UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Edile

DIMOSTRAZIONE APPLICATIVA DI UN SERVIZIO DI GESTIONE OLONICA COLLABORATIVA DEI LAVORI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA DI EDIFICI RESIDENZIALI

Empirical demonstration of a holonic collaborative service to manage energy renovation works in residential buildings

Relatore

Prof. Alessandro Carbonari

Correlatori

Dott. Ing. Francesco Spegni

Dott. Ing. Leonardo Messi

Tesi di Laurea:

Emanuele Sammartino

Anno accademico 2020/2021

INDICE

1. Introduzione**……..1**
2. Gestione dei sistemi complessi in un approccio Lean**……5**
2.1 Definizione sistemi complessi e comportamento emergente……5
2.2 Proposta di architettura olonica per sistemi complessi……9
2.3 Il Lean nelle costruzioni……16
2.4 Sistemi di pianificazione e visualizzazione di sistemi 4D……27
2.4.1 Introduzione dei temi affrontati……..27
2.4.2 Obiettivi e dati di partenza……28
2.4.3 Diagramma Microsoft Project e Piano Economico Finanziario……32
2.4.4 Powerproject descrizione del software e campo di applicazione……36
2.4.5 Impostazione delle attività e inserimento delle milestone……..39
2.4.6 Creazione e associazione delle risorse e dei costi……..46
2.4.7 Associazione del modello 3D pianificazione controlli e collaudi……..53
3. La gestione dei lavori e l'organizzazione degli spazi in ambiente BIM**…..80**
3.1 Digitalizzazione dei modelli e norme di riferimento (19650 p.1 e p.2)…80
3.2 Descrizione prodotto e descrizione del prodotto e formalismo BPMN…88
3.3 Algoritmo MACS_VRPTW……93
3.4 Gestione degli spazi……104
3.5 Approccio olonico per la pianificazione degli spazi di lavoro……110
3.6 Servizio web……111
3.6.1 Ambiente di simulazione Unity 3D……111
3.6.2 Input e output……114
4. Descrizione servizio di programmazione dei lavori**……122**
4.1 AWOPS e Input……122
4.2 Configurazione……124
4.3 Output……126

5. Esempio di applicazione……131
5.1 Caso di studio……131
5.2 Creazione baseline……133
5.3 Dimostratore……140
5.4 Importazione SIE……145
6. Conclusioni*……****149***
7. Bibliografia*……****150***
8. Indice delle figure*……****151***

1. Introduzione

A giudicare dalle ultime ricerche nel settore edile e dai dati diffusi dal Lean Construction Institute, una società di ricerca focalizzata sulla gestione della produzione nel settore edile, oggi sembra che il tempo di produzione reale rappresenti meno del 50% del tempo di produzione totale. vale a dire, più della metà dello sforzo richiesto per eseguire la costruzione si è rivelato uno sforzo a valore aggiunto e quindi uno spreco agli occhi del cliente finale. La ragione di ciò può risiedere nelle modalità di pianificazione e gestione dei processi, spesso inefficienti perché non idonee alle caratteristiche del settore edile. Nel settore edile, infatti, il processo coinvolge in ogni fase della costruzione più figure, il ed ha un alto grado di dinamismo. A tale fine il settore delle costruzioni ha assorbito i principi del Lean Management con l'intento di migliorare i dati sulla produttività. Con il termine Lean si intende una gestione snella del processo produttivo e dell'azienda, ovvero una gestione che ha come obiettivo un miglioramento continuo volto a creare valore per il cliente e ridurre gli sprechi.

Questo tipo di approccio consente l'utilizzo di tecniche di simulazione durante tutto il progetto, durante la fase di pianificazione e soprattutto durante la fase di esecuzione del progetto. Pertanto, lo scambio di dati e informazioni di progetto è un aspetto essenziale del processo di trasformazione e deve essere attuato attraverso un modello gestionale dinamico e costantemente aggiornato, quindi avere un linguaggio comune ci permette di comunicare in tutte le fasi senza perdere altro

tempo a compromettere l'avanzamento del lavoro giusto. Pertanto, lo scambio di dati e informazioni di progetto è un aspetto essenziale del processo di trasformazione e deve essere attuato attraverso un modello di gestione dinamico e costantemente aggiornato.

Vengono sempre più spesso sfruttati software BIM based, essendo in questo ambiente bisogna essere compatibili. Il formato di interscambio di questi file è quello sviluppato da buildingSMART e noto come formato IFC. Questo genere di file differisce dai classici strumenti di disegno architettonico poiché vi è la possibilità di implementare molteplici informazioni sul modello.

L'utilizzo del software che sarà oggetto di questa tesi, Automatic Work Planning Services (AWOPS) è una piattaforma Web-based per la pianificazione automatica dei lavori di riqualificazione. In particolare, vengono trattati i processi informativi che permettono ad AWOPS di generare un piano dei lavori partendo dagli input dati, in particolare l'innovazione che viene espressa è il distacco dal pensiero "activity based" abbracciando quello del "process based". In questa visione vengono associati dei processi Business Process Model and Notation (BPMN), che risultano essere una descrizione astratta, e quindi adeguata alla necessità di non imporre vincoli alla serie delle lavorazioni nelle fasi preliminari del processo di pianificazione. Ogni attività presente nei processi sarà associata a molteplici informazioni, come vedremo nel corso di questa tesi, come informazioni estrapolate dal prezzario di riferimento.

L'innovazione sta anche nella formazione di un sistema collaborativo olonico, ovvero le olarchie variano a seconda del livello decisionale. Holonic System, che rappresenta un'alternativa ai tradizionali sistemi di controllo. Questo nuovo approccio è nato per fornire una risposta alternativa alle carenze dei sistemi precedenti che nel tempo si sono rivelati infruttuosi. Infatti, il Sistema Olonico unisce le caratteristiche del suo predecessore che mantiene la stabilità della gerarchia e un alto grado di prevedibilità, pur mantenendo la robustezza ai disturbi e l'agilità dinamica delle etarchie, progettato per fornire un livello di funzionamento molto elevato con flessibilità strutturale. Infatti, se prima la programmazione di cantiere avveniva inserendo a priori dei vincoli all'interno e fra le attività stesse, definite dall'esperienza del Manager ma senza una reale certezza funziona, ora è possibile, con all'introduzione del sistema olonico, una migliore gestione di questa fase attraverso l'uso dei cosiddetti Oloni.

Le criticità di una pianificazione, si manifestano dal momento in cui durante la fase di esecuzione si verificano eventi, i quali, provocando cambi repentini sia nella struttura del problema che nell'elenco delle attività, portando a non rispettare le previsioni e, come spesso avviene, a ritardare le date di consegna o superare il budget pianificato. L'obiettivo è quindi quello di arrivare a formulare una pianificazione che possa essere eseguita e modificata dinamicamente al fine di rispondere ad un disturbo, come ad esempio il ritardo nella fornitura del materiale.

Gli Holon sono "individui" autoregolanti, che consentono al sistema di controllo di

rispondere rapidamente ai disturbi e di riconfigurarsi per soddisfare i nuovi requisiti, rendendo la pianificazione più flessibile.

AWOPS una volta inseriti i dati è in grado di restituire piani di lavoro aggiornati per la commessa in esame.

Viene anche descritta la programmazione dell'avanzamento lavori mediante utilizzo di powerproject, programma che differisce dal classico windows project perché pensato specificatamente per il settore delle costruzioni, all'interno è possibile creare vere e proprie crew con rispettivi leader, impostare le risorse necessarie e molto altro. Il lavoro effettuato durante il tirocinio ha quindi consistito nel rappresentare, organizzare e gestire l'avanzamento dei lavori di un opera edile di civile abitazione, descrivendo quindi un sistema di pianificazione e visualizzazione di sistemi 4D.

In questa tesi, vengono sottolineati i metodi di gestione degli spazi di lavoro in cantiere, le criticità nella workspace che spesso sono risolvibili trovando un accordo tra le squadre di lavoro interessate dall'interferenza, quindi soluzione di ''basso livello'' ma vengono descritte anche come le criticità definite di ''alto livello'' dovranno essere gestite dal manager, concetto che richiama la filosofia olonica. Si descrive quindi come viene effettuata la pianificazione degli spazi di lavoro e il successivo processo di simulazione, come vengono rilevate le sovrapposizioni delle risorse e come il sistema è in grado di rilevarle e valutarne l'impatto con il supporto di Unity 3D.

2. Gestione dei sistemi complessi in un approccio Lean

2.1 Definizione sistemi complessi e comportamento emergente

I sistemi, o i problemi, possono essere semplici, complicati o complessi.

La distinzione ha a che fare con il numero di componenti e le loro interazioni.

Ad esempio, il comportamento del sistema semplice è prevedibile conoscendo le condizioni di partenza, perché le interconnessioni tra i componenti del sistema sono ben definite e fisse.

In un sistema complesso, le stesse condizioni di partenza possono produrre risultati diversi a seconda della natura e della sequenza delle interazioni tra i componenti del sistema. Non riusciamo a capire il sistema osservando solo i suoi costituenti. A quel punto, diciamo che è un "comportamento emergente" o addirittura auto-organizzazione e dichiariamo il sistema "complesso." L'auto-organizzazione è la capacità di un sistema di organizzare spontaneamente i suoi componenti o elementi in modo mirato, sotto condizioni adeguate, ma senza l'aiuto esterno. Per esempio, la costruzione di un'autostrada è complicata, ma la gestione, urbana congestione del traffico, è complessa, che comporta la soluzione di problemi in tempo reale. Allo stesso modo un sistema di produzione è un sistema complesso, mostrando quindi comportamento emergente. Mentre un sistema complesso consiste di un gran numero di componenti (chiamati "agenti") che interagiscono, il termine sistema complesso-adattivo (CAS) si riferisce ad un sistema complesso in cui le componenti

(chiamati "holons") non solo interagiscono, ma si adattano e/o imparano, ciò ne definisce l'adattabilità che dà una robustezza al sistema contro i disturbi.

Nelle costruzioni, nonostante i recenti progressi nell'uso del Building Information Modeling (BIM) e dell'approccio Lean, i Manager continuano ad affrontare problematiche relative alla gestione dei lavori di costruzione in fase di realizzazione, con conseguenti ritardi sui tempi di consegna ed aumento dei costi. Come descritto dal Lean Construction Institute, nel settore delle costruzioni il flusso di lavoro è definito come movimento di informazioni, materiali e risorse attraverso le work locations al fine di realizzare una sequenza di attività sui componenti del progetto.

Garcia Lopez e Martin Fischer propongono un modello di flusso di lavoro che rappresenta formalmente la variabilità del flusso di lavoro di costruzione per aiutare i Manager ad analizzare la variabilità del flusso di lavoro e il suo impatto sulle attività a valle. Hanno sviluppato il modello estendendo le rappresentazioni esistenti del flusso di lavoro di costruzione con i meccanismi che causano variabilità del flusso di lavoro.

La variabilità del flusso di lavoro causa variabilità nell'esecuzione delle attività, portando a variabilità nell'inizio dell'attività, durata e fine.

Si propone di ridurre la variabilità del flusso di lavoro aumentando l'affidabilità di pianificazione. L'affidabilità della pianificazione è misurata tracciando il Percent Plan Complete.

Risulta fondamentale misurare i flussi di attività per anticipare la variabilità in

esecuzione delle attività. I metodi ad oggi utilizzati per l'analisi della variabilità delle attività presentano limitazioni importanti, quindi non potendo prevedere l'impatto della variabilità delle attività si fa affidamento all'esperienza del Manager.

Come definito Koskela nel 1999, i lavori edili sono interpretati come una serie di flussi composti da: Trasformazioni; Ispezioni; Spostamento; Tempi di attesa.

A loro volta le trasformazioni (intese come attività di costruzione) sono operazioni di assemblaggio che richiedono i seguenti flussi: Manodopera; Attrezzatura; Work locations; Informazioni di progetto; Componenti; Condizioni esterne; Lavorazioni preliminari.

Facendo riferimento a questo schema si evince che la variazione del flusso è derivante da due cause concatenate, ovvero dai fattori che hanno influenza sull'attività o le attività e i ritardi che si ripercuotono sulle attività successive.

Di seguito viene riportata la figura che mostra il "modello concettuale di flusso" descritto da Garcia Lopez e Martin Fischer.

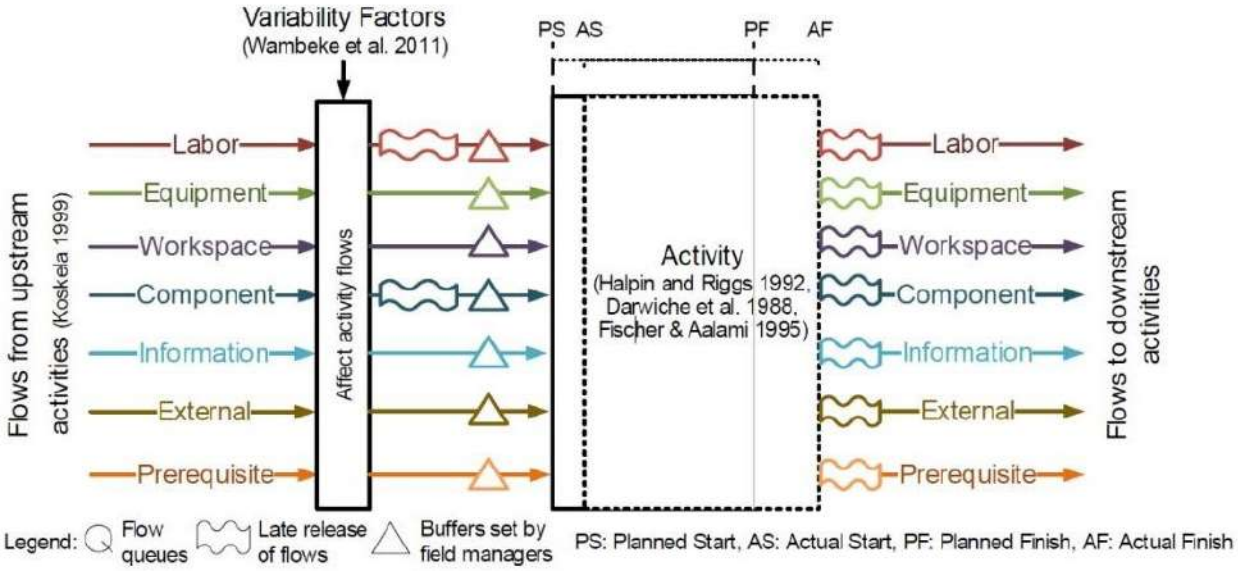


Figura 1: Modello concettuale di flusso descritto da Garcia Lopez e Martin Fisher.

Dalla ricerca svolta da Garcia Lopez e Martin Fischer risulta la mancanza di un sistema in grado di capire e di conseguenza adattarsi ai diversi disturbi che causano ritardi alle attività e che si propagano nel flusso di lavoro. Si necessita dunque di un sistema che sia in grado, pianificando a breve termine, di gestire in tempo reale la pianificazione delle attività.

2.2 Proposta di architettura olonica per sistemi complessi

L'approccio olonico getta le fondamenta alle ricerche di Valckenaers e Van Brussel, che nel 1998 concretizzano con una struttura di gestione formale il concetto di struttura olonica. Quest'architettura prende il nome di PROSA, che sta per "Product Resource Order Staff Architecture". La PROSA può essere rappresentata come lo strumento dove vengono descritte le funzionalità e il ruolo di ogni elemento che costituisce il sistema. L'obiettivo è quello di cerare un'architettura di riferimento con la quale è possibile definire una struttura generica del sistema, definendo quelli che sono, le caratteristiche, i vincoli e le relazioni dei singoli oloni. (Olivier Cardin, Pierre Castagna, 2009).

Nella teoria dei sistemi non lineari, l'olone è una parte di un sistema complesso che ha una sua individualità, ma è anche parte integrata di un sistema di ordine superiore. Questi sono definiti come unità autonome in grado di svolgere attività senza dipendere da altri elementi. Tuttavia gli oloni possono formare dei legami per una cooperazione globale e formare così sistemi di gestione con una struttura definita eterarchica che permette al modello la gestione di problematiche complesse, ma allo stesso tempo essendo costituiti da elementi indipendenti il modello è in grado di rispondere rapidamente ai disturbi e quindi riconfigurarsi per affrontare nuovi requisiti. Queste architetture permettono una piena cooperazione tra le entità, che viene organizzata tramite negoziazione, aumentando di fatto la

robustezza.

In conclusione l'olone può essere inteso come un elemento intero in sé e parte di un sistema più grande; in questo senso ha una natura ibrida, ovvero è intero perché autosufficiente, autonomo e stabile, mentre è parte di un sistema più grande in quanto dipendente e soggetto al controllo di autorità superiori.

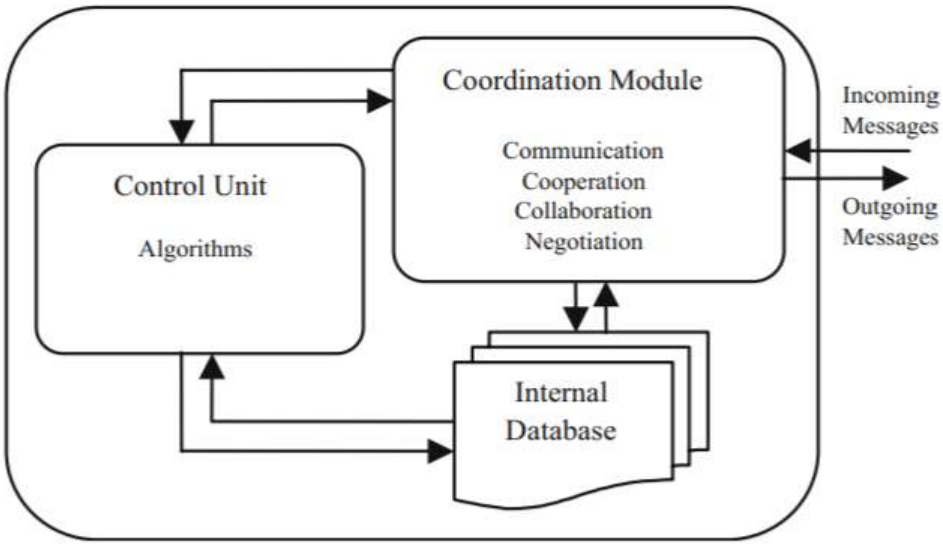


Figura 2: Configurazione interna di un olone

Il sistema di gestione olonico implica un'organizzazione altamente distribuita del sistema di produzione, dove l'intelligenza è ripartita tra entità individuali. Gli oloni sono moduli cooperativi, intelligenti ed autonomi, questi possono essere classificati in funzione dell'attività che svolgono all'interno del processo, vengono quindi definiti 4 diversi tipi di elementi: L'olone Prodotto, L'olone Ordine, Olone Risorsa, Olone

Staff. Ogni elemento ha una specifica funzione e interagisce con gli altri elementi con il fine di sviluppare l'evoluzione del progetto nella maniera più efficiente possibile.

L'Olone Prodotto è il componente che possiede la conoscenza del processo necessaria per la realizzazione delle istanze. All'interno dell'elemento sono depositate le informazioni per assicurare la corretta realizzazione di un determinato prodotto come la presenza di vincoli, di parametri limite o requisiti caratteristici. La sua funzione principale è quella di mantenere la conoscenza del processo coerente e aggiornata durante tutto il processo e di condividerla, quando è necessario, con gli altri elementi che costituiscono il sistema di gestione, come ad esempio recapitare le indicazioni sulla sequenza operativa all'olone ordine. Oltre a trasmettere i dati per la corretta esecuzione dei processi, l'olone prodotto ha il compito di ricevere le informazioni dagli altri elementi per programmare l'operazione corretta da svolgere. Una volta elaborate le informazioni invierà agli elementi indicazioni sulla più corretta procedura da eseguire. Ad esempio, se la qualità di un'operazione è insufficiente, l'olone prodotto può decidere che l'operazione debba essere rifatta. L'olone prodotto deve interfacciarsi anche con l'olone risorsa, prima che un'operazione venga avviata, l'olone risorsa deve conoscere i parametri di processo desiderati per svolgere correttamente l'attività.

L' Olone Ordine può essere considerato come un'attività o istanza che deve essere eseguita all'interno del sistema produttivo. L' olone di tipo ordine controlla gli aspetti

logistici della produzione e si interfaccia sia con gli altri elementi, al fine di assicurare che il compito affidatogli dall'olone prodotto venga eseguito correttamente. Per fare ciò una volta elaborata la richiesta fornita dall'olone prodotto ne esegue virtualmente le operazioni e individua le risorse necessarie per la procedura. In seguito verifica la disponibilità delle materie prime interfacciandosi con gli oloni Risorsa e vincola le quantità necessarie all'istanza da lui gestita. Una volta che dispone delle informazioni necessarie elabora più alternative possibili e sceglie tra le alternative quella con utilità maggiore, comunicando la sequenza agli altri elementi. Ad ogni olone ordine è associata una sola attività, quindi un olone contiene informazioni sullo stato corrente e sull'entità fisica corrispondente.

L'Olone Risorsa è l'elemento incaricato al monitoraggio delle risorse fisiche del sistema produttivo. Ogni elemento rappresenta un'attrezzatura, una materia prima o una forza lavoro necessarie allo svolgimento delle attività produttive. Il monitoraggio delle risorse viene eseguito dall'olone in maniera dinamica, ovvero l'elemento oltre a rappresentare lo stato reale della disponibilità, definisce gli ipotetici stati futuri. La gestione delle disponibilità future è fondamentale per pianificare le attività, infatti gli oloni risorsa si interfacciano con gli oloni ordine e gli oloni prodotto per evitare che la mancanza di risorse possa provocare alterazioni al processo di produzione. Per una corretta rappresentazione degli scenari futuri l'olone risorsa produce un vero e proprio programma locale che aggiorna con gli input che riceve dagli altri elementi. Questo può essere visto come un processo di

prenotazione che verifica le disponibilità della risorsa nel tempo.

L' Olone Staff è l'elemento che supporta l'intero processo decisionale. Può essere definito come l'unita del personale perché ha il compito di assistere gli altri oloni nell'esecuzione della loro funzione. L'Olone Staff è l'elemento che possiede una visione globale del sistema ed è in grado di fornire agli altri oloni delle conoscenze specialistiche, sotto forma di suggerimento e non di decisione. Il livello reale di automazione dipende dalla natura dell'olone staff. Quando si tratta di uno strumento di intelligenza artificiale, il sistema è completamente automatizzato. Se l'olone staff è una risorsa umana come un operatore, il processo è parzialmente automatizzato e l'intero sistema può essere considerato come un valido esempio di collaborazione uomo-macchina. (OLIVIER CARDIN, PIERRE CASTAGNA, 2009).

L'architettura trova ampia applicazione nello studio delle dinamiche dei sistemi produttivi. La prima applicazione del Sistema Olonico si ha in ambito manifatturiero, si sviluppa nel 2006 e prende il nome di Holonic Manufacturing System. Il sistema si pone come obbiettivo quello di racchiudere i concetti sviluppati da Koestler, e tradurli in una serie di principi che impiegati nel settore produttivo ne migliorano l'efficienza della gestione.

Il sistema HMS è un linguaggio di modellizzazione basato sul paradigma orientato agli oggetti (OOP, Object Oriented Programming). Il sistema è in grado di descrivere un processo con una rappresentazione semi-grafica e semi-formale, descrivendo il sistema come una sequenza organizzata di diagrammi collegati. Alla base della

raffigurazione vengono utilizzati elementi testuali ed elementi grafici con significato formalmente criptato. Il sistema di gestione del processo di produzione edile ha caratteristiche tali da poter essere rappresentato con un modello di restituzione HMS. In particolare è possibile affrontare la complessità dei processi di costruzione e la variabilità intrinseca che deriva dal comportamento dei soggetti indipendenti che interagiscono in un cantiere, poiché gli oloni hanno capacità di auto condizionarsi emulando il comportamento delle risorse solitamente impiegate nelle fasi produttive. Il modello si compone da agenti autoregolati che funzionano sia come elementi interi, autonomi, sia come parti dipendenti in subordinazione a livelli più alti e in coordinamento con il loro ambiente locale. Gli elementi possono essere di diversa natura così come i legami che servono per far cooperare i singoli. Ogni elemento ha un campo definito di intervento all'interno del processo e svolge una specifica attività ben definita. La forza del sistema HMS è quella di gestire il legame tra gli oloni che comunicano tra loro solo in caso di necessità di informazioni ma non dipendono completamente l'uno dall'altro, in pratica è un metodo di gestione né centralizzato né distribuito, ma che si riconfigura a seconda della necessità e del livello decisionale a cui va trattata la questione. Nel sistema di gestione del processo di produzione edile, il sistema olonico offre uno strumento utile per la gestione delle attività soprattutto nella fase esecutiva. Le lavorazioni vengono rappresentate dal soggetto che coordina la pianificazione come un olone ordine sulla base delle informazioni del Masterplan del progetto. Una volta configurato

l’olone ordine crea un impegno e si interfaccia con tutti gli oloni prodotto interessati. Questi ultimi agendo come un database rilasciano all’olone ordine le informazioni necessarie per svolgere virtualmente l’attività. In seguito l’olone ordine interroga gli oloni risorsa interessati, i quali sono gli elementi che rappresentano qualitativamente e quantitativamente le informazioni sulle risorse. Questi passaggi sono necessari per fornire un piano di lavoro che rappresenta lo scenario più plausibile possibile. Le olarchie acquistano significato attraverso la specificazione del loro scopo. Pertanto, nel contesto considerato, al di là delle accettazioni filosofiche del termine, l’olarchia è legata a un obiettivo e subisce un'evoluzione verso un quest’ultimo. L'approccio HMS mette insieme i vantaggi di strutture di controllo centralizzate, stratificate e gerarchiche (cioè una buona ottimizzazione della produzione) e di un sistema di controllo eterarchico basato su agenti (cioè sistemi di controllo della produzione collaborativi e riconfigurabili), perché garantiscono la risoluzione dei conflitti tra entità e mantengono la coerenza e l'obiettivo complessivo del sistema derivante dall'atteggiamento individuale e autonomo delle entità. Oltre ai vantaggi di cui sopra, HMS può fornire il controllo in tempo reale dei lavori di costruzione. Nell'ingegneria delle costruzioni, i piani iniziali spesso forniscono un buon riferimento di partenza per l'esecuzione, ma faticano in fase di esecuzione perché l'esecuzione dei lavori è inevitabilmente soggetta a incertezze e variazioni. L'approccio HMS soddisfa il requisito di base delle capacità di riprogettazione in caso di disturbi e variazioni in fase di esecuzione.

2.3 Il Lean nelle costruzioni

Il modello di lean manufacturing fa parte del mondo delle costruzioni sin dagli anni '90, il professor Lauri Koskela, ha individuato le principali cause di spreco in tutto il sistema durante la fase di progettazione. Dimostrando quanto siano inefficaci i modelli e gli strumenti finora utilizzati nella "Construction Management" dove si verificano slittamenti dei tempi di consegna, aumenti dei budget e della qualità predeterminata. Il professor Koskela ha segnalato la necessità di una nuova teoria della produzione nel settore edile nel 2000 e ha identificato il modello ideale per un nuovo sistema di gestione delle costruzioni nella produzione Toyota.

Il Lean Construction deriva quindi dall'applicazione dei principi Lean alle costruzioni, questo pensiero snello si basa su cinque punti cardine:

- ottimizzazione dell'intero sistema attraverso la collaborazione ed il sistematico apprendimento;
- miglioramento continuo e inseguimento della perfezione coinvolgendo ciascun attore nel sistema;
- focus sulla consegna del valore desiderato dalla proprietà, dal cliente e dall'utente finale;
- permettere al valore di fluire sistematicamente eliminando gli ostacoli alla sua creazione e quelle parti del processo che non lo generano;

- creazione di una produzione tirata dal cliente, tramite il sistema “pull”.

Una definizione che elabori l'ultimo principio è utile perché rappresenta un'importante differenza tra il nuovo approccio e il sistema tradizionale. Il precedente sistema produttivo, di tipo "push", era fissato entro un tempo predeterminato ed era quindi inevitabilmente destinato a non riflettere la domanda effettiva; In un sistema "pull", invece, vogliamo la massima flessibilità possibile per soddisfare ogni esigenza posta dal cliente nella produzione attuale e futura. Così strettamente legato a questa definizione è la produzione "just-in-time", cioè un sistema di gestione dei processi basato sul concetto di produrre solo quando serve, sul principio di eliminare tutto, è ridondante e non genera valore; quindi, quando sorge la domanda Quando è il cliente stesso che si pone a valle del processo, che “spinge” la produzione.

Nella letteratura, ci sono anche molti obiettivi di best practice che derivano dai principi sopra elencati e sono costantemente oggetto di ricerca e sviluppo. Ad esempio, quelle proposte da C.T. Caino e altri nel 2004:

- le costruzioni dovranno consegnare la massima funzionalità, con il soddisfacimento degli utenti finali;
- gli utenti finali dovranno ottenere il pieno soddisfacimento delle loro esigenze;
- l’inefficienza e lo spreco nell’uso degli operari e dei materiali dovrà essere eliminata;
- i costruttori e i fornitori dovranno essere coinvolti nella progettazione sin dall’inizio

per raggiungere l’integrazione e la costruibilità;

- la progettazione e la costruzione dovranno essere collegate in ogni singolo punto per la più effettiva coordinazione rendendo evidenti le rispettive responsabilità dei singoli attori;
- le realizzazioni, gli stati d’avanzamento ed i miglioramenti dovranno essere verificati da specifiche misure coordinate e continue.

Il Last Planner System è lo strumento principale della nuova metodologia basato sui principi del Lean Construction. L'obiettivo è aumentare l'affidabilità della pianificazione migliorando al contempo le prestazioni. Il primo risultato si ottiene agendo a diversi livelli del sistema di pianificazione, infatti il "ciclo" del Last Planner è composto da: un piano che copre l'intero progetto, il Master Schedule; un piano più dettagliato, la Phase Scheduling, che arriva dalla collaborazione dei soggetti che partecipano al progetto; analisi dei vincoli che esistono nella pianificazione ipotizzata il Lookahead Planning; ed infine un piano settimanale, la Weekly Work Planner, che prevede anche il calcolo di alcuni indicatori di performance per controlla la percentuale di piano effettivamente completata.

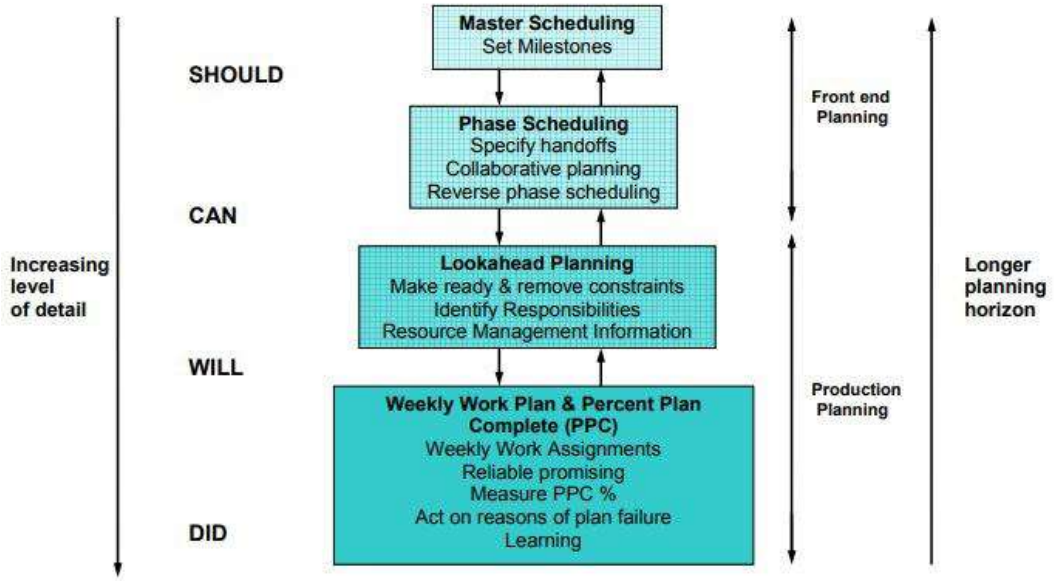


Figura 3: Schema rappresentativo del Last Planner System

Di seguito si riportano più in dettaglio le quattro pianificazioni appena illustrate:

- Master Schedule:

  rappresenta il livello delle “milestone”, per cui il progetto viene inserito all’interno di un calendario in cui le date sono dettate dai vincoli e dagli obiettivi di progetto e la durata totale viene definita attraverso il classico metodo del percorso critico (CPM); la sincronizzazione tra le diverse fasi è quindi rappresentata con un basso livello di dettaglio.

