo sviluppo di un modello 3D, in particolare se include informazioni che supportano le analisi e facilitano la produzione, comporta più decisioni e richiede un impegno maggiore rispetto al redigere una serie di documenti di costruzione. Considerando gli inevitabili costi aggiuntivi per l'acquisto dei nuovi sistemi, l'aggiornamento del personale e lo sviluppo di nuove procedure, si è portati a ritenere che non valga la pena di adottare il BIM nella propria organizzazione.

La maggior parte delle società che hanno effettuato questa transizione, però, ha scoperto che gli indispensabili costi iniziali hanno determinato vantaggi in termini di produttività e qualità.

Un modo per valutare indirettamente i vantaggi offerti da una metodologia come quella BIM è basarsi sulla riduzione degli errori ma purtroppo le società di progettazione spesso non hanno familiarità con metodi di valutazione della produttività della propria organizzazione. Un primo passo per compiere tale valutazione consiste nello stabilire una linea di base per il confronto. Pochi studi tengono traccia dei costi unitari connessi allo sviluppo della progettazione e al dettaglio costruttivo dei disegni, per esempio in base alla superficie di piano dell'edificio, all'area di facciata o al tipo di progetto. Questi elementi possono fornire però un metro di riferimento per valutare i costi o i benefici conseguenti a un passaggio verso nuove tecnologie di progettazione.

La seconda fase consiste nello stimare il guadagno di produttività della nuova tecnologia, in questo caso il BIM.

L'ultimo passo è quello di calcolare i costi di investimento per l'adozione del BIM. Naturalmente, i vantaggi per un particolare studio di progettazione sono necessariamente di natura ipotetica fino a che i progetti non vengono effettivamente realizzati.

Abbiamo visto come la progettazione, e in particolare le sue prime fasi, è l'attività in cui si definiscono la maggior parte delle informazioni relative ad un intervento edilizio.

In Italia, per i servizi di progettazione di architettura e ingegneria, il contratto tradizionale consiglia di utilizzare un piano di pagamenti pari a: 12% per il progetto preliminare, 39% per la progettazione definitiva e 49% per la progettazione esecutiva e la sicurezza in fase di progettazione. Questa distribuzione riflette il carico di lavoro richiesto normalmente per produrre gli elaborati completi richiesti in ogni fase. Le curve di MacLeamy evidenziano inoltre l'impatto delle decisioni prese durante la fase di progettazione su funzionalità, costi e benefici complessivi di un progetto.

Studi di settore dimostrano come l'utilizzo di un processo BIM su di un progetto di riferimento possa incrementare la produttività complessiva del 35-40%, mentre il guadagno in termini di tempo nelle fasi iniziali arriva oltre al 50% e nelle fasi di revisione e coordinazione può arrivare addirittura al 90%.

Task	CAD (hours)	BIM (hours)	Hours saved	Time savings
Schematic Design	190	90	100	53%
Design Development	436	220	216	50%
Construction Documents	1023	815	208	20%
Checking and Coordination	175	16	159	91%
	1824	1141	683	38%

Un progettista esperto nell'utilizzo degli strumenti BIM può infatti realizzare l'insieme e i dettagli di un progetto con un numero assai inferiore di disegni o di supporto di modellazione rispetto a quanto necessario in precedenza. I particolari costruttivi, la selezione dei materiali e i layout necessitano di una definizione una tantum e possono poi essere replicati in tutti gli elaborati, ove necessario.

Questo è evidente considerando che nel metodo di lavoro 2D, le diverse rappresentazioni grafiche dei componenti non hanno alcuna relazione tra di loro. In caso di modifiche, tutto deve essere aggiornato manualmente. Ne risulta che anche le più piccole varianti possono trasformarsi in un'attività molto dispendiosa. A ciò si aggiunge che l'aggiornamento manuale di tutti i documenti di progetto aumenta enormemente il rischio di incorrere in errori o dimenticanze.

Aggiungiamo che l'aggiornamento manuale di una grande quantità di dati di progetto non può essere fatturato al cliente, soprattutto se questo non era previsto e *se la tecnologia offre soluzioni molto migliori*.

I costi supplementari restano pertanto a carico dello studio di progettazione risultando spesso in una grave perdita economica.

In un recente articolo pubblicato da Allplan Italia, si evince che la società MUCKINGENIEURE, una società di progettazione tedesca con oltre 10 anni di esperienza sull'applicazione delle metodologie BIM, abbia stimato un incremento della produttività nella progettazione pari all'85-90%.

