

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Edile – Architettura

Corso di laurea magistrale in ingegneria dei sistemi edilizi



**Progetto INNOVance:
studio dell' evoluzione della pianificazione e della
programmazione nel processo edilizio**

Relatore: **Prof. Alberto PAVAN**

Tesi di Laurea Magistrale di:

Alessandro TRAVISANI

Anno Accademico 2013/2014

Indice

ABSTRACT.....	5
ABSTRACT (ENG).....	7
1. <i>Progetto Innovance</i>	9
1.1 <i>Introduzione al</i>	9
1.2 <i>Problematiche nel mondo delle costruzioni</i>	13
1.3 <i>Risoluzione delle problematiche, i tre passi fondamentali</i>	19
2. <i>Pianificazione e programmazione nel processo decisionale</i>	27
2.1 <i>Introduzione alla disciplina</i>	27
2.2 <i>Il project management, cenni storici definizioni e obiettivi</i>	30
2.3 <i>La tecnologia BIM</i>	40
2.4 <i>Pianificazione e programmazione, le basi del project management</i> ...	42
2.5 <i>Pianificazione tramite WBS, l'importanza delle attività</i>	46
2.6 <i>Tecniche di programmazione tempi e costi</i>	49
2.7 <i>Legami tra attività</i>	58
3. <i>La nuova pianificazione/programmazione d'intervento</i>	61
3.1 <i>Ridefinizione dell'attività</i>	61
3.2 <i>Pianificare tramite BIM</i>	64
3.3 <i>Programmare tramite BIM, possibili problematiche</i>	67
4. <i>Sistema di codifica progetto Innovance</i>	71
4.1 <i>Introduzione alla codifica</i>	71
4.2 <i>Codifica "opera"</i>	74
4.3 <i>Codifica "sistema funzionale spaziale</i>	75
4.4 <i>Codifica "ambito funzionale omogeneo"</i>	76
4.5 <i>Codifica "spazio"</i>	78
4.6 <i>Esempi "sistema funzionale spaziale"</i>	80
4.7 <i>Codifica "sistema tecnologico costruzioni"</i>	82
4.8 <i>Codifica "sistema assemblato"</i>	83

4.9 Codifica "elemento in opera"	84
4.10 Codifica "prodottoda costruzione"	85
4.11 Esempio "sistema tecnologico costruzioni"	87
5. Caso di studio, pianificazione e codifica	91
5.1 Introduzione al caso di studio	91
5.2 Pianificazione caso di studio	92
5.3 La stima dei tempi delle singole lavorazioni	97
5.4 Codifica attività	104
6. Caso di studio, programmazione	113
6.1 Introduzione alla programmazione caso di studi	113
6.2 Sottoprogrammazione chiusura verticale	114
6.3 Sottoprogrammazione partizione verticale	116
6.4 Unione delle sottoprogrammazioni	118
6.5 Ipotesi di variazione programmazione 1	120
6.6 Ipotesi di variazione programmazione 2	122
7. Conclusioni	125
7.1 Risultati ottenuti	125
7.2 Linee di sviluppo	128
BIBILOGRAFIA	131
INDICE FIGURE E TABELLE	133

ABSTRACT

Il progetto Innovance, in fase di sviluppo grazie al consorzio Anceenergia, in collaborazione con vari enti, tra cui il Politecnico di Milano, si propone di creare una banca dati di libero accesso contenente tutte le informazioni, siano esse di natura tecnica, scientifica, economica, legale e quant'altro, utili alla filiera delle costruzioni. Grazie a questo progetto si andrà a creare un enorme database di informazione, che potrà essere sicuramente di indubbia utilità in fase di progettazione di qualsiasi sistema edile/civile, soprattutto se combinato alla nuova tecnologia di progettazione integrata BIM (Building Information Modeling).

Scopo di questa tesi è il comprendere se è possibile, nella fase di processo decisionale riguardante la pianificazione e la programmazione, sfruttare questa enorme serie di informazioni raccolte, in modo tale da poter rendere queste fasi particolarmente critiche del processo edilizio di più semplice e veloce realizzazione. Il lavoro si concentra in particolar modo sulla possibilità di poter utilizzare gli stessi sistemi assemblati (elementi tecnici secondo la UNI 8290), utilizzati in termini di prestazioni in fase progettuale, anche nella fase di pianificazione e programmazione, sostituendo così l'attività elementare classica utilizzata nella programmazione/pianificazione edilizia, gli elementi in opera (lavorazioni o strati secondo la UNI 8290).

PAROLE CHIAVE

Progetto Innovance;, *Bulding Information Modeling;* *Progetto decisionale;*
Pianificazione; *Programmazione;*

ABSTRACT (ENG)

The project Innovance, being developed by the consortium Anceenergia, in collaboration with various institutions, including the Politecnico di Milano, aims to create a database of free access containing all the information, whether of a technical, scientific, economic, legal and so on, which are useful to the construction industry. Through this project we will create a huge database of information, which can be definitely certainly valuable in the design phase of any system builder / civil, especially when combined with the new design technology integrated BIM.

The aim of this thesis is to understand if it is possible at this stage of decision-making regarding the planning and programming, take advantage of this huge number of information collected, so that you can make these particularly critical phases of the building process easier and faster implementation . The work focuses in particular on the possibility of using the same systems assembled (technical elements in accordance with UNI 8290), used in performance at the design stage, even at the stage of planning and scheduling, thus replacing the traditional primary activities used in the planning / construction planning, which refers to the elements in place (working or layers according to UNI 8290).

KEYWORDS

Project Innovance;, Bulding Information Modeling; Project decision-making; Planning, Programming;

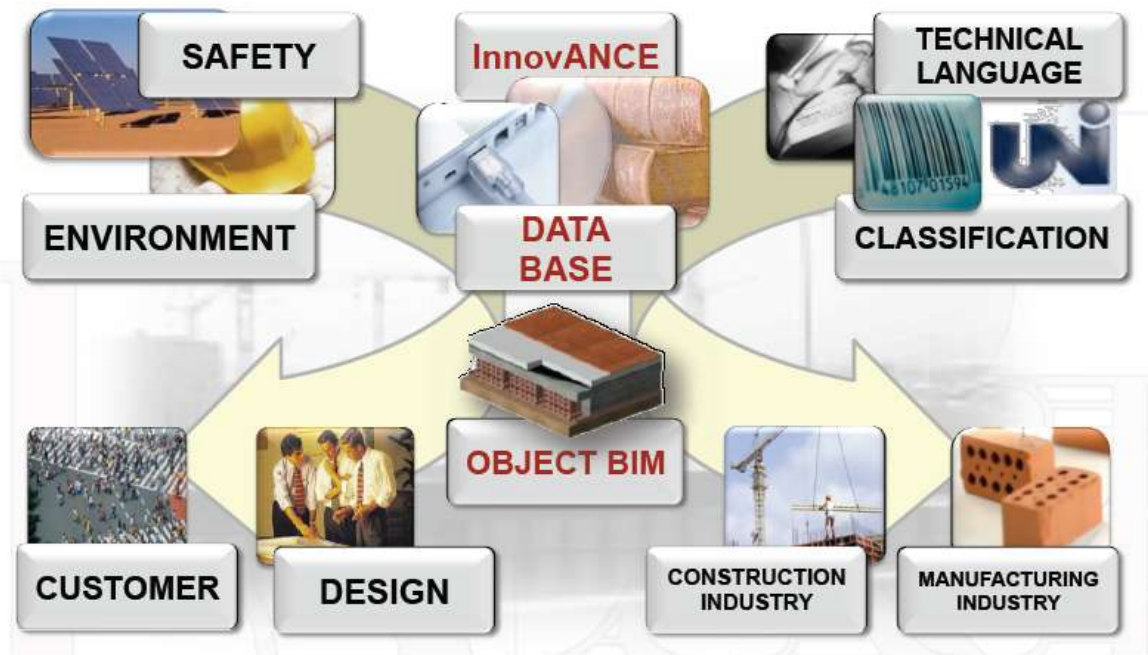
1. Progetto Innovance

1.1 Introduzione

Il progetto si propone di creare una banca dati di libero di accesso contenente tutte le informazioni, siano esse di natura tecnica, scientifica, economica, legale e quant'altro, utili alla filiera delle costruzioni. In sintesi il programma riguarda la formazione del primo data base nazionale dell'edilizia.

Il sistema consentirà la messa in rete tutti gli attori della filiera al fine di facilitare la circolazione del know-how tra i differenti soggetti coinvolti e di conseguenza ottimizzare ogni fase del processo costruttivo: dalla progettazione alla produzione di componenti, dalla realizzazione in cantiere fino all'uso, gestione e manutenzione del manufatto edilizio.

Il sistema, quindi, in ragione dei metodi di raccolta, catalogazione e distribuzione dei dati, favorirà un forte impulso verso l'integrazione, dei soggetti e delle fasi del processo, sfruttando le potenzialità esistenti in materia di interoperabilità tra i diversi software esistenti (CAD, gestionali, energetici, ecc., secondo standard ISO già disponibili) e garantendo nel contempo un aggiornamento continuo delle informazioni in esso raccolti ed in distribuzione.

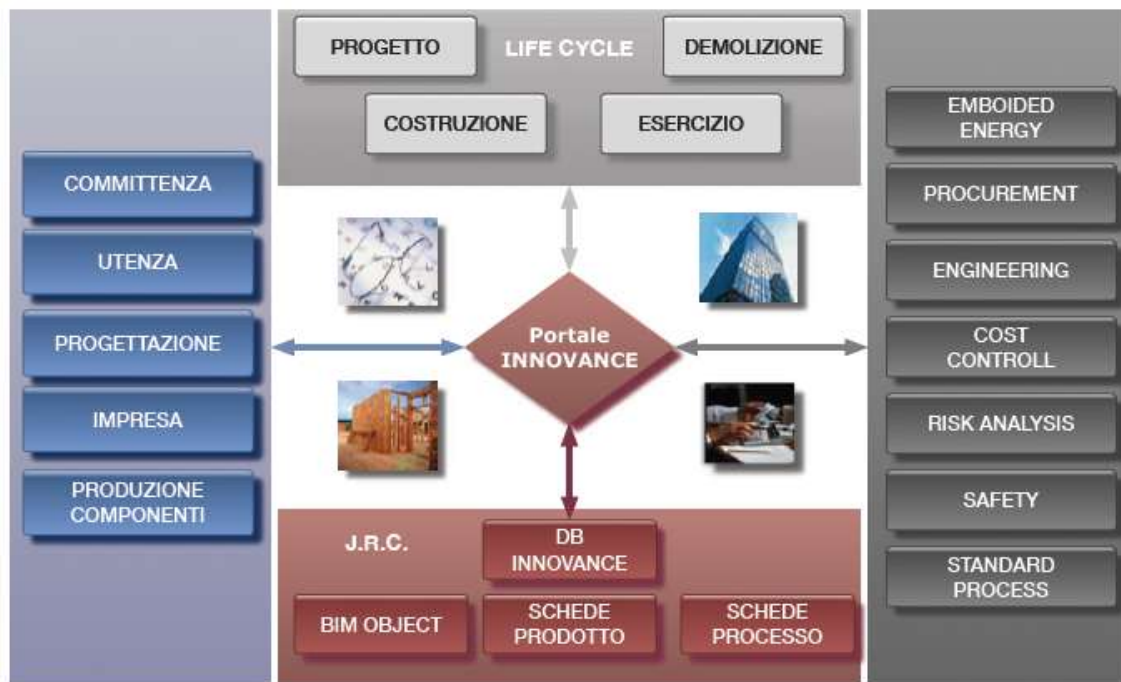


(Fig.1.1. Quadro generale Innovance, fonte INNOVance)

Le problematiche energetiche, e più in generale di sostenibilità ambientale della produzione e dei prodotti, impongono anche al settore delle costruzioni una radicale riorganizzazione interna che ne permetta l'accesso a tecnologie sempre più sofisticate ed a più evoluti sistemi di produzione. L'attuale sistema di costruzione, non a caso definito "tradizionale", mal si coniuga con le sempre più pressanti esigenze di carattere prestazionale in termini di contenimento energetico, acustico, ecc., imposte dalle recenti normative nazionali e comunitarie.

In questo quadro d'insieme, in materia, ad esempio, di efficienza energetica, se da un lato si sono già compiuti notevoli progressi nel coinvolgimento dell'utenza, dei professionisti e dei produttori di componenti, dall'altro, poco o nulla si è riusciti ad incidere sul sistema impresa, quale catalizzatore e coordinatore ultimo delle differenti realtà ed esigenze. Ad una domanda sempre più evoluta e severa nel giudizio di accettabilità, corrisponde spesso un'offerta (impresa di costruzioni) che ha difficoltà anche solo ad interfacciarsi con un

livello sempre più alto di progettazione, e produzione, di componenti intermedi sempre più complessi e tecnologicamente innovativi (domotica, geotermia, impianti di cogenerazione e trigenerazione, ad assorbimento, ecc.).



(Fig.1.2. Tematiche trattate tramite portale Innovance, fonte INNOVance)

Allo stato delle cose, quindi, la massima efficienza del singolo componente, anche se garantita dal suo produttore, rischia di non contribuire a pieno titolo alla complessiva efficacia del sistema edificio così com'è stato inizialmente ideato dal progettista, perché malamente o inconsapevolmente assemblata in un insieme disorganico.

Affinché questa condizione di criticità non si verifichi ulteriormente e, ad esempio, l'efficienza energetica non appaia solo come un vincolo normativo impositivo, od una necessità di facciata, ma un vero e proprio criterio di produzione sostenibile, è necessario elevare il know-how dell'impresa edile, alzando il livello qualitativo dell'informazione attualmente disponibile e rendendo

la stessa per quest'ultima facilmente accessibile ed usufruibile all'interno del proprio processo di produzione.

Nella banca dati, per ciascuna fase del processo, verranno codificate, descritte e nominate in modo univoco tutte le procedure ed i prodotti (componenti e risultanti) della filiera delle costruzioni (opere, lavori, risorse), attraverso schemi di raccolta delle informazioni condivisi e trasparenti per tutti gli operatori del settore, al fine di ottimizzare in senso compiuto per l'intero "*sistema edificio*", anche con azioni di feed-back (dal cantiere e dall'utente finale), le prestazioni energetiche del "*prodotto edificio*" ed a cascata dell'intero *processo edilizio* in generale.

Il sistema di codifica, denominazione e schedatura dei prodotti e dei processi, sarà parallelamente oggetto di apposita normazione tecnica nazionale in ambito UNI ed UNI-CTI (la prima a livello comunitario) e contribuirà alla complessiva riorganizzazione, in termini semantici, delle informazioni tecniche (già in atto anche a livello europeo). La piattaforma interoperabile e l'uso della tecnologia BIM (Building Information Model) assicurerà un notevole vantaggio competitivo per le imprese italiane all'estero che potranno operare su standard qualitativi superiori a quelli della concorrenza e consolidati.

CRITICITA'	OBBIETTIVI	SOLUZIONI
<ul style="list-style-type: none">- frammentazione delle fasi di produzione- pluralità dei soggetti interessati dal processo- dimensione delle imprese (micro – piccole)	<ul style="list-style-type: none">- organizzazione di sistema- interazione degli attori- standardizzazione delle fasi produttive	<ul style="list-style-type: none">- intervento di filiera e non di prodotto STANDARD QUALITATIVO
<ul style="list-style-type: none">- incertezza terminologica- pluralità disciplinare	<ul style="list-style-type: none">- linguaggio comune- coordinamento scientifico- garanzia	<ul style="list-style-type: none">- codifica univoca e semantica condivisa CODICE A BARRE
<ul style="list-style-type: none">- frammentazione delle informazioni	<ul style="list-style-type: none">- raccolta delle informazioni- ordinamento dei dati- rapidità di accesso	<ul style="list-style-type: none">- banca dati di categoria DATA BASE
<ul style="list-style-type: none">- fruibilità delle informazioni	<ul style="list-style-type: none">- implementazione negli applicativi d'azienda- interazione degli applicativi d'azienda e di terzi	<ul style="list-style-type: none">- interazione tra sistemi informatici INTEROPERABILITA'

(Fig.1.3. Schematizzazione criticità/obiettivi/soluzioni, fonte INNOVance)

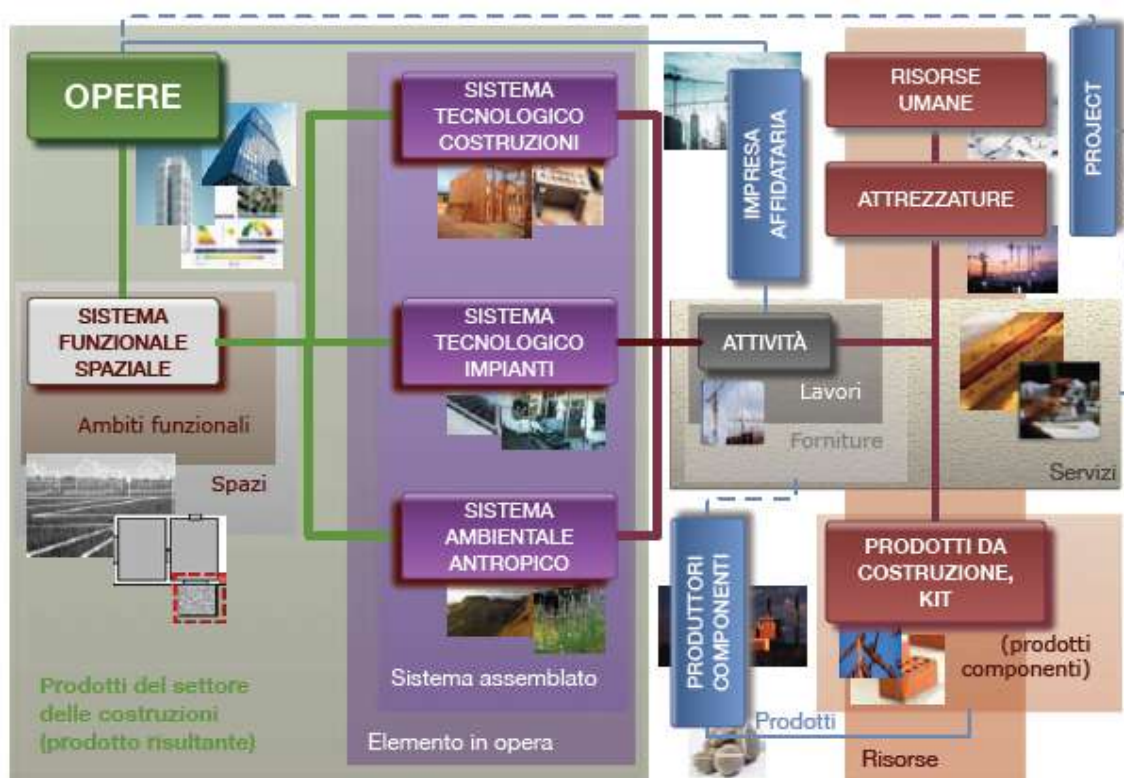
1.2 Problematiche nel mondo delle costruzioni

Il settore delle costruzioni pesa mediamente per circa il 10% del PIL e per il 30% degli occupati nell'industria. Il parco immobiliare, pubblico e privato, incide per circa il 45% sul consumo di energia annuo e per il 20% sull'emissione di gas climalteranti.

Alla luce di questi pochi ma significativi dati di scenario, parlare di sviluppo sostenibile, come introduzione nel processo industriale di miglorie di prodotto (risparmio energetico) e di produzione (sicurezza dei lavoratori) non ha senso economico se non interessando a pieno titolo gli edifici e le opere di ingegneria civile in generale: la loro ideazione e produzione, prima, e la loro manutenzione, gestione, riqualificazione e dismissione, poi.

Il "frutto" della filiera delle costruzioni è un bene tra i più complessi ed articolati fra quelli prodotti dall'uomo, sommatoria di tradizione e alta tecnologia, impresa

e artigianato, industria ed, in misura non trascurabile, arte. In nessun altro luogo come nella produzione edilizia assume scarso significato parlare di efficacia ed efficienza del singolo “prodotto componente”, o intermedio (dal mattone al pannello solare) se non in relazione all’opera nella sua interezza: “prodotto risultante” (dalla casa, al ponte, all’ospedale) ed, ancor prima, in relazione ad ogni singolo processo costruttivo (nel cantiere) ed alla complessità della filiera caratteristica (progetto, costruzione, produzione componenti, manutenzione, gestione, ecc.).



(Fig.1.4. Suddivisione in livelli di complessità minimi, fonte INNOVance)

La questione energetica, come la sicurezza nel lavoro, non sono, e non possono essere considerate, criticità avulse da questa ineludibile condizione di partenza. Se da un lato, ad esempio, è certamente condivisibile preoccuparsi di incentivare la ricerca per la produzione (in stabilimenti a misura d'uomo) di pannelli fotovoltaici con più elevati rendimenti, dall'altro, prima o poi, si dovrà

parimenti affrontare una criticità di processo che si pone a monte delle singole produzioni e prestazioni degli elementi contenuti (i prodotti componenti di cui sopra) e traguardi invece il generale sistema di produzione e la rispondenza prestazionale del loro contenitore (prodotto risultante).

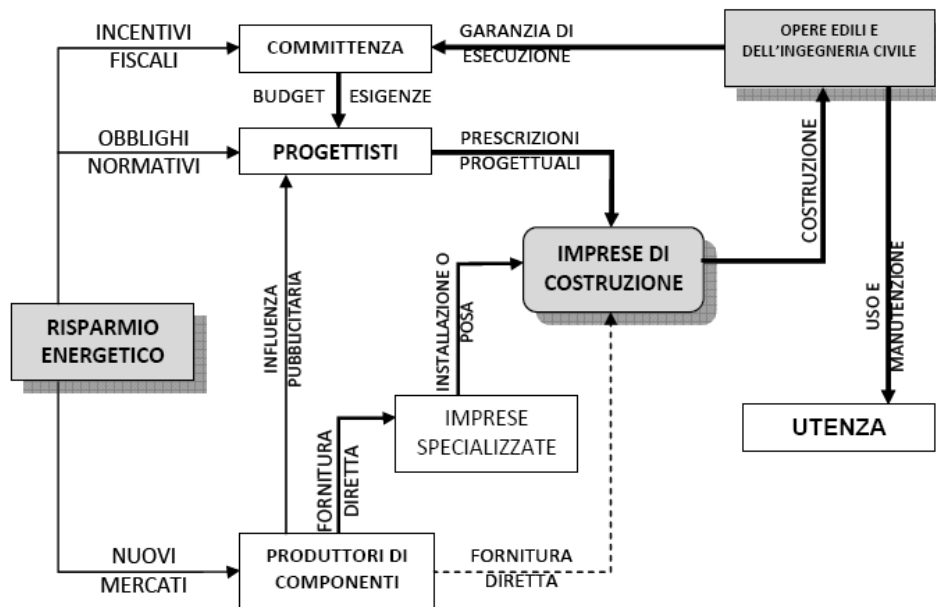
Detta criticità di processo è insita, per una parte, nella particolare complessità e peculiarità del prodotto finale (o dell'opera che dir si voglia): edificio (efficacia del risultato) e, per la rimanente parte, nella particolare complessità e peculiarità del sistema produttivo nel suo insieme considerato: filiera delle costruzioni (efficienza dei mezzi).

Nella filiera delle costruzioni non esiste un soggetto dominante (tra le imprese di costruzioni propriamente dette) capace di istituire, grazie alla propria forza sul mercato, alcuni standard produttivi (e di processo) comuni per l'intero settore. Il ruolo di stimolo e riordino, in questo settore, è più spesso surrogato dai produttori di componenti, in ragione della loro solidità industriale e capacità d'influenza sul consumatore, o dalla pubblica amministrazione, in ragione della consistenza della sua domanda (opere pubbliche). Tale condizione di sudditanza delle imprese di costruzione, all'interno del proprio processo produttivo, origina una forte limitazione nello sviluppo organico del sistema, essendo la prima (industria dei componenti), comunque la si voglia considerare, un fornitore e la seconda (pubblica amministrazione) una committenza; entrambe, quindi, portatrici di propri interessi legittimi ma in tutto od in parte opposti, o divergenti, da quelli di colei che dovrebbe fungere da reale gestore e controllore della specifica filiera cioè l'impresa di costruzioni.

LA FASE IDEATIVA

Il processo ideativo (progettuale), nella filiera delle costruzioni, è quindi per lo più esterno, emarginale, al processo produttivo vero e proprio. Esclusa l'impresa di costruzioni, esso ha da un lato, come sua referente, la committenza

(stazione appaltante), cui deve portare un risultato, e dall'altro, quale sua informatrice tecnologica, la produzione di componenti, verso cui può riversare gran parte delle proprie incombenze (qualità dei prodotti, durabilità, ecc.). L'impresa di costruzioni, non più (se mai lo è stata) fulcro del processo, si trova dunque, nella maggioranza dei casi, a "subire" le altrui decisioni, sia in termini di prodotto (risparmio energetico) che in termini di processo (sicurezza) dovendone altresì garantire la fattiva realizzazione nonché la conclusiva rispondenza del risultato finale ai requisiti richiesti o impliciti (norme cogenti, norme tecniche volontarie, ecc.)



(Fig.1.5. Diagramma relazioni tipiche dei soggetti del processo edilizio, fonte INNOVance)

LA PRODUZIONE

Dal lato della costruzione vera e propria una sempre più estesa esternalizzazione delle fasi operative ha ridotto la capacità di controllo e gestione dell'esecutività diretta di cantiere da parte delle imprese, oltreché generato un fortissimo gap informativo all'interno del settore.

La filiera nel senso ristretto (imprese di costruzione) è formata per il 90% da piccole imprese (di queste quasi il 70% microimprese con meno di 10 addetti) e per il rimanente 10% da medie-grandi imprese (queste ultime solo per il 3%; Impregilo ed Astaldi in testa, rispettivamente però solo al 25° e 54° posto tra le imprese di costruzione in Europa). Il 90% dei produttori, legati all'operatività diretta di cantiere, risulta quindi essere non strutturato (per lo più manovalanza) e con scarse disponibilità di uomini e capitali (squadre familiari, caporalato, ecc.); il restante 10 %, invece, a fronte di una discreta disponibilità di risorse e con una sufficiente strutturazione al suo interno opera in pratica solo quale gestore di processi (general contractor) ed è solo in minima parte coinvolto nelle lavorazioni dirette. La mente usa solo braccia esterne, e con un altissimo turnover:

queste braccia (cottimisti o semplici prestatori d'opera), di contro, sono talmente piccole da non potersi permettere l'"uso" della mente (rapporti di produttività, verifica delle rese, contabilizzazione delle ore lavorate, dei tempi morti, sfridi di materiale, usura delle macchine, ecc.).

La filiera allargata coinvolge quasi 500.000 differenti operatori, dai produttori di componenti o di materie prime, ai professionisti, gli installatori, ecc. Soggetti, tutti, che intervengono a vario titolo, ed in differenti periodi temporali, nel sistema processuale edilizio ai fini della costruzione del prodotto edificio nel suo complesso. La frammentazione della filiera ristretta e la dimensione prevalente delle sue imprese (<10 addetti), inoltre, rende difficile e poco incentivata la ricerca e la sperimentazione all'interno delle singole aziende di costruzione, e soprattutto quella di sistema. La ricerca di prodotto, invece, viene differentemente condotta (e spesso su sovvenzione), nella filiera allargata, a cura dei grandi produttori di componenti e di macchine e impianti (spesso vere e proprie multinazionali). Italcementi (cemento e calcestruzzo) capitalizza il doppio di Impregilo e sei volte Astaldi, le prime due imprese di costruzione italiane.

Non è raro, quindi, che nel processo edilizio i produttori di singoli componenti (fornitori nel processo di costruzione) abbiano dimensioni di gran lunga superiori alle imprese di costruzione (gestori del processo stesso), con responsabilità di prodotto e di processo notevolmente inferiori.

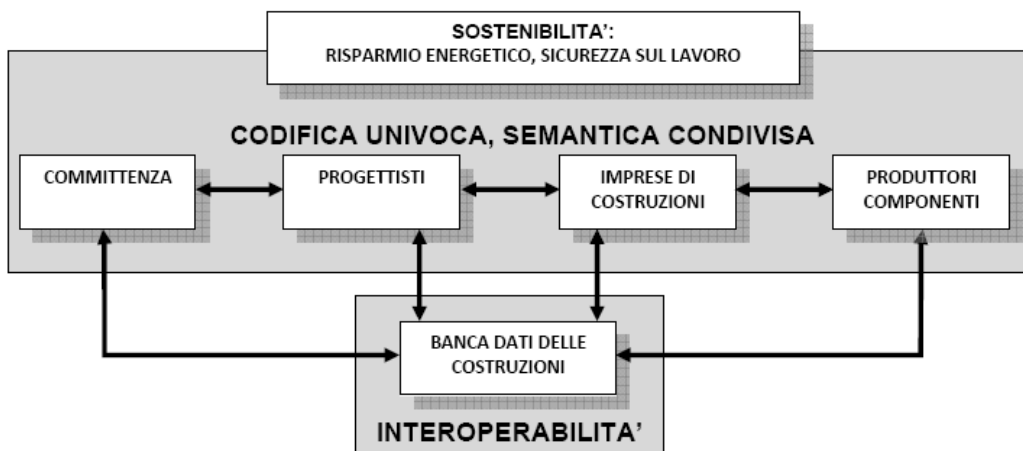
Nella filiera delle costruzioni allargata, dunque, alle entità più grandi, strutturate e finanziariamente più solide (manifatturiere o chimiche) compete la responsabilità dei singoli componenti (semilavorati, impianti, ecc); mentre alle imprese di costruzioni compete la responsabilità dell'insieme, dell'aggregazione, della corretta interazione tra le differenti parti e tra i loro posatori ed installatori.