  Piano principale, suddivisi per funzione, area o prodotto, copre l’intera durata del progetto e attività a livello grossolano.

- Phase Scheduling:

  Si necessita specificare i limiti tra gli specialisti coinvolti in ogni fase di lavoro, il programma è suddiviso in fasi, applicazione di tecniche e pianificazione dei team. L'obiettivo di questa pianificazione è quello di produrre un piano per completare una singola fase del lavoro che massimizza il valore generato e che venga compreso e supportato da tutti i soggetti coinvolti nel progetto; a tale scopo di utilizza una tecnica "pull" ovvero si procede a ritroso a partire da una certa data di completamento dell'obiettivo; in questo modo si riduce anche il rischio di una sovrapproduzione (uno dei setti sprechi della Lean Production). È possibile quindi riassumere il processo di definizione del Phase

  Scheduling nei seguenti passi:

  1. definizione del lavoro da portare a termine all'interno della singola fase;

  2. determinazione della durata del lavoro, ovvero del tempo totale necessario al completamento;

  3. elenco delle attività necessarie a completare il lavoro, sempre con una tecnica "pull";

  4. applicazione a ciascuna attività della durata prevista;

5. determinazione della data d'inizio più vicina;

6. determinazione delle attività che hanno bisogno di un tempo di lavoro maggiore, ovvero delle attività più "fragili";

7. estensione del tempo previsto alla singola attività affinché la squadra lavoro sia in grado di assicurarne il completamento; viceversa se risulta esserci del tempo in esubero a disposizione, allora accelerare il programma dei lavori e usarlo per aumentare la probabilità di completamento in tempo;

8. incremento, con il tempo non utilizzato, del tempo totale dell'intera fase.

- Lookahead Planning:

corrisponde ad una lista delle attività necessarie affinché si sia operativi nel momento di iniziare il lavoro delle prossime settimane; include:
la definizione delle responsabilità, vengono cioè affidati i singoli compiti alle squadre; una specificazione ed un aggiustamento del budget e della programmazione, incorporando anche le risorse; e infine vengono quindi individuate quelle attività che potrebbero ritrovarsi in carenza tale da comprometterne l'esecuzione. In altre parole valuta il "potrebbe" contro il "può" basandosi sull'attuale disponibilità delle risorse ed il completamento dei prerequisiti.
Il Lookehead Planning concretamente misura il flusso lavoro (work flow) delle 5-6 settimane nel prossimo futuro (questa unità di grandezza dipenderà poi nello

specifico dalla natura del lavoro stesso e anche dal grado di responsabilità dei fornitori e quindi dai relativi tempi di consegna). È compito del pianificatore definire quali attività possono entrare a far parte del Lookahead Planning; ad esempio alcune attività hanno dei tempi di setup o caricamento molto lunghi e se questi tempi superano la durata del piano allora non si avrà la certezza che tali attività saranno pronte alla data di inizio della pianificazione.

Per questo motivo le attività ammesse al Lookahead Planning devono prima essere sottoposte alle seguenti fasi di verifica:

I. explosion: è necessario dettagliare le attività dalla Master Schedule definendo i relativi vincoli per verificare che esse siano pronte alla data di inizio stabilita;
II. screening: basandosi sui vincoli e sulla possibilità di rimuoverli, si determina lo stato dei singoli compiti e si sceglie se avvantaggiarli o ritardarli all'interno dello Master Schedule; in questa fase viene fatta una vera e propria analisi dei vincoli (Constraints Analysis Form), ovvero direttive, pre-requisiti (come ad esempio il completamento di un lavoro propedeutico) e risorse (ad esempio la disponibilità di una determinata attrezzatura);
III. make ready: vengono effettuate tutte le azioni possibili al fine di rimuovere i vincoli presenti; all'interno di questa fase è possibile distinguere tre passaggi fondamentali, ovvero: accertarsi che il tempo di consegna sia inferiore alla finestra temporale del Lookahead; "pulling" cioè completare la preparazione del processo; ed infine accelerare, ove necessario, i tempi di consegna, ottenendo l'attenzione del fornitore

per rimuovere il vincolo in questione.

In definitiva il Lookahead Planning diventa effettivo quanto tutti i compiti o le assegnazioni presenti al suo interno incontrano 5 specifici criteri di qualità:

1) definition: un compito rispecchia il requisito di “definizione” quando è specificato a tal punto che il tipo e la quantità di informazioni o materiali può essere collocato facilmente, che il lavoro può essere coordinato con le altre attività ed è possibile affermare che il compito sarà completato entro la fine della settimana;

2) soundness: tutti i compiti sono “lavorabili” ovvero sono state fatte tutte le azioni preliminari di “make ready” per far sì che siano pronti all’avvio;

3) size: una volta a conoscenza delle risorse a disposizione, i compiti vengono dimensionati in base alla capacità produttiva di ciascun individuo o gruppo di lavoro in modo da poter essere completati entro il periodo pianificato;

4) sequence: i compiti vengono selezionati e disposti in ordine di priorità e lavorabilità;

5) learning: se comunque al fine dell’esecuzione, la pianificazione fatta non viene del tutto rispettata, vengono individuate le ragioni per cui certi compiti non sono stati portati a termine entro il periodo prestabilito e quindi vengono prese le relative decisioni in merito.

- Weekly Work Planning:

  si tratta della pianificazione che ha il massimo livello di dettaglio; per arrivare ad una tale definizione è necessario ripetere settimanalmente le seguenti operazioni, che consento appunto di passare dal Lookahead al Weekly Planning:

  1. aggiornare le informazioni sia sullo stato dei lavori che sulle previsioni future;

  2. non inserire alcun compito nel piano settimanale che non sia pronto o che non può essere completato nella prima settimana;

  3. esaminare i piani delle rimanenti settimane del Lookahead Planning (tranne l'ultima), quindi tutti i compiti futuri, assicurandosi che possano essere resi disponibili quando programmati e che quindi rispondano ai criteri di qualità sopra elencati;

  4. identificare le attività "pronte";

  5. tradurre le attività selezionate in una serie di compiti;

  6. quantificare il contenuto di lavoro nella settimana (ad esempio in ore-lavoro).

  Una volta terminata l'esecuzione di tutte le attività previste nel piano settimanale, vengono calcolati i seguenti indici di performance:

- PPC: percentuale di piano completato, è dato dal rapporto tra il completamento allo

stato attuale e quello previsto;

- AMR: quantità dei compiti “pronti”, ovvero il numero dei compiti della prima e seconda settimana diviso il numero dei compiti della settimana due;
- AA: quantità dei compiti “anticipati”, data dal rapporto tra il numero dei compiti della prima e della seconda settimana diviso il numero dei compiti della settimana uno.

Il metodo LPS per progetti di dimensioni significativi riscontra miglioramenti sul workflow, concentrandosi sulla gestione delle task ma tralasciando i cambiamenti del flusso di lavoro, risultando efficace nella misurazione della qualità del pianificato ma non della pianificazione.

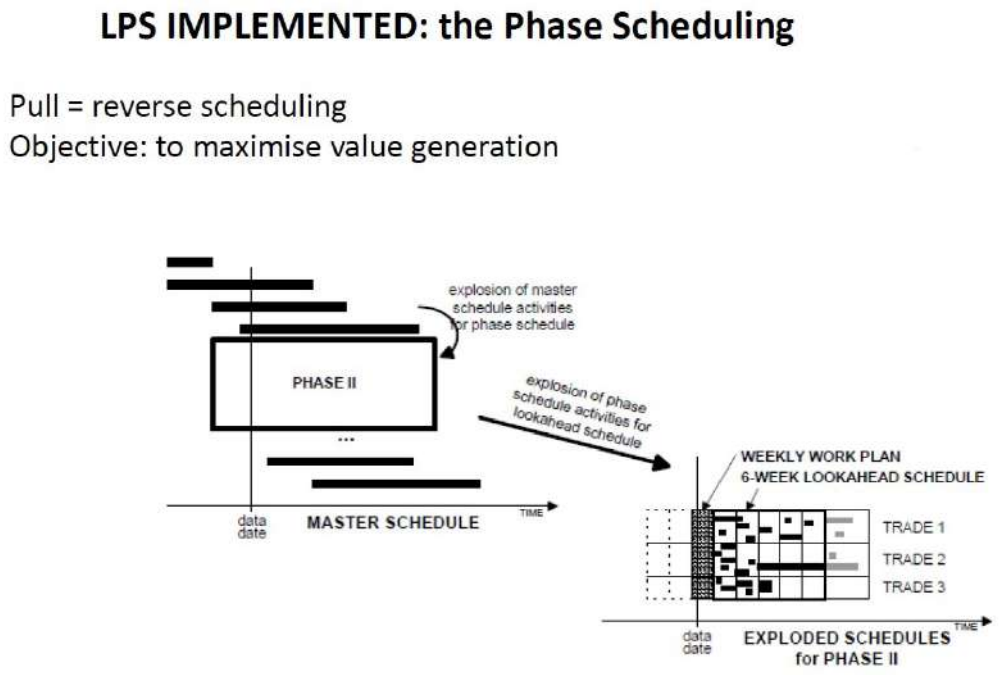


Figura 4: schema pianificazione LPS

Il Location Based Management (LBM) non è basato sulle attività, piuttosto sulla posizione, l'intero progetto è suddiviso in base alla posizione delle unità. Di conseguenza, il flusso delle squadre è rappresentato esplicitamente, viene visualizzata la produttività delle attività e l'obiettivo è quello di fornire alle squadre un flusso continuo di lavoro ed evitare spreco di risorse.

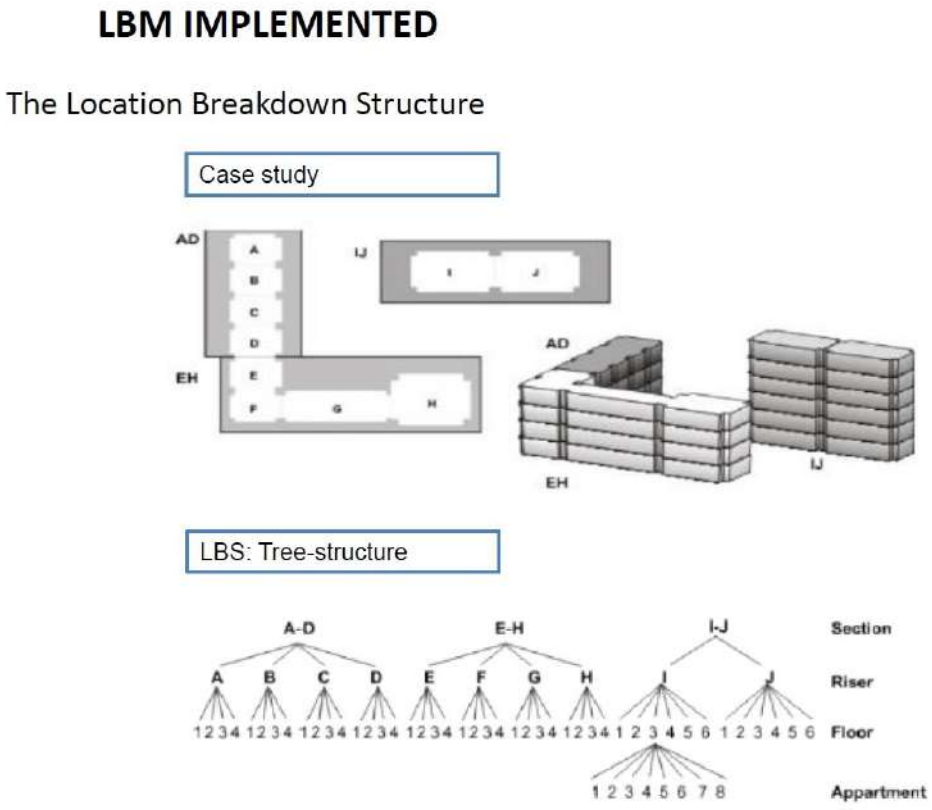


Figura 5: schema pianificazione LBM

Il Last Planner System, in particolar modo nella fase di pianificazione è strettamente legato ai vincoli imposti sulle task, lo stato dei vincoli a sua volta è strettamente

dipendente dai flussi delle risorse e dunque dalla loro gestione. Presentando due grandi limitazioni ovvero; i vincoli spesso che vengono identificati sono quelli esterni al sistema di costruzione, ad esempio l'arrivo dei materiali in cantiere. Il secondo limite è quello che non modella esplicitamente i flussi tra le attività, dunque risulta difficile definire quale sarà l'impatto della variazione di un flusso su altre attività che dipendono dal flusso stesso.

In conclusione, è chiaro che il metodo descritto è limitato dalla poca gestione dello spazio, nessuna indicazione della sua gestione è stata considerata, né studiata. Si è ancora vincolati al pensiero ‘’activity based‘’ che limita fortemente il processo, in seguito verranno espressi concetti che definiscono come il pensiero ‘’precess based‘’ non si basa solo sull'esperienza da Manager che definisce la sequenza delle attività.

2.4 Sistemi di pianificazione e visualizzazione di sistemi 4D

2.4.1 Introduzione dei temi affrontati

Il lavoro che viene mostrato in seguito è stato effettuato durante il tirocinio ed ha consistito nel rappresentare, organizzare e gestire l'avanzamento dei lavori di un opera edile di civile abitazione, utilizzando in particolare il software Powerproject.

Si andranno a definire in ambiente pratico temi trattati nei capitoli precedenti, come Planned percent complete (PPC) citato nel capitolo che fa riferimento al Lean Construction, ma non solo. Partendo dalle informazioni principali come la WBS di

progetto ovvero la struttura gerarchica delle attività da svolgere al fine di completare l'avanzamento dei lavori e il piano economico finanziario, queste informazioni sono state estrapolate dall'esercitazione svolta durante l'esame del corso dal titolo: Project and Construction Management.

I modelli 4D che uniscono al modello 3D la variabile temporale agevolano la gestione dei workspace, perché forniscono una rappresentazione esplicita delle relazioni spaziali permettendo di individuare i conflitti anche in maniera automatica, come sarà descritto nei capitoli che seguono, rispettano la natura dinamica degli spazi di lavoro in termini di posizione e forma geometrica, nell'esempio che sarà riportato il modello 3D viene affiancato alla baseline di riferimento permettendone l'avanzamento e la costruzione dell'edificio con reale coerenza, consentendo di dedurne l'associazione fra le attività e gli spazi di lavoro.

2.4.2 Obiettivi e dati di partenza

- Pianificazione e valutazione dell'avanzamento dei lavori mediante l'utilizzo del programma Powerproject ed evidenziarne i vantaggi;
- Programmazione e gestione dei collaudi e controlli della qualità;
- Applicazione dei due diversi metodi per la contabilità dei lavori e verifica degli output generati.

Il primo passo è stato quello di ricavare informazioni dalla modellazione rappresentata sul programma di lavoro Revit estrapolandone tutti i componenti

dell’opera, analizzarli e classificarli per poterne stimare il costo dopo un’accurata ricerca anche mediante il prezzario regionale. L’opera in esame è composta da struttura portante in cemento armato, progettata per realizzazione di edilizia residenziale pubblica, si è attinto dalla progettazione completa di architettura, struttura e tecnologia edilizia del progetto Golden Nugget opportunamente revisionata con qualche accorgimento per renderla compatibile all’esercitazione. composta dai seguenti livelli:

Livello S di mq 430

Livello 0 di mq 96

Livello 1 di mq 96

Livello 2 di mq 96

Livello 3 di mq 96

Livello 4 di mq 96

Livello 5 di mq 65

Alcuni documenti che sono stati prodotti dall’esercitazione avvenuta durante il corso ‘’Project and Construction Management‘’ sono:

Il Project Charter, ovvero il documento che autorizza formalmente il progetto, che nella gestione di un progetto è dichiarazione dell'ambito, degli obiettivi e dei partecipanti di un progetto, fornisce una delineazione preliminare di ruoli e responsabilità, delinea gli obiettivi chiave del progetto, identifica le principali parti interessate e definisce l'autorità del project manager.

Il Piano Economico Finanziario Preliminare e il Piano Economico Finanziario Definitivo, dai quali si desume il costo totale della struttura, ottenuto dall'associazione dei costi sui componenti, parte di questi documenti sono mostrati nel seguito della relazione.

La rappresentazione su Microsoft Office Project, dalla quale è stata estrapolata la ''WBS'' Work Breakdown Structure, ovvero la Struttura Funzionale di Progetto che riassume le informazioni sul progetto, descrive il lavoro in modo che il team sappia esattamente quale lavoro è necessario per raggiungere gli obiettivi del progetto.

Utilizzato per scomporre la portata del progetto, identificare e vedere visivamente il lavoro necessario per completare il progetto, in seguito accorpata da informazioni per evitare l'omissione/duplicazione dei compiti, base per la pianificazione, programmazione, monitoraggio e controllo, base per la stima dei costi, base per la ripartizione delle responsabilità e delle risorse, al fine di verificare più accuratamente il completamento del progetto. La WBS fornisce i deliverables che sono stati delegati a squadre di lavoro, che saranno responsabili del prodotto di lavoro.

La WBS è stata decomposta fino a quando non si è stati in grado di poter gestire e controllare efficacemente il progetto, nel seguito della relazione verrà mostrata nel dettaglio. Documentazioni che hanno permesso l'inserimento di informazioni, con uno zoom dettato dalla fonte, sul software Powerproject.

Di seguito i prospetti e la pianta del modello digitale su Revit dell'opera in esame.

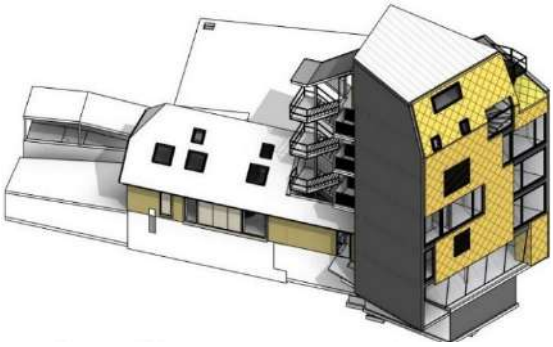


Figura 6: Prospetto Nord-Est nel 4D

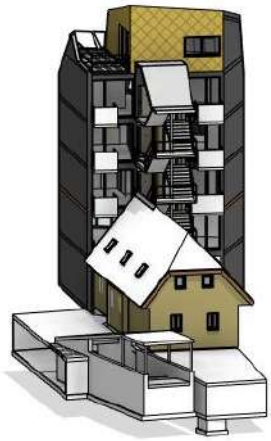


Figura 7: Prospetto Sud nel 4D

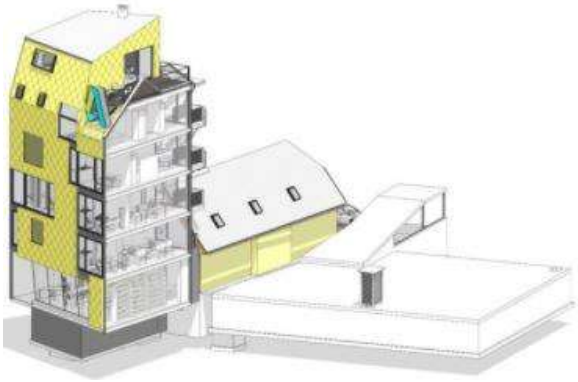


Figura 8: Prospetto Sud-Ovest nel 4D

Figura 9: Prospetto Nord nel 4D

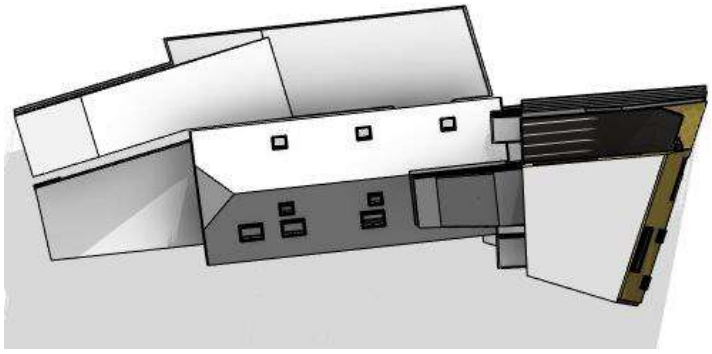
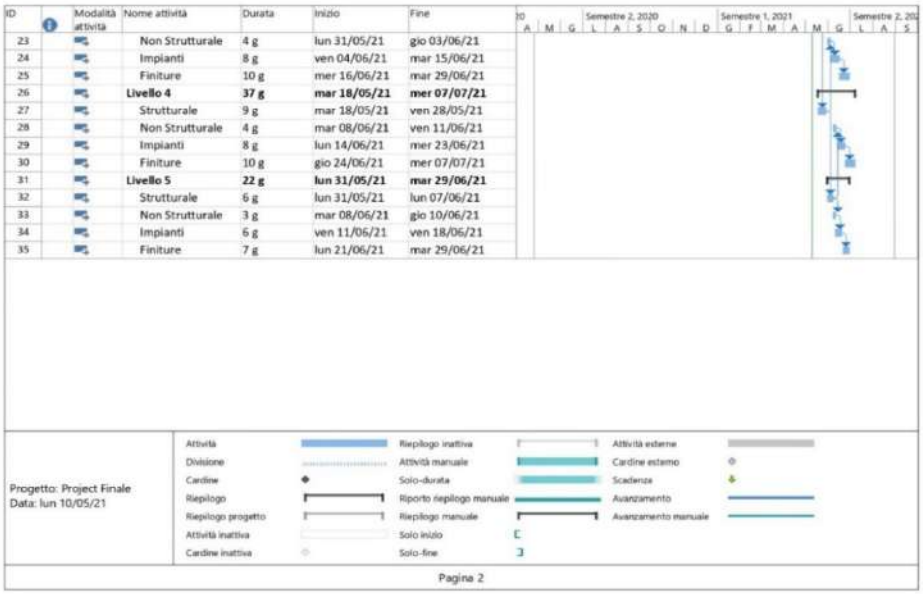


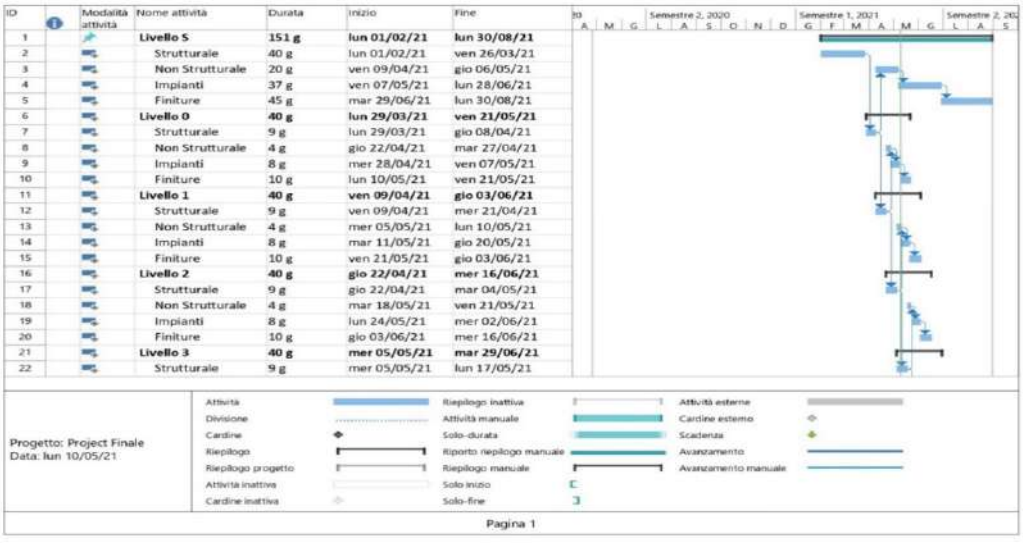
Figura 10: Prospettiva vista dall'alto nel 4D

2.4.3 Diagramma Microsoft Project e Piano Economico Finanziario



ID	Modalità attività	Nome attività	Durata	Inizio	Fine
23		Non Strutturale	4 g	lun 31/05/21	gio 03/06/21
24		Impianti	8 g	ven 04/06/21	mar 15/06/21
25		Finiture	10 g	mer 16/06/21	mar 29/06/21
26		**Livello 4**	**37 g**	**mar 18/05/21**	**mer 07/07/21**
27		Strutturale	9 g	mar 18/05/21	ven 28/05/21
28		Non Strutturale	4 g	mar 08/06/21	ven 11/06/21
29		Impianti	8 g	lun 14/06/21	mer 23/06/21
30		Finiture	10 g	gio 24/06/21	mer 07/07/21
31		**Livello 5**	**22 g**	**lun 31/05/21**	**mar 29/06/21**
32		Strutturale	6 g	lun 31/05/21	lun 07/06/21
33		Non Strutturale	3 g	mar 08/06/21	gio 10/06/21
34		Impianti	6 g	ven 11/06/21	ven 18/06/21
35		Finiture	7 g	lun 21/06/21	mar 29/06/21

Figura 11: Diagramma Microsoft Project 1



ID	Modalità attività	Nome attività	Durata	Inizio	Fine
1		**Livello 5**	**151 g**	**lun 01/02/21**	**lun 30/08/21**
2		Strutturale	40 g	lun 01/02/21	ven 26/03/21
3		Non Strutturale	20 g	ven 09/04/21	gio 06/05/21
4		Impianti	37 g	ven 07/05/21	lun 28/06/21
5		Finiture	45 g	mar 29/06/21	lun 30/08/21
6		**Livello 0**	**40 g**	**lun 29/03/21**	**ven 21/05/21**
7		Strutturale	9 g	lun 29/03/21	gio 08/04/21
8		Non Strutturale	4 g	gio 22/04/21	mar 27/04/21
9		Impianti	8 g	mer 28/04/21	ven 07/05/21
10		Finiture	10 g	lun 10/05/21	ven 21/05/21
11		**Livello 1**	**40 g**	**ven 09/04/21**	**gio 03/06/21**
12		Strutturale	9 g	ven 09/04/21	mer 21/04/21
13		Non Strutturale	4 g	mer 05/05/21	lun 10/05/21
14		Impianti	8 g	mar 11/05/21	gio 20/05/21
15		Finiture	10 g	ven 21/05/21	gio 03/06/21
16		**Livello 2**	**40 g**	**gio 22/04/21**	**mer 16/06/21**
17		Strutturale	9 g	gio 22/04/21	mar 04/05/21
18		Non Strutturale	4 g	mar 18/05/21	ven 21/05/21
19		Impianti	8 g	lun 24/05/21	mer 02/06/21
20		Finiture	10 g	gio 03/06/21	mer 16/06/21
21		**Livello 3**	**40 g**	**mer 05/05/21**	**mar 29/06/21**
22		Strutturale	9 g	mer 05/05/21	lun 17/05/21

Figura 12: Diagramma Microsoft Project 2

Il valore complessivo dell'opera è previsto per 1.116.767,59 euro.