Questi dati ci fanno capire che gli studi di progettazione devono necessariamente sfruttare le opportunità offerte dalla tecnologia per mantenere la competitività e per soddisfare le esigenze della progettazione odierna, con pressioni crescenti e tempi di costruzione sempre più ridotti.

Dal punto di vista del progettista, alcuni vantaggi derivanti dell'integrazione multidisciplinare del processo progettuale posso riassumersi in:

- Una durata significativamente ridotta del tempo necessario per la realizzazione degli elaborati e dei particolari costruttivi, riducendo sensibilmente l'impegno richiesto per la revisione degli intenti progettuali e degli errori di coerenza.
- Value Engineering all'avanzare della progettazione, con continue valutazioni dei costi e dei tempi, in modo che i compromessi siano completamente integrati nella progettazione anziché posticipati (*vedi il caso studio*).
- Identificazione agevolata delle interazioni tra le differenti discipline e modelli, le sequenze costruttive e i dettagli progettuali e riduzione dei problemi legati al cantiere già dalla fase iniziale (*vedi caso di studio*).
- Ricerca e gestione dei vincoli progettuali relativi a problemi di costruzione fin dalle prime fasi. Gli appaltatori e i costruttori possono acquisire conoscenze in modo che la progettazione agevoli la costruibilità e rifletta le best practice anziché apportare modifiche in seguito con costi aggiuntivi o accettando un risultato inferiore.
- Riduzione delle differenze tra i modelli di costruzione sviluppati dai progettisti e i modelli di produzione necessari per i costruttori, eliminando così passaggi inutili e accorciando il processo complessivo di progettazione/produzione.
- Riduzione notevole degli errori di coordinamento tra i sottosistemi durante la costruzione.

CRITICITA'

La completa integrazione della metodologia BIM deve ancora affrontare numerosi ostacoli per il suo progresso.

Questi includono barriere tecniche, integrazione nella pratica comune, questioni giuridiche e di responsabilità, modelli di business inadeguati, resistenza ai cambiamenti nei modelli occupazionali e necessità di educare un gran numero di professionisti.

Anziché la tecnologia stessa, per la maggior parte delle aziende è infatti la mancanza di personale professionalmente preparato a rappresentare ancora lo scoglio più comune. Assistiamo ad una grande richiesta di persone che abbiano esperienza nella modellazione parametrica e nel processo BIM e, anche se le università più aperte alle innovazioni stanno sostituendo i loro insegnamenti di disegno con corsi che formano i futuri progettisti alla metodologia BIM, può accadere che gli studenti esperti di BIM non siano esperti nella pratica edilizia.

La più grande sfida quando si adottano nuove tecnologie di progettazione è infatti il passaggio mentale che deve portare gli alti dirigenti del team di progettazione a seguire nuove prassi.

I dirigenti dello staff, che spesso sono anche partner, hanno decenni di esperienza con i clienti, con le procedure di sviluppo, con la pianificazione della progettazione e costruzione, con la programmazione e con la gestione del progetto, tutte competenze che rappresentano una parte del bagaglio teorico essenziale all'interno di qualsiasi studio di successo.

La sfida è quindi di coinvolgere queste figure nel processo di transizione, in modo da sfruttare le loro competenze e le nuove funzionalità offerte da BIM.

Gli interessi economici diversi di progettisti e imprese sono un altro possibile ostacolo. Ad oggi, nei modelli di business del settore delle costruzioni, solo una piccola parte dei benefici economici derivanti dal BIM maturano a favore dei progettisti. I maggiori profitti andrebbero ad appaltatori e committenti.

Gli elaborati cartacei, o al massimo i disegni in formato bidimensionale che possono essere comunicati elettronicamente, potrebbero inoltre rimanere per lungo tempo le forme più comuni di documentazione.

Infatti, la piena adozione del BIM in un'impresa di progettazione richiede anni per diventare effettiva e l'adozione di questo processo innovativo sta facendo fatica ad entrare integralmente nella pratica comune. Questo è in parte determinato dal fatto che, analizzando la curva di "design-effort", si scopre che non rispecchia pienamente quella che è la realtà in uno studio di progettazione.

Il processo BIM non conduce ancora ad un risparmio in termini di tempo/sforzo pari alle aspettative e c'è una ragione ben precisa.