Se da un lato ad una multinazionale (con qualche migliaio di addetti) è richiesto di garantire il solo coefficiente termico del proprio pannello isolante, dall'altro, ad un'impresa di costruzioni, magari di soli 25 addetti (e che già rappresenta un'anomalia perché "grande"), si richiede invece di garantire le prestazioni finali dell'intero pacchetto involucro, del quale, detto pannello, è solo parte. Un pacchetto che, inoltre, viene definito nei suoi strati da un progettista terzo ed assemblato in cantiere da differenti squadre specializzate (per muri, strutture, isolamenti, rivestimenti interni od esterni, ecc.) ma comunque esterne all'impresa. Il tutto senza poi tralasciare le ricadute che quella scelta (subita) e la sua corretta, o meno, realizzazione (comprata) avranno sull'efficienza della rimanente parte impiantistica, distributiva, e così via, fino alla complessiva garanzia sulle prestazioni, l'affidabilità ed la buona esecuzione dell'intero edificio.

1.3 Risoluzione delle problematiche; i tre passi fondamentali

- TRASPARENZA TERMINOLOGICA

Una filiera frammentata al suo interno e che nella sua forma più allargata arriva a comprendere più di 500.000 realtà produttive ha per sua natura un problema di fluidità nello scambio di informazioni. Il settore delle costruzioni, fra tutti, vive da sempre una incertezza di linguaggio e comprensione tra i differenti soggetti che, a vario titolo, vi intervengono. Vocaboli arcaici o addirittura dialettali si intersecano con parole straniere o termini scientifici, o normativi, senza soluzione di continuità, creando spesso fraintendimenti ed incomprensioni, in un clima di incertezza generale che penalizza il sistema tutto e lo sovraccarica di costi indotti (per tempi morti, rifacimenti, contenziosi, ecc.). I differenti gradi di acculturamento dei soggetti e la difficoltà di accesso alle nuove tecnologie (per il contenimento dei consumi energetici per prime) completano questo quadro, fatto di laboratori di ricerca avanzata (produttori componenti), da un lato, e da squadre di operatori di cantiere che, magari perché appena arrivati in Italia, con difficoltà comprendono la lingua (micro imprese artigiane specializzate, squadre di cottimisti, ecc.), dall'altro. Nel settore delle imprese edili vi è una percentuale di assunzione di laureati tra le più basse del paese.



(Fig.1.6. Linguaggio comune tra gli attori del processo edilizio, fonte INNOVance)

Un costo di 1.000 € dedicato alla progettazione comporta dei costi indotti di 500 € per inefficienze nel sistema comunicativo tra i soggetti che, da quel progetto, verranno ad essere interessati. Il progetto, nella sua attuale forma, è la simbologia comune di una moltitudine di linguaggi differenti, espressione di una sola lingua, purtroppo male, o semplicemente differentemente, compresa. Il programma consentirà l'uso di un linguaggio comune, attraverso una semantica condivisa tra i differenti soggetti della filiera: committenza, professionisti, produttori di componenti, imprese di costruzione.

L'identificazione univoca di ogni prodotto, attività o soggetto (concetto sintetizzabile in un ipotetico "codice a barre dell'edilizia") ridurrà al minimo le inefficienze di sistema permettendo nel contempo più rapide ed efficaci operazioni di verifica e controllo, direttamente sulla produzione da parte dell'impresa, ma anche sull'intero processo da parte, ad esempio, della committenza pubblica, che grande giovamento potrebbe trarre da un sistema organico così composto (verifica e validazione dei progetti, controllo in cantiere, accettazione forniture, riduzione del contenzioso, ecc.).

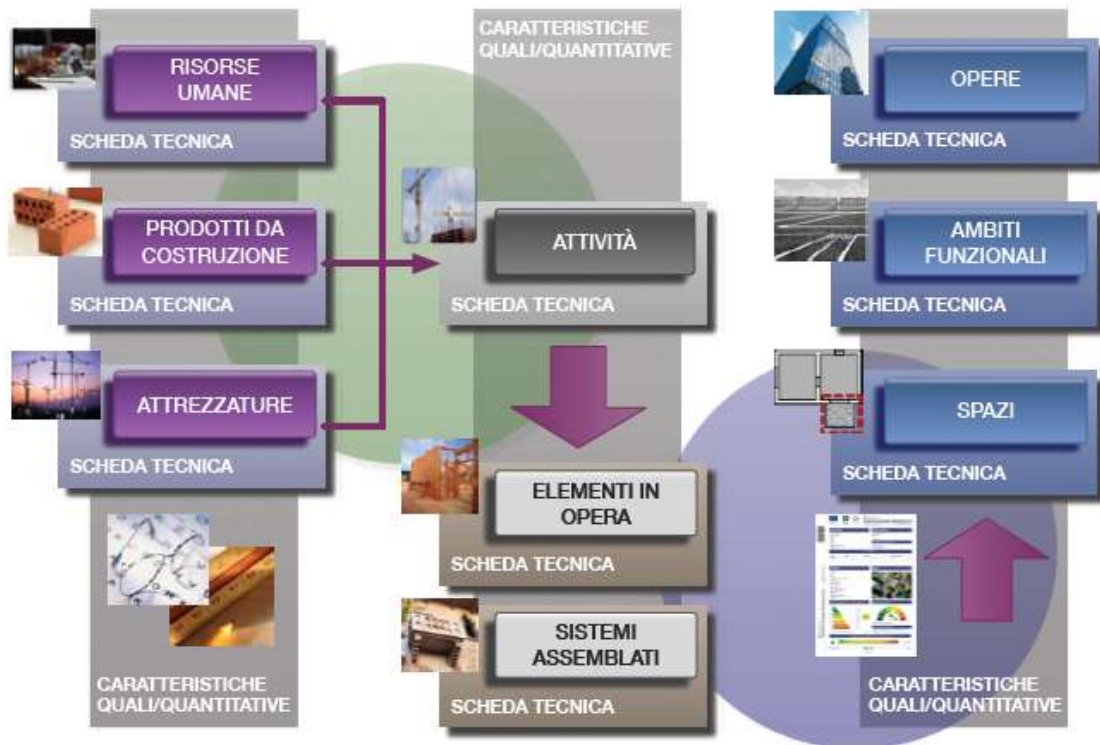
Anche in questo caso attraverso un approccio di sistema e non di prodotto si è in grado di uniformare il linguaggio al fine di assecondare il più possibile picchi di innovazione, da un lato, ed arretratezza strutturale, dall'altro, al fine di un miglior risultato conclusivo. Un ottimo impianto deve essere ben integrato e ben installato a prescindere dalla qualità e quantità di ricerca su di esso sviluppata dal produttore, che ovviamente certifica il prodotto in sé (testato nel suo laboratorio asettico) e mai quello in opera.

- STANDARDIZZAZIONE DELLE FASI PRODUTTIVE

La frammentazione della filiera delle costruzioni comporta una simile frammentazione delle informazioni e del know-how di filiera. L'esternalizzazione delle fasi operative; l'uso di manovalanza straniera già adulta e priva dell'apprendistato un tempo tipico nell'edilizia ma ancor più nelle squadre artigiane deputate a tramandare le cosiddette regole dell'arte; una sempre più alta specializzazione, esecutiva ma anche progettuale, rendono, proprio nell'epoca dell'informatica e dell'informazione facilmente accessibile ed a basso costo, più incerta ed incompleta la conoscenza in questo specifico settore produttivo. La complessità, e numerosità, delle informazioni ora necessarie al governo del processo edilizio non permettono più una gestione del "dato" quale patrimonio del singolo.

La garanzia delle prestazioni (e tra queste in primis quelle energetiche) è perseguibile a livello di edificio, ma anche di singolo componente, solo attraverso una compiuta raccolta e catalogazione delle informazioni esistenti o che si necessitano. Queste informazioni, invece, sono attualmente detenute da molteplici soggetti in forma parziale (in ragione del proprio specifico Interesse e campo d'intervento) e difficilmente vengono da qualcuno, se non l'ente normatore, raccolte in modo completo ed organico.

Le caratteristiche fisiche, tecniche ed economiche del prodotto componente, già in parte garantite dal produttore (vedi ad esempio la marcatura CE) devono essere completate con le necessarie prescrizioni di sistema in ragione dell'impiego di quello specifico elemento in concomitanza, collaborazione od antagonismo con altri. Lo stesso vale per le modalità di sua posa, installazione o modifica, in piena sicurezza per le maestranze.



(Fig.1.7. Schema d'organizzazione singole fasi produttive, fonte INNOVance)

Un vasto patrimonio di esperienza di base, se non normato e catalogato, rischia di venire disperso in mille saperi puntuali o, peggio, di rimanere appannaggio di pochi soggetti, andando a costituire per essi un vantaggio competitivo improprio, basato non tanto sull'innovazione e miglioria del processo da essi stessi apportata ma sull'ignoranza dei rispettivi competitor. Si prospetta quindi la perdita di un patrimonio comune di conoscenza che faccia anche da barriera d'ingresso per un settore soggetto a facili improvvisazioni, che abbattano il livello qualitativo del prodotto, la fiducia del consumatore e, conseguentemente, la rispettabilità dell'intero settore e la sicurezze nei suoi cantieri.

Ciò rappresenta una anomalia di filiera che, oltretutto, vanifica a valle anche ogni sforzo del singolo produttore di componenti, il cui prodotto è percepito dall'utenza in funzione del suo inserimento nel bene complessivo e non come oggetto a se stante. Una sensazione di freddo è più facilmente associata alle prestazioni della caldaia anziché all'errato orientamento del fabbricato o alla

presenza di una parete "fredda". Una più o meno grave deficienza a livello di installazione vanifica in un attimo ricerche di anni e livelli qualitativi di singolo prodotto magari altissimi ma di laboratorio (vedasi caldaie a condensazione, pompe di calore e collettori solari applicati a impianti in condizioni termiche non idonee).

Lo strumento individuato al fine di risolvere detta criticità è la banca dati delle costruzioni, attraverso la redazione e l'implementazione di innovative schede tecniche (di prodotto e di processo) aggiornabili di continuo in base alle nuove soluzioni immesse nel mercato.

Lo strumento agevola l'identificazione e la scelta dei materiali e delle soluzioni da adottare, permettendo di conoscere e confrontare le prestazioni e le caratteristiche tecniche, di avvalersi di suggerimenti progettuali e di posa in opera, di reperire le informazioni relative al ciclo di vita, alla manutenzione ed alla gestione, e di conoscerne gli aspetti relativa alla sicurezza.

Inoltre tale strumento consente di reperire le voci utilizzabili per la formulazione di capitolati tecnici ed elenchi prezzi, l'informarsi su eventuali certificazioni obbligatorie o volontarie del prodotto individuato, fornisce suggerimenti e tempistiche manutentive, modalità di rimozione e smaltimento ed eventuali rischi nell'impiego del singolo componente.

- FRUIBILITA' DELLE INFORMAZIONI

Uniformato il linguaggio, condivisa la semantica e raccolte le informazioni in modo compiuto ed organico sarà poi necessario rendere le stesse nuovamente disponibili alla filiera e facilmente accessibili a tutti gli operatori, secondo l'uso specifico che a questi si necessiti. La completezza dell'informazione rende certa la sua efficacia ma nulla assicura sull'efficienza della sua trasmissione, in entrata ed uscita dal luogo deputato alla sua sistematica raccolta e tra i suoi vari utilizzatori.

In una filiera tanto difforme nella sua composizione diviene importante non solo normalizzare il dato ma rendere certa la sua migrazione tra un soggetto e l'altro senza perdita di informazioni.

Ogni componente edilizio od impiantistico è visto secondo specificità tipiche di ciascun operatore. Un pannello fotovoltaico è una porzione d'impianto, ma anche un dato di ingombro, come ancora un insieme di altre caratteristiche che possono essere di natura fisica, tecnica, economica o prestazionale. Esso può rappresentare l'oggetto di un impegno contrattuale come la garanzia di un credito, ecc. Ogni informazione si caratterizza in ragione del suo utilizzo ed in funzione del suo utilizzatore. Una volta sono parole altre volte immagini, numeri, segni o vettori. Ogni soggetto ricerca nell'informazione che gli perviene i dati a lui necessari e che è in grado di trattare, ma non è così certo che quell'informazione, che gli è pervenuta, li contenga tutti e con lo stesso grado di dettaglio.

Prima, e dopo, il trasferimento del prodotto come oggetto fisico vero proprio, tra i differenti operatori viene trasferita una sua virtualizzazione. Ancora una volta l'interscambio di informazioni diviene un problema di filiera e non di singolo materiale o componente. Ciò che per l'uno è, in estrema sintesi, un coefficiente di trasmittanza termica, per altri è un vincolo di contratto, una fornitura in scadenza, un progetto dal design innovativo e così via. La tradizionale tavola grafica di disegno del progettista, accompagnata da una più o meno vasta produzione documentale non soddisfa più le esigenze del processo e soprattutto non ne garantisce i risultati. Ogni soggetto interessato alla produzione edilizia, per la propria attività, utilizza strumentazioni specifiche che difficilmente interagiscono con altre, dal più banale word processor agli applicativi CAD, anch'essi altamente settoriali, per i quali il disegno dell'architettonico non dialoga con le strutture, e tanto meno con gli impianti,

ecc. Ciò è particolarmente evidente nel settore energetico ed in questo settore le conseguenze sono particolarmente devastanti.



(Fig.1.8. Schematizzazione flusso documenti, fonte INNOVance)

Occorre allora creare e definire, a valle dell'informazione uniformata, uno strumento di standardizzazione che la veicoli e che sia capace di trasportare all'interno della filiera i dati informativi di cui ogni attore ha necessità. Un veicolo, quindi, che sia in grado di trasportare informazioni complete in funzione di differenti necessità ed operatività.

Il programma risolve questa criticità già nella fase di ideazione del progetto attraverso l'uso della tecnologia **BIM (Building Information Model)** e della struttura di banca dati relazionale che ne è alla base. Il progetto si alimenta dal data base delle costruzioni e attraverso quest'ultimo solo documento tutta la filiera si approvvigiona delle informazioni a lei necessarie per produrre, mantenere e gestire il prodotto edificio nel suo complesso.

2. Pianificazione e programmazione nel processo decisionale

2.1 Introduzione alla disciplina

- Processo edilizio:

“Sequenza organizzata di fasi operative che portano dal rilevamento di esigenze al loro soddisfacimento in termini di produzione edilizia” (Norma UNI 7867).

“....Il processo edilizio, a qualsiasi scala esso si svolga, verrà guardato prima di tutto, come una operazione tecnica nel corso della quale un committente, per entrare in possesso di un manufatto rispondente ai suoi bisogni, fornisce informazioni e risorse ad un operatore del progetto, affinché questi concepisca e renda costruibile quel manufatto attraverso il ricorso a strutture produttive specializzate*....” (N. Sino poli).

Il Processo Edilizio deve intendersi come una sequenza coordinata di fasi che partendo dalla programmazione generale degli interventi, porta alla attuazione dei medesimi e si conclude con la gestione degli insediamenti realizzati. Lo svolgimento del processo edilizio non è lineare, ma presenta numerose interdipendenze, e può essere così suddiviso:

- Processo Decisionale

Insieme strutturato delle fasi processuali che precedono la realizzazione dell'intervento e ne definiscono gli obiettivi, lo sviluppo metaprogettuale, lo sviluppo progettuale e la programmazione.

- Processo Esecutivo

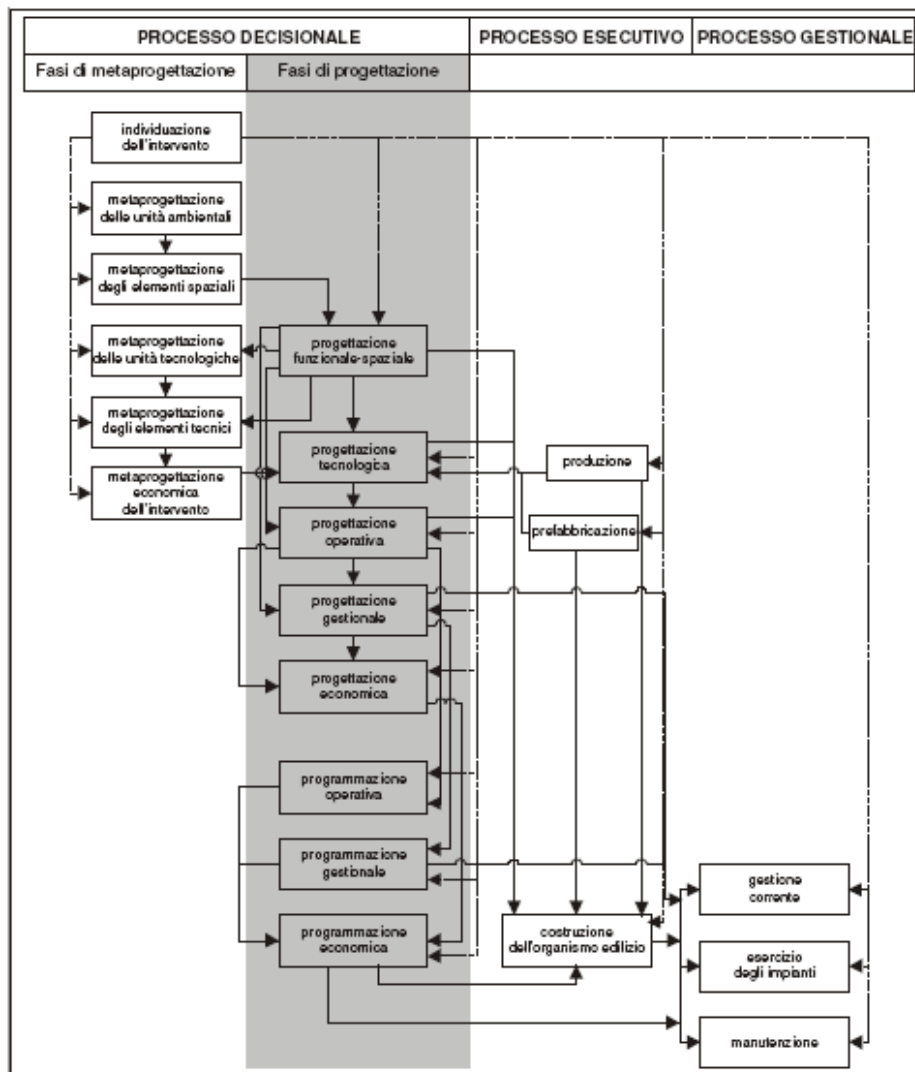
Insieme delle fasi operative che conducono alla realizzazione dell'intervento edilizio sulla base di quanto definito nelle fasi di progettazione e programmazione.

- Processo Gestionale

Insieme strutturato delle fasi operative che, a partire dall'entrata in servizio dell'organismo edilizio, si susseguono, allo scopo di assicurarne il funzionamento fino all'esaurimento del suo ciclo funzionale ed economico di vita.

Il processo decisionale si articola ulteriormente in fasi di metaprogettazione e fasi di progettazione. Si definiscono fasi di metaprogettazione dell'intervento le fasi di processo che raccolgono e correlano gli obiettivi che si vogliono raggiungere, i mezzi di cui si può disporre e le condizioni specifiche del contesto territoriale e normativo in cui si opera, per affrontare la progettazione, programmazione e gestione di un intervento edilizio.

Queste si traducono in un preciso quadro di riferimento programmatico della qualità e dei costi. Le fasi di progettazione individuano gli interventi necessari alla definizione del progetto e la programmazione operativa, gestionale ed economica per la realizzazione dell'intervento.



(Fig.2.1. Le fasi del processo edilizio secondo la norma UNI 10723)

Come sarà riportato più nel dettaglio nei capitoli successivi, le potenzialità in fase di progettazione e programmazione (processo decisionale) tramite l'ausilio dei software BIM e del database di riferimento (nel caso di studio Innovance) non sono state ancora sviluppate pienamente, soprattutto per quanto riguarda la fase di pianificazione e programmazione dell'intervento edilizio, dove la nuova metodologia di progettazione integrata può semplificare, rispetto alla consuetudine, le varie fasi decisionali che fanno riferimento all'avanzamento temporale in termini di tempi e costi del successivo processo esecutivo.

2.2 Il project management, cenni storici definizioni e obiettivi

Nella società industriale del novecento, l'affermarsi di nuovi ritmi produttivi rese necessaria l'adozione di metodi razionali semplici per la programmazione del lavoro, basati sull'individuazione di una sequenza di attività elementari e sulla durata prevista nel tempo per ciascuna di esse.

All'inizio del secolo XX lo statunitense H.L. Gantt lavorando a fianco dello studioso dei problemi di organizzazione del lavoro F. W. Taylor, elaborò una semplice tecnica di programmazione del processo produttivo industriale mediante un diagramma a "barre temporali" ossia singola attività e sua durata con la scala del tempo indicata sull'asse orizzontale.

Le prime elaborazioni relative al project management, evidenziavano la durata prevista per ciascuna attività elementare con il risultato di poter programmare nel tempo l'intera sequenza del lavoro. Alla fine degli anni '30 del secolo scorso, nell'industria di beni di largo consumo nacquero le prime forme di product management: un unico manager coordinava le tradizionali funzioni di ricerca, produzione, marketing, relative al singolo prodotto. L'analogia con il project management, come concepito oggi, è nel tipo di organizzazione basata sull'integrazione interdisciplinare delle attività che portano alla realizzazione del prodotto/progetto.

Tra gli anni 1960 e 1970 negli Stati Uniti si cominciava a diffondere la concezione, ancora valida, secondo la quale il Project Management è un approccio organizzativo globale, un valido strumento per la gestione dell'intero processo produttivo in generale e nel caso particolare di quello edilizio.

Testimonianza dell'interesse diffusosi negli Stati Uniti tra il 1960 e il 1970 è stata la fondazione di una organizzazione professionale chiamata PROJECT

MANAGEMENT INSTITUTE (PMI). Nei primi soli dieci anni il numero dei professionisti aderenti all'organizzazione è cresciuto da 26 a 2600; oggi se ne annoverano centinaia di migliaia. Il fine del PMI è quello di diffondere attraverso conferenze, seminari, pubblicazioni e periodici le esperienze di gestione di progetti in diversi settori e di organizzare corsi di formazione rivolti a professionisti.

Progetto: definizioni

L'insieme di tutte le attività richieste per raggiungere un definitivo obiettivo realizzativo non continuo né ricorrente, ottenuto mediante coordinamento di rapporti specializzati, e controllando, durante tutto il periodo di realizzazione che l'obiettivo sia raggiunto a condizioni predeterminate (G.F. Aragazzini).

Una combinazione di risorse umane e non riunite in una organizzazione temporanea per raggiungere un obiettivo determinato con risorse limitate.

(Project Management Institute, 1987)

Il progetto ha alcune proprietà:

- Obiettivi Definiti;
- Unicità (non ripetitività);
- Temporaneità;
- Multidisciplinarietà;
- Disponibilità di Risorse Limitate

Esso è temporaneo nel senso che deve essere ben collocato nel tempo, con precise date di inizio e fine ma non significa che il prodotto od il servizio che risulta da un progetto sia limitato nel tempo. La maggior parte dei progetti comprende sforzi per realizzare un risultato che abbia una lunga durata nel tempo, come, per esempio, la costruzione di un edificio. In caso di successo, il completamento di un progetto coincide col raggiungimento degli obiettivi

prefissati. Un altro aspetto fondamentale è rappresentato dal fatto che il risultato ottenuto da ciascun progetto deve essere unico, ovvero differente da tutti gli altri prodotti o servizi simili. Questo implica che un progetto è sempre caratterizzato da aspetti di innovazione, data l'unicità del risultato atteso.

Processo: definizioni

“Un processo è un insieme di attività correlate o interagenti che trasformano elementi in entrata in elementi in uscita fornendo valore aggiunto.”

[Norma UNI EN ISO 9000:2000]

Mentre un progetto è caratterizzato dall'incertezza e da aspetti di innovazione e novità, un processo è caratterizzato dal fatto di essere ripetibile. Tutte le attività di una organizzazione sono configurabili come processi (esempi: processi di gestione, di supporto, di sviluppo, ecc.).

Un processo è pertanto caratterizzato da un insieme di risorse e di attività tra loro interconnesse che trasformano degli elementi in ingresso (input) in elementi in uscita (output). Le risorse possono comprendere personale, disponibilità finanziaria, mezzi, apparecchiature, tecnologie e metodologie. Un processo è quindi una serie intercorrelata di azioni, eventi e meccanismi diretta ad aggiungere valore.

Gli input e gli output di un processo sono in genere documenti (esempi: specifiche, schemi di progettazione, studi di fattibilità, ecc.), che vengono trasformati nell'ambito delle attività del processo stesso.

Il Project Management: definizioni

Per PM si intende l'applicazione dell'approccio sistemico alla gestione di attività tecnologicamente complesse o di progetti i cui obiettivi sono esplicitamente fissati in termini di parametri di tempo costo e performance.

(Cleland & Kind 1988).

Pianificare, organizzare, dirigere e controllare le risorse dell'azienda per un obiettivo relativamente di breve termine, che è stato fissato per portare a termine traguardi ed obiettivi specifici. Inoltre il PM utilizza l'approccio sistemico alla gestione mediante l'assegnazione di personale di funzione (gerarchia verticale) ad uno specifico progetto (gerarchia orizzontale).

(Kerzner 1989).

Il processo mediante il quale le persone cercano di guidare un progetto per raggiungere traguardi prestabiliti, nel rispetto di vincoli temporali. Questo processo coinvolge elementi di pianificazione, monitoring, analisi, problem solving e comunicazione. I sistemi automatizzati di PM aiutano i manager a mantenere elementi di controllo in particolare per progetti di grandi dimensioni, complessi, che implicano la gestione di una elevata quantità di dati. Con l'aiuto di questi sistemi ed il supporto di servizi di PM, i manager sono meglio in grado di fissare il loro piano, di valutare regolarmente lo stato del progetto rispetto al piano e di sostenere possibili linee di azione alternative.

(Decision Technologies Division – General Motors).

Il Project Management è l'applicazione di conoscenza, capacità, strumenti e tecniche per realizzare attività al fine di raggiungere e superare i bisogni e le aspettative degli Stakeholder su un determinato progetto.

(Project Management Institute).

Da tali definizioni ne deriva che con l'espressione inglese project management ci si riferisce in senso lato a qualunque approccio strutturato alla realizzazione di un progetto, inteso come insieme di attività di durata finita nel tempo. Il project management include, quali fasi (o processi) principali, la pianificazione, l'esecuzione e il monitoraggio del progresso delle attività che compongono il progetto. Il Project Management fornisce un insieme di metodologie e direttive per raggiungere l'obiettivo finale di un progetto, nel rispetto dei vincoli imposti in termini di tempo, costi, qualità e risorse.

Obbiettivi

Il project management mette a disposizione un corpo multidisciplinare di conoscenze, tecniche e pratiche che opportunamente integrate consentono:

- Gestione efficace del contenuto,
- Rispetto dei tempi,
- Rispetto dei costi
- Rispetto della qualità
- Attenzione alle risorse umane,
- Controllo dei rischi,
- Cura delle comunicazioni e
- Cura delle fonti di approvvigionamento.

Benefici

- Migliorare i processi decisionali aziendali;
- Costituire un'integrazione tra committente, progettisti e impresa di costruzione;
- Integrare le istanze del project manager, di tutti i componenti del team di progettazione e di tutti gli esperti coinvolti nel progetto;
- Facilitare il raggiungimento della qualità globale del progetto/processo in termini di tempi, costi, qualità e ottimizzazione delle risorse

disponibili;

- Facilitare la divulgazione delle conoscenze e delle professionalità (sia di realizzazione che di gestione);
- Migliorare la comunicazione del team di progetto;
- Aumentare l'efficienza produttiva;
- Ridurre i rischi di progetto

Fattori determinanti

Raggiungere e superare i bisogni e le aspettative degli Stakeholder inevitabilmente comporta la mediazione tra i seguenti fattori:

- Il campo d'azione (scope), il tempo, i costi e la qualità;
- Gli Stakeholder con necessità ed aspettative differenti;
- I requisiti identificati (bisogni) e i requisiti non identificati (attese).

Gli Stakeholder

Si intendono gli individui che sono attivamente coinvolti nel progetto e la cui soddisfazione influenza il successo del progetto stesso. Essi sono tipicamente:

- Il Project Manager
- Il Cliente/Committente
- La Struttura coinvolta nel progetto
- Gli Sponsors (supporter in vari modi del progetto)

Aree di interesse

Descrivono le conoscenze e le attività pratiche che compongono i processi di gestione di un progetto. Studiare e governare un progetto da questi diversi punti di vista è una necessità derivante dalla complessità che in genere lo

caratterizza. La pianificazione di un progetto risulta essere completa solamente qualora siano state prese in considerazione tutte le aree.



(Fig.2.2 Aree di interesse project management, fonte dispense Università Reggio Calabria)

- Campo d'azione (scope)

Racchiude tutte le attività che devono essere svolte al fine di assicurare che il progetto contenga tutto e solo il lavoro necessario al suo completamento. Definisce e controlla cosa è o non è compreso nel progetto.

- Tempi (time)

Comprende le attività necessarie per assicurare il completamento del progetto nei tempi prestabiliti, tra cui la schedulazione.

- Costi (cost)

Contiene le attività che assicurano che il progetto sia completato entro il budget approvato.

- Qualità (quality)

Racchiude le attività necessarie per far sì che il progetto soddisfi i requisiti ed i bisogni per i quali è stato intrapreso. Comprende ed implementa tutte le attività di gestione che determinano le politiche di qualità, gli obiettivi e le responsabilità.

- Risorse umane (human resource)

Contiene le attività che devono essere svolte per ottenere un inserimento ottimale di tutti coloro che sono coinvolti nel progetto ed una loro collaborazione attiva il più efficiente possibile.