Il dettaglio delle voci di costo è di seguito riportato:

- Abaco degli infissi comprensivo di porte, finestre e vetri
- Tamponature
- Elementi divisori
- Elementi strutturali comprensivi di fondazioni, solai, pilastri, scale, coperture e travi
- Riepilogo complessivo contenente anche la voce relativa agli impianti

	Abaco degli infissi				
	PORTE	Numero	Codice	Prezzo	Costo Totale
Livello S	Porta d'ingresso	3	09.01.009	473,11 €	1.419,33 €
	Porte interne	5		400,00 €	2.000,00 €
	Porte balcone	-		1.000,00 €	-
Livello 0	Porta d'ingresso	2	09.01.009	473,11 €	946,22 €
	Porte interne	4		400,00 €	1.600,00 €
	Porte balcone	2		1.000,00 €	2.000,00 €
Livello 1	Porta d'ingresso	2	09.01.009	473,11 €	946,22 €
	Porte interne	4		400,00 €	1.600,00 €
	Porte balcone	2		1.000,00 €	2.000,00 €
Livello 2	Porta d'ingresso	2	09.01.009	473,11 €	946,22 €
	Porte interne	4		400,00 €	1.600,00 €
	Porte balcone	2		1.000,00 €	2.000,00 €
Livello 3	Porta d'ingresso	2	09.01.009	473,11 €	946,22 €
	Porte interne	4		400,00 €	1.600,00 €
	Porte balcone	2		1.000,00 €	2.000,00 €
Livello 4	Porta d'ingresso	2	09.01.009	473,11 €	946,22 €
	Porte interne	4		400,00 €	1.600,00 €
	Porte balcone	2		1.000,00 €	2.000,00 €
Livello 5	Porta d'ingresso	1	09.01.009	473,11 €	473,11 €
	Porte interne	2		400,00 €	800,00 €
	Porte balcone	1		1.000,00 €	1.000,00 €
		TOTALE PORTE:			28.423,54 €

Figura 13: Piano economico finanziario figura 1

		Numero	Codice	Prezzo	Costo Totale
	FINESTRE				
Livello S	120x150	6	09.03.001	242,74 €	1.456,44 €
	120x150	2	09.03.001	242,74 €	485,48 €
Livello 0	120x150	2	09.03.001	242,74 €	485,48 €
Livello 1	120x150	2	09.03.001	242,74 €	485,48 €
Livello 2	120x150	2	09.03.001	242,74 €	485,48 €
Livello 3	120x150	2	09.03.001	242,74 €	485,48 €
Livello 4	120x150	2	09.03.001	242,74 €	485,48 €
Livello 5	120x150	2	09.03.001	242,74 €	485,48 €
			Totale:		4.854,80 €

VETRI	Base	Altezza	Superficie	Codice	Prezzo	Costo totale
Livello S	1,20	1,50	1,80		20,46 €	294,62 €
Livello 0	1,20	1,50	1,80		20,46 €	73,66 €
Livello 1	1,20	1,50	1,80		20,46 €	73,66 €
Livello 2	1,20	1,50	1,80		20,46 €	73,66 €
Livello 3	1,20	1,50	1,80		20,46 €	73,66 €
Livello 4	1,20	1,50	1,80		20,46 €	73,66 €
Livello 5	1,20	1,50	1,80		20,46 €	73,66 €
				Totale		736,56 €
				TOTALE FINESTRE:		5.591,36 €

Figura 14: Piano economico finanziario figura 2

TAMPONATURE		Altezza	Lunghezza	Superficie	MQ TOT	Prezzo	Costo Totale
Livello S	Nord	3	24,86	74,58	245,85	50,00 €	3.729,00 €
	Sud	3	28,54	85,62		50,00 €	4.281,00 €
	Ovest	3	21,56	64,68		50,00 €	3.234,00 €
	Est	3	6,99	20,97		50,00 €	1.048,50 €
Livello 0	Nord	3	6,45	27,33	123,51	50,00 €	1.366,50 €
	Sud	3	10,49	31,47		50,00 €	1.573,50 €
	Ovest	3	12,46	37,38		50,00 €	1.869,00 €
	Est	3	9,11	27,33		50,00 €	1.366,50 €
Livello 1	Nord	3	6,45	19,35	115,53	50,00 €	967,50 €
	Sud	3	10,49	31,47		50,00 €	1.573,50 €
	Ovest	3	12,46	37,38		50,00 €	1.869,00 €
	Est	3	9,11	27,33		50,00 €	1.366,50 €
Livello 2	Nord	3	6,45	19,35	115,53	50,00 €	967,50 €
	Sud	3	10,49	31,47		50,00 €	1.573,50 €
	Ovest	3	12,46	37,38		50,00 €	1.869,00 €
	Est	3	9,11	27,33		50,00 €	1.366,50 €
Livello 3	Nord	3	6,45	19,35	115,53	50,00 €	967,50 €
	Sud	3	10,49	31,47		50,00 €	1.573,50 €
	Ovest	3	12,46	37,38		50,00 €	1.869,00 €
	Est	3	9,11	27,33		50,00 €	1.366,50 €
Livello 4	Nord	3	6,45	19,35	115,53	50,00 €	967,50 €
	Sud	3	10,49	31,47		50,00 €	1.573,50 €
	Ovest	3	12,46	37,38		50,00 €	1.869,00 €
	Est	3	9,11	27,33		50,00 €	1.366,50 €
Livello 5	Nord	3	5,83	17,49	89,37	50,00 €	874,50 €
	Sud	3	8,71	26,13		50,00 €	1.306,50 €
	Ovest	3	9,06	27,18		50,00 €	1.359,00 €
	Est	3	6,19	18,57		50,00 €	928,50 €
		COSTO TAMPONATURA					46.042,50 €

Figura 15: Piano economico finanziario figura 3

DIVISORI	Altezza	Lunghezza	Superficie	Codice	Prezzo	Costo Totale
Livello S	2,60	28,80	74,88	03.02.024	32,20 €	2.411,14 €
Livello 0	2,60	29,17	75,842	03.02.024	32,20 €	2.442,11 €
Livello 1	2,60	29,17	75,842	03.02.024	32,20 €	2.442,11 €
Livello 2	2,60	29,17	75,842	03.02.024	32,20 €	2.442,11 €
Livello 3	2,60	29,17	75,842	03.02.024	32,20 €	2.442,11 €
Livello 4	2,60	29,17	75,842	03.02.024	32,20 €	2.442,11 €
Livello 5	2,60	29,17	75,842	03.02.024	32,20 €	2.442,11 €
			TOTALE DIVISORI:			14.621,70 €

Figura 16: Piano economico finanziario figura 4

COSTO ELEMENTI STRUTTURALI			
TIPOLOGIE	FORNITURA	POSA	F+P
FONDAZIONI (Tipo. sezione obbligata) n.2 (tot. 300 mc)	167.982,00 €	172.311,00 €	340.293,00 €
SOLAI Laterocemento n.6 (96 mq) n.1 (430 mq)	41.661,32 €	9.017,47 €	50.678,79 €
PILASTRI (0,45*0,45) App. n.32 (H=4,50m) Garage n.6 (H=4,50m) Scale n. 20 (H=4,50m)	44.083,98 €	60.459,60 €	104.543,58 €
SCALE in c.a.	4.771,05 €	1.269,40 €	6.040,45 €
COPERTURE (realizzato con legno di abete rosso lamellare) n.1 (100mq) n.1 (450mq)	297.238,80 €	4.471,08 €	301.709,88 €
TRAVI (h,l: variabili, presenti in allegato)	34.506,33 €	43.448,74 €	77.955,07 €
SOMME	590.243,48 €	290.977,29 €	881.220,77 €

Figura 17: Piano economico finanziario figura 5

Infissi, tamponature e divisori	94.679,10 €
Impianti	140.867,72 €
Strutturale	881.220,77 €
Costo Totale	1.116.767,59 €

Figura 18: Piano economico finanziario figura 6

2.4.4 Powerproject

Powerproject è un software che semplifica la pianificazione. Con la pianificazione intuitiva, l'integrazione BIM 4D, funzionalità di gestione delle risorse, viene utilizzato su progetti di tutte le dimensioni, consentendo migliori risultati del progetto, mentre Microsoft Office Project è un programma gestionale generale, Powerproject è pensato per le costruzioni, che lascia all'utente il livello di granularità legato alle risorse e non solo, dalle fasi iniziali come quelle di progettazione fino alla pianificazione e gestione del collaudo finale.

Le prime fasi di approccio al software per la creazione di un nuovo progetto sono state definite dalla selezione del modello scelto nella schermata primaria, ovvero selezionando sul lato sinistro della schermata la sezione New il software per prima cosa propone modelli differenti, come è possibile vedere in figura:

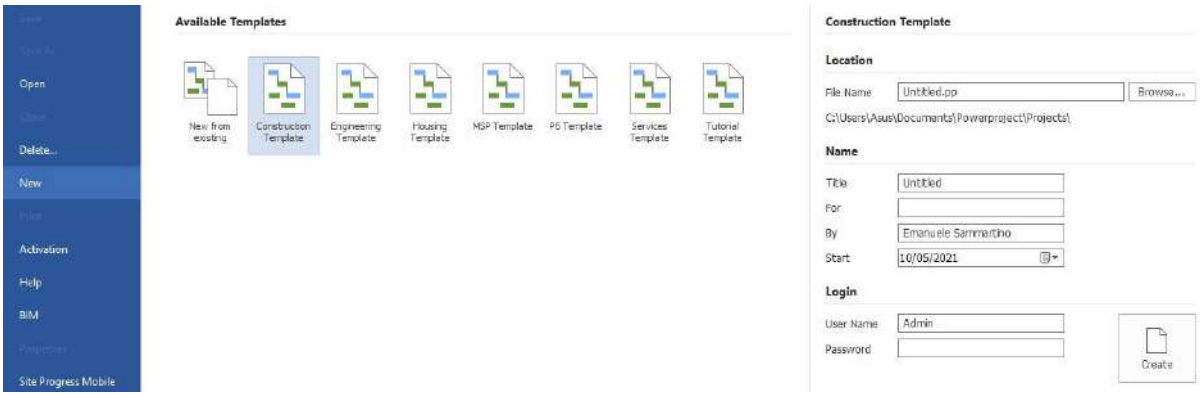


Figura 19: Schermata primaria software powerproject

Il modello di costruzione idoneo per il caso in esame è il ‘’Contruction Template‘’ sono presenti anche altri modelli che si adattano a scopi diversi.

Una volta scelto il modello e il nome da assegnare al progetto, è stato possibile fin da subito aggiungere altre caratteristiche, che saranno visibili nell’anteprima di stampa.

Il programma consente di navigare nelle varie aree di lavoro con la possibilità di modificare e/o aggiungere colonne a discrezione dell’utente, nell’immagine che segue viene definita la prima schermata preposta dal software.

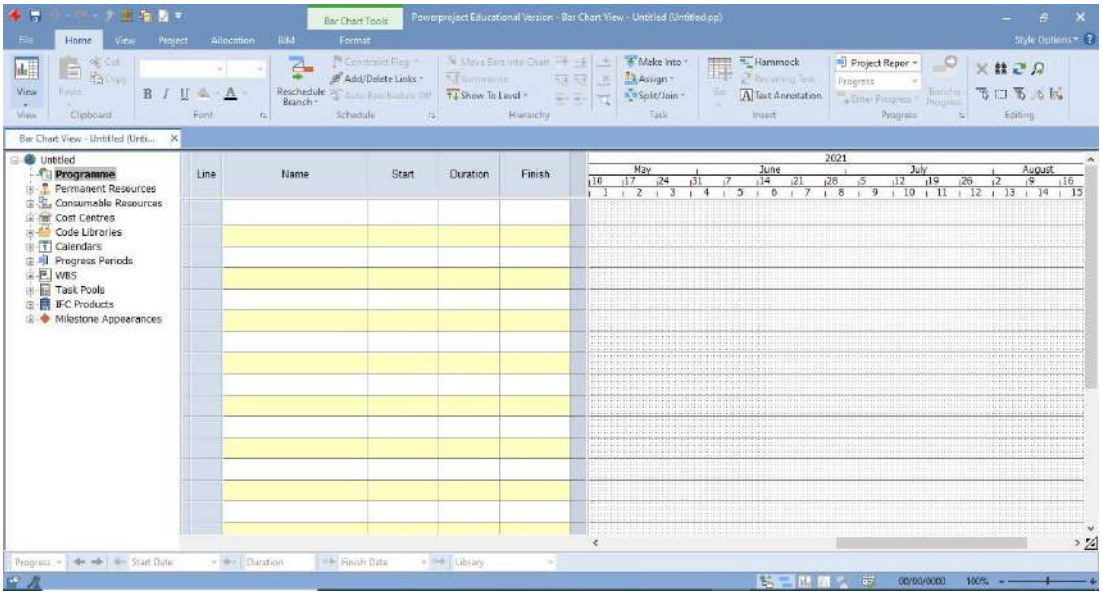


Figura 20: Sezione primaria powerproject

Nella sezione centrale è stata inserita la WBS di progetto, come descritto in precedenza è la struttura gerarchica che rappresenta la scomposizione del lavoro da svolgere per costruire appunto i deliverables di progetto, sono stati innestati vari

gruppi gerarchici uno dentro l'altro con le seguenti denominazioni:

LIVELLO S

LIVELLO 0

LIVELLO 1

LIVELLO 2

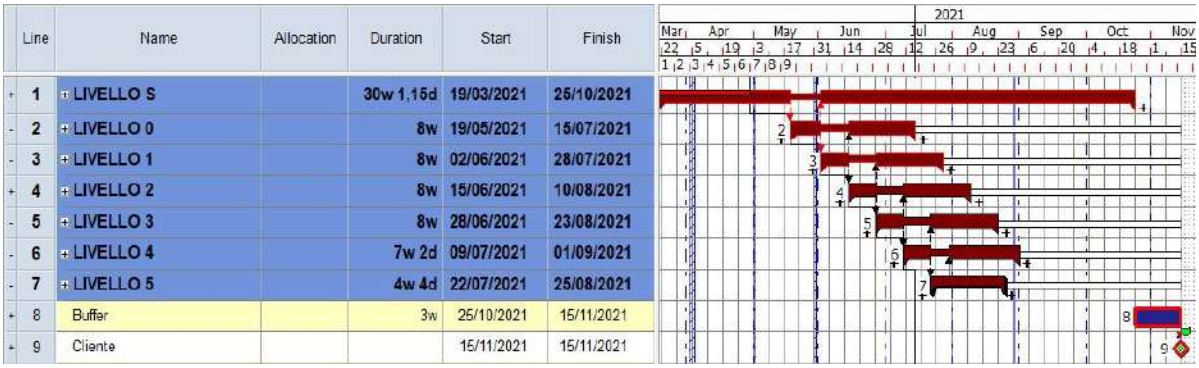
LIVELLO 3

LIVELLO 4

LIVELLO 5

Le durate associate alle lavorazioni hanno generato, nel lato destro della vista, la rappresentazione temporale della commessa, con la possibilità di ampliare la schermata così da visualizzare nel dettaglio le lavorazioni presenti nei mesi, nelle settimane o giorni relativi alla programmazione dei lavori.

In figura si mettono in evidenza i concetti di cui sopra.



Line	Name	Allocation	Duration	Start	Finish
1	LIVELLO S		30w 1,15d	19/03/2021	25/10/2021
2	LIVELLO 0		8w	19/05/2021	15/07/2021
3	LIVELLO 1		8w	02/06/2021	28/07/2021
4	LIVELLO 2		8w	15/06/2021	10/08/2021
5	LIVELLO 3		8w	28/06/2021	23/08/2021
6	LIVELLO 4		7w 2d	09/07/2021	01/09/2021
7	LIVELLO 5		4w 4d	22/07/2021	25/08/2021
8	Buffer		3w	25/10/2021	15/11/2021
9	Cliente			15/11/2021	15/11/2021

Figura 21: Rappresentazione temporale powerproject

2.4.5 Impostazione delle attività e inserimento milestone

Il programma di realizzazione dell'opera prevede il completamento della stessa in un tempo di 8 mesi. Le prime attività sono ipotizzate a partire dal giorno 19/03/2021 e saranno quelle relative al LIVELLO S che termineranno il 25/10/2021.

Il LIVELLO 0 avrà inizio il giorno 19/05/2021 con il susseguirsi, come da WBS, delle altre elevazioni previste da progetto.

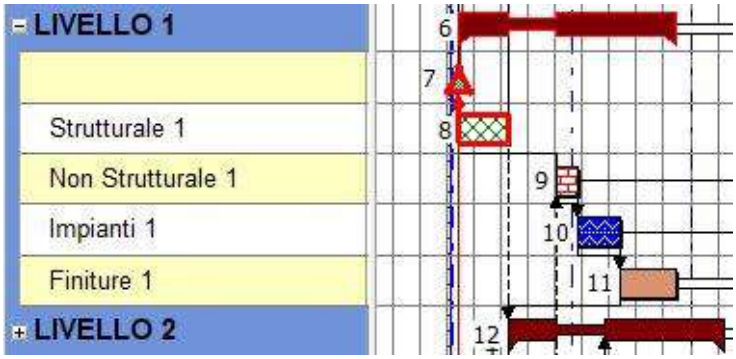


Figura 22: WBS Livello 0

Tutte le informazioni relative alle tempistiche dell'avanzamento dei lavori sono state ricavate dal documento ''Diagramma Microsoft Project'' mostrato in precedenza.

Quando si aggiunge una nuova attività a una programmazione, il suo inizio viene automaticamente programmato alla data di inizio del progetto.

I collegamenti delle attività (dipendenze, vincoli) mostrano la relazione temporale di un'attività rispetto a un'altra. Il vincolo delle attività consente di creare relazioni tra attività. La lunga catena di vincoli e attività determina la lunghezza totale e la fine di un progetto.

Nella programmazione in esame sono state create diverse tipologie di vincoli, come ad esempio il vincolo denominato di Fine-Inizio (FI)
L'attività dipendente (Impianti 1) non può iniziare fino a che l'attività da cui dipende (Non Strutturale) non è giunta al termine.

Queste operazioni sono state attuate direttamente con il cursore nell'area destra del foglio di lavoro.

Una volta vincolate le attività del progetto, viene impostato il percorso critico che permette di visualizzare nell'immediato le attività che determinano il tempo limite di progetto, è stato necessario, al seguito dell'impostazione della WBS, selezionare la sezione dedicata '' Reschedule Branche'' ogni volta effettuate delle modifiche alla programmazione, al fine di visualizzare con che criterio e impatto sul programma possono ritardare le attività di lavorazione.

Tutte le attività che non appartengono al percorso critico possono essere in una certa misura ritardate. (Total float, Free float)
Il percorso critico è stato evidenziato in rosso, come si evince dall'anteprima della programmazione allegata in seguito.

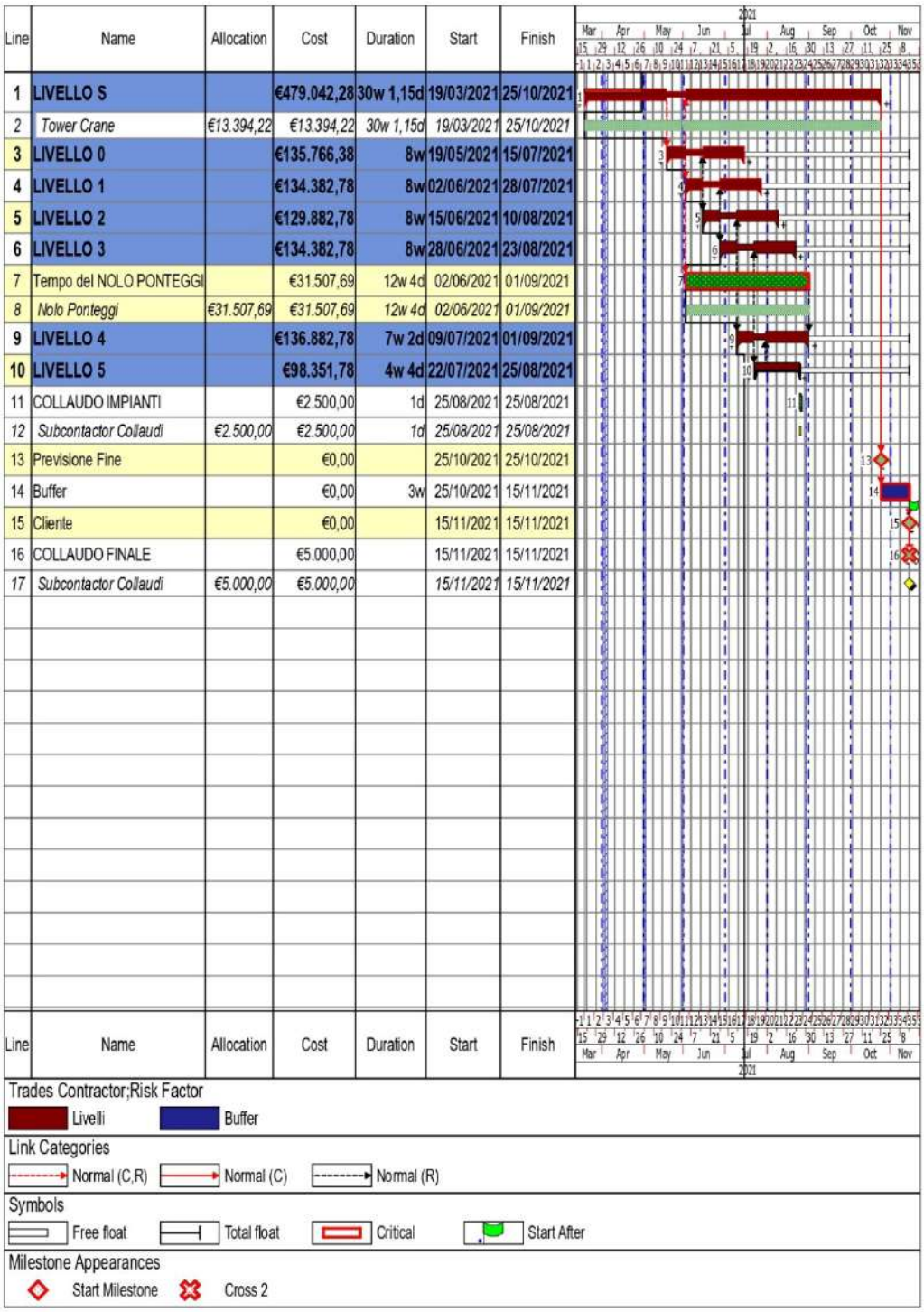
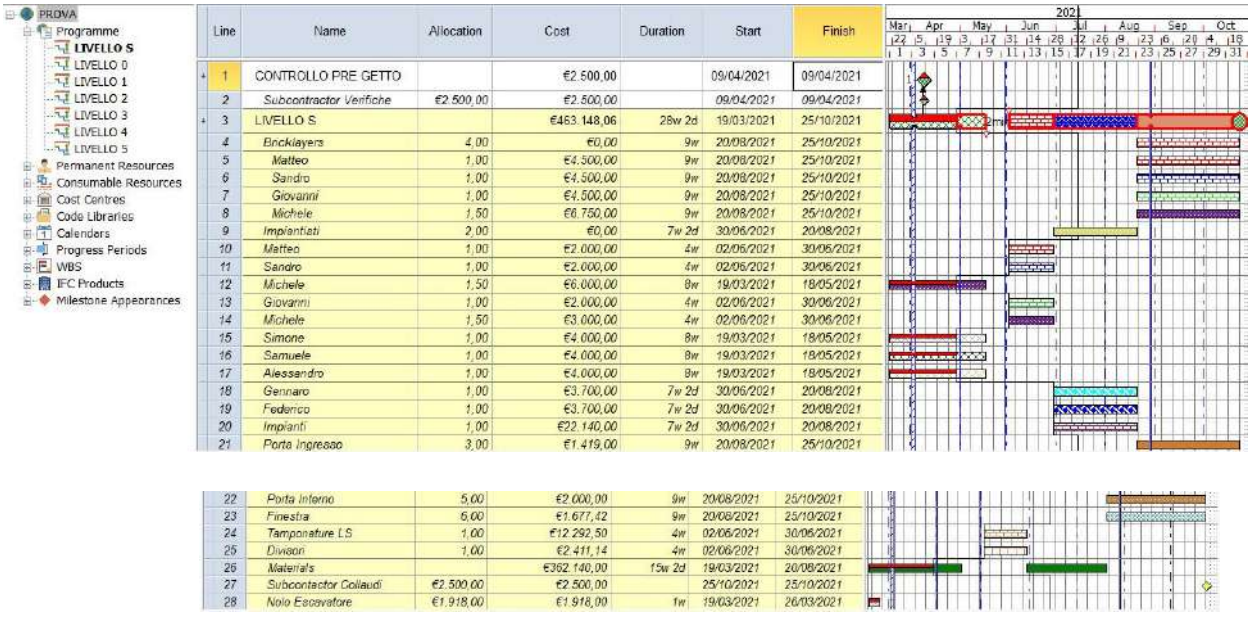


Figura 23: Esempio di Percorso Critico

Inoltre nel lato sinistro sono presenti delle sezioni dove sono state inserite alcune informazioni, ovvero: Programme, Permanent Resources, Consumable Resources, Cost Centres, Code Libraries, Calendars, Progress Periods, WBS, IFC Products e Milestone Appearances. Nella prima sezione denominata **'Programme'** saranno elencate tutte le macro attività presenti nella programmazione.

L'immagine seguente è la vista fornita dal software una volta selezionata la macro attività denominata LIVELLO S presente nella sezione **Programme**:



Line	Name	Allocation	Cost	Duration	Start	Finish
1	CONTROLLO PRE GETTO		€2.500,00		09/04/2021	09/04/2021
2	Subcontractor Verifiche	€2.500,00	€2.500,00		09/04/2021	09/04/2021
3	LIVELLO S		€463.148,06	28w 2d	19/03/2021	25/10/2021
4	Bricklayers	4,00	€0,00	9w	20/08/2021	25/10/2021
5	Matteo	1,00	€4.500,00	9w	20/08/2021	25/10/2021
6	Sandro	1,00	€4.500,00	9w	20/08/2021	25/10/2021
7	Giovanni	1,00	€4.500,00	9w	20/08/2021	25/10/2021
8	Michele	1,50	€6.750,00	9w	20/08/2021	25/10/2021
9	Impiantisti	2,00	€0,00	7w 2d	30/06/2021	20/08/2021
10	Matteo	1,00	€2.000,00	4w	02/06/2021	30/06/2021
11	Sandro	1,00	€2.000,00	4w	02/06/2021	30/06/2021
12	Michele	1,50	€6.000,00	8w	19/03/2021	18/05/2021
13	Giovanni	1,00	€2.000,00	4w	02/06/2021	30/06/2021
14	Michele	1,50	€3.000,00	4w	02/06/2021	30/06/2021
15	Simone	1,00	€4.000,00	8w	19/03/2021	18/05/2021
16	Samuele	1,00	€4.000,00	8w	19/03/2021	18/05/2021
17	Alessandro	1,00	€4.000,00	8w	19/03/2021	18/05/2021
18	Gennaro	1,00	€3.700,00	7w 2d	30/06/2021	20/08/2021
19	Federico	1,00	€3.700,00	7w 2d	30/06/2021	20/08/2021
20	Impianti	1,00	€22.140,00	7w 2d	30/06/2021	20/08/2021
21	Porta Ingresso	3,00	€1.419,00	9w	20/08/2021	25/10/2021
22	Porta Interno	5,00	€2.000,00	9w	20/08/2021	25/10/2021
23	Finestra	6,00	€1.677,42	9w	20/08/2021	25/10/2021
24	Tamponature LS	1,00	€12.292,50	4w	02/06/2021	30/06/2021
25	Divisori	1,00	€2.411,14	4w	02/06/2021	30/06/2021
26	Materials		€362.140,00	15w 2d	19/03/2021	20/08/2021
27	Subcontactor Collaudi	€2.500,00	€2.500,00		25/10/2021	25/10/2021
28	Nolo Escavatore	€1.918,00	€1.918,00	1w	19/03/2021	26/03/2021

Figura 24: Sezione Programme Powerproject

Permanent Resources è la sezione atta ad inserire informazioni relative alle risorse impiegate nella programmazione, come quelle di Design Resources, Services Engineers e Site Resource.

Consumable Resources è la sezione dedicata all'inserimento di informazioni

relative alle risorse consumabili, come i materiali che saranno utilizzati nelle diverse attività, nella programmazione in esame sono state configurate le risorse presenti nell'elenco in figura. In tale sezione è stato possibile visualizzare il consumo di queste risorse, in funzione dell'unità di misura impostata.

Figura 25: Consumable Resources

Cost Centres in questa sezione è possibile inserire informazioni relative ai costi, sono state configurate alcune diciture, come: 'Nolo Escavatore' che rappresenta il costo del noleggio del macchinario utilizzato per tutte le operazioni che richiedono un movimento di terra, al quale è stato impostato il relativo costo.

Figura 26: Cost Centres

Code Libraries permette di associare layer alle attività della programmazione così da catalogare anche graficamente e intuirne nell'immediato la natura, i vari layer quindi saranno presenti, se desiderati, nella legenda in anteprima di stampa.

Figura 27: Code Libraries

Di seguito la vista del LIVELLO 5 con i relativi layer che sono stati impostati:

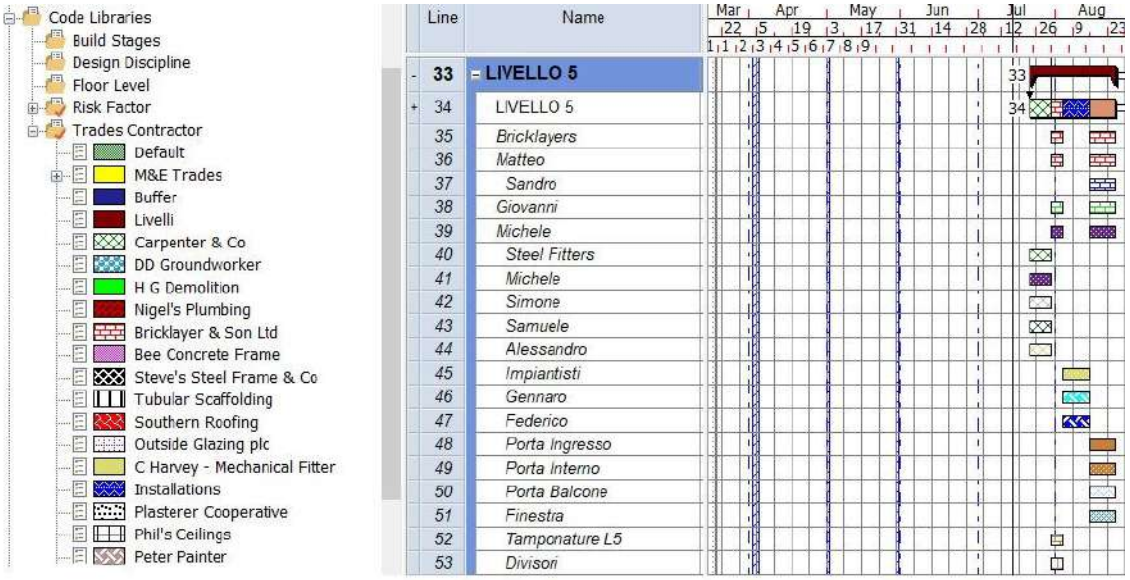


Figura 28: Powerproject vista del LIVELLO 5

Calendars è la sezione dedicata al calendario di lavoro, nell'esercitazione in esame è stato selezionato un calendario che permette la pianificazione delle attività per 5

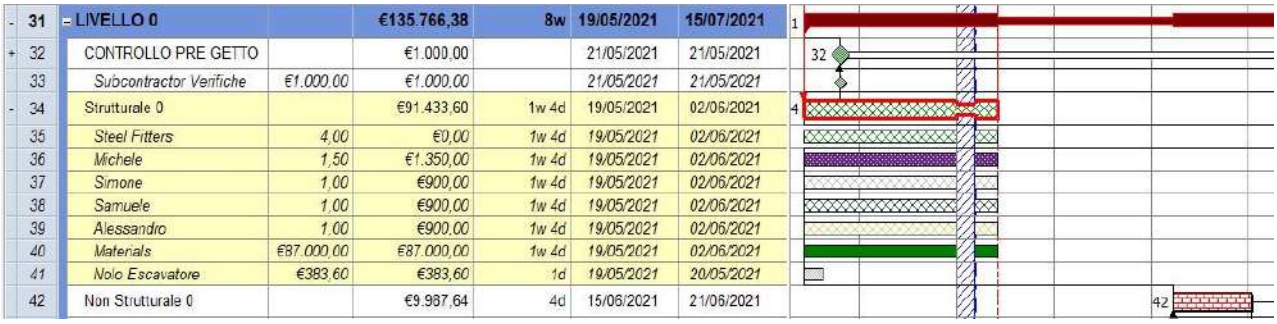
giorni a settimana. Le festività durante le quali non è prevista la giornata lavorativa il programma in automatico genererà una colonna tratteggiata dove le attività saranno messe in pausa per riprendere nei giorni non festivi successivi.

Inserimento delle milestone

Nella libreria descritta finora è presente anche la sezione **‘’Milestone Appearances‘’**

Con il termine ‘’milestone‘’ si intende un evento importante, una milestone inserita nella programmazione in esame è la consegna al cliente a fine del processo, sono state inserite delle milestone anche relative ad eventi intermedi, come la programmazione di controlli e collaudi, graficamente rappresentate con rappresentazioni grafiche rese disponibili dal software.

Le milestone inserite nel caso in esame sono state denominate ‘’Controlli pre-getto‘’ in due diverse attività, Livello S e il Livello 0 (in figura il Liv.0). Collaudo Infissi**,** Collaudo Impianti e Collaudo Finale, nelle quali sono stati associati i costi relativi all’impiego di squadre specializzate per l’esecuzione di tali attività.



-	31	- LIVELLO 0		€135.766,38	8w	19/05/2021	15/07/2021
+	32	CONTROLLO PRE GETTO		€1.000,00		21/05/2021	21/05/2021
	33	*Subcontractor Verifiche*	*€1.000,00*	*€1.000,00*		*21/05/2021*	*21/05/2021*
-	34	Strutturale 0		€91.433,60	1w 4d	19/05/2021	02/06/2021
	35	*Steel Fitters*	*4,00*	*€0,00*	*1w 4d*	*19/05/2021*	*02/06/2021*
	36	*Michele*	*1,50*	*€1.350,00*	*1w 4d*	*19/05/2021*	*02/06/2021*
	37	*Simone*	*1,00*	*€900,00*	*1w 4d*	*19/05/2021*	*02/06/2021*
	38	*Samuele*	*1,00*	*€900,00*	*1w 4d*	*19/05/2021*	*02/06/2021*
	39	*Alessandro*	*1,00*	*€900,00*	*1w 4d*	*19/05/2021*	*02/06/2021*
	40	*Materials*	*€87.000,00*	*€87.000,00*	*1w 4d*	*19/05/2021*	*02/06/2021*
	41	*Nolo Escavatore*	*€383,60*	*€383,60*	*1d*	*19/05/2021*	*20/05/2021*
	42	Non Strutturale 0		€9.987,64	4d	15/06/2021	21/06/2021

Figura 29: Pianificazione milestone

2.4.6 Creazione e associazione delle risorse e dei costi

Proseguendo nella libreria proposta da Powerproject è stato possibile inserire le risorse umane, indicando il personale che presta la propria attività lavorativa nelle diverse attività, con i relativi costi. Sulla sezione ‘’site resource‘’ quindi sono state create squadre di lavoro, nell’immagine (A) si evince la squadra creata dei muratori con i rispettivi nominativi e i differenti layer associati saranno espressi nell’area di lavoro. L’immagine (B) rappresenta le squadre create, all’interno delle cartelle sono presenti i membri che compongono ogni squadra.

