UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE
Facoltà di Ingegneria

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Edile
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura

PRESCRIZIONI DI CAPITOLATO INFORMATIVO AI FINI DELLA MODELLAZIONE IN BIM DELLA PROGRAMMAZIONE DEI LAVORI

EMPLOYER'S INFORMATION REQUIREMENTS TO PRODUCE A BIM-BASED WORK SCHEDULE

Relatore:
Prof. Ing. Carbonari Alessandro

Tesi di Laurea di:
Muratori Alessio

ANNO ACCADEMICO 2019/2020

Ringraziamenti

Questa tesi rappresenta l'ideale conclusione per il percorso universitario intrapreso nel corso di questi ultimi anni, in cui ho avuto l'occasione non soltanto di arricchire notevolmente le mie conoscenze, in un ambito così esteso ma soprattutto così stimolante come quello dell'ingegneria, ma anche di maturare come persona, per via delle più disparate situazioni in cui mi sono ritrovato nel corso di tutto questo tempo. Sono state molte le persone che, durante la mia carriera universitaria, non hanno mai fatto mancare il loro significativo apporto, sostenendomi in ogni circostanza; proprio per questo motivo mi è doveroso riservare anche solo questo piccolo spazio dell'elaborato per poterle ringraziare adeguatamente.

Innanzitutto, vorrei ringraziare il Prof. Carbonari Alessandro, non solo per la fiducia concessami, accettando di ricoprire il ruolo di Relatore, svolto con grande professionalità, ma anche soprattutto per avermi fornito la possibilità di trattare tematiche così innovative, anche per il settore, le quali mi hanno permesso di lavorare con degli strumenti che si riveleranno sicuramente utili anche per in prossimo futuro. Ringrazio il Professore per la sua infinita disponibilità e la sua cortesia nei miei confronti, per il suo grande impegno che assieme ai suoi preziosi consigli sono stati degli elementi indispensabili per la stesura di questo elaborato.

Il ringraziamento più sentito va sicuramente alla mia famiglia, in particolar modo ai miei genitori Adriano e Veronica, poiché se sono stato in grado di arrivare fino a questo punto, gran parte del merito è loro; senza i loro sacrifici e senza il loro sostegno morale ed economico non avrei mai potuto avere l'occasione di intraprendere un simile percorso, così importante per la mia vita, e soprattutto di portarlo a termine, per tale motivo non potrò mai ringraziarli abbastanza. Inoltre, un ringraziamento non da meno, va anche a mia zia Ana e mia nonna Maria poiché con il loro grande affetto non hanno mai smesso di sostenermi in tutto questo tempo.

Un grazie particolare va soprattutto ai miei colleghi e amici, Andrea, Lorenzo, Giacomo e Andrea; con i quali ho avuto la fortuna di condividere l'intero percorso universitario, dal primo all'ultimo giorno, e che mi hanno accompagnato in tutte le svariate avventure di questi anni, affrontando con serietà tutti i problemi che si sono presentati ma al tempo stesso senza mai smettere di ridere e scherzare.

In più, un grazie speciale va alla mia ragazza Giulia, per tutto il tempo che mi ha dedicato e per esserci sempre stata, senza mai smettere di supportarmi con affetto e pazienza in questo percorso, con la speranza che continui a farlo ancora a lungo. Un ultimo ringraziamento va ai miei amici di sempre, con i quali ho vissuto numerose esperienze che in un modo o nell'altro si sono rivelate utili, seppur in minima parte, per il conseguimento di questo risultato.

Infine, dedico questo lavoro a me stesso, a tutti i miei sacrifici e alla mia costanza che mi hanno permesso di raggiungere questo grande obiettivo.

INDICE

1 – Introduzione 6
2 – Fondamenti del BIM 8
2.1 – La metodologia BIM 8
2.2 – Model Use 11
3 – L'implementazione del BIM 14
3.1 – Il rapporto fra il BIM e la normativa UNI 11337 14
3.1.1 – Parte 1 14
3.1.2 – Parte 4 15
3.1.3 – Parte 5 16
3.1.4 – Parte 6 16
3.1.5 – Parte 7 16
3.2 - Utilizzo del BIM nella progettazione 17
3.3 – Il BIM nel ciclo di vita dei progetti 18
3.3.1 - Il BIM nella fase di definizione strategica e nella fase di preparazione 19
3.3.2 - Il BIM durante la fase di concept design 20
3.3.3 - Il BIM durante la fase di progetto sviluppato 21
3.3.4 - Il BIM durante la fase di progettazione tecnica 22
3.3.5 - Il BIM nella fase di costruzione 23
3.3.6 - Il BIM nelle fasi di consegna e chiusura 24
3.3.7 - Il BIM nella fase di conduzione e a fine uso 25
3.4 - Tipologie e progressione di modelli 25
3.5 - Collaborazione e coordinamento mediante l'uso del BIM 26
3.6 – Flussi di informazioni attraverso il metodo BIM 28
3.7 – Aspetti inter-organizzativi del BIM 30
3.8 – Conseguenze del BIM negli aspetti pratici 31
3.8.1 - Il BIM per gli sviluppatori e i proprietari 31
3.8.2 - Il BIM per architetti e progettisti 32
3.8.3 - Il BIM per la consulenza specialistica 32
3.8.4 Il BIM per i costruttori 33
4 – Project Management 34
4.1 – Project Manager nel quadro normativo 34
4.2 – Variabili di progetto 34
4.3 – Pianificazione e Programmazione 35
4.4 – Pianificazione tramite WBS 36
4.5 - Gestione dei tempi nelle tecniche di programmazione 38
4.5.1 – Diagramma a barre di Gantt 38
4.5.2 – Critical Path Method (CPM) 39

4.5.3 - Programme Evaluation and Review Technique (PERT) 40
4.5.4 - Metra Potential Method (MPM) 41
4.7 – Aggiornare il Progetto 43
4.8 – Reporting e Lesson Learning 44
5 – BIM 4D 45
5.1 – Software per la modellazione 4D 46
5.1.1 – Microsoft Project 46
5.1.2 – Autodesk Revit 47
5.1.3 – Autodesk Navisworks 48
5.2 – Project Management nel BIM 4D 48
5.2.1 – Modello 3D Contesto 50
5.2.2 – Modello 3D Architettonico 50
5.2.3 – Modello 3D Strutturale 51
5.2.4 – Modello 3D MEP 53
5.2.5 – Modello Federato 53
5.2.6 – Importazione del modello Revit in Autodesk Navisworks 56
5.2.7 – Clash Detection 57
5.2.8 – Importazione del Gantt 58
5.2.9 - Associazione elementi alle fasi di progetto 58
5.2.10 – TimeLiner Animation 59
6 – Capitolato Informativo 60
6.1 – Premesse 61
6.2 – Riferimenti normativi 61
6.3 – Sezione tecnica 62
6.3.1 – Caratteristiche tecniche e prestazionali dell'infrastruttura hardware e software 62
6.3.2 - Infrastruttura del committente interessata e/o messa a disposizione 63
6.3.3 – Infrastruttura richiesta all'affidatario per l'intervento specifico 63
6.3.4 – Formati di fornitura dati messi a disposizione inizialmente dal committente - Fornitura e scambio dati 63
6.3.5 – Sistema comune di coordinate specifiche di riferimento - Specifica per l'inserimento di oggetti 64
6.3.6 – Specifica di riferimento dell'evoluzione informativa del processo dei modelli e degli elaborati 65
6.3.7 – Competenze di gestione informativa dell'affidatario 65
6.4 – Sezione gestionale 66
6.4.1 – Obiettivi informativi strategici e usi dei modelli e degli elaborati 66
6.4.2 – Livelli di sviluppo degli oggetti e delle schede informative 68
6.4.3 – Ruoli responsabilità e autorità ai fini informativi 68
6.4.4 – Caratteristiche informative di modelli, oggetti e/o elaborati messi a disposizione della committenza 69

6.4.5 – Strutturazione e organizzazione della modellazione digitale 69
6.4.6 – Modalità di condivisione di dati, informazioni e contenuti informativi 69
6.4.7 – Processo di analisi e risoluzione delle interferenze e delle incoerenze informative 70
6.4.8 - Modalità di gestione della programmazione (4D-Programmazione) 71
7 – Esempio di Capitolato Informativo 73
7.1 – Ruoli, responsabilità e autorità ai fini informativi 73
7.1.1 – Definizione della struttura informativa dell'affidatario e della sua filiera 73
7.1.2 – Matrice di responsabilità 74
7.2 – Infrastruttura Software 74
7.3 – Fornitura e scambio di dati 75
7.3.1 – Formati da utilizzare 75
7.3.2 – Specifiche aggiuntive per garantire l'interoperabilità 75
7.4 – Modalità di condivisione dei dati, dei modelli, dei documenti e degli elaborati 76
7.4.1 – Caratteristiche delle infrastrutture di condivisione 76
7.4.2 – Denominazione dei file e degli oggetti 78
7.5 – Individuazione delle Milestones dell'intervento 79
7.6 – Modalità di collegamento degli oggetti 3D alla WBS 81
7.6.1 – Sviluppo dei modelli 81
7.6.2 – Parametri 4D degli oggetti del modello 81
7.7 – Processo di analisi e risoluzione delle interferenze e delle incoerenze informative 83
7.7.1 – Interferenze geometriche di progetto 83
7.7.2 – Incoerenze informative di progetto 84
7.7.3 – Definizione delle modalità di risoluzione di interferenze e incoerenze 85
8 – Conclusioni e sviluppi futuri 86
9 – Bibliografia 88
Normative 88
Testi 88
Sitografia 89
Appendice 90
1. Planimetria quotata 90
2. Sezione A-A' 91
3. Sezione B-B' 91
4. Vista 3D 92
5. Diagramma di Gantt 94

1 – Introduzione

La presente tesi si pone come obiettivo quello di studiare e descrivere i diversi aspetti, legati all'utilizzo di processi e strumenti BIM (acronimo di Building Information Modeling) nell'ambito di una progettazione integrata, individuando e valutando i relativi vantaggi che essi comportano rispetto alla metodologia tradizionale.

Data la sua complessità è stato necessario introdurre l'argomento partendo dai suoi fondamenti, tramite una trattazione teorica, nella quale viene indicato il vero significato dell'acronimo BIM e soprattutto vengono definite le diverse "dimensioni" da cui esso è caratterizzato. Una volta individuati gli aspetti basilari della metodologia BIM si è andati a valutare come tale metodologia innovativa può trovare un riscontro pratico e come può essere implementata nella progettazione, durante l'intero ciclo di vita di un progetto, in modo da poterne sfruttare al meglio i grandi vantaggi che comporta.
Per fare questo è stato necessario scomporre la progettazione nelle svariate fasi in cui si articola, individuando per ciascuna di esse quali sono gli input necessari e i soggetti coinvolti, illustrando anche dei workflow per facilitare l'esposizione e la comprensione dei diversi passaggi; in relazione a tutte queste informazioni, di conseguenza, sono stati elencati tutti gli output o deliverables ottenuti da ogni singola fase.

Una delle figure più rilevanti nell'intero ciclo di vita di un progetto è sicuramente il Project Manager, che tramite le sue abilità ha il compito di favorire la collaborazione tra tutti i soggetti coinvolti, allo scopo di raggiungere gli obiettivi progettuali entro i vincoli prefissati. Nell'impiego della metodologia BIM la sua funzione acquista ancora più importanza visto l'elevato grado di collaborazione che il BIM stesso richiede, dati i suoi principi, per poter snellire il flusso di lavoro e per limitare al minimo la perdita di informazioni nel passaggio tra i vari soggetti. Un'altra attività di fondamentale importanza che il Project Manager è tenuto a svolgere è la pianificazione del progetto, in cui vengono individuate tutte le attività necessarie per la realizzazione di un opera in maniera coerente, nel rispetto dei vincoli contrattuali. L'attività di pianificazione può essere compiuta tramite diversi metodi, come indicato di seguito; possono essere utilizzati anche degli appositi software di pianificazione che risultano essere piuttosto efficienti nell' assistere il Project Manager nella gestione delle attività di progetto e nella schedulazione delle risorse.

Una volta fissati i concetti teorici di maggiore importanza, ci si è concentrati su una trattazione di tipo pratico; infatti, nella seconda parte dell'elaborato lo studio si è focalizzato in particolare sulla quarta dimensione del BIM, ovvero sulla Modellazione 4D, in cui i modelli informativi, realizzati tramite una progettazione integrata, vengono collegati direttamente alla dimensione temporale, definita tramite l'attività di pianificazione svolta dal Project Manager. Per sviluppare tale argomento è stato fatto riferimento agli elaborati, riportati in appendice, relativi alla progettazione di un autorimessa di nuova costruzione.
Il flusso di lavoro seguito ha previsto, come primo passo, la realizzazione di una WBS per la costruzione dell'edificio, sulla base della quale è stato poi redatto un diagramma di Gantt tramite il software Microsoft Project. Successivamente è stato realizzato il modello informativo dell'opera, lavorando su Autodesk Revit, adottando una modellazione di tipo parametrico, tramite la quale è stato possibile definire adeguatamente ogni elemento tecnico, creando così una corrispondenza biunivoca tra ogni elemento del modello informativo e ogni voce del diagramma di Gantt. Tramite questa operazione di fondamentale importanza è stato possibile identificare il modello generato non solo come una fedele rappresentazione tridimensionale dell'opera, ma come un vero e proprio database di progetto contenente tutte le informazioni di ciascun elemento tecnico da cui è composto.

Questi due passaggi rappresentano soltanto la base per la Modellazione 4D, infatti, una volta redatto il Gantt e completato il modello parametrico; questi sono stati importati all'interno di Autodesk Navisworks, un applicativo che, tra le tante funzioni di cui è dotato, permette di unire non solo diversi modelli con la conseguente formazione di un modello federato, ma anche di associare gli elementi del modello direttamente alle corrispondenti voci presenti nel Gantt redatto in precedenza, così da attribuire una precisa posizione temporale, ad ogni elemento tecnico, sulla linea del tempo relativa alla costruzione dell'opera. Per poter compiere queste operazioni è stato seguito in maniera scrupolosa uno specifico workflow, illustrato opportunamente in seguito, al fine di evitare errori, vista la quantità di dati e informazioni che è necessario gestire; soltanto in questo modo è stato possibile ottenere una corretta simulazione del processo di costruzione dell'opera in questione.

Infine, dopo aver portato a termine i suddetti elaborati è stato possibile proseguire con l'ultima parte dell'elaborato, nella quale viene fatto riferimento al Capitolato Informativo, un documento introdotto di recente in Italia dalla norma UNI 11337 e che si presenta come un contenitore di "regole BIM" utili per la consegna delle informazioni inerenti il progetto, e quindi necessario al completamento della documentazione d'appalto. Al suo interno vengono esplicitate le esigenze e i requisiti informativi richiesti dal committente agli affidatari, perciò si tratta di un documento imprescindibile all'avvio di un appalto e di fondamentale importanza, in quanto dovrà essere condiviso dall'intero team di progettazione.
In prima istanza si è andati ad illustrarne la struttura in maniera generale, identificando le quattro sezioni da cui esso è composto ed i relativi contenuti; sulla base di quanto descritto si è passati poi a compilarne alcune parti facendo riferimento al modello 4D del caso di studio prodotto in precedenza, andando ad inserire le informazioni, estratte direttamente dal modello stesso, nei punti inerenti del Capitolato Informativo; individuando così i requisiti minimi e le esigenze per la modellazione informativa del caso di studio in maniera accurata.

2 – Fondamenti del BIM

2.1 – La metodologia BIM

Nella letteratura tecnica del settore le svariate definizioni di BIM convergono nel descrivere tale acronimo come una metodologia operativa che consente di ottimizzare la fase di progettazione di un'opera, simulandone l'intero ciclo di vita, garantendo di conseguenza alti standard di sostenibilità del costruito. Il *National Institute of Building Science* (NIBS) ha coniato il neologismo "*BIM3*" con l'obiettivo di estendere i riferimenti del termine a tre definizioni diverse, ma che tra loro risultano comunque correlate:

- BIM come *Building Information Modeling*, ovvero un processo necessario per la generazione di dati digitali da impiegare nella progettazione, costruzione e anche nella gestione dell'opera; quindi in tutto il suo ciclo di vita. Mediante l'utilizzo di appositi software consente a tutti gli stakeholder, attraverso delle procedure interoperabili, di accedere contemporaneamente alle stesse informazioni di progetto;
- BIM come *Building Information Model*, ovvero una simulazione digitale, tramite un modello fisico che rappresenta l'oggetto reale dell'intervento;
- BIM come *Building Information Management*, ovvero un'identificazione degli aspetti gestionali legati alla gestione, pianificazione e controllo dei dati relativi al database digitale. I vantaggi derivanti dal corretto management dei dati garantiscono lo sviluppo efficiente di tutte le risorse impiegate nell'intero ciclo di vita, giungendo alla corretta composizione di modelli informativi, fedeli al dato reale.

L'acronimo BIM è rappresenta dunque una serie di attività che coinvolgono metodo, strumenti e tecnologie finalizzate alla completa simulazione del comportamento di un opera in tutte le sue parti. Nel corso degli anni il significato del termine è cresciuto enormemente, al punto tale da divenire un'attività legittimata da normative comunitarie e nazionali, oltre che regolamentata da delle specifiche tecniche di settore. Per questa ragione, il BIM non può essere definito come un semplice mezzo ma piuttosto come una vera politica di sviluppo digitale che, per la definizione di flussi e procedure informatizzate, si serve di metodi approvati.

Il passaggio da processi di progettazione tradizionale verso meccanismi di progettazione integrata è contestualizzato dall'applicazione del *Building Information Modeling*. Questi, sono caratterizzati dal coinvolgimento di tutti i soggetti interessati, fin dalle prime fasi del ciclo di vita dell'opera. Il processo di raccolta e trasferimento delle informazioni viene quindi sostituito da un metodo iterativo, in cui il modello digitale diviene un database di informazioni continuamente aggiornate, grazie al quale, le singole figure coinvolte nelle varie fasi interagiscono tra di loro ottimizzando di conseguenza le scelte progettuali.

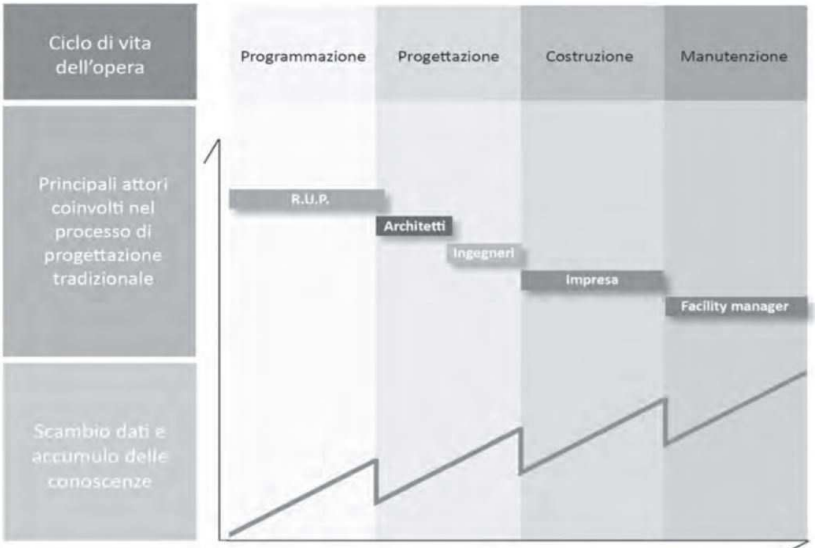


Figura 1 - Schematizzazione del processo di progettazione tradizionale con perdita di parte dei contenuti informativi nel passaggio dati tra due stakeholder

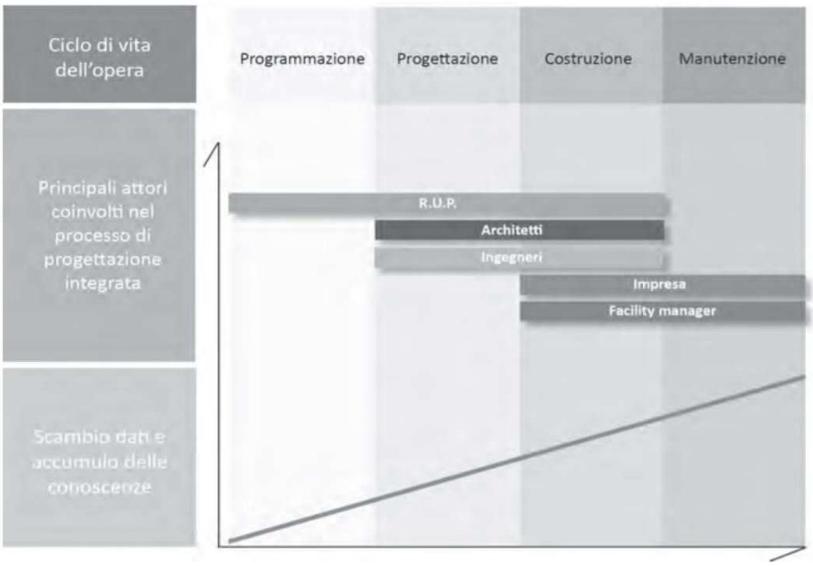


Figura 2 - Schematizzazione del processo di progettazione integrata ideale senza perdita di conoscenza nello scambio dati tra più soggetti

Il processo tradizionale di progettazione, avvalendosi di uno scambio di informazioni tra le figure coinvolte basato soltanto sulla documentazione cartacea, risultava essere molto frammentato. L'adozione di questa pratica portava inevitabilmente ad un aumento di tempi e costi di progetto, a commettere con più facilità errori, provocando molto spesso anche l'insorgere di cause giudiziarie.

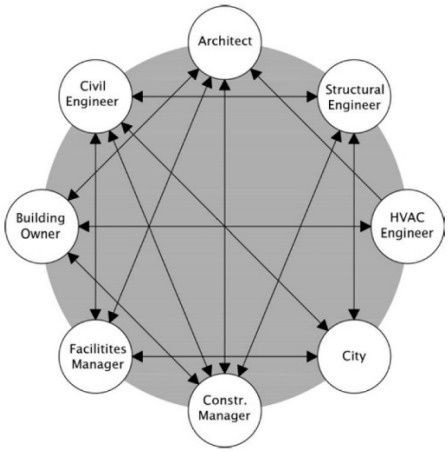


Figura 3 - Modello tradizionale per lo scambio di informazioni nel processo progettuale

Attraverso la tecnologia BIM, tutte le figure che partecipano al processo progettuale condividendo uno stesso modello informativo, lavorano in modo simultaneo, in modo da snellire il flusso di lavoro e di ridurre al minimo la perdita di informazioni.

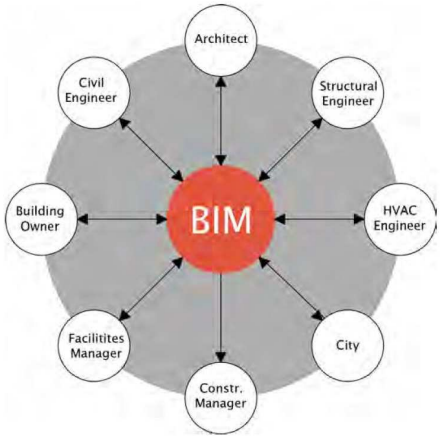


Figura 4 - Modello per lo scambio di informazioni con l'adozione del BIM

Tutto ciò consente ai progettisti di poter avere prima a che fare con il modello tridimensionale, per poi modellare il proprio progetto ed infine condividerlo con il progettista successivo. In questo modo, già nella fase di progetto è possibile individuare le varie sovrapposizioni e le possibili interferenze. La creazione di un database comune e lo scambio di dati tra i diversi progettisti consentono quindi la gestione del modello di un edificio lungo tutto il ciclo di vita; sia in fase di creazione che nelle fasi di costruzione, manutenzione e gestione.
Il database di progetto è rappresentato dal modello informativo, al quale sono richieste proprietà e attributi specifici in modo da contestualizzare l'appartenenza alla filiera della digitalizzazione degli oggetti. Si tratta pertanto di un modello tridimensionale parametrico dell'edificio, in cui ogni elemento possiede delle proprietà e si relaziona con gli altri elementi nel rispetto di determinate regole. I file digitali nei modelli 2D sono costituiti da oggetti vettoriali ai quali sono associati solo parametri di visualizzazione, come stili di linea, colore e spessore. Quindi, la differenza che distingue maggiormente il BIM dal tradizionale approccio CAD 2D, sta proprio nella possibilità di associare informazioni agli oggetti come ad esempio materiali, proprietà geometriche, strutturali, energetiche, o che riguardano il costo. Nel BIM le entità geometriche create sono di tipo parametrico, perciò questo porta ad un serie di considerazioni:

- le dimensioni sono associate a regole parametriche definite;
- il cambiamento del valore di un parametro provoca il cambiamento di tutte le entità collegate ad esso;
- le varie viste di modello, siano esse 2D o 3D, facendo riferimento allo stesso modello informativo sono coerenti tra loro.

I software che permettono di creare solamente un modello 3D dell'edificio, senza consentire la definizione di attributi degli oggetti non possono essere considerati software BIM, poiché non forniscono la possibilità di ulteriori analisi, ma sono adatti solo alla visualizzazione del modello. L'adozione della metodologia BIM ha quindi un grande influsso sull'andamento del processo progettuale.
In Figura 5 è presente la Curva di MacLeamy che mette in relazione la quantità di lavoro, in termini di tempi e costi, in relazione alle fasi del processo progettuale:

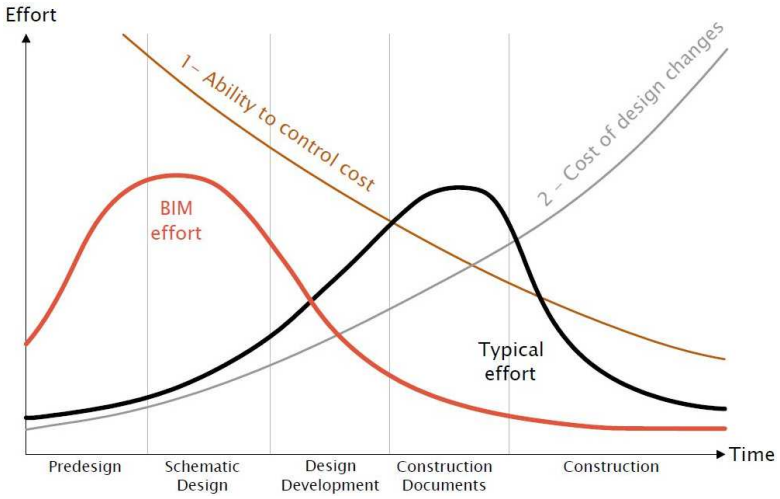


Figura 5 – Curva di MacLeamy

Generalmente nelle prime fasi, nella pratica tradizionale, sono pochi i soggetti coinvolti, man mano che si procede la quantità di lavoro aumenta, fino ad arrivare ad un massimo in corrispondenza nella produzione della documentazione. Il BIM, spostando il picco di quantità di lavoro nelle prime fasi progettuali, permette di velocizzare l'attività di produzione dei documenti. Questo è possibile soltanto se tutte le varie discipline collaborano all'inizio del processo per prendere le decisioni in modo condiviso. Le curve 1 e 2 mostrano rispettivamente la capacità di influire sui costi delle decisioni progettuali e sulle funzionalità del progetto e il costo delle variazioni progettuali in funzione del tempo.

Il vantaggio del BIM sta proprio nel fatto che le decisioni progettuali vengono prese all'inizio, tenendo conto della molteplicità di fattori che influenzano il progetto e quindi non ci sono sostanziali variazioni nelle fasi successive, che altrimenti farebbero lievitare i costi.

2.2 – Model Use

I termini *BIM Use* e *Model Use,* nella letteratura tecnica sul *Building Information Modeling,* indicano le attività specifiche relative all'interazione tra un modello informativo e gli applicativi BIM Authoring al fine di soddisfare i diversi deliverable di progetto. Questi ultimi non sono altro che il risultato di una serie discreta di operazioni sul modello, in gergo tecnico vengono definiti come *Model-based Deliverable*, e possono spaziare dalle comuni verifiche di interferenza geometrica (clash detection) fino ad attività di controllo di costi e tempi, in funzione degli proprietà programmate in sede di modellazione.

Diverse attività che rientrano a tutti gli effetti nella definizione di Model Use, sono divenute ormai comuni pratiche nello sviluppo informativo di una commessa BIM; rappresentano quella che può essere la prima macro-divisione delle principali operazioni eseguibili su un modello e si differenziano all'interno di strutture regolamentate conosciute anche come le "dimensioni" del *Building Information Modeling*.

- **3D Modellazione**
  "*Simulazione grafica dell'opera o dei suoi elementi in funzione dello spazio (geometrie tridimensionali)*".
  È questa la definizione con cui la normativa tecnica UNI 11337-1:2017 introduce la definizione di *3D-terza dimensione*, la quale rappresenta l'attività più caratteristica del *Building Information Modelin*g. L'interpretazione data dalla norma tende a sintetizzare la dimensione 3D alla sola simulazione grafica, ma il BIM può essere inteso come un veicolo di virtualizzazione dei dati di progetto e reali, in cui le operazioni alla base della modellazione digitale parametrica convergono verso la costruzione di un modello informativo, i cui contenuti sono per definizione di natura grafica, non-grafica e documentali.
  Sfruttando la logica del BIM il termine "programmazione" deve rappresentare l'evoluzione di tutte quelle operazioni digitali idonee a definire una forma tridimensionale comprese nella più comune accezione del termine "modellazione"; comprendendo al suo interno una serie più ampia di attività necessarie per l'esecuzione dei diversi Model Use. Il progettista, nell'eseguire le procedure interne alla dimensione 3D, è solito associare un numero significativo di informazioni di varia natura al modello tridimensionale dell'oggetto: il modellatore strutturale, ad esempio, interverrà anche nella realizzazione del modello analitico, oltre che dei dati geometrici; analogamente per la disciplina architettonica, le entità che definiscono l'involucro edilizio conterranno informazioni di tipo fisico da utilizzare nel corso delle analisi energetiche. La natura e la quantità dei dati implementabili in questa fase dipendono anche dalle caratteristiche dei software impiegati e sono vincolati dalle esplicite richieste della committenza espresse nello specifico nel Capitolato Informativo.
  Il progettista è tenuto ad intervenire nella programmazione delle informazioni all'interno di tale dimensione se i software adoperati sono in grado di garantire la corretta interpretazione dei dati informativi trasferiti tramite il modello; altrimenti, nelle fasi esecutive dei successivi *BIM Use*, dovrà provvedere all'introduzione di proprietà aggiuntive.
  Di norma, sono riconosciuti i seguenti *Model Use* all'interno dei capitolati e nelle strutture dei software BIM:

  - Modello Architettonico: l'insieme strutturato di dati e attributi che definiscono e indentificano l'involucro edilizio;
  - Modello Strutturale-civile: l'insieme di dati e attributi che definiscono gli aspetti strutturali dell'opera, nelle geometrie e nei contenuti fisco-analitici;

- Modello MEP: la sigla, acronimo di Mechanical, Electrical, Plumbing, identifica le attività di modellazione impiantisca, nelle geometrie e negli attributi fisico-meccanici richiesti.

Per consentire una migliore organizzazione della progettazione, solitamente, ognuna delle discipline sopra elencate, viene compartimentata in dei sotto-modelli. Piante, sezioni, prospetti e particolari costruttivi; ovvero gli elaborati grafici del progetto, vengono ricavati dal modello informativo. L'estrazione delle viste bidimensionali avviene attraverso dei piani di taglio conducibili in qualsiasi posizione e orientamento spaziale, ciò viene reso possibile solo grazie alla strutturazione parametrica dei software BIM.
Tutto questo è il risultato delle operazioni di modellazione parametrica per oggetti, che, a differenza delle solite attività di disegno tramite CAD, prevede l'inserimento nello spazio digitale di alcune entità geometriche già esistenti come una volumetria tridimensionale; inoltre, viene resa obbligatoria dal Capitolato Informativo a causa della richiesta di verifiche di coerenza degli elaborati.

- **4D Stima e gestione dei tempi**
  La simulazione in funzione del tempo dell'opera e di tutti i suoi elementi richiede la rappresentazione di un opportuno sistema di programmazione, adeguatamente associato ai modelli informativi. Solitamente, l'associazione viene eseguita in fase di pianificazione attraverso il collegamento degli oggetti 3D dei modelli disciplinari ai work packages della WBS (Work Breakdown Structure) di riferimento.
  Il cronoprogramma, che è previsto dalla normativa come un allegato del progetto esecutivo, riporta in maniera grafica la pianificazione delle lavorazioni dal punto di vista della sequenza logica, dei tempi e dei costi, coincidenti per definizione con i work packages del progetto. Lo schema grafico più diffuso tra le tecniche di programmazione tipiche del settore, è il diagramma a barre di Gantt, in cui ciascuna attività viene rappresentata tramite una barra orizzontale, posizionata secondo la data di inizio prevista e la cui lunghezza è proporzionata alla durata stimata per il suo completamento. Le principali fasi per lo sviluppo di un modello di schedulazione sono rappresentate da:

  1. l'estrazione dei dati relativi alle quantità inerenti alle singole lavorazioni (*BIM quantity takeoff*);
  2. la stima della durata delle svariate attività;
  3. la stima delle risorse umane per le varie attività e relativa assegnazione;
  4. l'individuazione dei vincoli e delle dipendenze tra le varie attività.

  L'associazione del sistema di programmazione ai modelli informativi consente di simulare l'evoluzione nel tempo delle differenti lavorazioni, valutando per esempio, lo stato di avanzamento dei lavori previsto per una certa data. Durante il controllo dell'andamento del progetto, il confronto tra i lavori eseguiti realmente e i lavori preventivati consente, in caso di differenze significative, di individuare anche le cause del ritardo, proponendo di conseguenza eventuali soluzioni.

- **5D Stima e gestione dei costi**
  Il collegamento degli oggetti 3D dei modelli disciplinari ai work packages e alle voci di elenco prezzi, determinate mediante un'opportuna analisi o dedotte dai prezzari, consente la simulazione dell'opera e di tutti i suoi elementi dal punto di vista economico. In particolare, l'importazione del modello parametrico su particolari software che consentono di svolgere analisi a carattere economico-gestionale e permettono l'estrazione dei dati relativi alle quantità (*BIM quantity takeoff*) risultano propedeutiche alla redazione del computo metrico estimativo del progetto, nonché al controllo e all'aggiornamento dei costi di progetto.

- **6D Gestione del costruito**

  Nell'intero ciclo di vita, la dimensione 6D si occupa della simulazione dell'opera o dei suoi elementi in funzione dell'uso, manutenzione, gestione ed eventuale dismissione. Lo scopo principale di questo Model Use è il passaggio dalla "manutenzione in caso di guasto e emergenza" alla "manutenzione programmata", con un significativo risparmio dal punto di vista economico, poiché i costi della "non-manutenzione" (ad esempio l'interruzione di un servizio) sono superiori ai costi della manutenzione.

  L'accuratezza e l'accessibilità dei dati del fabbricato, rilevati in fase di costruzione dell'opera e di *as-built*, ed eventualmente aggiornati in seguito agli interventi di manutenzione; definiscono l'efficacia dell'attività di Facility Management, finalizzata ad ottimizzare la gestione economica e qualitativa.

  I principali standard pubblici utilizzati in tale ambito per la condivisione delle informazioni sono l'IFC (*Industry Foundation Classes*) e il COBie (*Construction Operations Building Information Exchange*). L'interoperabilità garantita dai suddetti formati di scambio consente, ad esempio, di uniformare le informazioni gestite all'interno del modello BIM con il database del sistema.

  Inoltre, la possibilità di avere accesso ad una banca dati digitale centralizzata, comporta un notevole risparmio di tempo e soprattutto di risorse da impiegare nella ricerca di informazioni cartacee (elaborati di progetto, contratti di fornitura, libretti di impianti, ecc.) ma anche nell'opportunità per il Facility Manager di basare l'intero processo decisionale su dati costantemente aggiornati, ottimizzando così le attività di programmazione e definizione del budget per gli interventi di manutenzione.

- **7D Sostenibilità**

  La normativa ha tradotto le attività eseguibili in questa dimensione in termini di simulazione dell'opera o dei suoi elementi in funzione della sostenibilità dell'intervento oltre che dello spazio, del tempo e dei costi di produzione. La portata delle attività associate viene riportata all'interno della definizione, in cui sono sintetizzati dei concetti che enfatizzano il valore delle operazioni richieste ai diversi Model Use 7D. È necessario mettere in diretta relazione il concetto di sostenibilità al metodo BIM per poter individuare le analisi che possono essere svolte disponendo di modelli informativi digitali. La definizione di sostenibilità dipende dalle relazioni tra i tre fattori che ne regolano l'equilibrio: ambientale, economico e sociale; i quali, seppur differentemente combinati tra loro, coesistono in maniera sinergica permettendo il raggiungimento di un determinato benessere, come appunto quello ambientale, sociale ed economico.

  Il soddisfacimento e il corretto bilanciamento di questi tre fattori sono alla base di un intervento sostenibile. Mediante determinate operazioni da eseguire sui modelli informativi, tali requisiti del *Building Information Modeling* possono essere soddisfatti; consentendo una simulazione dell'impatto dell'edificio in termini di performance, costi e tempi di esecuzione e legando in questo modo anche i relativi attributi. L'operazione di analisi e simulazione energetica dei modelli viene comunemente individuata tra le attività caratteristiche della dimensione 7D; si tratta di un operazione tramite cui viene verificato dinamicamente il comportamento degli oggetti in funzione delle caratteristiche fisico-termiche degli elementi che definiscono il sistema. Tramite l'analisi dei flussi di cassa, ricavabili dalle attività svolte nelle dimensioni 4D e 5D, è possibile stabilire la convenienza dal punto di vista economico-finanziario del progetto, rispetto all'ordinarietà dei rendimenti di mercato. Solitamente, le simulazioni eseguite nella dimensione 7D vengono condotte in anticipo rispetto alla programmazione 4D e 5D. Le diverse analisi vengono svolte in questo ordine poiché, prima di definire il computo metrico finale, è bene simulare svariati scenari di investimento in modo da poter individuare le soluzioni ottimali e più sostenibili, in un'ottica di ottimizzazione della progettazione.

3 – L’implementazione del BIM

Il Building Information Modeling, come già visto, può essere definito come una rappresentazione digitale delle caratteristiche fisiche e funzionali di un’opera che, rappresentando una risorsa di conoscenza di informazioni condivisa costituisce una base affidabile per tutto il suo ciclo di vita. È un processo di progettazione del modello di un’opera che utilizza un sistema coerente di modelli anziché singoli gruppi di elaborati. Il superamento del budget e i ritardi sono problematiche molto comuni nel settore delle costruzioni a causa di imprevisti o cambiamenti nella progettazione; ma l'adozione di nuove tecnologie come il BIM può ridurre il loro impatto sulla gestione del progetto. Attraverso il BIM, in qualsiasi momento dell'intero ciclo di vita del progetto, sono disponibili tutte le informazioni che consentono di ridurre al minimo gli errori che potrebbero provocare ritardi, oltre che un aumento dei costi; e soprattutto anche le informazioni, a cui tutti i soggetti coinvolti nel progetto possono accedervi da qualsiasi luogo e in qualsiasi momento.

Il BIM fornisce informazioni dettagliate sulla costruibilità dei progetti riducendo gli errori, migliora l'efficienza e l'efficacia della fase di costruzione e aiuta a fornire una migliore comprensione delle operazioni future e della manutenzione dell'edificio. I maggiori vantaggi del BIM sono quindi: il risparmio sui costi, la quantità di documentazione disponibile, il risparmio di tempo, il controllo finanziario oltre ad un aumento di efficienza e di produttività. In pratica, il BIM è un insieme di tecnologie e processi che portano a risultati migliori nelle diverse fasi del ciclo di vita della costruzione, dalla progettazione concettuale alle operazioni di costruzione, di manutenzione e di demolizione. Una delle caratteristiche principali del BIM è la possibilità di calcolare le quantità in modo assolutamente preciso perché coinvolge oggetti, quindi tutto nel modello viene calcolato come tale entità, in modo da poter ottenere un programma delle quantità che sia il più corretto possibile. L’utilizzo del BIM per il coordinamento, la pianificazione e la programmazione di un progetto ne incrementa notevolmente l’efficienza sotto tutti i punti di vista. Ciò che comporta il BIM è quindi una trasformazione completa, infatti tramite i numerosi vantaggi offerti contribuisce in maniera significativa a far passare i progetti di costruzione dal *design desk* alla realtà fisica.