- Comunicazioni (communication)

Comprende le varie attività svolte per assicurare la tempestiva ed appropriata produzione, raccolta, diffusione e conservazione delle informazioni di progetto. Sono considerati i rapporti critici tra le persone, le idee e le informazioni necessarie per il successo. I dati di progetto vengono diffusi sotto forma di report.

- Rischi (risk)

Racchiude tutte le attività legate all'identificazione, all'analisi ed alle risposte alle criticità del progetto. Include la massimizzazione dei risultati degli eventi

positivi e la minimizzazione delle conseguenze degli eventi avversi tramite la definizione di azioni atte a contrastarli.

- Approvvigionamento (procurement)

Contiene le attività richieste per acquisire beni e servizi dall'esterno dell'organizzazione.

• Integrazione (integration)

Comprende le attività necessarie ad assicurare che i vari elementi del progetto siano opportunamente coordinati. Comporta la mediazione tra obiettivi ed alternative per favorire i bisogni e le aspettative degli Stakeholder.

L'approccio manageriale consente di svolgere le attività del progetto/processo in relazione ai tempi e ai costi preventivati, di ottimizzare le risorse materiali e umane impiegate e individuare risposte immediate al presentarsi di eventi imprevisti.

Azioni

Le azioni di base del Project Management sono:

- la pianificazione,
- la direzione,
- Il controllo.

Queste azioni devono essere intraprese dal ProjectManager, che deve esercitare la propria leadership ed, allo stesso tempo, fare ricorso alle proprie capacità di negoziazione e comunicazione.

PIANIFICARE significa individuare, definire e valutare i seguenti aspetti:

- il campo d'azione, ovvero ciò che è compreso o meno nel progetto;

- le attività da svolgere;
- le responsabilità;
- I rischi;
- Il bisogno di risorse;
- Gli obiettivi intermedi;
- Risultati che si vogliono raggiungere.

DIRIGERE significa coordinare lo svolgimento delle attività al fine di rendere effettivo quanto pianificato.

CONTROLLARE equivale a valutare periodicamente il lavoro svolto e verificare lo scostamento rispetto a quanto pianificato, intraprendendo eventualmente opportune azioni correttive.

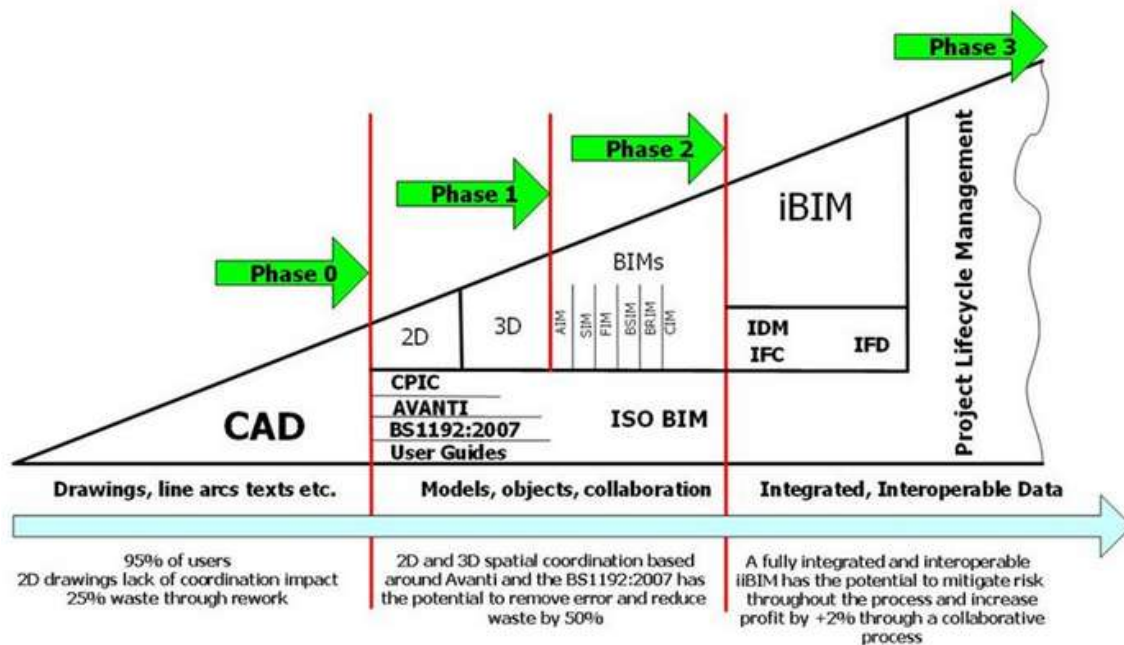
Gestire un progetto, partendo da una pianificazione iniziale e monitorandolo durante tutto il suo ciclo di sviluppo, comporta una riduzione dei costi e del time to market ed una migliore qualità del prodotto o servizio generato.

L'approccio manageriale consente di svolgere le attività del progetto/processo in relazione ai tempi e ai costi preventivati, di ottimizzare le risorse materiali e umane impiegate e individuare risposte immediate al presentarsi di eventi imprevisti.

2.3 La tecnologia BIM

Building Information Modeling o il suo acronimo BIM, si traduce in Modello d'Informazioni di un Edificio. Si può definire BIM come il processo di sviluppo, crescita e analisi di modelli multi-dimensionali virtuali generati in digitale per mezzo di programmi su computer.

Il ruolo di BIM nell'industria delle costruzioni (attraverso i suoi attori siano questi Architetti, Ingegneri, Costruttori, Clienti) è di sostenere la comunicazione, la cooperazione, la simulazione e il miglioramento ottimale di un progetto lungo il ciclo completo di vita dell'opera costruita.



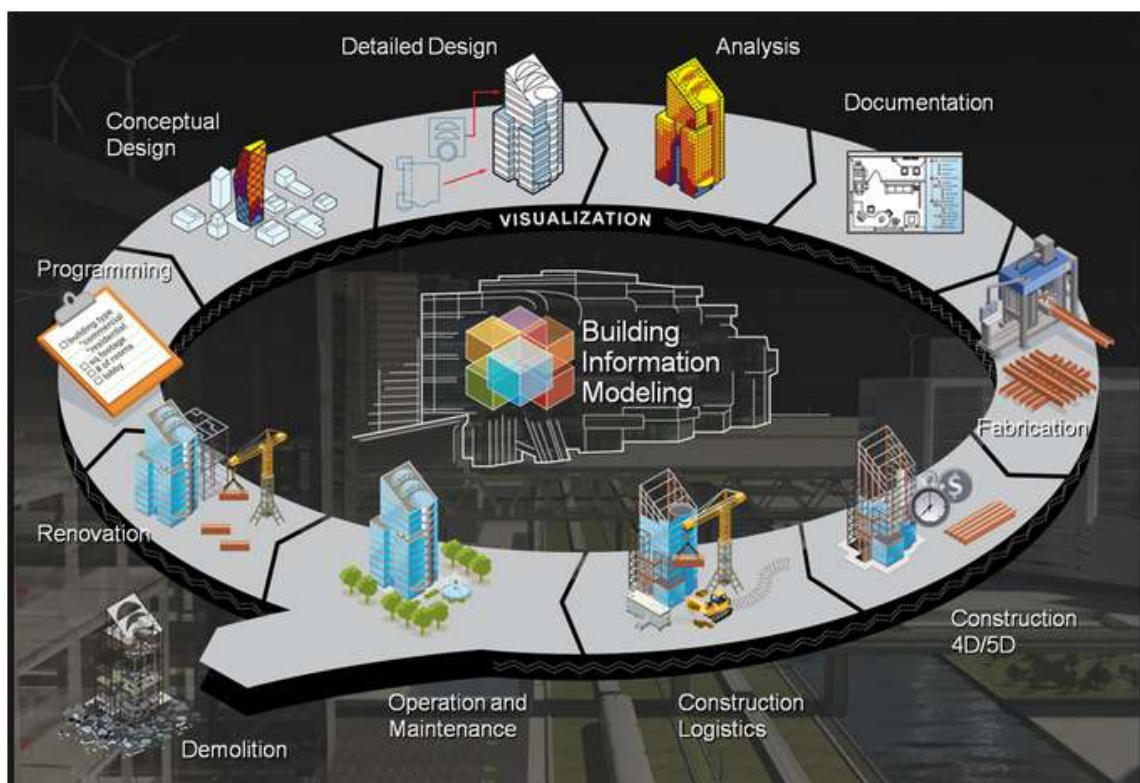
(Fig.2.3. L'evoluzione degli strumenti di progettazione dal CAD al BIM, fonte "BIM and construction management")

BIM, usato come nome, è la rappresentazione di un modello di dati diversi di un edificio relazionati alle diverse discipline che lo definiscono. I dati contenuti nel modello sono numerosi in quanto definiscono tutte le informazioni riguardanti ad

un specifico componente di una costruzione. In questo senso, un modello tridimensionale della geometria di un edificio utilizzato solo per simulazioni grafiche (renderings) non può essere considerato BIM.

Il ciclo di vita dell'opera costruita è definito dalla fase progettuale attraverso la fase di realizzazione fino a quella di uso e manutenzione.

Un BIM può contenere qualsiasi informazione riguardante l'edificio o le sue parti. Le informazioni più comunemente raccolte in un BIM riguardano la localizzazione geografica, la geometria, le proprietà dei materiali e degli elementi tecnici, le fasi di realizzazione, le operazioni di manutenzione.



(Fig.2.4. LCA trattato tramite BIM, fonte "BIM and construction management")

Come si può osservare dalla figura sopra riportata, le possibilità della tecnologia BIM vanno molto al di là della semplice progettazione, ma consentono di inglobare anche le fasi di pianificazione e programmazione dell'intervento

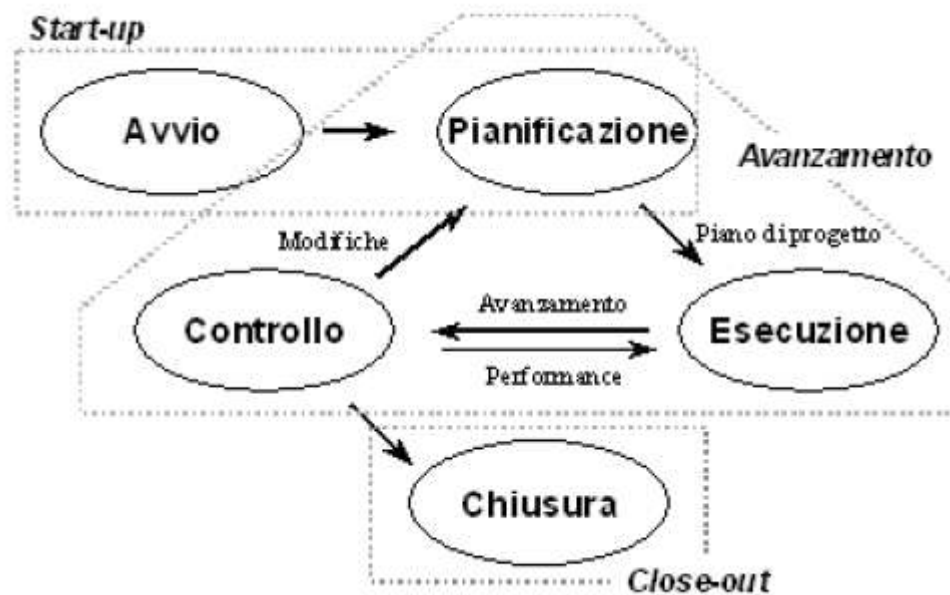
edilizio, in modo tale da trattare nel complesso la fase di processo edilizio decisionale.

2.4 Pianificazione e programmazione, le basi del Project Management

Un progetto è caratterizzato da un ciclo di vita, che è suddiviso in fasi successive fino al raggiungimento dei risultati finali e degli obiettivi prefissati. Ciascuna fase è a sua volta contraddistinta dai processi di gestione, attraverso i quali è possibile pianificare, eseguire e controllare lo stato del progetto durante tutto il suo sviluppo.

Le attività svolte per raggiungere gli obiettivi di un progetto non sono solamente quelle di sviluppo, ma anche quelle di gestione. Non è pensabile di realizzare un prodotto od un servizio complesso senza predisporre attività, tipicamente assegnate al Project Manager, per l'organizzazione e la gestione del progetto.

I processi decisionali, esecutivi e di gestione sono collegati tra loro, per cui i risultati di uno sono gli ingressi di un altro. Inoltre i tre processi centrali (pianificazione, esecuzione e controllo) possono ripetersi ciclicamente.



(Fig.2.5. Collegamento tra i vari processi edilizi)

Le attività decisionali e gestionali relative alla realizzazione di un progetto sono le seguenti:

- Pianificazione e Programmazione;
- Identificazione e Organizzazione risorse necessarie;
- Direzione e Coordinamento infra e interdisciplinare;
- Controllo risorse impiegate;
- Controllo Avanzamento ed eventuali Non Conformità;
- Valutazione Finale.

Dove salta immediatamente all'occhio l'importanza fondamentale che hanno le fasi decisionali di pianificazioni e programmazione (Fasi di START-UP),insieme naturalmente alla progettazione,dalla quale derivano bene o male tutte le altre fasi del processo edilizio.

FASE DI START-UP - PIANIFICAZIONE E PROGRAMMAZIONE: AZIONI

- Stabilire gli obiettivi (cosa il committente vuole realizzare e perché);
- Individuare e analizzare i dati di partenza (quali sono i dati a disposizione, quali sono i dati a nostra conoscenza relativi al problema);
- Scoprire e verificare i concetti di impostazione (come il committente vuole realizzare gli obiettivi);
- Determinare le necessità e i bisogni (fondi e spazi necessari. Risorse necessarie. Livello di qualità da raggiungere);
- Tracciare le strategie per la soluzione del problema (quali sono i condizionamenti e i vincoli da considerare relativi alla soluzione del problema. Quale deve essere la direzione generale che la progettazione deve prendere).



(Fig.2.6. Riassunto punti P. e P., fonte manuale Project management)

La pianificazione è intesa come la creazione del modello di gestione del progetto per poterlo realizzare in modo congruente con gli obiettivi stabiliti. (ossia rispettando i tempi di realizzazione e i costi di attuazione preventivati, ottimizzando l'impegno delle risorse disponibili e raggiungendo il livello di qualità definita).

La programmazione è intesa come l'attività volta ad ottimizzare le fasi di realizzazione attraverso il controllo dei tempi, dei costi e della qualità. Le due attività sono consequenziali e si intercompletano.

PIANIFICAZIONE: OBIETTIVI

- Individuare singole attività elementare 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.

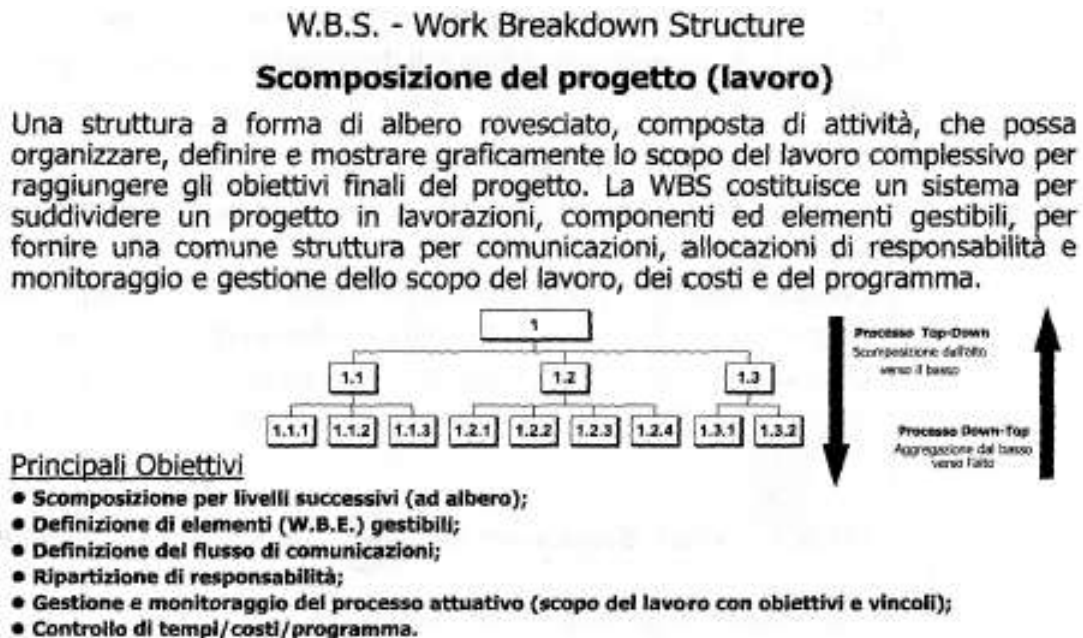
PROGRAMMAZIONE: OBIETTIVI

- Raggiungere gli obiettivi temporali nel rispetto dei vincoli di costo e qualità prefissati;

2.5 Pianificazione tramite WBS, l'importanza delle attività

Gli approcci più avanzati al project management prevedono, come prima azione, la definizione della Work Breakdown Structure (WBS), che consiste nell'individuazione delle attività elementari (tasks) nelle quali suddividere il progetto, le quali vengono a loro volta raggruppate in macro-attività (work packages). A ciascuna attività vengono poi assegnate le risorse umane e materiali necessarie, oltre al tempo necessario per completarla ed ai vincoli che la legano alle altre attività.

Tale approccio consente, come primo risultato, di definire il "percorso critico" del progetto, ovvero la catena di attività la cui durata influisce direttamente sui tempi di completamento del progetto.



(Fig.2.7. strutturazione W.B.S, fonte manuale Project management)

Oltre alla WBS esistono altre tipologia di destrutturazione dell'intervento, alcuni di essi sono:

- CBS - Contract Breakdown Structure: scomposizione del contratto di progettazione o costruzione (attraverso stesura di capitolati);
- ABS - Activity Breakdown Structure: scomposizione / articolazione per attività da svolgere per la realizzazione del progetto;
- PBS - Product Breakdown Structure: scomposizione/ articolazione del progetto come obiettivo finale realizzato (progettazione, costruzione, approvazione, collaudo) oppure criterio funzionale, merceologico, spaziale;
- OBS - Organization Breakdown Structure: è l'articolazione organizzativa che evidenzia i singoli responsabili per ogni pacchetto elementare (WBE). Il suo utilizzo deve facilitare il project manager nel lavoro di coordinamento o monitoraggio.

Qualsiasi sia la tipologia di destrutturazione dell'intervento si andrà sempre, in maniera diretta o indiretta, a poter individuare una serie di attività che si susseguiranno per ottenere la realizzazione del progetto in questione.

Un'attività per essere considerata tale ed essere inclusa nel piano di lavoro deve rispondere a tre caratteristiche essenziali:

- 1°) Essere una unità di lavoro elementare precisamente definibile e limitata;
- 2°) Essere quantificabile in termini temporali (avere un inizio ed una fine individuabili);
- 3°) Essere quantificabile in relazione alle risorse necessarie per il suo svolgimento: persone, materiali, finanziamenti.

Quindi l'attività, che per la maggior parte delle programmazioni realizzate sin ora, coincide con il livello più basso della pianificazione ottenuta tramite W.B.S. , non è detto, teoricamente, che sia necessariamente la Lavorazione (UNI 8290) o elemento in opera che uniti tra loro consentono la realizzazione dell'elemento tecnico (UNI 8290) o Sistema assemblato.

Se fosse possibile individuare per ogni sistema assemblato presente in opera le caratteristiche necessarie per essere considerate un'attività, allora si potrebbero usare come attività di programmazione Gant, Pert o MPM direttamente i sistemi assemblati, semplificando notevolmente la fase di realizzazione della programmazione direttamente successiva alla pianificazione.

Tramite la progettazione BIM la conoscenza del primo e del terzo punto necessarie per essere definite attività non è più così complicato da reperire, grazie alla realizzazione di un database ben organizzato e codificato.

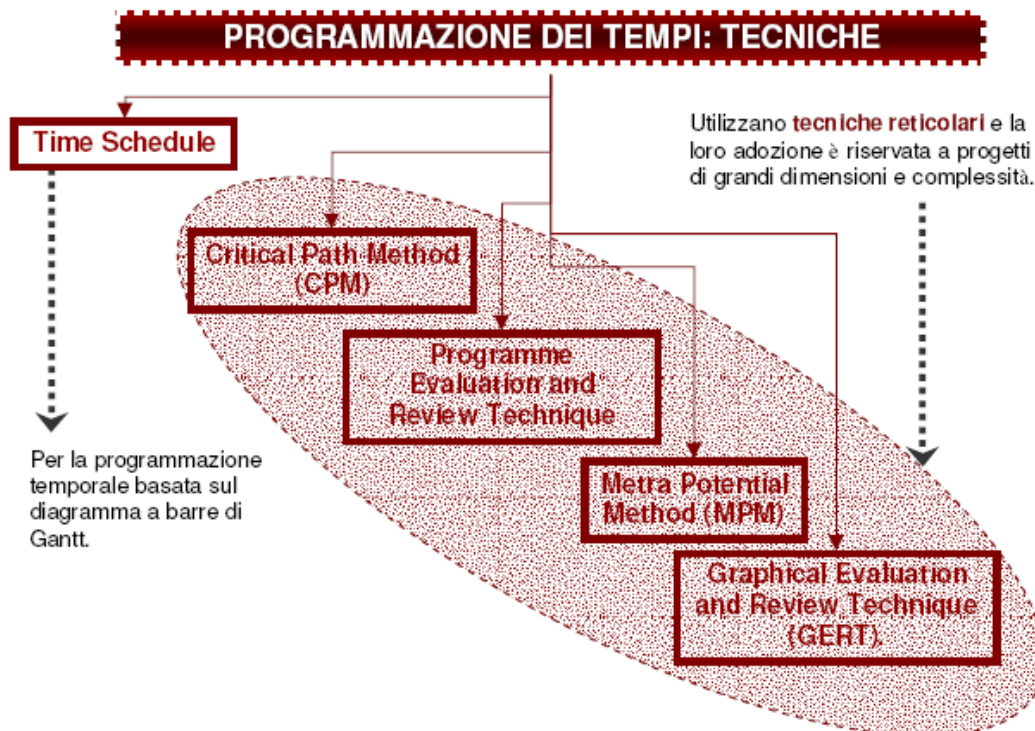
Scopo di questa tesi, come già riportato nell'abstract , si può tradurre quindi nel verificare che il punto due (essere quantificabile in termini temporali) sia di possibile ottenimento non solo per gli elementi in opera, ma anche per i sistemi assemblati, che sono , nell'utilizzo della tecnologia BIM, elementi di progettazione di base (definiti in termini di prestazioni termiche, acustiche, ecc). L'eventuale possibilità di programmazione temporale tramite il semplice concatenamento di sistemi assemblati porterebbe a una semplificazione non indifferente nell'esecuzione della programmazione.

2.6 Tecniche di programmazione tempi e costi

PROGRAMMAZIONE TEMPI

La programmazione temporale è fondamentale per stabilire e controllare le fasi di avanzamento della realizzazione del progetto. Attraverso la programmazione di tutte le attività individuate, assegnando le date di inizio, quelle intermedie significative e quelle di fine attività, si determina il tempo necessario al completamento delle diverse fasi del progetto e si individuano quelle attività, "sulle quali concentrare gli sforzi" per garantire il completamento del lavoro entro tempi stabiliti.

La programmazione temporale è uno strumento che permette oltre che la concatenazione tra le varie fasi progettuali, l'integrazione tra tutte le parti attive interessate alla realizzazione del progetto.



(Fig.2.8. Schema tecniche programmazione tempi, fonte manuale Project management)

La scelta di una particolare tecnica richiede:

- l'analisi dei parametri di progetto: le dimensioni, la complessità tecnologica, il numero di discipline coinvolte, il numero di persone che vi lavorano, la durata ed i costi previsti.

- l'analisi delle caratteristiche della tecnica stessa: costo di preparazione, costo di aggiornamento, facilità di controllo, comunicatività, adattabilità a piccoli e/o grandi progetti, coinvolgimento del project team, interesse del committente.

Le tecniche più diffuse utilizzate 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);

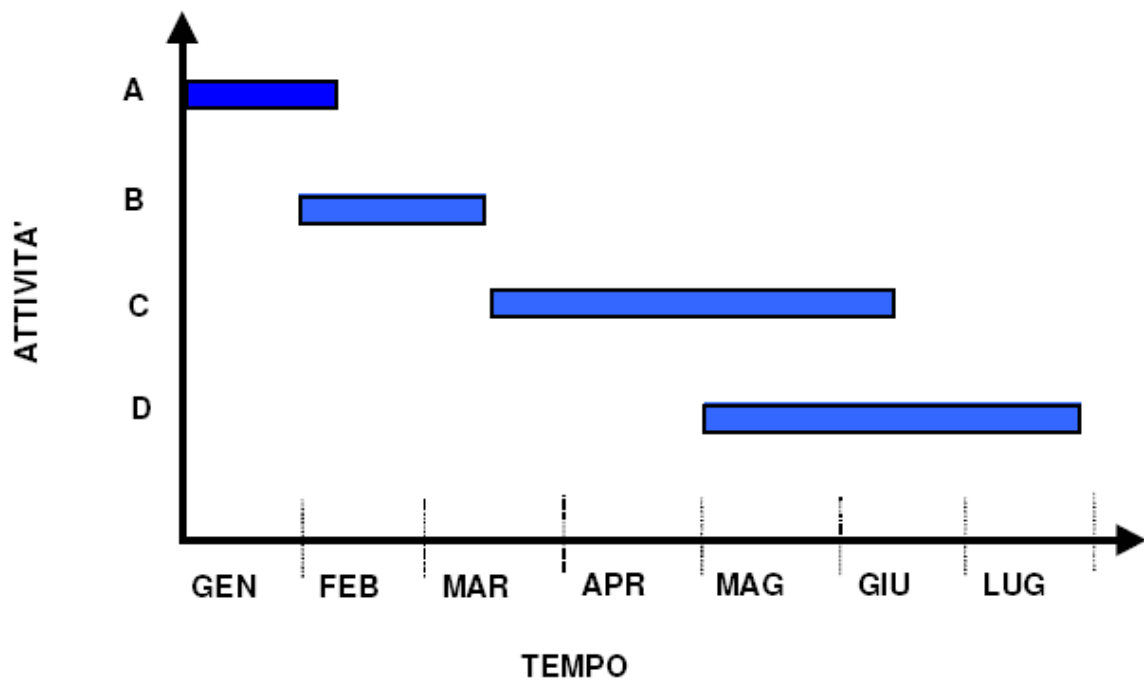
- il Graphical Evaluation and Review Technique (GERT).

In edilizia per quanto riguarda la programmazione dei lavori in termini di tempi e costi si utilizzano per la maggior parte dei casi i software Project o Primavera, che lavorano entrambi utilizzando la tecnica di programmazione MPM, metodologia di programmazione che consente di unire i vantaggi dei time

schedule (Diagramma a barre di Gantt) con quelli delle tecniche reticolari (il più utilizzato è il Programme Evaluation and Review Technique).

Il diagramma di Gantt, consiste in una rappresentazione grafica a barre che mette in evidenza le interrelazioni tra le diversi elementi del progetto - macro-attività, attività elementari e output - in una scala temporale.

Ogni barra rappresenta un'attività (W.B.E.), la lunghezza di ognuna di esse è proporzionale alla durata dell'attività che rappresenta e viene collocata sulla scala temporale in rappresentanza dell'attività stessa.



(Fig.2.9. Esempio Gant, fonte manuale Project management)

Lo scopo di tale rappresentazione è:

- 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).

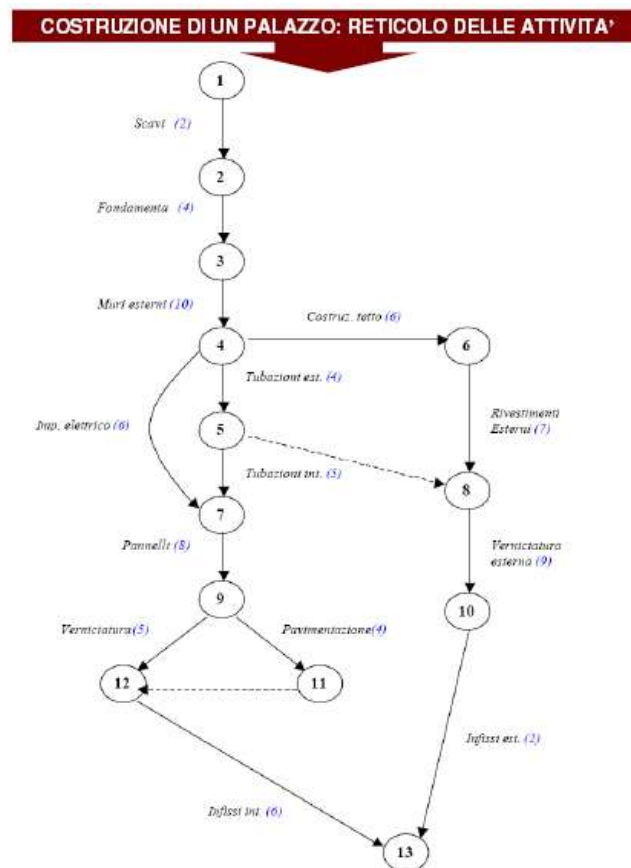
Le tecniche reticolari, come il PERT, sopperiscono ai limiti dei diagrammi a barre di Gantt. Si basano su un modello logico-matematico del progetto chiamato reticolo (network).

Il reticolo rappresenta l'organizzazione delle attività di progetto e le reciproche dipendenze, chiamate legami (constrains), attraverso una sequenza logica.

Attraverso la W.B.S. vengono individuate tutte le attività e si determinano le loro date di inizio e fine (durate) e i vincoli logici di successione e interdipendenza (legami).