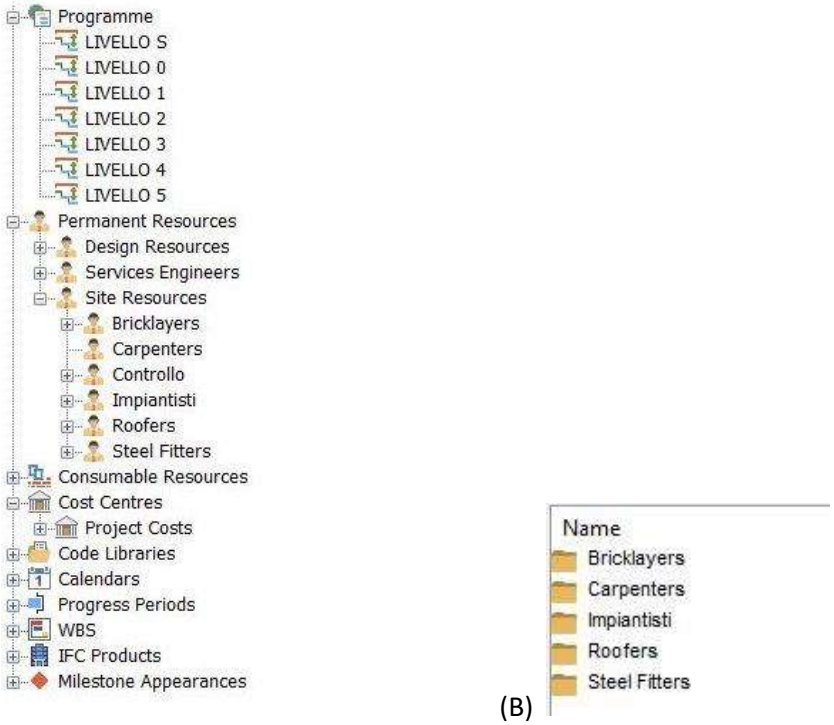
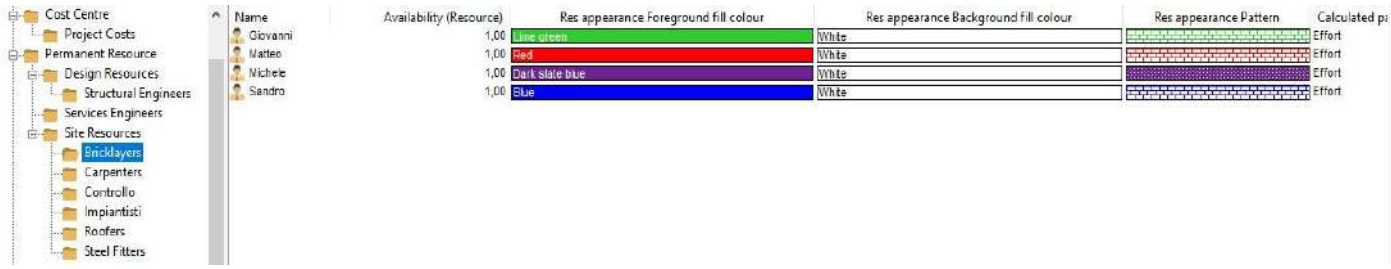


Figura 30: Site resource



(A)

In questo caso è stato determinato il caposquadra ‘’Michele‘’ il programma permette anche di assegnare ad ogni operaio, impiantista ecc. il relativo costo orario, ampliato nel caso del caposquadra, che verrà poi calcolato in funzione del tempo necessario a completare l’attività nella quale è impiegata la risorsa. Analogamente nella libreria **Cost Centres, Project Costs** sono state inserite informazioni relative ai costi delle risorse riguardanti attrezzature, macchinari e non solo, presenti nella programmazione in esame.

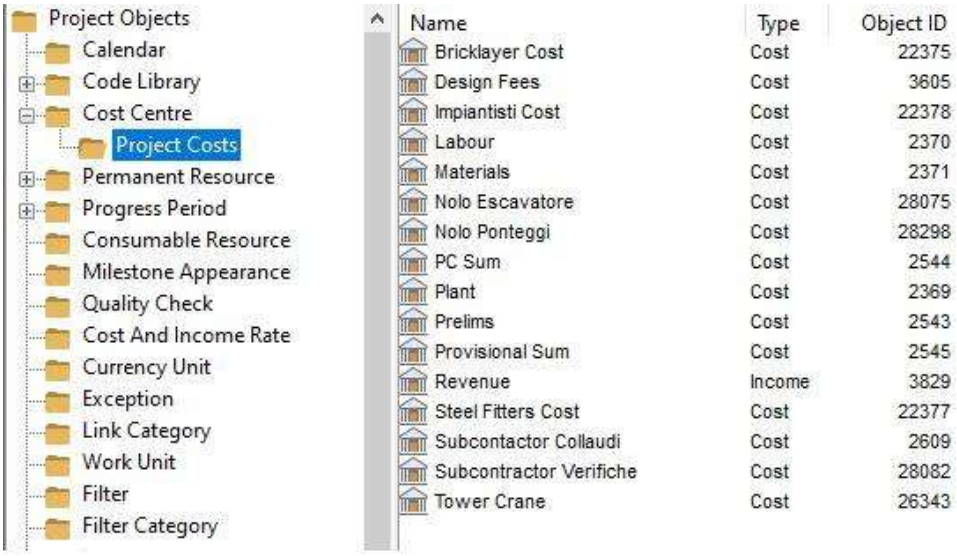


Figura 31: Libreria powerproject

In figura è presente uno schema che classifica le tipologie di costi presenti nella programmazione.

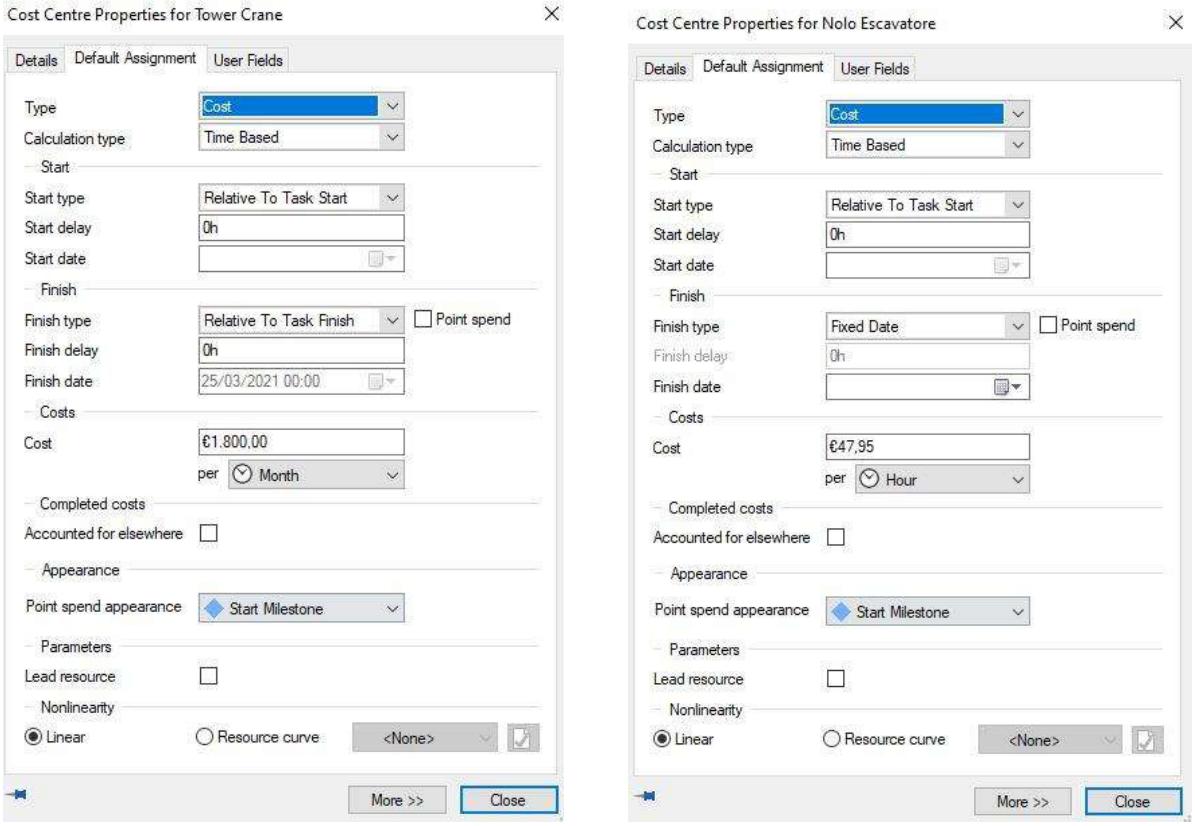
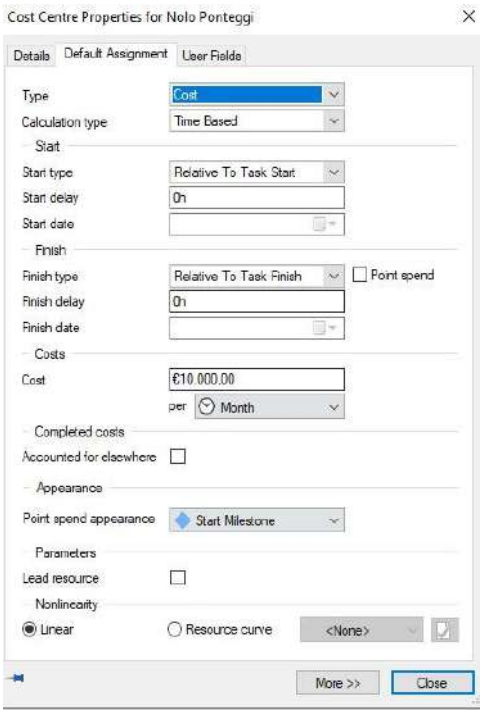


Figura 32: Cost Center

Sono state previste delle attrezzature alle quali il costo è definito mensilmente, rappresentato anche nella vista temporale della programmazione, come la gru ‘’Tower Crane‘’ il costo è così definito perché è stato previsto il noleggio dell’attrezzature in esame, il noleggio della gru scelta per la realizzazione dell’opera ha un costo di 1800 €/Mese.

Figura 33: Classificazione costi

La gru non è l'unica attrezzatura per la quale è stata scelta la soluzione relativa al noleggio, infatti nelle immagini sottostanti rappresentative delle caratteristiche del costo delle attrezzature utilizzate, è presente la voce escavatore, con un costo di 47,95 €/h (dato estrapolato dal prezzario) ed il noleggio del ponteggio, opera provvisionale, con costo di 10000 €/Mese.



Nell’immagine seguente si mette in evidenza il tempo pianificato necessario per il noleggio del ponteggio, alla quale viene associato il costo di quest'ultimo, €10.000,00 mensili, dato estrapolato dal prezzario regionale. Nella pianificazione la durata del noleggio è di giorni 64 (12w 4d) con questa impostazione prodotta su Powerproject se la durata totale dovesse espandersi o accorciarsi, automaticamente il del costo si adeguerebbe alla modifica temporale, così l’importo non sarà più di €31.507,69 ma verrà alterato di conseguenza.

Nelle illustrazioni successive si mette in evidenza: L’istogramma rappresentativo dei costi globali e Le risorse e i relativi costi del Livello 3.

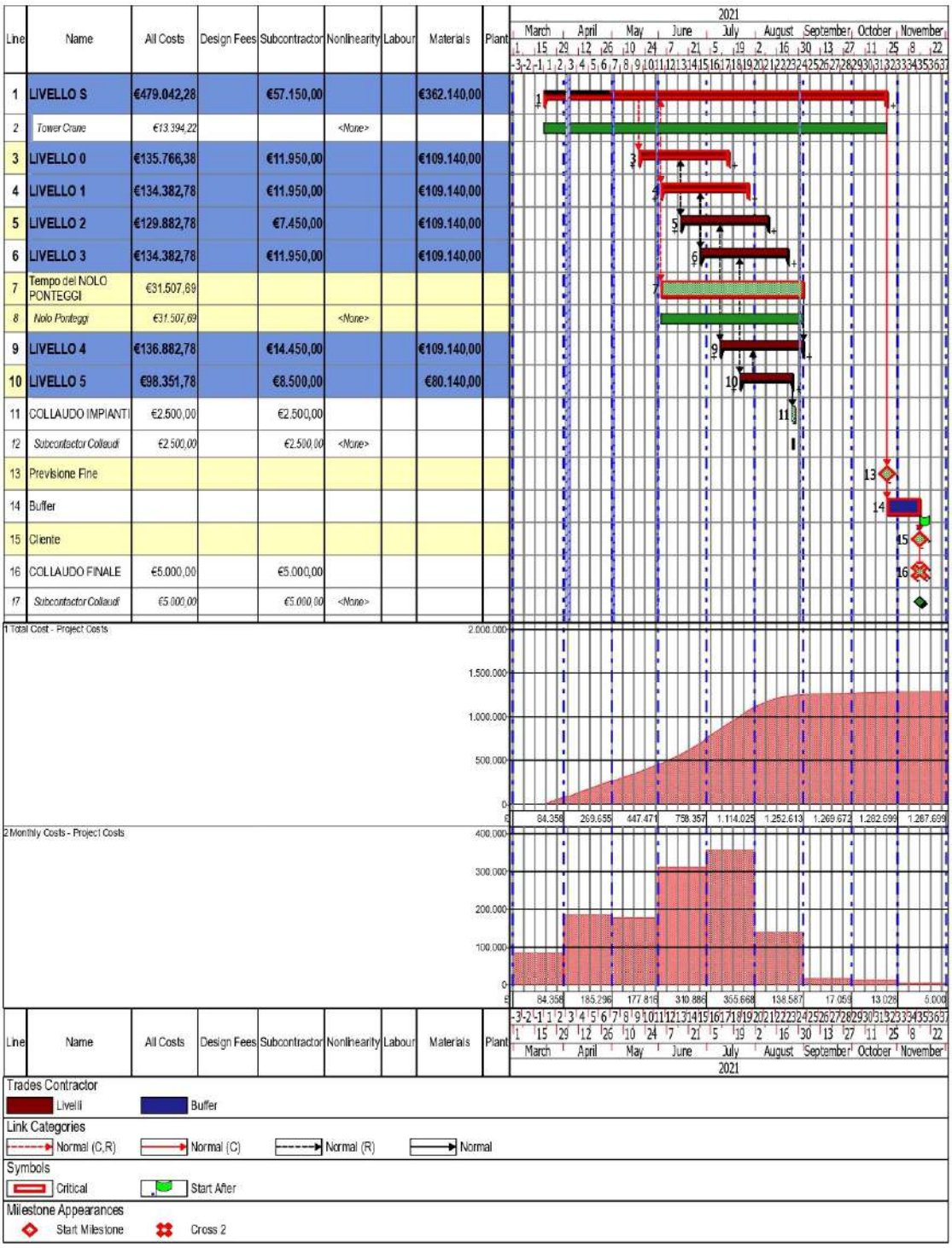


Figura 34: Istogramma rappresentativo dei costi globali

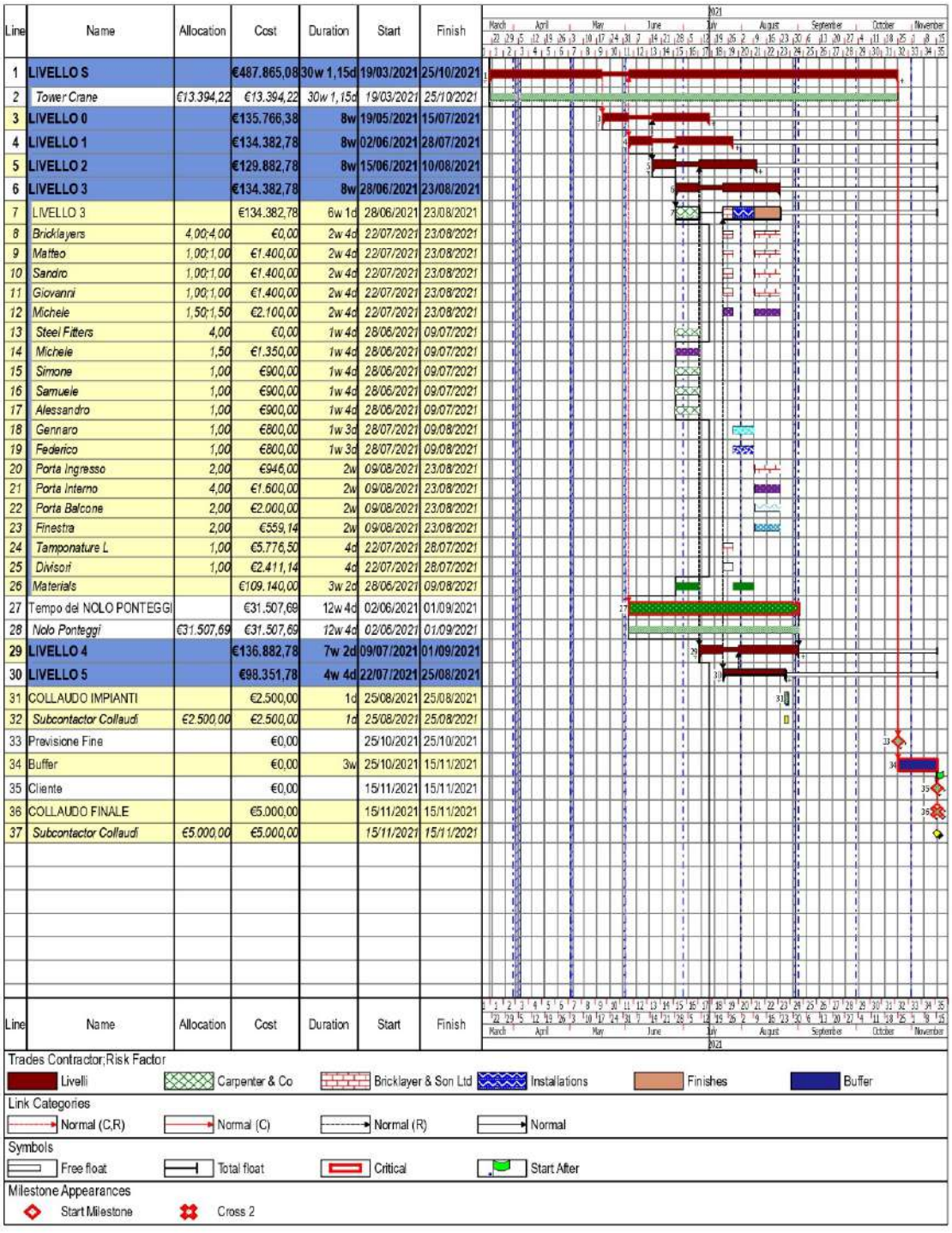
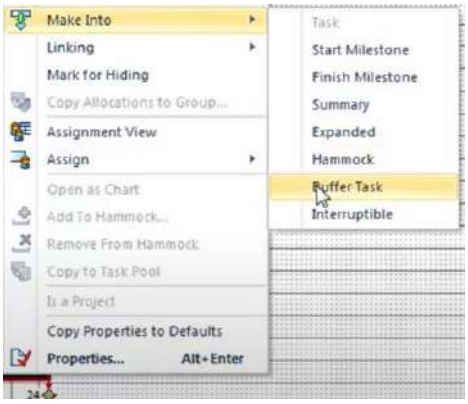


Figura 35: Risorse e i relativi costi del Livello 3

E’ stato inserito il buffer, visibile nelle programmazioni e nelle legende presenti anche nelle precedenti immagini, ovvero il massimo ritardo possibile ammesso, è stato integrato alla pianificazione sotto forma di attività, dove ne segue la consegna al cliente che verrà visualizzata come milestone.

Per renderla funzionale sono state selezionate contemporaneamente l’ultima attività da svolgere, il buffer e la milestone e la funzione ‘’Add/Delete Links‘’ (in figura) così da vincolarle, a questo punto per rendere effettiva come buffer l’attività creata in precedenza, è stata selezionata con il tasto destro e seguendo la procedura di selezione: ‘’Make Into‘’ e ‘’Buffer Task‘’



Una volta effettuata questa operazione è stata associata una ‘’bandiera‘’ che ha la funzione di fissare in modo irreversibile la fine della programmazione dei lavori.

2.4.7 Associazione del modello 3D alla programmazione lavori

Un’altra sezione nella libreria dedicate all’ inserimento di informazioni è **‘’IFC Products‘’**

Il software Powerproject permette di associare alla programmazione dei lavori il modello 3D dell'opera, precedentemente creato su Revit ed esportato sul formato IFC.

Industry Foundation Classes (IFC) è una descrizione digitale standardizzata dell'ambiente costruito, inclusi edifici e infrastrutture civili. È uno standard internazionale aperto, normativa di riferimento ISO 16739-1:2018, per i dati BIM (Building Information Model) che vengono scambiati e condivisi tra le applicazioni software utilizzate dai vari partecipanti nel settore delle costruzioni o della gestione delle strutture. Le classi Industry Foundation specificano uno schema di dati e una struttura di formato di file di scambio.

Al fine di migliorare la condivisione delle informazioni durante l'intero ciclo di vita del progetto e affinché gli utenti finali possano collaborare e cooperare indipendentemente dall'applicazione software che stanno utilizzando.

In particolare, lo schema IFC è un modello di dati standardizzato che codifica, in modo logico l' identità e la semantica (nome, identificatore univoco leggibile dalla macchina, tipo di oggetto o funzione) le caratteristiche o attributi (come materiale, colore e proprietà termiche) e relazioni (inclusi luoghi, connessioni e proprietà) di oggetti (come colonne o lastre) concetti astratti (prestazioni, costi) processi (installazione, operazioni) e persone (proprietari, progettisti, appaltatori, fornitori, ecc.).

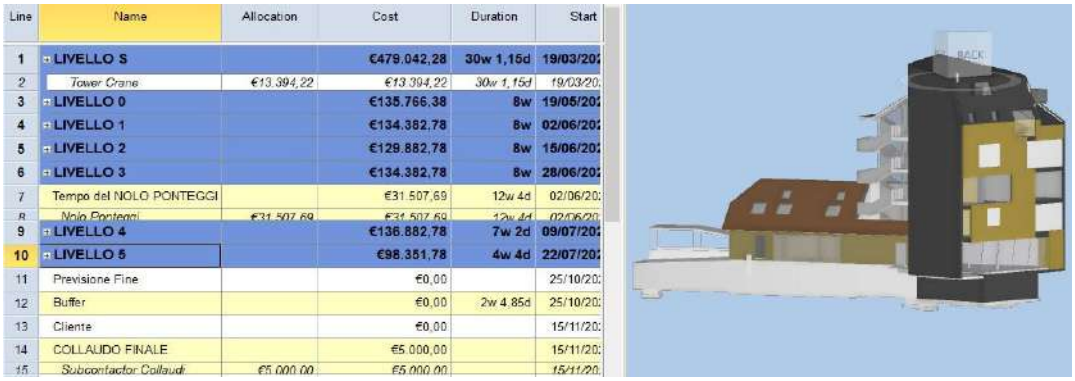
La specifica dello schema può descrivere come viene utilizzata una struttura o

un'installazione, come è costruita e come viene gestita. IFC può definire componenti fisici di edifici, prodotti fabbricati, sistemi meccanici/elettrici, nonché modelli di analisi strutturale più astratti, modelli di analisi energetica, ripartizione dei costi, orari di lavoro e molto altro ancora. IFC può anche essere utilizzato come mezzo per archiviare le informazioni sul progetto, sia in modo incrementale durante le fasi di progettazione, approvvigionamento e costruzione, sia come raccolta di informazioni "as-built" per scopi operativi e di conservazione a lungo termine.

I fornitori di software di strumenti di modellazione delle informazioni edilizie, tra cui creazione di modelli, progettazione, simulazione e analisi, visualizzazione e altro, forniranno interfacce agli utenti finali per esportare, importare e trasmettere dati in alcuni formati IFC. Spetta agli utenti decidere cosa vogliono condividere dai loro strumenti tramite IFC.

Nel caso in esame le informazioni, presenti sul modello Revit, sono state analizzate suddivise e catalogate in funzione alle macro attività presenti nella WBS di progetto, le informazioni in esame sono state estrapolate dalle librerie presenti nel progetto in formato Revit dove ognuna di esse, sottoforma di codice, andava a rappresentare una componente dell'edifico. Successivamente, come si evince dall'immagine che raffigura la sezione della libreria ''IFC Products'' nel software Powerproject, le informazione sono state assegnate ai relativi diversi livelli strutturali e non strutturali delle attività di riferimento, a seguito di queste operazioni è stato possibile ottenere la rappresentazione digitale della costruzione in forma coerente con il reale avanzamento della costruzione, quindi un modello in scala che si sviluppa, fino alla struttura finale dell'opera in esame.

Di seguito l'immagine rappresenta il modello, con la struttura gerarchica delle attività, creando una vista ferma alla consegna dell'opera.



Line	Name	Allocation	Cost	Duration	Start
1	LIVELLO S		€479.042,28	30w 1,15d	19/03/202
2	Tower Crane	€13.394,22	€13.394,22	30w 1,15d	19/03/20
3	LIVELLO 0		€135.766,38	8w	19/05/202
4	LIVELLO 1		€134.382,78	8w	02/06/202
5	LIVELLO 2		€129.882,78	8w	15/06/202
6	LIVELLO 3		€134.382,78	8w	28/06/202
7	Tempo del NOLO PONTEGGI		€31.507,69	12w 4d	02/06/20
8	Nolo Ponteggi	€31.507,69	€31.507,69	12w 4d	02/06/20
9	LIVELLO 4		€136.882,78	7w 2d	09/07/202
10	LIVELLO 5		€98.351,78	4w 4d	22/07/202
11	Previsione Fine		€0,00		25/10/20
12	Buffer		€0,00	2w 4,85d	25/10/20
13	Cliente		€0,00		15/11/20
14	COLLAUDO FINALE		€5.000,00		15/11/20
15	Subcontractor Collaudi	€5.000,00	€5.000,00		15/11/20

Figura 36: Pianificazione e modello associato

Pianificazione dei controlli e collaudi

Nella zona centrale dell'area di lavoro è possibile, come anticipato in precedenza, aggiungere delle colonne, come quella dedicata alle note da aggiungere alla singola attività. Il loro utilizzo pratico è quello di segnalare ad esempio le motivazioni che hanno portato al ritardo, dalla pianificazione iniziale, di un'attività.

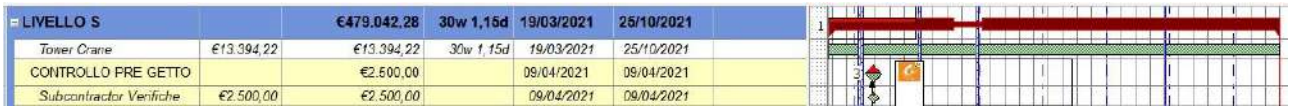
Nell'esercitazione in esame, i controlli e i collaudi inseriti nella pianificazione dei lavori, sono i seguenti: Controllo pre-getto sul Livello S, Controllo pre-getto sul Livello 0, Controllo Impianti e Collaudo Infissi.

Nella pianificazione sono individuati visivamente con delle milestone, in allegato ad esse sono riportate le check list e la documentazione per il controllo/collaudo che dovrà essere spuntata e compilata dalla squadra addetta all'operazione, all'interno della documentazione sono presenti gli obiettivi di verifica, quindi un elenco di operazioni necessarie, le prove da effettuare ove dovute e una scheda da compilare relativa all'attività, al responsabile del suo controllo, ed è associata anche la settimana/giornata interessata come da programma al relativo controllo/collaudo.

Inizialmente l'idea era quella di creare una colonna nominata Notes atta ad accogliere i link che portasse l'utente, ingegnere o squadra per controllo/collaudo, alla scheda presente sul file Excel ma powerproject non permette questo tipo di collegamento ipertestuale, quindi la soluzione che è stata proposta per la pianificazione in esame è quella di creare, con la sezione Object, una piattaforma

che consente l'inserimento di un file pdf, ottenibile semplicemente selezionandolo con un doppio click e visibile (in arancione) nella pianificazione sull'area di lavoro (destra) dedicata alla sfera temporale del progetto.

L'immagine di seguito mette in evidenza questo processo, nell'attività Livello S ove è previsto il ''Controllo Pre-Getto'' è stato inserito il collegamento della documentazione.