Quelle che analizziamo sono infatti curve idealizzate che rappresentano un processo completamente integrato ad ogni livello del settore AEC.

Esistono due versioni più veritiere di questo grafico: il processo BIM con template per la produzione dei documenti progettuali e il processo BIM senza template.

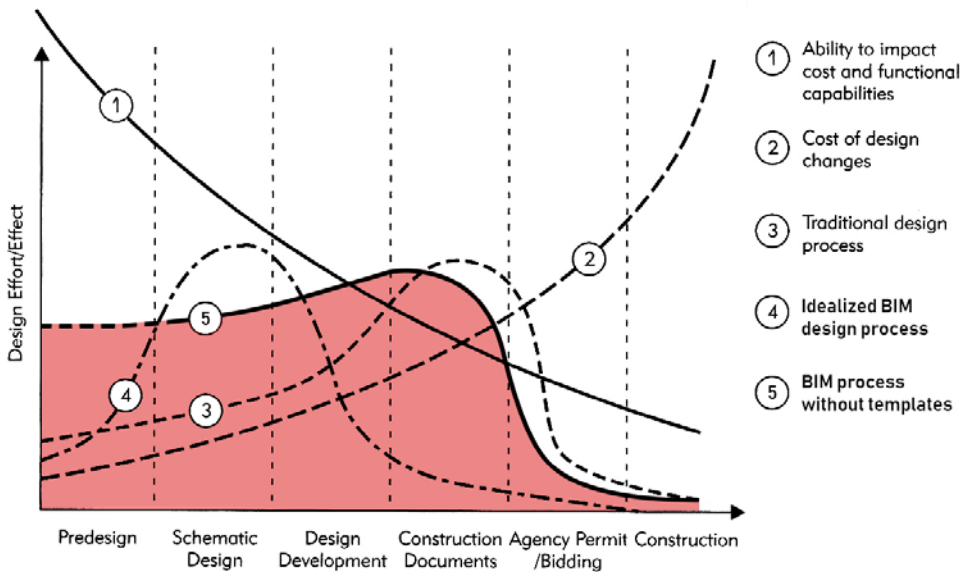


FIGURA 28 – Schema del processo BIM senza template

Proprio come il processo tradizionale basato sulla produzione di elaborati mediante CAD, si riscontra una grossa mole di lavoro nella fase di produzione della documentazione. Nonostante tutto, il processo BIM senza template di visualizzazione è più efficiente del 2D CAD, anche se ovviamente richiede più

tempo del BIM idealizzato che i professionisti del marketing e le case produttrici di software stanno pubblicizzando.

Per lavorare efficacemente in un processo BIM, il segreto del successo è un modello di riferimento forte. E i modelli richiedono tempo. Ma cosa si intende per modello? In questo caso, tutto ciò che è standard nei vari progetti: cartigli, layout di pagina, dettagli standard, metodi di organizzazione, grafica, dati generici, elementi costruttivi tipici, schemi IFC ...

I modelli sono il punto di partenza per un progetto ben strutturato. Migliore è il modello, sia perché possiede tante informazioni in esso incorporato o perché permette di lavorare rapidamente in un ambiente pulito, più tempo sarà possibile risparmiare su un determinato progetto.

Ecco come appare, verosimilmente un processo BIM con l'utilizzo di un buon modello/template:

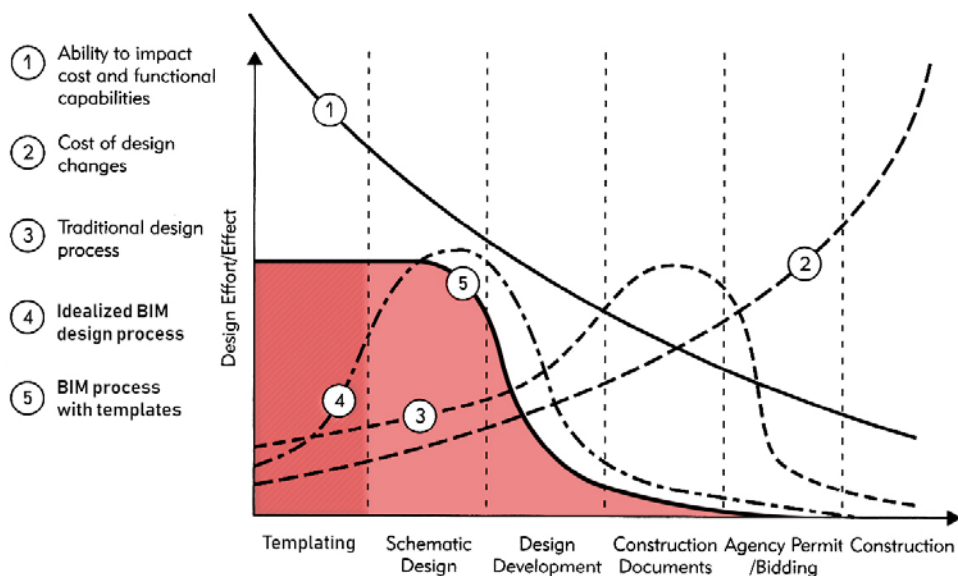


FIGURA 29 – Schema del processo BIM con l'utilizzo di un template

Si scopre che un processo ben strutturato, mediante l'utilizzo di template, risulta addirittura più efficiente della curva idealizzata. Questo è vero per ogni singolo progetto ma è necessario un grosso lavoro di preparazione per l'integrazione del processo BIM all'interno di una azienda, ricordando che il tempo speso per creare, migliorare e tenere aggiornato un modello è fortemente vantaggioso in termini di tempo per tutti i progetti successivi.

Il principale ostacolo tecnico purtroppo, è però la necessità di strumenti di interoperabilità sufficientemente maturi. Lo sviluppo di standard di mercato (vedi IFC) è stato infatti più lento del previsto, soprattutto perché manca un modello economico che permetta di finanziarlo.

Nel frattempo, la mancanza di un'interoperabilità efficace continua a essere un grave ostacolo alla progettazione collaborativa.

CONSIDERAZIONI FINALI

Mentre in matematica il termine "parametri" indica un insieme di quantità espresse come una funzione esplicita di un numero di parametri indipendenti, in architettura tale termine assume un significato utilitaristico, atto ad esplorare le infinite possibilità offerte da un modello informativo. La modellazione parametrica è ormai presente infatti, in qualche forma, nella quasi totalità dei progetti di architettura contemporanea. Questa rapida espansione dell'utilizzo della modellazione digitalizzata, in tutti i campi della progettazione, e non solo, ha chiaramente portato a qualche confusione nella comprensione del suo significato e delle enormi potenzialità offerte dal panorama tecnologico contemporaneo.

Il caso studio riportato nelle pagine precedenti ha avuto appunto lo scopo di cercare di comprendere queste potenzialità e successivamente di delinearle. Grazie a quest'esempio pratico di applicazione della modellazione informativa applicata alle fasi iniziali della progettazione, è stato infatti possibile rendersi conto delle caratteristiche gestionali ed organizzative interne al processo di ingegnerizzazione del progetto architettonico. In definitiva, il processo BIM risulta atto alla gestione dell'intero ciclo di vita del progetto, dalle prime fasi progettuali fino all'effettiva realizzazione e gestione dell'oggetto architettonico; grazie agli sforzi congiunti di molti enti internazionali, associazioni e produttori di software, è infatti possibile ad oggi creare modelli completi di tutte le informazioni utili alla gestione di un determinato progetto.

L'avanzamento tecnologico conduce a cambiamenti nei processi, e tale cambiamento dà origine a nuovi strumenti.

Il flusso di informazioni diventa quasi istantaneo e la collaborazione tra tutte le parti interessate nell'ambito di un progetto può diventare simultanea, il che rappresenta un cambiamento di paradigma rispetto ai tradizionali flussi di lavoro asincroni.

Il tradizionale CAD è ormai diventato obsoleto, incapace di gestire la complessità dei progetti contemporanei. Una complessità fatta di relazioni con il contesto, di esigenze multifunzionali, di requisiti prestazionali e comunicazione multidisciplinare; aspetti che possono ora essere razionalizzati, grazie alle logiche computazionali e relazionali su cui si basa appunto il processo BIM, i cui risultati sono riconducibili ai tratti comuni

dell'architettura contemporanea. Un'architettura che ha gettato le sue basi proprio agli inizi degli anni '60, con le prime sperimentazioni computazionali, e mano a mano, si è adattata e continua ad evolvere con i continui sviluppi tecnologici. È altamente probabile che i prossimi anni vedranno un'adozione molto più estesa degli strumenti BIM.