La rappresentazione grafica del reticolo avviene attraverso un diagramma a frecce (arrow). Il reticolo è la rappresentazione grafica delle attività costituenti il progetto e dei loro legami logici dove:

- le attività sono rappresentate da nodi
- i legami sono rappresentate da archi orientati (frecce)
- non esistono cammini chiusi



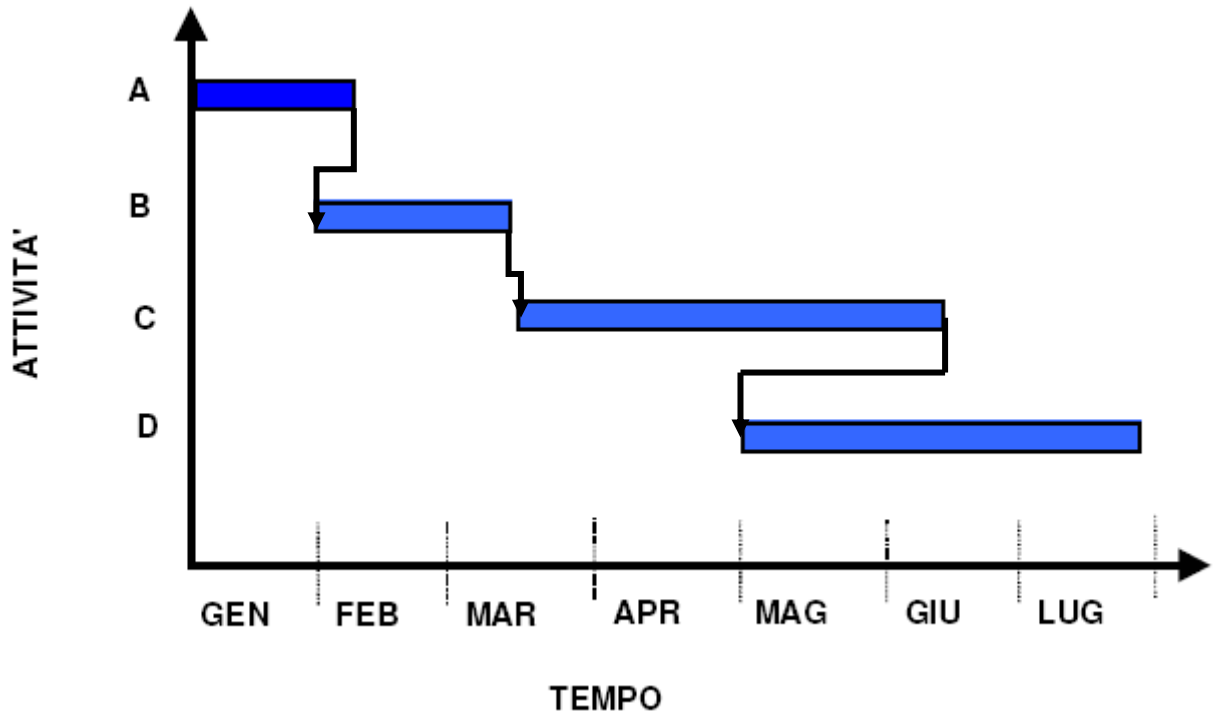
(Fig.2.10. Esempio PERT, fonte manuale Project management)

In estrema sintesi:

- il PERT/CPM visualizza meglio i collegamenti tra le varie attività e consente di valutare più facilmente i percorsi critici.
- il Gantt offre un'idea più chiara sull'andamento del progetto e permette di controllare meglio i budget di risorse e conseguentemente di costi.

La rappresentazione grafica Gantt unita ai collegamenti di varia natura tra le attività realizzanti la programmazione consentono di ottenere una schedulazione di facile lettura e controllo, in fase di aggiornamento, sia dal

punto di vista dei tempi che dei costi. Inoltre consente di valutare con maggior facilità i percorsi critici e il budget delle risorse.



(Fig.2.11. Semplice esempio MPM)

PROGRAMMAZIONE COSTI

La programmazione dei tempi e la programmazione dei costi di un progetto sono attività strettamente correlate tra loro ed entrambe fondamentali per una efficace pianificazione del risultato finale.

La programmazione dei tempi è indispensabile per quella dei costi poiché l'aumento di questi ultimi è direttamente proporzionale all'entità dei ritardi che possono subire le diverse attività nella realizzazione di un progetto, e i suoi obiettivi sono:

- Prevedere in anticipo i costi del progetto;
- Impostare l'andamento del cash-flow (flusso dei pagamenti);

- Predisporre dei riferimenti quale base per operare le verifiche atte a stabilire e quantificare l'avanzamento in fase di attuazione del progetto.

MODALITÀ DI VALUTAZIONE DEI COSTI

- Pianificazione del lavoro e lista delle attività

Si calcolano i tempi di impiego e i conseguenti costi (uomo/ora) delle persone coinvolte per il completamento di ogni attività, i costi diretti riferiti ad ogni attività e le spese generali calcolate per percentuale sul totale di questi costi. Si aggiungono gli accantonamenti per le contingenze (fondi di riserva) ed il profitto che deve formare una voce separata.

- Valore del progetto come percentuale dell'importo totale dell'opera o del costo di costruzione

Dal valore ottenuto si può, per sottrazioni successive, determinare le varie voci che formano il budget, sottraendo dal valore l'ammontare del compenso e i costi diretti, per ottenere il valore disponibile per il costo del personale, per le spese generali e gli accantonamenti.

- Costo delle tavole programmate

Attraverso la disponibilità di dati statistici sul costo per tavola, elaborati sulla base delle esperienze similari precedenti dello studio di progettazione.

- Costi di studio relativi alla durata dell'impiego delle persone

Si considerano i livelli professionali delle persone che si intendono coinvolgere e, di conseguenza, il loro livello retributivo. Si basa sul costo dello studio nell'impiegare un certo livello professionale di persone per un certo periodo di

tempo. L'adozione di ognuno di questi metodi presenta dei vantaggi e dei limiti contenendo intrinseche possibilità di errore dovute al metodo stesso. L'applicazione di più di un metodo per volta è consigliabile.

INDIVIDUAZIONE DEL BUDGET DI PROGETTO

- Livello strategico

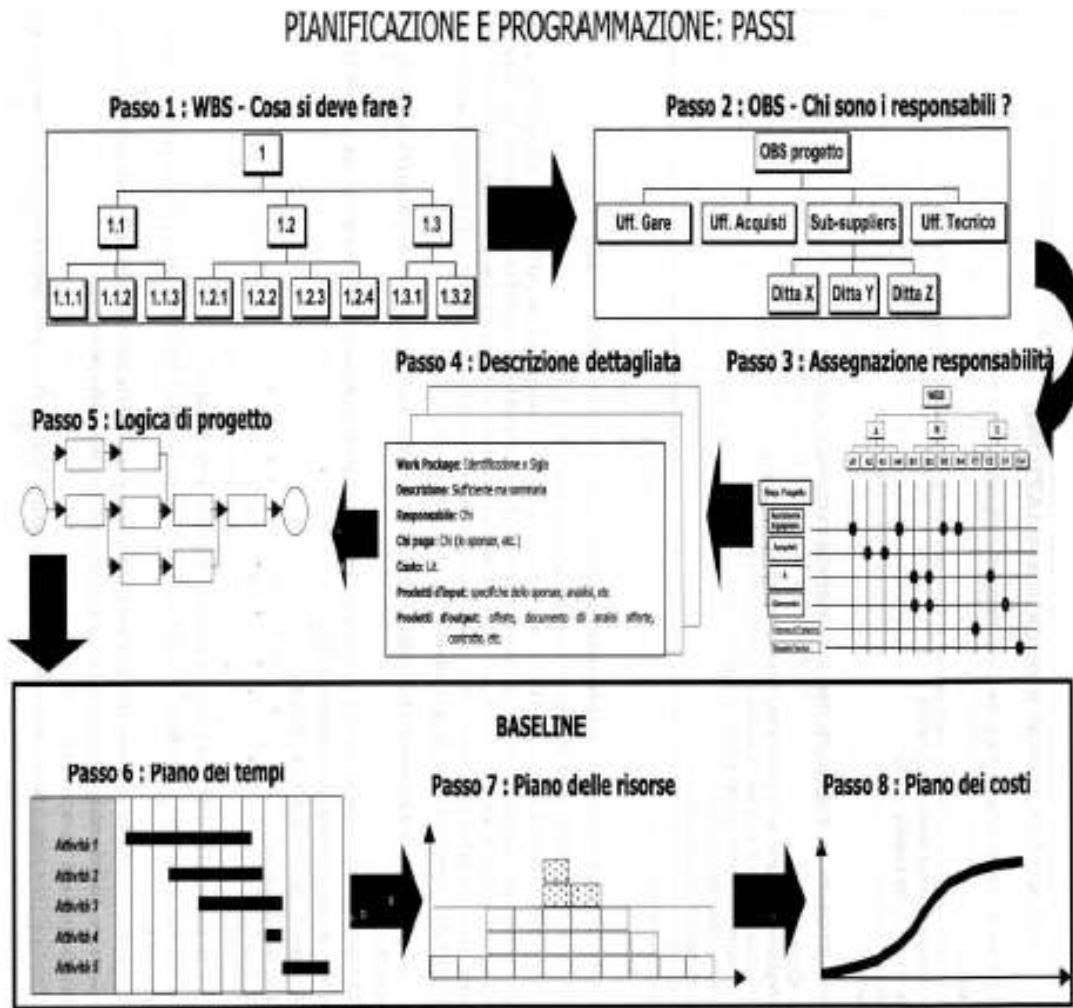
Si riferisce in genere al budget aziendale, si individua, cioè, un costo massimo di progetto come frutto di strategia aziendale. Questa somma viene assegnata alla radice della WBS per servire come base di riferimento e termine di paragone per pianificazioni più dettagliate.

- Livello di massima

Si individua un costo per ogni pacchetto di macroattività di lavoro individuato attraverso la WBS. Si considerano anche i costi associabili su elementi di livello superiore della WBS. La loro sommatoria dà il budget di massima del progetto da confrontare con quello fornito in pianificazione strategica.

- Livello di dettaglio

Individua i costi a livello più disaggregato. È particolareggiato in modo che si possa assegnare la parte spettante di budget ai responsabili di ciascuna attività del reticolo del progetto. Il budget deve essere preparato in modo da riferirsi ad una CBS – Cost Breakdown Structure.



(Fig.2.12. Passi P.P., fonte manuale Project management)

Abbiamo quindi riportato e rianalizzato tutte le tecniche di programmazione e pianificazione necessarie per andare a completare, insieme al progetto, la fase decisionale del processo edilizio. Una volta fatte queste premesse di natura conoscitiva è possibile provare a studiare la nuova tipologia di pianificazione/programmazione, cercando di dare ai sistemi assemblati, se è realizzabile e facilmente aggiornabile, caratteristiche tipiche delle attività.

2.7 Legami tra attività

Le attività descritte nei paragrafi precedenti sono quelle che andranno, tramite la loro realizzazione, a consentire la costruzione dell'edificio in questione. Come abbiamo già detto le attività all'interno di tecniche di programmazione quali il Pert e L'MPM sono legate tra loro con vari tipi di legami.

Le relazioni tra le attività consentono di modificare il percorso critico (serie di attività che con la loro durata e sequenza condizionano la data finale del progetto) e di ridurre la durata della programmazione. I legami possono essere di 4 tipi:

- Legame "Finish to Start" o anche "Fine-Inizio"

Significa che l'attività 2 può iniziare solo se è terminata la precedente attività 1. È la tipologia di legame più presente all'interno di programmazioni in ambito edilizio. Un esempio è quello della stesura dell'intonaco (attività 2) solo a compimento della posa dei forati facenti parte la partizione (attività 1).

- Legame "Finish to Finish" o anche "Fine-Fine"

Significa che la fine dell'attività 2 è subordinata all'avvenuta fine dell'attività 1. Questo tipo di legame tra attività è molto utilizzato nella realizzazione degli impianti, esempio il reinterro dei tubi della fognatura (attività 2) non potrà compiersi totalmente prima della completa posa dei tubi stessi (attività 1).

- Legame "Start to Start" o anche "Inizio-Inizio".

Significa che l'inizio dell'attività 2 è subordinato all'avvenuto inizio dell'attività 1. Un esempio di questo tipo di legame possiamo trovarlo, ipotizzando un leggero delay positivo (slittamento di uno/due giorni dell'attività 2), nella fase di

realizzazione della struttura, dove ad esempio la cassetatura di un qualsiasi sistema assemblato strutturale quali trave, pilastro, ecc (attività 1), può essere immediatamente seguita dalla realizzazione dell'armatura da un'altra squadra di operatori (attività 2).

- Legame "Start to Finish" o anche "Inizio-Fine".

Significa che l'inizio dell' attività 1 e' subordinato alla fine dell'attivit  2. Questo tipo di legame non   molto utilizzato, anche perch  se scambiamo l'attivit  1 con la 2, questo non   nient'altro che un legame finish to start. Con una corretta pianificazione non dovrebbe esserci alcun bisogno di utilizzare questo quarto tipo di legame.



(Fig.2.13. Esempio legami tipici attivit )

L'individuazione dei vari collegamenti, e di conseguenza del cammino critico permette, muovendosi a ritroso dalla data di chiusura attesa del progetto, di evidenziare lo spazio di possibile slittamento di ogni attivit  non facente parte del cammino critico.

In altri termini, tutte le attività non facenti parte del cammino critico potranno parzialmente slittare senza ritardare per questo la durata complessiva del progetto. L'analisi dei possibili slittamenti delle singole attività porta alla individuazione per ciascuna di esse, accanto alle date di inizio e fine di massimo anticipo (Early Start ed Early Finish), anche alle date di inizio e fine di massimo ritardo (Late Start e Late Finish).

E' evidente che per le attività poste sul cammino critico, non essendo possibile operare slittamenti (che ritarderebbero l'intero progetto), inizio e fine di massimo ritardo coincidono con inizio e fine di massimo anticipo.

3. La nuova pianificazione/programmazione d'intervento

3.1 Ridefinizione dell'attività

Qualsiasi sia la tipologia di destrutturazione (pianificazione) e di programmazione dell'intervento si andrà sempre, in maniera diretta o indiretta, a individuare una serie di attività che si susseguiranno per ottenere la realizzazione del progetto in questione.

Un'attività per essere considerata tale ed essere inclusa nel piano di lavoro deve rispondere a tre caratteristiche essenziali:

- 1° Essere una unità di lavoro elementare precisamente definibile e limitata;
- 2° Essere quantificabile in termini temporali (avere un inizio ed una fine individuabili);
- 3° Essere quantificabile in relazione alle risorse necessarie per il suo svolgimento: persone, materiali, finanziamenti.

Le nuove tecniche di progettazione tramite software BIM si traducono, dal punto di vista tecnologico, nella scelta di una tipologia di sistema assemblato rispetto ad un altro, previsto per la realizzazione di quella determinata porzione di edificio (esempio chiusura verticale/orizzontale, partizione, ecc). Uno degli scopi della progettazione è quello di garantire che l'edificio nel suo complesso e in ogni sua singola parte, sia in grado di fornire, per tutto l'arco della sua vita utile,

un corretto funzionamento e il raggiungimento di determinati standar qualitativi e quantitativi.

Questo si traduce quindi, anche per quanto riguarda la vecchia concezione della progettazione, nell' identificare e unire in opera una serie di strati (elementi in opera) che consentono la realizzazione di questi obbiettivi. Qui si viene a trovare una dei cavalli di battaglia dei software BIM, che si appoggiano a banche dati tipo Innovance. Essi infatti consentono, grazie ai sistemi assemblati già inclusi e completi di tutte quelle informazioni necessarie alla descrizione univoca in termini di prestazioni/tempi e costi, di effettuare una scelta immediata del sistema assemblato, senza dover scendere al dettaglio del singolo strato.

Questa valutazione, effettuata dal progettista, viene eseguita in base a una serie di fattori caratterizzanti il sistema assemblato, che sono:

- Prestazioni (isolamento termico/acustico, ecc) a sistema realizzato e in previsione del ciclo di vita dell'edificio
- Costo di realizzazione del sistema
- Costo e facilità di manutenzione del sistema
- Tempo di vita utile
- Tempo di realizzazione

Come è facilmente intuibile le caratteristiche di un sistema assemblato non sono altro che l'unione delle caratteristiche dei singoli strati facenti parte il sistema, questo però ad eccezione del tempo di realizzazione, visto che quasi tutti, se non addirittura tutti, i sistemi assemblati sono realizzati da squadre operative con diverse mansioni (posa laterizi, posa cappotto, pittura, intonaci, ecc).

Questa disarticolazione d'esecuzione e l'elevato numero di sistemi assemblati realizzati durante i lavori portano quindi ad uno slittamento del tempo di esecuzione di tutti i sistemi assemblati.

Riassumendo il concetto la somma dei tempi necessari alla realizzazione dei singoli elementi in opera, per quanto riguarda il campo dell'edilizia, non è mai pari al tempo di assemblaggio dell'elemento tecnico.

Abbiamo quindi sottolineato la problematica principale dei sistemi assemblati, cioè quella di non essere quantificabile in termini temporali (avere un inizio ed una fine individuabili in fase di progettazione e pianificazione).

Questo si traduce nelle difficoltà riscontrate fin ora nella realizzazione di una programmazione che si basa sui sistemi assemblati, e non più sugli elementi posati in opera.



(Fig.3.1 Esempio disuguaglianza tra la somma Teo e il Tsa.)

Per rendere ancora più chiaro il concetto basta osservare l'esempio riportato in figura:

$$T_{toteo} = 2d+3d+4d+2d+4d=15d$$

$$T_{totsa} = 15d+4d=19d$$

La disuguaglianza tra i due tempi è a causa di quei quattro ipotetici giorni, che per motivi strettamente tecnologici o fittizi qualsivoglia, determinano una tempistica di realizzazione ben diversa da quella ottenuta sommando semplicemente i Teo.

Scopo di questa tesi è quello di cercare una metodologia di programmazione che consente l'identificazione temporale immediata degli elementi tecnici, consentendo l'ottenimento di tutte e tre le caratteristiche necessarie per poter essere definite attività, così da poter essere utilizzata come particella elementare della programmazione.

3.2 Pianificare tramite BIM

Come già detto nel capitolo 2.4 tra la fase progettuale e la fase d'esecuzione si colloca una fase intermedia facente parte il processo decisionale, definita fase di pianificazione e programmazione.

Pianificare "COME"
Programmare "QUANDO"

Con il termine pianificazione si intende l'analisi approfondita del progetto, individuando le attività elementari necessarie per la realizzazione dell'opera e dell'individuazione dei vincoli di precedenza o successione (dipendenza) che tra queste attività elementari sussistono.

Gli scopi della pianificazione dei lavori sono quindi riassunti in:

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

Lo strumento più utilizzato, di più facile utilizzo e più utile per eseguire questa fase del processo decisionale è la W.B.S (Work Breakdown Structure), che come già detto è una destrutturazione gerarchica dei lavori, sviluppata ad albero, a livelli via via più dettagliati.

Con il termine Work (lavoro) fin ora si è inteso come la realizzazione di uno strato facente parte un sistema assemblato più complesso. Questo va a creare, per ogni sistema assemblato presente in opera, una serie di voci distinte in termini di costi e di tempi.

Costo	MANUFATTI	Costo	SISTEMA ASSEMBLATO	Costo	ATTIVITA'(ELEMENTO IN OPERA)	U.M.	QUANTITA'
21	Pareti, contropareti e controsoffitti	2.1.1	Realizzazione di pareti e contropareti (uffici)	2.1.11	Struttura portante in profili metallici a C	[m ²]	2299
				2.1.12	Pannello in latta di acciaio (sp. 5 cm)	[m ²]	3591
				2.1.13	Pannello in cartongesso (sp. 125 cm)	[m ²]	3591
		2.1.14	Integrazione REI pareti verticali	2.1.14	Stacco connessione e rifinito con rete	[m ²]	2530
				2.1.15	Formazione dei fori per il passaggio dei canali di ventilazione 70x20 cm	[quad.]	72
		2.1.2	Realizzazione di muri divisorii con forato 12x25x25cm con successiva intonacatura completa a raso e in parte a civile (bagni)	2.1.21	Intonacatura latta Portance REI 125 (sp. 52 cm)	[m ²]	409
				2.1.22	Finitura e posa di rivest. 60x60x6 cm	[m ²]	388
		2.1.3	Integrazione pareti perimetrali	2.1.32	Intonacatura completa a raso sp. 15 cm	[m ²]	261
				2.1.33	Intonacatura a raso sp. 3 cm	[m ²]	41
		2.1.4	Realizzazione di controsoffitto in lamiera microforata con realizzazione di valette laterali in cartongesso (corridoi)	2.1.41	Incolaggio di latta in cartongesso	[m ²]	491
				2.1.51	Struttura portante metallica	[m ²]	547
				2.1.52	Panelli in lamiera microforata	[m ²]	547
				2.1.53	Valette laterali in cartongesso	[m ²]	472
				2.1.54	Formazione dei fori per i doppi filamenti diametro 20 mm e ribocco	[quad.]	92
		2.1.6	Realizzazione di controsoffitto in fibra minerale comprese di fonometrie per l'alloggiamento delle bocchette dell'impianto di ventilazione (uffici)	2.1.61	Struttura portante metallica	[m ²]	2930
				2.1.62	Panelli in fibra minerale	[m ²]	2930
				2.1.63	Formazione delle fonometrie per impianto ventilazione (Rc20)	[quad.]	72
2.1.7	Integrazione REI controsoffitti (tutti i locali)	2.1.71	Paccatura con latta REI 125	[m ²]	2930		

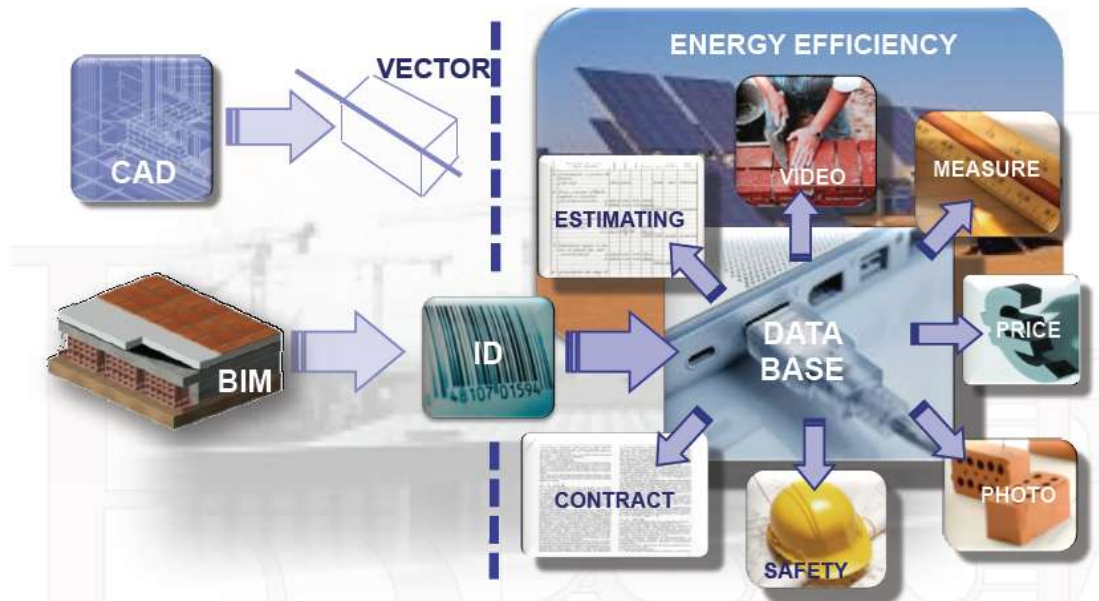
(Fig.3.2 Stralcio esemplificativo WBS tipica)

Un fattore molto importante nella realizzazione della WBS è la corretta codifica di ogni singola attività, permettendo un controllo e un'individuazione diretta dell'attività presa in considerazione. Si deve prestare particolare attenzione alla realizzazione della WBS, perché sbagliare la sua stesura significa sbagliare strada, infatti tutta la fase di programmazione successiva si costruisce appoggiandosi completamente ad essa.

Come si può osservare in figura 3.2 la WBS è quello strumento che oltre ad ottenere una destrutturazione con una certa logica dell'edificio, ci consente di quantificare il materiale/semilavorato/elemento necessario per la realizzazione del singolo strato facente parte il sistema assemblato complesso.

Questo tipo di informazione è estremamente utile, se non necessaria, nella tipologia di progetto tradizionale. Senza queste informazioni non potremmo essere in grado di programmare né i tempi né le risorse (quindi i costi) di ogni singola attività.

La capacità della tecnologia BIM in fase progettuale, appoggiandosi a un database ben strutturato quale sarà Innovance, da già queste informazioni al progettista, unite a molte altre di natura contrattuale/sicurezza ecc.



(Fig.3.3 Completezza dell'informazione grazie a BIM/Innovance)

Detto questo ci chiediamo se sia quindi necessario scendere ancora così nel dettaglio dal punto di vista della pianificazione, e quindi della programmazione, quando l'unica informazione che non è riportata nel database, che consentirebbe l'utilizzo della voce sistema assemblato come attività elementare, è quella riguardante la tempistica complessiva di realizzazione dell'elemento tecnico.

Naturalmente se anch'esso risultasse possibile, la base di realizzazione del sistema assemblato complesso dovrebbe comunque essere frammentata, perché realizzata praticamente sempre da diversi operatori, spesso subappaltati dalle imprese di costruzione, che lavorano, per vincoli temporali di natura fisica o fittizia, in successione non continua, ma frammentata.

3.3 Programmare tramite BIM, possibili problematiche

Riprendendo il discorso del paragrafo precedente, la base di realizzazione del sistema assemblato complesso è obbligatoriamente frammentata, poiché realizzata sempre da diversi operatori, spesso subappaltati dalle imprese di costruzione, che lavorano, per vincoli temporali di natura fisica o fittizia, in successione non continua, ma frammentata.

Sappiamo però che i vincoli temporali di natura fisica sono facilmente individuabili e non possono in alcun modo essere aggirati. Per fare un esempio l'intonaco di una partizione interna andrà sicuramente gettato e tirato successivamente alla posa dei forati (vincolo di successione fisica interno al sistema), alla realizzazione delle tracce e alla conseguente posa in opera dell'impiantistica (vincoli di successione fisica esterni al sistema).

Per quanto riguarda invece i vincoli di natura fittizia, essi si basano su una tipologia organizzativa che varia da impresa a impresa. Un esempio potrebbe essere quello riguardante la realizzazione delle partizioni interne di un edificio di due piani. Una volta realizzate la posa dei forati di quelle del piano primo si potrebbe procedere secondo due strade, la prima quella di effettuare la posa tutte quelle del piano secondo, e successivamente procedere con la realizzazione delle tracce e la posa degli impianti, ipotesi che potrebbe essere plausibile se la/le stessa/e squadre di lavoro sono assegnate per la realizzazione sia della posa dei forati che per la realizzazione delle tracce (caratterizzati da un semplice vincolo di fine/inizio attività senza delay).

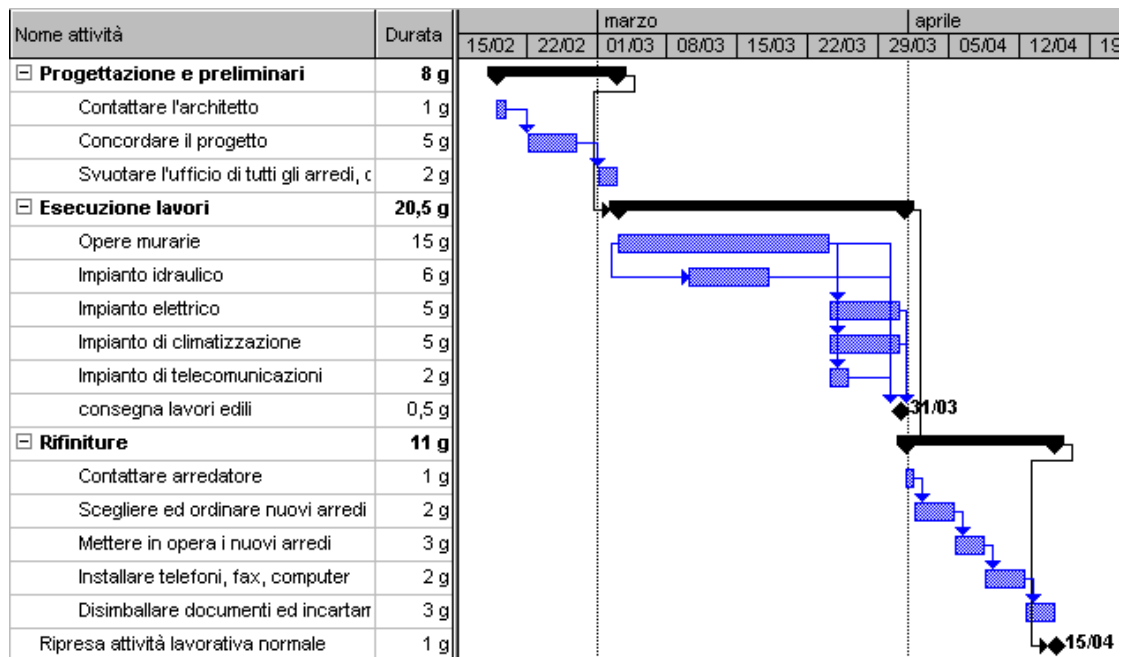
Un'altra strada potrebbe essere quella che mentre una squadra posa i forati delle partizioni del piano secondo, una seconda realizza le tracce e procede alla

posa degli impianti, diminuendo drasticamente i tempi di realizzazione della partizione complessiva (vincolo di fine/inizio con delay).