3.1 – Il rapporto fra il BIM e la normativa UNI 11337

L’UNI, attraverso il suo organo tecnico UNI/CT 033/GL 05 “Codificazione dei prodotti e dei processi costruttivi in edilizia” ha iniziato a sviluppare le norme sul BIM già nel 2007, collaborando con organismi e associazioni del settore, ricercatori, enti della pubblica amministrazione al fine di sviluppare i principi, le regole e le linee guida generali necessarie all'attuazione della rivoluzione delle costruzioni del BIM. La prima norma, la UNI 11337, è stata pubblicata nel 2009 introducendo il concetto di informazione, interoperabilità e identificazione univoca di un’opera del settore edile. La strada era spianata e nel giro di un decennio la UNI 11337 si è sviluppata in maniera veramente significativa. Si consideri che la PAS 1192, che viene spesso presa come riferimento, è del 2013, cioè successiva alla prima versione della norma italiana. Nel 2017 la norma italiana ha visto la pubblicazione di ben 5 parti, tradotte anche in inglese, al fine di tener i contenuti al passo con i tempi; inoltre negli anni successivi sono state pubblicate e rese disponibili anche le restanti parti da cui è composta tale normativa. Le norme UNI hanno contribuito e contribuiranno anche in futuro a rimuovere gran parte del rischio e soprattutto dell'incertezza associata alla condivisione di informazioni in un ambiente di costruzione virtuale.

3.1.1 – Parte 1

La parte 1 della UNI 11337 “Modelli, elaborati e oggetti informativi per prodotti e processi” (pubblicata nel 2017), definisce la terminologia generale, le differenze tra i modelli, gli elaborati e gli oggetti informativi digitali. Espone inoltre, i livelli di maturità dei processi, la struttura informativa del prodotto, gli stadi e le fasi del processo informativo e la virtualizzazione/simulazione multimediale.

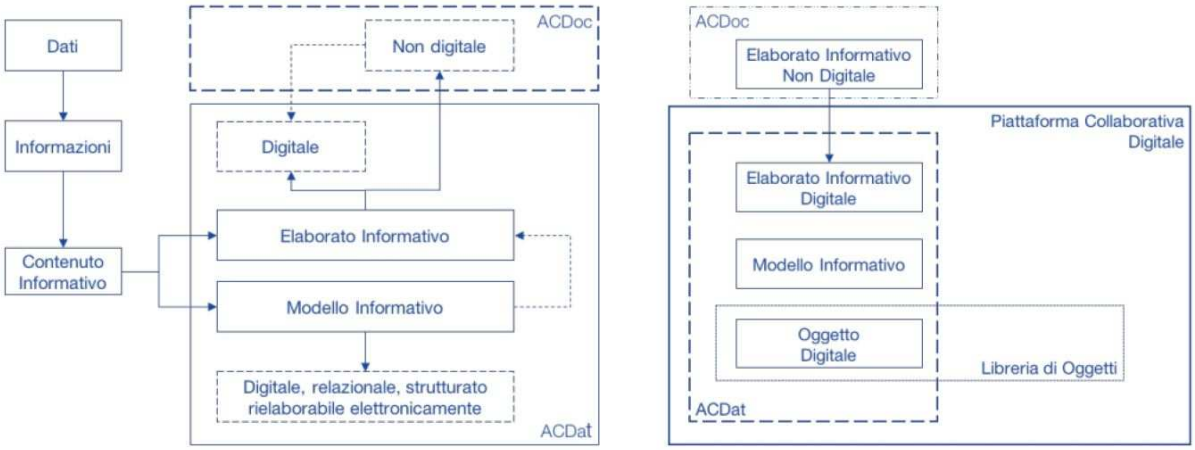


Figura 6 - Struttura dati, informazioni, modelli UNI 11337-1

In pratica, dall'elaborato informativo e una rappresentazione prevalentemente in 2D dell'approccio tradizionale, l'approccio digitale BIM si sviluppa attraverso una simulazione sull'intero ciclo di vita dell'opera, avvalendosi del modello informativo, che diviene così l'elemento cardine del processo. Esso contiene una parte grafica, una documentale e anche una parte multimediale. I dati del modello sono strutturati, tecnicamente coerenti, rielaborabili e relazionati elettronicamente e interoperabili. Gli elaborati informativi prodotti possono essere di natura diversa e i relativi livelli di maturità informativa, possono essere evidenziati partendo dal livello 0-non digitale sino ad arrivare al livello 4-ottimale.

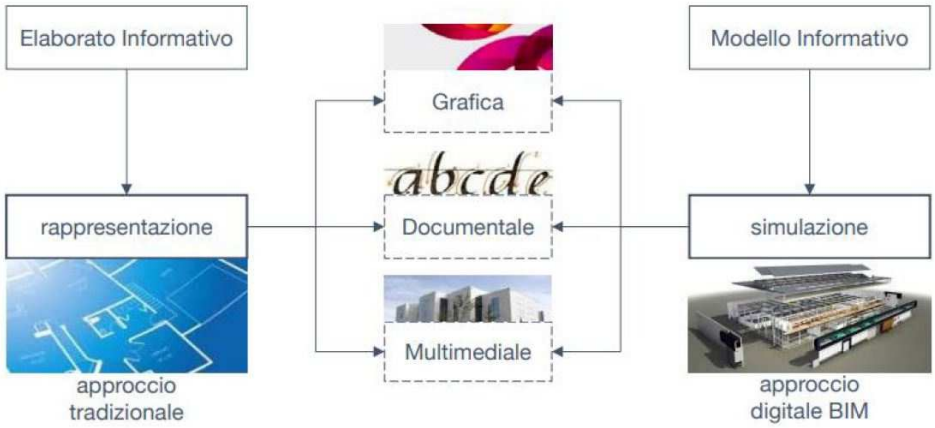


Figura 7 - Elaborati e Modelli

3.1.2 – Parte 4

La parte 4 della UNI 11337 "Evoluzione e sviluppo informativo di modelli, elaborati e oggetti" (pubblicata e disponibile dal 2017) introduce il concetto dei LOD (Level of Development), che mantengono lo stesso acronimo pur essendo tradotti in italiano. La norma interessa gli aspetti quantitativi e qualitativi della gestione digitalizzata del processo informativo nel settore delle costruzioni, a supporto del processo decisionale. Essa, si pone come scopo quello di specificare gli obiettivi per ciascuna delle fasi in cui si articola un processo e di definire una scala comune di livello di sviluppo informativo degli oggetti relativi ai modelli, di stati e di approvazione del contenuto informativo.

Il livello di sviluppo degli oggetti è richiesto dal committente attraverso il Capitolato Informativo o il Piano di gestione informativa (pGI). I livelli di sviluppo sono identificati tramite delle lettere, dalla A alla G, con la possibilità di essere più puntuali e precisi avvalendosi di classi intermedie, mediante l'uso dei numeri che vanno da 1 a 9.

3.1.3 – Parte 5

La parte 5 della UNI 11337 "Flussi informativi nei processi digitalizzati" (pubblicata e disponibile dal 2017) definisce i ruoli, i requisiti e i flussi necessari alla produzione, gestione e trasmissione delle informazioni e le loro interazioni nei processi di costruzione digitalizzati. In altri termini, la norma introduce i concetti di Capitolato Informativo (CI), offerta di Gestione Informativa (oGI) e piano di Gestione Informativa (pGI). Inoltre, ha lo scopo di illustrare il coordinamento dei modelli grafici, l'analisi delle interferenze e delle incoerenze, anche chiamate *clash detection* e *code checking*, e i livelli di verifica dei modelli, introducendo oltre ai livelli LC1 e LC2, anche un nuovo livello non indicato nelle PAS, ovvero LC3, che tiene in considerazione il coordinamento tra i modelli e gli elaborati interni ed esterni del progetto.
Capitolato Informativo, offerta di Gestione Informativa e piano di Gestione Informativa, Ambiente di Condivisione dei dati, sono la vera e propria colonna portante del processo BIM, il punto di incontro tra domanda e offerta, il risultato del lavoro di committenza, progettisti, disegnatori e imprese di costruzione.

3.1.4 – Parte 6

Data l'importanza del Capitolato Informativo, si è voluto riservargli un documento apposito, cioè la parte 6 della UNI 11337 "Linea guida per la redazione del capitolato informativo" (pubblicata e disponibile dal 2017). L'impostazione del documento è prettamente operativa, infatti è stato redatto sotto forma di rapporto tecnico, in modo da rappresentare letteralmente un aiuto per la stazione appaltante e la committenza. Redigere correttamente un Capitolato Informativo evita incomprensioni, perdite di tempo e problemi in tutte le fasi del processo. La struttura del Capitolato informativo presentata dalla norma è divisa in quattro parti:

I – Premesse

II – Riferimenti normativi

III – Sezione tecnica

IV – Sezione gestionale

3.1.5 – Parte 7

Una volta organizzato il processo, è stato necessario inquadrare gli attori. Come ogni rivoluzione, anche il BIM ha portato alla creazione di nuove figure professionali. Pertanto, la parte 7 della UNI 11337 "Requisiti di conoscenza, abilità e competenza delle figure coinvolte nella gestione e nella modellazione informativa" individua quattro nuovi tipi di professionisti:

- BIM Manager: Il gestore dei processi digitalizzati (BIM Manager) è la figura che si relaziona specialmente al livello dell'organizzazione, per quanto concerne la digitalizzazione dei processi, eventualmente, avendo la supervisione o il coordinamento generale delle commesse in corso. Il BIM Manager opera a supporto dell'allocazione delle risorse umane specializzate presso le diverse commesse, oltre ad occuparsi della designazione di uno o più BIM Coordinator. In più, ha il fondamentale compito di redigere:
    - il Capitolato Informativo (CI), quando il BIM Manager è interno alla committenza o in tutti gli altri casi in cui si renda necessaria la redazione di tale documento;
    - l'offerta di gestione informativa (oGI), quando il BIM Manager è interno a un possibile affidatario;
    - il piano di gestione informativa (pGI).
- BIM Coordinator: Il coordinatore dei flussi informativi di commessa (BIM Coordinator) opera a livello della singola commessa, collaborando con i vertici dell'organizzazione e secondo le indicazioni del BIM Manager nella gestione complessiva dei processi digitalizzati. Egli si pone come primo garante dell'efficienza e dell'efficacia dei processi digitalizzati della organizzazione in riferimento alla specifica commessa, adottando delle modalità di lavoro differenti a seconda che si operi in un contesto mono-

disciplinare o pluridisciplinare. Agisce in stretta collaborazione con il responsabile di commessa (*project manager*, *construction manager*, *design manager*, ecc.), e con il BIM Manager, a cui deve rispondere del proprio operato.

- BIM Specialist: soggetto in grado di introdurre le conoscenze disciplinari nelle modalità operative della modellazione e della gestione informativa; possiede la capacità operativa sulle funzionalità di specifici software ed è in grado di trasporre e di trasferire in termini digitali le competenze specialistiche disciplinari, collaborando attivamente con gli specialisti disciplinari stessi o anche coincidendo con essi a volte, a supporto del BIM Coordinator.
  Possiede una preparazione tale da consentirgli di inserire la propria attività all'interno dei flussi di lavoro digitali previsti dal BIM Coordinator, fornendo anche supporto per la stesura di un piano di gestione informativa (pGI) quando necessario. Inoltre, è suo dovere esaminare i principali contenuti del Capitolato Informativo e del piano di gestione informativa in modo da lavorare in accordo con essi; ed eseguire anche alcune verifiche preliminari sul modello informativo.
- Gestore del CDE: è il gestore dell'ambiente di condivisione dei dati. Il suo scopo principale è quello di mettere in relazione i modelli con il contenuto informativo in essi racchiuso e le informazioni pertinenti all'organizzazione o alla commessa presenti inizialmente in formato digitale. Assieme al BIM Manager è la figura che deve garantire il flusso di informazioni tra le varie fasi e soggetti.

3.2 - Utilizzo del BIM nella progettazione

La prassi di un progetto è strettamente connessa alle modalità di gestione economica e al programma dell'organizzazione. Anche se risulta essere un obiettivo che nella realtà è piuttosto complesso da raggiungere, è assolutamente necessario che il BIM venga utilizzato durante tutto il processo di realizzazione del progetto in maniera continua e sistematica; soltanto in questo modo sarà possibile sviluppare appieno il suo potenziale. Tutto ciò, richiede un nuovo modo di ragionare ed un significativo cambiamento anche a livello di workflow. Infatti, è indispensabile che le organizzazioni interessate, comprendano le implicazioni dell'uso del BIM a livello progettuale e organizzativo. In queste circostanze è doveroso comprendere e anche definire i seguenti punti, che a livello di progetto sono profondamente legati all'utilizzo del BIM:

- obiettivi progettuali relativi all'adozione del BIM e individuazione di un campione per l'adozione del BIM;
- implicazioni del BIM sulle attività nelle diverse fasi del ciclo di vita del progetto; individuando ad esempio, quali di queste saranno eseguite mediante l'uso del BIM, quali dovranno essere i possibili input e output delle attività che utilizzano la metodologia BIM;
- organizzazione di una *value proposition* per l'adozione del BIM nel progetto e di tutti i soggetti coinvolti;
- le differenze rispetto alle attuali modalità, in termini di ruoli e responsabilità dei diversi *stakeholder* coinvolti in ogni fase del ciclo di vita del progetto;
- le differenze tra i flussi di informazioni, in ambiente BIM, tra i vari membri del team di lavoro rispetto alla metodologia tradizionale;
- problematiche relative allo sviluppo e alla progressione del modello in base alla sua qualità durante tutto il ciclo di vita del progetto.

Generalmente i piani di attuazione ed esecuzione di un progetto BIM sono basati su delle soluzioni opportunamente previste per tali problemi. Esistono diverse tipologie di documenti di pianificazione, utilizzabili dai professionisti del team di progetto come punto di inizio per un'efficace implementazione del BIM attraverso tutte le fasi del ciclo di vita del progetto. Stando alla "BIM Execution Planning guide", della *Penn State University*, l'implementazione del sistema BIM consiste in quattro fasi generali:

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

I BIM Execution Plans a livello progettuale devono includere:

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

Assieme al piano di implementazione, è di rilevante importanza avere anche una visione chiara delle conseguenze contrattuali, in relazione alle problematiche assicurative, oppure ai requisiti di formazione e educazione e anche delle problematiche commerciali. Tali problematiche devono essere adeguatamente esaminate in fase di organizzazione per ogni progetto.

3.3 – Il BIM nel ciclo di vita dei progetti

Sperimentalmente è palese che l'impiego del BIM solamente nelle fasi iniziali del ciclo di vita di un progetto ne ostacola le capacità, mettendo così a rischio la redditività dell'investimento desiderata. È dunque sostanziale, per i soggetti che lavorano nell'ambito del team di progetto, sfruttare la tecnologia BIM in tutte le diverse fasi del ciclo di vita. Inoltre, risulta importantissimo cogliere come l'uso del BIM sia applicabile non solo alle opere di nuova costruzione ma bensì anche al patrimonio immobiliare già in essere.
Teoricamente l'impiego del BIM dovrebbe avere luogo già dall'iniziale stadio di *concept design*. Tutti i modelli sviluppati durante questo stadio dovranno essere trasformati in un modello comprendente tutte le informazioni sull'opera man mano che si avanza nelle fasi successive del progetto. Avere accesso ad un modello ricco di dati permette in seguito ai team di progettazione di svolgere svariate analisi, che favoriranno la generazione di valore del progetto con un significativo risparmio di tempo e di costi, con una maggiore sostenibilità. Lo stesso modello favorisce la possibilità, al team, di condurre attività di documentazione, approvvigionamento e pianificazione della pre-costruzione del progetto; inoltre, rappresenterà una guida per tutto il processo di costruzione e sarà di ausilio anche nella fase di conduzione e manutenzione.
Per portare a termine con un esito positivo l'implementazione del BIM è fondamentale realizzare una matrice in cui vengono raccolte le fasi del ciclo di vita del progetto, i principali obiettivi delle varie fasi, gli obiettivi del BIM, i requisiti del modello e il livello di dettaglio. È quindi importante capire che, attraverso il ciclo di vita di un progetto, il modello BIM si arricchisce progressivamente di dati e informazioni; però oltre alle informazioni inerenti agli aspetti progettuali, ingegneristici e costruttivi, con il progredire del progetto si sviluppano anche le informazioni inerenti ai costi. Un processo di questo tipo è in grado di fornire una maggiore utilità soltanto se il team di progetto è in grado di garantire un efficace e costante aggiornamento delle informazioni relative

agli aspetti progettuali, ingegneristici, costruttivi ed economici nel corso del ciclo di vita del progetto. I software disponibili in commercio sono in grado di gestire lo sviluppo delle informazioni progettuali, ingegneristiche e costruttive, ma occorre prestare grande attenzione alle informazioni sui tempi e sui costi nel corso di tutto il ciclo di vita.

3.3.1 - Il BIM nella fase di definizione strategica e nella fase di preparazione

Attualmente, l'adozione del BIM nelle prime fasi di un progetto non è ancora molto diffusa. Comunque, nella letteratura tecnica esistono diversi casi che dimostrano l'importanza dell'utilizzo del BIM già da questo stadio. Nelle prime fasi di sviluppo di un progetto, è di rilevante importanza realizzare le seguenti funzioni inerenti al processo di implementazione del BIM:

- Formulazione e definizione del processo BIM da adottare per il progetto. Questa è a tutti gli effetti, la funzione che tiene occupato il team di progetto in questo stadio, in funzione del modello BIM. Sono disponibili molte valide risorse per lo sviluppo di un sistema di implementazione del BIM, come, la "*BIM execution planning guide*" della *Penn State University*, la quale fornisce un sistema di riferimento tramite cui è possibile definire quali sono i principali parametri per l'implementazione del BIM;
- Raccolta di informazioni sul progetto, sul cantiere e sulle aree limitrofe in modo tale da poter valutare soluzioni adeguate man mano che il progetto prosegue. Il ruolo dei geometri addetti ai rilievi topografici, tecnici e degli edifici è molto importante e dovrebbe essere pianificato correttamente a priori;
- Sviluppo di un piano di progetto iniziale e identificazione di definizioni preliminari del team di progetto che chiariscano le sue funzioni e i requisiti BIM inerenti alle diverse fasi del ciclo di vita del progetto;
- Sviluppo di un'iniziale comprensione delle necessità di proprietari o degli sponsor del progetto e delle loro esigenze commerciali.

È importante conservare una distinta dettagliata di tutti i rilievi con obiettivi di risultato e gradi di precisione già stabiliti dalle prime fasi del ciclo di vita del progetto. Il rilievo può risultare particolarmente dispendioso in alcuni casi, ma deve essere valutato come una specie di "polizza assicurativa" per tutti i fruitori, poiché eliminando un gran numero di rischi, elimina possibili situazioni di confusione. Il rilievo stabilisce il contesto spaziale per tutti gli elementi di informazione e rappresenta l'elemento cardine di qualsiasi progetto BIM.
In questa fase vengono solitamente raccolte le seguenti informazioni relazionate all'implementazione del BIM, necessarie per la modellazione dei processi:

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

Con tutte queste informazioni e con il fondamentale apporto del piano di implementazione del BIM, il team di progetto può passare alla fase successiva del progetto. I principali risultati BIM ottenuti durante questa fase sono:

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

In generale durante questa fase del progetto non viene sviluppato alcun modello, ma il risultato è comunque di cruciale importanza in termini di un'efficace implementazione del BIM nel progetto.

3.3.2 - Il BIM durante la fase di concept design

L'adozione del BIM già dallo stadio di concept design è una prassi piuttosto recente, che si trova ancora in una fase di diffusione. Precedentemente, l'implementazione del BIM nella maggior parte dei casi iniziava soltanto dalla fase di progettazione di dettaglio del progetto. Ciò è avvenuto per via delle limitazioni degli aspetti tecnologici, ma soprattutto anche per la mancanza di strumenti adeguati disponibili in commercio.
I modelli di concept realizzati dai progettisti erano contraddistinti da carenze di dati, tali per cui non era possibile consentirne l'uso, se non per finalità relative alla semplice visualizzazione o animazione. Tali modelli, non potevano nemmeno essere sviluppati fino alla fase di progettazione più dettagliata per problemi di interoperabilità. Lo scambio dei modelli dello stadio di concept in formato IFC forniva risultati assolutamente insoddisfacenti a causa di una perdita di dati consistente.
Ad oggi, la realtà è cambiata in maniera sostanziale sia in termini di tecnologia che soprattutto di funzionalità software. Alcuni software per la modellazione BIM presentano grandi funzionalità (integrate al loro interno o interconnesse ad altri strumenti di progettazione usati in fase di concept design) che consentono tra l'altro:

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

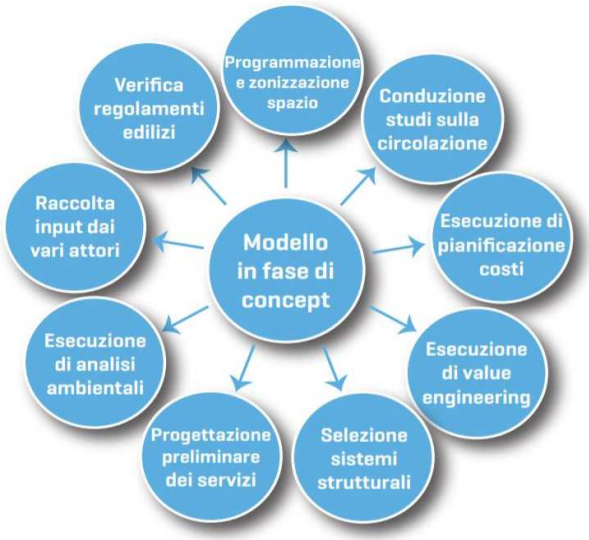


Figura 8 - Il modello in fase di concept e i suoi utilizzi

La Figura 8 illustra tutte le attività che si possono eseguire in questa fase, ricorrendo anticipatamente a dei sistemi BIM.

Al momento, è possibile ricorrere a molteplici software per impiegare un semplice modello di massa nella progettazione di un'opera, in modo da condurre le operazioni di analisi e progettazione indispensabili in questa fase del progetto. Utilizzando un modello di massa si possono intraprendere svariati compiti di progettazione e analisi; infatti, il modello di massa di un edificio può essere adoperato, ad esempio, per calcolare la superficie di pavimento, il volume degli spazi interni, il perimetro a ogni piano dell'edificio e l'area superficiale dell'involucro. Il calcolo di alcuni di questi parametri è utile per condurre ulteriori analisi come la programmazione degli spazi, l'analisi energetica e la selezione del sistema strutturale, per garantire una migliore comprensione dell'intento progettuale e la pianificazione dei servizi preliminari.

3.3.3 - Il BIM durante la fase di progetto sviluppato

L'impiego del BIM nello stadio della progettazione di dettaglio, nel caso di progetti edilizi e non edilizi, ha avuto una significativa crescita negli ultimi anni. La letteratura tecnica disponibile, si concentra infatti sull'uso del BIM proprio in questo stadio del progetto, ampiamente usato, in particolare, per le seguenti attività:

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

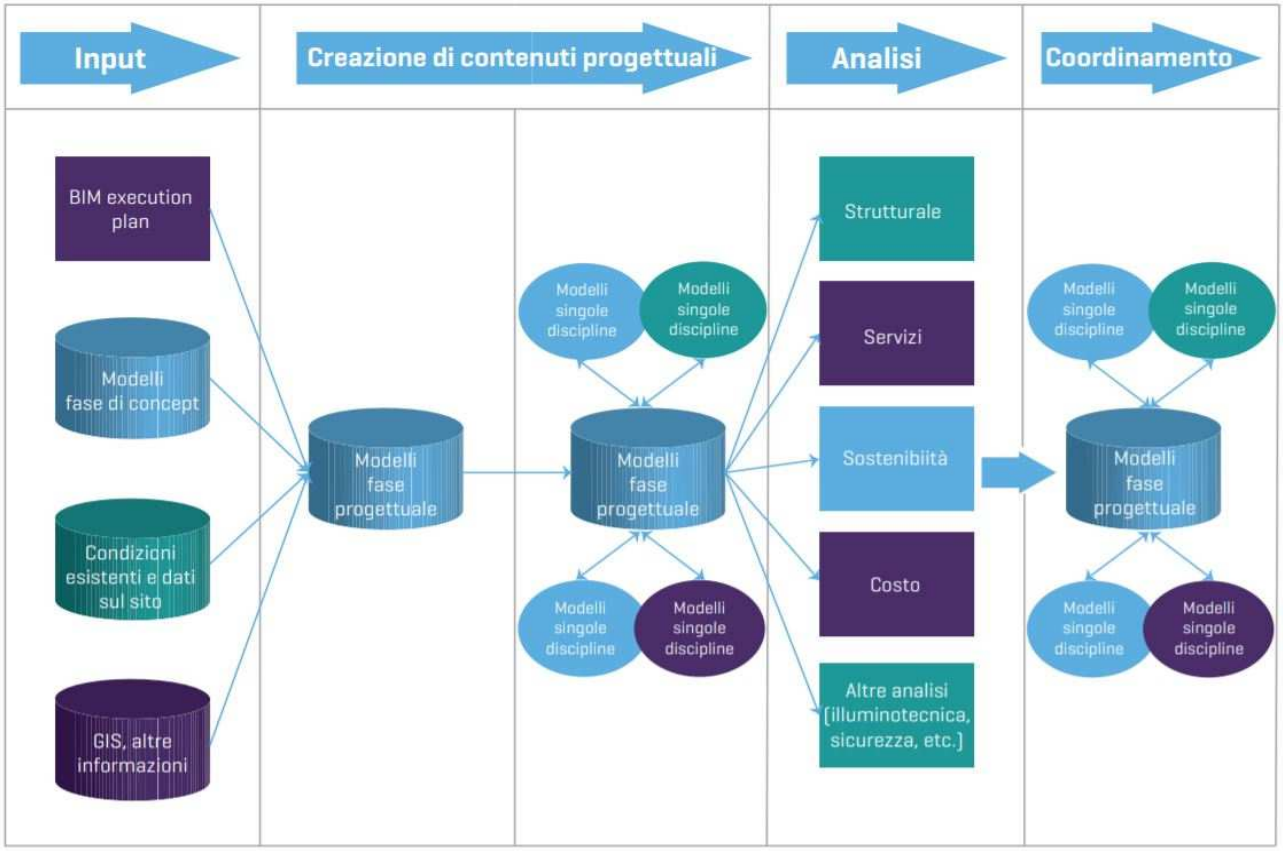


Figura 9 - Processo di progettazione di dettaglio basato sul BIM

La Figura 9 illustra il tipico workflow per la fase di progettazione di dettaglio di un progetto mediante il BIM. Il modello di concept, assieme a tutte le informazioni raccolte per il progetto (sia in formato 2D che in 3D) nello stadio di concept design, vengono impiegati per lo sviluppo di un modello centrale del progetto, che creerà una guida per la modellazione delle altre discipline; nel caso di un progetto edilizio sarà il modello architettonico, mentre, nell'ipotesi di un progetto non edilizio, il modello progettuale centrale potrebbe essere per esempio un modello ingegneristico. Durante la produzione dei contenuti BIM, il modello centrale viene condiviso con tutti gli altri consulenti progettuali e ingegneristici. Ciò costituisce la base per lo sviluppo dei contenuti progettuali inerenti ai modelli delle singole discipline da parte dei vari consulenti specialistici.

Il modello progettuale centrale viene unito ai singoli modelli riguardanti le varie discipline in modo da ottenere un "modello federato", che svolgerà delle funzioni di coordinamento per tutto il progetto. In seguito al coordinamento iniziale, il modello federato e i modelli pertinenti alle singole discipline vengono sfruttati per compiere una serie di analisi, tra cui ad esempio:

- analisi strutturale;
- analisi energetica, ambientale e di sostenibilità;
- analisi dei servizi;
- analisi dei costi.

Queste approfondite analisi, che è possibile compiere soltanto mediante il modello BIM sviluppato fino a questo punto, verranno poi utilizzate per portare a termine il progetto. Tali modelli rivisti, con l'aggiunta di dati provenienti dalle singole discipline, saranno coordinati in maniera ripetuta in modo da raggiungere un progetto prossimo a "difetti zero". Durante questa fase, il team di progetto aggiunge ai modelli delle specifiche e altre informazioni di dettaglio sui modelli stessi e sui relativi elementi di modellazione.
Pertanto, una volta portato a termine con successo questo stadio, si otterranno i seguenti *deliverables*:

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

I modelli informativi dell'opera ricavati da questo stadio del progetto hanno un livello di dettaglio e delle specificità tali da permettere al team di progetto di iniziare a valutare le possibili strategie di approvvigionamento e le problematiche riguardanti la gestione della filiera. I modelli prodotti in questo modo passano direttamente, senza soluzione di continuità, alla seguente fase del progetto.

3.3.4 - Il BIM durante la fase di progettazione tecnica

Nello stadio della progettazione tecnica, come viene suggerito dal nome, lo scopo principale è incentrato nell'aggiunta di più dettagli costruttivi possibili al modello sviluppato nelle fasi precedenti. Le principali attività relative al BIM di questa fase sono:

- pianificazione pre-costruzione con metodo BIM, inclusa anche la pianificazione della sicurezza, la definizione delle fasi, la pianificazione delle attività di approvvigionamento e di gestione della filiera;
- modellazione dettagliata, integrazione e analisi per disciplina;
- finalizzazione del modello dello stadio progettuale per tutte le discipline;
- finalizzazione di specifiche a livello di singoli elementi dell'edificio in base alla creazione di oggetti parametrici a livello di produzione per tutti i principali elementi del progetto;
- coordinamento finale del modello;
- elaborazione documentale basata sulla strategia di approvvigionamento;
- esecuzione di attività di gestione del rischio associate al progetto;
- revisione e approvazione definitiva del modello;
- finalizzazione e accesso al modello per il/i costruttore/i.

Nella fase di progettazione tecnica vengono associate delle informazioni di grande dettaglio agli elementi di modellazione nel modello. Il modello a questo punto è praticamente pronto per passare allo stadio di costruzione. In questa fase del progetto vengono aggiunte delle specifiche al modello utilizzando un formato aperto e interoperabile. L'obiettivo principale consiste quindi nello stabilire un protocollo comune per l'identificazione delle proprietà richieste per specificare materiali, prodotti e impianti adoperati nel modello. Nella fase di progettazione tecnica si colloca anche il processo di programmazione 4D. Tale processo comporta l'associazione del modello al calendario del progetto; nell'ambito del processo si possono utilizzare vari formati di calendario, in base alla tecnica di programmazione dei tempi scelta in precedenza dal Project Manager. In sostanza, quando lo stadio di progettazione tecnica del progetto è completo, tutti i *deliverables* con il livello di dettaglio prefissato possono essere forniti al costruttore, in modo da passare alla fase successiva, ovvero lo stadio di costruzione del progetto.

3.3.5 - Il BIM nella fase di costruzione

Il metodo BIM trova da sempre un largo utilizzo soprattutto nella fase di costruzione. Il modello impiegato in questa fase solitamente prende il nome di "modello costruttivo", anche se talvolta viene citato anche "BIM mobile" o "BIM sul campo", il BIM nella fase costruttiva è in genere utilizzato per:

1. sviluppare una migliore conoscenza dell'intento progettuale e dei componenti da costruire;
2. identificare e risolvere problemi costruttivi il prima possibile, sfruttando sistemi di richiesta informazioni (RFI, Request For Information) basati sul BIM;
3. migliorare la collaborazione e il coordinamento sul cantiere tra i contractors e i subappaltatori;
4. progettare opere temporanee (ponteggi, argani, puntelli, etc.) e valutare le fasi e le sequenze costruttive anche con l'aiuto dei sistemi di clash detection temporale;
5. raccogliere informazioni sull'approvvigionamento e sulla filiera in relazione a componenti e prodotti d costruzione utilizzati nel progetto;
6. consentire l'uso, la pianificazione e il coordinamento di componenti off-site;
7. sviluppare disegni degli elementi da acquistare o fabbricare e altre informazioni sui prodotti, ad esempio specifiche dei singoli componenti costruttivi che il contractor (appaltatore) deve fornire o realizzare. Queste informazioni sono utilizzate per finalità di approvvigionamento, installazione e messa in servizio;
8. valutare lo stato di progettazione e costruzione di ciascun componente della costruzione per tracciare e convalidare l'avanzamento dei lavori in termini di progettazione, approvvigionamento, installazione, collaudo e messa in servizio;
9. eseguire attività di gestione del rischio associate al progetto;
10. integrarsi con il controllo di tempi e costi e con altre funzioni di gestione del progetto;
11. mettere a disposizione modelli e documentazione per la consegna e la messa in servizio.

Nella maggior parte dei casi, è il costruttore a seguire il modello durante questa fase. Nelle modalità più innovative di progettazione, i costruttori sono coinvolti già negli stadi iniziali del progetto, facilitando così il passaggio dallo sviluppo all'uso del modello costruttivo realizzato. In questa fase è possibile ottenere benefici significativi collaborando con i fornitori, in modo da agevolare l'approvvigionamento e la consegna dei prodotti, in questo modo si possono ottenere delle efficienze rilevanti anche nei processi di gestione della filiera. Siccome le informazioni dettagliate sui prodotti sono contenute nel modello, quest'ultimo contribuisce a semplificare alcuni compiti come appunto la gestione della filiera e degli approvvigionamenti; le informazioni dettagliate sui diversi componenti, possono essere estratte rapidamente dai modelli BIM, a patto che siano dotati di un livello di dettaglio adatto.

In più, possono essere ottenute anche delle informazioni specifiche, associate alle singole componenti dell'edificio, che risultano essere molto utili soprattutto per la gestione dei costi, l'approvvigionamento, l'installazione e il collaudo. Il processo di controllo e monitoraggio del progetto può essere migliorato sfruttando il piano 4D precedentemente concepito, così da seguire lo stato del progetto e delle relative attività in tempo reale. I modelli dello stadio costruttivo possono essere utilizzati anche per la previsione di un'adeguata pianificazione del layout di cantiere, per la pianificazione delle opere temporanee (per esempio i ponteggi e le possibili interferenze con le attività di costruzione in corso) e per la modellazione di particolari attrezzature di cantiere, come ad esempio gru a torre o argani.
Il risultato più importante dell'implementazione del BIM deve essere la riduzione dei problemi nello stadio costruttivo, dato che può essere impiegato per la riduzione di sprechi, rilavorazioni e in altri casi di inefficienze di cantiere. Perciò l'utilizzo del BIM in tutta la sua praticità durante la fase di costruzione risulta essere un passaggio indispensabile per poter garantire un'efficace implementazione del metodo BIM nel progetto.

3.3.6 - Il BIM nelle fasi di consegna e chiusura

Comunemente, durante il ciclo di vita di ogni opera, gran parte dei costi e dell'uso di risorse sono concentrati nella sua fase di conduzione e manutenzione. Soltanto mediante un utilizzo adeguato del modello o dei modelli anche in questa fase del progetto, il processo BIM è in grado di esprimere appieno il suo potenziale.

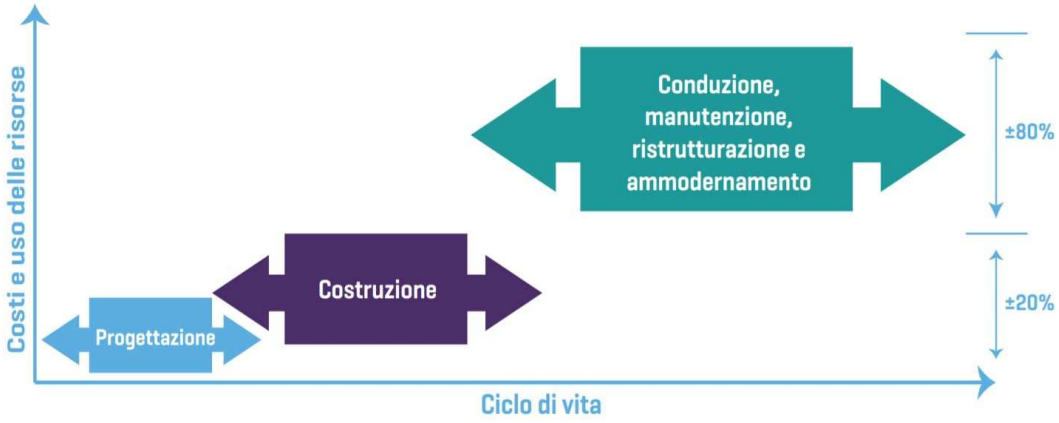


Figura 10 - Costi e uso delle risorse nell'intero ciclo di vita di un immobile

La Figura 10 illustra una classica situazione in termini di costi e uso delle risorse nell'intero ciclo di vita di un'opera. È assolutamente necessario che i processi di progettazione e costruzione siano rivolti verso la produzione di un modello finale, o *as-built*, dell'immobile, dato che una parte significativa dei costi è concentrata nelle fasi di utilizzo dell'immobile; così da poter rendere efficienti anche le fasi di conduzione e manutenzione.

Di fatto, ad oggi, uno degli standard più impiegati è il COBie, che semplificando le operazioni da eseguire per rilevare e riportare i dati, favorisce la comunicazione del progetto ed un'elaborazione del modello finale (modello *as-built*) con un livello di dettaglio adeguato anche per le fasi di conduzione e manutenzione. L'approccio consiste nell'inserimento dei dati nello stesso istante in cui vengono creati durante le fasi di progettazione, costruzione e messa in servizio. I progettisti sono tenuti a fornire i dati in relazione a piani, area e layout degli impianti, mentre gli appaltatori comunicano invece delle specifiche tra cui, ad esempio: marca, modello e numeri di serie degli impianti installati.
Il COBie rappresenta in ogni caso uno standard ancora in evoluzione, con diversi livelli di dettaglio e di uso nelle diverse zone del mondo. Il Construction Operations Building Information Exchange (COBie), come suggerisce il nome stesso, è dedicato a progetti edilizi, mentre non risulta un sistema molto affidabile per la raccolta di dati e informazioni nel caso di progetti non edilizi.

3.3.7 - Il BIM nella fase di conduzione e a fine uso

L'affermazione del BIM anche nelle fasi di conduzione e di manutenzione di un progetto è in netta crescita. I fruitori e i proprietari degli immobili costruiti possono sfruttare le potenzialità del BIM in questa fase per:

- pianificare, prevenire o correggere la manutenzione dei componenti dell'edificio;
- pianificare spazio e occupazione e ottimizzare i portafogli;
- gestire l'immobile, ottimizzandone le capacità in base ai requisiti commerciali del proprietario e in modo conforme all'intento progettuale;
- eliminare o minimizzare gli sprechi energetici, assicurando al contempo un ambiente confortevole e sicuro, migliorare l'efficienza e ridurre i costi;
- gestire attivamente, monitorare e regolare le funzioni dell'edificio in modo più efficiente in termini energetici rispetto a un modello di performance di base;
- monitorare i sensori dell'edificio e controllare in tempo reale i sistemi dell'edificio;
- pianificare e predisporre l'evacuazione e altre situazioni d'emergenza;
- prendere decisioni per interventi di ristrutturazione, ammodernamento e demolizione sulla base di accurate informazioni *as-built*.

Affinché il modello finale *as-built* dell'immobile possa essere in grado di connettersi a vari sistemi di software e hardware, l'attuazione di questi punti risulta essere di grande rilievo. Di fondamentale importanza è anche l'integrazione con la rete di sensori e il sistema di gestione dell'immobile, la quale, potrà essere compiuta tramite diverse piattaforme software.

3.4 - Tipologie e progressione di modelli

Come descritto in precedenza, con il progredire dell'implementazione del BIM nelle svariate fasi in cui si articola il ciclo di vita del progetto, anche i modelli si evolvono, attraverso un continuo arricchimento delle informazioni e dei dati in essi contenuti. Questa successione di modelli deve essere definita utilizzando opportune convenzioni per la denominazione. Una modalità, ampiamente utilizzata nel settore, identifica i modelli con le seguenti regole:

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

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

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

La Figura 11 illustra lo sviluppo dei modelli attraverso il ciclo di vita del progetto. Il livello di dettaglio (espresso tramite l'altezza del cilindro) aumenta di pari passo con il progetto, mentre si procede da una fase a quella seguente. Allo stesso modo aumenta anche il contributo dei vari membri del team di progetto (rappresentato dal diametro del cilindro). Il livello di contributo dei membri del team di progetto dipende dal contenuto del piano di esecuzione del BIM, in cui sono chiaramente individuati ruoli e responsabilità dei singoli soggetti.