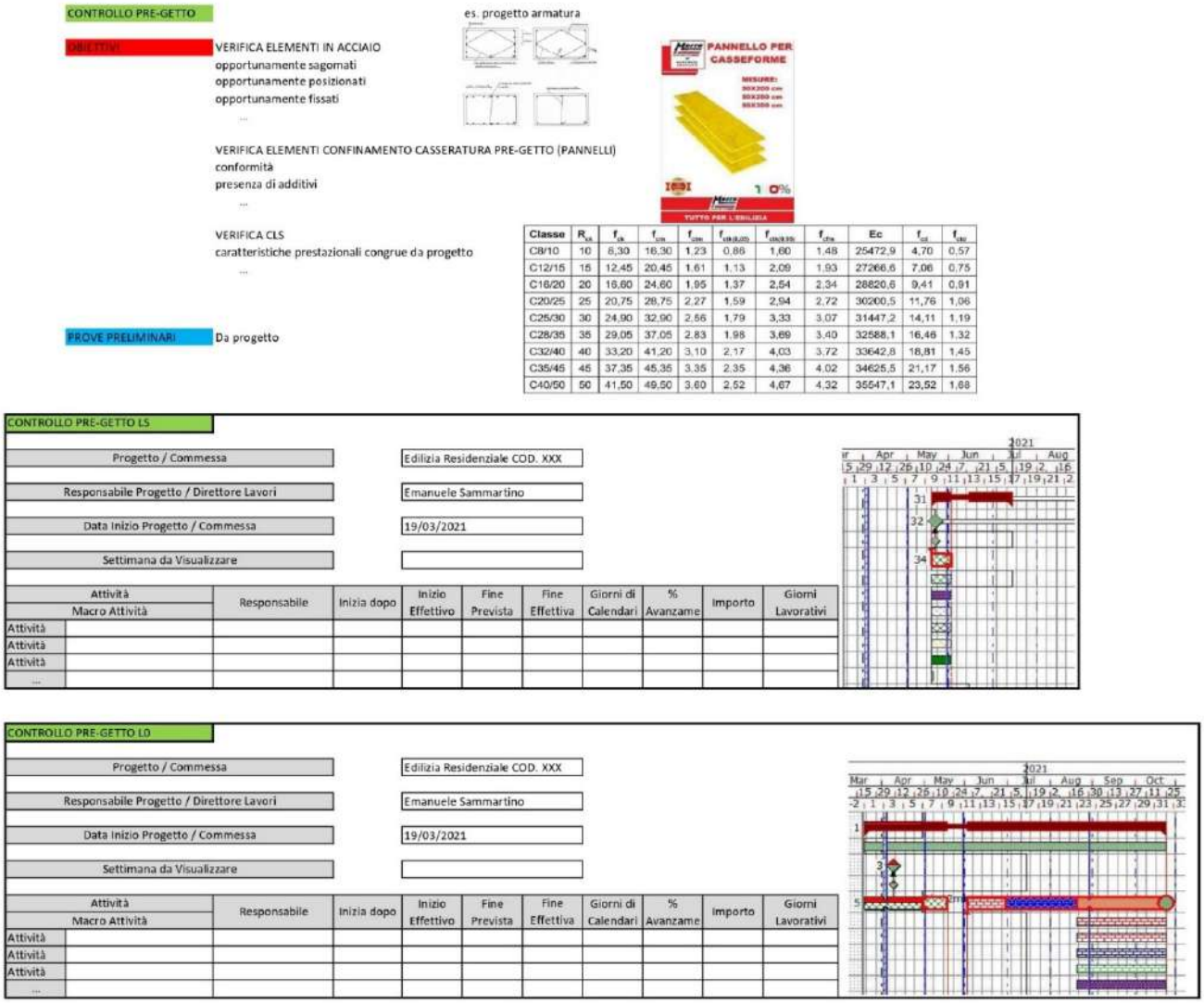
LIVELLO S		€479.042,28	30w 1,15d	19/03/2021	25/10/2021
Tower Crane	*€13.394,22*	*€13.394,22*	*30w 1,15d*	*19/03/2021*	*25/10/2021*
CONTROLLO PRE GETTO		€2.500,00		09/04/2021	09/04/2021
Subcontractor Verifiche	*€2.500,00*	*€2.500,00*		*09/04/2021*	*09/04/2021*

Check list e documentazione per il controllo/collaudo

Le attività di tipo milestone, quindi sono associate a dei fogli PDF affinché il responsabile della qualità o la direzione tecnica, possano associare l'attività alla documentazione

In seguito le documentazioni che sono state associate alle relative milestone

- Controlli Pre-Getto, relativi al Livello S e al Livello 0



Classe	R_{ck}	f_{ck}	f_{cm}	f_{ctm}	$f_{ctk\,(5\%)}$	$f_{ctk\,(95\%)}$	f_{cfm}	Ec	f_{cd}	f_{bd}
C8/10	10	8,30	16,30	1,23	0,86	1,60	1,48	25472,9	4,70	0,57
C12/15	15	12,45	20,45	1,61	1,13	2,09	1,93	27266,6	7,06	0,75
C16/20	20	16,60	24,60	1,95	1,37	2,54	2,34	28820,6	9,41	0,91
C20/25	25	20,75	28,75	2,27	1,59	2,94	2,72	30200,5	11,76	1,06
C25/30	30	24,90	32,90	2,56	1,79	3,33	3,07	31447,2	14,11	1,19
C28/35	35	29,05	37,05	2,83	1,98	3,69	3,40	32588,1	16,46	1,32
C32/40	40	33,20	41,20	3,10	2,17	4,03	3,72	33642,8	18,81	1,45
C35/45	45	37,35	45,35	3,35	2,35	4,36	4,02	34625,5	21,17	1,56
C40/50	50	41,50	49,50	3,60	2,52	4,67	4,32	35547,1	23,52	1,68

Figura 37: Controlli pre-getto

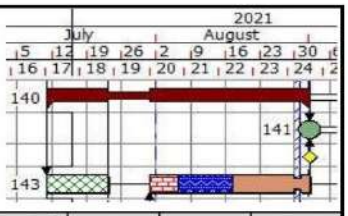
- Collaudo Infissi

COLLAUDO INFISSI

OBIETTIVI

Verifica del corretto fissaggio dei telai e sigillatura
Verifica del corretto funzionamento dell'anta ribalta e micro ventilazione (ove previsto)
Verifica della corretta apertura e chiusura di tutti gli elementi
Verifica del corretto allineamento delle parti
Verifica dell' assenza di difetti superficiali del prodotto (graffi, ammaccature, difetti di verniciatura)
Assenza di spifferi d'aria (su finestre)
Verifica il corretto montaggio di eventuali coprifili/mostre di rifinitura
Assenza di danneggiamenti a parti d'opera adiacenti all'infisso
Verifica del corrispondenza di forma, modello e colore rispetto all'ordine
...

Progetto / Commessa	Edilizia Residenziale COD. XXX
Responsabile Progetto / Direttore Lavori	Emanuele Sammartino
Data Inizio Progetto / Commessa	19/03/2021
Settimana da Visualizzare	



Attività / Macro Attività		Responsabile	Inizia dopo	Inizio Effettivo	Fine Prevista	Fine Effettiva	Giorni di Calendari	% Avanzame	Importo	Giorni Lavorativi
Attività										
Attività										
Attività										
...										

Progetto / Commessa	Edilizia Residenziale COD. XXX
Responsabile Progetto / Direttore Lavori	Emanuele Sammartino
Data Inizio Progetto / Commessa	19/03/2021
Settimana da Visualizzare	

Attività / Macro Attività		Responsabile	Inizia dopo	Inizio Effettivo	Fine Prevista	Fine Effettiva	Giorni di Calendari	% Avanzame	Importo	Giorni Lavorativi
Attività										
Attività										
Attività										
...										

Figura 38: Controlli Infissi

- Collaudo Impianti

CONTROLLO IMPIANTI

OBIETTIVI
TENUTA GIUNTI
TENUTA IN PRESSIONE
CONTROLLO E VERIFICA ELEMENTI SCALDANTI
...

PROVE PRELIMINARI
ACCENDERE GENERATORE
ASPETTARE x TEMPO
MISURAZIONE CON SENSORE DI SENSIBILITA' OPPORTUNA
RISPETTARE TEMPO DI CONTROLLO/ATTESA
...

Progetto / Commessa	Edilizia Residenziale COD. XXX
Responsabile Progetto / Direttore Lavori	Emanuele Sammartino
Data Inizio Progetto / Commessa	19/03/2021
Settimana da Visualizzare	

Attività / Macro Attività	Responsabile	Inizia dopo	Inizio Effettivo	Fine Prevista	Fine Effettiva	Giorni di Calendari	% Avanzame	Importo	Giorni Lavorativi
Attività									
Attività									
Attività									
...									

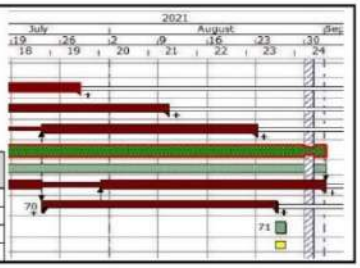
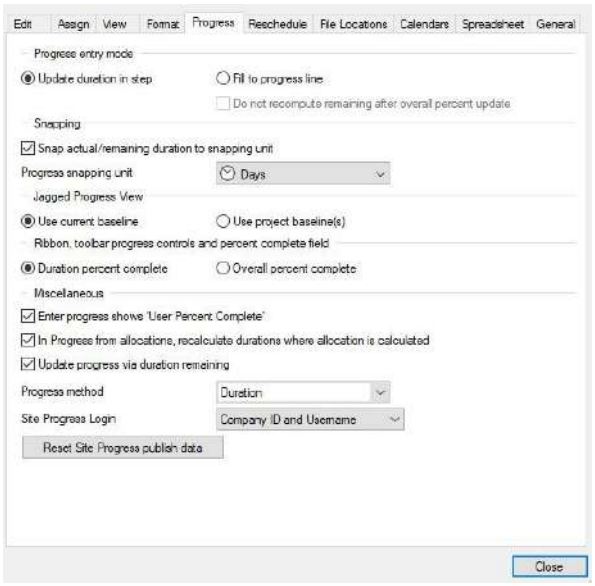
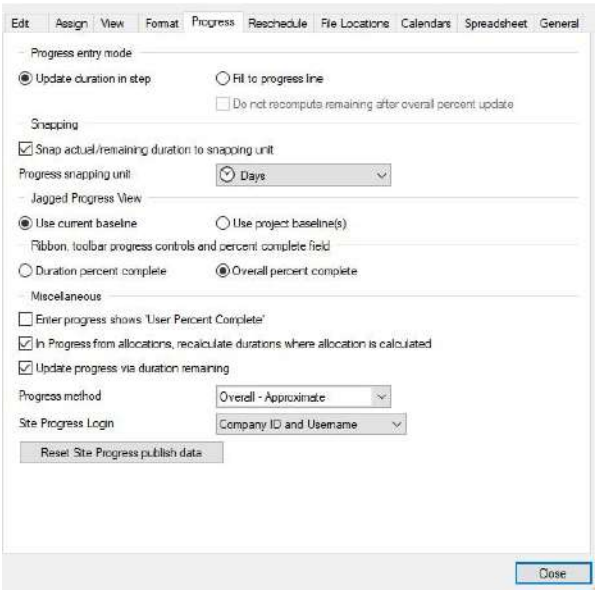


Figura 39: Controllo impianti

- **Contabilità e approcci per l’avanzamento dei lavori**

  In questa sezione si mettono a confronto i metodi di gestione della contabilità e l’avanzamento dei lavori possibili con il software Powerproject.





Vengono settati dall’impostazione File selezionando Opzioni e modificando le caratteristiche presenti nella sezione Progresso. Per prima cosa sono state istituite tre diverse percentuali di completamento della pianificazione in esame, Planned Percent Complete (PPC), dalla libreria, descritta nei precedenti capitoli della presente relazione, ove è presente la sezione **‘’Progress Periods‘’** utilizzata nell’esercitazione al fine di visionare a che punto sia l’avanzamento dei lavori quando si hanno percentuali di quest’ultima al 10% al 30% e 50%.

Queste tre percentuali sono state settate affinché rappresentino il completamento in percentuale delle attività svolte, sia nella colonna preimpostata denominata

Planned Percent Complete che graficamente, nell'area temporale a destra del foglio di lavoro, delimitando le lavorazioni sostenute fino alla percentuale selezionata. Chiaramente questa è la scelta che è stata fatta per l'esercitazione in esame, un'alternativa poteva essere la suddivisione in weekend ad esempio, con configurazione del tipo: week 1, week 2 e così via.

Successivamente sono state inserite, nel foglio di lavoro, colonne per rappresentare le seguenti caratteristiche:

Planned Percent Complete (PPC), che rappresenta il momento in cui l'avanzamento dei lavori è alla percentuale selezionata. (10%, 30%, 50%)

Overall Percent Complete, che rappresenta la percentuale reale del completamento delle attività, rispetto alla percentuale prevista nel giorno in esame.

Actual Cost, che rappresenta la contabilità, quindi i costi che sono stati sostenuti fino alla percentuale di avanzamento della programmazione reale selezionata.

Quindi le prove che sono state effettuate, sono state svolte settando la programmazione con le colonne Planned Percent Complete (PPC) e Overall Percent Complete alle quali sono state imposte le stesse percentuali di avanzamento delle attività, questo affinché rappresentassero, che alla data in esame con 10%, 30% o 50% di PPC, non ci siano né anticipi né ritardi, rispetto alla pianificazione.

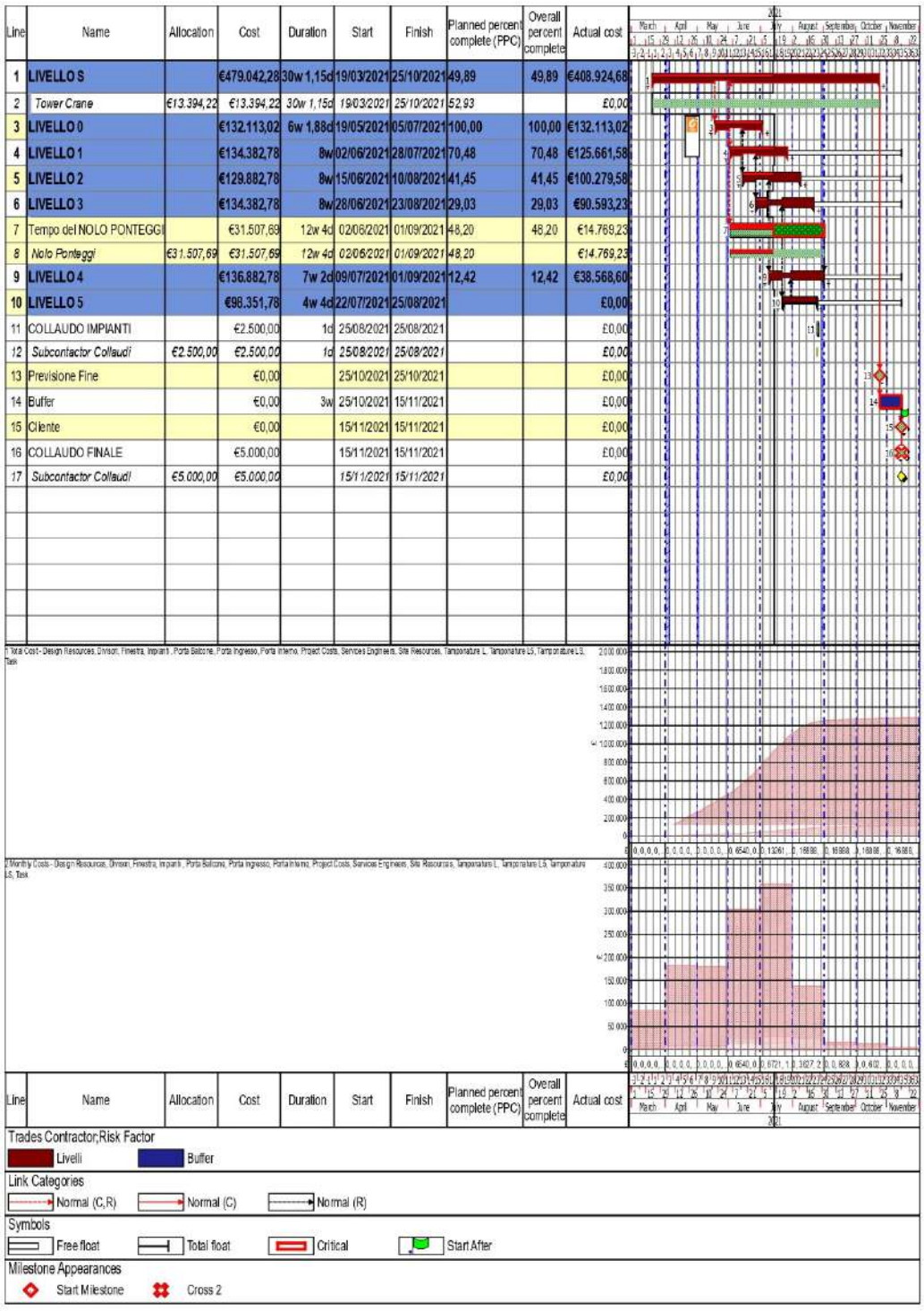


Figura 40: Grafico rappresentativo della programmazione con il metodo Duration Percent Complete e PPC 50%.

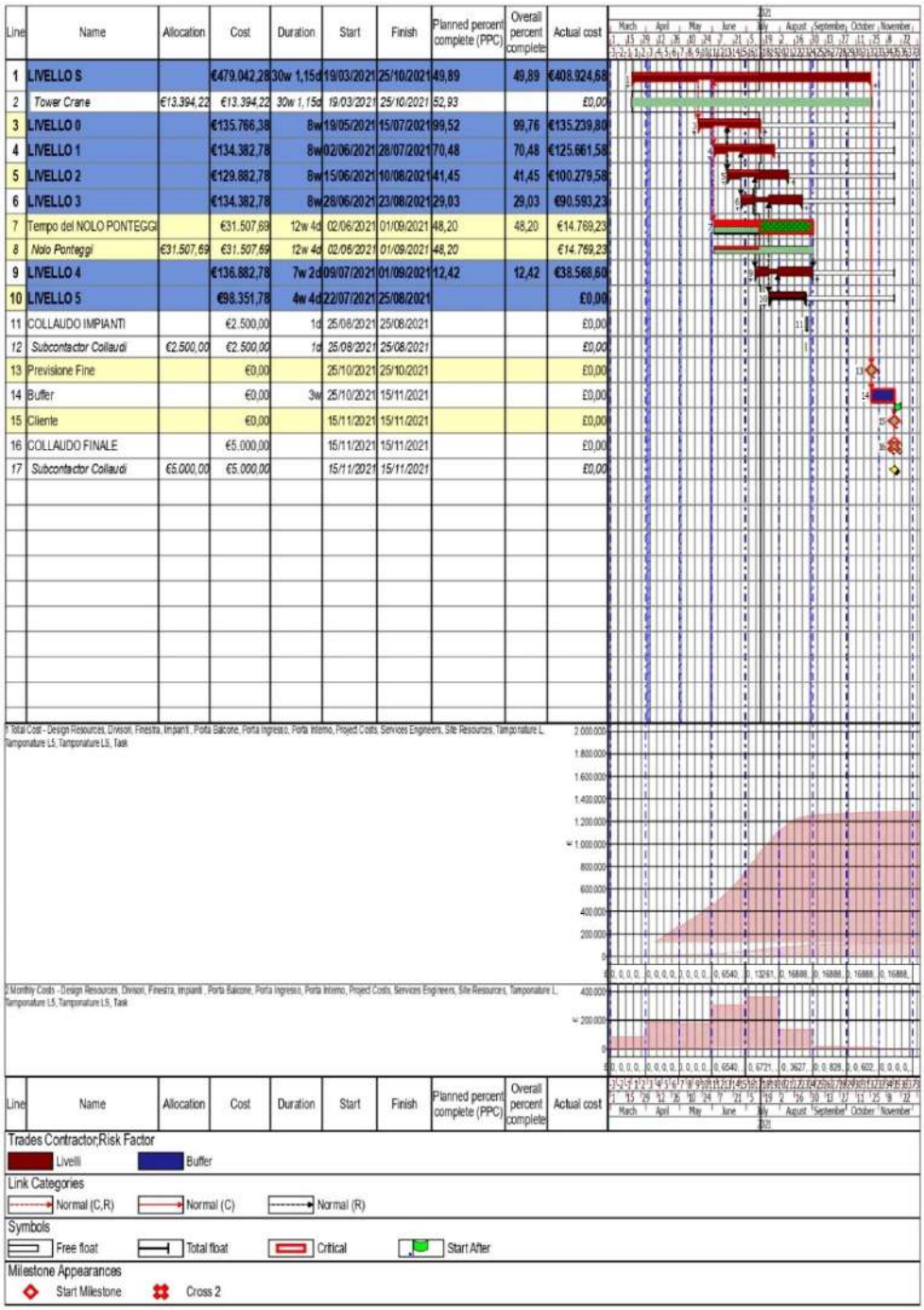


Figura 41: Grafico rappresentativo della programmazione con il metodo Overall Percent Complete e PPC 50%.

Esistono due metodi di lavoro per assegnare lo stato di avanzamento: è possibile segnalare lo stato di avanzamento utilizzando le stime della durata o della percentuale completata di un'attività o utilizzando le stime dell'importo di una risorsa o di un'allocazione dei costi completata:

- Se si è a conoscenza della percentuale di completamento della durata di un'attività, è possibile assegnare tale stato di avanzamento all'attività, di conseguenza lo stato di avanzamento viene riflesso in tutte le allocazioni dell'attività. Questo è noto come progresso ‘’top-down‘’.

- Se si è a conoscenza del completamento o parte delle unità/risorse basate sul lavoro o sul costo, è possibile assegnare lo stato di avanzamento alle allocazioni e determinare l'avanzamento dell'attività dallo stato di avanzamento delle allocazioni. Questo è noto come ‘’bottom-up‘’. Utilizzando lo stato di avanzamento ‘’bottom-up‘’, lo stato di avanzamento viene visualizzato solo sulle attività quando si sceglie di eseguire lo stato di avanzamento delle attività dalle allocazioni.

  È possibile definire una gerarchia di periodi di stato nella sezione libreria. Ad esempio, ogni reparto potrebbe avere il proprio periodo di avanzamento e ogni team all'interno di ogni reparto potrebbe avere il proprio periodo di avanzamento subordinato. In alternativa, è possibile impostare periodi di avanzamento per ogni mese o settimana dell'anno. Come descritto in precedenza l’impostazione dell’avanzamento per la programmazione in esame è stato suddiviso in tre

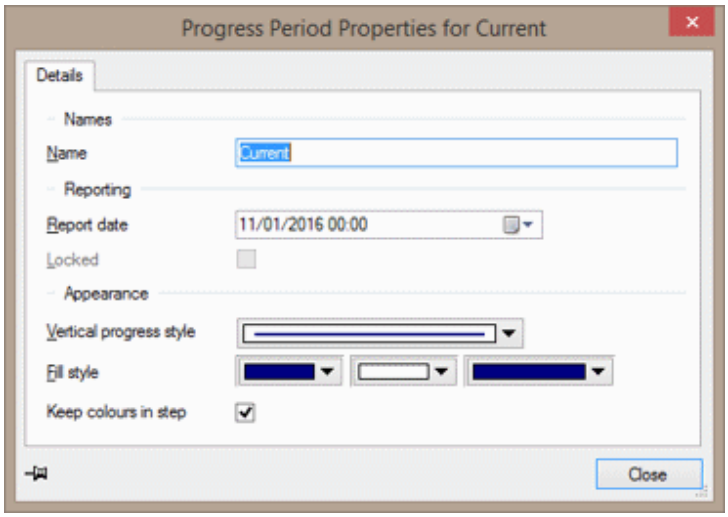
percentuali di completamento, al 10% al 30% e al 50%.

È possibile registrare i progressi più di una volta all'interno di ogni periodo di avanzamento. Ad esempio, se si desidera segnalare lo stato di avanzamento su base settimanale, è possibile utilizzare periodi di avanzamento mensili e segnalare lo stato di avanzamento alla fine di ogni settimana entro il periodo appropriato. In alternativa, è possibile creare una gerarchia di periodi di avanzamento con ogni periodo di avanzamento mensile contenente periodi di avanzamento subordinati per le settimane entro il mese.

Di seguito si descrivono le modalità con cui sono stati creati diversi periodi di avanzamento.

Nella Libreria una volta selezionata la sezione Progress Period sono stati modificati i periodi di avanzamento di default creandone appunto i tre accennati in precedenza.

Selezionando sull'icona dedicata viene visualizzata la finestra Progress.

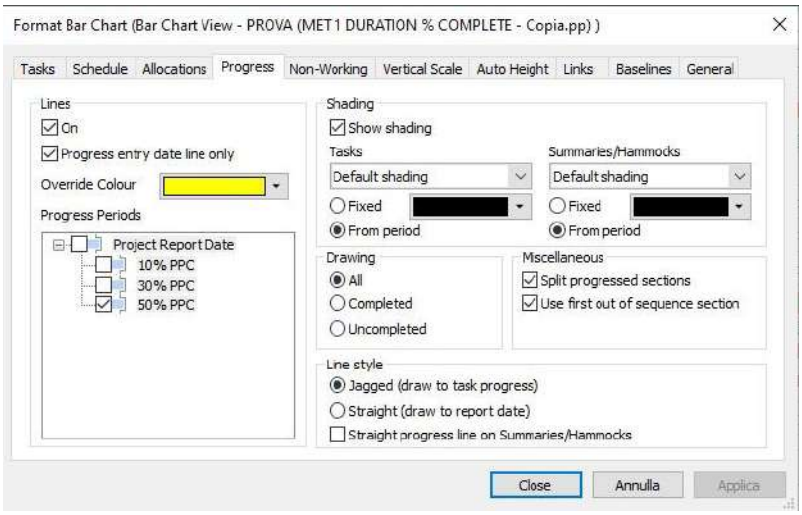


Immettendo le caratteristiche del primo periodo di avanzamento (10% PPC) modificando quindi la data e il nome.

A questo punto si è proceduto con la creazione degli altri periodi di avanzamento selezionando su un'area vuota della visualizzazione elenco e spuntando New Progress Period. Si noti che il nuovo periodo di avanzamento è datato diversamente e gli viene assegnato uno stile e un colore di linea diversi.

Di seguito viene mostrato come visualizzare le informazioni sullo stato di avanzamento nel grafico a barre. È possibile visualizzare una riga che rappresenta la data del report di ogni periodo di avanzamento e scegliere se visualizzare lo stato di avanzamento registrato in un colore o nel colore del periodo di avanzamento appropriato.

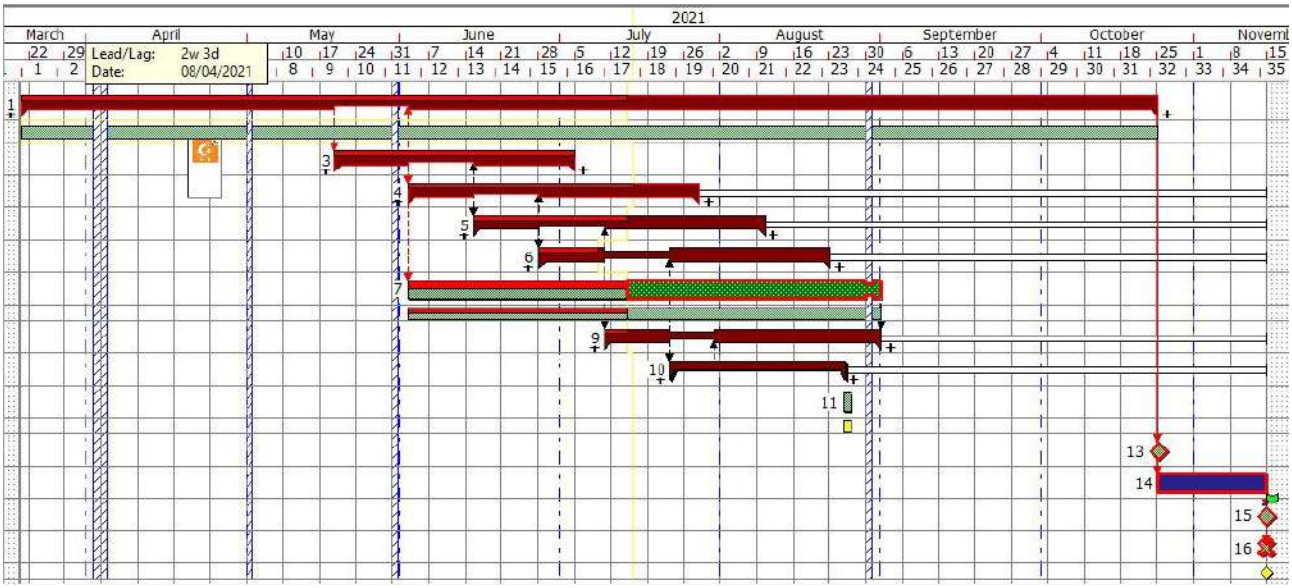
Come prima operazione nel gruppo Format della scheda Format è stato selezionato Format Bar Chart. Viene visualizzata la finestra di dialogo Formato grafico a barre. Successivamente selezionando su Progress:



E’ stata selezionata la casella di controllo On nel gruppo Lines, quindi selezionata la casella di controllo accanto a ciascuno dei periodi di stato sottostanti per indicare che si desidera visualizzare una riga nel grafico a barre alla data del report di ogni periodo.

In seguito selezionata la casella Show shading, quindi facendo clic sul pulsante di opzione Colour per indicare che si desidera visualizzare lo stato di avanzamento delle attività nel colore del periodo di avanzamento appropriato e si è conclusa l’operazione selezionando su Applica e Close.

Si noti che la linea colorata (giallo) vengono visualizzate nel grafico a barre:

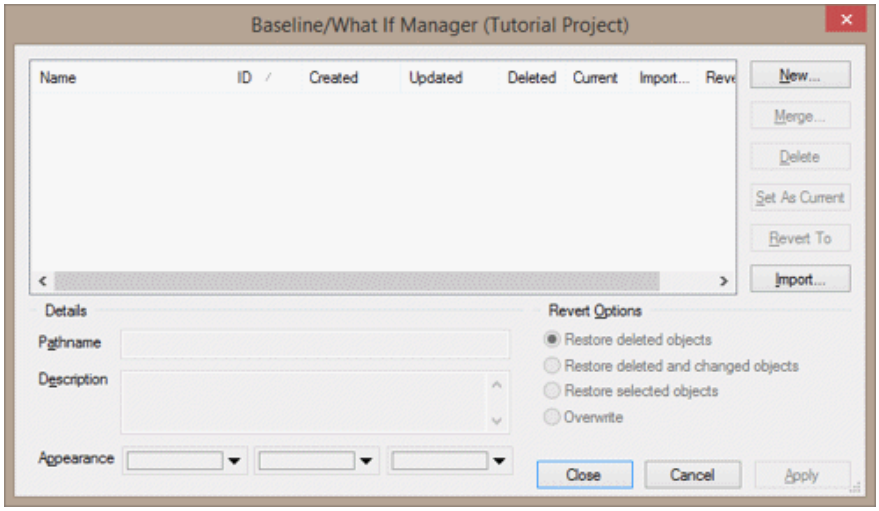


E’ possibile associare una baseline diversa a ogni singolo progetto, nell’immagine di cui sopra la baseline viene messa in evidenza nelle attività, che è coerente con l’avanzamento.

In questo modo è possibile unire informazioni nuove e aggiornate nella previsione di ogni progetto singolarmente. Una volta associata a un progetto, una baseline è nota come "baseline del progetto"

Queste previsioni forniranno un record della pianificazione pianificata, che sarà possibile confrontare con lo stato di avanzamento effettivo.

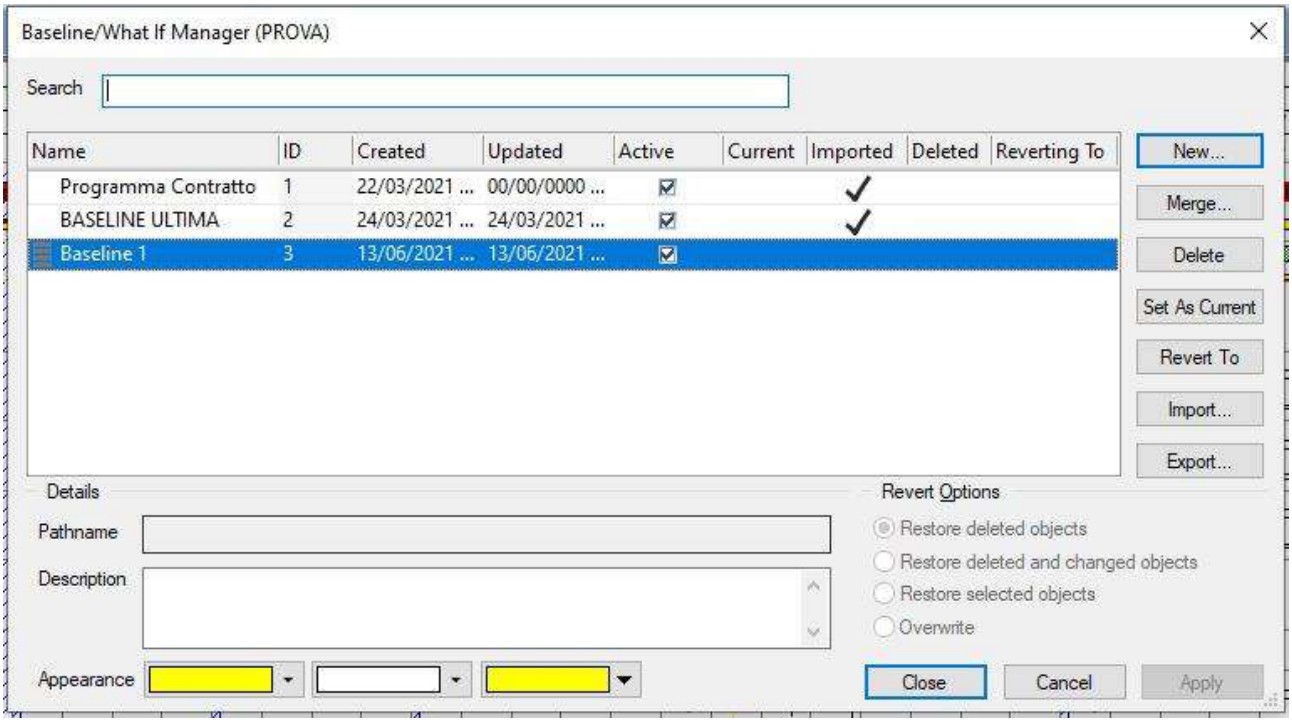
Di seguito viene descritto il procedimento che ha portato alla creazione delle baseline di progetto.