Detto questo, e tralasciando per ora le metodologie di stima dei tempi di realizzazione delle singole attività (deterministico o probabilistico) e assegnando a puro titolo esemplificativo delle tempistiche di realizzazione, si potrebbe ipotizzare una microprogrammazione del sistema assemblato?

Teoricamente sì, fissando i vari collegamenti interni ed esterni ad ogni singolo sistema assemblato, facenti riferimento ad ogni singola realizzazione d'elemento in opera, opportunamente codificata.

In questa maniera si potrebbe, sempre teoricamente, inserire all'interno della programmazione dei lavori direttamente il sistema assemblato, che andrebbe automaticamente a collegarsi agli altri sistemi assemblati, più nello specifico ogni sottosistema presente nel sistema assemblato presente nella programmazione avrà vari collegamenti immediati con le sottoattività delle altre attività, che gli consentiranno di posizionarsi temporalmente all'interno del diagramma MPM.



(Fig.3.4 Esempio programmazione lavori ristrutturazione con MPM)

Lo studio che si andrà a sviluppare non si basa quindi prettamente sulla possibilità o meno di una programmazione di questo tipo, che è teoricamente realizzabile, ma sulla possibilità che questa tipologia di programmazione sia idonea anche per un'altra fase molto importante riguardante il processo edilizio, quella in fase di esecuzione, più nel dettaglio quando parliamo dell'aggiornamento dei lavori.

E' ancora possibile e plausibile utilizzare i consueti metodi di valutazione dell'avanzamento lavori dal punto di vista dei tempi e dei costi?

Stesse domande devono essere poste per quanto riguarda l'individuazione del percorso critico (percorso del programma formato da tutte quelle attività che, per un loro slittamento in termine temporale, causerebbero un ritardo complessivo nella realizzazione dell'opera) e della gestione delle risorse (assegnazione delle squadre operative, mezzi e strumenti d'opera per ogni attività).

4. Sistema di codifica progetto Innovance

4.1 Introduzione alla codifica

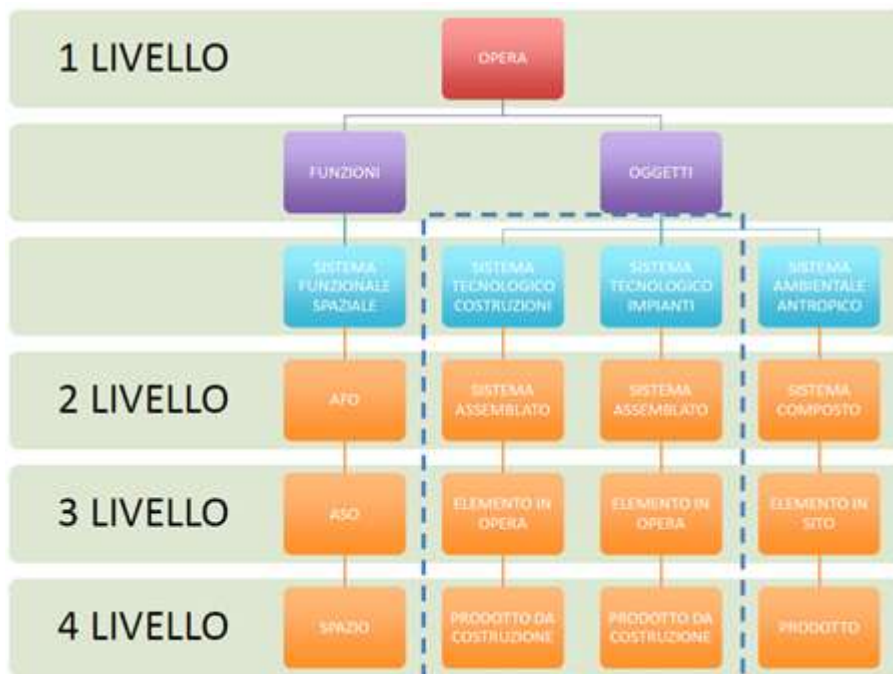
Il sistema di codifica considera, come output finale della filiera delle costruzioni, l'opera, che nel suo insieme è stata disaggregata secondo tre logiche principali:

- Logica funzionale-spaziale: permette di evidenziare gli spazi e le aree funzionali associabili ad una specifica opera (per esempio l'area adibita a spazio commerciale all'interno di un edificio);
- Logica tecnologica: permette di disaggregare l'opera nelle sue componenti tecnologiche (per esempio le pareti di un edificio);
- Logica naturale: permette di rappresentare l'insieme delle modifiche all'ambiente e gli aspetti paesaggistico-naturali associabili all'opera (per esempio scavi e rilevati).

Il flusso produttivo ed informativo è stato quindi correlato e disarticolato su quattro livelli. Al primo livello troviamo l'opera, scomposta in funzioni ed oggetti:

- Dal punto di vista delle funzioni è stato considerato il sistema funzionale spaziale;
- Dal punto di vista degli oggetti sono stati considerati invece il sistema tecnologico costruzioni, il sistema tecnologico impianti e il sistema ambientale antropico.

La distinzione dell'opera tra funzioni ed oggetti che la compongono ed i sistemi considerati sono dei raggruppari, utili a fare capire la metodologia in base alla quale è stata suddivisa l'opera, e non saranno interessati dalla codifica, in quanto non rappresentano qualcosa di reale. Sono stati invece oggetto di codifica i sottostanti tre livelli, che permettono di rappresentare gli elementi di dettaglio che andranno a comporre l'opera.



(Fig.4.1 Disarticolazione flusso produttivo e informativo, fonte INNOVance)

Il sistema di codifica definisce una strutturazione vincolata a compilazione aperta, composta da sette campi, oltre ad un ulteriore campo che funge da prefisso per identificare la macrocategoria di appartenenza (es. spazio, sistema assemblato, ...).

I sette campi necessari per l'identificazione univoca sono:

- Categoria
- Tipologia
- Caratteristiche funzionali (e di impiego)
- Caratteristiche prestazionali
- Caratteristiche tecniche che, a seconda dell'elemento da codificare, sono suddivise in:
 - geometriche: intese come geometria, forma, aspetti estetici e costruttivi;
 - dimensionali;
 - fisico/chimiche.

La definizione del singolo campo è stata adattata all'elemento da codificare. Un primo esempio si può riscontrare nel caso della codifica dei prodotti da costruzione, dove il campo "Caratteristiche funzionali" è sostituito dal campo "Riferimento normativo". Un altro esempio mostra la diversità delle informazioni che possono essere contenute all'interno del campo "Caratteristiche geometriche" a seconda della categoria analizzata (la caratteristica geometrica di "parete" è "in opera", mentre quella di "copertura continua" è "piana orizzontale"). La compilazione permette di ottenere il nome complesso, a cui è poter associare automaticamente un codice che, insieme alla nomenclatura, identifica in modo univoco l'informazione. A partire dalla denominazione, il codificatore potrà infatti estrarre l'algoritmo generatore del codice univoco.

Le informazioni inserite nei campi della codifica previsti sono tutte e sole quelle necessarie per definire una nomenclatura univoca; ulteriori caratteristiche saranno riportate nelle diverse schede tecniche correlate. Nel caso in cui non siano necessarie determinate informazioni per nominare l'oggetto in questione, il campo relativo può non essere compilato.

4.2 Codifica "opera"

L'opera è il risultato di un insieme di lavori, che di per sé espliciti una funzione economica o tecnica. Le opere comprendono sia quelle che sono il risultato di un insieme di lavori edilizi o di ingegneria civile, sia quelle di presidio e difesa ambientale o di ingegneria naturalistica.

Le caratteristiche identificative principali sono:

- categoria: il campo permette una classificazione in base alla funzione prevalente (edificio residenziale, edificio ricettivo alberghiero, complesso scolastico).
- caratteristiche funzionali: il campo identifica le funzioni presenti all'interno dell'opera (edificio residenziale abitativo, edificio residenziale abitativo con terziario, edificio residenziale abitativo con produttivo, edificio residenziale con produttivo e terziario; edificio per il culto chiesa, edificio per il culto moschea, edificio per il culto battistero, edificio per il culto monastero).
- tipologia: il campo fornisce indicazioni sul carattere tipologico peculiare, diverso a seconda della categoria di opera che si va a considerare (complesso scolastico per istruzione prescolastica, complesso scolastico per istruzione primaria, complesso scolastico per la ricerca; ponte a capriata, ponte a sbalzo, ponte levatoio, ponte strallato).
- caratteristiche prestazionali: il campo identifica una prestazione caratteristica dell'opera (edificio ricettivo alberghiero a una stella, edificio ricettivo alberghiero a due stelle; infrastruttura per il trasporto aereo nazionale civile, infrastruttura per il trasporto aereo di aviazione generale militare).
- caratteristiche geometriche: il campo permette di fornire informazioni qualitative o quantitative inerenti alla geometria dell'opera (edificio residenziale in linea, edificio residenziale a blocco, edificio residenziale a torre; diga a doppia curvatura, diga ad archi multipli, diga a piastre piate).

- caratteristiche dimensionali: il campo identifica le dimensioni necessarie per caratterizzare l'opera (edificio per uffici con superficie lorda di pavimento di ... m² e volume di ... m³).
- caratteristiche fisico/chimiche: il campo fornisce informazioni relative ai materiali di realizzazione o alla composizione della struttura portante (struttura sanitaria con struttura portante in c.a. gettato in opera; edificio industriale con struttura in acciaio).

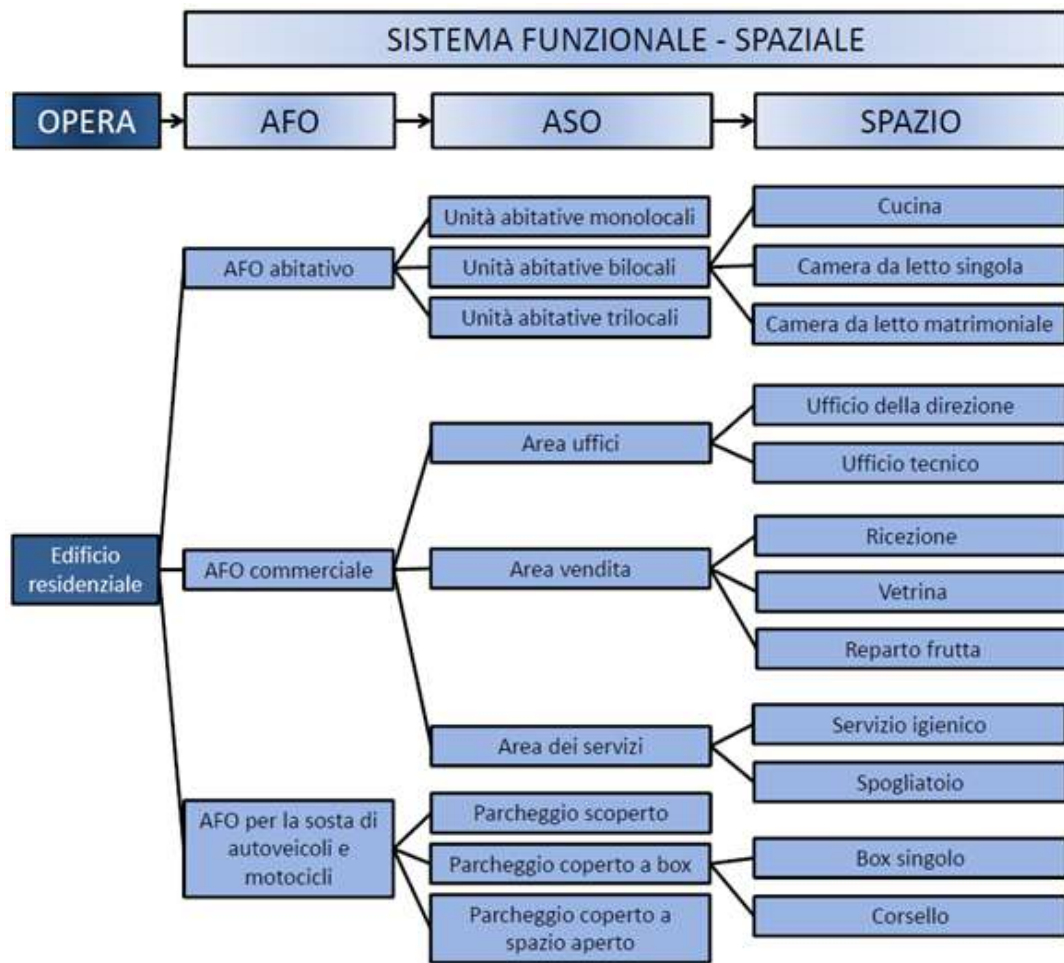
Macrocategoria	Categoria	Caratteristiche funzionali	Tipologia	Caratteristiche prestazionali	Caratteristiche tecniche		
					Geometriche	Dimensionali	Fisico-chimiche
Opera	Edificio di supporto al trasporto aereo	Terminal	Coperto	-	Fisso	Superficie lorda di pavimento = ... m ² Volume = ... m ³	Struttura portante in acciaio
Opera	Edificio industriale	Produttivo	Siderurgico	Con carroponte	n campate = ... Luce campate = ... m	Superficie lorda di pavimento = ... m ² Volume = ... m ³	Pannello di tamponamento pieno in c.a.v.

(Fig.4.2 Campi codifica d'opera con esempi)

4.3 Codifica "Sistema Funzionale Spaziale"

Il Sistema Funzionale Spaziale è l'insieme strutturato degli elementi spaziali definiti attraverso le loro funzioni, le dimensioni, la morfologia, le loro posizioni reciproche e rispetto all'ambiente esterno ed è disarticolato su tre livelli:

- Ambiti funzionali omogenei (AFO);
- Ambiti spaziali omogenei (ASO);
- Spazi



(Fig.4.3 Esempio di disarticolazione sistema funzionale spaziale, fonte INNOVance)

4.4 Codifica "Ambito funzionale omogeneo"

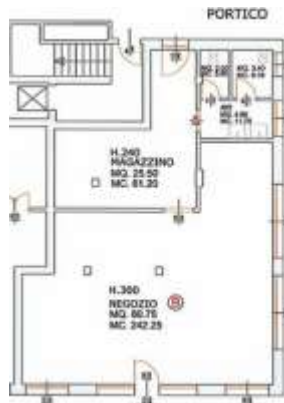
L'ambito spaziale omogeneo (ASO) è l'insieme di spazi compatibili che assolvono ad una funzione omogenea.

Le caratteristiche identificative principali sono:

- categoria: il campo permette di raggruppare tutte gli spazi aventi la medesima funzione (area uffici, area vendita, area arrivo merci).

- **tipologia:** il campo identifica spazialmente la funzione (area di movimento all'aperto; area per la preghiera monopiano; unità abitative bilocali pluripiano).
- **caratteristiche funzionali:** il campo riporta l'AFO in cui l'ASO è inserito (area accettazione e controllo qualità nell'AFO gestione merci; area di attesa nell'AFO sanitario).
- **caratteristiche prestazionali:** il campo identifica il numero di locali di cui l'ASO è costituito (area vendita con ... (n°) locali; area per la didattica con ... (n°) locali).
- **caratteristiche geometriche:** il campo permette di fornire informazioni qualitative inerenti alla geometria dell'ASO (area della rappresentazione open space; area uffici a pianta mista).
- **caratteristiche dimensionali:** il campo identifica le dimensioni necessarie per caratterizzare l'ASO (area di prova e laboratorio con superficie lorda di pavimento di ... m2).
- **caratteristiche fisico/chimiche:** il campo fornisce informazioni relative ai materiali di realizzazione o alla composizione della struttura portante (area vendita con struttura portante in acciaio).

Macrocategoria	Categoria	Tipologia	Caratteristiche funzionali	Caratteristiche prestazionali	Caratteristiche tecniche		
					Geometriche	Dimensionali	Fisico-chimiche
ASO	Area vendita	Monopiano	AFO commerciale	n locali = ...	A pianta mista	Superficie lorda di pavimento = ... m ²	Struttura portante in acciaio
ASO	Area arrivo merci	-	AFO di stoccaggio	n locali = 0	-	Superficie lorda di pavimento = ... m ²	All'aperto



(Fig.4.4 Ambito spaziale omogeneo:area di vendita dell'AFO commerciale, fonte INNOVance)

4.5 Codifica “Spazio”

Lo spazio è la porzione di ambito spaziale omogeneo fruibile e destinata allo svolgimento di attività compatibili.

Le caratteristiche identificative principali sono:

- categoria: il campo identifica gli spazi in cui è possibile suddividere l'ASO (spazio per il pernottamento; spazio per la vendita; spazio di deposito).
- tipologia: il campo permette di diversificare gli spazi in base al carattere tipologico peculiare (spazio per il pernottamento - camera da letto doppia; spazio di deposito - archivio).
- caratteristiche funzionali: il campo riporta l'ASO in cui lo spazio è inserito (spazio per il pernottamento in unità abitative monocalci; spazio per la rappresentazione in area di prova e laboratorio).

- caratteristiche prestazionali: il campo identifica due prestazioni utili per definire uno spazio (spazio per lo svago con rapporto illuminante = ... e rapporto aerante = ...).
- caratteristiche geometriche: il campo permette di fornire informazioni qualitative inerenti alla geometria dello spazio (spazio di lavoro chiuso climatizzato; spazio di deposito all'aperto).
- caratteristiche dimensionali: il campo identifica le dimensioni necessarie per caratterizzare lo spazio (spazio di deposito con superficie lorda di pavimento = ... m² e altezza media = ... m).
- caratteristiche fisico/chimiche: il campo riporta informazioni relative alla configurazione o alla ventilazione degli spazi (spazio per l'attività sportiva con manto erboso naturale; spazio per uffici con ricambio d'aria = ... m³/h).

Macrocategoria	Categoria	Tipologia	Caratteristiche funzionali	Caratteristiche prestazionali	Caratteristiche tecniche		
					Geometriche	Dimensionali	Fisico-chimiche
Spazio	Spazio per la vendita	Negozio	Area vendita	Rapporto illuminante = ... Rapporto aerante = ...	Chiuso climatizzato	Superficie lorda di pavimento = ... m ² Altezza media = ... m	Ricambio d'aria = ... m ³ /h
Spazio	Spazio per l'igiene della persona	Spogliatoio donne	Area di attività	Rapporto illuminante = ... Rapporto aerante = ...	Chiuso riscaldato e raffrescato	Superficie lorda di pavimento = ... m ² Altezza media = ... m	Ricambio d'aria = ... m ³ /h



(Fig.4.5 Spazio, singolo locale dell'area commerciale, fonte INNOVance)

4.6 Esempi “Sistema Funzionale Spaziale”

Nel seguito, a titolo esemplificativo, si riporta un esempio applicativo di un ambito funzionale omogeneo e dei relativi ambiti spaziali omogenei e spazi.

Esempio 1 di AFO: Ambito funzionale amministrativo all'interno di un edificio per uffici

CARATTERISTICHE AMBITO FUNZIONALE OMOGENEO						
Categoria	Tipologia	Funzione	Prestazione	Tecniche		
				Geometriche	Dimensionali	Fisico-chimiche
AFO amministrativo	Pluripiano	Edificio per uffici	-	A pianta mista	Superficie lorda di pavimento = ... m ²	Struttura portante in c.a. gettato in opera

(Fig.4.6 Esempio AFO amministrativo)

CARATTERISTICHE AMBITO SPAZIALE OMOGENEO						
Categoria	Tipologia	Funzione	Prestazione	Tecniche		
				Geometriche	Dimensionali	Fisico-chimiche
Area uffici	Pluripiano	AFO amministrativo	n locali = ...	Open space	Superficie lorda di pavimento = ... m ²	Struttura portante in c.a. gettato in opera
Area di attesa	Monopiano	AFO amministrativo	n locali = ...	Open space	Superficie lorda di pavimento = ... m ²	Struttura portante in c.a. gettato in opera
Area dei servizi	Monopiano	AFO amministrativo	n locali = ...	Ambiente confinato	Superficie lorda di pavimento = ... m ²	Struttura portante in c.a. gettato in opera
Area per il ristoro	Monopiano	AFO amministrativo	n locali = ...	A pianta mista	Superficie lorda di pavimento = ... m ²	Struttura portante in c.a. gettato in opera

(Fig.4.7 Articolazione degli ambiti spaziali omogenei per l'ambito funzionale omogeneo di cui all'esempio 1)

CARATTERISTICHE SPAZIO						
Categoria	Tipologia	Funzione	Prestazionali	Tecniche		
				Geometriche	Dimensionali	Fisico-chimiche
Spazio di lavoro	Ufficio	Area uffici	Rapporto illuminante = ... Rapporto areante = ...	Chiuso climatizzato	Superficie lorda di pavimento = ... m ² Altezza media = ... m	Ricambio d'aria = ... m ³ /h
Spazio di lavoro	Ufficio dirigenziale	Area uffici	Rapporto illuminante = ... Rapporto areante = ...	Chiuso climatizzato	Superficie lorda di pavimento = ... m ² Altezza media = ... m	Ricambio d'aria = ... m ³ /h
Spazio di distribuzione	Portico	Area di attesa	-	Aperto		-
Spazio di distribuzione	Ingresso principale	Area di attesa	Rapporto illuminante = ... Rapporto areante = ...	Chiuso riscaldato e raffrescato	Superficie lorda di pavimento = ... m ² Altezza media = ... m	Ricambio d'aria = ... m ³ /h
Spazio di	Foyer	Area di attesa	Rapporto	Chiuso riscaldato e	Superficie lorda	Ricambio d'aria = ...
Spazio per l'igiene della persona	Antibagno	Area dei servizi	Rapporto illuminante = ... Rapporto areante = ...	Chiuso riscaldato	Superficie lorda di pavimento = ... m ² Altezza media = ... m	Ricambio d'aria = ... m ³ /h
Spazio per l'igiene della persona	Bagno donne	Area dei servizi	Rapporto illuminante = ... Rapporto areante = ...	Chiuso riscaldato	Superficie lorda di pavimento = ... m ² Altezza media = ... m	Ricambio d'aria = ... m ³ /h
Spazio per l'igiene della persona	Bagno uomini	Area dei servizi	Rapporto illuminante = ... Rapporto areante = ...	Chiuso riscaldato	Superficie lorda di pavimento = ... m ² Altezza media = ... m	Ricambio d'aria = ... m ³ /h
Spazio per l'igiene della persona	Spogliatoio donne	Area dei servizi	Rapporto illuminante = ... Rapporto areante = ...	Chiuso riscaldato	Superficie lorda di pavimento = ... m ² Altezza media = ... m	Ricambio d'aria = ... m ³ /h
Spazio per l'igiene della persona	Spogliatoio uomini	Area dei servizi	Rapporto illuminante = ... Rapporto areante = ...	Chiuso riscaldato	Superficie lorda di pavimento = ... m ² Altezza media = ... m	Ricambio d'aria = ... m ³ /h
Spazio preparazione alimenti	Cucina	Area per il ristoro	Rapporto illuminante = ... Rapporto areante = ...	Chiuso climatizzato	Superficie lorda di pavimento = ... m ² Altezza media = ... m	Ricambio d'aria = ... m ³ /h
Spazio consumazione alimenti	Sala mensa	Area per il ristoro	Rapporto illuminante = ... Rapporto areante = ...	Chiuso climatizzato	Superficie lorda di pavimento = ... m ² Altezza media = ... m n utenti massimo = ...	Ricambio d'aria = ... m ³ /h

(Fig.4.8 Articolazione degli spazi per l'ambito spaziale omogeneo di cui all'esempio 1)

4.7 Codifica “Sistema Tecnologico Costruzioni”

Il sistema tecnologico è l'insieme strutturato di unità tecnologiche e/o elementi tecnici definiti nei loro requisiti tecnologici e nelle loro specificazioni di prestazione tecnologica.

Il sistema tecnologico delle costruzioni è articolato su 3 livelli:

- sistema assemblato;
- elemento in opera;
- prodotto da costruzione.

La logica seguita per l'articolazione dei livelli è di tipo tecnologico: l'opera, infatti, viene vista come una messa a sistema di più sistemi tecnologici, costituiti – al crescere della complessità oggettiva – da prodotti da costruzione, elementi in opera e sistemi assemblati.

Per ciascun livello sono state identificate le 7 “proprietà” attraverso le quali è possibile attribuire un nome univoco.

Analogamente a quanto fatto per la codifica dell'opera, anche nel definire la codifica dei diversi livelli del sistema tecnologico delle costruzioni, tali proprietà sono state identificate alla luce della categoria di elemento da codificare e pertanto adattate al fine di individuare di volta in volta le informazioni che di fatto rendono la codifica unica. Ad esempio, nel definire le caratteristiche prestazionali degli elementi in opera strutturali, si è ritenuto utile fornire la combinazione delle classi di resistenza dei materiali costituenti (ad esempio, nel caso di pilastri in c.a. realizzati con cemento C20/25 e barre di armatura B450A, nel campo conterrà "C20/25+B450A") in quanto senza le informazioni di progetto (localizzazione, distribuzione ed entità dei carichi, ecc.) non è possibile fornire una caratteristica prestazionale di riferimento dell'elemento in opera che ne condizioni la denominazione e, quindi, il codice univoco.

4.8 Codifica “Sistema Assemblato”

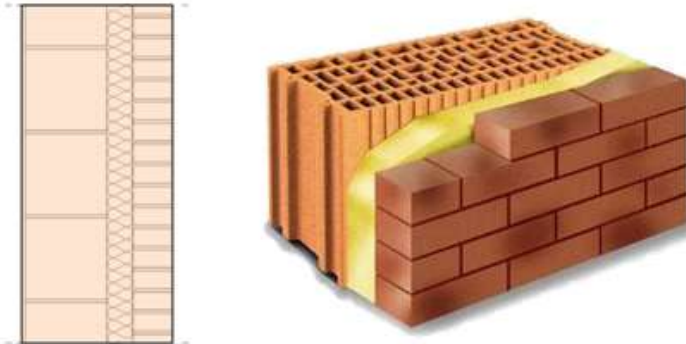
Il Sistema Assemblato è la composizione più o meno articolata di elementi in opera combinati tra loro in ragione della comune rispondenza ad una funzione aggregatrice; è il risultato di uno o più lavori tra loro correlati volti ad ottenere un sistema complesso, di carattere funzionale e/o fisico spaziale (tangibile).

Le caratteristiche identificative principali sono:

- categoria: il campo identifica la famiglia di sistemi assemblati, la cui specificazione viene articolata nei campi successivi.
- caratteristiche funzionali: il campo identifica le funzioni e le destinazioni d'utilizzo previste per il sistema assemblato. In questo campo, ad esempio, trova spazio l'indicazione dell'appartenenza del sistema assemblato ad una chiusura, una partizione, ecc.;
- tipologia: il campo permette di diversificare la classe di sistemi assemblati, fornendo indicazioni sul carattere tipologico peculiare, quale ad esempio la presenza o meno di isolamento termico, di isolamento acustico, di impermeabilizzazione, ecc.
- caratteristiche prestazionali: il campo identifica la prestazione prevalente del sistema assemblato.
- caratteristiche geometriche: il campo permette di fornire informazioni inerenti a forma, orientamento nello spazio, aspetti estetici e costruttivi relative al sistema assemblato;
- caratteristiche dimensionali: il campo identifica le dimensioni necessarie per nominare in modo univoco il sistema assemblato.

- caratteristiche fisico/chimiche: il campo indica l'aspetto materico che permette di identificare l'elemento in opera maggiormente caratterizzante l'intero sistema assemblato.

Macrocategoria	Categoria	Caratteristiche funzionali	Tipologia	Caratteristiche prestazionali	Caratteristiche tecniche		
					Geometriche	Dimensionali	Fisico-chimiche
Sistema assemblato	Parete	Chiusura	Con isolamento in intercapedine	Trasmittanza termica $U=0,28 \text{ W/m}^2\text{K}$	Piana verticale	Spessore = 45 cm	Con muratura in laterizio
Sistema assemblato	Finestra	Chiusura	Apribile, con schermo	Trasmittanza termica $U=1,36 \text{ W/m}^2\text{K}$	Rettangolare	120 cm x 150 cm	In legno



(Fig.4.9 Esempio sistema assemblato,isolamento parete con isolamento in intercapedine, fonte INNOVance)

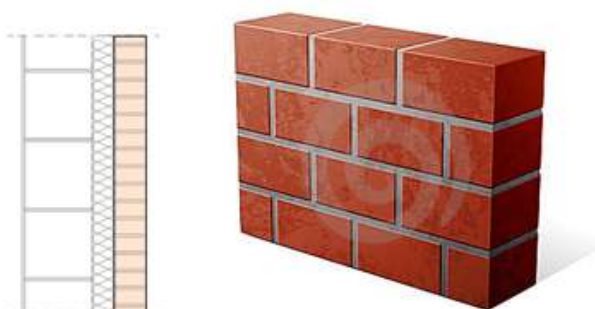
4.9 Codifica “Elemento in Opera”

L'Elemento in Opera è un prodotto da costruzione che, a seguito di una lavorazione, forma parte di un sistema assemblato assolvendone (o contribuendo ad assolverne) la funzione, pur avendo anche una propria funzione caratterizzante. Per l'elemento in opera si possono adottare le definizioni dei 7 campi di codifica fatte per il Sistema Assemblato.

Sono da considerarsi elementi in opera tutti gli strati funzionali facenti parti del sistema assemblato (ad esempio lo “strato di intonaco” è l'elemento in opera facente parte del sistema assemblato “parete”).

Nel caso delle strutture, gli elementi strutturali (i.e. “trave”, “pilastro”, ecc.) sono trattati come elementi in opera, facenti parte del sistema assemblato “struttura di elevazione”.