Figura 11 – Progressione del modello durante il ciclo di vita del progetto

Diventa, invece, più difficile qualificare il livello di dettaglio da includere all'interno del modello informativo. La quantità di informazioni disponibili per un progetto e per tutti i suoi componenti si accresce notevolmente con il passaggio del progetto da uno stadio a quello consecutivo. Quante delle informazioni disponibili saranno integrate nel modello e in quale stadio? Si tratta di una domanda fondamentale a cui è necessario che i team di progetto diano una risposta, in modo tale da comprendere e precisare i deliverable BIM per ogni fase e le informazioni che dovranno essere inserite nei relativi deliverable. Utilizzando il concetto di di livello di dettaglio (LOD) è possibile valutare il progresso del modello. Con l'aggiunta di maggiori dati progettuali e costruttivi nel modello, il LOD aumenta, per cui aumentano anche le informazioni introdotte nei singoli elementi di modellazione.

Il concetto di LOD, inizialmente nato grazie a Vico Software Inc., è stato successivamente accolto dall'AIA nel "*G202-2013 Project building information modelling protocol form*". Il LOD permette al team di progetto di chiarire e organizzare in modo semplice il contenuto e l'affidabilità del BIM in diversi stadi di progettazione ma anche durante il processo di costruzione. È utile per definire le caratteristiche di elementi del modello relativamente ai sistemi di varie opere con diversi LOD. Questa chiara suddivisione consente agli artefici dei contenuti del modello di definire per cosa possono essere impiegati i rispettivi modelli in modo da consentire agli utenti di comprendere distintamente le possibilità di utilizzo e i limiti dei modelli che ricevono.

3.5 - Collaborazione e coordinamento mediante l'uso del BIM

Coordinamento e collaborazione sono assolutamente necessari in modo da ottenere una corretta implementazione del sistema BIM. Sia la tecnologia che il processo compiono una funzione cruciale ai fini di una collaborazione e di un coordinamento efficaci sui progetti BIM. L'aspetto di coordinamento e collaborazione dei server di modelli, è di sostanziale importanza, particolarmente in un ambito dove è previsto lo sviluppo di più modelli per una sola opera e alla partecipazione di più membri del team per la realizzazione dei modelli. Ma oltre tale aspetto, che non può essere sottovalutato, è essenziale determinare le modalità di collaborazione e coordinamento sui progetti BIM. Il processo dipende dalla natura: edilizia o infrastrutturale; dalla complessità del progetto, dalle modalità di realizzazione e dalle parti responsabili.

La collaborazione e il coordinamento su un progetto BIM cambiano in accordo con la strategia operativa e con la struttura organizzativa scelta. La seguenti figure individuano le due possibilità estreme. La Figura 12 espone un esempio di struttura organizzativa all'interno della quale il capo consulente, dal quale dipendono i sub consulenti e che lavora con il costruttore, è incaricato della gestione del BIM in aggiunta ai propri compiti di modellazione per il suo ambito specifico.

Con questa configurazione, ciascun soggetto facente parte del team di progetto è il responsabile dello sviluppo del modello informativo, nello specifico per il proprio ambito di competenza, mentre il capo consulente assume principalmente un ruolo di coordinamento e collaborazione.

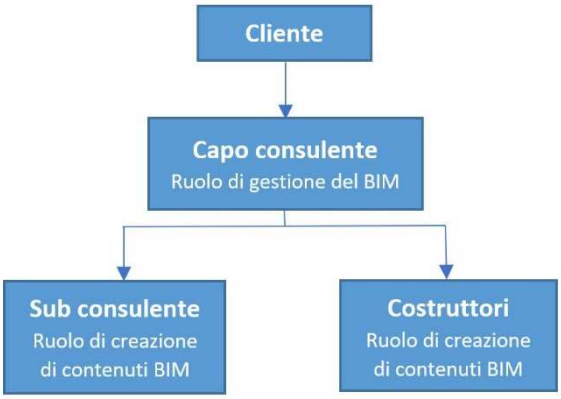


Figura 12 - Implementazione del sistema BIM nel team di progetto

Nel caso opposto, come quello riportato in Figura 13, l'intera responsabilità della modellazione e della gestione può essere trasferita ad un'agenzia esterna specializzata, incaricata dal capo consulente o direttamente dalla committenza, assumendo un ruolo di coordinamento e collaborazione. Questa struttura, nel lungo periodo, potrebbe rivelarsi poco efficace a causa dell'aggiunta di un'ulteriore entità al team di progetto, complicando i flussi portando di conseguenza a risultati non ottimali.

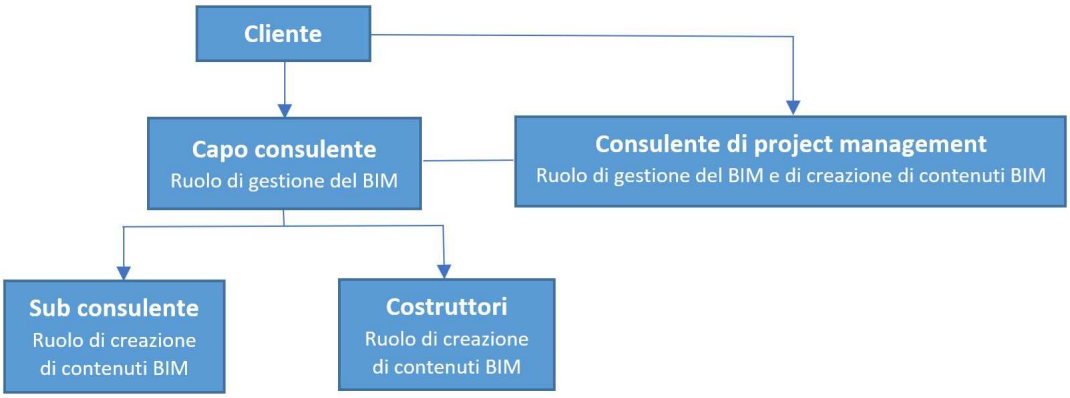


Figura 13 - Modello di outsourcing dell'implementazione del BIM

La struttura organizzativa prevista per un progetto reale dovrebbe trovarsi in una situazione intermedia tra questi due casi estremi. A seconda della struttura del team di progetto, è possibile considerare un processo di coordinamento e di collaborazione per il modello nel piano di esecuzione BIM. Si rappresenta di seguito un generico procedimento, idoneo per un progetto edilizio:

1. I membri del team di progetto addetti alla modellazione sviluppano un modello nel formato stabilito in precedenza, usufruendo di un software prefissato e un *repository* comune per le informazioni relative al progetto.
2. Un unico punto di incontro con il compito di gestione del BIM fornisce tutte le indicazioni riguardanti il progetto.
3. Basandosi su un piano predefinito di sviluppo del modello, i vari soggetti del team di progetto elaborano modelli inerenti alla fase del ciclo di vita del progetto corrente; ad esempio, il modello architettonico viene prima elaborato, e solo in seguito condiviso anche con gli altri membri del team di progetto.

4. Quando i vari modelli, pertinenti alle singole discipline, avranno raggiunto il livello di sviluppo (LOD) adatto alla propria fase, verranno federati dal membro del team di progetto incaricato della gestione del BIM.
5. Si dovranno organizzare meeting regolari di coordinamento per individuare i possibili conflitti tra i diversi elementi di modellazione. Infine, dovrà essere realizzato un report che riporterà chiaramente le problematiche individuate e informazioni utili per i soggetti che dovranno intervenire per risolverle.
6. I membri del team di progetto riceveranno un feedback su eventuali difformità o informazioni mancanti.
7. Sulla base dei conflitti accertati, tutti i modelli attinenti dovranno essere modificati e il processo verrà ripetuto in maniera da produrre dei modelli coordinati, così da poter dare inizio alle attività.

La tecnologia, specialmente tramite gli appositi strumenti di collaborazione e gestione documentale online e fondati su cloud, ricopre un ruolo decisamente rilevante nel processo di collaborazione e coordinamento.

3.6 – Flussi di informazioni attraverso il metodo BIM

Il flusso di informazioni e la loro gestione sono elementi sostanziali per un corretto utilizzo dei metodi BIM durante la progettazione. Ipotetiche variazioni dei flussi o delle modalità di gestione delle informazioni condizionano anche i workflow dei diversi membri del team di progetto. Sostanzialmente, sono due i meccanismi principali utilizzabili in relazione al flusso di informazioni e alla loro gestione. Nella fase di approccio iniziale, ogni parte del team di progetto è incaricata dello sviluppo e della creazione dei contenuti del corrispondente modello in maniera indipendente e non esiste alcun modello centrale archiviato. Il processo di modellazione si svolge, il più possibile, in maniera asincrona e lineare, come illustra la Figura 14.

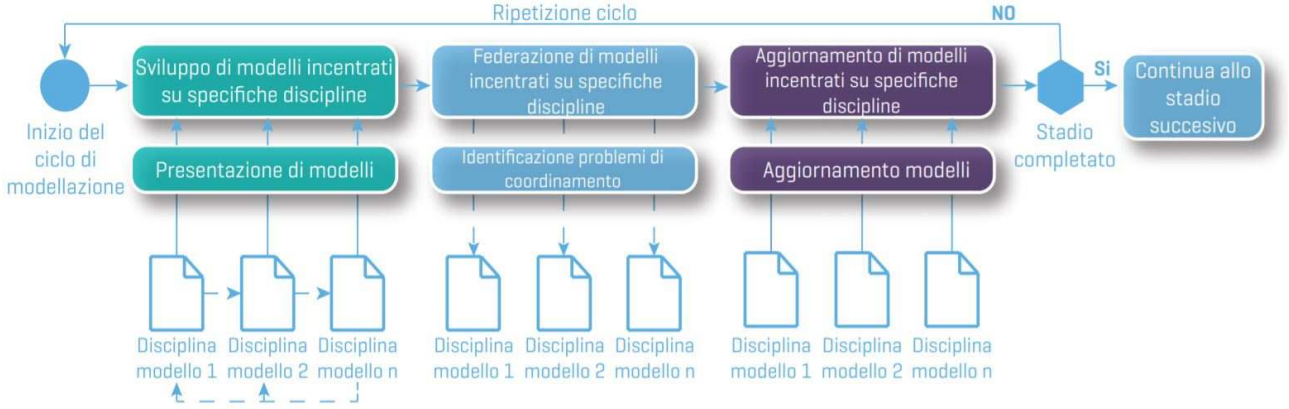


Figura 14 – Esempio di Workflow per il processo di modellazione

I modelli e le informazioni inerite negli stessi vengono spartiti tra i vari membri del team di progetto mediante la condivisione di file o con altri procedimenti simili. I modelli attinenti ad una specifica disciplina vengono sviluppati in maniera individuale dai membri del rispettivo team di progetto, anche attingendo alle informazioni contenute negli altri modelli. La collaborazione è quindi possibile, ma non è annoverata nel processo di modellazione.
Come dimostra il workflow, nel corso dello sviluppo dei modelli può instaurarsi un flusso di informazioni tra i diversi soggetti incaricati di creare i contenuti. Una volta ultimati i modelli, il membro del team di progetto addetto alla gestione del BIM deve occuparsi dell'associazione o federazione dei vari modelli incentrati sulle specifiche discipline; un'operazione fondamentale in un'ottica di coordinamento.

Il modello federato riunisce i modelli basati sulle specifiche discipline. Una visione delle problematiche inerenti al coordinamento viene offerta alle singole discipline che determinano una collisione mediante delle istantanee del modello. Anche in questa circostanza, la revisione e l'aggiornamento dei modelli avvengono con modalità indipendenti in seguito alla comunicazione dei problemi di coordinamento.

L'iter di creazione dei contenuti del modello, di federazione e coordinamento dei vari modelli e infine di revisione, continuerà finché non verrà raggiunto il livello di coordinamento prestabilito. La condivisione di informazioni tra i vari team che gestiscono le diverse discipline non è incorporata nel vero senso del termine. Solitamente si impiega un modello interamente coordinato per le singole discipline in modo da poter eseguire svariati compiti, come la pianificazione, il rilievo quantitativo o la produzione documentale. In alcuni casi le informazioni vengono condivise tra i membri del team di progetto anche tramite dei disegni 2D.
Il workflow è incentrato attorno alla raccolta e successiva condivisione di informazioni ricavate da un modello basato sull'opportuna disciplina. In questo tipo di approccio collaborativo basato sui file è necessario disporre di un chiaro protocollo di condivisione.

Nel caso del secondo approccio, la collaborazione in un ambito BIM integrato diviene l'elemento cardine. Anziché procedere mantenendo divisi i singoli modelli, dedicati alle specifiche discipline, il progetto sviluppandosi utilizza un unico modello centrale.

La Figura 15 illustra il workflow seguito per la condivisione di informazioni, la gestione di informazioni avvalendosi questo meccanismo. Incarichi particolari come ad esempio la creazione dei contenuti, la revisione del modello ed il loro coordinamento vengono portati a termine dai membri del team di progetto senza soluzione di continuità e in modo integrato. Questo tipo di metodologia BIM ruota attorno al modello centrale e funziona in maniera collaborativa nel vero significato del termine.

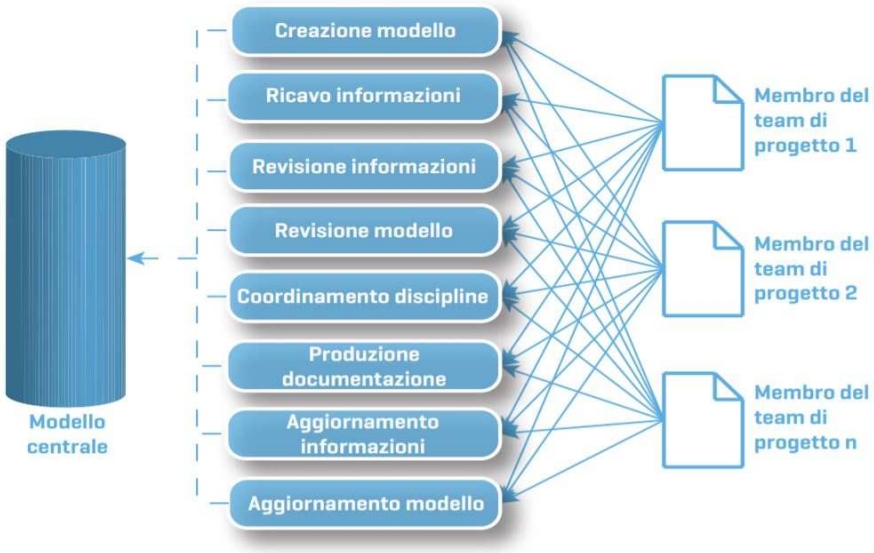


Figura 15 – Modellazione basata su un modello centrale

Il modello centrale rappresenta l'unica sorgente di dati per il progetto; viene sfruttato per raccogliere, registrare, gestire e distribuire le informazioni riguardanti il progetto, il modello grafico e anche i dati non grafici per l'intero team di progetto. La realizzazione di un *repository* unificato per le informazioni semplifica la collaborazione tra i membri del team di progetto permettendo di evitare sviste o duplicazioni. Il flusso di informazioni per questa tipologia di ambiente BIM basato su un modello centrale può essere gestito tramite un ambiente CDE (Common Data Environment). Quindi, è possibile caratterizzare il CDE come un *repository* di informazioni su un server di progetto utilizzato per raccogliere, registrare, gestire e distribuire tutti i documenti approvati attinenti al progetto, inclusi modelli e disegni.

3.7 – Aspetti inter-organizzativi del BIM

Dato il sostanziale cambiamento nelle modalità di scambio delle informazioni sul progetto, si è passati dal formato 2D (disegni, documenti, ecc.) che risultava altamente frammentato, ad un formato più coerente incentrato sul BIM, basato sulla condivisione dei file, è di vitale importanza modificare l'interfaccia tra le varie organizzazioni che partecipano alle attività di progettazione, costruzione, conduzione e manutenzione.
Nello sviluppo del processo di progettazione e costruzione, i vari soggetti coinvolti si spartiscono tra loro le informazioni, come visto in precedenza, attraverso dei modelli pertinenti alle singole discipline o il modello centrale. Tali scambi di informazioni delineano gli aspetti inter-organizzativi nell'ambiente BIM. Risulterà quindi necessario sviluppare delle convenzioni per gestire questi workflow e questi scambi di informazioni.

Nella letteratura tecnica, inerente alle attività di project management, lo scambio di informazioni in un contesto di progetto è abitualmente stabilito, gestito e controllato mediante l'individuazione di una matrice delle responsabilità assegnate (RAM).
La RAM può essere definita su base RACI (Responsible, Accountable, Consult, and Inform) che rappresenta una tecnica piuttosto diffusa e utilizzata nella prassi del project management, come verrà illustrato di seguito.
Nel contesto dell'ambiente costruito, ogni lettera dell'acronimo RACI corrisponde ad un preciso significato:

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

Un classico esempio di scambio delle informazioni in un ambiente BIM è illustrato mediante la Figura 16. Il compito del BIM Manager o dell'Information Manager è fondamentale per la corretta esecuzione di questi scambi.

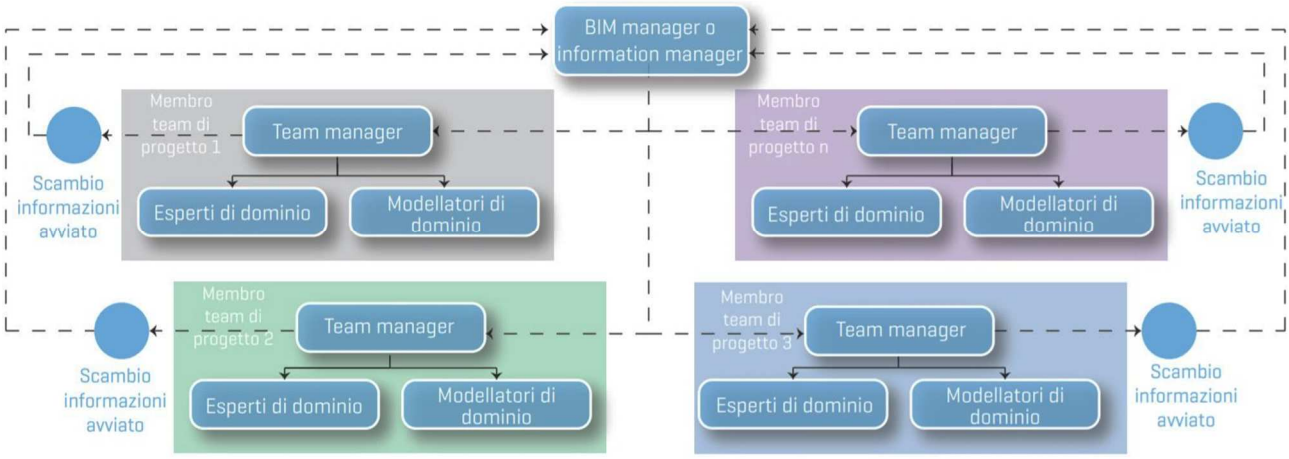


Figura 16 – Esempio di scambio di informazioni tramite RACI

All'interno del team di progetto, i professionisti dei diversi ambiti e i modellatori di dominio interagiscono con il responsabile del team stesso, il quale, a sua volta, intraprende un potenziale scambio di informazioni in modo da interfacciarsi anche con altri membri del team di progetto in ambiente BIM basato sulla condivisione dei file o su di un server centrale. Questo scambio di informazioni è un compito che generalmente viene affidato al BIM Manager o all'Information Manager a livello progettuale, a cui è delegato anche il dovere di decretare i ruoli dei vari membri del team tramite un sistema RACI.

3.8 – Conseguenze del BIM negli aspetti pratici

Le molteplici parti della struttura organizzativa che svolgono un compito differente durante il processo di realizzazione del progetto devono essere a conoscenza delle conseguenze del BIM nella relativa organizzazione, in particolar modo quelle che riguardano le modalità di lavoro, tenendo ben presente il proprio ruolo nell'intero ambito. Se tutti i diversi soggetti hanno a che fare con delle questioni legate alla selezione di hardware e software, alla formazione sulle competenze e ad altri elementi, alcune di queste sono unicamente funzione della carica ricoperta.

3.8.1 - Il BIM per gli sviluppatori e i proprietari

Il compito dello sviluppatore immobiliare o infrastrutturale (proprietario o sponsor) nella messa in pratica del BIM è veramente decisivo, proprio perché tali figure rappresentano coloro che sono in grado di trarre "grandi miglioramenti in termini di costi e di valore attraverso l'uso di informazioni aperte e condivisibili sull'immobile". Nell'ottica del singolo progetto, il proprietario copre anche il ruolo di BIM sponsor.

Dato che tutto ciò modifica pesantemente le modalità di attuazione del progetto da parte del team, è assolutamente necessario che anche il proprietario intraprenda opportune modifiche a livello organizzativo in modo da favorire un cospicuo utilizzo del BIM.

Le organizzazioni di proprietari devono inoltre compiere un significativo incarico a livello di settore per condizionare le decisioni societarie e portare tutto l'ambiente verso un efficace ed efficiente impiego del BIM. I proprietari devono quindi ricoprire un ruolo particolarmente attivo a diversi livelli:

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

3.8.2 - Il BIM per architetti e progettisti

Con le modalità tradizionali l'architetto e il progettista potevano avvalersi del computer per elaborare e creare la documentazione di progetto, il BIM sostanzialmente agisce sulle modalità di creazione, condivisione e integrazione dei dati progettuali. Questo impatto è stato definito da molti come una netta innovazione dell'attività di progettazione, probabilmente gli studi di architetti e progettisti sono tra quelli maggiormente soggetti a cambiamenti, sia interni che esterni, per via del BIM. Dal punto di vista interno, il BIM incide sulla pratiche e sull'organizzazione della progettazione; comportando ovviamente anche una variazione delle interazioni esterne con gli altri membri del team di progetto, rispetto alle tipiche interazioni fondate sul CAD. Si riportano di seguito tre dei principali cambiamenti in atto:

1. Variano i processi di progettazione: il BIM ha un grande peso nel processo di progettazione, spostando l'accento da un processo di tipo lineare ad un processo più iterativo e collaborativo, andando a trasformare il percorso della progettazione.

2. Cambia la cultura progettuale: Il BIM sta modificando il modo di pensare dei progettisti. La loro attenzione si sta spostando da una visione 2D ad una 3D, provocando di conseguenza un grande impatto sulla cultura della progettazione.

3. Lo sforzo che implica il processo di progettazione si sta fortemente indirizzando verso uno scenario in cui le informazioni vengono inserite nella fase iniziale, come già visto in precedenza, poiché, nell'ambiente BIM, i progettisti devono focalizzare la loro attenzione dalla stesura e documentazione del progetto al concepimento di diverse opzioni progettuali, che dovranno arricchire i dati disponibili, incrementando il livello di informazioni di progetto già dallo stadio iniziale della progettazione.

Le conseguenze di questi effetti forniscono la possibilità ad architetti e progettisti di accedere in qualsiasi momento al modello per condurre delle analisi specifiche, migliorando notevolmente il processo di progettazione. Mediante degli adeguati software è possibile eseguire analisi di sostenibilità, valutare le analisi ingegneristiche e di costruibilità con delle modalità molto più efficienti anche grazie alla partecipazione dei tecnici già dalle prime fasi. Quindi, all'interno della struttura organizzativa servirà individuare nuovi ruoli e responsabilità, in funzione di quanto previsto dalla UNI 11337, in modo da assicurare un'adeguata ed efficace adozione del BIM nel processo di organizzazione.

3.8.3 - Il BIM per la consulenza specialistica

I consulenti specialistici possono sicuramente ottenere dei benefici notevoli tramite l'utilizzo del BIM. In particolare, alcuni consulenti, come quelli meccanici, elettrici e idraulici possono sfruttare convenientemente il BIM nei processi, di progettazione e analisi, in cui sono coinvolti. In molte circostanze ciò si sta trasformando in una vera esigenza, visto che un numero crescente di progetti richiede l'impiego del BIM.
Nel caso dei consulenti specialistici, l'attenzione dovrebbe essere indirizzata verso alcune problematiche principali:

- La maggior parte dei consulenti specialistici adotta degli strumenti di analisi e progettazione specifici. Un problema ricorrente è rappresentato dalla carenza di interoperabilità degli strumenti per la creazione dei contenuti BIM più diffusi, con il software specifico per la progettazione e analisi che viene impiegato. È necessaria un'accurata scelta dei software, per poter garantire che non si presentino impedimenti durante il processo di modellazione.

- I consulenti specialistici sono tenuti a procurare dati sotto forma di modelli e documentazione capaci di interfacciarsi con i processi, come l'elaborazione di disegni, la selezione degli impianti e la fabbricazione. Lo sviluppo dei modelli deve avvenire in una maniera tale da consentire di assistere le suddette attività.

- Il compito svolto dai consulenti specialistici è in funzione del modello sviluppato precedentemente dai membri del team di progetto. È importante che i consulenti specialistici considerino seriamente il processo di validazione del modello. Per la validazione, è cruciale il fatto che il modello sia in grado di esprimere gli input richiesti dai consulenti specialistici, e che tali dati possano essere estratti facilmente.

Per poter stabilire in maniera accurata e adeguata i protocolli di scambio delle informazioni impiegati durante il progetto è assolutamente necessario valutare attentamente queste tematiche.

3.8.4 Il BIM per i costruttori

I costruttori svolgono tre importanti compiti nell'ambiente BIM:

1. Partecipano allo sviluppo di modelli venendo chiamati in causa nella progettazione ogni qualvolta che il processo di realizzazione del progetto lo permette;
2. Impiegano tutte le capacità dei modelli nella fase costruttiva svolgendo ruoli importanti per questa fase del progetto;
3. Preparano i modelli inserendovi informazioni dettagliate *as-built* man mano che la costruzione continua, permettendo, in questa maniera, che i modelli possano essere sfruttati anche nelle fasi di conduzione e manutenzione del progetto.

Nella maggior parte dei casi, con il trascorrere del tempo, i costruttori prenderanno in consegna il modello direttamente dal capo consulente del progetto nel formato fissato in precedenza, con il richiesto livello di sviluppo e in corrispondenza di una specifica fase del progetto. Con il proseguire dell'implementazione del BIM, si presentano degli scenari nei quali il costruttore è tenuto a sviluppare i modelli di cui servirsi nella fase di costruzione, come nel caso del cosiddetto di "BIM solitario". Attraverso il BIM, i costruttori possono gestire alcune funzioni, tra cui: la pianificazione delle tematiche di salute e sicurezza, la pianificazione e la logistica del cantiere, la gestione della filiera, gli approvvigionamenti, la pianificazione, il controllo e il monitoraggio della produzione. Con il perfezionamento di tali utilizzi concreti, i costruttori inizieranno a rendersi conto degli importanti benefici di questa metodologia focalizzata sui modelli.

4 – Project Management

Secondo il *Project Management Body of Knowledge*, una guida internazionale assai famosa, il project management è l'applicazione di conoscenze, attitudini, strumenti e tecniche alle attività di un progetto al fine di conseguirne gli obiettivi.
La sfida maggiore del project management è il conseguimento degli obiettivi di progetto rimanendo nei limiti stabiliti dai vincoli fissati dal committente, normalmente il costo, il tempo e la qualità. La sfida secondaria, ma non meno complicata, è quella di gestire al meglio l'allocazione delle risorse e individuare gli input necessari al fine di perseguire gli obiettivi definiti. Tali sfide devono continuare a essere perseguite allo scopo di risolvere i problemi e limitando i rischi che ciascun progetto presenta, in maniera differente, durante la sua esecuzione. Il Project Manager viene anche definito "responsabile di progetto", dove il termine "progetto" indica un processo gestionale che parte da un concetto o idea inziale allo scopo di giungere alla realizzazione di un nuovo sistema, prodotto tecnologico, opera pubblica o nuovo servizio, software e simili. Vengono, pertanto, affrontate molteplici attività, inerenti ai diversi aspetti produttivi.

4.1 – Project Manager nel quadro normativo

La norma UNI 11648 "Attività professionali non regolamentate - *Project manager* - Definizione dei requisiti di conoscenza, abilità e competenza" si occupa di definire la figura professionale del *Project manager*, costituendo un importante innovazione per il riconoscimento di questa professione anche nel nostro Paese. La norma UNI 11648 fissa un insieme di regole basilari per la qualifica professionale di tale figura, per quanto riguarda: standard di conoscenze, abilità e competenze; alle quali potranno riferirsi tutti gli operatori economici del mercato. Il medesimo riferimento, anche se riguardante una qualifica professionale 'non ordinistica', ossia non inquadrata nei tradizionali ordini professionali, può in verità essere utile a tutte le attività professionali interessate al project management, sia a tempo pieno che parziale, per professionisti operanti anche in altri ruoli organizzativi. Ultimamente anche in sede internazionale la figura del Project manager è stata definita dalla norma ISO 21500, in seguito recepita e pubblicata in Italia come UNI ISO 21500 "Guida alla gestione dei progetti (project management)".
La norma UNI 11648 incorpora la stessa UNI ISO 21500 come base delle conoscenze del Project Manager. Si tratta di uno serie di conoscenze e *best practice* in linea agli altri standard del mercato, orientati ai processi, quindi utilizzabili anche negli schemi di qualità, anch'essi "*process-oriented"*, della maggiormente conosciuta UNI EN ISO 9001 riguardante i sistemi di gestione della qualità.

Per quanto riguarda le qualità e le caratteristiche, che vengono domandate a questi professionisti, riguardano "caratteristiche ad ampio spettro e polivalenti" come visto in precedenza. Specialmente, riguardano le più tradizionali competenze chiamate anche "*hard skills*", inerenti alle tecniche di programmazione e controllo dei progetti, principalmente, in termini essenziali di tempi, costi e qualità, dove però, si devono accostare altre competenze e abilità multidisciplinari, attitudine alle relazioni umane e di sviluppo dei collaboratori, assertività ed equilibrio, per lo più in situazioni di lavoro stressanti, e una certa capacità gestionale dei rischi che ogni progetto comporta, anche denominate "*soft skills*".

4.2 – Variabili di progetto

L'incarico primario del Project Manager è quello di salvaguardare e preservare un giusto equilibrio tra le tre variabili fondamentali o vincoli principali di un progetto: obiettivi, tempi e costi. Le problematicità del project management provengono dal continuo conflitto esistente tra le suddette variabili. L'obiettivo principale di ogni progetto è sempre quello di giungere al miglior esito possibile di ogni progetto, nel minor tempo possibile e con il minor costo, nonostante ciò questi tre elementi sono in continua competizione tra loro e non riuscire a rispettare i vincoli previsti anche per uno solo dei tre implica portare il progetto al fallimento.

In un progetto ci si potrebbe trovare nella situazione di dover compiere delle scelte le quali potrebbero portare a danneggiare o a favorire una delle tre variabili:

- è possibile ottimizzare i risultati del progetto aumentando i costi oppure prolungando il tempo di realizzazione oltre la data prevista;
- al fine di ottenere il risultato preventivato bisogna prolungare i tempi oppure usufruire di altro budget per acquisire altre risorse e velocizzare il lavoro.

In tali situazioni è necessario individuare una soluzione in grado di stabilire un giusto equilibrio tra le tre variabili di progetto in funzione di certi parametri che possono variare da un caso all'altro. Allo scopo di poter valutare quale sia il caso meno penalizzante, è importante comprendere quali sono le priorità per l'azienda, con lo scopo di valutare, ad esempio, quali imprevisti potrebbe portare un aumento dei costi rispetto a una carenza di risultati, oppure i danni economici che può procurare un ritardo nella consegna.
Una variabile di progetto indispensabile, non citata in precedenza, è rappresentata dalle risorse. Questo, dipende dal fatto che durante la pianificazione di un determinato progetto si dovrà stabilire l'esistenza di vincoli temporali per la realizzazione dell'opera. Se esistono, allora il carico di risorse dovrà essere gestito in funzione dei vincoli temporali imposti; mentre, nel caso in cui, non fossero presenti vincoli temporali allora sarà possibile eseguire una valutazione sulla configurazione di equilibrio tra costo risorse/tempo.

4.3 – Pianificazione e Programmazione

Ciascun progetto è contraddistinto da un ciclo di vita, il quale viene suddiviso in fasi successive fino al raggiungimento dei risultati finali e degli obiettivi prefissati. Ciascuna fase è a sua volta differenziata dalle procedure di gestione, grazie a cui è possibile programmare, eseguire ed esaminare lo stato del progetto durante tutto il suo sviluppo.
Le attività svolte per giungere agli obiettivi di un progetto si dividono in sviluppo e gestione. Non è possibile la realizzazione di un prodotto o di un servizio complesso senza organizzare le attività, caratteristicamente assegnate al Project Manager, per l'organizzazione e la gestione del progetto.
I processi decisionali, esecutivi e di gestione sono uniti tra loro, per cui gli output di uno sono generalmente gli input di quello successivo. Per di più, i tre processi centrali: pianificazione, esecuzione e controllo possono susseguirsi in maniera continua.
Le attività decisionali e gestionali relative alla realizzazione di un progetto sono:

- Pianificazione e Programmazione;
- Individuazione e Organizzazione risorse necessarie;
- Direzione e Coordinamento infra e interdisciplinare;
- Gestione risorse impiegate;
- Controllo Avanzamento ed eventuali non conformità;
- Valutazione Finale.

Essenziali sono anche le fasi decisionali di pianificazioni e programmazione, logicamente assieme alla progettazione, da cui dipendono tutte le altre fasi del processo edilizio. Le principali azioni di pianificazione e programmazione sono:

- Fissare gli obiettivi (cosa il committente vuole realizzare e perché);
- Identificare e analizzare i dati di partenza;
- Scoprire e verificare i concetti di impostazione (come il committente vuole realizzare gli obiettivi);
- Stabilire le necessità e i bisogni (fondi e spazi necessari. Risorse necessarie. Livello di dettaglio da raggiungere);
- Delineare le strategie per la soluzione del problema.

La pianificazione deve essere interpretata come lo sviluppo del modello del progetto in modo da poterlo realizzare in modo coerente con gli obiettivi fissati a livello contrattuale, ovvero nel rispetto dei tempi di realizzazione e dei costi previsti, ottimizzando l'impegno delle risorse disponibili e raggiungendo il livello di qualità prefissato. Di conseguenza, gli scopi principali della pianificazione consistono in:

- Individuare le singole attività elementari controllabili e misurabili;
- Organizzare le attività su singoli livelli di dettaglio;
- Predisporre una struttura di sviluppo del progetto attraverso un piano di lavoro che riguardi tempi, costi, qualità e risorse;
- Stabilire un piano di controllo del processo progettuale e realizzativo;
- Definire metodi per il flusso delle informazioni.

La programmazione deve essere considerata come un'attività finalizzata a migliorare le fasi di esecuzione tramite la gestione dei tempi, dei costi e della qualità. Per questo motivo lo scopo primario è quello di soddisfare gli obiettivi temporali nel rispetto dei vincoli di costo e qualità prestabiliti. Le due attività sono conseguenziali e si completano a vicenda.

4.4 – Pianificazione tramite WBS

Le metodologie più innovative del Project Management prevedono, come primo passo, la redazione di una *Work Breakdown Structure* (WBS), nella quale avviene l'individuazione delle attività elementari (*tasks*) in cui viene scomposto il progetto, le quali verranno poi raccolte in macro-attività (*work packages*). Ad ogni attività verranno in seguito associate le risorse umane e i materiali necessari, oltre al tempo necessario per completarla ed ai vincoli che la legano alle altre attività. Si configurate tramite una struttura ad albero gerarchico orientato al prodotto (*deliverable*) e suddiviso in tutte le parti che lo compongono. È essenziale in questa fase individuare tre elementi chiave: milestone, deliverables ed attività.

La struttura gerarchica deve essere subordinata a regole fondamentali stabilite da processi logici e dal buonsenso:

- Regola del 100%: La regola del 100% specifica che la WBS debba includere il 100% del lavoro di progetto oltre a tutto il necessario - interno, esterno e appaltato – per portare a compimento il progetto, inclusa la gestione del progetto stesso. La regola del 100% è una delle più importanti direttrici per lo sviluppo, la scomposizione e la valutazione della WBS. È applicabile a tutti i livelli gerarchici: la somma del lavoro dei livelli "figli" deve essere uguale al 100% del lavoro rappresentato dal loro "padre" e la WBS non dovrebbe includere alcun lavoro che superi i limiti del progetto, ovvero non può comprendere più del 100% del lavoro. È importante ricordare che la regola del 100% può essere usata anche al livello di attività, dalla somma del lavoro raffigurato dalle attività in ciascun pacchetto si deve sempre e solo ottenere il 100% del lavoro necessario per completare il pacchetto;

- Programmazione dei risultati: se il progettista della WBS cerca di comprendere ciascuna attività che figura nel processo di costruzione otterrà due risultati: il primo di avere una serie di processi elementari che fanno divergere la WBS ed il secondo è quella di svilire gli operatori sul campo;

- Schema di codifica: gli elementi della WBS, i *task*s, devono essere organizzati secondo una struttura gerarchica, mediante l'individuazione di un codice numerico su più livelli.

Un approccio simile consente, come primo effetto, di definire il "percorso critico" del progetto, ovvero la successione di attività la cui durata incide in maniera diretta sulle tempistiche di ultimazione del progetto.

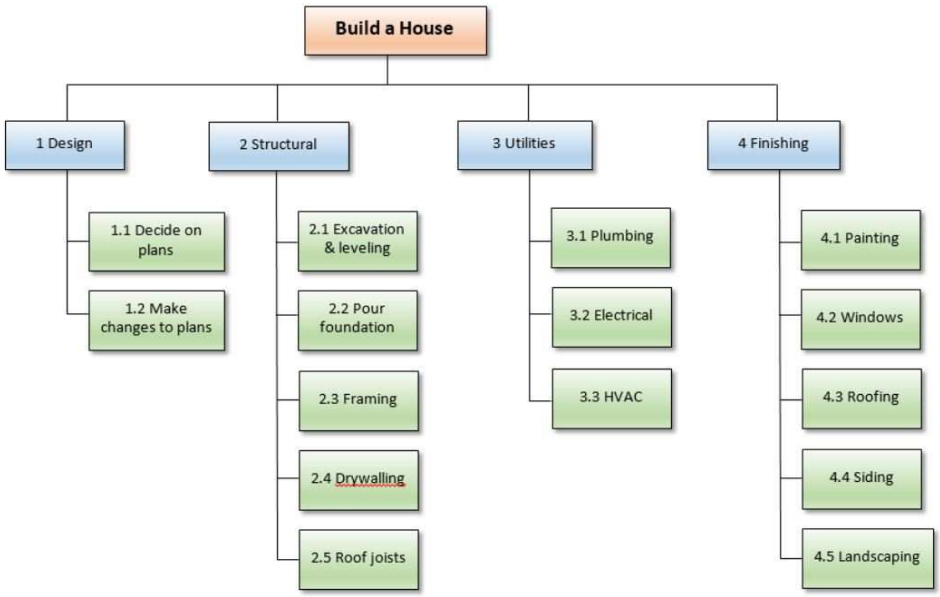


Figura 17 – Esempio di strutturazione WBS

Oltre alla WBS possono essere individuate altre modalità di scomposizione dell'intervento, alcuni di essi sono:

- **Assegnazione delle Risorse OBS** (*Organization Breakdown Structure*): altro non è che una costruzione dettagliata in cui si stabilisce con puntualità la responsabilità di progetto. Ha il principale compito di realizzare un adeguato sistema di incarichi nella gestione del progetto.
  Spesso chiamata anche struttura analitica dell'organizzazione l'OBS si posiziona logicamente e temporalmente successivamente la WBS. Infatti, solo dopo aver sviluppato un'analisi delle fasi e delle attività (*WP*) da cui è composto un progetto, è possibile assegnare ogni *WP* ad un responsabile che ne certifica la realizzazione nei modi, tempi e costi previsti.