Una volta nella vista Properties è stata selezionata la sezione Baseline Manager che genera la finestra Baseline/What If Manager:

Da questa schermata è stato possibile creare una nuova previsione, alla quale è stato possibile immettere il nome e anche una descrizione. Nelle baseline create, selezionando dalla vista di opzione, sono state inglobate tutte le attività della programmazione.

Le baseline create sono diverse, come si evince dall'immagine seguente.



Dopo aver creato le previsioni per ogni singolo progetto, è possibile confrontare i progetti effettivi con le previsioni una volta che il progetto è stato progredito. Questo è lo scopo delle precedenti operazioni descritte.

Selezionando la baseline in esame come ''corrente'' dalla tabella appena vista e definendo le percentuali dell'avanzamento delle attività effettive, una volta ''riprogrammato'' il progetto si potranno notare, se presenti, le differenze tra l'avanzamento programmato e quello effettivo.

Di seguito viene descritto un modo per registrare lo stato di avanzamento di un'attività contrassegnando un'attività come completata fino a una data specifica.

Selezionando con il pulsante destro del mouse sull'attività, nell'area di lavoro a destra ovvero quella che riporta la programmazione graficamente, scegliendo Progress Up To, quindi spuntando 100% Complete. Lo stato viene visualizzato per l'intera durata dell'attività, indicando che l'attività è completa, modificando lo stato di avanzamento di un'attività le relative attività subordinate vengono aggiornate automaticamente in funzione di quest'ultima. A seguito di questo procedimento viene riprogrammato il progetto quindi modificata la linea di avanzamento.

Viene descritta una situazione, del periodo di avanzamento del 50% PPC, selezionando l'attività denominata Livello 2 con le seguenti caratteristiche: 100% Completata.
Il progetto quindi viene riprogrammato.

Le immagini che seguono mettono in evidenza le differenze che la programmazione subisce a seguito di questo cambiamento nell' avanzamento.

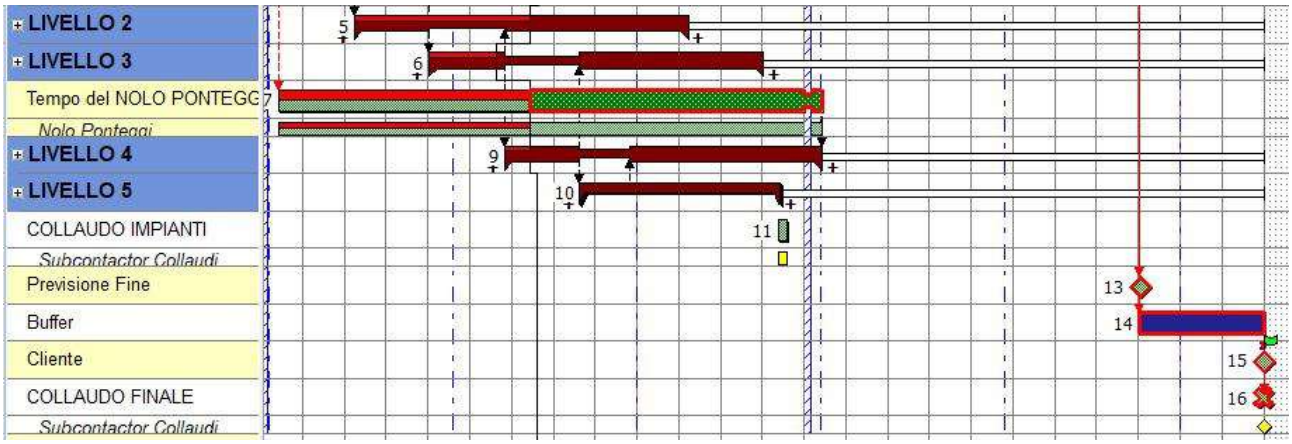


Figura 42: Programma iniziale

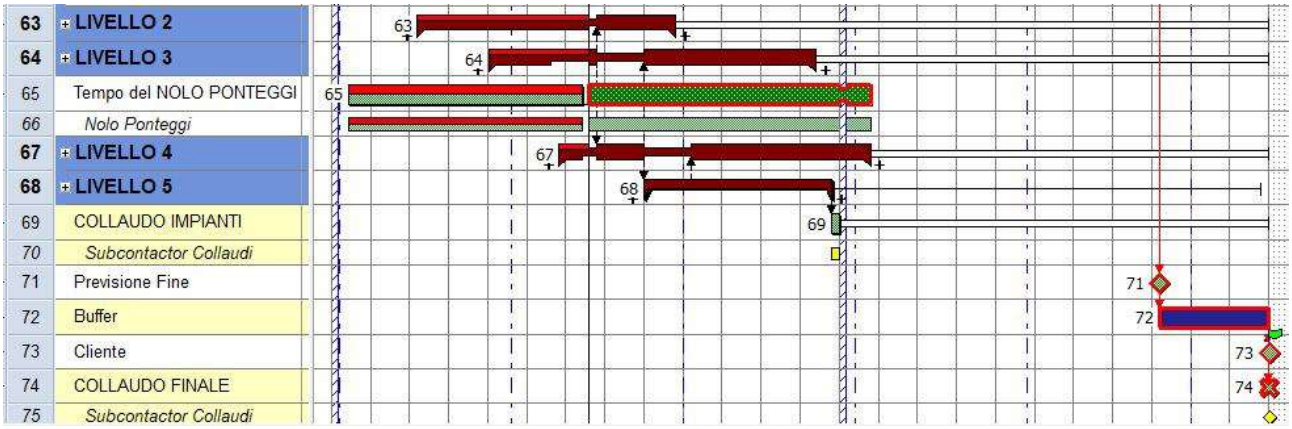
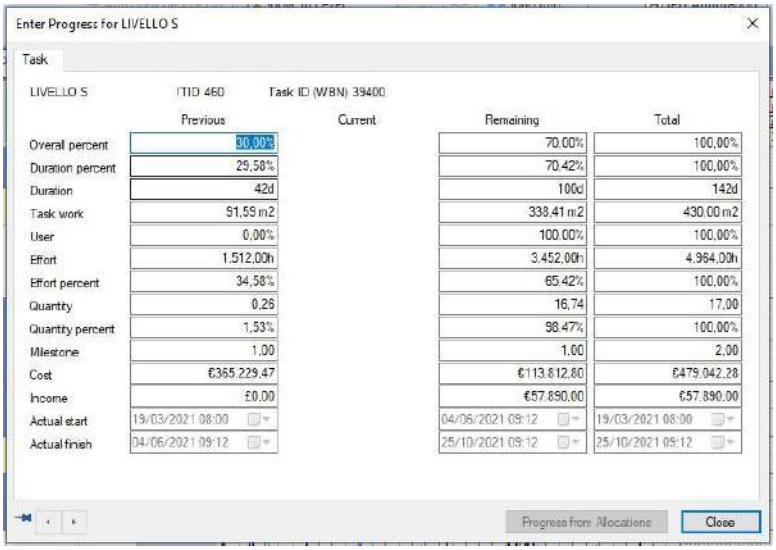


Figura 43: Programma a seguito delle modifiche

E' stata effettuata questa prova, che altera la programmazione, per rendere visibile come viene riprogrammato il progetto, si noti anche come, oltre alle attività, il buffer viene ridotto a causa delle modifiche apportate. Se la pianificazione è coerente con l'avanzamento dei lavori non vi è alcuna modifica al progetto. Selezionando l'attività con il tasto destro del mouse e spuntando la sezione Enter Progress è possibile utilizzare questa finestra di dialogo per applicare lo stato di avanzamento alle attività

e alle allocazioni in vari modi. Poiché il periodo di avanzamento, nell'immagine seguente è riportato l'esempio dell'avanzamento del 30% PPC riferito all'attività LIVELLO S, è impostato come predefinito, tutti i progressi contrassegnati utilizzando la finestra di dialogo verranno contrassegnati automaticamente come avvenuti durante il periodo selezionato. Le colonne nella griglia visualizzano lo stato di avanzamento precedente, corrente, rimanente e totale.



Al fine di avere traccia dell'avanzamento è stato prodotto un documento che dovrà essere redatto dall'ingegnere o dall'utente che si occuperà di segnalare, nei periodi di controllo stabiliti, lo stato di avanzamento del progetto, nel quale sono state previste sezione atte a descrivere obiettivi, percentuali di attività raggiunte, spese programmate e spese sostenute. Ottenibile con le stesse modalità previste per le documentazioni per il controllo/collaudo descritte in precedenza.

Di seguito l'estratto del documento:

1. DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA’ svolte fino al **../../….** Compreso	
2. OBIETTIVI	
Stato di avanzamento delle attività rispetto agli obiettivi del progetto	
Obiettivi settimanali/mensili del progetto:	Stato di avanzamento (in percentuale e descrizione):
1)	1)
2)	2)
3)	3)
Spese previste per voci di spesa secondo la programmazione:	Spese effettivamente sostenute al **../../….** :
4. EVENTUALI CRITICITA’ RISCONTRATE NELL’ATTUAZIONE	
Luogo e data:	
Firma:	

Si necessita confrontare la pianificazione con il reale avanzamento del progetto, in questo modo è possibile identificare le aree in cui lo stato di avanzamento effettivo del progetto differisce dallo stato di avanzamento previsto in origine.
Esistono diversi modi, come detto in precedenza, per confrontare un progetto con la sua baseline.

Il primo metodo, esplicato prima, consiste con l'utilizzo della sezione Formato e verificando la baseline, nel mettere a confronto la programmazione iniziale con il reale avanzamento dei lavori, con questa procedura è possibile sovrapporre graficamente le attività pianificate, che verranno esplicate in giallo, alle stesse attività aventi il reale avanzamento lavori, così da verificare se il progetto risulta progredito come è stato pianificato o meno.

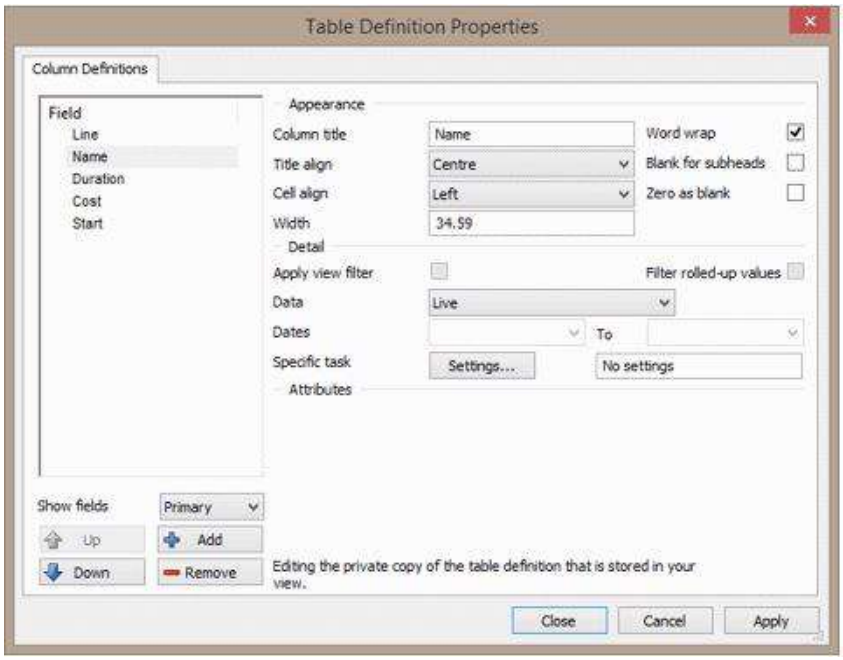
Un altro metodo per confrontare un progetto in corso con la baseline è visualizzare le informazioni dalla baseline nel foglio di calcolo.
Consente la registrazione dello stato di avanzamento delle risorse fornisce un riflesso più accurato dello stato di avanzamento rispetto all'avanzamento diretto dell'attività. Ad esempio può essere utile in situazioni in cui un'attività viene lavorata da più di una risorsa, tutte funzionanti a velocità diverse.

La procedura per mettere a confronto con questo metodo il pianificato con il reale avanzamento dei lavori inizia con l'implementazione di due colonne, le colonne che verranno aggiunte sono:

- Planned percent complete (che mostra le informazioni prese dalla baseline);

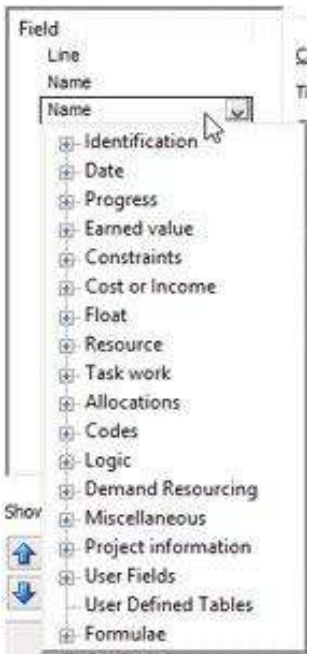
- Actual percent complete (che mostra le informazioni prese dal progetto in corso).

Utilizzando la sezione Table Definition Properties, che consente di configurare ogni colonna in modo da visualizzare con precisione le informazioni desiderate, si presenta la sezione in figura.

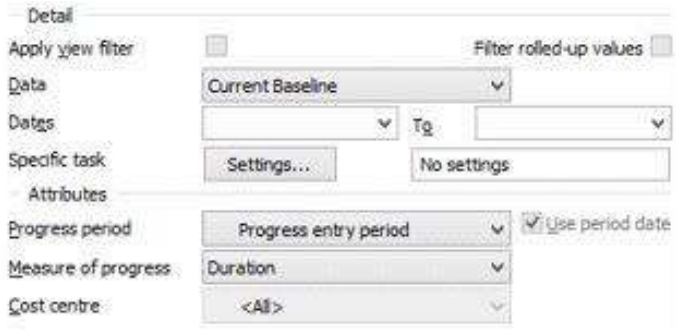


Nella parte sinistra vengono visualizzati i campi attualmente visualizzati nel foglio di calcolo, che è stata utilizzata per aggiungere nuove colonne, il lato destro è stato utilizzato per configurare il campo selezionato nel riquadro sinistro. Selezionando Add si è aggiunto un nuovo campo, una volta selezionato per configurarlo il programma propone una serie di possibili configurazioni, come si evince dalla figura, è stato selezionato il campo Progress, quindi selezionato Planned percent

complete (PPC) dall'elenco. Stesso procedimento per configurare Actual percent complete (APC).



Selezionando dall'elenco Planned percent complete (PPC) viene visualizzata la schermata in figura:



Selezionando Overall nella sezione Measure of progress, scegliendo Actual

percent complete (APC) dall'elenco, viene impostato che questo campo, in Data, faccia riferimento ai dati nel progetto in corso anziché a una previsione.

La stessa procedura è stata effettuata per il campo Planned percent complete (PPC), selezionando Progress entry period nel campo Progress period e Overall nella sezione Measure of progress.

Così le due nuove colonne vengono visualizzate nel foglio di calcolo, la colonna Planned percent complete (PPC) visualizzerà 100,00 per le attività e le allocazioni che dovrebbero essere completate entro la data del report del periodo corrente allo stato di avanzamento, chiaramente la notazione 100,00 è indicativa per le attività totalmente completate. Nella colonna Actual percent complete (APC) viene visualizzata la percentuale di ogni attività e allocazione effettivamente completata nel progetto in corso, mostrando quanto il progetto è rimasto indietro rispetto alla pianificazione.

Planned percent complete (PPC)	Actual percent complete (APC)
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00
100.00	100.00

3. La gestione dei lavori e l'organizzazione degli spazi in ambiente BIM

3.1 Digitalizzazione dei modelli e le norme di riferimento

La digitalizzazione di un progetto è efficiente se tutta la filiera di produzione si adegua al suo utilizzo partendo da coloro che si occupano dell'approvvigionamento, della progettazione, della costruzione e/o alla messa in servizio di beni costruiti fino a coloro che partecipano alla realizzazione di attività di gestione patrimoniale, comprese le operazioni e la manutenzione. Proprio per agevolare un utilizzo di uno standard per la digitalizzazione dei progetti comune la norma europeo ha emanato la serie BS EN ISO 19650. Organization and digitization of information about buildings and civil engineering works, including building information modelling (BIM) - Information management using building information modelling. Deriva, di fatto, dalle PAS britanniche, in particolar modo dalla PAS 1192 – 2: 2013, anche se ci sono anche riferimenti alle PAS 1192 – 3: 2014. Strutturata in due parti: la Parte 1 riguarda i "Concetti e principi", mentre la Parte 2 si occupa della "Fase di consegna dei cespiti immobili".

Parte 1 "Concetti e principi"

La Parte 1 della ISO 19650 si articola in 13 capitoli attraverso i quali definisce i

principi fondamentali della Produzione informativa, dei metodi di consegna e l'organizzazione della struttura produttiva. La norma si applica all'intero ciclo di vita dell'edificio e a commesse di qualsiasi dimensione e complessità. Scopo e campo d'applicazione; Riferimenti normativi; Termini e Definizioni; Informazioni sul Cespite immobile e sulla commessa; Definizione dei requisiti informativi e dei modelli informativi risultanti; Il ciclo di consegna delle informazioni; Funzioni della gestione informativa del cespite immobile e della commessa; Capacità e risorse del gruppo di consegna; Lavoro collaborativo basato sui contenuti informativi; Pianificazione della consegna delle informazioni; Gestione e Produzione collaborativa delle informazioni; Soluzione e flusso di lavoro dell'ACDat. Sommario "building information modelling (BIM) according to the ISO 19650 series" Il documento definisce i concetti e i principi raccomandati per i processi aziendali nel settore dell'ambiente costruito a sostegno della gestione e della produzione di informazioni durante il ciclo di vita degli asset costruiti (denominato "gestione delle informazioni") quando si utilizza la modellazione delle informazioni sugli edifici (BIM). Tali processi possono fornire risultati commerciali vantaggiosi ai proprietari/operatori di attivi, ai clienti, alle loro catene di approvvigionamento e a coloro che sono coinvolti nel finanziamento di progetti, compreso l'aumento delle opportunità, riduzione del rischio e riduzione dei costi attraverso la produzione e l'utilizzo di modelli informativi di attività e progetti. La norma è applicabile ai beni costruiti e ai progetti in fase di realizzazione di tutte le dimensioni e di tutti i livelli di complessità. Questo include

grandi proprietà, reti infrastrutturali, singoli edifici e pezzi di infrastrutture. Tuttavia, i concetti e i principi inclusi nel presente documento dovrebbero essere applicati in modo proporzionato e adeguato alla portata e alla complessità dell'attività o del progetto. L'uso di questi standard garantisce al committente una gestione ottimale delle risorse e delle informazioni e indirizza il progetto verso il raggiungimento degli obiettivi. La normativa ha lo scopo di consentire al soggetto che ha il potere di nomina di stabilire i propri requisiti di informazione durante la fase di consegna degli asset e per fornire il giusto ambiente commerciale e collaborativo all'interno del quale (più) soggetti incaricati possono produrre informazioni in modo efficace ed efficiente.

Key
AIM asset information model
PIM project information model
A start of delivery phase — transfer of relevant information from AIM to PIM
B progressive development of the design intent model into the virtual construction model
C end of delivery phase — transfer of relevant information from PIM to AIM

Figure 1 — Scope of this document

Figura 44: Concetti BIM

Un flusso di informazioni funzionale ed univoco, permette i soggetti coinvolti in tutte le fasi del progetto di essere efficienti. Nella ISO 19650 parte 1 vengono definiti gli ambienti e i flussi delle informazioni.

Lo standard è rappresentato da una rappresentazione BIM Building Information Modeling che è facilmente fruibile e interrogabile. Le informazioni sono contenute in un CDE Common Data Environment, una piattaforma univoca e condivisa. Lo scopo: è rivolto a tutte le organizzazioni e soggetti responsabili dell'approvvigionamento, progettazione, costruzione, consegna, gestione e manutenzione di beni di edifici e infrastrutture.

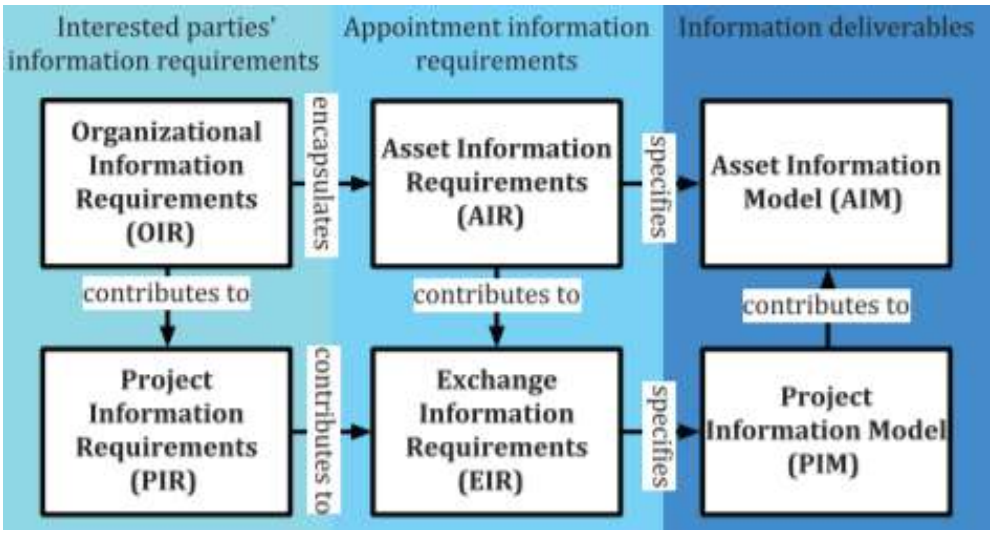
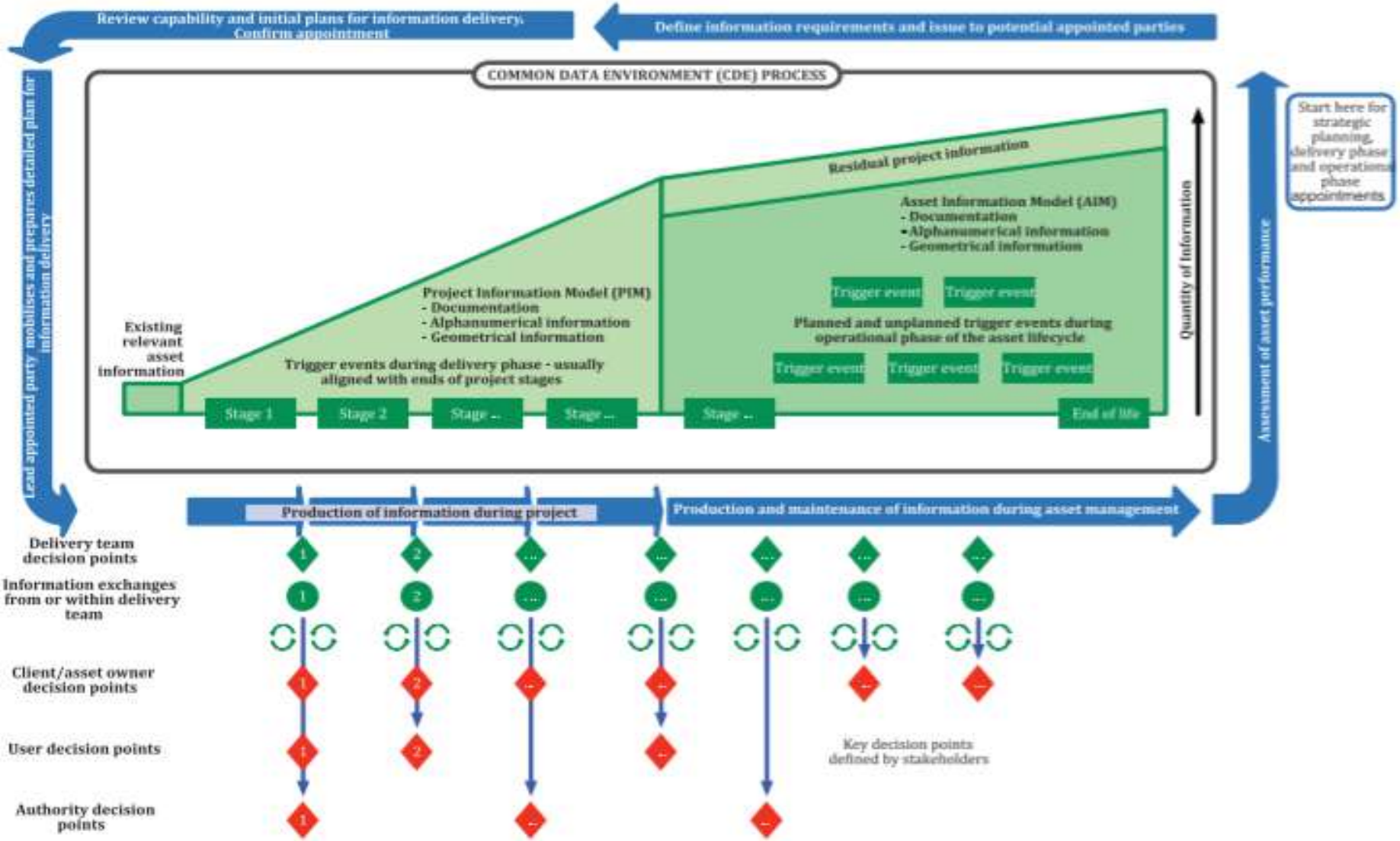


Figura 45: Suddivisione e organizzazione BIM

Dal punto di vista più propriamente del ciclo di vita del bene immobiliare, poi, viene proposto in una sintetica ed esemplificativa, l'intero flusso informativo con

l’evidenziazione dei vari momenti intermedi di valutazione, verifica e approvazione, in cui anche il committente è chiamato ad esprimersi circa il soddisfacimento dei requisiti progettuali inizialmente espressi.

La seconda parte, poi, entra più specificatamente all’interno del processo informativo, occupandosi anzitutto dei protagonisti, precisandone la collocazione all’interno della filiera di processo e relativi ruoli e funzioni.


Review capability and initial plans for information delivery. Confirm appointment
Define information requirements and issue to potential appointed parties
COMMON DATA ENVIRONMENT (CDE) PROCESS
Lead appointed party mobilises and prepares detailed plan for information delivery
Residual project information
Asset Information Model (AIM)
- Documentation
- Alphanumerical information
- Geometrical information
Quantity of Information
Start here for strategic planning, delivery phase and operations phase appointments
Project Information Model (PIM)
- Documentation
- Alphanumerical information
- Geometrical information
Existing relevant asset information
Trigger events during delivery phase - usually aligned with ends of project stages
Trigger event
Trigger event
Planned and unplanned trigger events during operational phase of the asset lifecycle
Trigger event
Trigger event
Trigger event
Stage 1
Stage 2
Stage ..
Stage ...
Stage ..
End of life
Assessment of asset performance
Production of information during project
Production and maintenance of information during asset management
Delivery team decision points
Information exchanges from or within delivery team
Client/asset owner decision points
User decision points
Authority decision points
Key decision points defined by stakeholders

Parte 2 “Fase di consegna dei cespiti immobili”

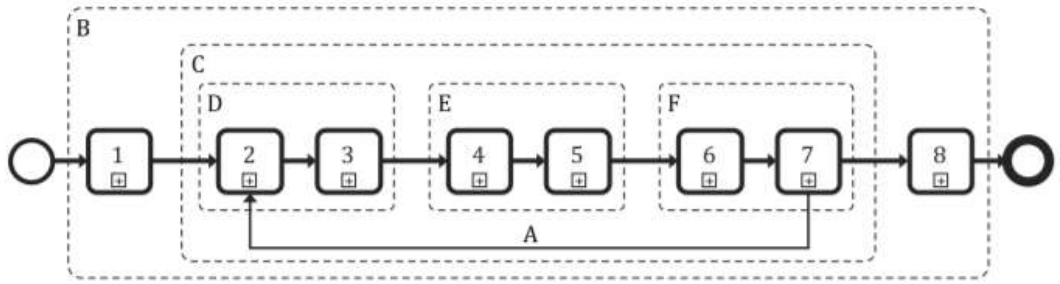
La Parte 2 della ISO 19650 si articola in 5 capitoli attraverso i quali definisce i principi fondamentali della Produzione informativa, dei metodi di consegna e l'organizzazione della struttura produttiva. La norma specifica i requisiti per la gestione delle informazioni, sotto forma di un processo gestionale, nel contesto della fase di consegna dei cespiti immobili e dello scambio di informazioni, quando si utilizza il Building Information Modelling (BIM). La norma può essere applicata a tutti i tipi di cespite immobile e da tutti i tipi e dimensioni di organizzazione, indipendentemente dalla strategia di appalto scelta.

1. Scopo
2. Riferimenti normativi
3. Termini e Definizioni
4. Gestione delle informazioni durante la fase di consegna delle attività
5. Processo di gestione delle informazioni durante la fase di consegna delle attività

Innanzitutto, la norma ci ricorda quali sono i ruoli coinvolti dal punto di vista della procedura d’incarico: il Soggetto Proponente (Committente o chi per lui), il Soggetto Incaricato Principale e i Soggetti Incaricati. I Soggetti Incaricati danno vita al Gruppo Incaricato a cui fa capo il Soggetto Incaricato Principale per costituire il Gruppo di Fornitura.

Fatta questa premessa possiamo ripercorrere le tappe attraverso cui vengono

definite le commesse. La norma individua 8 fasi di gestione, che però non devono essere confuse con le fasi di progetto che, come abbiamo già visto nella parte 1, non sono più prestabilite e sono state sostituite con gli “eventi scatenanti”: ogni progetto ha i suoi.



Activities

1	assessment and need	A	information model progressed by subsequent delivery team(s) for each appointment
2	invitation to tender	B	activities undertaken per project
3	tender response	C	activities undertaken per appointment
4	appointment	D	activities undertaken during the procurement stage (of each appointment)
5	mobilization	E	activities undertaken during the information planning stage (of each appointment)
6	collaborative production of information	F	activities undertaken during the information production stage (of each appointment)
7	information model delivery		
8	project close-out (end of delivery phase)		

Figura 46: Estratto schema ISO 19650

La norma specifica i requisiti per la gestione delle informazioni, sotto forma di processo di gestione, nel contesto della fase di consegna dei beni e degli scambi di informazioni al suo interno, utilizzando la modellizzazione delle informazioni degli edifici. In particolare permette alla parte che ha il potere di nomina di stabilire i propri requisiti di informazione durante la fase di consegna dei beni e a fornire il giusto

ambiente commerciale e collaborativo all'interno del quale i soggetti designati possono produrre informazioni in modo efficace ed efficiente.