Macrocategoria	Categoria	Tipologia	Caratteristiche funzionali	Caratteristiche prestazionali	Caratteristiche tecniche		
					Geometriche	Dimensionali	Fisico-chimiche
Elemento in opera	Muratura	Piena	Portante	Resistenza termica $R=0,25 \text{ m}^2\text{K/W}$	In blocchi	Spessore 12 cm	Laterizio
Elemento in opera	Schermo	Imposta	Oscuramento	Permeabilità alla radiazione solare	Rettangolare	60 cm x 150 cm	Alluminio



(Fig.4.10 Esempio elemento in opera, muratura in laterizio, fonte INNOVance)

4.10 Codifica “Prodotto da Costruzione”

Il Prodotto da Costruzione è un qualsiasi prodotto fabbricato e immesso sul mercato per essere incorporato in opere di costruzione o in parti di esse e la cui prestazione incide sulla prestazione delle opere di costruzione rispetto ai requisiti di base delle opere stesse.

Le caratteristiche identificative principali sono:

- categoria: il campo identifica famiglie di prodotti da costruzione omogenee per funzione e prestazione (blocco da muratura, cemento comune, finestra).

- **tipologia:** il campo permette di diversificare la classe di prodotto da costruzione, fornendo indicazioni sul carattere tipologico peculiare (isolante termico monostrato, membrana antiradice).
- **riferimento normativo:** il campo identifica la norma armonizzata per la marcatura CE, ove presente; in caso contrario, può essere inserita una differente norma o linea guida di riferimento (malta da intonaco UNI EN 998-1, lastra di vetro UNI EN 14449).
- **caratteristiche prestazionali:** il campo identifica la prestazione prevalente del prodotto da costruzione (blocco da muratura con conduttività termica equivalente = ... W/mK, isolante acustico con rigidità dinamica = ... MN/m³).
- **caratteristiche geometriche:** il campo permette di fornire informazioni di varia natura, inerenti a forma, confezionamento, ... (isolante termico in pannelli, finestra a doppia anta rettangolare, malta da intonaco in sacchi da 25 kg).
- **caratteristiche dimensionali:** il campo identifica le dimensioni necessarie per nominare in modo univoco il prodotto da costruzione (blocco da muratura con spessore = ... mm, altezza = ... mm e larghezza = ... mm, isolante termico di spessore = ... cm, malta da muratura a composizione prescritta con dimensione massima dell'aggregato = ... mm).
- **caratteristiche fisico/chimiche:** il campo indica la composizione materica che permette di identificare il prodotto da costruzione (elemento generico per pavimentazioni in ceramica, armatura per calcestruzzo in acciaio saldabile).

Macrocategoria	Categoria	Tipologia	Riferimento normativo	Caratteristiche prestazionali	Caratteristiche tecniche		
					Geometriche	Dimensionali	Fisico-chimiche
Prodotto da costruzione	Malta da muratura a prestazione garantita	Per scopi generali G	UNI EN 998-2	Classe di resistenza a compressione M5	Idrofugata	Dimensione massima dall'aggregato = ... mm	Cemento, calce idrata, inerti calcarei e additivi
Prodotto da costruzione	Isolante termico	Monostrato	UNI EN 13162	Conducibilità termica = ... W/mK	In pannelli	Spessore = ... cm	Lana di roccia



(Fig.4.11 Esempio prodotto da costruzione, malta da muratura, fonte INNOVance)

4.11 Esempi “Sistema Tecnologico Costruzioni”

Nel seguito, a titolo esemplificativo, si riporta un esempio applicativo dei sistemi assemblati e dei relativi elementi in opera .ipotizzando per esempio di avere una stanza delimitata da n. 2 pareti perimetrali in laterizio porizzato con isolamento a cappotto e n. 2 partizioni interne in laterizio forato.

Esempio 1: Parete per chiusura portante in laterizio porizzato con isolamento a cappotto

CARATTERISTICHE SISTEMA ASSEMBLATO						
Categoria	Funzione	Tipologia	Prestazionali	Tecniche		
				Geometriche	Dimensionali	Fisico-chimiche
Parete	Chiusura portante	Con strato di isolante esterno	Trasmittanza termica $U=0,222 \text{ W/(m}^2\text{K)}$	In opera	Spessore = 38,0 cm	Laterizio porizzato

(Fig.4.12 Esempio sistema assemblato parete esterna)

CARATTERISTICHE ELEMENTI IN OPERA						
Categoria	Tipologia	Funzione	Prestazionali	Tecniche		
				Geometriche	Dimensionali	Fisico-chimiche
Strato di gesso o stucco	Rasatura	Finitura interna	Planarità $\leq 1\text{ cm}/2\text{ m}$ e $7\text{ mm}/20\text{ cm}$	Liscia	Spessore = 0,5 cm	Gesso, calce idrata e sabbia
Strato di muratura in blocchi	Monostrato	Chiusura portante	Resistenza termica = 2,521 (m ² K)/W	Con blocchi da muratura maschiati	Spessore = 30,0 cm	In laterizio porizzato
Strato di isolamento	Monostrato	Acustico	Resistenza termica = 1,765 (m ² K)/W	In pannelli	Spessore = 6,0 cm	In lana di roccia
Strato di coloritura	RPAC	Finitura esterna	Resistenza termica = 0,043 (m ² K)/W	RGB 215 214 202	Spessore = 0,5 cm	Acrilico

(Fig.4.13 Esempio elementi in opera parete esterna)

CARATTERISTICHE PRODOTTI DA COSTRUZIONE						
Categoria	Tipologia	Riferimento normativo	Prestazionali	Tecniche		
				Geometriche	Dimensionali	Fisico-chimiche
Malta da intonaco	Per interni per scopi generali	UNI EN 13279-1	Resistenza a compressione $> 3,5\text{ N/mm}^2$	Applicazione meccanica	Sfusa	Gesso, calce idrata e sabbia
Blocchi da muratura	Foratura verticale	UNI EN 771-1	Conducibilità termica equivalente = 0,119 W/mK	Foratura 45%	240*300*190 mm	Laterizio porizzato
Malta da muratura a prescrizione garantita	Per scopi generali	UNI EN 998-2	Classe di resistenza a compressione M5	Idrofugata	Diametro massimo dell'aggregato 4 mm	Cemento, calce idrata, inerti calcarei e additivi
Isolante acustico	Monostrato	UNI EN 13162	Rigidità dinamica $s' = 15\text{ MN/m}^2$	In pannelli	Spessore = 6,0 cm	Lana di roccia
Prodotto da verniciatura	RPAC	-	Residuo secco 40%	Applicazione meccanica	Confezione 10 kg	Acrilica

(Fig.4.14 Esempio prodotti da costruzione parete esterna)

Esempio 2: Parete per partizione interna in laterizio forato senza strato isolante

CARATTERISTICHE SISTEMA ASSEMBLATO						
Categoria	Funzione	Tipologia	Prestazionali	Tecniche		
				Geometriche	Dimensionali	Fisico-chimiche
Parete	Partizione interna non portante	Senza strato di isolante	Trasmittanza termica $U=2,199\text{ W/(m}^2\text{K)}$	In opera	Spessore 10,0 cm	Laterizio forato

(Fig.4.15 Esempio sistema assemblato parete interna)

CARATTERISTICHE ELEMENTI IN OPERA						
Categoria	Tipologia	Funzione	Prestazionali	Tecniche		
				Geometriche	Dimensionali	Fisico-chimiche
Strato di coloritura	Pittura	Finitura interna	Universale	RGB 210 198 132 + Effetto graffiato	2 mani	Acrilica
Strato di intonaco	Monostrato non colorato	Interno armato	Resistenza termica = 0,011 (m ² K)/W	Liscia	Spessore = 0,5 cm	Gesso, calce idrata e sabbia
Strato di muratura in blocchi	Monostrato	Partizione interna	Resistenza termica = 0,267 (m ² K)/W	Con blocchi da muratura standard	Spessore = 8,0 cm	In laterizio forato
Strato di intonaco	Monostrato non colorato	Interno armato	Resistenza termica = 0,011 (m ² K)/W	Liscia	Spessore = 0,5 cm	Gesso, calce idrata e sabbia
Strato di coloritura	Pittura	Finitura interna	Universale	RGB 210 198 132 + Effetto stucco antico	2 mani	Acrilica

(Fig.4.16 Esempio elementi in opera parete interna)

CARATTERISTICHE PRODOTTI DA COSTRUZIONE						
Categoria	Tipologia	Riferimento normativo	Prestazionali	Tecniche		
				Geometriche	Dimensionali	Fisico-chimiche
Prodotto da verniciatura	Pittura al solvente	-	Residuo secco 40%	A rullo	Confezione 10 kg	Acrilica
Malta da intonaco	Per interni per scopi generali	UNI EN 13279-1	Resistenza a compressione > 3,5 N/mm ²	Applicazione meccanica	Sfusa	Gesso, calce idrata e sabbia
Blocchi da muratura	Foratura orizzontale	UNI EN 771-1	Conducibilità termica equivalente = 0,299W/mK	Foratura 50%	120*80*120 mm	Laterizio forato
Malta da muratura a prescrizione garantita	Per scopi generali	UNI EN 998-2	Classe di resistenza a compressione M5	Idrofugata	Diametro massimo dell'aggregato 4 mm	Cemento, calce idrata, inerti calcarei e additivi
Malta da intonaco	Per interni per scopi generali	UNI EN 13279-1	Resistenza a compressione > 3,5 N/mm ²	Applicazione meccanica	Sfusa	Gesso, calce idrata e sabbia
Prodotto da verniciatura	Pittura al solvente	-	Residuo secco 40%	A rullo	Confezione 10 kg	Acrilica

(Fig.4.17 Esempio prodotti da costruzione parete interna)

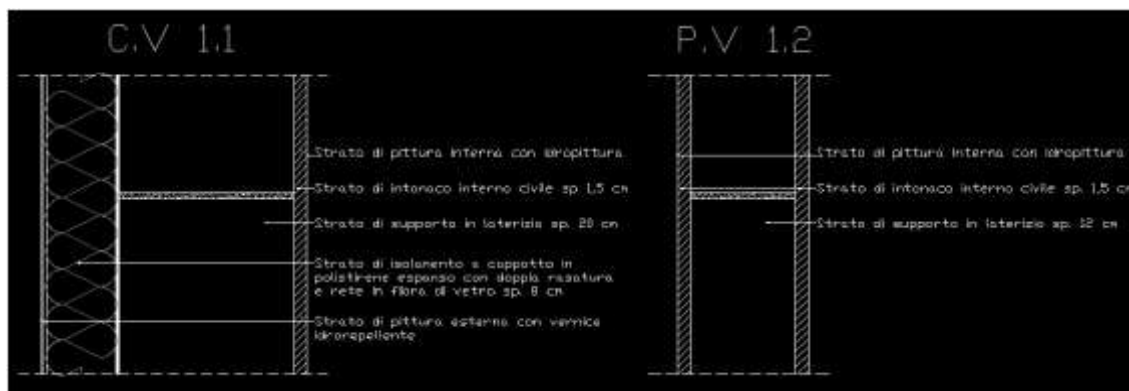
Abbiamo quindi dimostrato che il sistema di codifica che si sta studiando ed è in fase di realizzazione nel progetto Innovance, consentirà di individuare in maniera univoca tramite codice ogni "parte" dell'edificio che dovrà essere realizzato, semplificando non poco la fase di pianificazione, e forse, quella della programmazione.

5. Caso di studio, pianificazione e codifica

5.1 Introduzione caso di studio

Il primo passo per rispondere alle domande che ci siamo posti nel capitolo precedente è quello di ipotizzare un caso di pianificazione e programmazione il più semplice possibile, per poter meglio analizzare le varie problematiche che potrebbero insorgere con una pianificazione/programmazione di questo tipo. Nella maggior parte delle realizzazioni, soprattutto per quanto riguarda l'edilizia residenziale, vengono utilizzate tecnologie di costruzione dei sistemi assemblati non troppo evolute, in modo tale da poter avere una semplificazione notevole sia in fase di progettazione che in fase di esecuzione di lavori.

Per questo motivo i sistemi assemblati scelti per questa prima analisi sono una chiusura verticale caratterizzata da un isolamento a cappotto con supporto in laterizio e una partizione interna, caratterizzata anch'essa da un laterizio di supporto e intonaco civile da entrambi i lati. Per entrambi i sistemi assemblati ipotizziamo una superficie di realizzazione di cento m².



(Fig.5.1 Sistemi assemblati e loro composizione)

Nelle stratigrafie sopra riportata possiamo osservare la suddivisione dei sistemi assemblati scelti per il caso di studio in elementi in opera, caratterizzati da singole lavorazioni, e quindi della normale concezione di attività, che concernono alla completa realizzazione del sistema assemblato scelto da un ipotetico progettista per garantire un determinato tipo di prestazione del sistema assemblato e dell'edificio nel suo complesso, tenendo in considerazione i costi di realizzazione e la manutenibilità dello stesso.

5.2 Pianificazione caso di studio

Con il termine pianificazione si intende l'analisi approfondita del progetto, individuando le attività elementari necessarie per la realizzazione dell'opera e dell'individuazione dei vincoli di precedenza o successione (dipendenza) che tra queste attività elementari sussistono.

Gli scopi della pianificazione dei lavori sono quindi riassunti in:

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

Come già detto i sistemi assemblati scelti come caso di studio sono di tipo tradizionale, quindi utilizzati in grande scala nella realizzazione delle opere di tipo residenziale. L'utilizzo quindi di questi elementi assemblati in un progetto rispetto ad un altro, non prevede teoricamente nemmeno una variazione dal punto di vista della pianificazione, visto che tutti gli elementi in opera facenti parte il sistema non cambiano qualitativamente, ma solo quantitativamente. Il passo successivo quindi in una progettazione con un supporto di tipo BIM è quello di riuscire a inserire nel database Innovance, oltre a tutte le informazioni di carattere estimativo (prezzi, quantità, caratteristiche tecniche e temporali), anche una pianificazione del tipo tradizionale per ogni singolo sistema

assemblato, che è poi quella più utilizzata dalla maggior parte dei progettisti e delle imprese di costruzioni.

Se questo fosse realizzabile la fase di progettazione, e quindi di scelta di un sistema assemblato rispetto ad un altro, si tradurrebbe immediatamente anche in una prima pianificazione prerealizzata contenuta nel database, facilmente modificabile se necessario da tutte le figure professionali che entrano in gioco in questa fase del processo decisionale.

Ipotizziamo quindi che nella progettazione che sto eseguendo per la realizzazione di un edificio esempio io, progettista, decido che per il raggiungimento di un adeguato livello di prestazioni, prezzo e livello di manutenibilità, la totalità delle chiusure verticali e delle partizioni interne siano realizzate mediante i due sistemi assemblati nel caso di studio.

La progettazione tramite tecnologia BIM sarà quindi in grado di fornirmi informazioni, dopo che avrà portato a compimento le tavole che riportano indicate la totalità di m² di chiusure verticali e di partizioni facenti parte dell'edificio, sia riguardanti prezzi, tempi di realizzazione e ogni sorta di informazione tecnica necessaria per ogni singolo elemento in opera, oltre che la pianificazione prerealizzata già inserita nel database.

Codice	Sistema assemblato	Codice	Elemento in opera	U.M.	Quantità
1.1	Chiusura verticale sistema a cappotto	1.1.1	Strato pittura interna con idropittura	m ²	100
		1.1.2	Strato intonaco interno civile 1,5 cm	m ²	100
		1.1.3	Strato di supporto in laterizio sp. 20 cm	m ²	100
		1.1.5	Strato di isolamento a cappotto in polietirene espanso con doppia rasatura e rete in fibra di vetro sp. 8 cm	m ²	100
		1.1.6	Strato di pittura esterna con vernici idrorepellenti	m ²	100
1.2	Partizione verticale	1.2.1	Strato di supporto in laterizio forato sp.12 cm	m ²	100
		1.2.2	Strato intonaco civile sp. 1,5 cm	m ²	200
		1.2.3	Strato pittura interna con idropittura	m ²	200

(Fig.5.2 Esempio W.B.S riportanti le quantità)

Naturalmente per ottenere tutte le informazioni necessarie per conoscere nella sua totale complessità il sistema assemblato non basta l'indicazione della superficie di realizzazione del sistema, che come si può notare in figura coincide o raddoppia per ogni singolo elemento in opera. Per una corretta pianificazione dobbiamo essere in grado di ottenere informazioni anche riguardanti i prodotti e le squadre d'opera, che consentono l'effettiva realizzazione dello strato in questione.

Ancora una volta il portale Innovance viene in aiuto per sopperire questa problematica, infatti le informazioni contenute al suo interno si addentrano sino a questo livello, indicandoci, prendendo in considerazione il nostro caso di studio, tutto ciò di cui abbiamo bisogno per quanto riguarda tempi di realizzazione al m² e costi di prodotti, operatori e attrezzature necessarie per la realizzazione dell'elemento in opera.

Codice	Oggetto dell'analisi Operee provviste per la formazione delle analisi	Unità di misura	Quantità	Prezzo unitario	Totale	Totale arrotondato
1.1.3	Strato di supporto in laterizio sp.12 cm	mq.	1,0000			
	Blocchi alveolati F/A=45% da cm 12x30x19	n.	17,00	0,43	7,31	7,30
	Malta di cemento tipo 326 preparata con impastatrice meccanica	mc.	0,0230	86,45	1,99	2,00
	Fluidificante accelerante in fusti da 200-250 kg	kg	0,2000	0,83	0,17	0,20
	<i>Pontavolo con aiuto e sfido legname</i>					
	Operaio edile specializzato di 3° livello	h	0,1000	20,20	2,02	2,00
	Operaio edile comune di 1° livello	h	0,1000	18,10	1,81	1,80
	Tavole in abete sottomisure	mc.	0,0005	225,39	0,11	0,10
	<i>Sollevamento materiali</i>					
	Gru a torre ad azionamento elettrico perfettamente funzionante, tipo tradizionale a montaggio rapido con altezza 24+30 m, braccio 40 m, portata in punta 1000+1200 kg	h	0,0200	38,15	0,76	0,80
	<i>Manodopera per l'esecuzione della muratura</i>					
	Operaio edile specializzato di 3° livello	h	0,5000	20,20	10,10	10,10
	Operaio edile comune di 1° livello	h	0,2500	18,10	4,53	4,50
	Totale costi primari				28,80	28,80

(Fig.5.3 Esempio analisi risorse elemento in opera)

Naturalmente i prezzi inseriti nelle analisi risorse facenti riferimento al database sono del tutto indicativi, presi dai vari listini delle camere di commercio facenti riferimento alla realizzazione di opere edili/civili, utilizzabili quindi come elemento di supporto in fase di progettazione, e considerati esatti solo nella fase del processo decisionale. E' compito quindi dell'impresa che successivamente andrà a eseguire i lavori quello di modificare, se ritenuto necessario, i prezzi relativi ai singoli prodotti facenti parte l'elemento in opera. Non c'è alcun modo di prevedere un prezzo che si possa definire esatto già nella fase decisionale, questo perché ogni impresa avrà i suoi fornitori e quindi i suoi costi d'acquisto.

Anche per quanto riguarda i costi indiretti, gli utili d'impresa e le spese generali non si può prevedere come ogni singola impresa li voglia attribuire, quindi non sono inseriti all'interno del database, ma saranno obbligatoriamente attribuiti di volta in volta dalle singole imprese.

Fatta questa dovuta precisazione possiamo quindi comprendere come l'unione di tutte le analisi risorse facenti capo i vari elementi in opera consentono di definire correttamente il costo di realizzazione dell'intero sistema assemblato, sia a m² che nella sua totalità.

Il database ci consente quindi, per sistemi assemblati tradizionali e trattati nella totalità della loro complessità, di ottemperare alle richieste derivanti dalla pianificazione, che ricordiamo sono:

- Suddivisione in pacchetti di lavoro, ottenuta tramite la W.B.S.
- Definizione dei centri di controllo, che nel caso in esame fanno riferimento ai sistemi assemblati.
- Stime risorse e definizione del budget, ottenuto, per quanto riguarda i costi diretti di produzione, attraverso le analisi risorse incluse nel database.

Codice	Sistema assemblato	Prezzo al m ²	Quantità	Prezzo tot	Codice	Elemento in opera	Prezzo al m ²	Quantità	Prezzo tot
1.1	Chiusura verticale sistema a cappotto	€ 96,36	100	€ 9.636,00	1.1.1	Strato pittura interna con idropittura	€ 4,23	100	€ 423,00
					1.1.2	Strato intonaco interno civile 1,5 cm	€ 13,10	100	€ 1.310,00
					1.1.3	Strato di supporto in laterizio sp. 20 cm	€ 35,59	100	€ 3.559,00
					1.1.4	Strato di isolamento a cappotto in polietirene espanso con doppia resatura e rete in fibra di vetro sp. 8 cm	€ 35,47	100	€ 3.547,00
					1.1.5	Strato di pittura esterna con vernici idrorepellenti	€ 7,97	100	€ 797,00
1.2	Partizione verticale	€ 46,13	100	€ 4.613,00	1.2.1	Strato di supporto in laterizio forato sp.12 cm	€ 28,80	100	€ 2.880,00
					1.2.2	Strato intonaco civile sp. 1,5 cm	€ 13,10	200	€ 2.620,00
					1.2.3	Strato pittura interna con idropittura	€ 4,23	200	€ 846,00

(Fig.5.4 Pianificazione caso d'esame)

Come si può osservare nella tabella riassuntiva riportata nella pagina precedente le informazioni riguardanti i costi di realizzazione di ogni singolo elemento in opera facente parte il sistema assemblato sono riportati,estrapolati dal database che si sta andando a creare.

Ricordando ora la definizione di attività ,e quindi essere inclusa nel piano di lavoro deve rispondere a tre caratteristiche essenziali:

- 1° Essere una unità di lavoro elementare precisamente definibile e limitata;
- 2° Essere quantificabile in termini temporali (avere un inizio ed una fine individuabili);
- 3° Essere quantificabile in relazione alle risorse necessarie per il suo svolgimento: persone, materiali, finanziamenti.

E' stato quindi dimostrato che una pianificazione realizzata tramite una tecnologia BIM che si appoggia a un database completo come sarà Innovance consente di verificare il punto tre, infatti la quantità in relazione alle risorse necessarie alla realizzazione del sistema assemblato è conosciuta, seppur in maniera indiretta, attraverso le analisi risorse facenti capo ai vari elementi in opera,come spiegato nelle pagine precedenti di questo paragrafo.

Per quanto riguarda il punto uno la definizione di "elementare" è un concetto del tutto relativo, infatti le lavorazioni facenti riferimento agli elementi in opera

non si potrebbero definire "elementari", perché comunque costituite da più prodotti, questo però non vieta di fatto, come possiamo osservare nella programmazione dei lavori di tipo tradizionale, di poter essere utilizzate come attività.

L'unico punto quindi che deve essere ancora analizzato per poter utilizzare i sistemi assemblati come attività di programmazione è il due. La difficoltà di analisi di questo punto non sta, tanto nel fatto nella quantificazione del tempo di realizzazione totale del sistema assemblato, ma nel verificare la possibilità di gestione delle risorse e di controllo dei tempi /costi di realizzazione quando i collegamenti tra le varie attività interne ed esterne al sistema assemblato sono preimpostati.

5.3 La stima dei tempi delle singole lavorazioni

In edilizia per quanto riguarda la programmazione dei lavori in termini di tempi e costi si utilizzano per la maggior parte dei casi i software Project o Primavera, che lavorano entrambi utilizzando la tecnica di programmazione MPM, metodologia di programmazione che consente di unire i vantaggi dei time schedule (Diagramma a barre di Gantt) con quelli delle tecniche reticolari (il più utilizzato è il Programme Evaluation and Review Technique).

Nello studio del caso in esame andremo ad utilizzare il software Microsoft Office Project.

E' opportuno, in questa fase preliminare del processo di pianificazione, assumere che il lavoro sia eseguito in **condizioni normali**, ovvero occorre ipotizzare un numero di ore lavorative normali ed un utilizzo di risorse normale in relazione al tipo di lavoro e non considerare fattori anomali che potrebbero condizionare le lavorazioni. Le condizioni normali di esecuzione di un'attività

sono anche definite come le condizioni di lavoro cui corrisponde un minimo costo diretto dell'attività.

Prima di poter parlare di programmazione lavori è necessario definire il metodo di calcolo/stima della durata di ogni singola attività. Esistono sostanzialmente due metodi di stima delle durate, il metodo deterministico ed il metodo probabilistico; la scelta dell'uno o dell'altro induce una serie di conseguenze sensibili sulle tecniche di gestione del programma e fornisce risultati e informazioni diverse. In entrambi i metodi è importante stimare la durata delle attività in due particolari circostanze.

- Condizioni normali: In questa situazione si ricavano le durate che possono essere conseguite con un uso di risorse normali. Il termine "normale" deve essere inteso come la quantità di risorse richiesta, al minimo, per permettere la corretta e completa esecuzione di una certa attività.
- Condizioni accelerate: In questa situazione si ricavano le durate che possono essere conseguite con un uso massimo di risorse (quantità di risorse che provoca la durata di crash).

Andiamo quindi ad analizzare come la letteratura descrive i due metodi di stima dei tempi.

Metodo deterministico

In questo caso la durata viene ottenuta "intervistando" un operatore esperto a cui viene chiesto di formulare una previsione sulla durata di una certa attività quando essa venga eseguita in condizioni stabilite di risorse. L'esperto farà la previsione sulla base della propria esperienza e della propria "memoria storica" e pronuncerà una risposta che rappresenterà il valore della durata che più frequentemente ha visto realizzarsi durante lo svolgimento di quell'operazione

in quelle determinate condizioni di risorse. Tale valore sarà quello che. Senza alcuna elaborazione, sarà attribuito all'attività nel reticolo di programmazione. Superfluo fare notare come la correttezza della previsione dipenda esclusivamente dalla competenza dell'esperto e dalla sua capacità di giudizio che quindi devono venir accertate accuratamente, cercando di eliminare dal giudizio stesso dell'operatore eventuali tendenze all'errore (come ad esempio ingiustificati ottimismo o pessimismi).

Metodo probabilistico

In questo caso la durata da attribuire ad ogni singola attività del reticolo viene stimata con l'ausilio dell'approccio statistico, che viene utilizzato per rielaborare tre valori di durata possibili in determinate condizioni di risorse. Tali valori sono noti come:

- Valore ottimistico ("a"): è il valore che si può ottenere quando in determinate condizioni di risorse, si "sommino" in senso positivo una serie di circostanze non prevedibili (logiche, metereologi che, ecc.); è in sostanza il miglior valore ipotizzabile.

-Valore normale ("n"): è il valore che si può ottenere quando, nelle stesse condizioni di risorse, le circostanze negative compensino mediamente quelle positive; è il valore che viene richiesto nel metodo deterministico.

-Valore pessimistico ("b"): è il valore che si può ottenere quando in determinate condizioni di risorse , si "sommino" in senso negativo una serie di circostanze non prevedibili (logistiche, metereologi che,ecc.); in sostanza il peggior valore ipotizzabile.

Definiti i vari tipi di durata è possibile calcolare, con una formula di provenienza statistica, il valore di durata da dell'attività da inserire nel programma. Tale valore, definito **durata mediana (D_{me})** è il valore che ha il 50 % di probabilità di essere maggiorato o minorato, ovverosia è il valore mediano della distribuzione statistica (non nota) da cui si presume derivino i tre valori a, b, utilizzati. L'espressione di D_{me} è la seguente:

$$D_{me} = \frac{a + 4n + b}{6}$$

Nelle fasi successive riguardanti la progettazione, cioè durante la progettazione esecutiva o cantierabile, la maggior parte delle imprese di costruzione realizzano una nuova programmazione, che più si addice alla propria organizzazione aziendale, ma soprattutto ricalcola con maggior precisione le tempistiche relative alle varie attività. Questo succedere perché il metodo di stima dei tempi probabilistici utilizzato nelle fasi decisionali si basa su tempi ottenuti da letteratura, che difficilmente coincidono con i reali tempi di realizzazione dell'elemento in opera. Appoggiandosi quindi alle analisi risorse necessarie per la corretta definizione del budget di commessa, le imprese possono individuare per ogni elemento in opera la **risorsa critica**, cioè quella risorsa risorse utilizzata per la definizione dei costi degli elementi in opera, che determina le tempistiche necessarie per la realizzazione della lavorazione.

Solitamente sono:

- Manodopera
- Mezzi e noli utilizzati
- Subappalti

In definitiva la formula che consente,utilizzando questa metodologia di calcolo, di ottenere la durata dell'attività è la seguente:

$$Dattività = \frac{Tst}{Nst * Fi} * Ql$$

Dove:

Dattività - E' la durata dell'attività in questione.

Tst - E' il tempo di realizzazione di un determinato quantitativo (1 m², 1 ml, ecc) di lavorazione, relativo alla risorsa critica individuata.

Nst - E' il numero di risorse critiche ipotizzate per la realizzazione.

Fi - E' il fattore di interferenza, cioè quell'indice che può variare da un massimo di 1 (nessuna interferenza) a un minimo variabile in base alla tipologia di lavorazione analizzata.

Ql - E' il quantitativo di lavoro da realizzare per ottenere il completamento dell'elemento in opera analizzato (esempio 100 m² di isolamento a cappotto, come nel nostro caso di studio).