- **Assegnazione delle Responsabilità RAM** (Responsibility Assignment Matrix): rappresenta l'attività che collega le risorse con le attività, o con le loro aggregazioni. Mediante questo strumento viene individuato chiaramente "chi fa cosa" all'interno di un progetto.
  La matrice è formata sulla base dall'incrocio della WBS e della OBS inserendo anche i ruoli che hanno i vari attori del processo nello svolgimento dell'attività in questione, in modo da completarne la struttura:

  - *Responsible* (R): colui che esegue l'attività;
  - *Accountable* (A): colui che ha la responsabilità sul risultato dell'attività;
  - *Consulted* (C): è la persona che aiuta e collabora con il Responsible per l'esecuzione dell'attività;
  - *Informed* (I): è colui che deve essere informato al momento dell'esecuzione dell'attività;
  - *Verifier* (V): è colui che verifica che il deliverable rispetti i criteri di accettazione;
  - *Signatory* (S): è colui che approva la decisione del Verifier.

Indipendentemente dal tipo di scomposizione dell'intervento si dovrà sempre, in maniera diretta o indiretta, a delineare una serie di attività che susseguendosi favoriscono la realizzazione dell'opera in questione. Se fosse possibile indicare per ogni sistema assemblato presente nello schema i parametri necessari per essere considerati un'attività, allora sarebbe possibile impiegare direttamente come attività di programmazione il Gantt e il Pert, facilitando considerevolmente la fase di realizzazione della programmazione direttamente successiva alla pianificazione.
La possibile occasione di programmazione temporale mediante il semplice collegamento di più sistemi assemblati porterebbe ad un'agevolazione più che significativa durante l'esecuzione della programmazione.

4.5 - Gestione dei tempi nelle tecniche di programmazione

Al fine di poter stabilire e controllare le fasi di avanzamento della realizzazione di un progetto, la programmazione temporale è assolutamente essenziale. Tramite la programmazione di tutte le attività individuate, indicando le date di inizio, quelle di fine attività e le relative dipendenze, si ottiene il tempo necessario al compimento delle diverse fasi del progetto e individuando inoltre le attività sulle quali è necessario concentrarsi, per poter garantire l'ultimazione dei lavori nel rispetto dei tempi prestabiliti.
Attraverso la programmazione temporale è possibile creare un legame tra le diverse fasi progettuali, e un'integrazione tra tutte le parti coinvolte nella realizzazione del progetto. Le tecniche che trovano un maggior impiego per la programmazione dei tempi sono le seguenti:

- Il Time Schedule: per la programmazione temporale basata sul diagramma a barre di Gantt.
- Il Critical Path Method (CPM), stime dei tempi deterministiche;
- Il Programme Evaluation and Review Technique (PERT), stime dei tempi probabilistiche;
- Il Metra Potential Method (MPM);

Solitamente nell'edilizia per la programmazione dei lavori in funzione dei tempi e dei costi si riscontra un largo impiego del software "Microsoft Project", che opera usufruendo della tecnica di programmazione MPM, metodologia di programmazione che permette di sommare i vantaggi del Time Schedule (Gantt) a quelli delle Tecniche Reticolari (PERT).
L'attuale normativa dei Lavori Pubblici, il D.P.R. 28/01/2008, art. 37, definisce il cronoprogramma dei lavori come "un elaborato del progetto esecutivo, composto da un diagramma che rappresenta graficamente la pianificazione delle lavorazioni gestibili nei suoi principali aspetti dal punto di vista della sequenza logica, dei tempi, dei costi, redatto al fine di stabilire in via convenzionale l'importo degli stessi da eseguire". È un documento essenziale e deve essere considerato come base della gara, obbligando l'impresa esecutrice a eseguire i lavori nel rispetto dei tempi prefissati. Deve riportare nello specifico i tempi di svolgimento delle lavorazioni e le spese relative alle attività valutate, logicamente considerando anche l'organizzazione della produzione dell'impresa esecutrice. Una volta che il cronoprogramma viene approvato dalla direzione lavori l'appaltatore è vincolato a seguire la sequenza delle attività espressa all'interno del documento, osservando attentamente i tempi fissati per la produzione e la coordinazione tra le diverse lavorazioni collegate.

4.5.1 – Diagramma a barre di Gantt

Il diagramma di Gantt è composto da una riproduzione grafica a barre, la quale illustra le relazioni tra i vari elementi di progetto - macro-attività, attività elementari e output - lungo una scala temporale. Ogni barra corrisponde ad un'attività, la cui lunghezza risulta proporzionata alla durata della rispettiva lavorazione che rappresenta e viene posizionata lungo la scala temporale in modo da riportare l'attività stessa.
Nel grafico l'ascissa relativa all'inizio di ogni barra rappresenta l'inizio di ogni attività, l'ascissa relativa alla fine di ogni barra rappresenta la fine di ogni attività, mentre l'ordinata individua le diverse lavorazioni situate all'interno del cronoprogramma. Perciò i cronoprogrammi a barre comprendono informazioni inerenti a inizio, fine, durata delle attività, stato di avanzamento dei lavori e date di controllo del cronoprogramma per svolgere l'aggiornamento dello stato di avanzamento. Il principale beneficio è dato dalla semplicità di comprensione dei dati e della rapidità di lettura della situazione che viene raffigurata.

D'altro canto, però, non permette di stabilire i legami di dipendenza logica tra le diverse attività, i vincoli da rispettare per favorire l'inizio delle attività, l'indicazione di quali siano le attività strategiche contenute nell'elaborato, gli eventuali ritardi che possono svilupparsi durante lo svolgimento delle attività.

A queste problematiche vanno ulteriormente sommate le situazioni critiche che si generano durante l'impiego di tale metodologia. Introdurre numerose attività nel cronoprogramma rende di difficile lettura l'elaborato, oltre al fatto che potrebbe risultare particolarmente complicato introdurre metodi matematici per gestire le risorse di ciascuna attività. Infine non si dimostra uno strumento utile per il controllo dello stato di avanzamento lavori a causa della carenza di collegamenti logici tra le varie attività inserite.

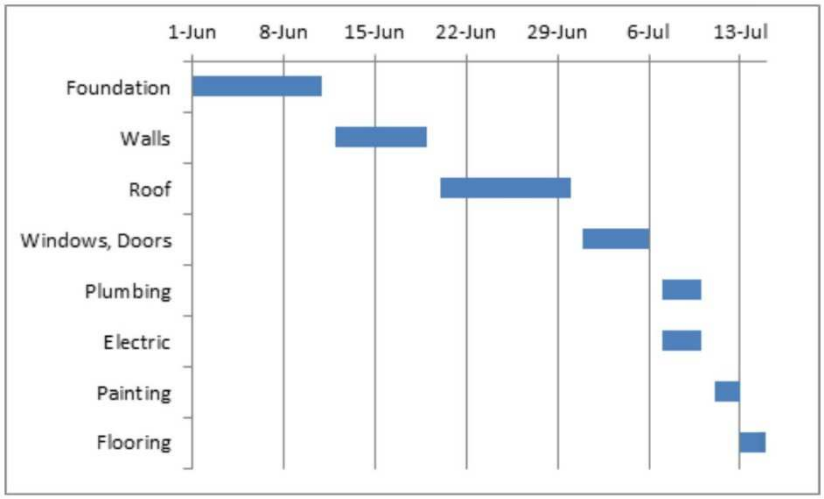


Figura 18 – Esempio di Diagramma a barre di Gantt

Gli scopi di questo tipologia di rappresentazione sono:

- Definire il "cosa fare" in una certa quantità di tempo (durata);
- Definire un riferimento per il controllo dell'avanzamento;
- Definire eventi o date chiave (Milestones).

4.5.2 – Critical Path Method (CPM)

La metodologia detta CPM è fondata su un reticolo AOA, dato che la sua riproduzione grafica consiste in un grafo in cui gli archi orientati, cioè le frecce, corrispondono alle attività di progetto ed raffigurano anche la sequenza delle operazioni in funzione del flusso del tempo.

Il reticolo AOA (Activity on Arrow) è un reticolo in cui le attività basilari sono riprodotte dalle frecce del grafo e i nodi rappresentano gli eventi coincidenti agli stati di inizio e di fine delle diverse attività. L'evento alla sinistra dell'attività, posto nella coda della freccia, si chiama evento di inizio e viene solitamente indicato con le lettere "i" o "I", mentre quello che si trova a destra, sulla punta della freccia, prende il nome di evento di fine e si indica con le lettere "j" o "J". Da tutto ciò si deduce che ogni attività del reticolo è univocamente determinata da una coppia di eventi, i e j, per si ha anche una chiara identificazione delle attività.

Considerando una successione di attività in cui A costituisce il predecessore di B, allora A e B avranno in comune il nodo j che rappresenta allo stesso tempo l'evento di fine dell'attività A ma anche l'evento iniziale dell'attività B. La regola generale sancisce che il nodo j di un'attività precedente è anche il nodo i dell'attività successiva. L'unica eccezione è rappresentata dall'evento di inizio del reticolo, detto anche "sorgente", in cui logicamente non si conclude mai nessuna attività, oltre all'evento finale del reticolo, detto anche "pozzo", da cui, allo stesso modo, non parte mai alcuna attività.

Con attività si considera una lavorazione nel corso del processo costruttivo che richiede tempo e risorse produttive per poter essere portata a termine. Fa eccezione l'attività fittizia che non richiede il consumo né di tempo né di risorse, ma corrisponde solo ad una dipendenza logica, mentre per l'evento rappresenta la situazione che si crea al termine di una o più attività; non richiede alcun impiego di tempo o di risorse ma è caratterizzata da un singolo istante, o una data, di accadimento.

Le regole basilari per una corretta rappresentazione del reticolo sono:

- Regola di dipendenza logica delle attività: poste due attività successive A e B, l'attività susseguente B non può iniziare se non termina l'attività precedente A;
- L'attività A è l'attività precedente alla realizzazione dell'attività B, e si dice predecessore o antenato di B, e B è l'attività successiva alla realizzazione di A e si dice successore o discendente di A;
- Regola di convergenza con logica di tipo "and": date le attività A, B e C ovvero ij, yj e jk legate allo stesso nodo j, l'attività C non può iniziare se non sono terminate entrambe le attività precedenti A e B. L'evento j è detto evento di unione;
- Regola di divergenza: date tre attività A, B e C, ovvero ij, jm e jk, entrambe le attività susseguenti B e C non possono iniziare se non è terminata l'attività precedente A. l'evento j è chiamato evento di separazione.

È raccomandabile introdurre ulteriori convenzioni, le quali hanno come obiettivo quello di favorire la stesura del reticolo facilitandone la comprensione. In primis è essenziale al fine di delineare la logica del reticolo, inserire delle attività fittizie le quali definiscono solo un ordine di precedenza tra gli eventi, cioè una dipendenza logica tra le attività. Per questo motivo l'attività fittizia viene anche nominata vincolo e la sua durata è nulla. Per questa ragione l'attività fittizia è anche chiamata "vincolo" e la sua durata è nulla. Le attività fittizie sono indicate attraverso una freccia tratteggiata il cui unico scopo è quello di vincolare la successione logica tra due eventi. Per ogni reticolo è necessario stabilisce il cammino critico, la strada più "lunga", ossia quella con una durata maggiore, che porta dall'evento iniziale direttamente a quello finale.

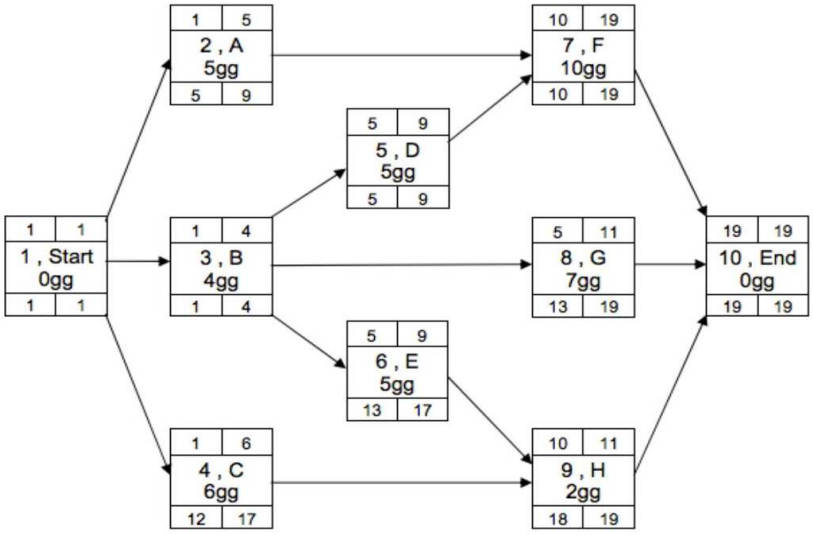


Figura 19 – Esempio di reticolo CPM

4.5.3 - Programme Evaluation and Review Technique (PERT)

Il modello PERT è un digrafo finito e aciclico nel quale le frecce sono la rappresentazione delle attività e i nodi rappresentano degli eventi. Una variabile positiva, calcolata secondo metodi probabilistici, che stabilisce la durata dell'attività, viene collegata a ciascuna attività. Ogni attività è situata tra due eventi e fissa un verso di percorrenza. Esistono due eventi particolari che sono l'evento iniziale e l'evento finale: nessuna attività termina nell'evento iniziale, che di conseguenza non ha predecessori, e nessuna attività parte dall'evento finale, la quale logicamente non ha successori. Si definisce cammino critico il percorso di maggiore durata che collega l'evento iniziale con quello finale.

Il PERT è un mezzo utile per valutare la possibilità di raggiungere specifici obiettivi nel rispetto di certe date prefissate. Quando l'insicurezza è elevata i tempi ricoprono un funzione fondamentale, perciò è necessario uno strumento che favorisca una stima dei tempi e una valutazione delle insicurezze nelle durate delle attività. Per poter fare tutto questo occorre effettuare delle considerazioni di tipo probabilistico.

Una volta stabilita la logica alla base del reticolo, ossia quando vengono decretati i rapporti di fine-inizio delle diverse attività, il PERT si focalizza sugli eventi e in particolare sulle date di ultimazione delle attività.
Il modello PERT è rappresentato mediante un reticolo e da un algoritmo di calcolo. Il reticolo utilizzato è di tipo deterministico con legame tra le attività di tipo Fine-Inizio e struttura con le attività rappresentate dalle frecce o dai nodi; l'algoritmo di calcolo è di tipo probabilistico sia per la stima della durata che per definire le probabilità relative alla realizzazione degli eventi.
I benefici che ne derivano sono legati alla facilità di impiego di tale strumento, che risulta comodo da utilizzare poiché fornisce anche tutte le informazioni sul cammino critico. Gli svantaggi sono per lo più inerenti alle applicazioni pratiche, dato che è uno strumento di analisi del rischio in funzione dello sviluppo nel tempo del progetto.

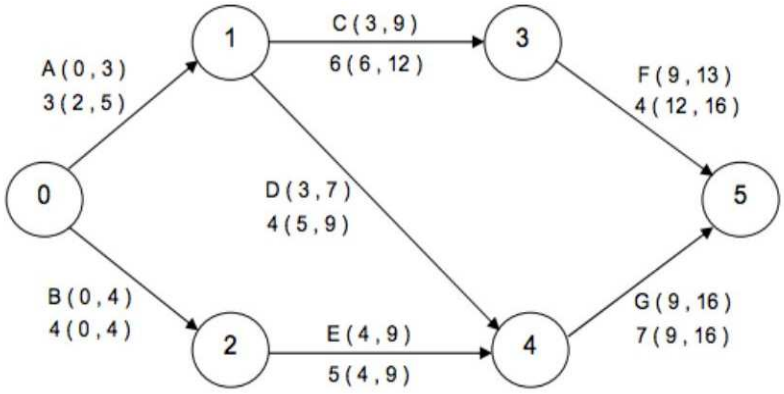


Figura 20 – Esempio di reticolo PERT

Le metodologie reticolari, come il PERT, compensano i limiti che caratterizzano i diagrammi a barre di Gantt; poiché sono fondati su un modello logico-matematico del progetto, che prende il nome di reticolo (network), in cui le attività da realizzare risultano profondamente interconnesse tra di loro.
Il reticolo riproduce fedelmente, mediante l'uso di una sequenza logica, la programmazione delle attività di progetto e le corrispondenti dipendenze, chiamate "legami". Attraverso la WBS vengono specificate tutte le attività specificando le loro date di inizio e fine, ottenendo così anche le relative durate, e i vincoli logici di successione e interdipendenza (legami).

4.5.4 - Metra Potential Method (MPM)

Come descritto precedentemente, siccome attraverso un sistema reticolare, come ad esempio il PERT o il CPM si è in grado di visualizzare più correttamente i collegamenti tra le diverse attività, permettendo anche di valutare più facilmente i percorsi critici, mentre tramite il diagramma di Gantt è possibile ottenere una visione più chiara sull'andamento del progetto, e inoltre mediante le opportune aggiunte consente di valutare in maniera migliore il budget e le risorse, quindi di conseguenza tutto ciò che è inerente ai costi; allora la rappresentazione grafica Gantt se viene unita ai collegamenti di varia natura tra le attività costituenti la programmazione si ha la possibilità di ottenere una schedulazione estremamente facile da leggere e da tenere sotto controllo, questo sistema si concretizza in un MPM, il quale favorisce una miglior gestione anche dal punto di vista dei tempi oltre che da quello dei costi. Inoltre, consente di valutare con maggior semplicità pure i percorsi critici e il budget delle risorse.

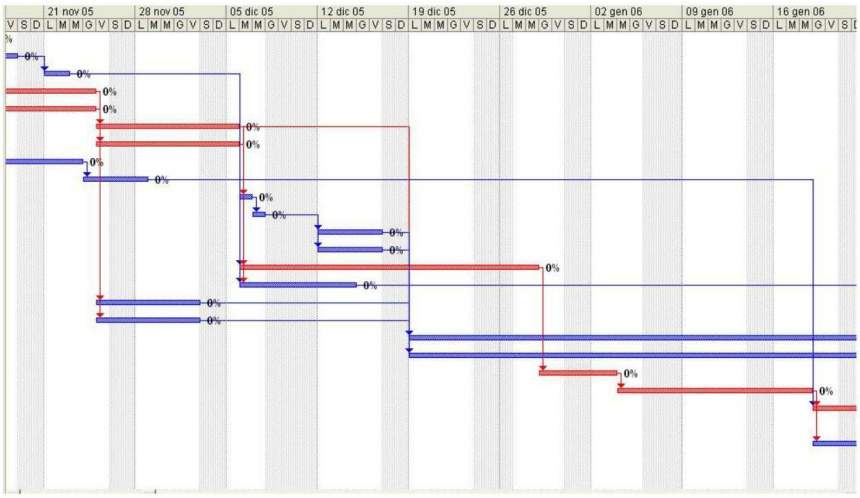


Figura 21 – Esempio di MPM

4.6 – Pianificare e programmare tramite BIM

Mediante l'espressione "pianificazione" si prende in considerazione un'analisi particolareggiata del progetto, nella quale si individuano le attività basilari, indispensabili per realizzare un'opera e per una corretta individuazione dei vincoli di precedenza o successione.
Gli scopi della pianificazione dei lavori possono essere quindi sintetizzati in:

- Suddivisione in pacchetti di lavoro
- Definizione dei centri di controllo
- Stime e definizione del budget e delle risorse

Uno degli strumenti più utili per svolgere questo passaggio del processo decisionale è la WBS (*Work Breakdown Structure*), che come è stato definito già in precedenza, rappresenta una scomposizione gerarchica delle attività strutturata ad albero. Un elemento determinante nella stesura della WBS è un'adeguata codifica di ogni singola attività, in modo da favorire un controllo e un'individuazione univoca dell'attività considerata. Occorre fare grande attenzione durante la sua preparazione, poiché anche un singolo errore può pregiudicare il buon esito del progetto, visto che la programmazione delle attività successive si basa completamente su di essa.
La WBS corrisponde ad uno strumento che oltre a consentire una scomposizione logica delle attività, permette anche di conteggiare il materiale e l'elemento occorrenti per poter eseguire un singolo strato del sistema assemblato complesso. Questa tipologia di dati risulta assai importante, se non indispensabile, nella nello sviluppo di un progetto, poiché senza avere informazioni simili non si potrebbero programmare i tempi e le risorse, con gli inerenti costi, per ciascuna lavorazione. La potenzialità della metodologia BIM durante la fase progettuale consiste proprio nel procurare ai progettisti tutte le di cui necessitano, sfruttando un database adeguatamente preparato, in modo tale da diminuire sensibilmente le possibilità di errore.
I riferimenti per la creazione di un sistema assemblato complesso sono per forza di cose discontinui, dato che, generalmente, viene realizzato da differenti soggetti, spesso subappaltati dalle imprese di costruzione, i quali operano, secondo vincoli temporali di natura fisica o fittizia, in una sequenza totalmente frammentata.

I vincoli temporali di natura fisica sono semplici da individuare e non è possibile eluderli in alcun modo. Ad esempio, l'intonaco di una tramezzo interno andrà necessariamente steso soltanto in una fase successiva alla posa dei forati (vincolo di successione fisica interno al sistema), all'individuazione delle tracce e alla seguente posa in opera degli impianti (vincolo di successione fisica esterno al sistema). Per quanto concerne invece i vincoli fittizi, è utile sapere che sono fondati su una modalità organizzativa che cambia da impresa a impresa.

Tutti gli equivoci e le indecisioni vengono ridotte in maniera sostanziale con l'impiego del BIM. Infatti, sviluppando un progetto tramite oggetti BIM, facendo si che essi contengano ogni informazione necessaria, sarà possibile realizzare un diagramma MPM, che abbinato all'adozione di un software *BIM oriented*, offrirà a tutti i membri del team di progettazione e anche agli *stakeholder* una prospettiva precisa dell'andamento di certi valori già dalla fase preliminare. Di conseguenza sarà possibile ottimizzare i processi alla base della fase decisionale, eliminando ogni insicurezza e diminuendo anche il rischio di dover far ricorso a riserve.

4.7 – Aggiornare il Progetto

Un costante aggiornamento del progetto consente di controllare se esso risulta in linea con il piano iniziale man mano che le attività vengono svolte. Il Project Manager deve concentrarsi sull'amministrazione delle "*Change Requests*", ovvero è tenuto a controllare le domande inerenti alle variazioni, nel momento in cui uno *stakeholder* ne esprime l'esigenza o quando si ha a che fare con nuove situazioni, le quali richiederanno una modifica delle durate, date, dipendenze, assegnazione risorse di alcune attività.
Le variazioni apportate condizioneranno anche il grafico di tempi e costi; su cui sarà necessario intervenire in maniera tempestiva così da osservare la differenza tra quanto si sta effettivamente verificando e ciò che è previsto delle variabili del grafico. Per tali motivi occorre quindi individuare diversi parametri, tra cui:

- ACWP (*Actual Cost of Work Performed*) costo effettivamente sostenuto alla data corrente;
- BCWP (*Budgeted Cost of Work Performed*) rappresenta il valore del progetto alla data corrente;
- EAC (*Estimated at Completion*) BAC rivisto allo stato corrente del progetto;
  EAC=ACWP+ETC
- ETC (*Estimate to Complete*) Valore stimato per la realizzazione delle rimanenti attività necessarie al completamento del progetto;
- CV (*Cost Variance*) Indica se il valore del costo realmente maturato è maggiore, uguale o minore rispetto al costo effettivo. È un indicatore di produttività o efficienza soprattutto nei confronti del Management dell'azienda. Se CV > 0 significa che il progetto produce con maggior efficienza (minor costo) rispetto a quanto pianificato, viceversa se negativo;
  CV = BCWP – ACWP
- SV (*Schedule Variance*) Indica se si è in linea, in anticipo o in ritardo rispetto alla schedulazione delle attività di progetto pianificate nella baseline. È un indicatore di efficacia soprattutto nei confronti del Cliente. Se SV > 0 significa che il progetto sta producendo (ossia rilasciando deliverable) con maggior velocità a quanto pianificato, viceversa se negativo;
  SV = BCWP – BCWS
- BV (*Budget Variance*) Indica se alla data corrente si è speso di più o di meno rispetto a quanto previsto a budget alla data corrente. È un indicatore che ha un valore unicamente contabile e finanziario. Se BV > 0 significa che il progetto sta spendendo il proprio budget con minor velocità di quanto pianificato, viceversa se negativo. Il fatto di spendere più velocemente il budget non ha nulla a che fare con il risparmio che se ne può avere, rappresentato invece da CV.
  BV = BCWS – ACWP

La Baseline di progetto può essere sfruttata per valutare di quanto le prestazioni si dissociano dal piano. La valutazione delle performance risulta tanto più utile quanto più la Baseline viene realizzata in maniera scrupolosa. Tale grafico consiste in un'indicazione a titolo generale, inerente, tempi, costi e la pianificazione originali. Dovrà essere interamente specificata e controllata prima dell'inizio delle attività di realizzazione e di verifica del progetto. Dopo che è stata avviata l'esecuzione del progetto, la Baseline viene posta sotto il controllo delle variazioni in modo da contribuire a studiare l'impatto sul progetto di ipotetici nuovi scenari, dettati da richieste di variazioni.

Se una approvazione viene accolta, la nuova baseline dovrà essere aggiornata, indicando non più soltanto il piano originale ma anche la variazione appena accettata. Una ripetuta serie di domande di variazione ai requisiti progettuali denota la mancanza di una corretta analisi dei requisiti iniziali o anche la carenza di un'efficace comunicazione tra tecnici o con i clienti durante la fase di avvio del progettazione.

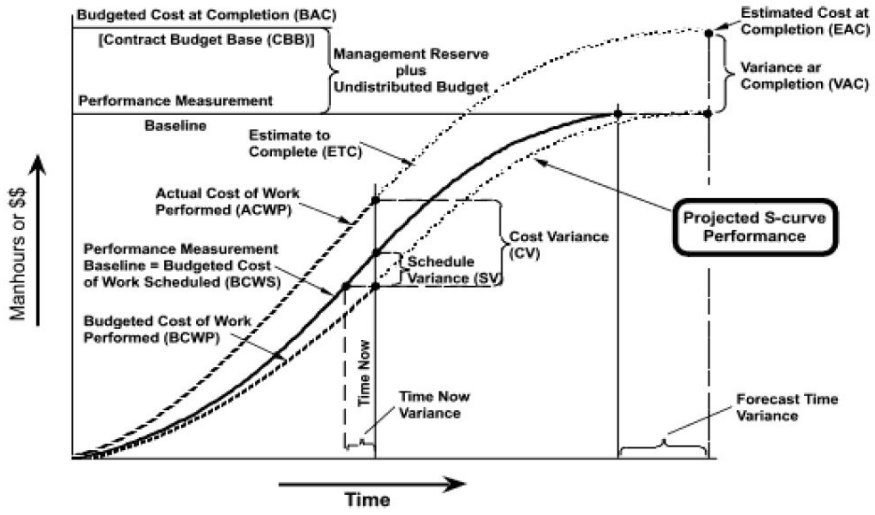


Figura 22 – Esempio di Baseline

4.8 – Reporting e Lesson Learning

Il report, ovvero il documento di chiusura, deve comprendere due tipologie di informazioni differenti:

- Un'istanza formale di chiusura arricchita da valutazioni e analisi sugli esiti;
- Una relazione di progetto con l'adeguata documentazione di supporto.

Il *Final Report* è dunque il documento che ufficializza a tutti gli effetti la conclusione del progetto. Viene preparato dal Project Manager e deve essere mostrato al management o al cliente affinché possa essere approvato. Da questo punto di vista il Project Manager dovrebbe richiedere la partecipazione del team di progetto, del cliente, dei fruitori finali ed in generale di tutti gli *stakeholders* in modo da cogliere la loro idea sui risultati del progetto. Può facilitare questo incarico usufruendo di un'analisi precedente della *customer satisfaction*, utile per valutare il grado di soddisfazione dei diversi soggetti in relazione al proprio ambito.
La relazione di progetto deve completare tali valutazioni indicando anche:

- l'organizzazione adottata e le *skills* richieste/create;
- i criteri di schedulazione (punti di forza/debolezza);
- i criteri adottati per la gestione dei rischi;
- le procedure adottate per la gestione delle modifiche e della qualità;
- le modalità di comunicazione e di gestione degli incontri di lavoro e di controllo dell'avanzamento;
- le tecniche adottate per la verifica dei requisiti;
- i fattori critici di successo e le particolari strategie adottate;
- i dati finanziari (pianificati ed effettivamente conseguiti);
- le lezioni apprese;
- le raccomandazioni per progetti futuri.

Alla conclusione di ogni progetto sarebbe consigliabile praticare un workshop in modo da poter spartire con tutto il resto dell'organizzazione gli aspetti che si sono rivelati maggiormente positivi e anche tutto ciò che è stato compiuto per risolvere le eventuali criticità osservate nelle varie fasi di progetto, ovvero la cosiddetta "*lesson learned*".

5 – BIM 4D

Per committenti, progettisti ed imprese risulterebbe veramente utile poter visualizzare il cantiere già nel corso della fase di progettazione, mediante un modello il più realistico possibile, che sia in grado di mostrare come questo si svilupperà nel tempo. A tal proposito, sono piuttosto frequenti i casi in cui in cantiere si generano problemi di interferenze, di sovrapposizioni, di ritardi negli approvvigionamenti di materiali o risorse, che di conseguenza si trasformano in dei fermi di cantiere, comportando uno slittamento dei tempi o addirittura nella necessità di richiedere varianti di progetto.
Tramite un accurata organizzazione delle attività è possibile riuscire a prevedere e anticipare questi eventi già dalla fase di progettazione, in questo modo sarebbe possibile ridurre in maniera concreta tempi e costi di progetto, ottimizzando l'efficienza in cantiere, aumentando anche il grado di sicurezza e migliorando al tempo stesso sia la qualità di realizzazione della futura opera sia quella di gestione dell'immobile, con un controllo continuo, in un'ottica manutentiva, di tutti gli elementi che nel tempo dovranno essere controllati. Per questi motivi è assolutamente indispensabile riuscire a gestire la dimensione tempo (4D) attraverso cui si sviluppa la realizzazione di un progetto. Se l'avvento della tecnologia BIM ha comportato notevoli vantaggi ai metodi tradizionali usati per la gestione del progetto, con il BIM 4D questi vantaggi si amplificano. La modellazione BIM 4D, infatti, integra nel modello 3D il programma di costruzione, permettendo così di analizzare e di tenere sotto controllo i tempi di costruzione; favorendo inoltre il coordinamento, da parte dei progettisti, di tutti i diversi soggetti e la programmazione delle attività legate al processo di costruzione.

Tra tutte le dimensioni da cui è composto il Building Information Modeling, la quarta per ora sembra essere una tra le meno esplorate e conosciute da parte degli operatori, almeno nell'ambito nazionale. Tuttavia, proprio l'opportunità di avere a che fare con ambienti digitali 4D favorirebbe la possibilità di organizzare processi costruttivi in grado di ridurre al minimo lo spreco di materiali, di tempi e di sforzi con l'obiettivo di generare il massimo valore economico possibile nel soddisfacimento delle esigenze del committente. Un efficiente dialogo tra gli *stakeholder* coinvolti nel progetto ed un corretto trasferimento delle informazioni tra loro, incrementerebbe la qualità della realizzazione anche in termini di utile per l'impresa di costruzioni. In sostanza, il 4D Modeling può rivelarsi un contributo decisivo alle attività di Risk Management aziendale.
Il progettista e i tecnici d'impresa possno usufruire anche dei maggiori livelli di controllo associati al 4D, sommando l'esperienza e le capacità individuali con le potenzialità tipiche della *Information Communication Technology* per quanto riguarda la condivisione delle informazioni, la loro disponibilità in modalità *mobile* o anche in merito alle possibilità derivanti dall'utilizzo della *realtà aumentata*.

In un ambiente 4D le risorse 3D come ad esempio: risorse umane, materiali, attrezzature e spazi; vengono associate alle attività programmate favorendo un controllo più pratico delle sequenze costruttive, della gestione di ipotetiche variazioni ed un confronto tra le diverse prospettive più semplice. In questo modo è possibile ottenere un processo costruttivo più proficuo, maggiormente affidabile e sicuro, capace di evitare sprechi di tempo e di denaro. Quindi è possibile generare un sistema di ausilio per le scelte basato su informazioni affidabili già dalla fase di pianificazione e aggiornabili anche durante la costruzione. Lavorando in 4D la pianificazione delle attività può essere gestita tramite il modello e viceversa; la possibilità di disporre su processi di verifica basati anche sulla visualizzazione degli elementi tridimensionali migliora in maniera significativa gli standard relativi agli ambiti temporali ed economici della realizzazione di un'opera.

La *Penn State University* definisce il 4D Modeling nel *Phase Planning*, rappresentandolo come "un processo nel quale un modello 4D (modello 3D con l'aggiunta della dimensione del tempo) è utilizzato per pianificare efficientemente la realizzazione di un'opera". La modellazione 4D è uno strumento di grande potenza per la visualizzazione e la comunicazione con gli stakeholder di progetto, che favorisce anche una migliore consapevolezza degli obiettivi intermedi di progetto e dei piani di costruzione.

Tra le potenziali qualità del 4D Modeling possono essere individuate:

- Miglioramento della comprensione della programmazione per i soggetti coinvolti nel progetto e per il committente individuando il percorso critico;
- Sfasatura dinamica dell'uso delle risorse offrendo diverse soluzioni per i conflitti spaziali;
- Integrazione della pianificazione delle risorse umane, delle attrezzature e delle risorse materiali con la modellazione BIM permettendo una stima più precisa dei costi del progetto;
- Identificazione e risoluzione dei conflitti spaziali all'inizio del processo di costruzione;
- Utilizzazione dei contenuti per scopi di comunicazione e marketing
- Migliore schedulazione del lavoro, della sequenzialità delle fasi ed eventuali problemi di sfasatura;
- Semplificazione della verifica di costruibilità, utilizzabilità e manutenibilità dell'opera;
- Monitoraggio dell'approvvigionamento dei materiali di progetto;
- Aumento della produttività e diminuzione dei rifiuti nel luogo di lavoro;
- Capacità di esprimere la complessità spaziale del progetto, le informazioni sulla pianificazione e supportare ulteriori analisi.

Lo studio della *Penn State University* indica inoltre anche le tipologie di software richiesti per il 4D:

- Software di modellazione 3D;
- Software di programmazione;
- Software di modellazione 4D;

Quindi anche quando si tratta del 4D, la scelta di metodi e strumenti digitali orientati ad oggetti da parte di team di esperti, appare come un presupposto di cruciale importanza per poter giustificare un investimento, che dal punto di vista di strumenti, formazione ed organizzazione potrebbe anche essere significativo.

5.1 – Software per la modellazione 4D

Il mercato presenta vari strumenti software validi per il project management e la scelta di certe piattaforme rispetto ad altre è logicamente l'effetto di numerosi fattori, come ad esempio il prezzo o le licenze disponibili ma dipende soprattutto dall'interoperabilità, che è un concetto di indispensabile importanza in tale ambito. L'interoperabilità è una tematica chiave dell'intero sistema BIM. Con questo termine si indica la capacità del software impiegato di interfacciarsi con differenti piattaforme in varie forme. Lo spostamento di dati da un sistema ad un altro è alla base della formazione di una rete di collaborazione, così come uno stesso linguaggio favorisce la comunicazione tra due persone, è facile, quindi, comprendere che maggiori sono i linguaggi conosciuti, migliore sarà il livello di interoperabilità. Alcuni dei software più impiegati al giorno d'oggi, in virtù della loro versatilità ed interoperabilità sono: Microsoft Project, Autodesk Revit e Autodesk Naviswork.

5.1.1 – Microsoft Project

Microsoft Project (o MSP) è un software di pianificazione sviluppato da Microsoft, impiegato soprattutto nel project management al fine della realizzazione del programma lavori. Rappresenta un mezzo professionale per la gestione della pianificazione e schedulazione dei progetti, ricopre un ruolo molto importante nell'assistere i Project Manager durante la pianificazione, l'assegnazione delle risorse, la verifica del rispetto dei tempi, la gestione dei budget e l'analisi dei carichi di lavoro. Rappresenta un vero standard del settore, trovando ampio utilizzo anche nella pianificazione di progetti appartenenti ad altri settori industriali.
I vari soggetti coinvolti nel team di progetto necessitano di comprendere appieno il piano di progetto e tramite uno strumento come Microsoft Project è possibile produrre gran parte della documentazione di progetto presente nel piano di project management. D'altro canto, non esaminare i contenuti di tale piano può generare effetti piuttosto gravi per il progetto, specialmente nel lungo periodo, e non riservare un tempo adeguato alla pianificazione rappresenta una delle principali ragioni di fallimento per un progetto.

Per poter usare al meglio Microsoft Project è richiesta una discreta padronanza dei fondamenti della disciplina di project management. La pagina principale di Project è caratterizzata principalmente dalla visualizzazione del Gantt relativo al progetto, con un'impostazione del tutto simile a quello di un classico foglio excel. Da sinistra a destra sono presenti tutte le colonne che riguardano i *task* che devono essere dedotti dalla WBS di progetto, la loro durata, le date di inizio e fine, e le risorse assegnate per ogni *task*. Infine, l'ultima parte a destra è costituita dalla rappresentazione grafica del Gantt.

La prima colonna a sinistra identifica ogni attività in maniera univoca, tramite dei numeri di riga. Vicino ad essa vi è il campo Indicatore, adoperato per visualizzare le informazioni relative ad un particolare compito. La colonna "nome attività" riporta la descrizione di ogni attività; ciascuna di queste deve essere sufficientemente dettagliata in maniera tale da intuire chiaramente quali sono i *deliverables* associati. È possibile notare che le attività sono organizzate con senso logico in attività di riepilogo e sotto-attività. Le attività di riepilogo vengono sfruttate per regolare gruppi di attività. Usufruendo della visualizzazione del Gantt si noterà che le attività di riepilogo vengono rappresentate come linee nere che illustrano l'inizio e la fine di tutte le sotto-attività, mostrando quindi la durata complessiva delle sotto-attività. Nella colonna "durata" ogni durata può essere inserita in mesi, settimane, giorni, ore o addirittura in minuti. Durante l'inserimento il software utilizza una durata predefinita di un giorno che poi andrà modificata manualmente con quella effettiva. Infine, la colonna "Risorse" deve essere usata per inserire le persone, i team e i mezzi strumentali utilizzati per completare il lavoro. Ovviamente possono essere assegnate diverse risorse ad ogni attività ed alcune di esse possono essere utilizzate anche solo part-time. Il Project Manager collegherà a ciascuna risorsa la percentuale di tempo dedicata all'attività in questione.

L'interfaccia risulta quindi essere molto user-friendly, favorendo una semplice programmazione delle attività. Essa può avvenire sia stabilendo manualmente le date o in maniera del tutto automatica attribuendo ad ogni *task* delle dipendenze. Così facendo, il progetto ed il Gantt ad esso collegato risultano un insieme dinamico. Agendo su una sola data, impostando gerarchia e dipendenze in una maniera adeguata, tutte le altre si aggiorneranno di conseguenza, in funzione della durata prestabilita e del calendario delle attività.

5.1.2 – Autodesk Revit

È un software BIM con funzionalità e competenze molto specifiche. Tali elementi lo rendono uno dei programmi più adatti sia per la modellazione 3D che per il disegno tecnico. Mediante Autodesk Revit è possibile creare documenti e progetti completi, coordinati e coerenti, basati su dei modelli. È possibile quindi un aggiornamento automatico delle piante del pavimento, delle sezioni e viste 3D e delle quote altimetriche. In altri termini, con tale software è possibile fruire di una visualizzazione completa dell'edificio, in ogni suo dettaglio, ancora prima della sua effettiva realizzazione. Dal momento che Revit è un programma molto complesso rivolto ai professionisti del settore, comprende un insieme di strumenti a loro dedicati, riguardanti la definizione dei particolari ingegneristici e di costruzione. Inoltre, trattandosi di un'applicazione piena di risorse, è possibile e salvare il lavoro effettuato sul progetto, da parte di più collaboratori dello stesso team, e condividerlo tra tutti i soggetti interessati. In altre parole, ci si trova di fronte a qualcosa di decisamente più avanzato che un semplice programma per la progettazione e la modellazione 3D.

In un'unica piattaforma BIM multidisciplinare, è possibile sviluppare e realizzare tutte quelle fasi che tipicamente precedono la costruzione, ma anche la gestione stessa dell'opera. La qualità essenziale del programma, che lo avvicina notevolmente alle necessità della clientela, è che tramite il suo impiego è possibile ottenere un modello particolarmente fedele alla realtà di quanto progettato, senza che vi possano essere errori, il tutto attraverso elementi 3D, assonometrici e prospettici.