Forse il motore più importante per i sistemi BIM e per la loro adozione è il valore intrinseco che la qualità delle loro informazioni fornirà al cliente. Il miglioramento della qualità delle informazioni, i prodotti per l'edilizia, gli strumenti di visualizzazione, le stime dei costi e le analisi portano a un migliore processo decisionale in fase di progettazione e meno inefficienze durante la costruzione, riducendo sia i costi iniziali di costruzione, sia i costi nel ciclo di vita.

Nei primi anni dello scorso decennio la tecnologia BIM ha oltrepassato il confine tra concetto di ricerca ed efficace strumento commerciale ed è sulla buona strada per diventare indispensabile alla progettazione e alla costruzione. Una vasta gamma di committenti richiede infatti, ad oggi, l'impiego del BIM e molti grandi committenti hanno sviluppato condizioni contrattuali e guide dettagliate per i loro fornitori di servizi di progettazione e costruzione. Parallelamente si stanno sviluppando nuove competenze, nuovi ruoli e si stanno mettendo in moto diversi tentativi di normazione nell'ambito dell'uso del BIM.

L'adozione del BIM tra architetti, ingegneri e appaltatori ha infatti superato notevolmente la "fase di avviamento". Nel 2009 oltre il 50% di ciascuno di questi gruppi ha dichiarato di utilizzare il BIM a un livello moderato o elevato e ad oggi ci aspettiamo dati notevolmente più elevati.

Gli studi di architettura e ingegneria si trovano già ad avere a che fare con un ambiente di lavoro che si caratterizza per ruoli professionali e attività mutevoli. *Architetti e ingegneri sono tenuti a dimostrare la propria competenza con il BIM come condizione preliminare per essere assunti, allo stesso modo in cui negli anni Novanta veniva richiesta una buona competenza con il CAD.*

Si sta discutendo molto dei benefici dell'attività integrata e si sta accumulando una grande esperienza nell'uso dell'IPD (Integrated Project Delivery).

Le aziende leader AEC riconoscono sempre di più che i processi di costruzione futuri richiederanno inevitabilmente l'attività integrata di tutto il team di realizzazione e tutto ciò sarà facilitato dall'utilizzo della metodologia

BIM. È riconosciuto che tutti i membri del team di realizzazione, non solo i consulenti tecnici, ma anche gli appaltatori e i costruttori, forniscono un prezioso contributo per la progettazione. Questo sta portando a nuove forme di partnership, con attività di collaborazione più intensa e innovativa. Anche i produttori di prodotti edilizi stanno iniziando a fornire cataloghi 3D. Una grande quantità di prodotti può oggi essere scaricata come oggetti 3D da diversi siti online e inserita parametricamente nei modelli.

Queste tendenze sono evidenti oggi e si svilupperanno sempre di più per rispondere alla crescente complessità dei servizi di progettazione.

Gli ultimi anni sono stati testimoni della concretizzazione di molte delle idee di coloro che credevano nel BIM fin dall'inizio e i prossimi anni vedranno un numero crescente di realizzazioni di successo, cambiamenti nel settore dell'edilizia, nuovi impieghi sperimentali e nuovi orizzonti di ciò che può essere ottenuto con il BIM.

Il quadro generale che si prospetta è che l'adozione dell'approccio BIM faciliti l'integrazione precoce tra i team di progettazione e costruzione, rendendo possibile una più stretta collaborazione. Ciò contribuisce enormemente a rendere l'intero processo di costruzione più veloce, meno costoso, più affidabile e meno soggetto a rischi.

La mancanza di personale qualificato rimane però un ostacolo importante nell'adozione della metodologia BIM e costringe molte aziende a dover formare i propri operatori.

È probabile che i neolaureati, la cui esperienza universitaria sia stata influenzata dalla loro familiarità con la modellazione tridimensionale e il processo BIM, abbiano una profonda influenza sul modo in cui le società di progettazione interpreteranno questa nuova tendenza. Inevitabilmente c'è da aspettarsi una buona dose di innovazione nella prassi di lavoro.

Per un architetto, un ingegnere o un qualsiasi altro professionista del settore AEC è innegabilmente un periodo dinamico di grandi cambiamenti.