Codice	Oggetto dell'analisi Operee provviste per la formazione delle analisi	Unità di misura	Quantità	Prezzo unitario	Totale	Totale arrotondato
1.1.3	Strato di supporto in laterizio sp.12 cm	mq.	1,0000			
	Blocchi alveolati F/A=45% da cm 12x30x19	n.	17,00	0,43	7,31	7,30
	Malta di cemento tipo 326 preparata con impastatrice meccanica	mc.	0,0230	86,45	1,99	2,00
	Fluidificante accelerante in fusti da 200-250 kg	kg	0,2000	0,83	0,17	0,20
	<i>Pontarolo con aiuto e sfrido legname</i>					
	Operaio edile specializzato di 3° livello	h	0,1000	20,20	2,02	2,00
	Operaio edile comune di 1° livello	h	0,1000	18,10	1,81	1,80
	Tavole in abete sottomisure	mc.	0,0005	225,39	0,11	0,10
	<i>Sollevamento materiali</i>					
	Gru a torre ad azionamento elettrico perfettamente funzionante, tipo tradizionale a montaggio rapido con altezza 24÷30 m, braccio 40 m, portata in punta 1000÷1200 kg	h	0,0200	38,15	0,76	0,80
	<i>Manodopera per l'esecuzione della muratura</i>					
	Operaio edile specializzato di 3° livello	h	0,5000	20,20	10,10	10,10
	Operaio edile comune di 1° livello	h	0,2500	18,10	4,53	4,50
	Totale costi primari				28,80	28,80

(Fig.5.5 Esempio individuazione risorsa critica nel caso di studio)

Grazie al portale Innovance sarà possibile, anche in fase di programmazione fin dal progetto definitivo, utilizzare questa metodologia di stima dei tempi delle attività. L'enorme quantità di informazioni contenuta nel database infatti, comprenderà anche una stima maggiormente dettagliata riguardo i tempi di realizzazione per ogni tipologia di squadra. La quantità di dati raccolti potrebbe consentire l'uso di questo metodo deterministico, che in passato poteva risultare poco preciso, perché derivante dall'intervista di uno o poco più "esperti" nella lavorazione in questione.

La condivisione delle tempistiche di realizzazione di tutte le imprese che prenderanno parte al progetto Innovance consentirà invece di avere un quantitativo di dati tale da poter effettuare una media pesata che si avvicinerà maggiormente alla reale tempistica di realizzazione. Naturalmente ogni soggetto in fase di programmazione potrà usufruire dei tempi di realizzazione stimati dal database, ma potrà variarlo anche in base alla propria esperienza o ad altri fattori di natura impossibile da individuare dal portale, come ad esempio le circostanze non prevedibili quali la logistica (dipende principalmente dall'impresa) e meteorologiche (dipende dal luogo di realizzazione e dal periodo previsto di svolgimento dei lavori).

Per quanto riguarda la stima del fattore d'interferenza, nel caso si prevedesse la partecipazione di due o più squadre di lavoro per la realizzazione di una singola lavorazione, essa non potrà essere definita a priori, questo perché il fattore si basa principalmente sulla morfologia e sulle geometrie dell'edificio in fase di progettazione. Si potrebbe prevedere una serie di F_i in base agli elaborati realizzati tramite la tecnologia BIM, ma questo è un lavoro molto complicato che non verrà trattato in questo lavoro di tesi.

Codice	Sistema assemblato	Codice	Elemento in opera	U.M.	Quantità	Risorsa critica	Ti (h)	Ttot (h)	Ttot (giorni)
1.1	Chiusura verticale sistema a cappotto	1.1.1	Strato pittura interna con idropittura	m ²	100	Operaio verniciatore o tinteggiatore qualificato	0,15	15	2
		1.1.2	Strato intonaco interno civile 1,5 cm	m ²	100	Operaio edile specializzato di 3° livello	0,4	40	5
		1.1.3	Strato di supporto in laterizio sp. 20 cm	m ²	100	Operaio edile specializzato di 3° livello	0,7	70	9
		1.1.5	Strato di isolamento a cappotto in polietirene espanso con doppia rasatura e rete in fibra di vetro sp. 8 cm	m ²	100	Operaio edile specializzato di 3° livello	0,41	41,25	6
		1.1.6	Strato di pittura esterna con vernici idrorepellenti	m ²	100	Operaio verniciatore o tinteggiatore qualificato	0,25	25	4
1.2	Partizione verticale	1.2.1	Strato di supporto in laterizio forato sp.12 cm	m ²	100	Operaio edile specializzato di 3° livello	0,5	50	7
		1.2.2	Strato intonaco civile sp. 1,5 cm	m ²	200	Operaio edile specializzato di 3° livello	0,4	80	10
		1.2.3	Strato pittura interna con idropittura	m ²	200	Operaio verniciatore o tinteggiatore qualificato	0,15	30	4

(Fig 5.6 Tabella riassuntiva tempistiche lavorazioni elementi in opera caso di studio)

Concludendo il discorso per il caso in esame si è scelto di utilizzare questo secondo metodo di stima dei tempi delle attività, che se la realizzazione del progetto Innovance porterà alla completezza delle informazioni, consentirà una completa sostituzione del metodo probabilistico fin ora maggiormente utilizzato. Nulla vieta al progettista o all'impresa che usufruirà del database per stimare i tempi di realizzazione dell'attività di utilizzare il tempo che sarà fornita dal BIM come valore normale di tempo nel metodo probabilistico, per poi rielaborare il dato secondo le condizioni di lavoro impossibili da prevedere dal database.

5.4 Codifica attività

Una volta individuate le attività basilari necessarie per la realizzazione della programmazione e definite le tempistiche di esecuzione di ognuna di esse, si può ritenere conclusa la fase di pianificazione nel processo decisionale, consentendo così l'avvio della fase di programmazione.

Questo tuttavia è possibile in un sistema di programmazione normalmente utilizzato, che utilizza le attività riferite all'elemento in opera come particella basilare del piano temporale dei lavori. Come abbiamo già introdotto lo scopo di questo lavoro è quello di comprendere se la programmazione di lavori, nella quale la conoscenza di tutte le informazioni riguardanti lo "strato" in questione siano facilmente recepibili, è possibile essere realizzata utilizzando direttamente i sistemi assemblati.

Si rende quindi necessario riuscire a identificare univocamente ogni singola voce di programma che dovrà essere gestita, in termini di collegamenti, in automatico.

	LINEA ATTIVITA'	RISULTATO
A	CODIFICA	<ul style="list-style-type: none">▪ Codificazione univoca di ciascuna opera, attività o risorsa della filiera costruzioni▪ Sistema di codificazione automatico dei nuovi dati/prodotti▪ Terminologia comune e condivisa▪ Automazione delle fasi di controllo, verifica e rispondenza dei dati in ingresso ed in uscita

(Fig.5.7 Obiettivi di codifica del progetto Innovance)

Per consentire la comprensione di questo importante concetto è possibile pensare ad un esempio nel quale una programmazione effettuata in automatico

senza una codifica sopradescritta non consentirebbe di ottenere quella serie di legami necessari per una corretta sottoprogrammazione.

La codifica in fase di programmazione deve consentire quindi di:

- Individuare la posizione dell'elemento in opera rispetto alla suddivisione generale dell'edificio in voci di lavoro, cioè poter essere facilmente individuabile per appartenenza ad ogni elemento assemblato presente.
- Individuare quale sarà la squadra operativa o il subappalto che andrà ad eseguire la lavorazione, in modo tale da consentire una corretta disposizione temporale tramite un corretto posizionamento dei collegamenti preimpostati (codificazione necessaria solo in fase di programmazione).
- Individuare in maniera univoca secondo l'anagrafica, le caratteristiche tipologiche, tecnologiche e prestazionali, l'elemento in opera che si sta trattando.

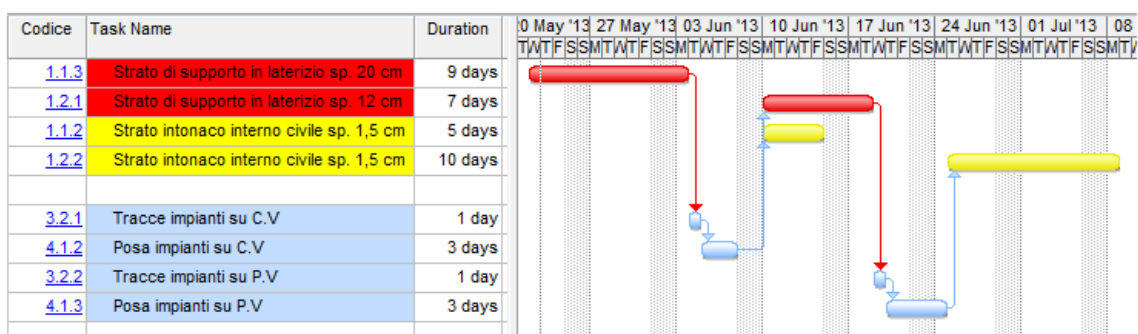


(Fig.5.8 Criteri di identificazione elementi in opera, fonte INNOVance)

Questi tre aspetti sono di vitale importanza per una corretta programmazione, facciamo un esempio;

Osservando il nostro caso in esame possiamo notare come l'elemento in opera " Strato intonaco interno civile sp. 1,5 cm" sia presente sia nell'elemento assemblato chiusura verticale che nella partizione interna. La codifica contenuta nella W.B.S non risponde più ai requisiti sopra descritti, infatti consente si l'individuazione della posizione della lavorazione all'interno del piano dei lavori, ma non sottolinea il fatto che la lavorazione sarà eseguita dalla stessa squadra, utilizzando gli stessi mezzi d'opera e prodotti per la realizzazione.

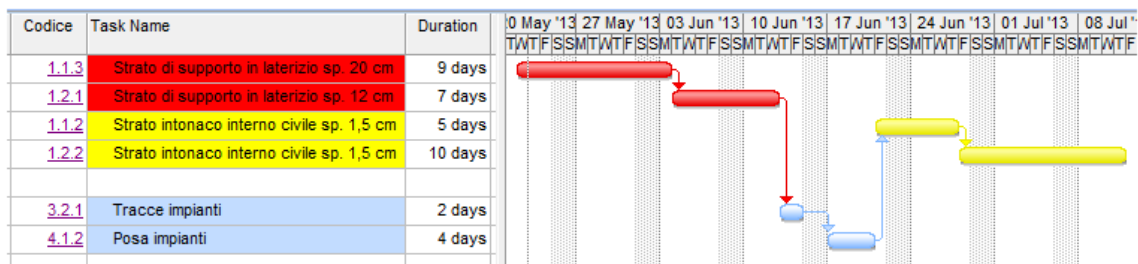
Questo significa, in termini temporali, che il lavoro sarà eseguito nello stesso arco temporale sia per quanto riguarda la chiusura verticale che la partizione verticale del caso di studio. Sarebbe quindi meglio, per semplice logica di programmazione, che la squadra di intonacatori, che molto spesso è un subappalto dell'impresa generale, si recasse per una solo arco temporale in cantiere, che comprende la posa dell'intonaco sia sulle chiusure verticali che sulle partizioni.



(Fig.5.9 Stralcio 1 ipotesi programmazione)

Nell'immagine sopra riportata osserviamo come, se non trovassimo un modo di trattare in maniera univoca la lavorazione riguardante l'intonaco interno civile, la squadra adibita al lavoro sarebbe costretta a lavorare in due archi temporali

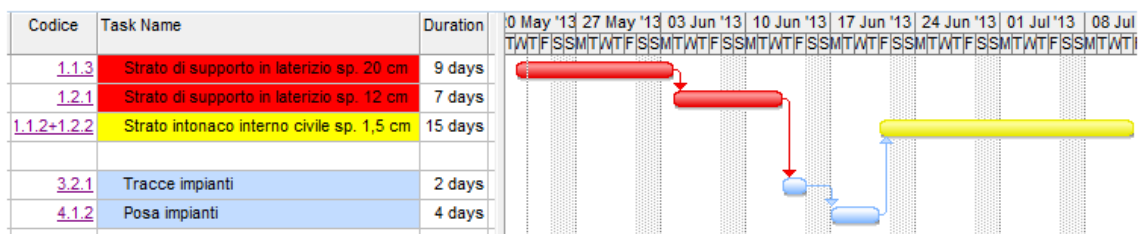
diversi, e inoltre sarebbe costretta a passare due volte nella maggior parte delle stanze (racchiuse da chiusure verticali e partizioni interne). In definitiva una programmazione di questo tipo non avrebbe alcun senso.



(Fig.5.10 Stralcio 2 ipotesi programmazione)

Nel immagine invece successiva possiamo osservare come la squadra adibita alla realizzazione dello strato di intonaco sia presente per un solo arco temporale in cantiere,semplificando notevolmente la logistica di tutti gli operatori coinvolti direttamente o indirettamente nei luoghi di lavoro.

In definitiva la codifica che stiamo cercando deve consentire l'individuazione delle sottoattività svolte dalle stesse squadre,e che siano realizzate con gli stessi prodotti e mezzi d'opera. Se questo fosse possibile i collegamenti preimpostati consentirebbero alla sottoattività 1.1.2 presente in figura di "sommarsi" alla 1.2.2, andando a creare un'unica voce in termini temporali,che però rimane distinta in termini di W.B.S.



(Fig.5.11 Stralcio 3 ipotesi programmazione)

Come abbiamo avuto modo di analizzare più nel dettaglio nel capitolo quattro di questo lavoro, una codifica di questo tipo già esiste, ed è stata sviluppata appositamente per la creazione del database e del portale, entrambi facenti riferimento al Progetto Innovance.

In particolare in fase di programmazione dobbiamo arrivare a conoscere i codici fino all'elemento in opera. Vediamo quindi più nel dettaglio un esempio per i fattori determinanti i codici dei sistemi assemblati e degli elementi in opera. Il resto dei codici potranno essere consultati negli allegati.

Tesi di laurea a cura di Alessandro Travisani 771060

CARATTERISTICHE SISTEMA ASSEMBLATO						
Categoria	Funzione	Tipologia	Caratteristiche prestazionali		Tecniche	
			Geometriche	Dimensionali	Fisico-chimiche	
PARETI	CHIUSURA	CON CAPOTTO INTERNO	TRASMITTANZA TERMICA	PIANA VERTICALE	CON MURATURA IN LATERIZIO	
	PARTIZIONE INTERNA	CON CAPOTTO ESTERNO	POTERE FONOISOLANTE	PIANA INCLINATA	CON MURATURA IN LATERIZIO PORIZZATO	
	PARTIZIONE ESTERNA	A CASSA VUOTA	RESISTENZA A COMPRESSIONE	CURVA VERTICALE	CON MURATURA IN CALCESTRUZZO	
	STRUTTURA DI ELEVAZIONE	CON ISOLAMENTO IN INTERCAPEDINE	CAPACITÀ PORTANTE	CURVA INCLINATA	CON MURATURA IN CALCESTRUZZO ARMATO	
	STRUTTURA DI CONTENIMENTO	AD ISOLAMENTO DIFFUSO			CON MURATURA IN CALCESTRUZZO ALLEGGERITO	
		VENTILATA A MONTANTI E TRAVERSI			CON MURATURA IN AAC	
		VENTILATA A MONTANTI			CON MURATURA IN LEGNO CEMENTO	
		VENTILATA A TRAVERSI			CON MURATURA IN LEGNO LAMELLARE	
		VENTILATA PUNTUALE			CON MURATURA IN GESSO	
		CONTINUA A DOPPIA PELLE			CON MURATURA IN LATEROGESSO	
		CONTINUA A MONTANTI E TRAVERSI			CON MURATURA IN PIETRA NATURALE	
		CONTINUA CON INCOLLAGGIO STRUTTURALE DEL VETRO			CON MURATURA IN SILICATO DI CALCIO	
		CONTINUA A CELLULA			CON MURATURA IN TUFO	
		CONTINUA PUNTUALE			IN VETROCEMENTO	
		TRADIZIONALE			CON FINITURA ESTERNA IN ELEMENTI METALLICI	
		A SECCO			CON FINITURA ESTERNA IN ELEMENTI DI PIETRA	
		A SECCO MOBILE			CON FINITURA ESTERNA IN ELEMENTI COMPOSITI	
		PREFABBRICATA			CON FINITURA ESTERNA IN ELEMENTI LIGNEI	
					CON FINITURA ESTERNA IN MATERIALE TESSILE	
					CON FINITURA ESTERNA IN VETRO	
					CON FINITURA ESTERNA IN LATERIZIO	
					CON STRUTTURA IN ACCIAIO	
					CON STRUTTURA IN ALLUMINIO	
					CON STRUTTURA IN LEGNO	
					IN CARTONGESSO SU STRUTTURA IN ACCIAIO	
					IN LEGNO SU STRUTTURA IN ACCIAIO	
					IN VETRO SU STRUTTURA IN ACCIAIO	

(Fig.5.12 esempio fattori codifica chisura verticale)

Tesi di laurea a cura di Alessandro Travisani 771060

CARATTERISTICHE ELEMENTI IN OPERA							
Categoria	Tipologia	Funzione	Caratteristiche prestazionali	Geometriche	Dimensionali	Tecniche	Fisico-chimiche
	STRATO DI ISOLAMENTO	MONOSTRATO	RESISTENZA TERMICA = 0,1 - 0,5 m ² K/W	IN PANNELLI	SPESORE = 0,1 cm		VETRO CELLULARE
		PREACCOPIATO	RESISTENZA TERMICA = 0,5 - 1 m ² K/W	FELTRI MATE ASSIM	SPESORE = 0,2 cm		CALCIO-SILICATO
			RESISTENZA TERMICA = 1 - 1,5 m ² K/W	SFUSI	SPESORE = 0,3 cm		IDRATO DI SILICATO DI CALCIO
			RESISTENZA TERMICA = 1,5 - 2 m ² K/W	IN LASTRE	SPESORE = 0,4 cm		FIBRA DI VETRO/ROCCIA
			RESISTENZA TERMICA = 2 - 2,5 m ² K/W	SPRUZZATO	SPESORE = 0,5 cm		FIBRA DI VETRO
			RESISTENZA TERMICA = 2,5 - 3 m ² K/W		SPESORE = 0,6 cm		PERLITE ESPANSA
			RESISTENZA TERMICA = 3 - 3,5 m ² K/W		SPESORE = 0,7 cm		VERMICULITE ESPANSA
			RESISTENZA TERMICA = 3,5 - 4 m ² K/W		SPESORE = 0,8 cm		ARGILLA ESPANSA
			RESISTENZA TERMICA = 4 - 4,5 m ² K/W		SPESORE = 0,9 cm		POMICE NATURALE
			RESISTENZA TERMICA = 4,5 - 5 m ² K/W		SPESORE = 1 cm		FIOCCHI DI FIBRA DI VETRO/ROCCIA
			RESISTENZA TERMICA = 5 - 5,5 m ² K/W		SPESORE = 1,1 cm		GRANULATO DI VETRO CELLULARE
			RESISTENZA TERMICA = 5,5 - 6 m ² K/W		SPESORE = 1,2 cm		POLISTIRENE ESPANSO (EPS)
			RESISTENZA TERMICA = 6 - 6,5 m ² K/W		SPESORE = 1,3 cm		POLISTIRENE ESTRUSO (XPS)
			RESISTENZA TERMICA = 6,5 - 7 m ² K/W		SPESORE = 1,4 cm		POLIURETANO (PUR)
			ABBATTIMENTO ACUSTICO = 10 - 15 dB		SPESORE = 1,5 cm		POLIESTERE
			ABBATTIMENTO ACUSTICO = 15 - 20 dB		SPESORE = 1,6 cm		FIBRA DI LEGNO
			ABBATTIMENTO ACUSTICO = 20 - 25 dB		SPESORE = 1,7 cm		SUGHERO
			ABBATTIMENTO ACUSTICO = 25 - 30 dB		SPESORE = 1,8 cm		CANNA PALUSTRE
			ABBATTIMENTO ACUSTICO = 30 - 35 dB		SPESORE = 1,9 cm		FIBRA DI CELLULOSA
			ABBATTIMENTO ACUSTICO = 35 - 40 dB		SPESORE = 2 cm		FIBRA DI LINO
			ABBATTIMENTO ACUSTICO = 40 - 45 dB		SPESORE = 2,1 cm		FIBRA DI CANAPA
			ABBATTIMENTO ACUSTICO = 45 - 50 dB		SPESORE = 2,2 cm		FIBRA DI COTONE
					SPESORE = 2,3 cm		GRANULI DI SUGHERO
					SPESORE = 2,4 cm		FIOCCHI DI LANA DI PECORA
					SPESORE = 2,5 cm		AEROGEL
					SPESORE = 2,6 cm		EPS + MEMBRANA BITUME POLIMERO ARMATA CON VELO VETRO RINFORZATO
					SPESORE = 2,7 cm		XPS + MEMBRANA BITUME POLIMERO ELASTOPLASTOMERICA ARMATA CON VELO VETRO RINF
					SPESORE = 2,8 cm		EPS + MEMBRANA ARMATA CON FELTRO DI VETRO
					SPESORE = 2,9 cm		XPS + MEMBRANA ARMATA CON FELTRO DI VETRO
					SPESORE = 3 cm		LANA DI ROCCIA + MEMBRANA ARMATA CON FELTRO DI VETRO
					SPESORE = 3,1 cm		POLIURETANO ESPANSO - MEMBRANA ARMATA CON FELTRO DI VETRO
					SPESORE = 3,2 cm		EPS + MEMBRANA CON FIBRA DI VETRO
					SPESORE = 3,3 cm		XPS + MEMBRANA CON FIBRA DI VETRO
					SPESORE = 3,4 cm		LANA DI ROCCIA + MEMBRANA CON FIBRA DI VETRO
					SPESORE = 3,5 cm		POLIURETANO ESPANSO + MEMBRANA CON FIBRA DI VETRO
					SPESORE = 3,6 cm		EPS + MEMBRANA BITUME POLIMERO MONOARMATA CON TESSUTO IN POLIESTERE

(Fig.5.13 esempio fattori codifica strato isolante chiusura verticale)

In base quindi alle caratteristiche degli elementi in opera e dei sistemi assemblati riportiamo la tabella riassuntiva dei codici da database Innovance, necessari per proseguire nella successiva fase di programmazione.

Codice programmazione	Sistema assemblato	Codice programmazione	Elemento in opera
Codice a	Chiusura verticale sistema a cappotto	Codice 1	Strato pittura interna con idropittura
		Codice 2	Strato intonaco interno civile 1,5 cm
		Codice 3	Strato di supporto in laterizio sp. 20 cm
		Codice 4	Strato di isolamento a cappotto in polietirene espanso con doppia rasatura e rete in fibra di vetro sp. 8 cm
		Codice 5	Strato di pittura esterna con vernici idrorepellenti
Codice b	Partizione verticale	Codice 6	Strato di supporto in laterizio forato sp.12 cm
		Codice 2	Strato intonaco civile sp. 1,5 cm
		Codice 1	Strato pittura interna con idropittura

(Fig.5.14 Tabella riassuntiva codici per programmazione)

6. Caso di studio, programmazione

6.1 Introduzione alla programmazione

Una volta affrontati i discorsi riguardanti la pianificazione e la codifica delle attività possiamo affrontare il problema relativo alla programmazione dei lavori utilizzando direttamente i sistemi assemblati. Sarà possibile prevedere tutti i collegamenti interni ed esterni riguardanti ogni singola sotto attività (elemento in opera)?

Riassumiamo quindi in questa tabella sottostante le attività che andranno svolte, le tempistiche previste e chi, in questo caso di studio, si occuperà di eseguire effettivamente l'operazione.

Codice programmazione	Sistema assemblato	Codice programmazione	Elemento in opera	Ttot(giorni)	Codice squadra	Manodopera	Codice completo
Codice a	Chiusura verticale sistema a cappotto	Codice 1	Strato pittura interna con idropittura sp. 0,4 cm	2	S.T.1	Squadra tinteggiatura 1	Codice 1+S.T.1
		Codice 2	Strato intonaco interno civile 1,5 cm	5	S.I.1	Squadra intonacatrice 1	Codice 2+S.I.1
		Codice 3	Strato di supporto in laterizio sp. 20 cm	0	S.E.1	Squadra opere edili 1	Codice 3+S.E.1
		Codice 4	Strato di isolamento a cappotto in polietilene espanso con doppia rasatura e rete in fibra di vetro sp. 8 cm	6	S.E.1	Squadra opere edili 1	Codice 4+S.E.1
		Codice 5	Strato di pittura esterna con vernici idrorepellenti sp. 0,5 cm	4	S.T.1	Squadra tinteggiatura 1	Codice 5+S.T.1
Codice b	Partizione verticale	Codice 6	Strato di supporto in laterizio forato sp.12 cm	7	S.E.1	Squadra opere edili 1	Codice 6+S.E.1
		Codice 2	Strato intonaco civile sp. 1,5 cm	10	S.I.1	Squadra intonacatrice 1	Codice 2+S.I.1
		Codice 1	Strato pittura interna con idropittura sp. 0,4 cm	4	S.T.1	Squadra tinteggiatura 1	Codice 1+S.T.1

(Fig.6.1 Tabella riassuntiva codici per programmazione)

L'unione della codifica dell'elemento in opera al codice assegnato alle squadre che si occuperanno effettivamente della realizzazione della singola opera, consente di ottenere il codice discusso nei capitoli successivi, cioè quello che è in grado non solo di individuare in maniera univoca la tipologia di strato in realizzazione, indistintamente dal sistema assemblato a cui appartiene, ma

consente di comprendere anche chi andrà ad eseguirlo, informazione di importanza fondamentale per la realizzazione della programmazione.

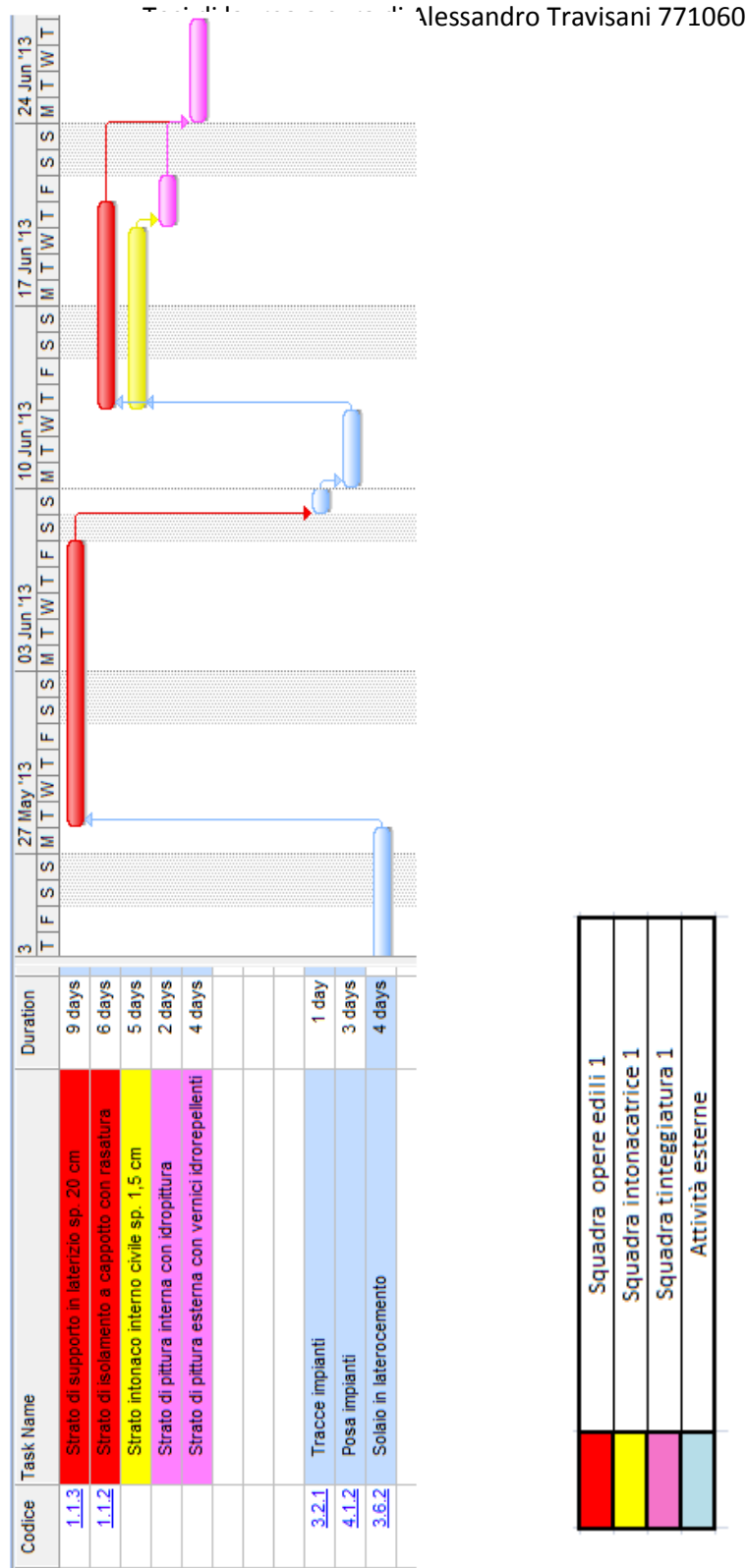
6.2 Sottoprogrammazione chiusura verticale

Scopo della sottoprogrammazione è quello di determinare il numero e la tipologia dei collegamenti che interessano il sistema assemblato in questione. Come abbiamo già detto nei capitoli precedenti le varie attività, riferite agli elementi in opera che vanno a creare il sistema assemblato d'esame, sono collegate non solo tra loro con vincoli di natura interna al sistema, ma sono collegate anche ad attività esterne, facenti riferimento ad altri sistemi assemblati. La codifica univoca di ogni elemento, unita al codice operatore, consentirà la creazione del collegamento di tipo diretto.

Prendiamo quindi in esame il caso di studio, analizzando le varie fasi che in maniera diretta o indiretta, concerneranno alla realizzazione della chiusura.

Il primo elemento in opera che dev'essere posato è lo strato di supporto, lo strato portante della chiusura, in questo caso composto in laterizio, che dovrà quindi necessariamente poggiare su una superficie strutturale, in questo caso il solaio in laterocemento.

Ci troviamo quindi di fronte alla prima tipologia di vincolo fisico, necessariamente quindi il codice univoco relativo alla posa dello strato di supporto in laterocemento dovrà prevedere un collegamento di tipo "Start to Finish" con il codice univoco che rappresenterà l'elemento in opera "Solaio in laterocemento". Questo discorso è valido per tutte quelle attività considerate "esterne" al sistema assemblato, che però devono essere svolte necessariamente durante la realizzazione del sistema.