3.2 Descrizione del prodotto e descrizione del prodotto e formalismo BPMN

Business Process Model and Notation (BPMN) è una notazione di modellazione nata per fornire un linguaggio di modellazione che risultasse essere una descrizione astratta, e quindi adeguata alla necessità di non imporre vincoli alla sequenzializzazione delle lavorazioni nelle fasi preliminari del processo di pianificazione. Progettato per fornire una notazione standard che sia di immediata comprensione da tutti gli attori del processo. Con questo linguaggio è quindi possibile descrivere l'intero processo arricchendolo con notazioni e descrizioni di ogni sua parte. I diagrammi di flusso creati con lo standard BPMN sono detti Business Process Diagram (BPD) e sono un insieme di elementi grafici capaci di creare flowchart semplice di comprensione ma che risponda anche a tre caratteristiche fondamentali ai fini dell'applicazione dei seguenti principi:

- rappresenta una descrizione astratta dei processi,
- viene espresso in un formalismo che può essere gestito dai software,
- impone soltanto i vincoli necessari alla definizione delle precondizioni interne ai processi, lasciando quindi ampio margine di scelta sulla sequenzializzazione delle attività all'algoritmo in base alle caratteristiche delle risorse e dei vincoli.

Utilizzando i formalismi grafici successivamente descritti è possibile modellare la maggior parte dei processi di business. I differenti oggetti utilizzati si suddividono in quattro categorie:

- Oggetti di flusso (Flow Objects) a loro volta suddivisi in Eventi, Attività e Gateway.
- Oggetti di connessione (Connecting Objects) a loro volta suddivisi in Flusso di sequenza (Sequence Flow), Flusso di messaggio (Message Flow), Associazione (Association).
- Swimlanes, a loro volta suddivisi in Pools e Lanes.
- Artefatti (Artifacts), che aggiungono informazioni al processo, sono suddivisi in Oggetto di dati (Data Object), Gruppo (Group), Annotazione (Annotation).

Di seguito vengono espressi e rappresentati gli oggetti:

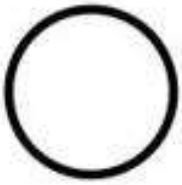
- Evento: Un evento è qualcosa che accade durante il corso del

processo di business. Questi eventi influiscono sull'esito del flusso del processo

e solitamente sono caratterizzati da una causa (trigger) e da un effetto (result).

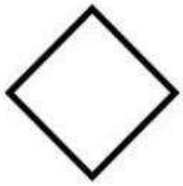
Vengono rappresentati per mezzo di un cerchio e ne esistono tre di base: gli

eventi di inizio, intermedi al processo e di fine.



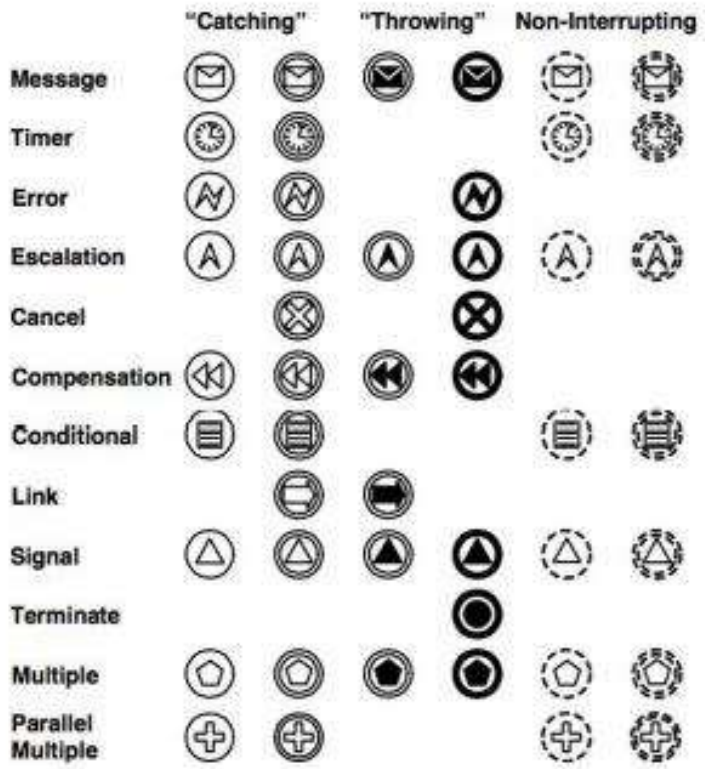
- Attività: Attività è un termine generico per indicare il lavoro che svolge una qualche entità. Un’attività può essere atomica o composta. I tipi di attività che fanno parte del modello di processo sono tre: il processo, il sottoprocesso e il task. I task e i sotto processi sono rappresentati con un rettangolo arrotondato.

- Gateway: Un gateway viene utilizzato per controllare la divergenza e la convergenza di un flusso di sequenza. Viene rappresentato come un rombo, se il rombo contiene in ‘’**+**‘’ vorrà dire che le attività uscenti da esso saranno svolte in contemporanea.



- Flusso di sequenza: Un flusso di sequenza viene utilizzato per mostrare l'ordine con cui vengono eseguite le attività all'interno del processo, graficamente rappresentato con una freccia.

Ulteriori simbologie:



Tipologia di attività: Le attività si dividono in: task, processo o sottoprocesso.

In particolare:

- un task rappresenta un'unità atomica di attività che è inclusa all'interno di un processo. Viene utilizzato quando l'attività non è ulteriormente decomponibile;

- un sottoprocesso è un'attività composta che viene inclusa all'interno di un processo. Graficamente può essere visualizzata completamente oppure viene visualizzata in modalità "collassata" con il simbolo "+" che sta ad indicare questa tipologia.

• Tipologia di gateway: Esistono differenti gateway utilizzabili in base alla condizione che si vuole porre. I principali sono:

- Gateway esclusivi: definiscono una scelta da fare nel flusso di processo. Questa scelta può essere basata su dati oppure su evento;

- Gateway inclusivi: definiscono una o più scelte che vengono prese nel flusso del processo. La scelta di un percorso nel flusso di processo non è esclusiva;

- Gateway complessi: sono stati definiti per trattare quelle situazioni che non è possibile affrontare con gli altri tipi di gateway. Ad esempio l'unione di più gateway;

- Gateway paralleli: definiscono l'esecuzione di più attività in parallelo.

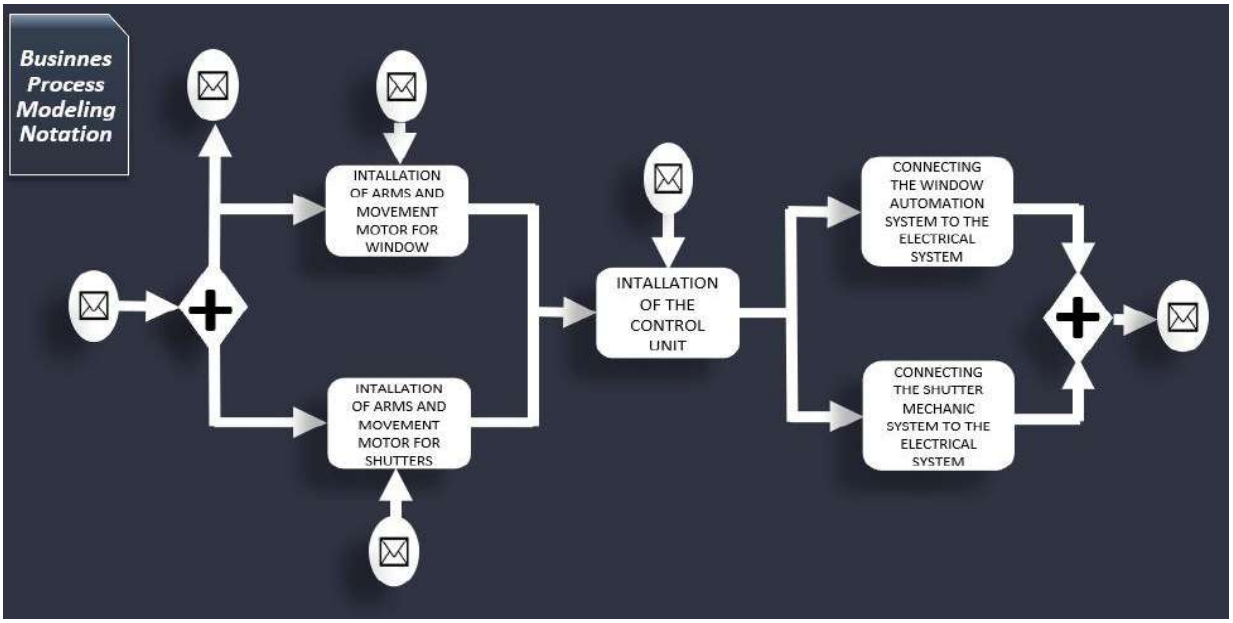


Figura 47: Pianificazione attività in formato BPMN

3.3 Algoritmo MACS_VRPTW

Il sistema olonico, è dapprima sviluppato per descrivere alcune strutture diffuse nel mondo della natura. I primi algoritmi prendono il nome di Ant- Algorithms, questa

struttura della funzione è riconducibile al mondo animale, fu infatti il comportamento delle formiche durante la fase di foraggiamento ad essere preso come modello di riferimento per la formulazione di un nuovo approccio meta-euristico di ottimizzazione, conosciuto appunto con il nome di ACO, “Ant Colony Optimization”. L’ACO è ispirato proprio al comportamento delle reali colonie di formiche, in particolare a come le formiche, pur essendo animali quasi ciechi, riescano a stabilire i percorsi più brevi dalla loro colonia alle fonti di alimentazione. Tale comportamento è stato dimostrato dai ricercatori essere possibile grazie all’utilizzo di feromoni, il quale è un liquido rilasciato dall’insetto durante il passaggio. Ogni formica è influenzata dalla quantità di feromone per la scelta della strada da percorrere tra le possibili alternative. (D.CORNE, M.DORIGO, F. GLOVER, 1999).

L'idea di base di Ant Colony Optimization (ACO) è che un gran numero di semplici agenti artificiali sono in grado di costruire buone soluzioni a problemi di ottimizzazione combinatoria difficili tramite comunicazioni basate su basso livello [Gambardella et al., 1999]. Anche se, quando esiste una soluzione, questo algoritmo è in grado di trovare un optimum globale al problema dell'ottimizzazione, il suo primo vantaggio è che è in grado di trovare una soluzione sub-ottimale fattibile in un tempo finito: più lungo è il tempo a disposizione per il calcolo, più accurata è la soluzione. La seconda caratteristica dell'algoritmo è che le successive ricerche di soluzioni partono dall'ultima e cercano di mantenere le alternative vicine ad essa. Questo è un requisito importante quando si pianificano le attività poiché gli

aggiustamenti successivi dovuti a eventi imprevedibili dovrebbero cercare di mantenere il più possibile il piano precedentemente concordato.

Per riassumere, vengono eseguiti i seguenti passaggi:

In assenza di segni nell'ambiente, le formiche di una colonia di formiche eseguono una ricerca randomizzata di cibo; quando una formica scopre una fonte di cibo, secerne e lascia cadere una sostanza chiamata feromone sulla via del ritorno al nido mentre trasporta parte del cibo; Lascia di feromoni evapora se nessun'altra formica deposita feromoni freschi; quando una formica percepisce una scia di feromoni, è spinta dal suo istinto a seguire la traccia fino alla fonte di cibo e poi deposita tracce di feromoni sulla via del ritorno al nido.

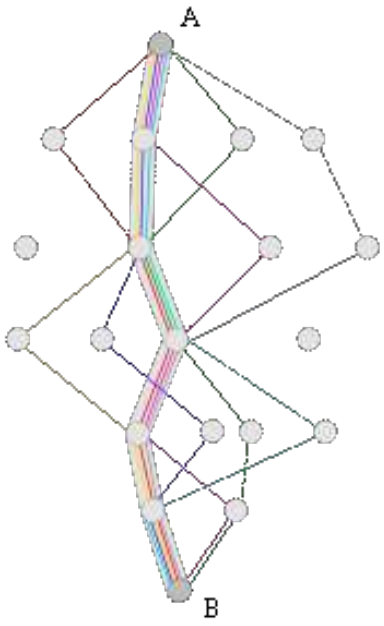


Figura 48: Rappresentazione sistema ACO

Ant System

I principi alla base del sistema di ottimizzazione ACO vennero successivamente implementati all'interno di software in forma di algoritmi al fine di fornire un nuovo approccio ingegneristico multi-agente in grado di risolvere problemi di ottimizzazione complessi. Il primo lavoro proposto prende il nome di AS, "Ant System" (Dorigo, Maniezzo e Colorni, 1991). L'algoritmo è strutturato per simulare il comportamento delle nature delle formiche, replicando il meccanismo di individuazione del percorso più breve.

Per capire l'approccio utilizzato nell'algoritmo AS analizziamo un esempio pratico: ipotizziamo due formiche che rilasciano la stessa quantità di feromoni durante il loro cammino. Entrambe le formiche vogliono raggiungere l'obiettivo (F) percorrendo 2 strade diverse dove: il percorso A è lungo 2 metri e il percorso B è lungo 4 metri. L'insetto che percorre il percorso A, a parità di tempo, percorrerà più volte la strada dalla colonia al punto di foraggiamento rispetto la formica che ha scelto il percorso B. Di conseguenza il Percorso A, che è il percorso più breve, sarà cosparso da una quantità di feromoni maggiore rispetto il percorso B. Le altre formiche della colonia sono attratte dalla strada con la quantità di feromoni maggiore quindi prediligeranno il primo sentiero rispetto al secondo, quando dovranno scegliere tra i due percorsi. Grazie a questo meccanismo la colonia di formiche sceglierà la strada più breve tra le possibili alternative per raggiungere i propri obbiettivi.

Per formalizzare il comportamento egli insetti, l'algoritmo esegue una serie di interazioni in un intervallo di temo stabilito, durante le quali il sistema individua il numero di passi "n" che ogni formica esegue durante ogni tour individuato.

In ogni iterazione viene simulato il comportamento della formica, la quale percorre un tour diverso. Ogni volta che l'elemento si trova di fronte alla scelta dell'arco che collega il nodo "i" al nodo "i+1", che compongono i passaggi del tour, il sistema basa la selezione su un meccanismo decisionale probabilistico. La variabile che determina la desiderabilità di un percorso rispetto ad un altro è dettata dalla quantità di feromone che ogni formica rilascia al proprio passaggio.

Per evitare che la quantità di feromoni che si deposita in un percorso vincoli a priori la decisione di un elemento, al feromone depositato viene associato un intervallo di tempo massimo oltre il quale questo "evapora". L'algoritmo così elaborato permette di individuare il percorso più brave tra i possibili per raggiungere il punto desiderato. Infatti, il sistema fu applicato al problema del venditore ambulante (Traveling Salesman Problem, o TSP), il quale obbiettivo è quello di trovare il percorso più breve dato un insieme di città che devono essere visitate una volta.

L'applicazione dell'approccio AS è stata in principio utilizzata per elaborare soluzioni di sistemi stati, il limite del sistema quello di ottenere risultati in con tempistiche ragionevoli solo per problemi di natura semplice, limitando il campo di azione dell'algoritmo, Nel 1996 il sistema venne implementato con gli studi di Dorigo e Gambardella i quali svilupparono un algoritmo con il nome di ACS "Ant Colony

System”. Il sistema ACS implementa quelle che sono le procedure del sistema AS, migliorando la funzione decisionale del percorso. Al meccanismo decisionale di ogni formica viene aggiunta la variabile della” lista de candidati”, la quale ha come obbiettivo quella di limitare le scelte dell’arco dal nodo “i” al nodo “+1” solo tra quelli con caratteristiche particolari, ad esempio distanza limitata. Inoltre viene modificato l’aggiornamento dei feromoni, il quale avviene offline: al termine di un’interazione dell’algoritmo, ovvero una volta che tutte le formiche hanno costruito una soluzione, la traccia dei feromoni viene aggiunta agli archi utilizzati dalla formica che ha trovato il miglior tour. (D.CORNE, M.DORIGO, F. GLOVER, 1999)

MACS_VRPTW

In letteratura sono presenti altri numerosi Ant-Algorithms, il cui successo è stato ampliamente dimostrato al fine di ottimizzare anche problemi diversi dal TSP. Ad esempio tutti i problemi di individuazione nella definizione delle rotte dei veicoli (Vehicle Routing Problem, VRP).

In particolare, alcuni studi si concentrano nel migliorare l’efficienza del coordinamento delle attività produttive, basandosi sullo sviluppo del sistema MACS_VRPTW. Tale modello ha come obiettivo quello di ridurre al minimo i tempi e i costi nel caso in cui una flotta di veicoli adibiti al trasporto di merci da un deposito a un insieme di clienti. L'idea centrale dell'algoritmo è di usare due colonie di formiche: una colonia, denominata ACS-VEI, con l’obbiettivo di minimizzare i

veicoli, mentre l'altra, denominata ACS-TIME, la quale minimizza il tempo di percorrenza del percorso. Le due colonie sono completamente indipendenti, dal momento che ognuno ha un proprio percorso di feromoni, ma collaborano condividendo la variabile che descrive la soluzione migliore. Il sistema è quindi in grado di offrire due serie di tour, utilizzando degli elementi che sono progettati per ottimizzare una funzione obiettivo multipla: la prima colonia riduce al minimo il numero di veicoli mentre la seconda colonia riduce al minimo la distanza percorsa. (D.CORNE, M.DORIGO, F. GLOVER, 1999)

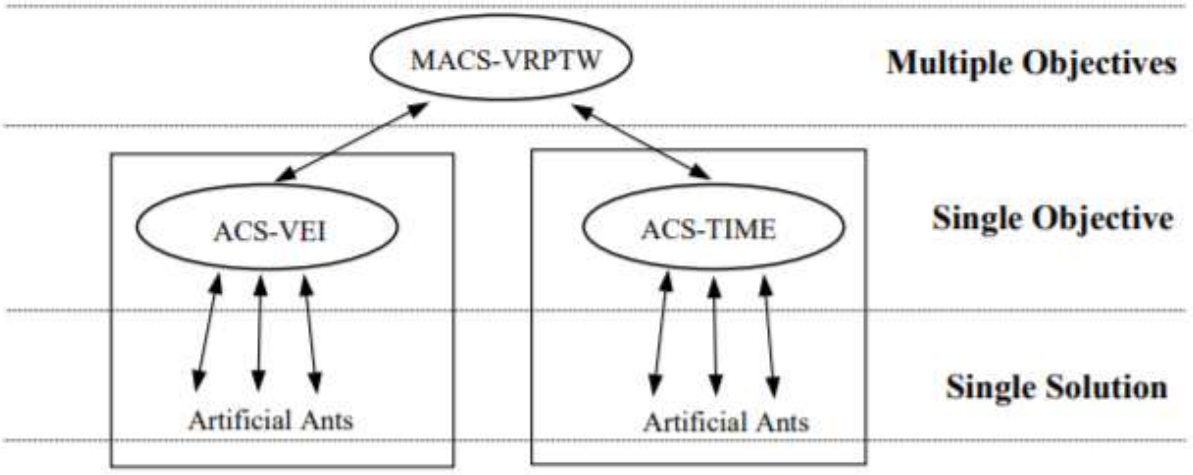


Figura 49: Struttura MACS-VRPTW

Il sistema è composto da n clienti serviti da un unico deposito “c0”. Ogni cliente “ci”, con “i = 1, ..., n” richiede una quantità “qi” di merce e una capacità del veicolo disponibile “Q” per la consegna. Ogni consegna non può essere suddivisa e il

veicolo deve periodicamente tornare al deposito per ricaricarlo. Nell'insieme, il problema è rappresentato come un grafico costituito da un insieme di nodi “C = {c0, c1, ..., cn}” e archi “Lij = (ci, cj): i ≠ j” a cui una matrice di valori del tempo di viaggio “tij” è associato. Ogni cliente “ci” viene fornita una finestra temporale [bi; ei], durante la quale ogni cliente deve essere servito (vale a dire che deve essere servito tra l'ora di inizio “bi” e l'ora di fine “ei”).

L'approccio alla soluzione del VRPTW, presuppone che i tour siano eseguiti da una flotta di veicoli identici e che l'ottimizzazione sia basata sull’Ant Colony System (ACS). L'ACS viene applicato per ridurre al minimo il numero di veicoli e il tempo di viaggio (ovvero per ottenere un'ottimizzazione multi obiettivo). A questo scopo, due misure sono state associate a ciascun arco: prossimità (ηij) e scia di feromone (τij). La prima è l'inverso della distanza, la seconda viene dinamicamente modificata dalle formiche in fase di runtime. I percorsi dei feromoni sono usati in congiunzione con la funzione obiettivo per costruire nuove soluzioni, dove una maggiore attrattiva nella decisione degli archi è data ai segmenti con una traccia di feromone più alto. Ogni formica è assegnata al deposito “c0” e deve costruire una soluzione fattibile, aggiungendo iterativamente nuovi nodi finché tutti i nodi non sono stati visitati una sola volta. Quando la formica “k” (per “k = 1, ..., na”) si trova sul nodo “i”, sceglie il nodo successivo “j” probabilisticamente nell'insieme di nodi fattibili” Nkj” (cioè i nodi che non sono stati ancora visitati e che sono conformi alla finestra temporale “bi ≤ ti ≤ ei”).

L'attrattiva di un nodo è definita dall'Equazione:

$$p_{ij} = \begin{cases} \frac{\tau_{ij} \cdot [\eta_{ij}]^{\beta}}{\sum_{c_l \in N_k^l} \tau_{il} \cdot [\eta_{il}]^{\beta}} & se\ c_j \in N_k^j \end{cases}$$

Il parametro "β" pesa l'importanza relativa della valutazione euristica basata sulla distanza, rispetto al percorso del feromone. La regola probabilistica, ad ogni iterazione, decide casualmente tra due criteri di selezione alternativi: sfruttamento ed esplorazione. Questo viene fatto sulla base di un parametro "q0" ∈ [0; 1] che determina l'importanza relativa dello sfruttamento rispetto all'esplorazione: maggiore è q0, più è probabile che il criterio di sfruttamento sia selezionato rispetto al criterio di esplorazione. La formica "k" con probabilità "q0" ordina il nodo successivo come quello con il massimo " τij [ηij] β ", mentre con probabilità "(1 - q0)" seleziona il nodo come un'osservazione della variabile casuale discreta con probabilità distribuita "pij", ∀ "j = 1, ..., n".

Nel MACS-VRPTW, è facoltativo includere che, una volta che ogni formica ha costruito una soluzione completa, essa viene provvisoriamente migliorata usando una procedura di ricerca locale. La soluzione migliore viene utilizzata per modificare la matrice di traccia del feromone ("τij") come segue:

$$\tau_{ij} = (1-\rho)\cdot\tau_{ij} + \frac{\rho}{J_{\Psi}^{gb}}, \quad \forall(i,j): c_i, c_j \in \Psi^{gb}$$

Dove “0 < ρ < 1” e “Jψgb” è la lunghezza di “Jgb”, cioè il percorso più breve generato dalle formiche dall'inizio del calcolo. Le future formiche useranno queste informazioni per generare nuove soluzioni attorno alla soluzione migliore. A livello locale, quando una formica si sposta dal nodo “i” al nodo “j”, la quantità di scia di feromoni sull'arco “Lij” viene ridotta della quantità:

$$\tau_{ij} = (1-\rho)\cdot\tau_{ij} + \rho\cdot\tau_0$$

dove “τ0” è il valore iniziale delle tracce. Quindi, il processo viene iterato generando nuovamente le “m” formiche fino a quando non viene soddisfatta una condizione di terminazione.

L’obbiettivo della ricerca è quello di sviluppare uno strumento di supporto alla gestione delle attività, in particolare sviluppare algoritmi utilizzabili ad esempio dagli elementi del sistema olonico, per migliorare l’efficienza del sistema di pianificazione. Al fine di ottimizzare un algoritmo che sia in grado di implementare la pianificazione della gestione delle attività di produzione del settore edile sono state aggiunte

funzionalità nell'algoritmo finale. Tra le due colonie è stato utilizzato solo la colonia ACS-Time, poiché lo scopo finale può essere tradotto mediante l'ottimizzazione dei costi, trascurando così la riduzione del numero dei veicoli e del tempo minimo di viaggio.

La descrizione del processo produttivo avviene attraverso la conversione degli input del sistema MACS_VRPTW. Le singole attività sono rappresentate dalle singole formiche, mentre i nodi rappresentano i clienti. Ad ogni veicolo possono essere associate parametri che ne descrivono la situazione come il costo specifico o la produttività. Il calcolo dei costi è stato generalizzato: i costi diretti includono quelli generati viaggiando tra i nodi, in attesa di lavoro e quelli dell'operazione stessa (ad esempio in base alla produttività). Inoltre, sono stati aggiunti i costi indiretti, che dipendono dal tempo totale trascorso. I vincoli che tengono conto delle propedeuticità tra le attività sono stati aggiunti al fine di far rispettare la sequenza operativa corretta, quindi le relazioni tra i veicoli corrispondono a quelle tra le attività. Inoltre, la migliore soluzione viene rivalutata, confrontata e aggiornata a ogni iterazione per consentire una riprogrammazione dinamica quando si verificano eventi imprevisti. (D.CORNE, M.DORIGO, F. GLOVER, 1999)

La generalizzazione a più attività richiede un doppio processo di selezione per consentire ogni movimento di una formica: non solo il prossimo nodo deve essere selezionato, ma anche il prossimo veicolo deve essere scelto per operare in quel nodo. Quando la formica "k" (per "k = 1, ..., na") si trova sul nodo "i", sceglie il veicolo

successivo “v” probabilisticamente nel set di veicoli fattibili “Vkj”(cioè i veicoli che non hanno ancora visitato tutti i nodi) in base al numero di nodi ammissibili “ nkiv ” per quel veicolo:

$$p_v^i = \begin{cases} \dfrac{n_k^{iv}}{\sum_{u \in V_k^i} n_k^{iu}} \cdot \gamma & if\ v \in V_k^i\ and\ v\ funziona\ nel\ nodo\ n_i \\ \dfrac{n_k^{iv}}{\sum_{u \in V_k^i} n_k^{iu}} & se\ v \in V_k^i\ e\ v\ non\ funziona\ nel\ nodo\ n_i \end{cases}$$

dove “γ > 1” è un fattore utilizzato per aumentare l'attrattiva dei veicoli che erano già attivi e, quindi, per promuovere soluzioni con operazioni continue del veicolo. Analogamente a quanto fatto nel classico MACS-VRPTW, il prossimo veicolo viene quindi selezionato da un'osservazione della variabile casuale discreta con distribuzione di probabilità “pvi”, ∀ “v = 1, ..., nv”.

3.4 Gestione degli spazi

La gestione dello spazio di lavoro è definita come il processo di generazione e associazione dei workspace, il loro collegamento con le task che si susseguono al fine di creare il prodotto, il rilevamento delle collisioni e la loro gestione, ad alto rischio o basso rischio. L'obiettivo principale è quello di garantire l’assenza di conflitti spaziali e congestioni degli spazi di lavoro diminuendo l’impatto negativo su costi, tempi e sicurezza. I conflitti fra gli spazi di lavoro sono sovrapposizioni

inaspettate tra le risorse spazio durante l'esecuzione delle attività, le quali possono determinare una perdita di produttività e un ritardo dell'intero progetto. Incertezze come le variazioni di produttività, durate di esecuzione più lunghe o più brevi rispetto quelle pianificate o l'occupazione di spazi di lavoro più grandi del previsto, possono portare a collisioni.

Il problema della gestione degli spazi di lavoro può essere suddiviso in tre fasi:

I. Pre-collisione: Pianifica l'area di lavoro, in cui si inseriscono i dati su dimensioni, forma, collegamento e comportamento delle risorse. Il passaggio successivo è un processo di simulazione di eventi discreti per visualizzare l'evoluzione dello spazio di lavoro;
II. Rilevamento collisione: si verifica una sovrapposizione di risorse e il sistema è in grado di rilevarla;
III. Dopo la collisione: La gravità dell'impatto è stata valutata in base all'entità, alla durata e alla criticità dell'attività dell'urto. Di conseguenza, viene determinata un'azione risolutiva, ovvero se procedere come pianificato, modificare le proprietà dell'area di lavoro o modificare il piano.

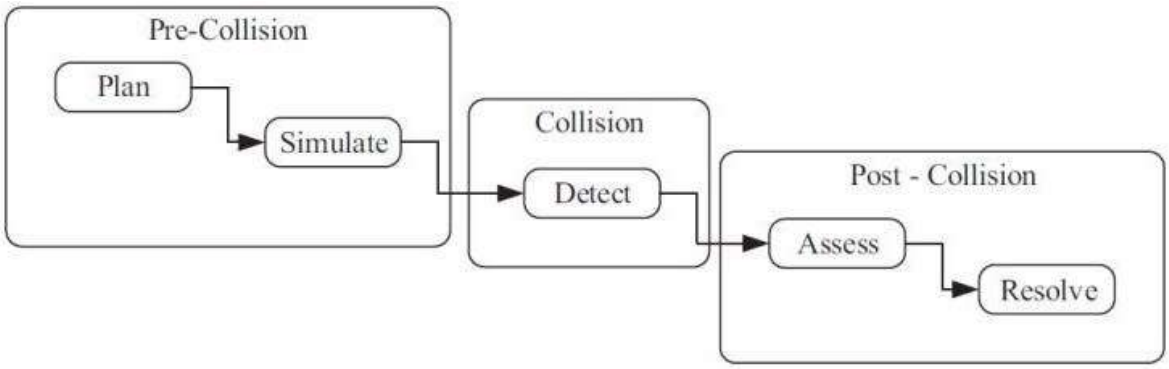


Figura 50: La figura mostra i tre problemi di gestione dello spazio

Nella prima fase avviene la pianificazione, in figura con dicitura ‘’Plan‘’ fase in cui sarà implementato il modello che rappresenta i workspace associati alle task presenti nel progetto.

Il modello viene preferito ad un modello 3D disconnesso dalla pianificazione per la gestione dello spazio di lavoro perché:

- un elemento della costruzione (un pilastro o una trave ad esempio) spesso è il prodotto di più attività e quindi deve essere associato a vari spazi di lavoro in diverse fasi della costruzione;
- gli spazi di lavoro devono essere suddivisi in varie fasi, ognuna delle quali ha proprietà spazio-temporali uniche per tutta la durata dell'attività e differenti da quelle delle successive fasi;
- le collisioni devono essere controllate in ogni fase dello spazio di lavoro con altri rispettivi spazi di lavoro o elementi che condividono le stesse proprietà temporali.

Per mettere in relazione gli spazi di lavoro e controllare le collisioni sono necessari dei parametri di input con cui classificare gli spazi, i quali sono di tre tipologie:

I. Spaziali: che riguardano dimensione, forma e posizione.
II. Temporali: che riguardano il tempo e la produttività;
III. Comportamentali: che riguardano il tipo dello spazio di lavoro in base alle risorse da cui è occupato, la natura dello spazio che descrive la sua evoluzione nel processo (statica o dinamica) e i movimenti.

Output:

L'output della fase "Plan" è un modello spaziale contenente le informazioni richieste per la simulazione.

La maggior parte degli approcci attuali utilizza tecniche di simulazione ad eventi discreti ovvero con variabili che cambiano istantaneamente il loro valore in definiti istanti di tempo. Gli spazi di lavoro sono suddivisi in parti più piccole in funzione degli input inseriti nella fase precedente.

Questi metodi scompongono gli spazi di lavoro assumendo due ipotesi principali:

- un tasso di produzione uniforme per tutta la durata dell'attività;
- le attività occupano lo spazio di lavoro pianificato (in termini di dimensioni e posizione), senza contemplare l’ipotesi che possano subire variazioni.

Considerando che le attività di costruzione di solito non progrediscono mantenendo

la stessa produttività e sono altamente soggette a variazioni, un approccio deterministico che non considera le incertezze esclude dalla simulazione alcuni scenari che hanno possibilità di accadere.