5.1.3 – Autodesk Navisworks

Navisworks di Autodesk è un software in grado di gestisce il coordinamento, l'analisi e la pianificazione dei tempi e dei costi di costruzione, in ambiente BIM. I tecnici dei settori architettonici, ingegneristici e edili vengono aiutati a cooperare nella revisione di modelli e nell'integrazione di dati, così da ottenere un controllo più efficiente sui risultati dei progetti. Si tratta quindi di uno strumento molto valido per ottimizzare i costi, che possono incidere in maniera determinante sulla progettazione di un'infrastruttura o di un edificio.
Navisworks è in grado di raccogliere in un unico progetto dati e modelli BIM provenienti da tutte le applicazioni più diffuse, sia quelle di Autodesk, come per l'appunto Revit, ma anche quelle di altre software house come ad esempio: Civil 3D, Microstation, ArchiCAD, Rhino e Solidworks.
Questa sua versatilità consente all'utente di verificare in una sola applicazione i vari aspetti di un progetto complesso, che generalmente è costituito da contributi elaborati da diversi professionisti, anche mediante diversi software. Inoltre, il fatto che il modello sia nativamente 3D, consente di realizzare rendering sfruttando la CPU locale, o in alternativa, attraverso un servizio dedicato sul Cloud. Oltre alle funzionalità di pianificazione 4D, quantificazione, calcolo dei costi, animazione e visualizzazione, che consentono agli utenti di dimostrare l'intento progettuale e di eseguire una simulazione della costruzione, migliorandone la visione d'insieme e la prevedibilità; Navisworks permette di verificare la cosiddetta clash detection, ovvero un controllo accurato delle interferenze, che rappresenta un passaggio fondamentale per individuare i problemi e risolverli quando ancora si è nella fase di progettazione. Se un Project Manager può identificare l'area di lavoro caratterizzata da conflitti utilizzando il sistema appena descritto, le attività sovrapposte possono essere ripianificate per ridurre al minimo le interferenze. In questa maniera, si evitano le perdite di tempo ed i costi aggiuntivi che invece andrebbero risolti, in caso di rilevazione delle criticità, a cantiere aperto.

5.2 – Project Management nel BIM 4D

Dopo aver preso coscienza del progetto nella sua interezza è necessario affrontare la fase di pianificazione, come per svariate pratiche lavorative al giorno d'oggi, è possibile supportare, organizzare la gestione di risorse, lavoro e mano d'opera, adottando degli opportuni software. Nella gestione di una commessa l'introduzione della metodologia BIM non si può trascurare la pianificazione e la gestione dei costi e dei tempi, soltanto così sarà possibile ottimizzare questo processo integrato. In tale ambito il BIM si interseca col Project Management ed entrambe le metodologie vengono applicate e interpretate assieme attraverso tutte le fasi di progetto. Quindi è importante cercare di studiare e capire come e dove il Project Management e il Building Information Modeling si incontrano, aiutandosi e creando un punto centrale di innovazione nell'ambito delle costruzioni, partendo dall'individuazione delle figure professionali che operano durante la loro applicazione. Secondo la normativa UNI 11337, come definito in precedenza, le figure professionali rivolte alla gestione digitale dei processi informativi nelle costruzioni sono tre e si dividono in due tipi: le prime due agiscono a livello gestionale, l'ultima a livello operativo. Nel lato gestionale vengono individuati il gestore delle informazioni (BIM Manager) e il coordinatore delle informazioni, (BIM Coordinator); nel lato operativa invece si definisce il modellatore delle informazioni per i modelli grafici, ovvero il BIM Specialist. Il gestore delle informazioni si occupa della redazione del capitolato informativo ed è la figura di riferimento per il coordinatore, viene consultato dal gestore di commessa, ovvero dal Project Manager, per la rendicontazione degli stadi di progettazione. Il coordinatore delle informazioni, la seconda figura gestionale, valuta la corretta applicazione delle regole generali decretate dal gestore e individua possibili specifiche informative della commessa. Compie tutte le procedure di coordinamento ricevendone i risultati, interviene in tutte le assemblee di coordinamento che interessano i modelli stessi, dirige le attività dei modellatori, collaborando attivamente con il Project Manager. Infine, si ha il modellatore dell'informazione per i modelli grafici (BIM Specialist o BIM Modeler), una figura operativa che si occupa dell'elaborazione dell'aggiornamento degli oggetti e dei modelli oltre all'estrazione dei dati dagli stessi. Opera in a stretto contatto con il coordinatore, a cui riferisce ogni fatto significativo per quanto concerne il processo informativo.

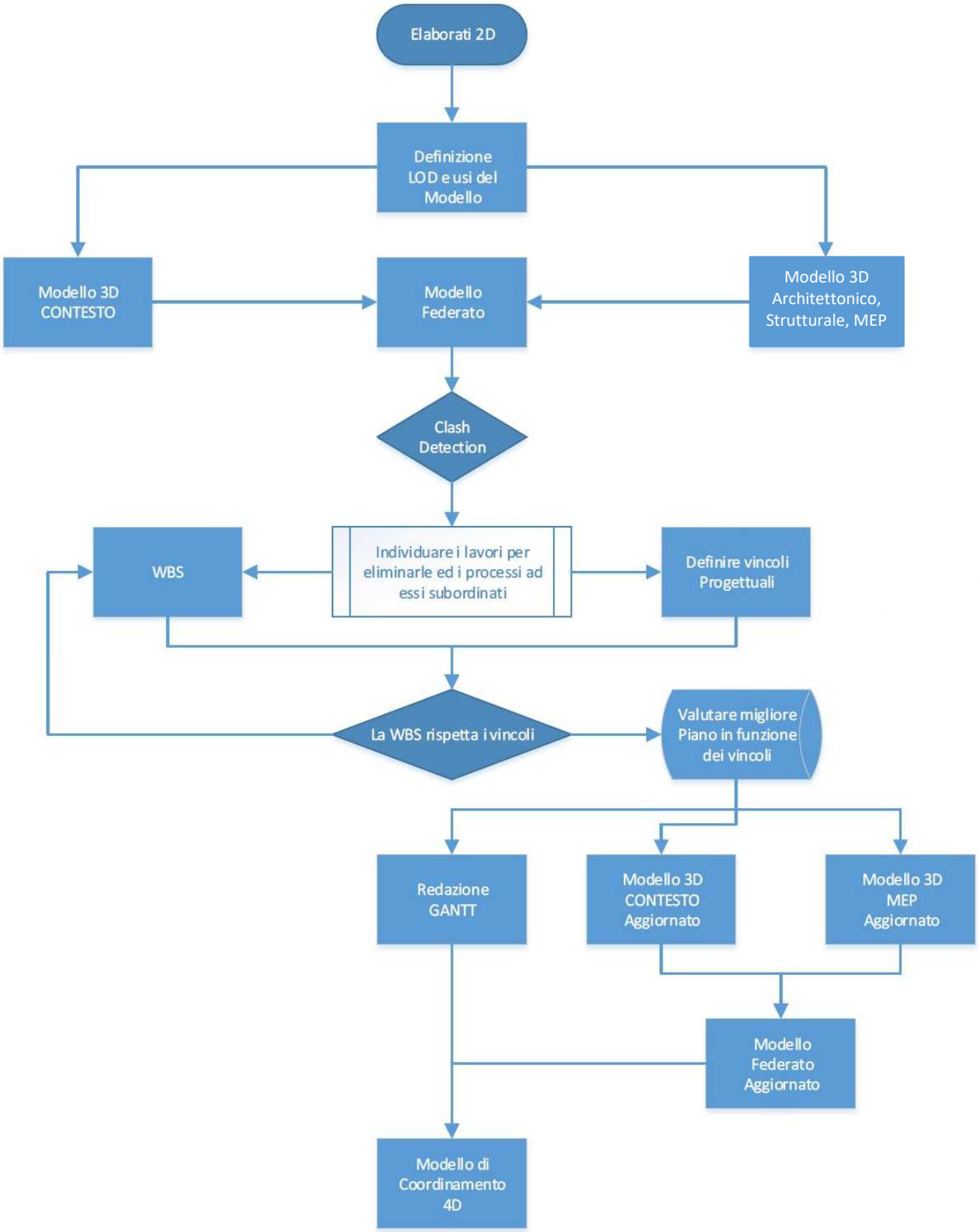


Figura 23 – Workflow per la creazione di un modello BIM 4D

Il Workflow in figura rappresenta una procedura standard e delineata, che un Project Manager deve seguire per la realizzazione di un modello BIM 4D; in accordo con quanto descritto nei precedenti capitoli in relazione ai flussi di informazione nel metodo BIM, ma soprattutto con quanto indicato dalla normativa UNI 11337.

Attualmente una progettazione di questo genere va soltanto ad integrarsi a quella bidimensionale senza sostituirla interamente, infatti per realizzare di un determinato modello 3D ancora al giorno d'oggi è necessario passare prima dall'elaborazione di opportune tavole 2D. Perciò il primo passaggio vero e proprio riguarda la redazione degli elaborati 2D, i quali verranno usati in seguito come riferimenti per la fase di modellazione. A questo punto è opportuno importare i file CAD su Revit per poter generare successivamente il modello del Contesto e tutti i modelli relativi a ciascun aspetto dell'opera.
Nel processo di progettazione di un intervento edilizio, indipendentemente dalla sua tipologia, si ha l'esigenza di introdurre all'interno del modello quante più informazioni possibili, riguardanti non solo lo spazio interessato ma anche e soprattutto l'opera stessa. Tuttavia, il livello di dettaglio impiegato nella modellazione deve attenersi a precise regole, in base al tipo di intervento e alla scala di rappresentazione.

5.2.1 – Modello 3D Contesto

Tramite gli strumenti presenti nella scheda "Volumetria e Planimetria" di Autodesk Revit, si è in grado di riportare, nello spazio di modellazione digitale, nella maniera più fedele possibile il contesto generale nel rispetto dei criteri dei LOD fissati dalla normativa vigente.

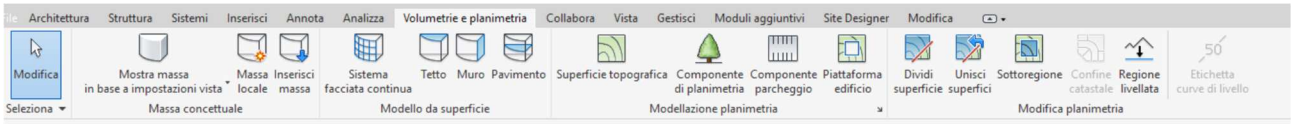


Figura 24 – Scheda "Volumetria e Planimetria" di Autodesk Revit

Una delle questioni principali per una corretta progettazione sta nella valutazione dell'inserimento del progetto nel contesto esistente. La prima cosa da fare è, quindi, creare una superfice topografica di un'estensione tale che possa permettere di rappresentare tutti gli elementi a cui è necessario far riferimento e soprattutto che possa essere una buona rappresentazione della natura in essere del sito considerato.

La principale difficoltà consiste nel reperire e gestire correttamente i dati territoriali. Generalmente, si tratta di dati GIS come i modelli digitali di elevazione, le ortofoto e le carte tecniche, fondamentali per ricostruire il contesto; ovvero i cosiddetti Dati Geografici Open (o OpenGeoData). Ma non sempre i progettisti sono dotati di conoscenze GIS, e non sempre gli OpenGeoData sono disponibili per lo scenario in cui si opera. Per risolvere tale questione ci si può avvalere di un innovativo software, chiamato Autodesk InfraWorks 360, che oltre a favorire una facile rappresentazione del contesto sfruttando dei dati territoriali offre anche un pratico servizio Cloud, chiamato Model Builder, grazie al quale è possibile scegliere un punto qualsiasi del mondo, individuando l'area interessata (fino a 200 Kmq) per poi scaricarne un modello territoriale 3D, pronto all'uso.

La corretta realizzazione di tale modello 3D è un passaggio di assoluta importanza che deve essere fatto con estrema precisione, in modo tale da rappresentare fedelmente il contesto reale dell'opera, perché soltanto in questo modo viene facilitato l'inserimento coerente degli altri modelli nel contesto "virtuale".

5.2.2 – Modello 3D Architettonico

Come già definito precedentemente, il modello di concept e tutte le informazioni raccolte per il progetto, nello stesso stadio, vengono impiegati consentendo l'elaborazione di un modello centrale per il progetto. Durante il processo di realizzazione di un progetto BIM, in particolare, il modello architettonico tridimensionale viene considerato solitamente come il migliore punto di partenza, sulla base del quale poi, opereranno tutti gli altri soggetti implicati nel progetto stesso per la modellazione delle altre discipline, in quanto rappresenta concretamente la prima rappresentazione effettiva del pensiero del progettista.
Nella fase di creazione dei contenuti BIM, ovvero durante lo stadio di progetto sviluppato, tale modello si comporta quindi come un effettivo riferimento nella produzione di contenuti progettuali per i modelli relativi alle singole discipline da parte dei consulenti progettuali e ingegneristici con i quali viene condiviso.

La possibilità di disporre di un modello digitale dell'opera in una fase così prematura, comprendente tutte le informazioni di massima fin qui stabilite, offre numerosi benefici piuttosto evidenti già da subito, inoltre, con il progredire del progetto, il modello conterrà ulteriori dati, via via più dettagliati, relativi alle diverse scelte tecnologiche intraprese. Questa è la logica solitamente adoperata dai software di authoring architettonici, che permettono così di beneficiare di una raffigurazione del progetto costantemente aggiornata e soprattutto facilmente condivisibile con tutti gli altri professionisti delle varie discipline coinvolte (strutture, impianti, ecc.) che, una volta apportate aggiunte ed eventuali modifiche, grazie all'interoperabilità assicurata tramite lo standard IFC possono ritrasmettere il modello integrato al medesimo software di authoring.
Il modello BIM architettonico permette di lavorare in più ambiti, coordinando diversi aspetti del progetto, tutto ciò è possibile soltanto perché il modello architettonico comprende diverse tipologie di dati, che possono essere comodamente estratti attraverso un report o insieme alle informazioni geometriche per poi venire sfruttati da altri software BIM. Valutando nello specifico la logica su cui si basano i software di authoring BIM, è possibile notare come questi favoriscano un pieno controllo, da parte del progettista, sul proprio operato, inclusi quantità, materiali, costi e altro aggiornati in tempo reale. Inoltre, consentono di avere una maggiore sicurezza sui risultati ed evitare problemi, in particolare nella fase esecutiva del progetto.

Il modello architettonico prende in esame i pieni (i materiali) e i vuoti (gli spazi), amministrando proprietà come superfici, texture, colori, illuminazione, oltre a tutti gli oggetti e i componenti introdotti nel modello, spesso ricavati da librerie esterne o già contenuti nel software stesso e personalizzabili dall'utente. Conseguentemente, ciò che si ottiene non è solo un modello tridimensionale ma un modello che include molte più proprietà e dati utili in tutte le fasi progettuali, da quella preliminare a quella di gestione.
L'introduzione, la coordinazione e il trasferimento di informazioni così complesse richiede la realizzazione di un modello tridimensionale, da cui sarà possibile ottenere, in seguito, sia tutte le viste di progetto richieste, sia gli elaborati utili nelle varie fasi della progettazione, da quelle preliminari sino alle viste esecutive.
Un'ulteriore peculiarità dei modelli architettonici realizzati mediante software di authoring BIM è rappresentata dalle informazioni parametriche in essi contenute; si tratta di dati che consentono di identificare elementi all'apparenza simili: come nel caso delle pareti, che possono distinguersi per forma, dimensione, spessori, materiali e così via, tutte caratteristiche che possono essere precisate e organizzate tramite il software BIM, oltre che scambiate anche con altri software con l'uso del formato IFC.

5.2.3 – Modello 3D Strutturale

La filosofia trasversale su cui si basa il Building Information Modeling, è incentrata sul concetto di interoperabilità e informa allo stesso modo tutti gli ambiti e le fasi di realizzazione e di gestione dell'opera; anche se nella maggior parte dei casi i produttori di software BIM hanno sempre preferito il settore architettonico, fornendo soluzioni sempre più elaborate, indirizzando di conseguenza l'adozione di tale metodologia quasi unicamente all'ambito della progettazione architettonica, il BIM può essere sfruttato ottenendo gli stessi risultati anche nel settore della progettazione strutturale.
Per un progettista strutturale, usare il BIM implica la possibilità di creare dei modelli virtuali che ottimizzano ed estendono la gestione dei dati, la qualità delle informazioni e diminuiscono il numero di errori, consentendo di usare un approccio collaborativo in modo da condividere le scelte tecniche e individuare più facilmente contraddizioni e sviste. Tutti i modelli e i relativi documenti (piani, sezioni, prospetti, abachi, ecc.) vengono generati in maniera autonoma e dettagliata in base al livello di dettaglio del modello, e possono essere ripetutamente generati in modo automatico, in una versione aggiornata, sulla base delle modifiche apportate al progetto. I modelli BIM strutturali possono essere usufruiti anche dal BIM Specialist per compiere simulazioni o attenti computi dei materiali, ad esempio generando automaticamente abachi degli elementi utilizzati in un modello, lasciando il progettista libero di focalizzarsi sul suo design.

Per di più, gran parte dei software di modellazione BIM hanno a disposizione un motore di rendering interno, tramite il quale è possibile realizzare immagini 3D o animazioni senza l'impiego di software esterni.
Il modello strutturale presenta come punto di partenza il modello architettonico e la sua esportazione in formato IFC. Generalmente i software permettono di filtrare gli oggetti esportati, evitando il trasferimento di dati inutili, come elementi di arredo o oggetti non rilevanti. Il file IFC così generato viene esaminato dal software per il calcolo strutturale e rivisto per quanto concerne il progetto strutturale. Ultimata la progettazione strutturale, è possibile esportare un altro file IFC e inserirlo nel modello architettonico.
Questa operazione, che sembra semplice a primo impatto, nasconde un insieme di criticità da esaminare a fondo in modo da poter sfruttare tutte le capacità del BIM. Analizzando con maggior accuratezza il passaggio architettonico- strutturale bisogna tener presente che ogni software conserva i dati secondo il suo formato, e quindi sono essenziali dei cosiddetti "traduttori" per il loro trasferimento tra i diversi database. Questa è un'operazione da non sottovalutare per via della complessità dei file IFC e della specifica definizione del formato IFC adottata dai diversi sviluppatori di software BIM. In particolare, i dati derivanti dal modello architettonico possono essere suddivisi in più categorie, tra cui ad esempio, quella relativa ai dati relativi ad oggetti non strutturali ma che vengono utilizzati come riferimenti anche per il progetto strutturale.
Un'altra serie di problematiche ha origine dalle particolarità del progetto architettonico rispetto al progetto strutturale; la rappresentazione del progetto architettonico deve garantire la verosimiglianza, i disegni, le prospettive, e i dettagli dovranno prevedere quanto sarà effettivamente realizzato. Il progetto strutturale deve essere in grado di soddisfare due necessità: la prima, analogamente al progetto architettonico, riguarda la produzione di elaborati che raffigurino gli elementi strutturali (solai, travi, pilastri, fondazioni in tavole d'insieme compresi in carpenterie, o come singoli elementi con i relativi dettagli), logicamente anche in questa circostanza deve essere rispettato il criterio di verosimiglianza. La seconda necessità riguarda gli aspetti tecnici di tale ambito, infatti è inerente all'analisi statica e sismica della struttura con le verifiche relative che dovranno risultare opportunamente soddisfatte, queste può essere valutate con un modello di calcolo agli elementi finiti con regole esclusive, diverse da quelle per il disegno degli elementi strutturali.

La Figura 25 riporta un workflow particolareggiato per l'analisi strutturale e la progettazione attinente a un progetto edilizio. Sfruttando il modello architettonico, l'ingegnere strutturale sviluppa un layout strutturale generale dell'edificio. Da qui parte la realizzazione di un modello strutturale preliminare, che verrà poi condiviso con l'architetto al fine di condurre un esercizio preliminare di coordinamento con il modello architettonico.

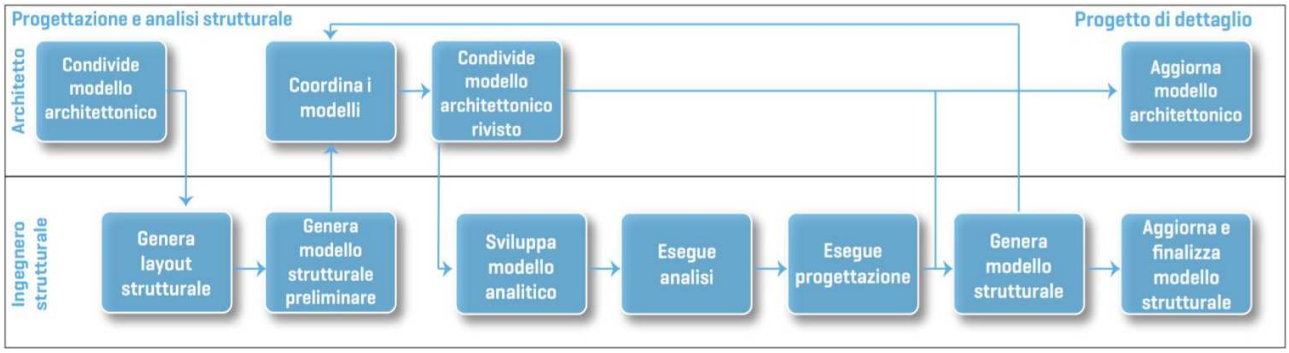


Figura 25 – Workflow per la progettazione e l'analisi strutturale basata sul modello architettonico

Una volta completato il coordinamento, l'ingegnere strutturale normalmente procede all'estrazione di un modello analitico (chiamato anche modello "stick") basandosi sul modello strutturale coordinato. Questo modello analitico viene impiegato per svolgere le analisi e la progettazione strutturale. In seguito, si passa allo sviluppo di un modello strutturale più corretto, coordinato anche con il modello architettonico. Questa fase di coordinamento porta allo sviluppo di un modello progettuale per la disciplina strutturale. Lo stesso percorso viene seguito per lo sviluppo progettuale delle altre discipline connesse al progetto.

5.2.4 – Modello 3D MEP

Questo stadio della modellazione viene solitamente diretto e concepito in un aggiuntivo modello Revit. I benefici garantiti dal BIM lo rendono in effetti una soluzione conveniente specialmente in ambiti espressamente complicati come, per esempio, nella progettazione strutturale, ma ancor più nella progettazione impiantistica, in cui i controlli preventivi e la successiva rimozione delle interferenze che possono verificarsi tra tutti gli elementi che costituiscono il modello risulta piuttosto utile. Per questo motivo è necessario creare il cosiddetto modello BIM MEP (acronimo di Mechanical, Electrical and Plumbing), finalizzato a definire dimensionamento, percorsi e specifiche tecniche di tutti gli impianti tecnologici che dovranno essere integrati nel modello architettonico e in quello strutturale.

L'impiego di opportune piattaforme software di BIM authoring consente, innanzitutto, a ciascun soggetto coinvolto nel processo, di sviluppare il suo modello di riferimento mediante gli appositi strumenti per la propria disciplina; e in un secondo momento anche di importalo, tramite lo standard IFC, all'interno del modello BIM federato in maniera tale da favorire una verifica istantanea delle sovrapposizioni dello stesso in funzione degli altri elementi architettonici e strutturali dell'opera.

Nello specifico, i software qualificati nella disciplina impiantistico, mettono a disposizione degli strumenti che non solo permettono un controllo del modello impiantistico per verificarne la correttezza e la presenza di potenziali interferenze tra i sistemi impiantistici presenti nel modello MEP, ma anche delle possibili collisioni fra queste ultime e gli elementi contenuti nei modelli architettonico e strutturale, tramite la funzionalità di *clash detection* che può essere eseguita sia durante la fase di modellazione che a modello ultimato.
Anche in tale disciplina la metodologia BIM permette di conservare tutti i benefici in termini di completezza e aggiornamento immediato dei dati geometrici, dimensionali e quantitativi già valutati in precedenza nelle altre discipline.

Anche il modello MEP, in altri termini, dovendosi integrare perfettamente con quello architettonico e quello strutturale, manterrà la stessa logica di aggiornamento e controllo in tempo reale in funzione dei progressi globali del progetto, con gli stessi benefici per quanto riguarda la qualità del processo progettuale, l'ottimizzazione di tempi e costi e controllo su tutte le fasi di realizzazione e gestione dell'opera.

Analogamente a quanto visto in precedenza, anche per il modello MEP è possibile definire un workflow, nel quale un architetto e un ingegnere impiantistico collaborano allo stesso progetto, che è del tutto simile a quello descritto per il modello strutturale. Anche in questo caso si usa come base il modello architettonico per lo sviluppo di un modello impiantistico preliminare, che verrà poi condiviso con l'architetto per la conduzione di una fase preliminare di coordinamento con il modello architettonico.
Terminato il coordinamento, l'ingegnere strutturale solitamente procede all'estrazione di tutte le informazioni utili a partire dal nuovo modello MEP coordinato. Queste informazioni vengono utilizzate per condurre l'analisi e la progettazione degli impianti. Successivamente si può passare allo sviluppo di un modello impiantistico più preciso, che in seguito a tutti questi passaggi risulta essere coordinato con il modello architettonico. Questa fase di coordinamento porta quindi allo sviluppo di un modello MEP progettuale. Al completamento di queste operazioni, si ottiene un modello BIM coordinato e comprensivo di informazioni di varia natura.

5.2.5 – Modello Federato

Condivisione di informazioni, collaborazione fra le discipline coinvolte nel progetto, scambio di dati e interoperabilità sono gli elementi cardine del BIM, che definiscono un metodo del tutto innovativo per il processo progettuale e per la creazione di specifici contenuti: uno fra i più importanti è il cosiddetto modello BIM Federato, che in poche parole può essere descritto come il modello digitale dell'opera che scaturisce

dall'unione e integrazione di più modelli, ognuno dei quali relativo a una specifica disciplina (ad esempio architettonico, strutturale e impiantistico) e prodotto dal professionista o gruppo di professionisti incaricato del suo sviluppo.
Solitamente, in passato, l'organizzazione del progetto era basata su disegni e altre informazioni in formato 2D in modalità cartacea. Fare riferimento al BIM ha comportato significativi miglioramenti nel processo, poiché grazie a certi strumenti software, tra cui anche il suddetto Autodesk Navisworks, è possibile usufruire di processo di coordinamento più lineare possibile per i vari modelli.

Grazie al coordinamento mediante BIM in ogni caso è possibile ottenere:

- l'individuazione delle problematiche progettuali e delle rispettive coordinate;
- i dati associati alle discipline e agli elementi di modellazione alla base del problema di coordinamento o di collisione;
- un semplice collegamento del problema ai modelli pertinenti a singole discipline da cui ha origine;
- la capacità di studiare i problemi fino alla loro risoluzione.

In termini digitali, l'integrazione viene amministrata mediante una piattaforma di BIM authoring, tramite cui si è in grado di far confluire i singoli modelli disciplinari all'interno del modello federato, favorendo anche la capacità di gestirne il coordinamento e individuare le potenziali interferenze.
Solitamente un processo simile richiede come punto di partenza la modellazione architettonica dell'opera, sulla quale base gli altri tecnici, come il progettista strutturale o quello impiantistico, importando il modello in formato IFC ne realizzeranno le porzioni di relativa competenza, le quali confluiranno nel modello federato che, una volta terminato, rappresenterà una riproduzione digitale completa dell'opera che integra tutti i diversi ambiti di competenza. Durante questo procedimento lo scambio dei modelli in formato IFC e l'impiego di software in grado di gestire le diverse discipline interessate, permettono di generare una base informativa comune, tramite cui sarà possibile verificare e gestire le possibili problematiche.

La gestione e il coordinamento di processi di una certa difficoltà richiede il coinvolgimento di specifici professionisti, ai quali, nel contesto della gestione digitale dei processi informativi sono affidate funzioni esclusive, sia di natura gestionale che operativa. La norma UNI 11337, come già illustrato sopra, individua due specifiche figure gestionali, il BIM Manager e il BIM Coordinator, oltre a una operativa, il BIM Specialist.
Precisamente, al BIM Manager o gestore delle informazioni, viene assegnata la redazione del capitolato informativo e dell'offerta, è la figura di riferimento per il coordinatore e si interfaccia con il Project Manager per la verifica e il controllo dei diversi stadi della progettazione.
Il BIM Coordinator è invece il coordinatore delle informazioni, e in questo ruolo cura l'applicazione delle regole generali stabilite dal gestore e definisce eventuali specifiche informative della commessa, effettuando tutte le operazioni di coordinamento e ricevendone i risultati, partecipa alle riunioni di coordinamento che interessano gli stessi modelli, dirige lavoro dei modellatori, sempre relazionandosi con il Project Manager.
Infine, la figura operativa, il BIM Specialist è incaricato della modellazione delle informazioni per i modelli grafici, in particolare la redazione e l'aggiornamento degli oggetti e dei modelli, nonché della produzione dei relativi elaborati di progetto, queste funzioni vengono svolte in stretta collaborazione con il BIM Coordinator.

La possibilità di usufruire di un modello federato capace di integrare tutti i dati riguardanti le diverse discipline, comporta un importante impatto anche su altri ambiti della gestione BIM di un progetto, ovvero quelli attinenti al controllo dei tempi e dei costi, permettendo sulla base dei dati presenti nei file IFC il computo metrico estimativo derivante dalla progettazione parametrica, la programmazione e verifica dei tempi di esecuzione complessivi e delle singole opere e il controllo dei relativi costi.

Ciò presume ovviamente l'importazione di almeno un file IFC dello stesso modello federato in un apposito software che permetta di coordinare in fase di esecuzione la pianificazione dei tempi e dei costi. Da questo punto di vista ogni elemento parametrico, indipendentemente dal fatto che sia architettonico, strutturale, impiantistico o riguardante anche altri ambiti, deve essere associato ad una determinata attività e a una stima dei tempi, sempre secondo un criterio parametrico.

Sarà tanto più semplice da fruire per i professionisti che dovranno operare seguendo il processo di progettazione, o anche nell'ambito della manutenzione, tanti più dati e informazioni verranno integrate nel modello. I benefici di una progettazione che segue queste modalità sono numerosi; basta considerare quanto può essere d'aiuto per un'analisi energetica conoscere con esattezza la stratigrafia di ogni singolo elemento strutturale e non contenuto nell'edificio. Altro esempio è di come la modellazione MEP torni utile in una prima fase per evitare interferenze tra impianti ed elementi strutturali e nella manutenzione stessa dell'impianto.

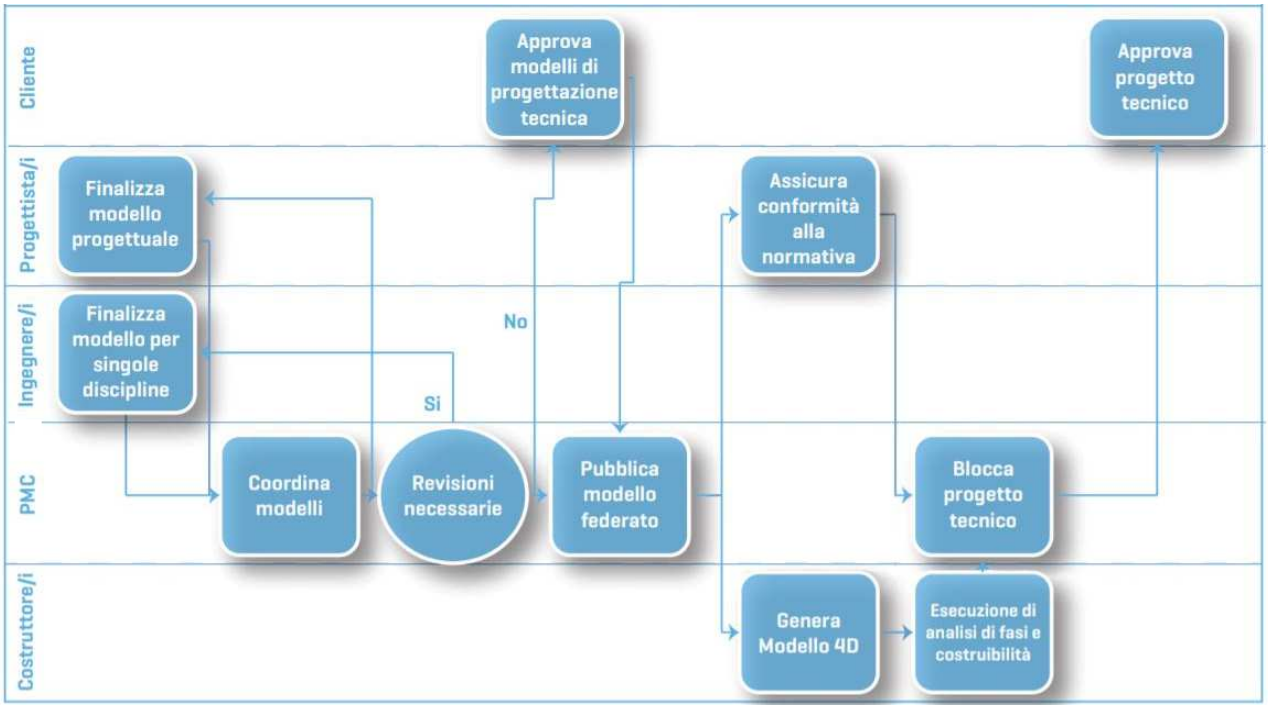


Figura 26 – Flusso di lavoro per lo stadio di progettazione tecnica

In figura viene rappresentato il workflow relativo a ciò che avviene durante lo stadio di progettazione tecnica. Il Capo consulente del progetto, lavorando con il contributo di altri consulenti progettuali e ingegneristici, persegue la finalizzazione dei modelli illustrati in precedenza, impiegando particolari elementi di modellazione inserendo così nel modello gli specifici dati tecnici. I modelli ottenuti, relativi alle singole discipline, vengono successivamente coordinati con il modello sviluppato per la disciplina principale (generalmente il modello architettonico), operando in stretta collaborazione con tutto il team di progetto. Come indicato nel flusso di lavoro in figura, si presuppone che gli incarichi della gestione delle funzioni di coordinamento tra i modelli e dello sviluppo di un modello federato, vengano affidati al Project Manager.

In seguito a svariate ripetizioni, i modelli conclusivi per la fase di progettazione tecnica sono ultimati e vengono approvati dal committente o, talvolta, da un suo delegata. In seguito, il Project Manager provvederà alla pubblicazione di un modello BIM federato in cui saranno contenuti tutti gli input di tutte le discipline. Il modello federato costituisce la base per lo svolgimento di altre analisi, di cui, una delle più importanti è proprio quella attinente alla programmazione 4D da parte del team di costruzione.

Un fattore la cui importanza non può essere certamente sottovalutata nell'ambito del *co-working* è sicuramente quello di stabilire a priori una configurazione inequivocabile del modello, per quanto concerne: nomi delle fasi, parametri condivisi, modelli di vista ecc.; in modo tale che quando i modelli da integrare confluiranno nel modello federato si potrà avere un'ottima collaborazione tra i vari modelli. Tutto ciò va a vantaggio del modello di coordinamento nel quale, in questo modo, non si creeranno delle ripetizioni delle fasi di progetto; poiché tutti gli oggetti associati allo stesso nome, confluiranno direttamente in una sola fase.

Nell'ambito di una simulazione 4D una strutturazione secondo le fasi di un'opera svolge un ruolo basilare. Proprio per questo motivo è indispensabile stabilire un'adeguata codifica delle fasi delle varie lavorazioni da eseguire all'interno del modello. Ogni fase potrà poi essere scomposta in diverse attività, codificate in maniera tale da seguire l'effettivo ordine temporale ed i relativi costi.
La nomenclatura impiegata deve essere composta da due diversi livelli:

- Il primo livello deve stabilire la macro-fase di appartenenza;
- Il secondo livello invece è deve individuare un numero progressivo rispetto al numero della macro-fase.

Un'ulteriore modalità per gestire al meglio il lavoro, al fine di garantire una visione più semplice e chiara, specialmente per i passaggi successivi, consiste nell'ordinare il Browser di Progetto secondo fasi e discipline.

Figura 27 – Finestra Browser di Progetto

Nell'esempio riportato in figura sono state individuate tutte le macro-fasi, organizzate secondo le modalità descritte in precedenza, ed al loro interno è stata eseguita anche un'ulteriore separazione, in base alle diverse discipline; come ad esempio: Elettrico, Idraulico e Meccanico.

5.2.6 – Importazione del modello Revit in Autodesk Navisworks

Quando il modello federato è completo, questo deve essere esportato nel formato .nwc (attraverso il comando presente nel menu principale di Autodesk Revit, sotto la voce Esporta) per poter essere aperto senza problemi anche in Autodesk Navisworks. I diversi modelli e tutte le geometrie ad essi connesse importati all'interno del nuovo software possono essere controllati semplicemente sfruttando una semplice finestra di selezione che riunisce gli elementi in base al file sorgente da cui derivano.

Inoltre, un ulteriore elemento che non può essere trascurato durante questo processo è certamente l'interoperabilità che sussiste tra i due software, grazie alla quale è stato possibile non registrare nessuna perdita d'informazioni o altri problemi simili nel corso dell'operazione di trasferimento del file .nwc. È risultato particolarmente funzionale e utile il fatto di poter aggiornare i file importati in qualsiasi momento nel caso in cui ad alcuni dei loro elementi fossero state apportate delle modifiche. È essenziale durante questo passaggio disattivare le opzioni relative alla compressione, presenti nella scheda "Modello", poiché potrebbero pregiudicare l'affidabilità delle informazioni importate.

5.2.7 – Clash Detection

Attraverso Navisworks è possibile controllare la cosiddetta Clash Detection, che consiste in una verifica accurata delle interferenze, rappresentando quindi un elemento indispensabile per l'individuazione dei problemi ad esse collegati e per far sì che possano essere risolti quando ancora si è nello stadio di progettazione. In tal maniera, si eliminano perdite di tempo e anche i conseguenti costi aggiuntivi, che invece andrebbero fronteggiati nel caso di individuazione della criticità a cantiere aperto.

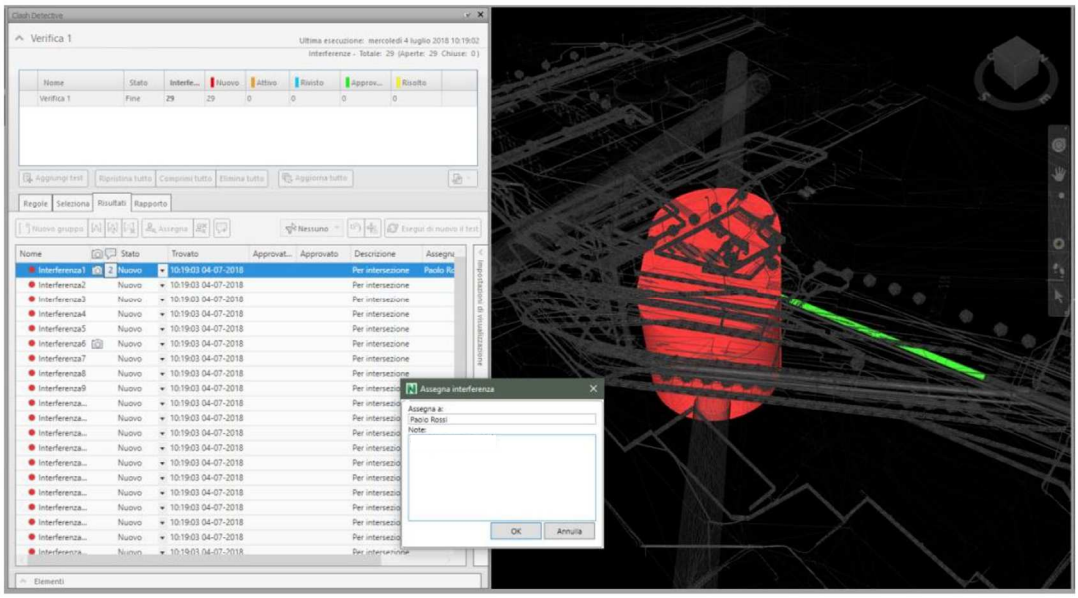


Figura 28 – Finestra di verifica delle interferenze rilevate durante la Clash Detection

Nella figura viene riportato un esempio dell'output ottenuto dalla Clash Detection; per ciascuna interferenza individuata dal software viene data la possibilità di assegnare una risorsa del team di progettazione e di prevedere una correzione, con la facoltà di inserire anche alcune note. Tutto ciò nell'ambito di operazioni coordinate su un modello federato, consente agli opportuni membri del team di progetto di ricevere tempestivamente, da parte del Project Manager, le correzioni che dovranno essere effettuate in modo che essi possano operare sulla porzione del modello che è stata loro assegnata. Seguendo queste modalità diversi soggetti collaborano sullo stesso modello favorendo un significativo aumento dell'efficienza del progetto.