(Fig.6.2 Sottoprogrammazione chiusura verticale)

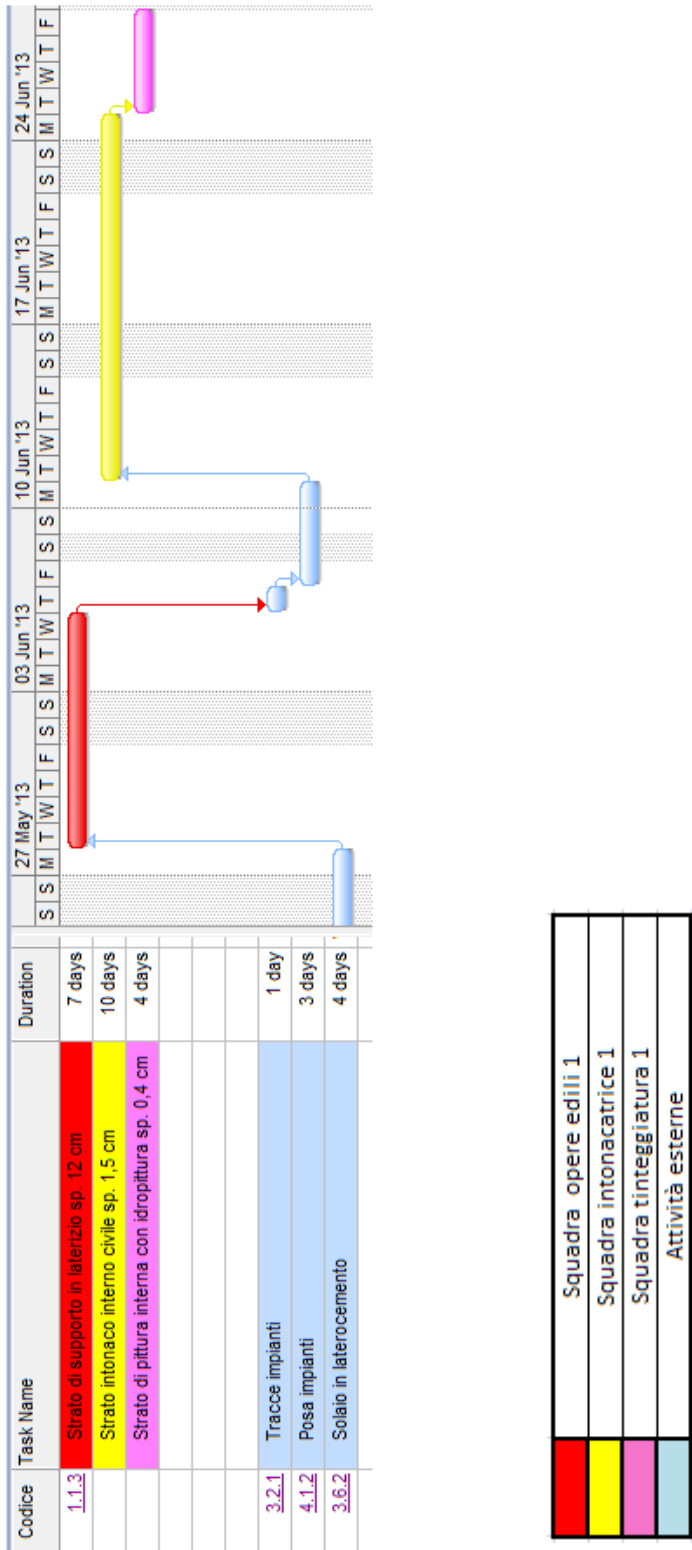
In una programmazione completa, dove tutti i sistemi assemblati sono trattati, possiamo notare che non esisteranno attività "esterne", ma solamente attività che faranno parte di un altro sistema assemblato.

Per questo motivo la codifica univoca, insieme alla conoscenza della squadra di operatori che andrà a realizzare la lavorazione, è di fondamentale importanza.

6.3 Sottoprogrammazione partizione verticale

Come abbiamo visto per la chiusura verticale, la sottoprogrammazione riguardante la partizione del caso di studio segue gli stessi principi e le stesse regole già esplicate nelle pagine precedenti.

Ancora una volta una serie di attività esterne facenti parte altri sistemi assemblati dovranno essere necessariamente prese in considerazione per il conseguimento del reale tempo di realizzazione del sistema nella sua totalità. La codifica univoca e l'indicazione del "chi fa cosa" consente un collegamento immediato ed automatico.



(Fig.6.

3 Sottoprogrammazione partizione verticale)

6.4 Unione delle sottoprogrammazioni

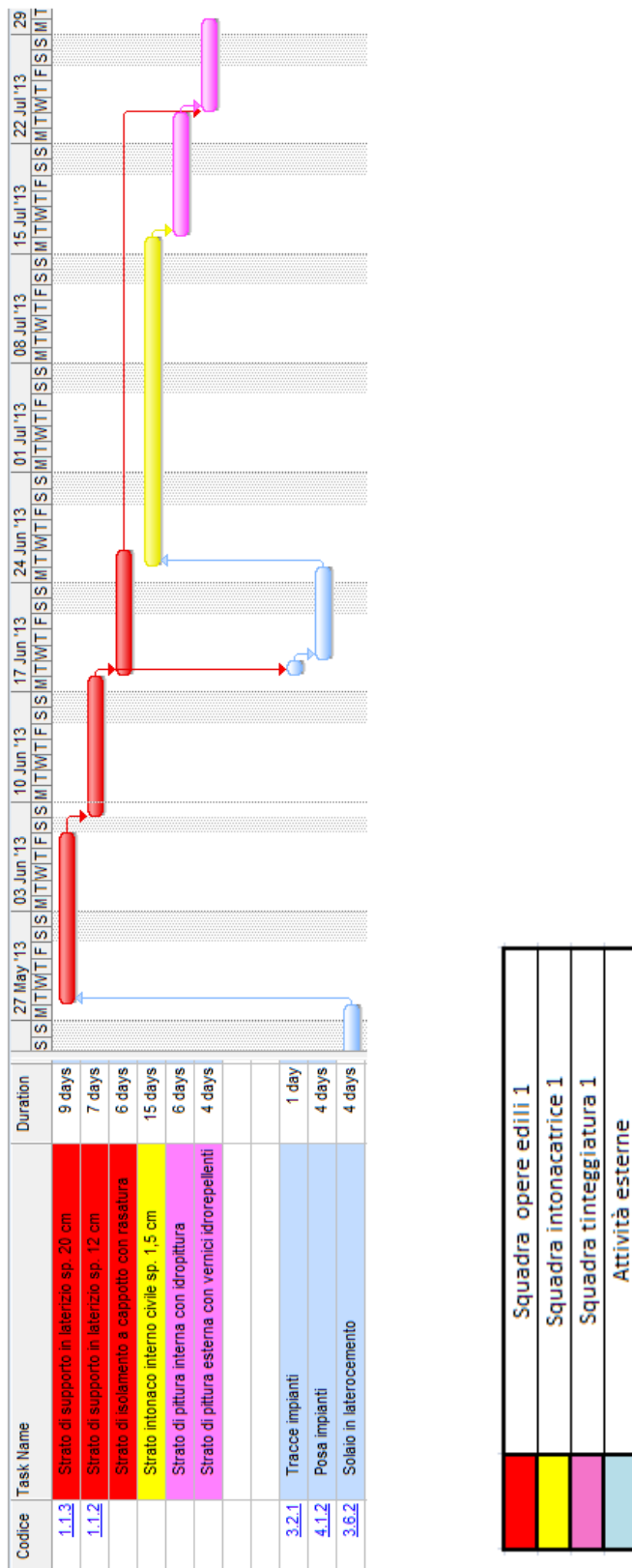
Una volta realizzate le sottoprogrammazioni in riferimento ai sistemi assemblati del caso di studio, è necessario creare l'unione, in modo tale da ottenere la programmazione generale d'intervento, ottenendo tutti i collegamenti interni ed esterni che danno frutto alle tempistiche totali dei due sistemi assemblati.

Le attività svolte dalla stessa squadra, e che presentano una codifica univoca in entrambi i sistemi assemblati, si andranno automaticamente a sommare, ottenendo i nuovi tempi di realizzazione. Un esempio lampante che si può osservare nel grafico di programmazione è quello dello strato di intonaco civile interno, che verrà quindi realizzato sia per le chiusure verticali che per le partizioni nello stesso lasso di tempo, andando ad ottenere il nuovo tempo di realizzazione, frutto della somma dei due tempi singoli.

$$Dattività\ intonaco\ civile = Tint\ 1 + Tint\ 2 = 5\ g + 10\ g = 15\ g$$

Stesso discorso vale per lo strato di pittura interna con idropittura.

Per quanto riguarda invece quelle voci che presentano codici diversi, ma che sono realizzate dalla stessa squadra, esse si andranno a collegare seguendo l'ordine temporale derivante dalla sottoprogrammazione. Un esempio nel caso di studio è la posa dei laterizi realizzanti le strutture portanti dei sistemi assemblati. Sarà quindi in questo caso colui che sta realizzando la programmazione a decidere quale delle due attività andrà svolta prima rispetto all'altra.



(Fig.6.4 Unione delle sottoprogrammazione dei sistemi assemblati)

Questa ottenuta è quindi la programmazione di base che il software di progettazione BIM, utilizzato con il supporto del nuovo database Innovance e le informazioni derivanti dal portale, potrebbe fornire all'utenza interessata alle tempistiche di realizzazione del progetto.

Naturalmente in base alla disponibilità di risorse, soprattutto per quanto riguarda il numero di squadre presenti in cantiere, la programmazione potrebbe essere diversa da quella proposta in via automatica. Nulla vieta all'operatore di variare i collegamenti prerealizzati, andando a crearne di nuovi, eliminarne degli altri, o modificare quelli già esistenti.

6.5 Ipotesi di variazione programma 1

Presentiamo quindi un primo esempio di variazione di programmazione rispetto a quella prerealizzata tramite l'unione da codifica. Ipotizziamo la presenza in cantiere di due squadre opere edili, e non più di una sola come da caso di studio.

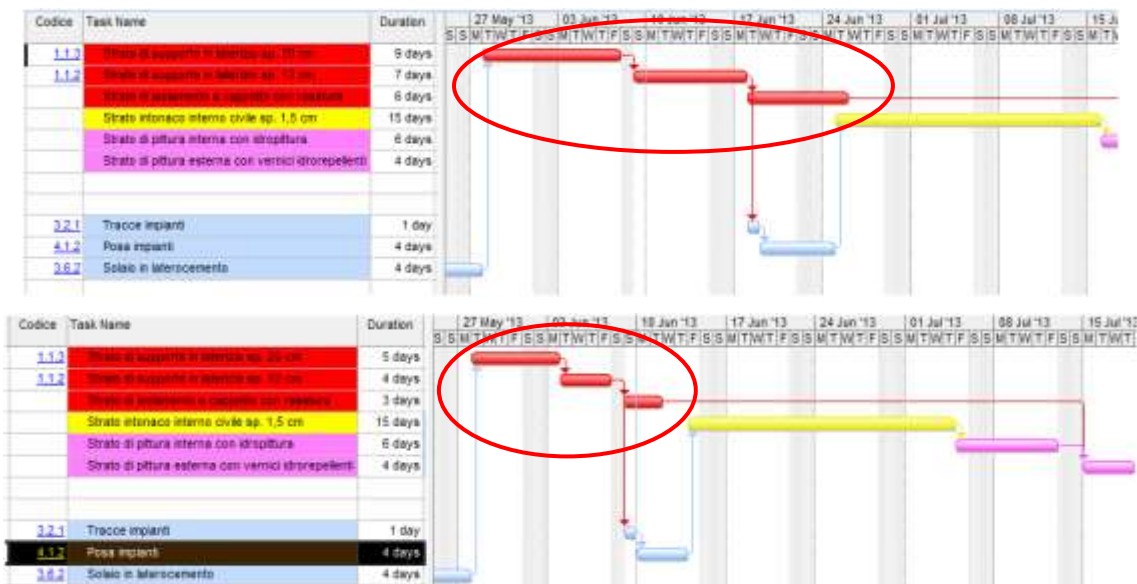
In questo caso sono due le vie che si possono seguire, la prima è quella di non modificare in alcun modo i collegamenti prerealizzati, ma solamente di sostituire i nuovi tempi di realizzazione delle varie attività. Per semplificare il lavoro ipotizziamo che il fattore di interferenza sia pari a 1 e il tempo di realizzazione approssimato in eccesso. Naturalmente nel caso questa operazione sia da svolgere nella realizzazione di una vera programmazione, il comprendere l'entità del fattore di interferenza, così come il limite massimo di risorse al raggiungimento del tempo di crash è di fondamentale importanza. Per questi delicati passaggi sarà la bravura e l'esperienza del project manager a essere fondamentali.

Come possiamo notare dalla tabella sottostante, i tempi di realizzazione relativi alle attività d'elemento in opera svolte dalle due squadre opere edili si sono dimezzati.

Sistema assemblato	Codice programmazione	Elemento in opera	Ttot(giorni)	Codice squadra	Manodopera
Chiusura verticale sistema a cappotto	Codice 1	Strato pittura interna con idropittura sp. 0,4 cm	2	S.T.1	Squadra tinteggiatura 1
	Codice 2	Strato intonaco interno civile 1,5 cm	5	S.I.1	Squadra intonacatrice 1
	Codice 3	Strato di supporto in laterizio sp. 20 cm	5	S.E.1	Squadra opere edili 1
	Codice 4	Strato di isolamento a cappotto in polietirene espanso con doppia rasatura e rete in fibra di vetro sp. 8 cm	3	S.E.1	Squadra opere edili 1
	Codice 5	Strato di pittura esterna con vernici idrorepellenti sp. 0,5 cm	4	S.T.1	Squadra tinteggiatura 1
	Codice 6	Strato di supporto in laterizio forato sp.12 cm	4	S.E.1	Squadra opere edili 1

(Fig.6.5 Stralcio nuova tabella tempi di realizzazione)

Con questi nuovi tempi siamo così in grado di "ridimensionare" temporalmente parlando la programmazione del caso di studio.



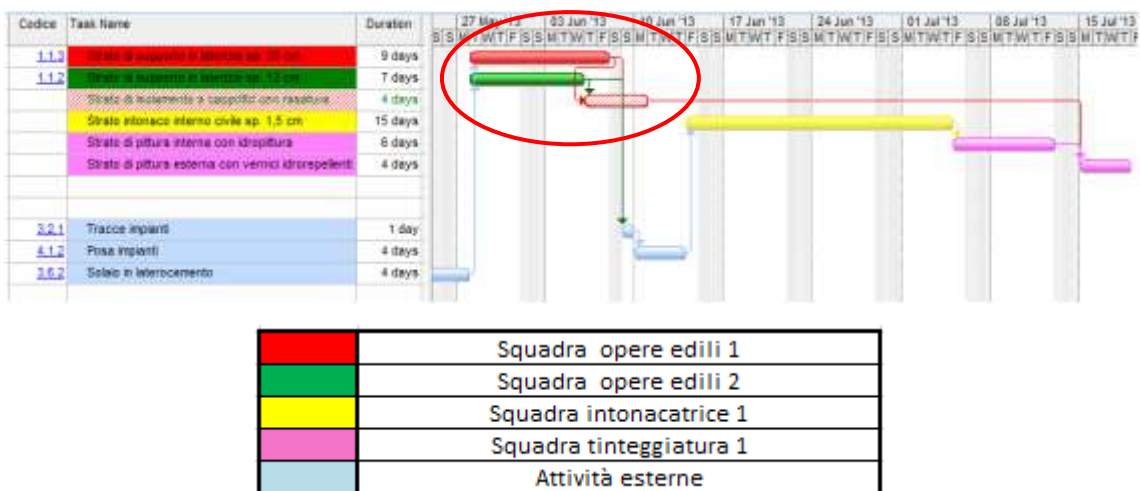
(Fig.6.6 Confronto tempi realizzazione opere edili)

Naturalmente il dimezzamento dei tempi di realizzazione delle opere edili, in concomitanza con la mancanza di modifica dei vari collegamenti, consente una diminuzione dei tempi, rispetto alla programmazione standar da BIM.

6.6 Ipotesi di variazione programma 2

Un altro esempio interessante di variazione rispetto alla programmazione che potrebbe essere suggerita dal BIM e dal portale innovance, è quella della presenza ancora una volta di due squadre opere edili, che però, per esigenza di organizzazione, vogliamo far lavorare su due attività diverse.

In questo caso quindi, le tempistiche e i costi relativi alla realizzazine dei vari elementi in opera non andrà a variare, ciò che sarà invece necessario è invece la realizzazione di nuovi vincoli e collegamenti, dove il lavoro in parallelo delle due squadre fornirà nuovi percorsi critici, slittamenti possibili e tempistiche generali dei sistemi assemblati.



(Fig.6.7 Nuovi percorsi di realizzazione con variazione programma 2)

E' quindi immediatamente comprensibile come la realizzazione degli strati di supporto alle murature, sia per le chiusure verticali che per le partizioni,

verranno realizzate nel medesimo lasso di tempo. La prima squadra che termina la lavorazione, in questo caso la squadra adibita alla realizzazione dello strato di supporto in laterizio per la partizione interna, andrà quindi ad iniziare la realizzazione del successivo passaggio nella programmazione, se la lavorazione antecedente (in questo caso la realizzazione del supporto in laterizio della chiusura) è quasi giunta a conclusione.

Se invece la realizzazione dello strato di supporto della chiusura verticale prevedesse maggiori tempi, oppure se fosse in fase di aggiornamento lavori, drasticamente in ritardo, allora la squadra uno fungerà da supporto alla squadra due, consentendo una notevole velocizzazione dei lavori. Una volta completato lo strato poi, insieme come nella variazione 1, andrebbero a realizzare lo strato di cappotto isolante.

La seconda squadra quindi, una volta completa l'attività a cui era stata designata, si unirà alla prima squadra, andando a diminuire drasticamente i tempi di realizzazione, nel caso in esame si passa quindi dalla durata di sei giorni lavorativi a quella di quattro, sempre senza tenere in considerazione fattori d'interferenza.

Anche in questo caso, come nella variazione 1, l'utilizzo di due squadre opere edilizi diminuisce le tempistiche totali di realizzazione, come era facilmente prevedibile.

7. Conclusioni

7.1 Risultati ottenuti

Come descritto nell' abstract scopo di questa tesi era quello di comprendere le metodologie di sfruttamento delle informazioni raccolte grazie alla realizzazione del progetto Innovance, in modo tale da poter rendere le fasi riguardanti il processo decisionale edilizio di più semplice e veloce realizzazione.

Il lavoro si è concentrato in particolar modo sulla possibilità di poter utilizzare gli stessi sistemi assemblati (elementi tecnici secondo la UNI 8290),utilizzati in termini di prestazioni in fase progettuale, anche nella fase di pianificazione e programmazione, sostituendo così l'attività elementare classica utilizzata nella programmazione/pianificazione edilizia, che si riferisce agli elementi in opera (lavorazioni o strati secondo la UNI 8290).

La tesi si è quindi divisa in due parti, la prima parte si è concentrata sulla possibilità di pianificare utilizzando direttamente i sistemi assemblati, e non più gli elementi in opera, mentre la seconda è più concentrata sulla codifica e sulla programmazione, sempre con gli stessi obiettivi del punto uno.

PIANIFICAZIONE

Osservando quindi il caso di studio che è stato presentato si può comprendere come una pianificazione svolta con questa metodologia, sfruttando, per quanto riguarda i prodotti da costruzione, il database Innovance e per quanto riguarda la mandopera e i mezzi d'opera, il portale Innovance, è possibile.

Difatti l'utilizzo nella progettazione della tecnologia BIM, in concomitanza con un

database ben organizzato e satollo di informazioni, consentirà di avere una pianificazione in tempo reale.

Direttamente in fase di progettazione si potrà quindi risalire a qualsiasi quantitativo desiderato utile alla pianificazione, passando, per esempio, dai metri quadri di chiusura verticale realizzata con una certa tecnologia al numero di forati di un determinato modello necessari per la realizzazione di tutte le chiusure/partizioni tradizionali presenti nel progetto. Queste informazioni, integrate con i dati derivanti dal portale Innovance riguardanti tempistiche e costi medi di manodopera e mezzi d'opera, consentiranno quindi di scendere al livello di pianificazione scelto, senza però perdere, in caso di necessità, quella serie di informazioni necessarie per le fasi successive del processo edilizio (esempio acquisto prodotti).

PROGRAMMAZIONE

Per quanto riguarda la programmazione invece, si è prima visto come la codifica univoca delle sottoattività, che nel nostro caso di studio coincidono con gli elementi in opera (lavorazioni) sia una clausola necessaria per poter consentire lo sviluppo di una sottoprogrammazione inerente ad ogni singolo sistema assemblato presente nel database. Una volta compresa la possibilità di poter ottenere questa codifica e ottendendo i codici necessari per il caso di studio, si è sviluppata la sottoprogrammazione. L'unione quindi dei due sottoprogrammi all'interno di una programmazione unica ha però sottolineato la l'enorme difficoltà di poter trattare il sistema assemblato come attività vera e propria, perché ricordiamo che l'attività elementare deve:

- 1° Essere una unità di lavoro elementare precisamente definibile e limitata;
- 2° Essere quantificabile in termini temporali (avere un inizio ed una fine individuabili);

3° Essere quantificabile in relazione alle risorse necessarie per il suo svolgimento: persone, materiali, finanziamenti.

L'impossibilità di poter essere quantificabile direttamente in termini temporali potrebbe essere sormontata se si riuscisse a collegare direttamente tra loro tutte le sottoattività facenti parte tutti i sistemi assemblati previsti nel progetto. Questi collegamenti dovrebbero essere però realizzati in automatico, per poter dare un senso alla programmazione tramite sistemi assemblati.

Nel caso d'esame questo potrebbe essere plausibile, ma pensando al quantitativo ingente di elementi tecnici, e quindi di elementi in opera presenti nel database, questo sembra un lavoro se non impossibile, definirei improbabile. Il tempo necessario per prevedere e realizzare ogni singolo collegamento con ogni tipo di sottoattività, sarebbe tale da rendere di dubbia utilità il lavoro che si andrebbe a realizzarsi.

7.2 Linee di sviluppo

L'importanza di riuscire a sfruttare al meglio le informazioni contenute nel database e nel portale Innovance, non solo per quanto riguarda i processi edilizi riguardanti la mera progettazione, ma anche nei processi decisionali quali la pianificazione e la programmazione, è di indubbia veridicità.

Come questa tesi ha dimostrato è possibile sfruttare le informazioni per la pianificazione su vari livelli, senza però tenere in considerazione alcuni fattori caratterizzanti il singolo cantiere.

Di interesse di tutti gli operatori che in futuro saranno chiamati a usare il portale e il database Innovance, è sicuramente il fatto che non si sia ancora studiato un metodo per poter classificare e quindi codificare e catalogare le risorse riguardanti la manodopera e i mezzi d'opera necessari per poter realizzare gli

elementi in opera /sistemi assemblati, lavoro che invece è in fase di sviluppo in questi mesi per quanto riguarda i prodotti da costruzioni, l'ultimo possibile gradino dell'albero di suddivisione del progetto edilizio.

Per quanto riguarda la programmazione invece, il poter lavorare direttamente coi sistemi assemblati ipotizzandoli come attività elementari è un'idea, come è stato sottolineato nelle conclusioni, da scartare. Sarebbe interessante studiare più a fondo le metodologie di stima delle durate e dei costi delle singole attività utilizzate per la programmazione dei lavori. Disponendo di un grande quantitativo di informazioni derivanti dai vari soggetti appartenenti alla filiera delle costruzioni, si potrebbero andare a realizzare studi statistici a un livello di approfondimento e con una possibilità continua di aggiornamento mai viste prima dell'esistenza del database Innovance.

Bibliografia

- [1] Arie Gottfried, "Ergotecnica edile: applicazioni di metodi e strumenti", società editrice Esculapio, 2006.
- [2] Giuseppe Rigamonti, "La gestione dei processi di intervento edilizio", Utet, 2001.
- [3] Pietro Poggi, "L'organizzazione del processo edilizio", Liguori editore, 2003.
- [4] Aldo Norsa, "La gestione del costruire tra progetto, processo e contratto", FrancoAngeli, 2006.
- [5] Cosimo Carlo Buccolieri, Giorgio Giallocosta, "Progetto e produzione nello scenario edilizio contemporaneo", Alinea Editrice, 1999.
- [6] Roberto Palumbo, " Processo edilizio. Il management.", Gangemi, 1997.
- [7] Daniela Allodi, "Project management per l'architettura. Definizione degli obiettivi, programmazione, esecuzione, controllo, attori e dinamiche", FrancoAngelini, 2008.
- [8] Petriagnani Achille, "Industrializzazione dell'edilizia", edizioni Dedalo, 1980.
- [9] Marco A. Bragadin, " La programmazione dei lavori con i metodi reticolari. Metodi e strumenti di project management per la costruzione", Maggioli Editore, 2011.
- [10] Chuck Estman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston, " BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers,designers,engineers and contractors, Jhon Wiley and sons,2008
- [11] Brad Hardin, "BIM and costruaction management", Sybex, Jhon Wiley and sons, 2009
- [12] A. Gottfried, G.M. Di Giuda, "Ergotecnica edile",Esculapio, Bologna, 2011
- [13] A. Pavan, "La definizione economica del progetto", Esculapio,2011

Indice figure e tabelle

1.1. Quadro generale Innovance.....	10
1.2. Tematiche trattate tramite portale Innovance.....	11
1.3. Schematizzazione criticità/obiettivi/soluzioni.....	13
1.4. Suddivisione il livelli di complessità minimi.....	14
1.5. Diagramma relazioni tipiche dei soggetti del processo edilizio	16
1.6. Linguaggio comune tra gli attori del processo edilizio	19
1.7. Schema d'organizzazione singole fasi produttive	22
1.8. Schematizzazione flusso documenti	25
2.1. Le fasi del processo edilizio secondo la norma UNI 10723	29
2.2. Aree di interesse project management	36
2.3. L'evoluzione degli strumenti di progettazione dal CAD al BIM	40
2.4. LCA trattato tramite BIM	41
2.5. Collegamento tra i vari processi edilizi	42
2.6. Riassunto punti P. e P.	44
2.7. Strutturazione W.B.S	46
2.8. Schema tecniche programmazione tempi	49
2.9. Esempio Gant	51
2.10. Esempio PERT	53
2.11. Esempio MPM	54
2.12. Passi P.P.	57
2.13. Esempio legami tipici attività	59
3.1. Esempio disuguaglianza tra la somma Teo e il Tsa.	63
3.2. Stralcio esemplificativo WBS tipica	65
3.3. Completezza dell'informazione grazie a BIM/Innovance	66
3.4. Esempio programmazione lavori ristrutturazione con MPM.....	69

4.1. Disarticolazione flusso produttivo e informativo	72
4.2. Campi codifica d'opera con esempi	75
4.3. Esempio di disarticolazione sistema funzionale spaziale	76
4.4. Ambito spaziale omogeneo:area di vendita dell'AFO commerciale.....	78
4.1. Disarticolazione flusso produttivo e informativo	72
4.2. Campi codifica d'opera con esempi	75
4.3. Esempio di disarticolazione sistema funzionale spaziale	76
4.4. Ambito spaziale omogeneo:area di vendita dell'AFO commerciale.....	78
4.5. Spazio, singolo locale dell'area commerciale	79
4.6. Esempio AFO amministrativo	80
4.7. Articolazione degli ambiti spaziali omogenei per l'ambito funzionale omogeneo di cui all'esempio 1.....	80
4.8. Articolazione degli spazi per l'ambito spaziale omogeneo di cui all'esempio.....	81
4.9. Esempio sistema assemblato,isolamento parete con isolamento in intercapedine.....	84
4.10. Esempio elemento in opera,muratura in laterizio	85
4.11. Esempio prodotto da costruzione, malta da muratura	87
4.12. Esempio sistema assemblato parete esterna	87
4.13. Esempio elementi in opera parete esterna	88
4.14. Esempio prodotti da costruzione parete esterna	88
4.15. Esempio sistema assemblato parete interna	88
4.16. Esempio elementi in opera parete interna	89
4.17. Esempio prodotti da costruzione parete interna	89
5.1. Sistemi assemblati e loro composizione	91
5.2. Esempio W.B.S riportanti le quantità	93
5.3. Esempio analisi risorse elemento in opera	94
5.4. Pianificazione caso d'esame	96
5.5. Esempio individuazione risorsa critica nel caso di studio.....	101

5.5. Esempio individuazione risorsa critica nel caso di studio.....	101
5.6. Tabella riassuntiva tempistiche lavorazioni elementi in opera caso di studio.....	103
5.7. Obiettivi di codifica del progetto Innovance	104
5.8. Criteri di identificazione elementi in opera	105
5.9. Stralcio 1 ipotesi programmazione	106
5.10. Stralcio 2 ipotesi programmazione	106
5.11. Stralcio 3 ipotesi programmazione	107
5.12. Esempio fattori codifica chiusura verticale	109
5.13. Esempio fattori codifica strato isolante chiusura verticale	110
5.14. Tabella riassuntiva codici per programmazione	111
6.1. Tabella riassuntiva codici per programmazione	106
6.2. Sottoprogrammazione chiusura verticale	115
6.3. Sottoprogrammazione partizione verticale	117
6.4. Unione delle sottoprogrammazione dei sistemi assemblati	119
6.5. Stralcio nuova tabella tempi di realizzazione	121
6.6. Confronto tempi realizzazione opere edili	121
6.7. Nuovi percorsi di realizzazione con variazione programma 2.....	122