BIBLIOGRAFIA

- Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston – *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors*, 2nd Edition – New Jersey, John Wiley & Sons, 2011
- David E. Weisberg – *The Engineering Design Revolution: The People, Companies and Computer Systems That Changed Forever the Practice of Engineering* – 2008
- Jonathan Renou, Stevens Chemise – *Revit per il BIM: Guida alla progettazione architettonica e strutturale* – Apogeo, 2018
- Simone Pozzoli, Stefano W. Villa – *Revit Architecture 2011. Guida avanzata* – Tecniche Nuove, 2010
- Ines Mansfeld – *Produttività aumentata del 30-35% grazie alla progettazione 3D* – ALLPLAN White Paper, 2018
- Ines Mansfeld, Daniel Zuppiger – *10 motivi per cui il formato IFC è la chiave per il successo della progettazione BIM* – ALLPLAN White Paper, 2018
- Acca Software – *Guida al BIM: La rivoluzione digitale dell'edilizia*, Seconda Edizione – Ottobre 2018
- A. Attanasi, A. Cavagna, L. Del Castello, I. Giardina, T.S. Grigera, A. Jelić, S. Melillo, L. Parisi, O. Pohl, E. Shen, M. Viale – *Information transfer and behavioural inertia in starling flocks* – Nature Physics, 2014

SITOGRAFIA

- <https://www.cadenas.de/news/it/reader/items/id-60-anni-di-cad-la-sua-storia-dal-1957>
- <https://en.wikipedia.org/wiki/B-spline>
- https://cache.b.centrostudicni.it/images/publicazioni/quaderni/126_821de.pdf
- <https://www.thenbs.com/knowledge/bim-dimensions-3d-4d-5d-6d-bim-explained>
- <http://www.buildingsmart-tech.org/certification/ifc-certification-2.0/ifc2x3-cv-v2.0-certification/participants>
- <http://www.buildingsmart-tech.org/ifc/IFC4/Add2/html/>
- <https://ithinkbim.wordpress.com/bim-nel-mondo-2/>
- <http://www.weareenzyme.com/rhino-connection-to-bim/?fbclid=IwAR0koFekQu3UXbWh5fpAENy4N-WBSqBrQvoEX9pNvOk593K25eTS1kxgdcc>
- <http://revitaddons.blogspot.com/2017/04/opinion-best-computational-bim.html>
- <https://www.youtube.com/watch?v=CsyzmWyz5dw&feature=youtu.be>
- <https://support.office.com/en-us/article/the-project-triangle-8c892e06-d761-4d40-8e1f-17b33fddf810?ui=en-US&rs=en-US&ad=US>
- <http://www.shoegnome.com/2015/12/09/bim-still-bankrupting-firm/>

CREDITI IMMAGINI

PARTE PRIMA

Evoluzione degli strumenti: Dai primi CAD al BIM

<https://www.arch2o.com/20-photos-show-life-autocad-looks-like/>

Figura 1: [http://history-](http://history-computer.com/ModernComputer/Software/Sketchpad.html)

[computer.com/ModernComputer/Software/Sketchpad.html](http://history-computer.com/ModernComputer/Software/Sketchpad.html)

Figura 2: https://www.cs.drexel.edu/~david/Classes/CS536/Lectures/L-13_SolidModel_1.pdf

Figura 3: Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston – *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, 2nd Edition* – New Jersey, John Wiley & Sons, 2011 (pag. 4)

Figura 4: <https://www.labtecdesign.com/wp-content/uploads/2017/09/BIM-Dimensions-website-NEW-e1479668217978.png>

Figura 5: <https://www.bimcommunity.com/resources/load/346/level-of-development-specification-2016>

Figura 6: <http://www.blazethread.com/wp-content/uploads/2017/10/BIM-Dimensions-e1470411621966.png>

Figura 7: <http://www.progettoiride.com/it/POLICIES>

Figura 8 – 11: Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston – *Guida completa al Building Information Modeling per committenti, architetti, ingegneri, gestori immobiliari e imprese, Seconda Edizione* – Hoepli, 2011 (pag. 422, 426, 439, 447)

PARTE SECONDA

Principali software e loro utilizzo nel processo progettuale

<https://visualizingarchitecture.com/x-ray-experimenting-continued/>

Figura 12 – 13: https://issuu.com/martinomargoni/docs/tesi_finale

Figura 14: <https://discourse.processing.org/t/pattern-attractors/2535>

PARTE TERZA

Ingegnerizzazione del progetto:

Caso studio Cantina vinicola "La Cava" a Bolgheri

Figura 15: <https://aeiprogetti.net/contatti>

Figura 16: <http://www.dannygreenphotography.com/pages/farmland-gallery/farmland-gallery-starling-flock-4.php>

Figura 17: Norma UNI 11337_1 (pag. 21)

Figura 18: Norma UNI 11337_1 (pag. 12)

Figura 19: Norma UNI 11337_5 (pag. 20)

Figura 20: <https://aeiprogetti.net/contatti>

Figura 21: Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston – *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, 2nd Edition* – New Jersey, John Wiley & Sons, 2011 (pag. 198)

Figura 22 – 27: Modello Architettonico (Revit), Studio Bernardo Tori
Modello Strutturale (Revit), Studio aei progetti

Criticità

Figura 28 – 29: Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston – *BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers and Contractors, 2nd Edition* – New Jersey, John Wiley & Sons, 2011 (pag. 198)

RINGRAZIAMENTI

Giunto alla fine di un lungo percorso formativo, che non ritengo esclusivamente limitato al solo ambito accademico, trovo doveroso guardarmi indietro prima di gettare lo sguardo verso quella che spero sarà una nuova avventura come professionista nel settore delle costruzioni.

Questi anni sono stati grande motivo di arricchimento personale e apprendimento, non solo a livello nozionistico, e tante sono le figure che sono intervenute a darmi ispirazione, sostegno, coraggio e forza per affrontare le piccole e grandi sfide che pian piano mi si ponevano davanti; purtroppo ringraziarle tutte sarebbe impossibile in queste poche righe.

La mia più profonda riconoscenza va innanzitutto alla mia famiglia, mio padre, mia madre e mia sorella, che fin da piccolo mi hanno insegnato a credere in me stesso, mi hanno trasmesso il valore della cultura e l'amore per l'arte in tutte le sue forme, mi hanno sostenuto instancabilmente e mi hanno permesso, anche con grandi sacrifici, di perseguire le mie aspirazioni. Grazie.

Voglio ringraziare gli amici; quelli di infanzia che ancora oggi dopo più di vent'anni condividono con me molte avventure e che non mi hanno mai fatto sentire solo nonostante la distanza; quelli più recenti, conosciuti all'Università, che hanno combattuto con me molte battaglie, condiviso gioie, delusioni, ansie, festeggiamenti, fianco a fianco, instancabili e spesso fonte di ispirazione.

Grazie a Lollo, Ema, Ugo, Giulio e Drago, compagni da una vita; a Pippo, Bado, Giulio, Pietro, Mattia, Gigio, legionari fidati.

Grazie a Massi, Dimitrios e Spiros che mi hanno trasmesso l'amore per la chitarra elettrica, compagna fidata e infallibile medicina per lo spirito.

Grazie a UniBO e a tutti i professori di questo corso di laurea che credono nel valore della cultura e trasmettono la propria passione a noi studenti.

Grazie al Professor Simone Garagnani che, con la sua sconfinata conoscenza sull'argomento, mi ha saputo indirizzare e mi ha fatto appassionare ulteriormente ad un tema attuale come il Building Information Modeling.

Grazie a Bologna, una città viva, una città di cultura e multiculturalismo, una città che valorizza i propri spazi mettendoli a disposizione di tutti, una città di Università, concerti, cinema e spettacoli. Mi hai regalato gli anni più belli della mia vita e mi hai fatto conoscere persone meravigliose.

Infine un ringraziamento anche a tutti coloro i quali hanno speso il proprio tempo leggendo questo breve elaborato.

Con orgoglio e non poca commozione mi appresto a concludere anche questo ciclo di studi e ad affacciarmi al mondo del lavoro; sicuro di me stesso e degli strumenti tecnici e morali che mi sono stati insegnati.

Grazie,
Vieri Giannakopoulos



APPROCCIO COMPUTAZIONALE ALLA PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA

SVILUPPO E GESTIONE DI MODELLI INFORMATIVI MULTIDISCIPLINARI PER LA REALIZZAZIONE DI UNA CANTINA VINICOLA A BOLGHERI

Tesi di Laurea in Building Information Modeling
ALMA MATER STUDIORUM - Università di Bologna
Scuola di Ingegneria e Architettura
C.d.L. in Ingegneria Edile - Architettura

a.a. 2017-2018

Relatore:

Ing. Simone Garagnani

Correlatore:

Ing. Niccolò De Robertis

Vieri Giannakopoulos