In tutti quei punti in cui la visualizzazione risulta essere insufficiente o fin troppo complessa, tale per cui impedisce l'individuazione degli elementi interessati dalle interferenze è consigliabile far ricorso al pannello delle Proprietà e in particolare alla scheda Entità. Al suo interno si trovano informazioni di vario tipo tra cui anche il codice elemento generato da Revit, nella fase di creazione, la quota ed il tipo di sistema. In questo modo è possibile ottenere un riconoscimento univoco degli elementi che avviene in un modo più agevole.

Per poter eseguire correttamente la Clash Detection bisogna prestare particolare attenzione all'impostazione delle "regole". Può essere impostato il tipo di interferenza: intersezione, margine di spazio e duplicati; inoltre è essenziale definire la tolleranza (espressa in cm) ed il passo di controllo temporale (espresso in secondi).

5.2.8 – Importazione del Gantt

Al momento dell'importazione in Navisworks, il modello potrebbe risultare alquanto disorientante, a maggior ragione quando si tratta di un modello complesso, composto da un grande numero di elementi, ciò dipende dal fatto che, in questo spazio digitale, ogni elemento risulta ancora non associato alla dimensione temporale.

Tale dimensione deve necessariamente essere definita a partire dalla programmazione temporale effettuata dal Project Manager in precedenza. Una volta stabiliti tutti i vincoli di progetto è necessario redigere una WBS che sia in grado di rispettarli adeguatamente (nel caso non dovessero essere rispettati sarà necessario ripetere il processo individuando una nuova WBS).
Il passaggio seguente riguarda la realizzazione di un Gantt che riporti chiaramente tutte le lavorazioni da eseguire e soprattutto correttamente, dal punto di vista delle durate e dei relativi vincoli o dipendenze. Il Gantt può essere redatto tramite Microsoft Project ed una volta ultimato viene salvato nel suo formato .mpp. L'importazione di tale file all'interno di Navisworks è stata resa possibile soltanto per mezzo della sua capacità di lettura di questo formato, attraverso la scheda "Origini dati" dello strumento *Timeliner*, tramite il quale si è in grado di semplificare decisamente il processo di realizzazione del modello in 4D.

Figura 29 – Comandi per l'inserimento del Gantt in formato .mpp in Navisworks

Portato a termine questo passaggio, è possibile ripristinare l'ordine delle attività in maniera tale da disporre di tutte le lavorazioni con le pertinenti informazioni nella scheda "Attività" del software. A questo punto deve essere indicata la tipologia per ogni attività così da definire la modalità di visualizzazione degli elementi durante la simulazione. In Autodesk Navisworks sono presenti tre tipologie di default: costruzione, demolizione e temporaneo. Soltanto tramite questo comando si garantisce la visualizzazione degli elementi, infatti trascurando l'inserimento di questo dato, gli elementi non verrebbero visualizzati nella simulazione.

Uno dei grandi vantaggi di tale processo è rappresentato dal fatto che dopo aver importato l'origine di dati, così come viene chiamata su Navisworks, potrà essere aggiornata con lo stato di avanzamento lavori senza perdere le selezioni associate alle fasi. Questa procedura può anche essere amministrata direttamente su Navisworks tramite quelle che vengono riportate come "Fine effettiva" e "Inizio previsto" operando poi sulla rappresentazione grafica degli elementi nel corso della simulazione. Nonostante ciò, risulta più adatto impiegare il software di Microsoft, in quanto sono operazioni che è in grado di svolgere più facilmente ed inoltre possono essere aggiornate di default in Navisworks eseguendo un semplice *refresh* dell'origine di dati.

5.2.9 - Associazione elementi alle fasi di progetto

L'operazione principale per realizzare un vero e proprio modello 4D è quella di associare ogni oggetto alla sua fase temporale, in modo da creare una Timeline delle attività. Il 4D Modeling può rappresentare un supporto determinante, poiché le risorse 3D (risorse umane, attrezzature, spazi e materiali) vengono associate alle attività pianificate, consentendo una gestione più pratica sia della filiera di costruzione che delle eventuali varianti. Il risultato che si ottiene è un processo molto più efficiente, affidabile e sicuro, come già detto a più riprese, che si abbina con tutte le fasi della prassi per la gestione di un progetto. In questo frangente, aver adoperato una progettazione BIM oriented è indispensabile; infatti in questa fase viene richiesta l'associazione di ogni elemento ad una posizione nella linea temporale. Questo processo risulterà essere tanto più semplice quanto più si sarà operato in quest'ottica durante l'attività di modellazione in Revit.

La selezione degli elementi da integrare nella Timeline può essere svolta principalmente tramite due tecniche che rendono il processo molto più pratica. La prima consiste nello sfruttare la preventiva impostazione delle fasi già presente in Revit, infatti se durante la fase di modellazione in Revit era già stata prevista un'adeguata organizzazione in fasi delle svariate lavorazioni da eseguire, dividendole anche in base alla tipologia (costruzione, demolizione o temporanee), allora all'interno dell'albero di selezione si troveranno le voci inerenti alle diverse fasi; in questo modo sarà necessario soltanto collegare ad ogni elemento evidenziato dalla selezione la posizione della Timeline desiderata.
Altrimenti, può essere impiegata una procedura simile, che conserva comunque la stessa efficacia e consiste nell'andare a sfruttare il codice assegnato ad ogni elemento in modo da poter identificare facilmente la fase ad esso corrispondente e poterlo disporre correttamente all'interno della Timeline.

5.2.10 – TimeLiner Animation

L'ultima operazione da realizzare attraverso l'utilizzo del software Autodesk Navisworks è rappresentata dalla simulazione della pianificazione di cantiere, permessa sempre dallo strumento TimeLiner del software. Anche la simulazione viene aggiornata in automatico nel momento in cui il modello parametrico o il Gantt ad esso correlato subiscano delle modifiche di qualsiasi tipo.
Una volta fissata la posizione temporale di ogni elemento nella Timeline è possibile procedere con una simulazione del processo nella quale, in base alle opzioni di visualizzazione, scorreranno le immagini del processo di modellazione. L'output è quindi un video vero e proprio che "simula" le varie attività nel tempo, mostrando gli elementi coinvolti nelle lavorazioni in colore giallo, se sono riferiti ad un'attività temporanea, verde se è in fase di costruzione o rosso se la tipologia associata è quella della demolizione.

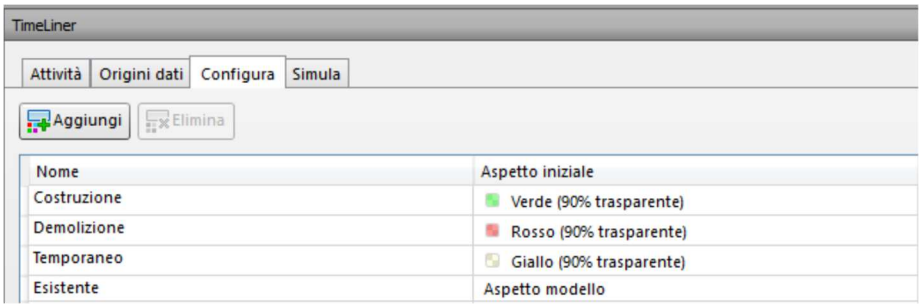


Figura 30 – Finestra per la configurazione delle opzioni di visualizzazione TimeLiner

Concluse la operazioni di settaggio della visualizzazione tramite la scheda "Configura" dello strumento Timeliner di Navisworks, è opportuno passare all'aggiunta delle informazioni a video durante la simulazione del processo. Infatti, si è in grado di inserire numerose informazioni nel corso dello sviluppo della simulazione. Le informazioni possono essere a carattere:

- Temporali: data, giorno, settimana;
- Fase: indicazioni sulla percentuale di completamente sulla Fase in corso di simulazione;
- Costo: indicazioni sul costo totale dell'opera, del materiale, della forza lavoro e del costo delle imprese appaltanti per le diverse attività che dovranno essere svolte.

Un'ulteriore funzionalità particolarmente valida nel corso della riproduzione della Timeline per migliorarne la percezione riguarda l'animazione delle operazioni. Questo viene reso possibile tramite lo strumento Animator di Navisworks. Durante questa sessione è possibile collegare movimenti spaziali agli oggetti durante la riproduzione, così da definire chiaramente tutti gli elementi in gioco; mediante la creazione di questa simulazione risultano particolarmente evidenti i vantaggi dell'utilizzo di un modello 4D rispetto ad una pianificazione operativa di cantiere secondo le modalità tradizionali.

6 – Capitolato Informativo

Il cambiamento avviato dal BIM all'interno del settore delle costruzioni è caratterizzato da una natura travolgente, con la quale si oppone completamente alla metodologia tradizionale. Consiste, infatti, in una svolta avvertita in realtà soltanto da pochi soggetti, ma che dal punto di vista delle esigenze e dell'obbligatorietà riguarda tutto il settore, come già stabilito dal D.lgs. 50/2016.

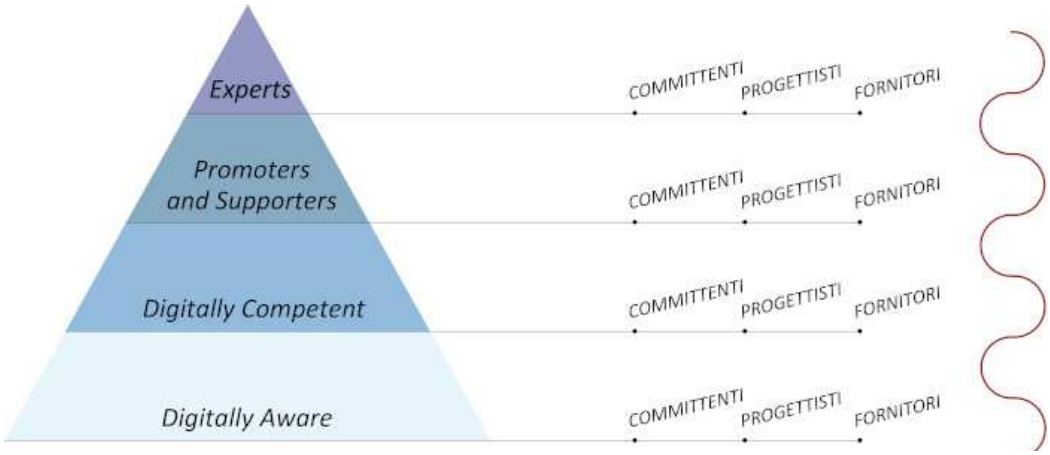


Figura 31 – Gerarchia della sfera professionale

Per far fronte ad una tale trasformazione è possibile suddividere idealmente la sfera professionale in base ad un ordine di *Experts*, *Promoters and Supporters*, *Digitally Competent* e *Digitally Aware*. Il principio guida di questo contesto è composto da un documento condiviso all'interno del quale vengono individuate le linee guida del processo digitale. Un documento di questo tipo permetterebbe il conseguimento di una maggiore consapevolezza per tutti i diversi attori e di conseguenza favorirebbe anche un aggiornamento della modalità e degli strumenti impiegati; diventando in conclusione un preciso strumento di condivisione metodologica.
Se le modalità tradizionali si erano fissate su un linguaggio ben stabilito, operando mediante la tecnologia BIM si percepisce l'esigenza di integrare un nuovo sistema comunicativo a livello contrattuale; questo provoca una profonda innovazione anche in termini di input e di output necessari all'inizio di un processo.

Tipicamente la spinta verso la riflessione su un documento guida è dovuta agli americani: emerge la necessità di condividere il progetto con tutti gli altri soggetti, da parte di colui che genera il modello, in maniera tale che le informazioni possano essere intese allo stesso modo da tutti. In seguito, in Gran Bretagna, si sviluppa l'aspetto relativo alla comunicazione, riguardando non più soltanto i tecnici specializzati (architetti, ingegneri, geometri), ma addirittura i committenti, produttori e gestori coinvolti nell'intero processo. In questo modo ha avuto origine quello che in USA è noto come *Owner BPxP - Owner BIM Project eXecution Plan*, o *EIR - Employer Information Requiremet* in Inghilterra e infine anche come CI – Capitolato Informativo in Italia.

Le considerazioni principali alla base dell'origine del CI possono essere riassunte come segue:

- Nel processo di esecuzione di un'opera viene attuato un importante scambio di dati ed informazioni che dovrebbero essere disciplinate adeguatamente all'inizio di ogni processo;
- Nel flusso di commessa entrano in gioco due figure: il Committente/Stazione Appaltante, il quale ha l'esigenza di realizzare ed intervenire su un opera, e gli operatori, i quali progettano l'intervento, lo realizzano e infine lo gestiscono.

Basandosi su queste osservazioni è possibile avviare la fase di redazione di un documento, incarico destinato al committente, il quale avrà l'onere di indicare tutte le informazioni e i dati da scambiare con ciascun utente, definendo procedure, livelli di approfondimento e scopi.

Il Capitolato Informativo è stato introdotto in Italia dalla UNI 11337-5:2017 e UNI 11337-6:2017. In generale la parte 5 della UNI 11337 riguarda "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".

Mentre la parte 6 di tale normativa contiene "indicazioni procedurali e uno schema generale dei contenuti del capitolato informativo". Al paragrafo 3.2 "Termini relativi ai contratti" della UNI 11337-5:2017, il Capitolato Informativo viene definito come "Esplicitazione delle esigenze e dei requisiti informativi richieste dal committente agli affidatari" con seguente nota di riferimento all'Employer Information Requirement (EIR). Quindi, si dimostra come un documento indispensabile per l'avvio di un appalto ed equivalente ad un "canovaccio di buone maniere informative" da mettere in comune per l'intero Team di commessa.
Il Capitolato Informativo viene integrato nei primi passi del flusso di avvio commessa e rappresenta uno strumento propedeutico per la stesura dell'offerta di Gestione Informativa (oGI). A tale documento possono presentarsi due tipi di risposte: una generica (oGI) e una di dettaglio. Il documento di risposta definitivo è redatto a seguito della comunicazione di aggiudicazione dell'appalto da parte del Committente/Stazione Appaltante e, per la UNI 11337-5:2017, si stabilisce nel piano di Gestione Informativa (pGI). Questo documento rappresenta un importante allegato contrattuale di natura vincolante.

La strutturazione del Capitolato Informativo è del tutto simile a quella dell'EIR inglese. Difatti, anche in tale documento è presente una sezione tecnica e una gestionale, predisposte tramite paragrafi di linea generale (descrizione del progetto/committente e riferimenti normativi). Come è già stato possibile osservare in precedenza, la struttura proposta dalla norma per tale documento è organizzata in quattro sezioni principali:

- I – Premesse
- II – Riferimenti normativi
- III – Sezione tecnica
- IV – Sezione gestionale

6.1 – Premesse

Nelle "Premesse" si raccomanda, in primis, di indicare le informazioni inerenti all' "identificazione del progetto" precisando la denominazione del committente e il titolo del progetto, la tipologia d'intervento e una sua descrizione, la localizzazione geografica dell'intervento e indicazioni spaziali di massima dell'opera o delle sue parti, e di descrivere la fase della mansione secondo la suddivisione proposta nella UNI 11337-1.
Le "Premesse" dovranno comprendere, anche, una "Introduzione" in cui il Committente potrà decretare l'ambito di applicazione del Capitolato Informativo (modalità d'uso, caratteristiche generali dei soggetti affidatari) e una sezione "Acronimi e glossario" in cui andranno chiariti univocamente i termini principali specifici impiegati all'interno del "Capitolato informativo". A questo scopo possono essere efficacemente richiamate le definizioni contenute nelle varie parti della Norma UNI 11337.

6.2 – Riferimenti normativi

I "Riferimenti Normativi" racchiuderanno tutti i riferimenti legislativi e normativi di natura informativa che il Committente richiede vengano rispettati dall'Affidatario; per di più, potrà esplicitamente citare anche i dettati legislativi e normativi in materia edilizia, urbanistica, sicurezza, ecc.
In aggiunta all'individuazione di specifiche norme in tema di digitalizzazione, gestione informativa, ecc. può essere indicato un riferimento generico al rispetto delle vigenti norme in materia di edilizia, urbanistica, ambiente, sicurezza, ecc.
L'affidatario è obbligato a rispettare tali riferimenti normativi all'atto di redazione della propria oGI e del proprio pGI; è in modo a discrezione del committente esplicitare il campo di applicazione di ciascuna normativa o riferimento operativo e l'indicazione di obbligatorietà o raccomandazione.

La norma rimanda, mediante riferimenti datati e non, a disposizioni contenute in altre pubblicazioni. Tali riferimenti normativi sono citati nei punti appropriati del testo e sono di seguito elencati. Per quanto riguarda i riferimenti datati, successive modifiche o revisioni apportate a dette pubblicazioni valgono unicamente se introdotte nella presente norma come aggiornamento o revisione. Per i riferimenti non datati vale l'ultima edizione della pubblicazione alla quale si fa rifermento (compresi gli aggiornamenti).

- UNI 11337 (tutta la serie) Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni
- UNI EN ISO 16739 Industry Foundation Classes (IFC) per la condivisione dei dati nell'industria delle costruzioni e del facility management

6.3 – Sezione tecnica

La "Sezione tecnica", che viene proposta suddivisa nei seguenti 9 punti, è rivolta alla definizione di tutti gli aspetti tecnici relativi al flusso informativo.

1. Caratteristiche tecniche e prestazionali dell'infrastruttura hardware e software
2. Infrastruttura del committente interessata e/o messa a disposizione
3. Infrastruttura richiesta all'affidatario per l'intervento specifico
4. Formati di fornitura dati messi a disposizione inizialmente dal committente
5. Fornitura e scambio dati
6. Sistema comune di coordinate specifiche di riferimento
7. Specifica per l'inserimento di oggetti
8. Specifica di riferimento dell'evoluzione informativa del processo dei modelli e degli elaborati
9. Competenze di gestione informativa dell'affidatario

La strutturazione proposta, sistematicamente ideata, rappresenta principalmente una modalità operativa per tenere conto degli aspetti essenziali nella redazione del "Capitolato Informativo", perciò la norma individua soltanto i contenuti minimi, poiché tale documento contraddistingue fortemente la Committenza e la sua professionalità e, dal punto di vista dell'intervento da realizzare, individua completamente (sin dalla fase iniziale) quelli che saranno gli aspetti che saranno sviluppati nel corso dell'intera commessa.

6.3.1 – Caratteristiche tecniche e prestazionali dell'infrastruttura hardware e software

Innanzitutto, dovranno essere indicate le "Caratteristiche tecniche e prestazionali dell'infrastruttura hardware e software" in cui, indipendentemente e/o in forma tabellare, il Committente richiede all'Affidatario di precisare le proprie dotazioni.

L'Affidatario, in funzione degli obiettivi prefissati dal Committente e/o richiesti dalla disciplina in questione, dovrà esprimere nell' "offerta per la Gestione Informativa" (oGI) e successivamente anche nel "piano per la Gestione Informativa" (pGI) (equivalenti degli anglosassoni "BIM Execution Plan pre-contract award" (BEP pre-contract award) e "BIM Execution Plan" (BEP)) le caratteristiche dell'hardware e la tipologia di software che intenderà mettere a disposizione:

Esempio di infrastruttura Hardware	
Obiettivo	**Specifiche**
Processazione dati	Processore
Archiviazione temporanea dai dati	Memoria di archiviazione
Archiviazione di backup	Memoria di archiviazione
Trasmissione dati	Rete
Visualizzazione dati	Monitor
Risoluzione grafica	Scheda
…	…
Altro	*Altro*

6.3.2 - Infrastruttura del committente interessata e/o messa a disposizione

Logicamente, favorendo la stessa forma tabellare del punto precedente, nel successivo punto "Infrastruttura del committente interessata e/o messa a disposizione" sarà il Committente a dichiarare la propria dotazione tecnica che intenderà mettere a disposizione all'Affidatario durante lo sviluppo della prestazione richiesta.

Esempio di tipologia Software			
Ambito	**Disciplina**	**Software**	**Compatibilità con formati aperti**
Progettazione architettonica	Modellazione BIM	*[Indicazione dei software messi a disposizione, con precisazione della loro tipologia e versione]*	IFC, …
	Computo metrico		xls, csv, …
	Rendering		…
	…		…
Progettazione strutturale	Modellazione BIM		
	Analisi e calcolo		
	…		
Progettazione impiantistica	Modellazione BIM		
	Analisi energetica		
	…		
Model e Code checking	Aggregazione modelli in IFC		
	Controllo interferenze		
	Controllo incoerenze		
	…		
Gestione cantiere	Programmazione dei lavori		
	…		
Manutenzione	…		
	…		
Programmazione	…		
	…		

6.3.3 – Infrastruttura richiesta all'affidatario per l'intervento specifico

Qualora il Committente decida di richiedere all'Affidatario l'approntamento di infrastrutture hardware e/o software per la condivisione dei dati digitali e non digitali, nel punto "infrastruttura richiesta all'affidatario per l'intervento specifico" potrà precisarne le caratteristiche.

Ad esempio in questo punto potranno essere riportate la specifiche dell' ACDat ("Ambiente di Condivisione Dati", equivalente al britannico "Common Data Environment" (CDE)), del tipo di collegamento ad Internet ritenuto adatto a consentire l'accesso in tempo reale alla committenza e/o agli operatori aventi diritto, delle caratteristiche del "server" destinato ad accogliere/gestire i documenti digitali; o anche le caratteristiche (fisiche, ubicative, di accesso, ecc.) di un ambiente per l'archiviazione dei documenti non digitali ACDoc ("Ambiente di Condivisione Documenti", equivalente al britannico "Data Room").

6.3.4 – Formati di fornitura dati messi a disposizione inizialmente dal committente - Fornitura e scambio dati

Per quanto riguarda il formato dei file che dovranno essere condivisi tra il Committente e l'Affidatario, questo è l'argomento dei punti "Formati di fornitura dati messi a disposizione inizialmente dal committente" e "Fornitura e scambio dati" in cui viene separata la fase di inizio, in cui è il Committente stesso a dover fornire informazioni, da quella di sviluppo dell'incarico dove il flusso dei dati è di tipo bidirezionale.
Anche in questo caso l'impiego di tabelle può semplificare e favorire la comprensione tra le diverse parti: la tabella che segue potrà essere sfruttata per entrambi i casi, in modo da precisare autonomamente i due aspetti.

Formato dati di scambio da utilizzare			
Obiettivo	**Formato**		**Note**
	Aperto	Proprietario	
Modellazione BIM	IFC	…	
Rappresentazione grafica 2D			
Revisione modelli e analisi interferenze			
Attività di computazione			
Attributi di manutenzione e gestione			
Altri documenti digitali			
Documenti di testo			
Presentazioni			
Programmazione			
Altri			

È possibile osservare che per l'impiego di formato file non proprietari, come nel caso del formato IFC, il Committente potrebbe ritenere appropriato precisare i "set di proprietà" che gli oggetti, contenuti nei modelli trasmessi, devono possedere, anche in funzione della particolare fase del processo cui i modelli stessi sono dovranno essere utilizzati.

Si vuole evidenziare come tali proprietà debbano essere garantite allo stesso modo anche dai formati file proprietari, ma chiaramente, la loro verifica non può essere eseguita direttamente in tali formati (chiusi).
La tabella sottostante suggerisce un esempio per una comoda modalità di lavoro nel caso di formati IFC:

Esempio modulo per dati IFC		
Tipologia elemento formato proprietario	**Classe IFC**	**Set di proprietà richieste**
Muratura	IfcWall	Codifica progetto Codifica oggetto Area Livello Superiore Livello inferiore
Altro	…	…

6.3.5 – Sistema comune di coordinate specifiche di riferimento - Specifica per l'inserimento di oggetti

Nel punto "Sistema comune di coordinate specifiche di riferimento", il committente potrà indicare il sistema comune di riferimento per tutti modelli grafici; inoltre è proprio questa la parte del documento in cui sarà necessario precisare anche il sistema di unità di misura da adottare. Ma anche le modalità di inserimento di specifici oggetti nei vari modelli dovranno essere determinate dal Committente all'Affidatario, nel paragrafo "Specifica per l'inserimento di oggetti".
Ed anche in questa circostanza viene suggerito l'impiego della forma tabellare:

Sistema di riferimento relativi	
Oggetto	**Specifica**
Muri	Tutti i muri dovranno essere modellati come elementi discreti con vincoli ai diversi livelli di riferimento definiti
Elementi orizzontali	Tutti gli elementi orizzontali a meno dei tetti e degli strati di finitura successivamente definiti dovranno essere associati al livello di riferimento in cui giacciono
Strati di finitura di soffitto e controsoffitti	Tutti gli strati di finitura dei solai posti all'intradosso ed i controsoffitti dovranno essere associati al livello/ambiente a loro sottostante
Arredi	Tutti gli arredi devono essere associati al livello in cui sono posizionati
…	…
…	…

È possibile notare come sia questo il punto in cui il Committente dovrà precisare all'Affidatario il sistema di classificazione e denominazione di ciascun oggetto contenuto all'interno dei diversi modelli.

6.3.6 – Specifica di riferimento dell'evoluzione informativa del processo dei modelli e degli elaborati

Nell'ottavo paragrafo presentato, "Specifica di riferimento dell'evoluzione informativa del processo dei modelli e degli elaborati", il Committente è tenuto a definire i passi dell'evoluzione informativa del processo e, in correlazione ad essi, quella dei relativi modelli ed elaborati.

Prendendo come esempio un caso generale, sarà possibile fare riferimento agli stati e fasi indicati all'interno della UNI 11337-1; il livello di dettaglio dei Modelli ed Elaborati previsti per ciascuna fase dovrà avere una dotazione informativa almeno pari agli obiettivi della fase a cui sono correlati. Nel caso di opera pubblica, invece, si potrà fare riferimento alle fasi previste dal "Codice Appalti" in vigore, riformulando adeguatamente il livello di dettaglio dei Modelli e degli Elaborati da utilizzare.

6.3.7 – Competenze di gestione informativa dell'affidatario

Infine, nel nono e ultimo punto proposto, dal nome di "Competenze di gestione informativa dell'affidatario" il Committente richiede all'Affidatario l'esplicitazione di un significativo estratto delle esperienze pregresse in merito ai metodi di gestione informativa. Anche in questo caso viene suggerita una soluzione tabellare:

Esperienze pregresse dell'affidatario in ambito di gestione informativa	
Progetto N. …	
Denominazione progetto	…
Tipo di intervento	…
Attività professionale svolta	…
Descrizione sintetica del progetto	…
Localizzazione geografica del progetto	…
Costo opera	…
Onorario prestazione	…
Altro	…

La normativa specifica la possibilità del Committente a richiedere all'Affidatario, nel caso di assenza di esperienze pregresse (una situazione che è ancora frequentemente riscontrabile dato l'attuale periodo di avviamento dell'adozione della metodologia BIM), di le modalità con cui intende procedere con la formazione del proprio personale per quanto riguarda la gestione informativa.

6.4 – Sezione gestionale

La struttura della "Sezione gestionale", vale a dire della quarta e ultima parte del Capitolato Informativo, così come proposto all'interno della norma stessa, è la seguente:

1. Obiettivi informativi strategici e usi dei modelli e degli elaborati
2. Livelli di sviluppo degli oggetti e delle schede informative
3. Ruoli responsabilità e autorità ai fini informativi
4. Caratteristiche informative di modelli, oggetti e/o elaborati messi a disposizione della committenza
5. Strutturazione e organizzazione della modellazione digitale
6. Politiche per la tutela e la sicurezza del contenuto informativo
7. Proprietà del modello
8. Modalità di condivisione di dati, informazioni e di contenuti informativi
9. Modalità di programmazione e gestione dei contenuti informativi di eventuali sub-affidatari
10. Procedure di verifica, validazione di modelli, oggetti e/o elaborati
11. Processo di analisi e risoluzione delle interferenze e delle incoerenze informative
12. Modalità di gestione della programmazione (4D-Programmazione)
13. Modalità di gestione informativa economica (5D-Computi, estimi e valutazioni)
14. Modalità di gestione delle esternalità (6D-Sostenibilità sociale, economica e ambientale)
15. Modalità di gestione informativa dell'opera (7D-Uso, gestione, manutenzione e dismissione)
16. Modalità di archiviazione e consegna finale di modelli, oggetti e/o elaborati informativi

6.4.1 – Obiettivi informativi strategici e usi dei modelli e degli elaborati

Il primo punto della sezione è relativo agli "Obiettivi informativi strategici e usi dei modelli e degli elaborati". In funzione della specifica fase del progetto, individuata secondo la strutturazione proposta dalla parte 1 della UNI 11337, il committente descrive gli obiettivi dei mezzi informativi (modelli e elaborati) richiesti all'affidatario, e gli usi che tali mezzi dovranno consentire.

Ad esempio, per la fase autorizzativa, potrebbero saranno necessari dei modelli il cui scopo è quello del rilascio delle autorizzazioni urbanistiche, per la sicurezza incendi, ecc.; pertanto, gli usi che tali modelli devono consentire sono quelli, per l'urbanistica, dell'estrazione dei valori metrici per la valutazione degli indici urbanistici e, per la sicurezza incendi, dell'estrazione dei valori REI delle strutture, distanza delle uscite di sicurezza, ecc.

La norma ripartisce questo punto in quattro porzioni, suggerendo di predisporre le richieste all'affidatario in maniera tabellare come riportato di seguito:

Obiettivi del modello in relazione alle fasi del processo			
FASE	**OBIETTIVO**	**MODELLO**	**OBIETTIVO**
Autorizzativa	Definizione degli spazi, definizione delle prestazioni a livello di spazi e ottenimento di autorizzazioni e pareri	Architettonico	Architettonico
		Strutturale	Strutturale
		MEP	MEP
		Altri	…
Tecnologica	Definizione delle tecnologie	Tutti	Gara per individuazione appaltatore
		Altri	…
Altro	…	…	…

Usi del modello in relazione agli obiettivi definiti							
Stadio Evolutivo Opere	**Fase**	**Modelli BIM disciplinari**					
		Architettonico	Strutture	Facciate	Impianti Meccanici	Impianti Elettrici	Impianti Idrico-sanitari
Produzione	Costruzione						
	Collaudo						
Collaudo	Messa in servizio						

Mentre nelle due precedenti tabelle il committente specificava le sue richieste in relazione ai modelli, in questo sottopunto e nel seguente le puntualizzazioni riguarderanno gli elaborati grafici. Tramite la seguente tabella, il committente definisce gli elaborati grafici digitali minimi richiesti.

Elaborati Richiesti		
Elaborato	**Nota**	**Origine**
Piante	Per ogni piano fuori terra	Da modello
	Per ogni piano interrato	
	Piano copertura	
Sezioni	Significative	Da modello
Prospetti	Tutti	Da modello
Abachi	Porte e finestre	Da modello
Nodi	Significativi per tecnologia	Elaborato grafico
Permesso di costruire	Copia completa	Esterno
Elaborati documentali	Tutti	Da modello
Altro	altro	…

Nella tabella che segue il committente specifica quali sono gli elaborati informativi minimi richiesti per ogni fase del progetto, che l'affidatario è tenuto a fornire. È possibile notare come ciascun elaborato dovrà avere un maggiore livello di approfondimento al progredire delle fasi di progetto.

Definizione degli elaborati informativi								
Elaborato	Fase Esigenziale	Fase di fattibilità e sostenibilità	Fase funzionale spaziale	Fase autorizzativa	Fase tecnologica	Fase di esecuzione	Fase di collaudo consegna	Fase di gestione, manutenzione
Quadro dei bisogni	X							X
[…]								
Relazione geotecnica			X	X				X
Relazione sulla sicurezza			X	X	X	X		X
[…]								
Contabilità dei lavori						X		X
Liquidazione						X	X	X
Accatastamento							X	
Altri								

6.4.2 – Livelli di sviluppo degli oggetti e delle schede informative

Il secondo punto riguarda uno degli argomenti di maggiore importanza presso gli addetti ai lavori: "Livelli di sviluppo degli oggetti e delle schede informative". In questo punto il committente dovrà anzitutto specificare il sistema di riferimento scelto per la definizione del livello di sviluppo grafico e informativo (LOD) degli oggetti presenti nei differenti modelli disciplinari. Qualora egli decidesse di non riferirsi a nessun sistema di riferimento, dovrà fornire definizioni e documentazione esaustiva all'affidatario affinché quest'ultimo possa produrre correttamente quanto richiesto dal committente.

Definito il sistema di riferimento, il committente preciserà il livello di sviluppo di ciascun oggetto, differenziato per modello disciplinare e fase del processo esecutivo. Si ricorda che nello stesso modello possono coesistere LOD differenti per ciascun oggetto in ragione delle differenti obiettivi ed usi del modello stesso. Anche in questo caso la formulazione delle richieste del committente è riassunta mediante la seguente tabella:

	Stadio di programmazione strategica		**Stadio di progettazione**			**Stadio di produzione**		**Stadio di esercizio**
	Fase esigenziale	Fase di fattibilità e sostenibilità	Fase funzionale spaziale	Fase autorizzativa	Fase tecnologica	Fase di esecuzione	Fase di collaudo e consegna	Fase di gestione, manutenzione
Oggetti del Modello	**LOD**							
Architettonico Generale	–	A	B	C	D	D/E	F	F
Architettonico Arredi	–	A	B	C	D	D/E	F	F
[…]								
Strutture	–	–	B	C	D/E	–	–	–
Impianto elettrico	–	A	B	C	D	E	F	G
…								

6.4.3 – Ruoli responsabilità e autorità ai fini informativi

Nel punto "Ruoli, responsabilità e autorità ai fini informativi", Il committente è tenuto ad esplicitare la propria struttura informativa, evidenziandone le figure di riferimento e le rispettive funzioni ricoperte. Al contempo, richiederà all'affidatario di descrivere la propria struttura informativa, come riportato in figura:

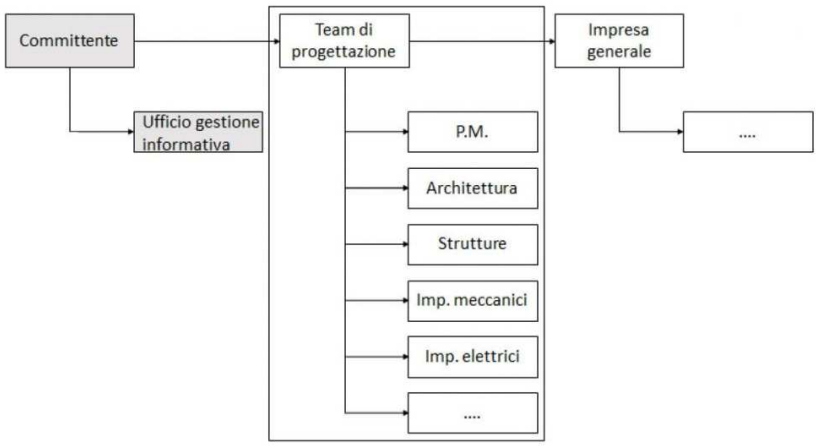


Figura 32 - Flusso di ruoli e relazioni

6.4.4 – Caratteristiche informative di modelli, oggetti e/o elaborati messi a disposizione della committenza

Il successivo punto, definito come "Caratteristiche informative di modelli, oggetti e/o elaborati messi a disposizione della committenza" è destinato a precisare le caratteristiche informative dei modelli, oggetti e/o elaborati forniti dal committente all'affidatario.

La documentazione preliminare relativa all'intervento, linee guida per la redazione di una tipologia di codifica degli oggetti e dei modelli, linee guida per la redazione di librerie di oggetti, sono esempi della documentazione che il committente può mettere a disposizione.

6.4.5 – Strutturazione e organizzazione della modellazione digitale

Ha un grande rilievo il punto "Strutturazione e organizzazione della modellazione digitale", nel quale vengono definiti gli aspetti organizzativi relativi ai veicoli informativi (modelli e elaborati). Il Committente potrà richiedere all'affidatario di identificare i modelli secondo una convenzione di gradimento, ad esempio in base alle varie discipline di progetto e/o alla fase di sviluppo dello stesso.

Un possibile elenco di elementi identificativi per ciascun modello o elaborato potrebbe essere:

- Codice commessa
- Disciplina
- Fase del progetto
- Tipologia di veicolo (modello o elaborato)
- Edificio/piano
- Responsabile

Inoltre, l'affidatario sarà chiamato in questo punto a definire i tempi di messa a disposizione dei vari modelli, correlati a ciascuna fase di sviluppo del progetto, così come i tempi di approntamento della propria struttura informativa, il tutto mediante cronoprogramma.

Anche l'aspetto del coordinamento tra modelli viene richiesto all'affidatario nel presente punto: infatti, sarà tenuto a precisare le scadenze di effettuazione del coordinamento tra i modelli e tra questi e gli elaborati. I paragrafi seguenti di tale sezione prendono in considerazione anche la definizione delle "Politiche per la tutela e la sicurezza del contenuto informativo" e della "Proprietà dei modelli".

6.4.6 – Modalità di condivisione di dati, informazioni e contenuti informativi

Continuando nella strutturazione proposta dalla normativa, il punto "Modalità di condivisione di dati, informazioni e contenuti informativi" è relativo al fondamentale aspetto dell'Ambiente di Dati Comuni (ACDat della UNI 11337-1, Common Data Environment (CDE) delle PAS 1192 britanniche).

Due aspetti vengono riportati: quello delle caratteristiche delle infrastrutture di condivisione e quello della denominazione dei file. Si ricorda che in precedenza, nella sezione Terza (Sezione tecnica) il committente aveva già provveduto a precisare a quale soggetto spettasse la predisposizione l'ambiente di condivisione dati.

In questo punto, il committente è chiamato a indicare le caratteristiche di funzionamento che l'affidatario dovrebbe garantire, nel caso in cui ricada su di lui la responsabilità della predisposizione di tale ambiente, o rispettare nel caso sia il committente o una terza parte ad assumersene l'onere. Tra le caratteristiche delle infrastrutture di condivisione dati dovranno essere annoverate le modalità di accesso da parte degli attori, la possibilità di consultazione e/o estrazione di copia di documenti, elaborati, modelli, la tracciabilità dei dati contenuti con successione storica delle revisioni apportate, i criteri di riservatezza dei dati contenuti, ecc.

In questo "ecosistema digitale" dell'ACDat, anche l'aspetto della denominazione dei file ricopre un ruolo non trascurabile ai fini della chiarezza, univocità e comprensione delle informazioni prodotte. Per questa ragione il Committente è chiamato a indicare criteri efficaci per l'univoca individuazione dei file.

La normativa ne propone uno basato su una sequenza logica di questo tipo:
CONTENUTO_FASE_DISCIPLINA_TIPO_AAMMGG_VER

Gli aspetti legati alle "Procedure di verifica e validazione dei modelli, oggetti e/o elaborati", e del "Processo di analisi e risoluzione delle interferenze e incoerenze informative", vengono affrontati nei rispettivi paragrafi della strutturazione consigliata per il Capitolato informativo.

6.4.7 – Processo di analisi e risoluzione delle interferenze e delle incoerenze informative

L'affidatario è chiamato dal committente a specificare nell'oGI ("offerta per la Gestione Informativa") (e poi nell'pGI – "piano per la Gestione Informativa") le proprie procedure di validazione per i modelli, gli oggetti e gli elaborati che produrrà durante lo sviluppo della commessa. Sarà tenuto ad indicare quali contenuti informativi saranno soggetti a periodica revisione e validazione, la frequenza di tale validazione, le modalità del processo di validazione in merito alla loro emissione, controllo degli errori, necessità sopraggiunte di nuovo coordinamento, ecc.
Più articolato è l'aspetto relativo ai processi di analisi e risoluzione delle interferenze e delle incoerenze informative. Per quanto concerne le interferenze di progetto, il committente dovrà richiedere all'affidatario di redigere la matrice di corrispondenza per specificare la tipologia di coordinamento applicato.
I livelli di coordinamento considerato, definiti nella UNI 11337-5, sono i seguenti:

- LC1 = tra oggetti dello stesso modello grafico
- LC2 = tra un modello e altri modelli grafici
- LC3 = tra un modello grafico ed elaborati

mentre la matrice di corrispondenza proposta è:

MODELLO	Livello di coordinamento		Arch.	Facciate	Strutture	Elettrico	Antinc.	Acustico	Sic.	Altri
Architettonico	Oggetto / Oggetto	LC1								
	Modello / Modelli	LC2								
	Modello / Elaborati	LC3								
Facciate	Oggetto / Oggetto	LC1								
	Modello / Modelli	LC2								
	Modello / Elaborati	LC3								
Strutture	Oggetto / Oggetto	LC1								
	Modello / Modelli	LC2								
	Modello / Elaborati	LC3								
Altri	Oggetto / Oggetto	LC1								
	Modello / Modelli	LC2								
	Modello / Elaborati	LC3								

Per quanto riguarda, invece le incoerenze di progetto la matrice di corrispondenza proposta è la seguente:

MODELLO	Livello di coordinamento		Leg. europ.	Leg. naz.	Leg. reg.	Altre norme	Risp. en.	Ac.	Vinc. contr.	Vinc. prog.	Vinc. costr.	Vinc. manut.
Architettonico	Oggetto / Oggetto	LC1										
	Modello / Modelli	LC2										
	Modello / Elaborati	LC3										
Facciate	Oggetto / Oggetto	LC1										
	Modello / Modelli	LC2										
	Modello / Elaborati	LC3										
Strutture	Oggetto / Oggetto	LC1										
	Modello / Modelli	LC2										
	Modello / Elaborati	LC3										
Altri	Oggetto / Oggetto	LC1										
	Modello / Modelli	LC2										
	Modello / Elaborati	LC3										

Anche altri aspetti trovano una loro specifica collocazione nei paragrafi successivi all'interno della strutturazione proposta, come quelli riguardanti il 4D (programmazione dei lavori), 5D (computi e valutazioni), come anche il 6D e 7D. In particolare, volendosi concentrare sulla quarta dimensione:

6.4.8 - Modalità di gestione della programmazione (4D-Programmazione)

Nella presente sezione il committente richiede all'affidatario di dichiarare, nella propria oGI e successivamente nel proprio pGI, la metodologia che intende utilizzare per la redazione e gestione dei dati di programmazione, schedulazione delle risorse e altro dell'intervento e loro collegamento ai modelli grafici (project management).

Il progettista dovrà quindi definire le modalità con le quali intende programmare la progettazione ed esecuzione dell'opera e relativa cantierizzazione. Inoltre, è tenuto a dichiarare quale metodologia intende utilizzare per la gestione dei dati di programmazione e il loro collegamento ai modelli grafici, descrivendo il flusso informativo tra i software di gestione e come intende mantenere la coerenza informativa tra il modello di coordinamento ed il modello costruttivo.

Si riportano nella norma alcune modalità adottate, in cui l'affidatario definisce:

- Le milestone relative allo specifico intervento, in funzione delle fasi in cui esso si articola, in accordo col committente;
- Le modalità per il collegamento degli oggetti 3D del modello alle relative attività della WBS, oltre a ogni elemento utile a descrivere come intende soddisfare i requisiti minimi descritti in questa sezione, così da creare una corrispondenza opportuna tra il modello e il programma dei lavori.

- I parametri 4D degli oggetti del modello informativo, poiché il modello informativo grafico dovrà essere sviluppato prevedendo la suddivisione delle opere in tratti elementari omogenei per tipologia, in maniera da consentire aggregazioni e/o disaggregazioni secondo la suddivisione per WBS (Work Breakdown Structure). Ad ogni oggetto del modello informativo grafico sono associati parametri di tipo testo coerenti con la WBS completa di schedulazione in modo da garantirne una univoca correlazione temporale.

Una particolare attenzione deve essere dedicata soprattutto in fase di progettazione esecutiva poiché per la progettazione esecutiva si richiede la verifica della costruibilità e della corretta gestione delle interferenze nella fase progettuale, tutto ciò può essere fatto tramite il modello 4D.
Il cronoprogramma allegato al progetto esecutivo dovrà essere collegato al modello BIM e tutti gli elementi per la tutela della sicurezza e salute sul lavoro e le fasi di cantiere del PSC (Piano di Sicurezza e Coordinamento) dovranno essere coordinati all'interno del modello. In questo paragrafo dovranno inoltre essere esplicitate le modalità di verifica e coordinamento dei vari modelli con il cronoprogramma dei lavori.

Nel caso in cui non sia stato precedentemente specificato, si può aggiungere anche:

- Definizione delle figure responsabili di tale aspetto e la loro relativa interconnessione con tutte le altre figure coinvolte;
- Definizione della metodologia di scambio e di coordinamento delle informazioni e la gestione di dati all'interno dell'ACDat (Ambiente di Condivisione Dati) e dell'ACDoc (Archivio di Condivisione Documenti);
- Definizione dei software responsabili dell'elaborazione e dell'estrazione delle informazioni, indicando quali sono stati impiegati per la modellazione e quali per la pianificazione delle attività.

7 – Esempio di Capitolato Informativo

In questo capitolo viene proposto un esempio di Capitolato Informativo relativo al caso di studio in appendice, nel quale sono stati compilati solo i punti, specificati in precedenza, che riguardano il modello 4D.

7.1 – Ruoli, responsabilità e autorità ai fini informativi

In questa sezione la Stazione Appaltante identifica i riferimenti delle figure presenti all'interno della propria struttura organizzativa, indicandone non solo il ruolo ma anche il nominativo e le relative responsabilità.

RUOLO	Responsabilità	Nominativo	Autorità	Telefono/Email	Competenze
Project Manager	Responsabile del procedimento	Da nominare	Stazione appaltante	…	…
BIM Specialist	Interfaccia sulle consegne BIM	Da nominare	Stazione appaltante	…	…

Quanto descritto nella tabella potrà essere modificato durante l'arco del procedimento. L'aggiudicatario dovrà recepire tali cambiamenti.

7.1.1 – Definizione della struttura informativa dell'affidatario e della sua filiera

L'Ente Appaltante richiede che per la progettazione dell'opera vengano utilizzate professionalità con specifiche competenze, sia per quanto concerne le singole discipline progettuali, che per tutto ciò che riguarda la gestione, il controllo e la creazione dei modelli digitali, anche riferendosi ai differenti Usi del Modello richiesti ed eventualmente integrati dal concorrente/aggiudicatario.

In conformità all'offerta del Proponente, all'interno dell'oGI dovranno essere indentificati i soggetti professionali e la struttura informativa del concorrente e di tutta la sua filiera, inserendo anche i *Curriculum Vitae* dei soggetti responsabili indicati. All'interno dei CV devono essere facilmente identificabili le esperienze collegate a processi di modellazione informativa. Il Concorrente delineerà un prospetto in cui indicherà tutti i soggetti, di tutta la filiera, che ricopriranno un ruolo nella modellazione informativa dell'opera. È richiesta almeno l'individuazione dei ruoli indicati nel seguente prospetto:

RUOLO	Descrizione
BIM Manager **Gestore delle Informazioni**	Opera a livello aziendale ed il suo ruolo è sostanzialmente strategico. Si occupa della gestione delle risorse, di direzionare lo sviluppo degli standard. Si interfaccia con la Stazione Appaltante. Responsabile per la gestione e per la manutenzione dell'ACDat, del suo contenuto e delle applicazioni informative in genere
BIM Coordinator **Coordinatore delle Informazioni**	È la figura gestionale del progetto ed è l'interprete nel contesto dello specifico metodo e degli specifici strumenti BIM. Responsabile per la declinazione delle regole generali di coordinamento informativo tra più modelli. Si interfaccia con gli organi superiori, quali il gestore delle informazioni e con i modellatori delle informazioni.
Project Delivery Manager / Document Controller	Coordina il processo di consegna delle informazioni (*delivery process*), l'accuratezza del modello e la rispondenza in termini temporali dell'andamento del progetto.
Responsabile per la sicurezza dei dati	Si occupa in maniera esclusiva della materia della protezione dei dati personali e dei dati inerenti al progetto, aggiornandosi sui rischi e le misure di sicurezza da adottare.
Team Manager Disciplinare	Figura responsabile del proprio team disciplinare. Coordina il proprio team e recepisce le indicazioni del BIM Coordinator e del BIM Manager. Controlla le consegne in capo al proprio team. Si può interfacciare anche con la stazione appaltante.
BIM Specialist Disciplinare	È una figura con un'altissima conoscenza del software, con mansioni specifiche su alcune attività e su determinate discipline.
BIM Modeler **Modellatore delle Informazioni**	Si occupa della modellazione informativa.

Inoltre, per ciascuno dei modelli informativi e/o per ciascuno degli usi dei modelli deve essere identificato un responsabile.

Il Concorrente è tenuto ad esplicitare sia nell'oGI, che nel successivo pGI, quale sia la struttura organizzativa, nell'ambito della modellazione informativa, di cui intende avvalersi per l'espletamento dell'incarico. A tal fine l'Appaltatore può avvalersi di uno schema tabellare simile a quello sopra riportato, eventualmente compilato in forma preliminare meno specifica nell'oGI e successivamente specificato dettagliatamente nel pGI, indicando i nominativi e i riferimenti di tutte le figure professionali coinvolte nell'intervento.

7.1.2 – Matrice di responsabilità

Per ognuna delle fasi progettuali, di seguito viene riportata una tabella contenente le informazioni relative al livello di coinvolgimento richiesto alle diverse figure professionali precedentemente individuate, evidenziato sottoforma di Matrice (RACI) dei Ruoli e Responsabilità, che deve essere compilata in sede di offerta dal Concorrente stesso, indicando per ogni attività i nominativi coinvolti e assegnando responsabilità e compiti.

Attività	Nominativo 1	Nominativo 2	Nominativo 3	Nominativo 4	Nominativo 5
Progettazione Architettonica	A	I	R	C	C
Progettazione Strutturale	A	R	I	C	I
Progettazione Impiantistica	A	I	I	I	R
…					

Le attività vengono riportate con un basso livello di dettaglio e dovranno essere oggetto di una più approfondita scomposizione da parte del concorrente, in funzione della WBS relativa all'intervento, in una successiva e più attenta fase di pianificazione, successiva alla stipula del contratto (Piano di Gestione Informativa).

7.2 – Infrastruttura Software

I software utilizzati dall'Affidatario dovranno essere basati su piattaforme interoperabili a mezzo di formati aperti non proprietari, in grado di importare, esportare e gestire oltre al formato proprietario, anche i file in formato aperto IFC. L'Affidatario è tenuto ad utilizzare i software, dotati di regolare contratti di licenza d'uso, proposti nella oGI che in caso di aggiudicazione consoliderà nel pGI. Qualsiasi aggiornamento o cambiamento di versioni del software da parte dell'Affidatario dovrà essere concordato ed autorizzato preventivamente con la Stazione Appaltante. Il concorrente deve definire in che modo i dati e le informazioni dei propri strumenti di authoring saranno predisposti e pubblicati in modo che sia garantito il loro utilizzo anche con l'infrastruttura del Committente.

All'interno dell'Offerta per la Gestione Informativa che l'Appaltatore dovrà redigere in risposta al presente Capitolato Informativo, dovrà essere riportata la dotazione software (con relative licenze) di cui dispone lo stesso Appaltatore per le attività necessarie alla realizzazione dell'oggetto dell'appalto.
La tabella di seguito deve essere compilata in sede di offerta, inserendo tutte le informazioni da fornire alla Stazione Appaltante.

Ambito	Disciplina	Software	Versione	Compatibilità con formati aperti
Modellazione Architettonica	Modellazione BIM	Autodesk Revit	Revit 2017	IFC 2x3 - 4
	Computo metrico	ACCA PriMus	PriMus 6.00	XLS, CSV, TXT
	Rendering	Autodesk Revit	Revit 2017	OBJ, PLY
	…			

Modellazione Strutturale	Modellazione BIM	Autodesk Revit	Revit 2017	IFC 2x3 - 4
	Analisi e calcolo			ODS, CSV
	…			
Modellazione Impiantistica	Modellazione BIM	Autodesk Revit	Revit 2017	IFC 2x3 - 4
	Analisi energetica			ODS, CSV
	…			
Model and Code checking	Aggregazione modelli in IFC	Autodesk Navisworks	Navisworks 2020	IFC 2x3 - 4, BCF
	Controllo interferenze	Autodesk Navisworks	Navisworks 2020	IFC 2x3 - 4, BCF
	Controllo incoerenze	Autodesk Navisworks	Navisworks 2020	IFC 2x3 - 4, BCF
	…			
Programmazione temporale	Pianificazione attività	Microsoft Project	Project 2019	XLS, CSV, PDF
	…			

Questa sezione verrà aggiornata durante la fase di progettazione e, se necessari, verranno integrati successivamente nuovi software.

7.3 – Fornitura e scambio di dati

7.3.1 – Formati da utilizzare

Viene richiesto dalla Stazione Appaltante che i flussi informativi avvengano, per quanto consentito ad oggi dallo stato dell'arte delle tecnologie informatiche, attraverso la condivisione di file in formato aperto UNI EN ISO 16739: 2016 (IFC).

In aggiunta, l'Appaltatore dovrà fornire parallelamente anche i file nei formati nativi dei modelli. A tal proposito viene richiesto di fornire indicazioni in merito alla tipologia dei formati forniti e l'obiettivo a cui fanno riferimento: si riporta di seguito una tabella, che il concorrente deve completare, ed eventualmente ampliare in sede di oGI, con indicazioni in merito ai diversi formati che dovranno essere forniti alla Stazione Appaltante.

Obiettivo	**Formato**		**Note**
	Aperto	**Proprietario**	
Modellazione BIM	IFC	RVT, RFA, RTE, RFT	
Rappresentazione grafica 2D	PDF, DXF	DWF, DWG, PNG, JPEG	
Revisione modelli e analisi interferenze	IFC, PDF	NWD, NWF	
Attività di computazione	XML, PDF	DCF	
Documenti di testo	PDF	DOCX	
Presentazioni	PDF	PPT	
Programmazione	PDF	MPP, XLS	

7.3.2 – Specifiche aggiuntive per garantire l'interoperabilità

Il formato IFC 2X3 sarà lo standard di interscambio di default. Qualora l'aggiudicatario decida di avvalersi di uno standard più aggiornato (IFC4 o più recente) dovrà comunicarlo tempestivamente alla committenza. Resta a carico dell'aggiudicatario l'aggiornamento o la reperibilità di piattaforme che supportino lo standard più aggiornato. I file IFC dovranno essere validati tramite procedure di controllo definite nel dettaglio all'interno del pGI.

I file IFC dovranno essere strutturati secondo le specifiche delle norme ISO 16739 con adeguati *parameter set* (*p-set*) che contengano le informazioni sufficienti allo stato corrispondente di avanzamento. I file in formato IFC, da consegnare in forma singola e in forma federata, saranno i modelli sui quali la committenza

provvederà ad effettuare procedure di verifica e validazione anche attraverso l'eventuale coinvolgimento di soggetti verificatori esterni.

Per l'utilizzo di formato file non proprietari, come nel caso del formato IFC, il concorrente è tenuto a precisare i "set di proprietà" che gli oggetti presenti nei modelli informativi devono possedere, in modo da garantire l'integrità dei dati nei passaggi dal formato proprietario a quello aperto.
Il set di proprietà relativo ai principali elementi di progetto fa riferimento all'Opera, alla Organizzazione, alla Fase, alla Disciplina, alla Zona; ma anche alla WBS, alla Programmazione (4D), all'Esecutore o subesecutore, alle Coordinate Geografichee alle Milestone di realizzazione.
La tabella che segue indica la modalità di lavoro che deve essere seguita dal Concorrente per specificare i set di proprietà nel caso di formati IFC:

Tipologia elemento formato proprietario	Classe IFC	Set di proprietà di default richieste	Set di proprietà non di default richieste
Muratura	IfcWall	Reference - (nome del tipo) Area - (parametro del tipo) FireRating - (parametro del tipo) ThermalTransmittance - (parametro del tipo) IsExternal - (parametro del tipo, indicato con sì/no) LoadBearing - (parametro dell'istanza) ExtendToStructure - (funzionamento)	AcousticRating (parametro del tipo) Combustible (parametro del tipo) SurfaceSpreadOfFlame (parametro del tipo) Compartmentation (parametro dell'istanza)

Durante la fase di progettazione i modelli disciplinari devono essere condivisi settimanalmente in formato IFC, in modo da garantire il più alto grado di interoperabilità informativa tra software e strumenti informativi adottati dai diversi attori che dovranno fruire, per differenti esigenze, delle informazioni dei modelli.

7.4 – Modalità di condivisione dei dati, dei modelli, dei documenti e degli elaborati

Secondo quanto riportato nell'articolo 4 comma 2 del DM MIT n°560 del 1.12.2017 i flussi informativi che riguardano la Stazione Appaltante e il relativo procedimento si svolgono all'interno di un ambiente di condivisione dei dati (ACDat-UNI 11337), 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.
Il concorrente all'atto dell'aggiudicazione dovrà predisporre una piattaforma collaborativa per l'intera durata della consegna che dovrà rimanere attiva per i successivi 6 mesi dalla conclusione della procedura di verifica e validazione del progetto esecutivo.
Resta a carico dell'Aggiudicatario ogni costo derivante dalla apertura, manutenzione e gestione della piattaforma, incluse le eventuali spese derivanti dalla creazione/manutenzione di un account utente per la stazione appaltante, per tutta la durata della commessa. Inoltre, l'Aggiudicatario provvederà ad erogare un piano di formazione per l'uso di tale piattaforma riservato ai dipendenti della Stazione appaltante che fruiranno dell'ACDat.

7.4.1 – Caratteristiche delle infrastrutture di condivisione

L'ACDat permette a dati, informazioni e contenuti informativi di essere condivisi tra tutti i membri del team di progetto. Per le specifiche dell'ACDat (CDE – Common Data Environment) l'aggiudicatario, nella figura del BIM Manager, dovrà far riferimento alle indicazioni contenute all'interno della Norma UNI 11337-5 e 11337-6. Per i flussi e le directory lo standard di riferimento è quello definito all'interno della BSI-PAS 1192-2:2013 (Articolo 9.2).

L'affidatario dovrà gestire l'ambiente di condivisione dati per ciascuna fase progettuale. Qualora si utilizzino differenti ACDat per le differenti fasi, si richiede comunque che ne venga attivato solo uno alla volta, in modo da evitare duplicazioni di informazioni. La convenzione di denominazione dei file adottata deve essere mantenuta all'interno dell'ACDat per tutte le tipologie di file. I dati, le informazioni e i contenuti informativi passano attraverso quattro fasi dell'ACDat corrispondenti alle seguenti directory: Work in Progress (WIP), Coordinamento, Pubblicazione e Archiviazione.
Nell'immagine seguente è descritta la struttura e il flusso di informazioni tra le directory di condivisione sulla base di quanto definito all'interno della PAS 1192-2.

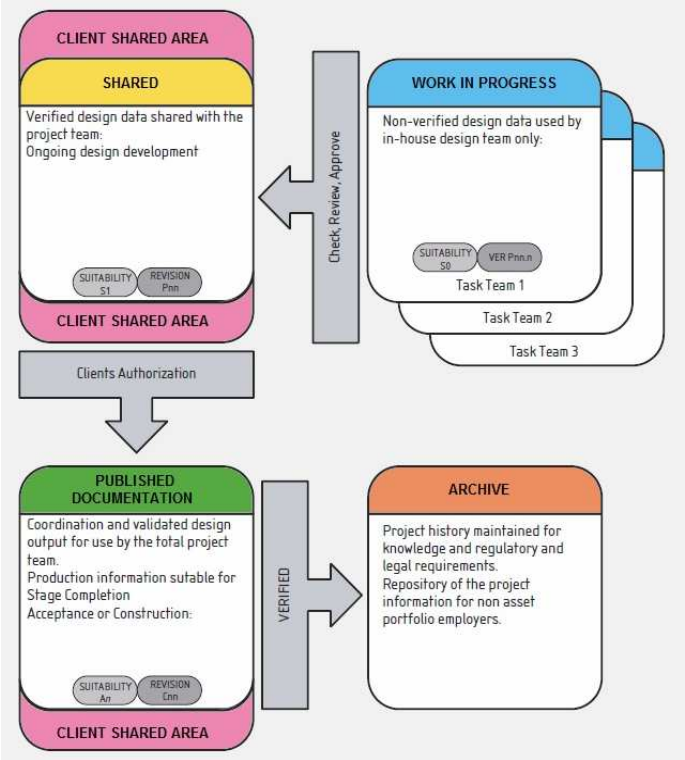


Figura 33 – Strutturazione del workflow relativo al Common Data Environment nella PAS 1192-2

- Directory Work in Progress (WIP): i membri del team di progetto disciplinari lavorano utilizzando i sistemi di condivisione propri dell'azienda in cui operano (su server e/o in cloud). Ogni Team disciplinare possiede il proprio WIP di cui è responsabile. L'affidatario è responsabile per la qualità dei dati, delle informazioni e dei contenuti informativi compresi in questa directory. Quando un dato, un'informazione, un contenuto informativo è pronto per essere integrato con le altre discipline, deve essere spostato nella directory Coordinamento.
- Directory Coordinamento (Shared): in questa fase dell'ACDat, i dati, le informazioni e i contenuti informativi sono condivisi tra i membri del team di progetto. Qui avviene l'integrazione tra le prestazioni specialistiche e disciplinari. I dati, le informazioni e i contenuti informativi vengono verificati in modo coordinato e integrato.
- Directory Pubblicazione (Published): In questa directory si trovano i dati, le informazioni e i contenuti informativi che devono essere sottoposti all'approvazione e alla revisione da parte della Stazione Appaltante e/o del verificatore. Questa è una directory condivisa tra i membri del progetto e anche dalla Stazione Appaltante. Qui vengono caricati i risultati delle prestazioni, compresi i modelli informativi in formato proprietario e in formato aperto, tutti i deliverables, come definito espressamente nel presente Capitolato Informativo.

- Directory Archiviazione (Archive): Quando i dati, le informazioni e i contenuti informativi sono stati revisionati, approvati e protocollati dalla stazione appaltante, la documentazione di progetto viene archiviata. Lo spazio Archiviazione è condiviso tra i membri del team di progetto e la stazione appaltante. In questa directory i dati, le informazioni e i contenuti informativi rimangono inattivi e definiscono la fine di un livello di progettazione e l'inizio del livello successivo.

La piattaforma scelta dovrà soddisfare i seguenti requisiti definiti dalla stazione appaltante:

- Accessibilità da parte di tutti gli attori coinvolti nel processo (con accesso nelle directory previste);
- Tracciabilità e successione storica delle revisioni apportate ai dati contenuti (*versioning*);
- Supporto per i formati interoperabili, e per i principali formati in uso nel processo;
- Possibilità di interrogare elementi ed estrapolare dati e contenuti informativi:
- Visualizzazione degli elaborati con possibilità di revisione degli stessi;
- Conservazione ed aggiornamento nel tempo;
- Garanzia di riservatezza e accuratezza.

Sarà onere dell'Aggiudicatario, nel ruolo del BIM Manager, predisporre un ambiente di condivisione dei dati con le caratteristiche sopra riportate. In particolare, il Responsabile per la sicurezza dei dati sarà responsabile della conservazione e mantenimento della copia di tutte le informazioni di progetto in una risorsa sicura e stabile all'interno della propria organizzazione e che renderà disponibile all'evenienza entro tre giorni lavorativi dalla richiesta da parte della stazione appaltante, la quale avrà accesso ai file nei formati specificati nel precedente punto e ad ogni altro documento o elaborato presente nell'ambiente di condivisione dei dati. Inoltre, sarà onere dell'Aggiudicatario anche caricare i dati, i documenti e gli elaborati sull'Ambiente di condivisione, esplicitando nell'oGI, il flusso di gestione delle informazioni da e verso l'ACDat, nonché le regole di organizzazione e gestione dell'ACDat.

L'Affidatario, nella persona del gestore delle informazioni, così come definito nell'organigramma di progetto, è a capo della gestione dell'ACDat fino al termine del contratto. Non sono previsti oneri aggiuntivi per l'acquisto e la gestione dell'ACDat da parte dell'Affidatario. Tutti i soggetti coinvolti devono utilizzare le informazioni condivise attraverso l'ambiente di condivisione dei dati per convalidare il modello BIM nelle fasi principali del progetto.

Il BIM Manager individuato dall'Affidatario deve proporre anche il sistema di codifica per la gestione dei dati, delle informazioni e dei contenuti informativi che intenderà utilizzare nel corso del progetto, fermo restando che esso potrà essere modificato in accordo con le esigenze della Stazione Appaltante. Sarà cura e responsabilità dell'Affidatario garantire un coerente iter informativo durante gli stadi e le fasi del processo, curandone l'integrità dei dati. Le eventuali modifiche alla denominazione o alla struttura dell'area di lavoro dell'ACDat devono essere esplicitamente concordate con la Stazione Appaltante.
L'ambiente di condivisione dei dati per il presente progetto, la denominazione dei file e la struttura di localizzazione saranno indicati nell'Offerta di Gestione Informativa.

7.4.2 – Denominazione dei file e degli oggetti

Il sistema di denominazione dovrà riguardare ogni singolo file, modello ed in generale estrazione che viene effettuata durante il processo. Ogni singolo sistema, componente e materiale dovrà riportare un sistema di *naming* strutturato. Allo stesso modo livelli, tavole e quote di riferimento dovranno essere armonizzati secondo un unico sistema di denominazione. Anche i nomi dei parametri dovranno avere una nomenclatura specifica e allineata tra i vari team di progetto.

I vari standard andranno definiti all'unisono con la Stazione Appaltante alla stesura del pGI su apposita sezione dedicata che riporterà la denominazione come da tabella seguente:

Campo 1		Campo 2		Campo 3		Campo 4		Campo 5
ID progetto		Tipo di progettazione/ Fase		Tipo di modello		Disciplina		Revisione
AURIM01	_	**Pd**	_	**M**	_	**ARC**	_	**R01**

Verrà definito di comune accordo con la Committenza un codice identificativo di progetto (ID Number), invariante, da assegnare all'intestazione di ogni modello, elaborato ed estrazione. Il codice andrà mantenuto in tutte le fasi di lavoro. Per gli elaborati e per tutte le consegne (*deliverables*) sarà predisposto un codice univoco documentale con lo scopo di una rapida individuazione del file. Sarà compito dell'Affidatario definire il codice univoco documentale.
Modelli ed elaborati che non rispettano le linee guida di Naming e Classification definite dal pGI del Concorrente non saranno autorizzati dalla committenza.

Per la denominazione di oggetti la stazione appaltante definisce le seguenti linee guida:

- Ogni famiglia di componente deve avere un nome univoco;
- Si utilizzi un linguaggio naturale per nominare la famiglia;
- Non si si includa la categoria della famiglia di componente nel suo nome;
- I nomi dovranno essere il più brevi possibili;
- Non si utilizzino spazi nei nomi, ma simboli come il trattino basso (_) o alto (-);
- Cataloghi del tipo saranno messi a disposizione alla consegna dei file;

Nello schema seguente si riporta un esempio di denominazione per famiglia di componente:

Campo 1		Campo 2		Campo 3		Campo 4		Campo 5		Campo 6
Tipo Funzionale		Sottotipo		Produttore		Descrittore 1		Descrittore 2		Descrittore 3
Finestra	_	**Doppia-Anta**	_	**ACME***	_	**Vasistas**	_	**PVC**	_	**Opzionale**

7.5 – Individuazione delle Milestones dell'intervento

L'Appaltatore è tenuto a redigere i seguenti documenti che hanno validità contrattuale:

- WBS di dettaglio, sviluppata dalla WBS di progetto, in formato cartaceo ed elettronico (in un formato tra quelli indicati al punto "Formati da utilizzare");
- WBS revisionata in caso di variazioni alle lavorazioni contrattualmente previste, in formato cartaceo ed elettronico (in un formato tra quelli indicati al punto "Formati da utilizzare");
- Programma Temporale dei Lavori - Cronoprogramma in formato cartaceo ed elettronico (in un formato tra quelli indicati al punto "Formati da utilizzare");
- Programma Temporale dei Lavori - Cronoprogramma revisionato in caso di variazioni alle lavorazioni contrattualmente previste, sia in formato cartaceo sia elettronico (in un formato tra quelli indicati al punto "Formati da utilizzare");

La WBS deve essere costituita da una tabella strutturata come nel documento WBS di progetto. In particolare, ad ogni elemento della WBS deve essere associato un codice e una descrizione L'Appaltatore completerà la WBS di cui sopra con i necessari elementi di dettaglio, ossia di livello minimo, tenendo conto che tale grado di dettaglio dovrà essere poi utilizzato dal Project Delivery Manager per la verifica sia delle attività del programma, sia degli Stati di Avanzamento Lavori.

Il Programma Temporale dei Lavori (Cronoprogramma) dovrà essere così redatto:

- contenere almeno tutte le attività di livello minimo della WBS;
- contenere le milestones "Consegna lavori" e "Termine di ultimazione contrattuale" nonché eventuali altri milestones ("Termini intermedi") contrattualmente previsti;
- tutte le attività devono avere direttamente o indirettamente attraverso la relativa attività di riepilogo almeno un Predecessore ed un Successore e il relativo legame deve essere del tipo "Fine–Inizio";
- tutte le attività, ad eccezione dei milestone, devono essere programmate con un vincolo del tipo "Iniziare il più presto possibile";

Nell'oGI il Concorrente deve predisporre un proprio Cronoprogramma dei lavori, che costituirà il Cronoprogramma contrattuale dei lavori. Tale Cronoprogramma, presentato in sede di offerta, oltre a contenere le milestones "Consegna lavori" e "Termine di ultimazione contrattuale", dovrà obbligatoriamente riportare le seguenti milestone intermedie:

Milestone	Data di inizio stimata	Data di fine stimata
Consegna lavori	21/02/2019	22/02/2019
Consegna progettazione esecutiva	25/05/2019	26/05/2019
Apertura cantiere	29/05/2019	31/05/2019
Completamento delle strutture di fondazione	01/06/2019	06/06/2019
Completamento delle strutture in elevazione in C.A.	07/06/2019	12/06/2019
Completamento tamponatura esterna	13/06/2019	17/06/2019
Completamento tramezzatura interna	18/06/2019	19/06/2019
Completamento impianti	20/06/2019	21/06/2019
Completamento finiture	24/06/2019	04/07/2019
Termine di ultimazione contrattuale	05/07/2019	06/07/2019

L'attività di definizione delle milestones ha come input diversi requisiti del presente capitolato:

- requisiti temporali, che definiscono i tempi relativi a ciascuna fase e il numero degli utenti per ciascuna tipologia di infrastruttura hardware e/o software prevista;
- requisiti per la gestione delle attività, in termini organizzativi e di competenza dell'aggiudicatario, di modalità operative e di processo.

Il Cronoprogramma dei lavori, presentato in sede di offerta, in caso di aggiudicazione, sarà considerato a tutti gli effetti il Cronoprogramma Lavori contrattuale e sarà la base su cui elaborare il programma esecutivo dei lavori.

Ai sensi dell'articolo 43, comma 10, del d.P.R. n. 207 del 2010, entro i termini per la consegna della progettazione esecutiva di cui all'articolo 14, comma 3, e comunque prima dell'inizio dei lavori, l'appaltatore è tenuto a consegnare alla direzione lavori un proprio programma esecutivo dei lavori, elaborato in relazione alle proprie tecnologie, alle proprie scelte imprenditoriali e alla propria organizzazione lavorativa e rispetto a quanto presentato in sede di gara; tale programma deve riportare per ogni lavorazione, le previsioni circa il periodo di esecuzione nonché l'ammontare presunto, parziale e progressivo, dell'avanzamento dei lavori alle date contrattualmente stabilite per la liquidazione dei certificati di pagamento deve essere coerente con i tempi contrattuali di ultimazione e deve essere approvato dalla direzione lavori, mediante apposizione di un visto, entro cinque giorni dal ricevimento. Trascorso questo termine senza che la direzione lavori si sia pronunciata il programma esecutivo dei lavori si intende accettato, fatte salve palesi illogicità o indicazioni erronee incompatibili con il rispetto dei termini di ultimazione.

7.6 – Modalità di collegamento degli oggetti 3D alla WBS

7.6.1 – Sviluppo dei modelli

Il modello informativo grafico dovrà essere sviluppato prevedendo la suddivisione delle opere in tratti elementari omogenei per tipologia, in maniera da consentire aggregazioni e disaggregazioni secondo la suddivisione per WBS (Work Breakdown Structure).
L'Appaltatore, nelle figure del BIM Modeler e del BIM Specialist, è tenuto ad utilizzare i diversi modelli prodotti come dei "contenitori di dati", indicizzati secondo gli elementi tecnici della WBS redatta. Si riportano di seguito degli esempi per individuare le modalità di modellazione che l'Appaltatore è tenuto a seguire per una costruzione ottimale dei modelli in modo che questi possano essere in grado di raggiungere gli obiettivi di progetto prefissati.
Nel presente punto vengono elencano i criteri fissati dalla Stazione Appaltante per la modellazione di alcuni elementi, a titolo di esempio:

- I muri non potranno essere modellati introducendo i singoli strati all'interno di ogni elemento ma occorre creare un muro per ogni strato (struttura, finitura, ecc.). Deve essere adottata questa separazione in quanto ogni elemento del pacchetto murario presenta un codice di elemento tecnico diverso nella WBS.

- Seguendo la logica precedentemente indicata, i pilastri non potranno essere realizzati in serie, usufruendo di un griglia di riferimento, dalle fondazioni fino al livello di copertura. I vari elementi dovranno invece essere realizzati singolarmente, in maniera tale da poter identificare ogni pilastro, con il codice di elemento tecnico presente nella WBS. Anche in questo caso struttura e finitura, come sopra, devono presentare codici differenti di elemento tecnico.

Questi criteri devono essere adottati per la creazione di ciascun elemento presente all'interno del modello. Definire la collocazione di ogni singolo elemento tecnico semplifica inoltre la generazione degli abachi, in modo che il BIM Modeler, designato dall'Appaltatore, possa verificare istantaneamente il corretto inserimento di ciascun elemento, durante l'intera fase di modellazione.

7.6.2 – Parametri 4D degli oggetti del modello

Ad ogni elemento del modello informativo grafico dovranno essere associati parametri di tipo testo coerenti con la WBS completa di schedulazione, in modo da garantirne una univoca correlazione temporale. Seguendo i criteri per la modellazione fissati nel punto precedente, l'Appaltatore è tenuto alla creazione di un database per la programmazione che risulti di rapida gestione e flessibile. Per fare ciò è necessario seguire uno schema standard per l'inserimento dei dati facenti capo ad ogni elemento tecnico, il quale dovrà essere illustrato nella propria oGI e successivamente nel proprio pGI.
Viene fatta richiesta, dalla Stazione Appaltante, che i dati relativi a ciascun elemento tecnico siano inseriti all'interno delle proprietà di ogni singolo tipo di famiglia, modellata all'interno del software impiegato. In questo modo viene reso possibile l'associazione della WBS al modello BIM realizzato in precedenza. Avendo adottato una strategia di modellazione volta alla creazione di modelli come "contenitori di dati" è dovere dell'Appaltatore, e in particolare del BIM Specialist, procedere all'inserimento dei dati contenuti nella WBS di progetto all'interno dei modelli, utilizzando il seguente metodo:

- ID Voci WBS: il codice presente nella corrispondente voce della WBS deve essere assegnato alla voce "Keynote" delle proprietà del tipo;

- Elemento tecnico: la descrizione dell'elemento tecnico della WBS è deve assegnata alla voce "Model" delle proprietà del tipo;

- Localizzazione: la localizzazione impostata nella WBS è deve essere assegnata alla voce "Manufacturer" delle proprietà del tipo.

Questa operazione, in fase di modellazione, deve essere ripetuta per tutti gli elementi tecnici individuati nella WBS, creando così un corrispondente elenco strutturato direttamente all'interno del software.

La fase successiva di inserimento dei dati deve riguardare specificatamente le lavorazioni e i relativi codici, che appartengono alle voci di lavoro presenti nella WBS. All'interno del "Material Browser" del software impiegato, nel quale viene riportata la libreria virtuale contenente tutti i materiali del progetto, l'Appaltatore deve istituire una corrispondenza biunivoca tra i materiali impiegati e le lavorazioni riportate nella WBS e nel listino prezzi. L'inserimento dei dati in questa fase avviene con le stesse modalità descritte sopra:

- ID Listino: il codice presente nella corrispondente voce del listino prezzi deve essere assegnato alla voce "Name" delle proprietà del materiale;
- Nome: il nome presente nella corrispondente voce del listino prezzi deve essere assegnato alla voce "Description" delle proprietà del materiale;
- Descrizione: la descrizione presente nella corrispondente voce del listino prezzi deve essere assegnata alla voce "Comments" delle proprietà del materiale;
- Fornitore: le informazioni sul fornitore presenti nella corrispondente voce del listino prezzi devono essere assegnate alla voce "Manufacturer" delle proprietà del materiale.

Per implementare i dati contenuti nel modello la Stazione Appaltante ritiene utile che vengano inseriti anche i campi relativi ai costi specifici di ogni singola lavorazione, anch'essi riportati nel listino prezzi, in modo da creare una adeguata corrispondenza nel passaggio tra l'elaborato della WBS e il Computo Metrico Estimativo:

- Unità di Misura: le unità di misura relative a ciascuna lavorazione presente nel listino prezzi deve essere assegnata alla voce "Model" delle informazioni del relativo materiale;
- Prezzo unitario delle Lavorazioni: il prezzo unitario relativo a ciascuna lavorazione, fissato dal Costruttore, presente nel listino prezzi deve essere assegnato alla voce "Cost" delle informazioni dei relativi materiali;
- Oneri della Sicurezza: gli oneri per la sicurezza relativi a ciascuna lavorazione presenti nel listino prezzi devono essere indicati alla voce "Keynote" delle informazioni dei relativi materiali;
- Percentuale di incidenza della Manodopera: la percentuale di incidenza della manodopera indicata dal Costruttore nel listino prezzi per ogni lavorazione deve essere riportata alla voce "Mark" delle informazioni dei relativi materiali.

Il database, una volta ultimata la fase di inserimento dati, fornisce un collegamento biunivoco, che risulterà particolarmente pratico non solo nella fase di progettazione ma anche negli interventi di manutenzione durante l'intero ciclo di vita dell'opera. Questo collegamento diretto permette di apportare modifiche ad abachi o tavole specifiche, implicando automaticamente l'intero progetto e comunicando tali variazioni a tutte le figure coinvolte. La Stazione Appaltante richiede quindi che questa capacità "associatività bidirezionale" sia il principio funzionale sul quale si intende basato l'intero processo di modellazione eseguito da parte del BIM Modeler con la collaborazione del BIM Specialist, opportunamente individuati dall'Appaltatore.

7.7 – Processo di analisi e risoluzione delle interferenze e delle incoerenze informative

L'Appaltatore condivide nell'Ambiente di Condivisione dei Dati tutti gli elaborati e modelli informativi durante lo svolgimento delle attività di progettazione esecutiva e costruttiva, nonché tutti gli elementi (relazioni, report, modelli, elaborati, ecc.) utili al monitoraggio delle seguenti attività principali, con specifico riferimento all'utilizzo di modelli informativi:

- coordinamento tra modelli grafici e tra modelli grafici ed altri modelli ed elaborati attraverso: analisi e controllo delle interferenze fisiche e informative (Clash Detection)
- analisi e controllo delle incoerenze informative model e code checking
- risoluzione delle incoerenze e delle interferenze.

7.7.1 – Interferenze geometriche di progetto

I modelli informativi grafici coordinati con l'avanzamento delle opere supportano il processo decisionale di risoluzione delle eventuali interferenze geometriche nel corso della realizzazione dell'opera.
In questa sezione la Stazione Appaltante richiede al Concorrente di indicare la metodologia con cui intende procedere al controllo delle interferenze (Hard Clash e Soft Clash) dei modelli informativi. In particolare, si richiede di indicare:

- Una definizione iniziale di matrice delle Clash Detection (Clash Detection Matrix);
- La piattaforma di Clash Detection scelta;
- La procedura con cui i vari *issues* sono catalogati e comunicati ai vari team responsabili;
- Come si intende coinvolgere la committenza nella risoluzione dei principali *issues* rispetto ai software già in possesso;
- Come intende integrare la risoluzione degli *issues* con la piattaforma di collaborazione;

L'analisi delle interferenze dovrà essere rivolta alla gestione del progetto in base alle fasi di lavorazione e al piano della progettazione. Il calendario delle attività di Clash Detection rispecchierà di conseguenza le milestones stabilite dal team di coordinamento e progettazione, anticipandole di almeno 10 giorni lavorativi. Nel corso di questi 10 giorni lavorativi, il BIM Manager analizzerà i modelli, individuandone le incongruenze (sia nei contenuti geometrici che informativi) e sarà tenuto a segnalarle attraverso appositi report, al team di progettazione. Successivamente l'intero gruppo di lavoro costituito da BIM Manager e team di progettazione, si occuperà delle problematiche mediante appositi workshop operativi, andando ad analizzare ogni criticità rilevata e assegnando la risoluzione al gruppo di lavoro idoneo. Si richiede che i modelli vengano adeguati entro 5 giorni lavorativi dalla rispettiva milestone, in modo da permettere al BIM Manager di verificare gli aggiornamenti e di validare la consistenza dei modelli.

Di seguito si riporta la matrice delle Clash Detection, suddivisa per discipline e per indici di priorità (H=livello alto di priorità, C=basso livello di priorità, N/A=verifica non richiesta).

		Architettonico			Strutture		Meccanico			Elettrico		Idraulico	Sicurezza	
		Facciate	Pareti	Soffitti	Pilastri	Travi	Ductwork	Piping	Fixtures	Passag. cavi	Illuminazione	Piping	Equipment	Antincendio
Architettonico	Facciate													
	Pareti	H												
	Soffitti	C	H											
Strutture	Pilastri	H	C	H										
	Travi	C	C	H	H									
Meccanico	Ductwork	N/A	C	C	N/A	N/A								
	Piping	C	H	N/A	C	N/A	H							
	Fixtures	H	N/A	N/A	C	C	C	N/A						
Elettrico	Passag. cavi	N/A	H	C	H	H	C	C	C					
	Illuminazione	N/A	N/A	H	N/A	N/A	C	N/A	C	N/A				
Idraulico	Piping	C	C	N/A	H	H	H	C	H	H	N/A			
Sicurezza	Equipment	C	C	H	C	C	C	C	H	H	C	C		
	Antincendio	N/A	H	C	N/A	N/A	C	N/A	H	H	C	N/A	C	

Sulla base dell'indice delle priorità è possibile individuare possibili Work Packages in funzione dei carichi di lavoro e della fase progettuale. Tuttavia, la convalida finale prenderà in esame tutte le interferenze proposte nella matrice indipendentemente dall'indice di priorità associato.

7.7.2 – Incoerenze informative di progetto

I modelli informativi grafici coordinati con l'avanzamento delle opere supportano il processo decisionale relativo alla attendibilità delle informazioni relative principalmente agli aspetti quantitativi e temporali nel corso della realizzazione dell'opera.

L'analisi delle incoerenze è destinata al controllo e all'accertamento dei contenuti informativi dei modelli BIM. La compilazione del modello è da intendersi come attività integrativa al processo di coordinamento del progetto e verifica di coerenza rispetto alle normative. Una scorretta o inefficace trascrizione dei dati renderebbe inutile il processo di coordinamento attraverso i modelli, venendo meno agli obiettivi dichiarati all'interno di questo stesso documento. Perciò, sarà cura del BIM Manager monitorare la correttezza delle modalità di compilazione dei dati e ottimizzarne il processo di scrittura all'interno del modello, mentre la correttezza dei dati è una responsabilità a carico dei referenti delle singole discipline e del validatore finale del progetto. Il processo di verifica delle incoerenze integra il coordinamento aspetti progettuali legati ad ambiti normativi ma non può sostituire totalmente le normali procedure di verifica del progetto, che restano sotto la responsabilità dei progettisti.

Di seguito si riporta la matrice di verifica delle incoerenze:

		ENAC	Paesaggistica	SLU	Barriere architettoniche	Igiene	Sicurezza	Sismica	Antincendio	Risparmio energetico	Acustica	Vincoli contrattuali	Vincoli progettuali	Vincoli costruttivi
Architettonico	**Oggetto**	No	No	No	Si	No	No	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Modello	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si	Si
	Elaborati	Si	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	Si	Si	Si	Si
Strutture	**Oggetto**	No	No	No	No	No	No	Si	Si	No	No	Si	Si	Si
	Modello	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si	Si	No	No	Si	Si	Si
	Elaborati	No	No	No	No	No	No	Si	Si	No	No	Si	Si	Si
Meccanico	**Oggetto**	No	No	No	No	Si	No	No	No	Si	Si	Si	Si	Si
	Modello	No	No	No	No	SI	No	No	No	Si	Si	Si	Si	Si
	Elaborati	No	No	No	No	Si	No	No	No	Si	Si	Si	Si	Si
Elettrico	**Oggetto**	No	No	No	No	No	No	No	Si	No	No	Si	Si	Si
	Modello	No	No	No	No	No	No	No	Si	No	No	Si	Si	Si
	Elaborati	No	No	No	No	No	No	No	Si	No	No	Si	Si	Si
Idraulico	**Oggetto**	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Si	Si	Si
	Modello	No	No	No	No	Si	No	No	No	No	No	Si	Si	Si
	Elaborati	No	No	No	No	No	No	No	No	No	No	Si	Si	Si
Antincendio	**Oggetto**	No	No	No	No	No	No	No	Si	No	No	Si	Si	Si
	Modello	No	No	No	No	No	No	No	Si	No	No	Si	Si	Si
	Elaborati	No	No	No	No	No	No	No	Si	No	No	Si	Si	Si

La matrice è suddivisa per disciplina e per oggetto di verifica:

- Oggetto: singolo elemento 3D appartenente ad un modello
- Modello: insieme di elementi 3D
- Elaborati: elaborati grafici, che possono essere estratti da modello o prodotti senza utilizzo del modello

Tale diversificazione è imprescindibile al fine di individuare le modalità di verifica da parte del BIM Manager. Il workflow previsto per la verifica delle incoerenze è del tutto simile a quello indicato per la verifica delle interferenze, dato che le attività sono da considerarsi in parallelo (così come il calendario). Al fine di rendere efficienti le attività di verifica del modello occorre che il team di progettazione fornisca dati e requisiti almeno con 5 giorni di anticipo (15 giorni lavorativi rispetto alle milestones di progetto) rispetto all'inizio delle attività di Clash Detection e model checking.

Sarà compito del BIM Manager riportare alla Stazione Appaltante eventuali incoerenze individuate all'interno dei modelli informativi, confrontati con le informazioni contenute nella documentazione in formato tradizionale (tavole 2D, relazioni, ecc.). In ogni caso, in presenza di una chiara difformità, dovranno essere considerate come valide le informazioni contenute all'interno della documentazione in formato tradizionale.

7.7.3 – Definizione delle modalità di risoluzione di interferenze e incoerenze

Viene fatta richiesta all'Appaltatore di descrivere le modalità con le quali, durante tutto il periodo di esecuzione dell'opera, intende affrontare la risoluzione di eventuali interferenze e incoerenze riscontrate all'interno dei modelli.

Il Concorrente specificherà nella oGI ogni elemento utile a descrivere come intende soddisfare i requisiti minimi descritti in questa sezione, oltre a dettagliare eventuali specifiche migliorie. Ogni miglioria sarà valutata come fattore premiante.

8 – Conclusioni e sviluppi futuri

Per procurare tutti gli strumenti necessari, in modo da poter comprendere al meglio il vero significato dell'acronimo Building Information Modeling e tutto ciò che esso rappresenta, è stato fondamentale sviluppare inizialmente un'ampia trattazione teorica inerente ai diversi aspetti a cui è legata questa innovativa tecnologia di progettazione.
Il punto di forza dell'elaborato risulta essere non tanto tale trattazione teorica, quanto piuttosto l'applicazione concreta della metodologia BIM attraverso la progettazione del caso di studio presente in appendice.

Nello sviluppo dell'argomentazione, si ritiene di aver fatto emergere le potenzialità della progettazione di tipo BIM, in particolare attraverso la realizzazione di un modello BIM 4D, mediante il quale, si è voluto evidenziare come in molti casi per i professionisti che partecipano ad un progetto risulta complicato valutare l'attuabilità o la qualità di una pianificazione sulla base di una metodologia tradizionale, come nel caso del diagramma di Gantt. La simulazione prodotta con l'ausilio di Autodesk Navisworks dimostra come sia possibile avere una corretta acquisizione delle componenti spaziali delle attività di pianificazione all'interno del modello e di come le varie lavorazioni possano essere collegate direttamente al progetto; tramite un operazione basata sull'inserimento dei dati della WBS redatta, nel modello stesso, ottenendo così un modello parametrico, indicizzato secondo gli elementi tecnici contenuti nella WBS, che può essere considerato a tutti gli effetti un vero e proprio database da cui è possibile ricavare tutte le informazioni necessarie. Queste sono operazioni di notevole importanza dal punto di vista pratico, poiché permettono ai soggetti coinvolti una comprensione immediata della pianificazione e del suo impatto sulla logistica di cantiere.
Autodesk Navisworks si è dimostrato uno strumento decisamente utile per la creazione di modelli BIM 4D, infatti, permettendo di verificare anche la Clash Detection, ovvero un controllo accurato delle interferenze, che rappresenta un passaggio fondamentale per individuare i problemi e risolverli quando ancora si è nella fase di progettazione, in modo da evitare le perdite di tempo ed i costi aggiuntivi che invece andrebbero affrontati in caso di rilevazione della criticità a cantiere aperto. Sotto il lato gestionale la procedura illustrata mostra tutti i suoi vantaggi; ogni fase affrontata in questo lavoro è facilmente modificabile agendo sulle variabili di progetto, le quali faranno variare in maniera automatica anche il modello e la Timeline; qualità che si rivela fondamentale per una progettazione più dinamica possibile, che nel caso in cui debbano essere apportate variazioni, anche in corso d'opera, favorisce una notevole diminuzione dei tempi e di conseguenza dei costi, rispetto alle modalità tradizionali che risultano essere molto più statiche.

La figura del Project Manager, propensa a gestire un grande flusso di informazioni, troverà in questa procedura un ottimo aiuto per il coordinamento del personale, la gestione dei costi e anche per la schedulazione delle risorse. Le maggiori potenzialità di un simile processo riguardano la riduzione degli errori di cantiere ed i costi ad esso collegato. Infatti, attraverso la tecnologia BIM, tutti i soggetti che partecipano al processo progettuale lavorano in modo simultaneo condividendo uno stesso modello informativo, in maniera tale da ridurre al minimo la perdita di informazioni favorendo un flusso di lavoro molto più snello e veloce poiché, sfruttando la suddetta metodologia, in qualsiasi momento dell'intero ciclo di vita del progetto, quindi non solo durante la fase di progettazione, sono disponibili tutte le informazioni necessarie che consentono di ridurre al minimo l'insorgere di errori e soprattutto anche l'entità delle relative conseguenze. Basti pensare che se non si è in grado di ottenere un adeguato livello di coordinamento di tutte le figure professionali adoperate per la realizzazione di un processo, si avrebbero grandi perdite in termini di efficienza; con più figure, che essendo mal coordinate, lavorerebbero sulle stesse porzioni del progetto facendone lievitare di conseguenza tempi e costi.

Quindi, la realizzazione di un modello BIM parametrico, inteso come un vero e proprio "contenitore di dati", supera di gran lunga sotto tutti i punti di vista il classico metodo di progettazione, bidimensionale e tridimensionale, attraverso i tradizionali software CAD.

La metodologia BIM, essendo basata proprio sui concetti di interoperabilità e di collaborazione tra i diversi attori nelle fasi del ciclo di vita dell'opera, necessita di un adeguato metodo comunicativo contrattuale per garantire scambi informativi efficaci. A tale scopo, è stato introdotto il Capitolato Informativo, un documento che si configura come uno strumento di indirizzo per regolamentare il consistente scambio di dati ed informazioni che deve avvenire all'inizio di ogni processo. È quindi evidente come l'apporto del Capitolato Informativo ad una gara d'appalto sia di fondamentale necessità, poiché al suo interno sono raggruppate tutte le tematiche sulla digitalizzazione del processo. Proprio per questo motivo la sua importanza non può essere sottovalutata, infatti il Capitolato Informativo non ha un mero valore contrattuale, pertanto serve non solo a definire in maniera evidente le regole e gli obiettivi di progetto da raggiungere, ma anche a pianificare il lavoro secondo una procedura collaborativa e di condivisione, che coinvolga tutti i soggetti; e quindi non solo i tecnici specializzati ma anche i committenti e i produttori, in modo tale da rendere visibile a tutti ciò a cui si sta puntando, garantendo una maggiore consapevolezza in materia. In definitiva, si potrebbe definire quasi come un trait d'union fra il passato ed il presente, ovvero, il punto iniziale di una commessa sviluppata secondo l'innovativa metodologia BIM.

La possibilità di lavorare secondo i criteri del BIM mi ha permesso di riscontrare personalmente le potenzialità di questi strumenti. Nel corso della trattazione ci si è concentrati solo su una piccola parte di quello che è l'universo BIM, andando a valutare soltanto una delle svariate dimensioni da cui è composto; però sulla base dei vantaggi riscontrati è evidente come una metodologia di lavoro simile possa risultare vantaggiosa anche per tanti altri aspetti della progettazione.

In conclusione, avendo sviluppato l'intero elaborato adottando una modalità di progettazione BIM che può essere definita "sperimentale", si vuole sottolineare come, nonostante i software impiegati si siano rivelati di grande aiuto nella gestione dell'intero processo, alcune funzionalità necessitino di essere implementate per contribuire ad un ulteriore miglioramento di questo tipo di progettazione così innovativo.
Una delle maggiori carenze, nell'ambito della modellazione 4D, riguarda la procedura manuale di associazione degli elementi del modello alle attività di progetto, poiché specialmente se si ha a che fare con modelli particolarmente complessi e ricchi di elementi, questa operazione potrebbe risultare ripetitiva e soprattutto potrebbe portare anche a compiere degli errori. Sarebbe quindi necessario sviluppare una relazione più stretta tra elementi e attività, in modo da poter creare un processo che possa sfruttare un livello maggiore di automazione, favorendo così anche una riduzione dei tempi e il cui scopo principale risulterà essere quello di ridurre a zero gli errori dovuti all'inserimento manuale dei dati.
Perciò, la speranza è che nel corso dei prossimi anni, parallelamente a ciò che è avvenuto nell'ultimo decennio sotto questo punto di vista, si cerchi di progredire in maniera significativa con lo sviluppo e l'innovazione in questo ambito in modo tale da affinare ulteriormente le capacità e le potenzialità di tale tecnologia, così da avere a disposizione strumenti ancora più efficienti e che possano essere diffusi in maniera uniforme, anche su tutto il territorio nazionale, in maniera tale da poter creare un nuovo modo di occuparsi della gestione di un progetto, che sia più completo e automatizzato possibile.

9 – Bibliografia

Normative

- UNI 11337:2017 *"Edilizia e opere di ingegneria civile – Gestione digitale dei processi informativi delle costruzioni"*
- UNI 11648:2016 "*Attività professionali non regolamentate - Project manager - Definizione dei requisiti di conoscenza, abilità e competenza*"

Testi

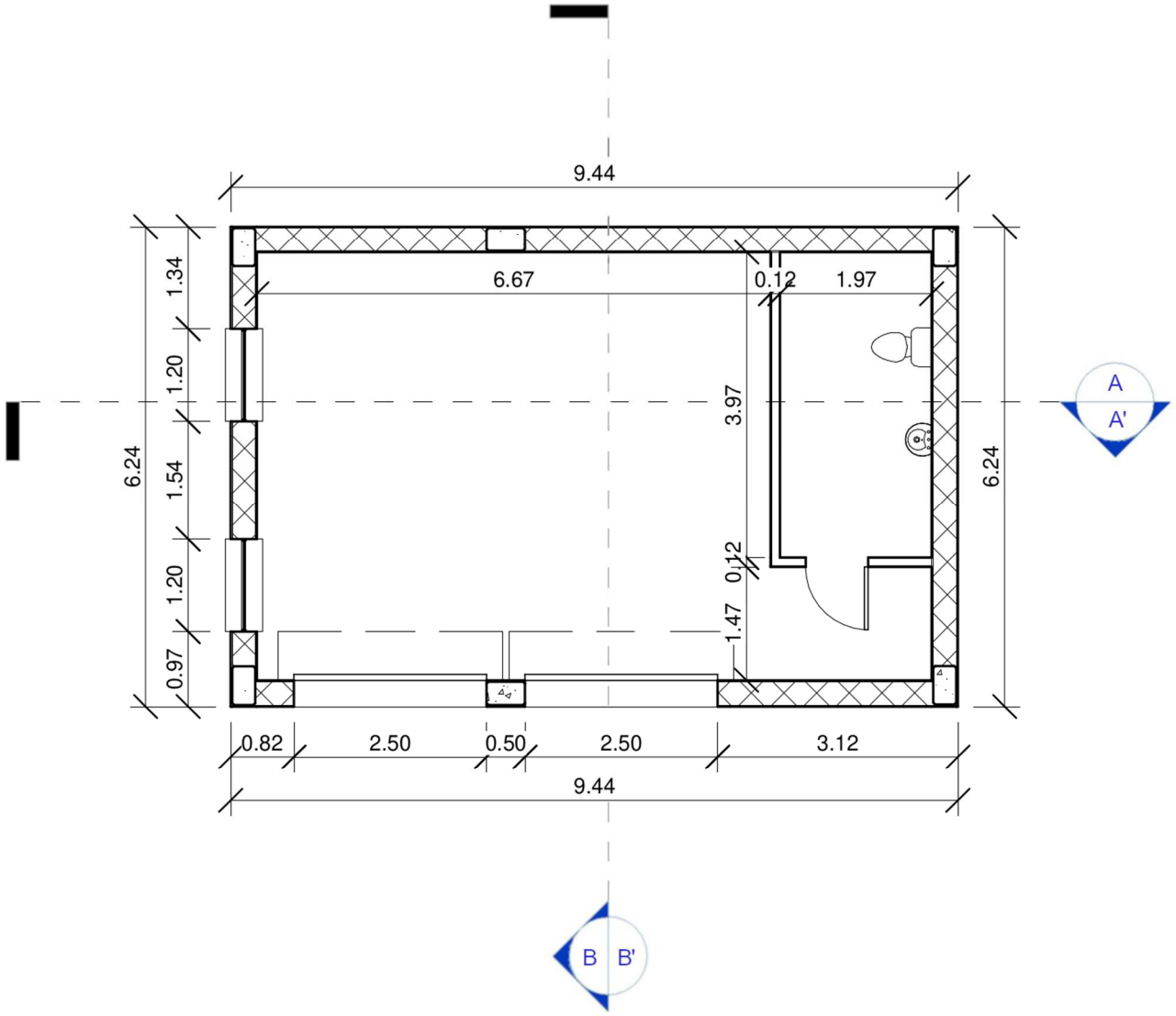
- Ferrara A., Feligioni E., "*Come redigere il capitolato informativo secondo la metodologia BIM. Guida pratica*" Palermo, Flaccovio Dario, 2018
- Sawhney A., "*Guida internazionale per l'implementazione di sistemi BIM – 1° Edizione*" Londra, 2014
- Tarulli M., "*Il Building Information Modeling (BIM) e l'interoperabilità in ambito strutturale Caso studio: la nuova copertura della Tribuna Est dello Stadio Appiani di Padova*" Padova, Università degli Studi di Padova, 2015
- Miletto M. B., "*Infrabim: clash detection time and cost scheduling for the preparatory phases of excavation in an urban context"* Torino, Politecnico Di Torino, 2018
- Fuccelli A., "*Pianificazione operativa 4D del cantiere dello stadio San Paolo mediante metodologia BIM*" Torino, Politecnico Di Torino, 2018
- Nicolini P., Ranieri A., "*Implementazione delle attività di Project Management attraverso metodologie BIM: Sviluppo di una codifica Tecnologico-Spaziale per il raggiungimento dell'interoperabilità fra software di gestione dei processi edilizi attuati tramite tecnologie BIM*" Milano, Politecnico di Milano, 2016
- Baldini G., Lupi A., Grassi L. C., *"Modelli di controllo e di gestione dei progetti: WBS e BIM. quali strumenti di garanzia per uno scenario del progetto esente da errori. Il caso della scuola primaria di via Hermada."* Milano, Politecnico di Milano, 2014
- Azienda USL Romagna, *"Capitolato Informativo per la redazione dell'offerta per la Gestione Informativa del Nuovo Ospedale di Cesena"* Cesena, 2019
- Odorizzi P., "*Lavori di realizzazione del nuovo ponte ciclopedonale della navetta nel Comune di Parma - progetto esecutivo*" Comune di Parma, Parma, 2017
- D.Vision Architecture SRL, "*Piano di Gestione Informativa (PGI) S01-NSP-PUE-X-BM-XX-DVA-MS-000-000"* Genova, 2019

Sitografia

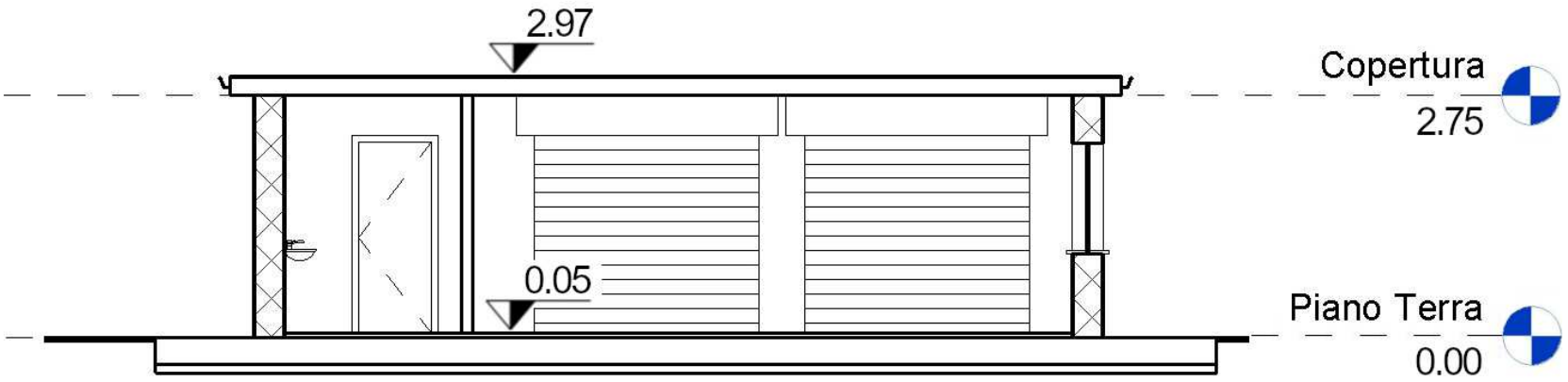
- www.wikipedia.org
- www.biblus.acca.it
- www.assobim.it
- www.bimportale.com
- www.01building.it
- www.rics.org
- www.ingenio-web.it
- www.gruppocontec.it
- www.sportelloappaltimprese.it
- www.agendatecnica.it
- www.darioflaccovio.it
- www.marcobizzotto.it
- www.autodesk.it
- www.knowledge.autodesk.com

Appendice

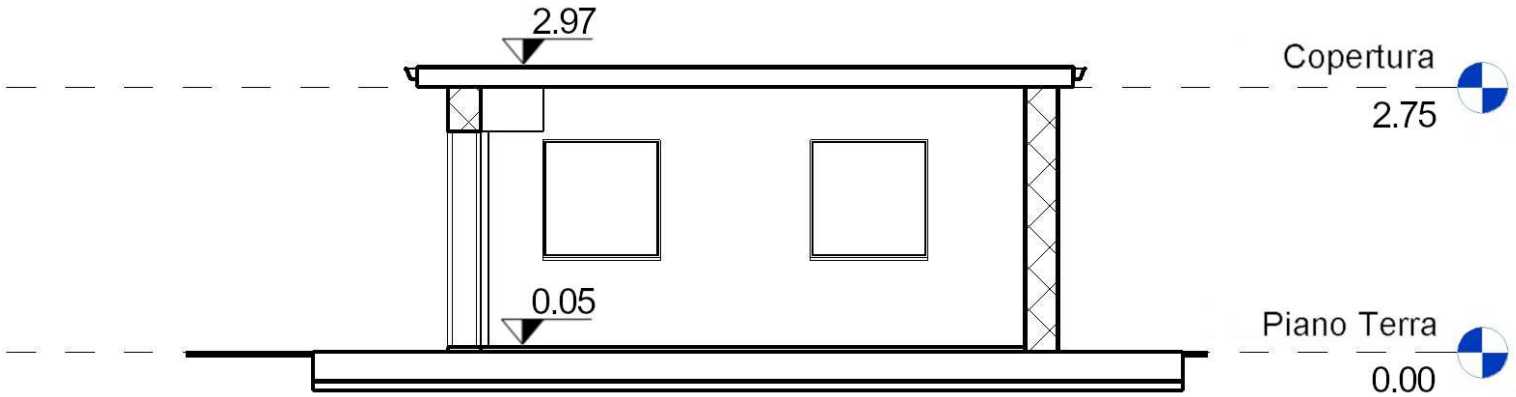
1. **Planimetria quotata**



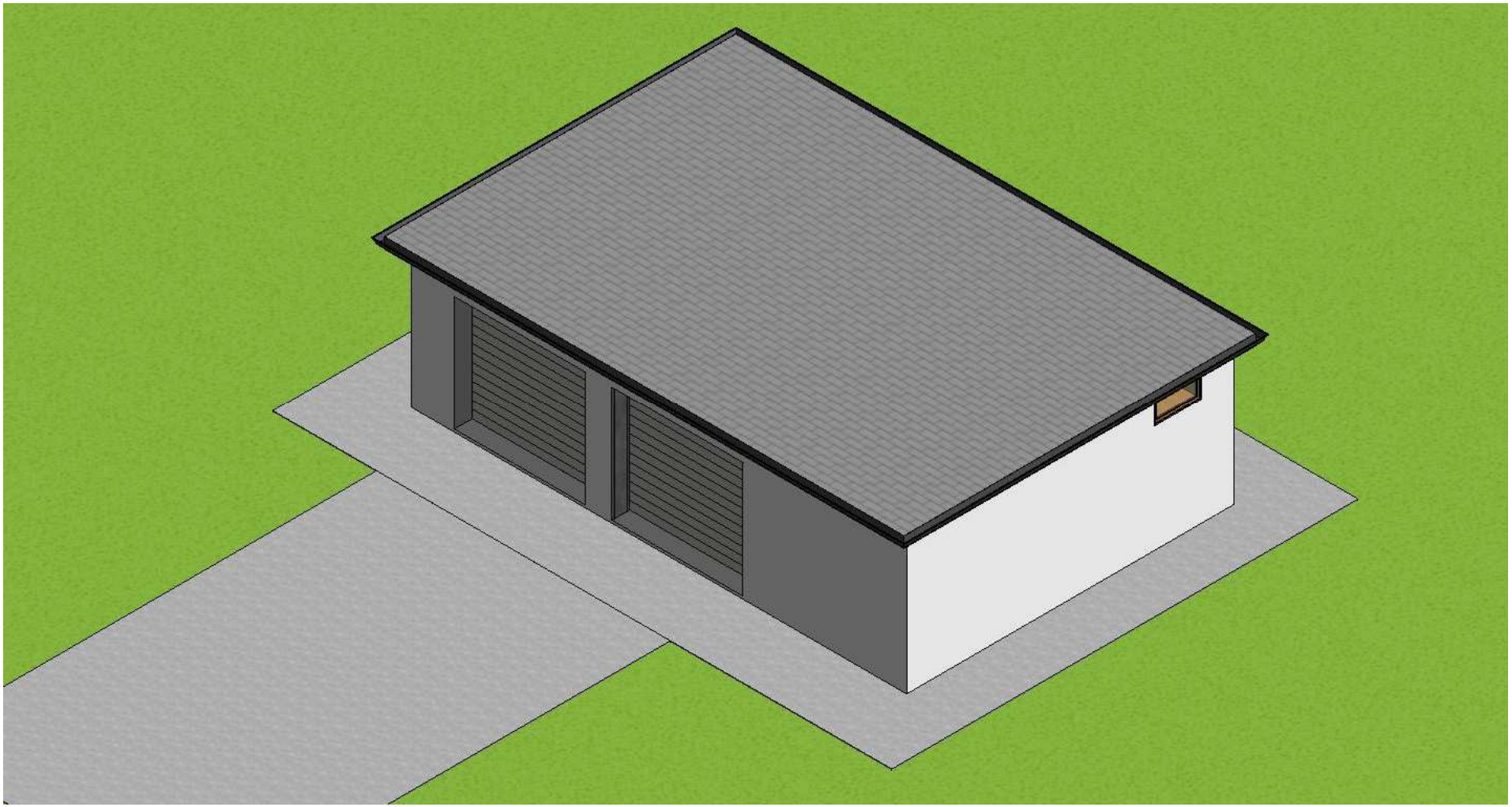
2. **Sezione A-A’**



3. **Sezione B-B’**

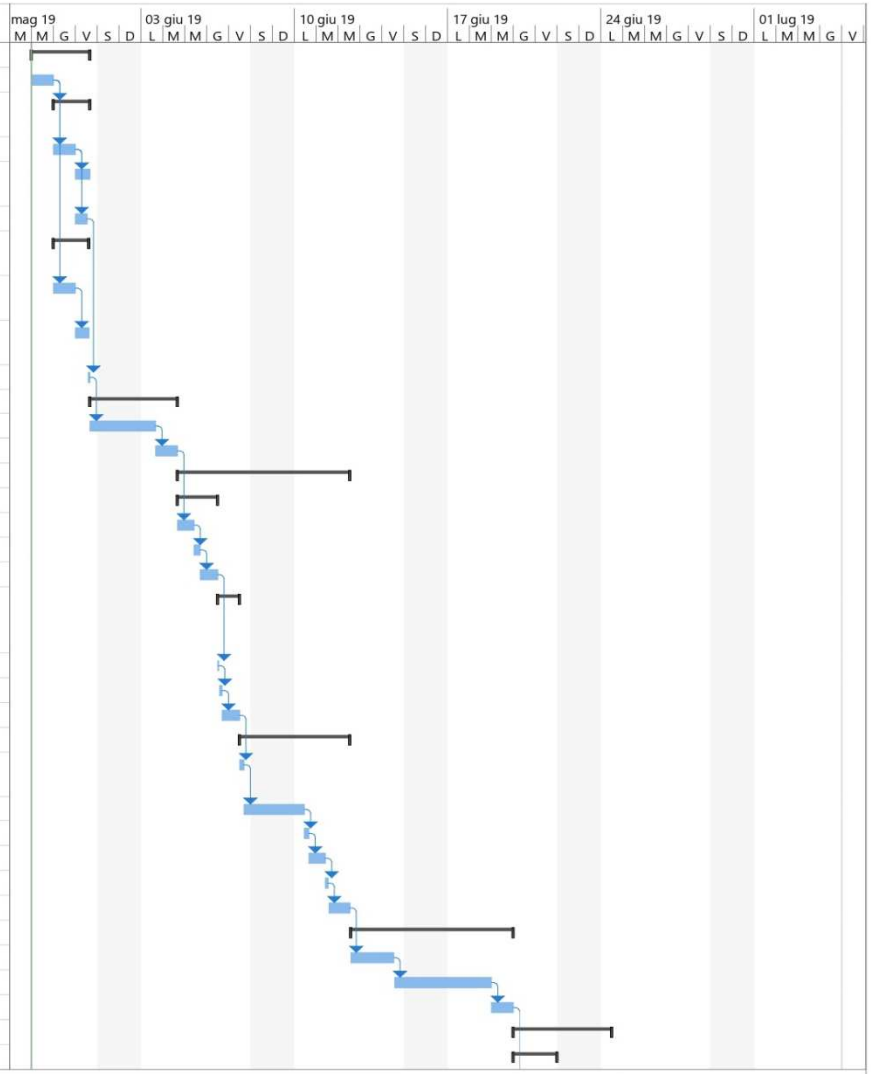


4. Vista 3D



5. Diagramma di Gantt

ID	Modalità attività	WBS	Nome attività	Durata	Inizio	Fine	Predecessori
1		**1**	**Allestimento cantiere**	**2,75 g**	**mer 29/05/19**	**ven 31/05/19**	
2		1.1	Delimitazione area cantiere	8 h	mer 29/05/19	mer 29/05/19	
3		**1.2**	**Impianti di alimentazione e distribuzione elettrica**	**1,75 g**	**gio 30/05/19**	**ven 31/05/19**	**2**
4		1.2.1	Allestimenti quadri elettrici	8 h	gio 30/05/19	gio 30/05/19	2
5		1.2.2	Posizionamento cavi e linee di alimentazione	6 h	ven 31/05/19	ven 31/05/19	4
6		1.2.3	Esecuzione impianto di terra	4 h	ven 31/05/19	ven 31/05/19	4
7		**1.3**	**Baraccamenti e apprestamenti igienico-sanitari**	**1,63 g**	**gio 30/05/19**	**ven 31/05/19**	
8		1.3.1	Preparazione e posa baraccamenti	8 h	gio 30/05/19	gio 30/05/19	2
9		1.3.2	Allacciamenti e opere fognatura	5 h	ven 31/05/19	ven 31/05/19	8
10		1.4	Installazione macchine	2 h	ven 31/05/19	ven 31/05/19	6
11		**2**	**Scavi**	**2 g**	**ven 31/05/19**	**mar 04/06/19**	
12		2.1	Scavi con mezzi meccanici	8 h	ven 31/05/19	lun 03/06/19	10
13		2.2	Scavi eseguiti a mano	8 h	lun 03/06/19	mar 04/06/19	12
14		**3**	**Strutture in C.A.**	**5,75 g**	**mar 04/06/19**	**mer 12/06/19**	
15		**3.1**	**Strutture di fondazione**	**1,63 g**	**mar 04/06/19**	**gio 06/06/19**	
16		3.1.1	Sottofondazione (magrone)	3 h	mar 04/06/19	mer 05/06/19	13
17		3.1.2	Casseri fondazione	6 h	mer 05/06/19	mer 05/06/19	16
18		3.1.3	Getto della fondazione	4 h	mer 05/06/19	gio 06/06/19	17
19		**3.2**	**Applicazione sistemi interrati di drenaggio e impermeabilizzazione**	**1 g**	**gio 06/06/19**	**ven 07/06/19**	
20		3.2.1	Applicazione vespaio	1 h	gio 06/06/19	gio 06/06/19	18
21		3.2.2	Applicazione mebrana	3 h	gio 06/06/19	gio 06/06/19	20
22		3.2.3	Rinterro con mezzi meccanici	4 h	gio 06/06/19	ven 07/06/19	21
23		**3.3**	**Strutture in elevazione**	**3,13 g**	**ven 07/06/19**	**mer 12/06/19**	
24		3.3.1	Applicazione casseri per pilastri	4 h	ven 07/06/19	ven 07/06/19	22
25		3.3.2	Getto pilastri	3 h	ven 07/06/19	lun 10/06/19	24
26		3.3.3	Applicazione casseri per travi	4 h	lun 10/06/19	lun 10/06/19	25
27		3.3.4	Getto delle travi	3 h	lun 10/06/19	mar 11/06/19	26
28		3.3.5	Applicazione casseri per solaio	3 h	mar 11/06/19	mar 11/06/19	27
29		3.3.6	Getto solaio di copertura	8 h	mar 11/06/19	mer 12/06/19	28
30		**4**	**Murature**	**5,5 g**	**mer 12/06/19**	**mer 19/06/19**	
31		4.1	Tamponatura esterna	16 h	mer 12/06/19	ven 14/06/19	29
32		4.2	Rivestimento	20 h	ven 14/06/19	mar 18/06/19	31
33		4.3	Tramezzatura interna	8 h	mer 19/06/19	mer 19/06/19	32
34		**5**	**Impianto**	**2,38 g**	**gio 20/06/19**	**lun 24/06/19**	
35		**5.1**	**Impiato idrico**	**2 g**	**gio 20/06/19**	**ven 21/06/19**	

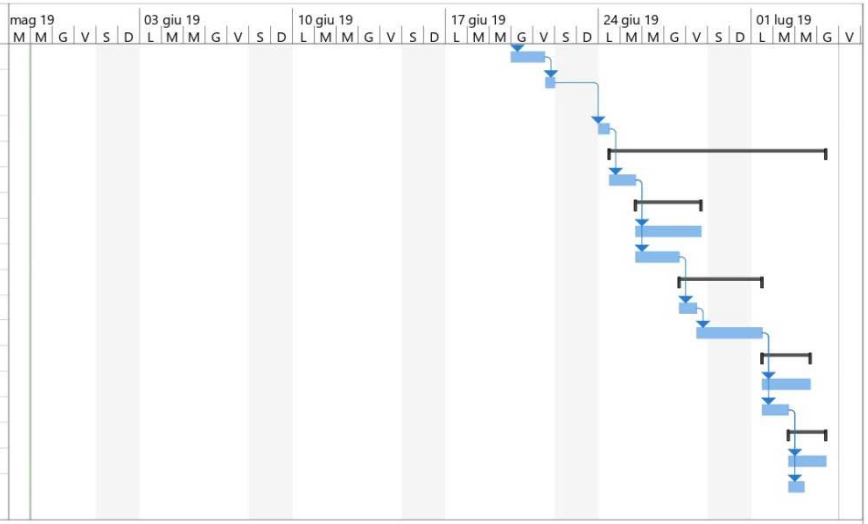


Progetto: PROGETTO(NAVISW
Data: mer 29/05/19

Attività | Riepilogo progetto | Attività manuale | Solo inizio | Scadenza
Divisione | Attività inattiva | Solo-durata | Solo-fine | Avanzamento
Cardine | Cardine inattiva | Riporto riepilogo manuale | Attività esterne | Avanzamento manuale
Riepilogo | Riepilogo inattiva | Riepilogo manuale | Cardine esterno

Pagina 1

ID	Modalità attività	WBS	Nome attività	Durata	Inizio	Fine	Predecessori
36		5.1.1	Montaggio impianto	12 h	gio 20/06/19	ven 21/06/19	33
37		5.1.2	Getto del massetto autolivellante	4 h	ven 21/06/19	ven 21/06/19	36
38		5.2	Apparecchi sanitari	3 h	lun 24/06/19	lun 24/06/19	37
39		**6**	**Finiture**	**7,75 g**	**lun 24/06/19**	**gio 04/07/19**	
40		6.1	Pavimentazione	12 h	lun 24/06/19	mar 25/06/19	38
41		**6.2**	**Intonacatura**	**3 g**	**mar 25/06/19**	**ven 28/06/19**	
42		6.2.1	Intoncatura pareti interne	24 h	mar 25/06/19	ven 28/06/19	40
43		6.2.2	Intonacatura pareti esterne	16 h	mar 25/06/19	gio 27/06/19	40
44		**6.3**	**Montaggio infissi**	**1,5 g**	**gio 27/06/19**	**lun 01/07/19**	
45		6.3.1	Montaggio controtelai	4 h	gio 27/06/19	ven 28/06/19	43
46		6.3.2	Posa in opera infissi	8 h	ven 28/06/19	lun 01/07/19	45
47		**6.4**	**Tinteggiatura**	**2,5 g**	**lun 01/07/19**	**mer 03/07/19**	
48		6.4.1	Tinteggiatura pareti interne	20 h	lun 01/07/19	mer 03/07/19	46
49		6.4.2	Tinteggiature pareti esterne	12 h	lun 01/07/19	mar 02/07/19	46
50		**6.5**	**Sistema di raccolta acque piovane**	**1,25 g**	**mar 02/07/19**	**gio 04/07/19**	
51		6.5.1	Montaggio canale di gronda	10 h	mar 02/07/19	gio 04/07/19	49
52		6.5.2	Montaggio di un pluviale in rame	2 h	mar 02/07/19	mer 03/07/19	49



Progetto: PROGETTO(NAVISW
Data: mer 29/05/19

Attività | Riepilogo progetto | Attività manuale | Solo inizio | Scadenza
Divisione | Attività inattiva | Solo-durata | Solo-fine | Avanzamento
Cardine | Cardine inattiva | Riporto riepilogo manuale | Attività esterne | Avanzamento manuale
Riepilogo | Riepilogo inattiva | Riepilogo manuale | Cardine esterno