L'output della fase "Simulate" è una disposizione spazio-temporale degli spazi di lavoro per tutta la durata del progetto che può essere esaminata per rilevare le sovrapposizioni.

Questa rappresenta lo scenario base con cui avviare l'esecuzione.

I metodi di rilevamento adottati sono i seguenti:

I. Temporal detection: si identificano le aree con maggiore potenziale di collisione analizzando il pianificato e individuando i periodi con più attività simultanee nella stessa posizione.
II. Approximation detection: si confronta la lunghezza del raggio dello spazio di lavoro con la lunghezza della linea che connette il centro della zona di lavoro di un attività e la zona di lavoro dell'attività che opera in spazi adiacenti.

    Nel caso in cui, il raggio risulti insufficiente significa che c'è collisione.
III. Topographical detection: ad ogni spazio di lavoro viene assegnata una matrice spaziale in cui l'operatore binario entry-wise definisce la collisione.
IV. Geometrical intersection tests: ogni spazio di lavoro è controllato (attraverso il confronto a coppie) sovrapponendolo a tutti gli altri spazi di lavoro con cui può avere collisioni.

L'output della fase "Detect" prevede una lista di informazioni sulle collisioni, compresa la dimensione, la durata delle collisioni e il numero di risorse coinvolte in ogni incidente, senza valutarne però la gravità.

Le tecniche attuali per valutare l'entità delle collisioni possono essere classificate in tre livelli principali:

- site (S): calcola ad una data prefissata il rapporto tra spazi richiesti e disponibili in quella data. Un valore superiore a uno indica una sovrapposizione. Questo metodo non indica quali sono le attività che interferiscono.
- workspace (W): utilizza due parametri del conflitto: il volume degli spazi sovrapposti (volume di collisione) e la durata della sovrapposizione (durata della collisione). I rapporti tra ciascuno di questi valori e le loro controparti pianificate sono utilizzati per valutare l'intensità della collisione.
- attività (A): si usano funzioni parametriche per valutare la gravità di una collisione indagando misure relative all'attività come la criticità del pianificato, il numero di spazi di lavoro per attività, il numero di conflitti per attività.

Tutti i parametri utilizzati nei tre livelli non tengono conto dello stato dell'area di lavoro e delle tipologie di squadre coinvolte nella collisione. È un presupposto irrealistico che l'impatto sarà lo stesso indipendentemente da quando si verifica un disturbo nell'area di lavoro o da chi è coinvolto. La valutazione non presuppone che la collisione possa avere effetti di spillover sulle attività future. I parametri

attualmente utilizzati nel modello utilizzano una singola quantità piuttosto che un intervallo di valori o distribuzioni di probabilità, il primo gap apparente osservato nel modello è l'incapacità di tenere conto delle incertezze che possono verificarsi in fase di esecuzione, che possono interrompere la pianificazione e negativamente impatto sui risultati della pianificazione. Alla fine, le diverse crew possono reagire in modo diverso, anche alla stessa collisione.

3.5 Approccio olonico per la pianificazione degli spazi di lavoro

Le architetture gerarchiche di controllo della produzione vengono utilizzate nel processo di pianificazione di sistemi complessi, come gli edifici. Tuttavia, il piano attraverso la gerarchia viene generato prima dell'inizio del processo, quindi le prestazioni della risorsa e le condizioni operative approssimative e stimate si basano principalmente sulla durata dell'attività e sui vincoli prioritari dell'attività prima dell'inizio dell'ingegneria. In questo modo, la soluzione progettuale resta valida per un determinato scenario operativo predeterminato e presenta il principale inconveniente di non fornire la necessaria flessibilità in ambienti incerti e mutevoli come quello edilizio. Durante la costruzione di un edificio, le proprietà o le condizioni al contorno delle risorse possono cambiare più volte durante lo stesso processo di costruzione. Non hanno la capacità di determinare se una decisione è migliore di un'altra. Si ricorda che in un sistema complesso, le stesse condizioni di partenza possono produrre risultati diversi, a seconda della sequenza delle interazioni tra i

componenti del sistema. In sistemi complessi è evidente che i progettisti non possono imporre vincoli arbitrari o almeno devono rendere facile la loro revisione. Di conseguenza, i cambiamenti registrati nel corso del lavoro, come i cambiamenti nelle prestazioni delle risorse, tendono a rendere il piano originale inutilizzabile nella pratica. La produttività può essere migliorata attraverso la trasparenza delle modifiche al runtime o la pianificazione basata sui dati raccolti nel processo. Aggiornando il piano con lo stato attuale del progetto, può anche colmare il divario risultante tra il piano e la realtà, ad esempio con una frequenza settimanale. Con più informazioni in fase di esecuzione, è più facile identificare l'origine di un problema o di un'opportunità e prendere decisioni efficaci. Maggiori informazioni devono essere associate a strumenti che possono essere elaborati per uno scopo specifico per ottimizzare il processo.

3.6 Servizio web

3.6.1 Ambiente di simulazione Unity 3D

Unity3D è un motore grafico multipiattaforma sviluppato da Unity Technologies che consente di riprodurre processi produttivi, si basa su elementi definiti “GameObject”. Un “GameObject” può essere un oggetto vuoto, un oggetto 3D, un effetto, una luce, un audio, un video o un interfaccia utente.

Grazie al quale è possibile mettere in relazione i workspace di ogni attività presente nella baseline del progetto in esame, simulando un orizzonte temporale definito

dall'utente, affinché emergano quelle che sono le collisioni.

Le interferenze non è detto che si presentino, nel caso in cui vengano rilevate si suddividono in due tipologie, in funzione della loro risoluzione, ovvero di basso o alto livello. Nel caso in cui il sistema riveli collisioni, esse saranno accompagnate da descrizione dettagliata sulle crews che risultano sovrapporsi, sulla posizione e sul deliverable di riferimento.

Unity 3D quindi è il software utilizzato per la gestione delle interferenze dei workspace, consente di rappresentare l'ambiente complesso, attraverso elementi 3D, in ogni suo aspetto importando i dati BIM, in particolare nel caso di studio si è partiti dal modello Autodesk Revit, ma è possibile farlo anche con BIM 360, Navisworks, SketchUp e Rhino.

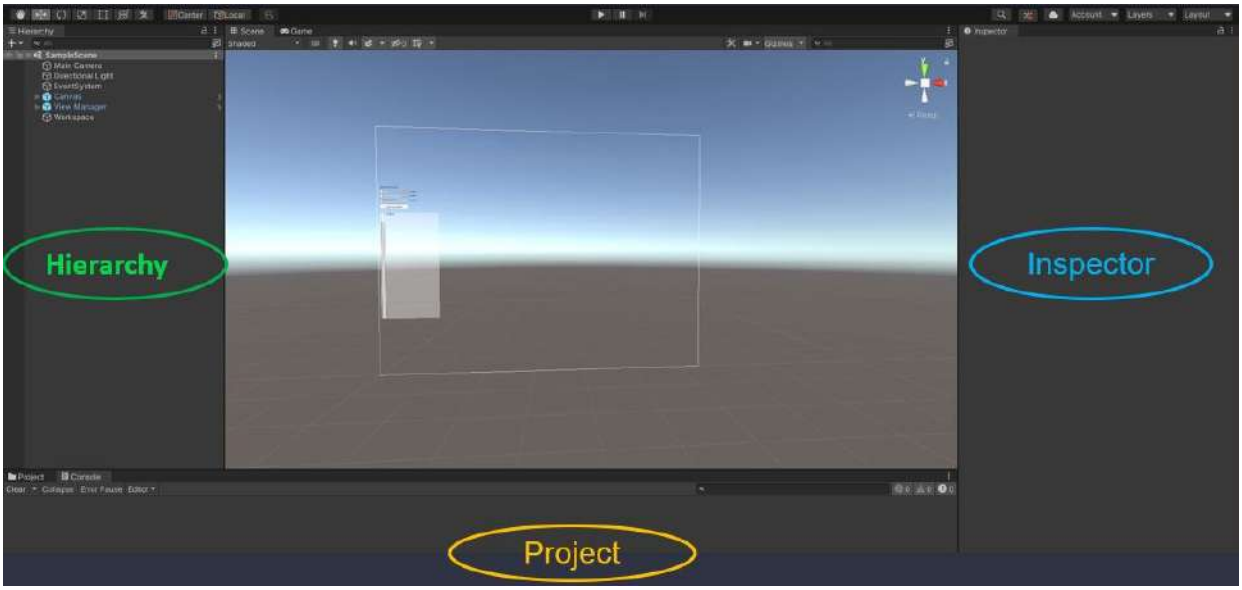


Figura 51: Interfaccia grafica di partenza Unity3D

La piattaforma si suddivide al suo interno in tre differenti sezioni oltre la visualizzazione centrale del modello, ovvero ‘’Inspector‘’ che permette di aggiungere componenti ai “GameObject” che vanno intesi come elementi. I componenti oltre a regolare la posizione, ne determinano il comportamento, tra i componenti possibili da integrare ci sono gli “script”. Questa sezione permette di mettere in relazione più “GameObject” e strutturare sistemi complessi di relazioni.

La seconda sezione è denominata ‘’Project‘’ in cui è possibile caricare nuovi componenti e file esterni dal progetto, sezione dove saranno esplicite le interferenze nelle date in esame, mette in evidenza il soggetto che causa la mancata elaborazione, nel caso in cui qualcosa nei file di input non venga correttamente elaborato, come la lettura errata di una stringa contenuta nel file json.

La terza sezione ‘’Gerarchia‘’ ovvero il raggruppamento di tutti i componenti presenti, gli elementi possono essere raggruppati secondo gerarchie definite. Il concetto principale è che un oggetto figlio di un altro, eredita le caratteristiche dell’oggetto genitore (soprastante). All’interno di questa gerarchia sono presenti: il workspace, days, crew e deliverables.

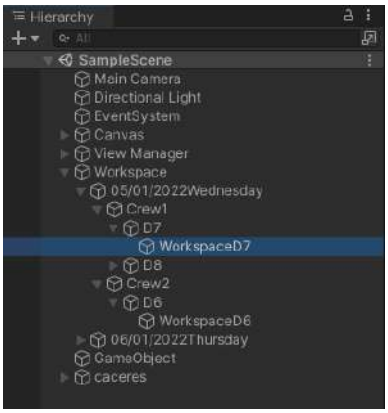


Figura 52: Sezione hierarchy Unity3D

3.6.2 Input e output

Le simulazioni rappresentano veri e propri strumenti decisionali che permettono di capire quali sono le migliori scelte progettuali e organizzative da mettere in atto. Come visto in precedenza il livello di dettaglio arriva fino al giorno, nel dettaglio vengono descritte le crew che sono in cantiere per quale deliverable. In seguito viene descritto come Unity3D riesce a fornire in automatico tutti questi dettagli.

Partendo dal modello BIM avendo in formato Revit il progetto da analizzare, affinché Unity3D ne possa attingere le informazioni, è necessario convertire in prima battuta il modello Revit in formato IFC, in seguito convertirlo in formato gltf a questo punto si ricava il corretto formato del modello geometrico da utilizzare sulla piattaforma descritta.

Per iniziare il processo è necessaria anche la baseline del progetto che si vuole analizzare, questa nel caso di studio che verrà espresso dettagliatamente nei capitoli successivi è stata ricavata da output di awops in formato json, che risulta

compatibile con Unity3D.

Vengono fornite in figura le prime stringe che descrivono la baseline:


```
"baseline": {
    "data": [
        {
            "id": "Project",
            "type": "project",
            "text": "Case Study 7: Belletti 2.0",
            "open": true,
            "start_date": "2022-01-03T07:00:00.000Z",
            "end_date": "2022-02-01T08:02:00.000Z",
            "parent": "0",
            "planned_start": "03-01-2022 08:00",
            "planned_end": "01-02-2022 09:02",
            "duration": 29,
            "progress": 0,
            "$no_start": true,
            "$no_end": true,
            "$rendered_type": "project",
            "$calculate_duration": true,
            "$effective_calendar": "global",
            "$source": [],
            "$target": [],
            "$rendered_parent": "0",
            "$level": 0,
            "$local_index": 0,
            "$open": true,
            "$expanded_branch": true,
            "$index": 0,
            "$rollup": []
        },
        {
            "id": "Crew1",
            "type": "project",
            "text": "CREW1",
            "open": true,
```

```
        "text": "CREW1",
        "open": true,
        "start_date": "2022-01-03T07:00:00.000Z",
        "end_date": "2022-01-17T11:00:00.000Z",
        "parent": "Project",
        "planned_start": [],
        "planned_end": [],
        "duration": 14,
        "progress": 0,
        "$no_start": true,
        "$no_end": true,
        "$rendered_type": "project",
        "$calculate_duration": true,
        "$effective_calendar": "global",
        "$source": [],
        "$target": [],
        "$rendered_parent": "Project",
        "$level": 1,
        "$local_index": 0,
        "$open": true,
        "$expanded_branch": true,
        "$index": 1,
        "$rollup": []
    },
    {
        "id": "Crew2",
        "type": "project",
        "text": "CREW2",
        "open": true,
        "start_date": "2022-01-03T07:00:00.000Z",
        "end_date": "2022-02-01T08:02:00.000Z",
        "parent": "Project",
        "planned_start": [],
        "planned_end": [],
        "duration": 29,
        "progress": 0,
```

```
    "$no_start": true,
    "$no_end": true,
    "$rendered_type": "project",
    "$calculate_duration": true,
    "$effective_calendar": "global",
    "$source": [],
    "$target": [],
    "$rendered_parent": "Project",
    "$level": 1,
    "$local_index": 1,
    "$open": true,
    "$expanded_branch": true,
    "$index": 32,
    "$rollup": []
},
{
    "id": "Crew3",
    "type": "project",
    "text": "CREW3",
    "open": true,
    "start_date": "2022-01-03T07:00:00.000Z",
    "end_date": "2022-01-04T07:23:00.000Z",
    "parent": "Project",
    "planned_start": [],
    "planned_end": [],
    "duration": 1,
    "progress": 0,
    "$no_start": true,
    "$no_end": true,
    "$rendered_type": "project",
    "$calculate_duration": true,
    "$effective_calendar": "global",
    "$source": [],
    "$target": [],
    "$rendered_parent": "Project",
    "$level": 1,
```

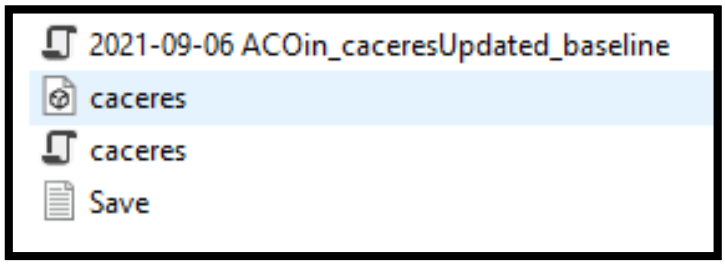
```
    "$local_index": 2,
    "$open": true,
    "$expanded_branch": true,
    "$index": 47,
    "$rollup": []
},
{
    "id": "Activity16",
    "type": "task",
    "text": "Installation of arms and movement motor for shutters",
    "open": true,
    "start_date": "2022-01-03T07:00:00.000Z",
    "end_date": "2022-01-03T13:00:00.000Z",
    "parent": "Crew1",
    "planned_start": [],
    "planned_end": [],
    "duration": 0,
    "progress": 0,
    "$no_start": false,
    "$no_end": false,
    "$rendered_type": "task",
    "$calculate_duration": true,
    "$effective_calendar": "global",
    "$source": [
        20
    ],
    "$target": [],
    "$rendered_parent": "Crew1",
    "$level": 2,
    "$local_index": 0,
    "$open": true,
    "$expanded_branch": true,
    "$resourceAssignments": [],
    "$index": 2
},
```

All’interno sono presenti informazioni cardine, come l’avanzamento dei lavori, per ogni deliverable infatti sono presenti tutte le attività che ne fanno parte e le crew associate, ordinate in funzione della baseline.

L’immagine seguente mette in evidenza il deliverable 1 a cui sono associate le task e per ognuna il tempo di completamento previsto:

Deliverable ID	Task Associata	ORE Previste
1	Remove existing panels, fixed frame and rough frame	1
	Remove existing sill	2
	Resize wall compartment	2
	Install new rough frame	2
	Restore/execute internal plaster	2
	Install new fixed frame and panels	2

Unity3D attinge quindi tutte le informazioni da una cartella, dove viene importato il piano dei lavori in formato json, il modello geometrico in formato .gltf ed il relativo file json associato che ne descrive gli elementi, come nell’immagine seguente:



A questo punto si procede con la simulazione, che inizia a una volta avviata la procedura dal tasto ‘’*Play*‘’ generando ad ogni deliverable il suo spazio di lavoro,

che è impostato per convenzione ma può chiaramente esser modificato per ogni tipo di task, così da ottenere la lista, eventuale, delle interferenze dette ‘’Collisioni‘’ tra le attività del momento simulato, viene specificato il momento simulato perché è possibile visualizzare quali attività entrano in confitto e le crew associate nei giorni desiderati.

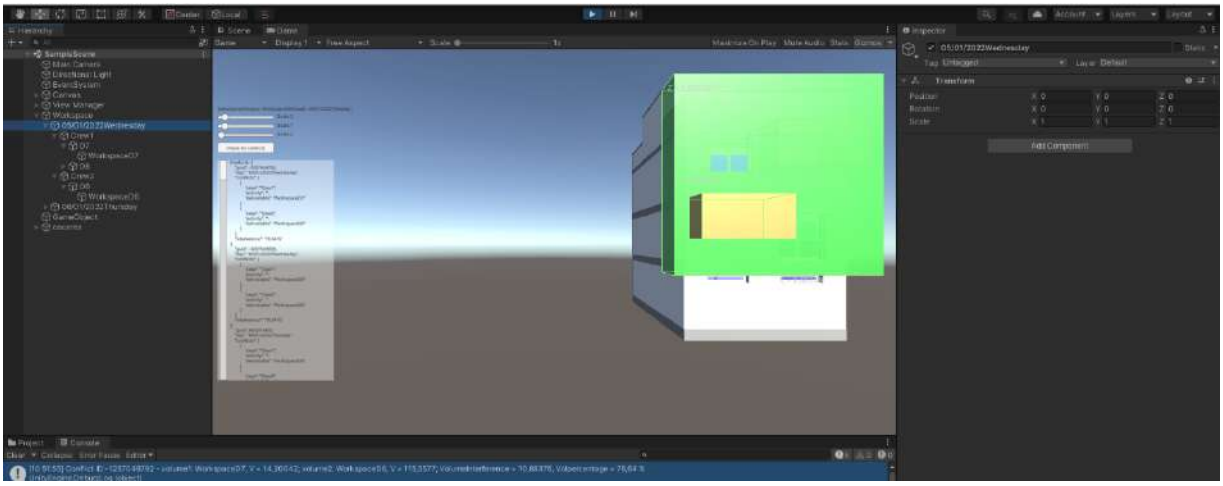


Figura 53: Interfaccia grafica conflitti Unity3D

L’output delle interferenze è chiaramente esplicito nella parte centrale dell’interfaccia grafica, la lista delle attività che, nel giorno analizzato, riscontrano collisioni, viene generato anche sulla sezione Project e viene anche generando un file, sulla cartella dove sono presenti i dati di input, come quello espresso in figura:

In questo documento sono presenti quali attività risultano in conflitto e in che giorno, citando le crews e il deliverable di riferimento.

4. Descrizione servizio di Programmazione dei lavori

4.1 AWOPS e Input

La piattaforma Automatic Work Planning Services (AWOPS) risponde ad una chiara esigenza di migliorare la pianificazione e il controllo dei processi edilizi, fornendo un ambiente di lavoro in gran parte automatico in grado di restituire la migliore risposta di pianificazione svincolando dalla rigidità dei vincoli imposti dal manager che ad oggi fanno parte delle cause di ritardi e sprechi.

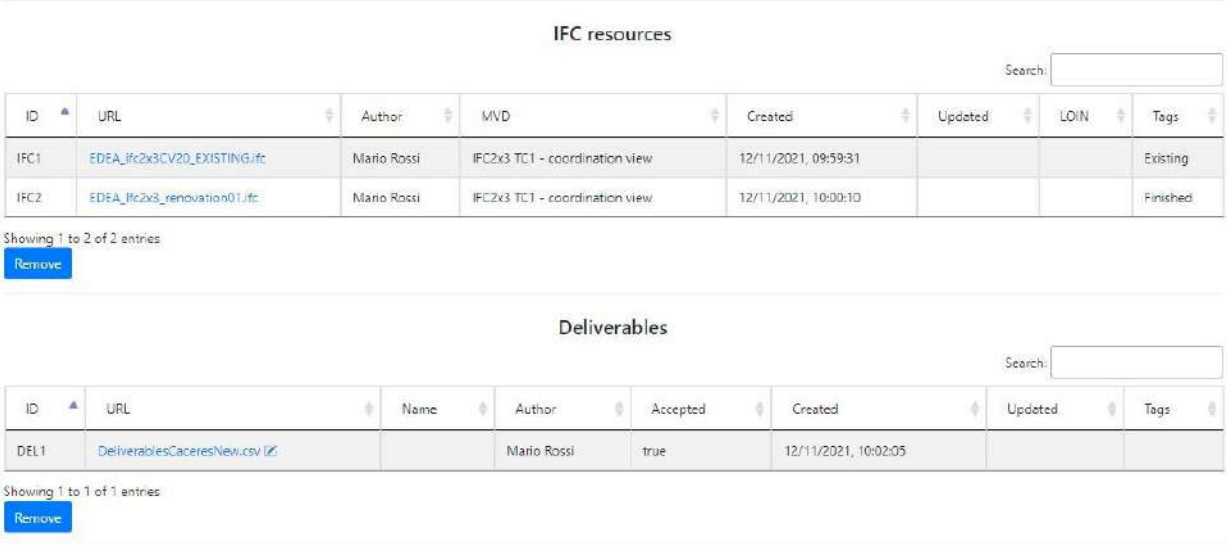
Il motore di simulazione è responsabile dell'esecuzione automatica delle simulazioni e della definizione della migliore baseline per il progetto combinando obiettivi locali e globali, che aiuterà i project manager a prendere le decisioni complessive più convenienti. Sviluppato in questo modo è quello di generare un piano di lavoro ottimizzato in base al tipo di informazioni immesse, questo non vuole essere un piano restrittivo e assoluto, ma sarebbe sicuramente una buona soluzione. È per questo motivo che sarà ancora nel radar degli esperti di P.M. che potranno esserne a conoscenza e aggiungerlo alla baseline del progetto. La piattaforma ripropone e si adatta anche a seconda del momento in cui viene condotta la simulazione. Durante l'esecuzione del progetto, quest'ultimo viene effettuato al fine di prevedere nel dettaglio lo sviluppo atteso, infatti le informazioni sull'effettivo stato di avanzamento del progetto, raccolte in loco, costituiscono la

base per l'aggiornamento dello stato attuale della simulazione, altri vengono eseguiti per prevedere ciò che è più probabile che accada nell'evoluzione a breve termine, valutando in tal modo l'impatto previsto di eventuali cambiamenti osservati. Per verificare la presenza di scostamenti materiali dal piano, vengono raccolte le informazioni dalla parte del progetto preliminare, ma soprattutto le informazioni desunte dalla fase di monitoraggio e controllo del cantiere. Valutare l'avanzamento del lavoro e lo stato delle risorse. AWOPS supporta nuovamente il P.M. per valutare alcune possibili modifiche al programma che potrebbero mitigare l'impatto di uno o più eventi avversi.

La struttura della piattaforma AWOPS si presenta un workflow di macrofasi che si susseguono per ordine di immissione ed estrapolazione dati.

AWOPS può attuarsi quando sono utilizzati software BIM che forniscono i dati di partenza, in particolare nella prima scheda chiamata ‘’Setup‘’ si inseriscono i dati di input, ovvero nella sezione IFC Resources, si inseriscono i file relativi allo Stato di progetto, che chiameremo Exiting e allo Stato di fatto, Renovation, quindi i file ifc del progetto finale e dello stato attuale.

L’automatismo della piattaforma si evince subito, dal confronto di questi file, infatti, vengono ricavate le Deliverables (tutti i prodotti o i risultati dati da un progetto e verificabili su base oggettiva).



Le sezioni Activities e Queries, ancora grazie all'automatismo della piattaforma, vengono implementate dalle rispettive informazioni, come: la lista delle attività, risorse, crew e le differenze trovate dal exiting e il renovation.

In particolare le Queries sono csv che rappresentano le differenze trovate da Existing e il Renovation, così da poter generare il workplan, ovvero elementi soggetti alle lavorazioni, il prodotto finale o ciò che rimuovo.

La differenza con i file che sono presenti nella sezione Deliverables è che le Queries sono liste degli elementi complessivi, nei deliverables invece all'interno del file ci sono più informazioni, come la posizione, l'unità di misura e il processo associato.

4.2 Configurazione

Nella sezione Processes vengono inseriti i processi precedentemente creati in formato BPMN, per esteso Business Process Model and Notation, che risultano

essere una descrizione astratta, come descritto nei capitoli precedenti, quindi adeguata alla necessità di non imporre vincoli alla sequenzializzazione delle lavorazioni nelle fasi preliminari del processo di pianificazione.

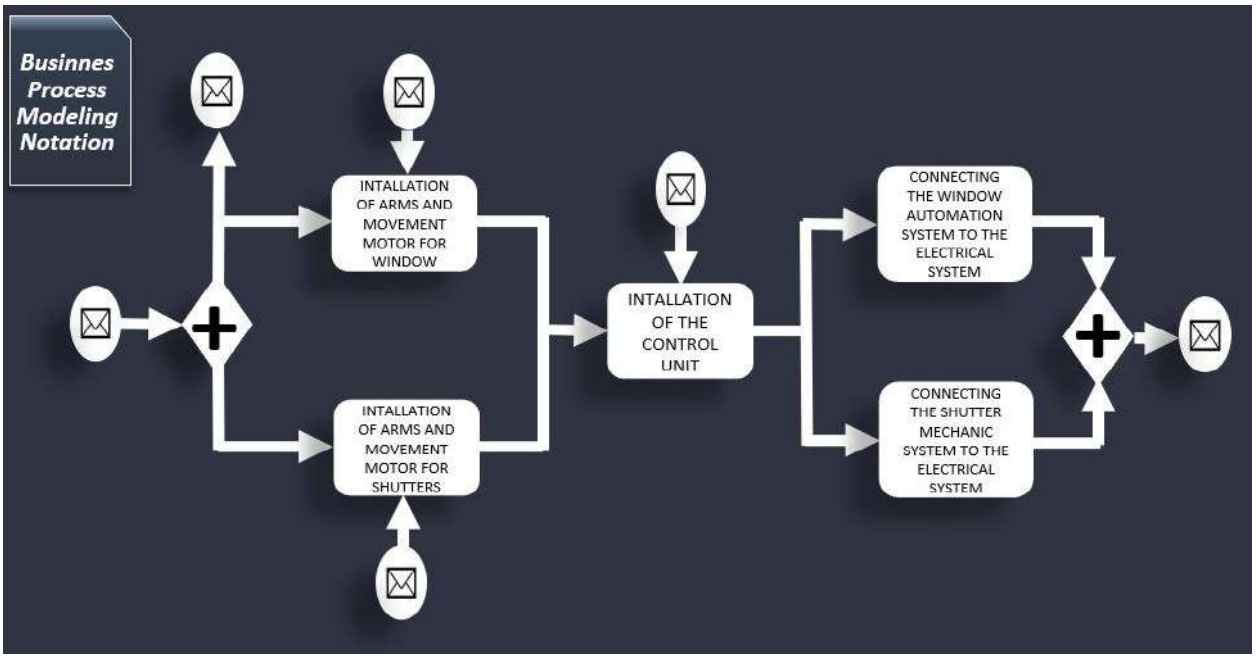


Figura 54: Esempio rappresentazione in BPMN

Una volta associate le voci di prezzario sui vari task all'interno dei processi e associati i processi ai vari deliverables il programma crea in automatico la lista delle attività. Anche le Risorse e le Crew vengono create in modo automatico dal programma attingendo le informazioni necessarie dal prezzario.

Prezzario link: https://awops.encore.univpm.it/pl/pricelist/caceres_2021/

PROC1 - Automation -Mechanization of window and shutter | PROC2 - Envelope renovation | PROC3 - Window Replacement

Task: Connecting the window automation system to the electrical system

E12ERC030

Product unit-of-measure (Puom): cad

E : PRECIOS DESCOMPUESTOS DE EDIFICATIÓN
E12 : INSTALACIONES
E12E : ELÉCTRICA
E12ER : LÍNEAS REPARTIDORAS
E12ERC : COBRE
E12ERC030 : Línea repartidora, formada por cable de cobre de 3,5x35 mm2, con aislamiento de 0,75 /1 kV, en montaje empotrado bajo tubo de PVC corrugado forrado grado de protección 7, de D=36 mm . Totalmente instalada, incluyendo conexionado.Según REBT.

Search:

Code	Type	Item	Resource unit-of-measure (Ruom)	Price (€)	Productivity (Puom/Ruom)	# 3 Quantity	# 3 Amount	# 3 Quantity	# 3 Amount	# 4 Quantity	# 4 Amount	# 4 Quantity	# 4 Amount
O01BL200	hr	Oficial 1ª Electricista	h	15.89	1	15.89	1.00	15.89	1.00	15.89	1.00	15.89	1.00
O01BL210	hr	Oficial 2ª Electricista	h	15.49	1	15.49	1.00	15.49	1.00	15.49	1.00	15.49	1.00

In particolare la sezione Crew ha funzione di rappresentare al project manager la minor squadra necessaria per effettuare il singolo processo, questo viene riproposto poi in varie sotto schede per tutti i processi inseriti all'interno del project.

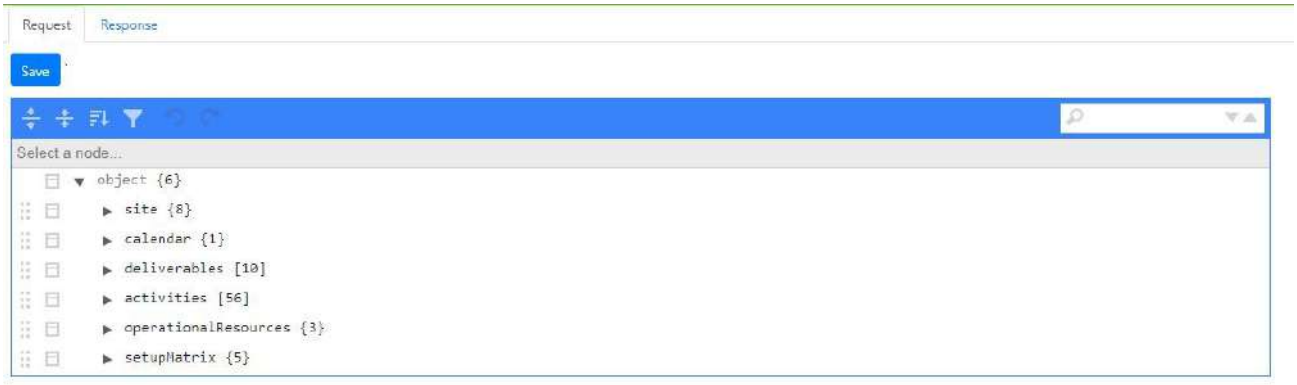
Una volta effettuati tutti i passaggi descritti è possibile generare un Workplan ottenendo in output da AWOPS il diagramma di Gantt e il Location Based Diagram.

4.3 Output

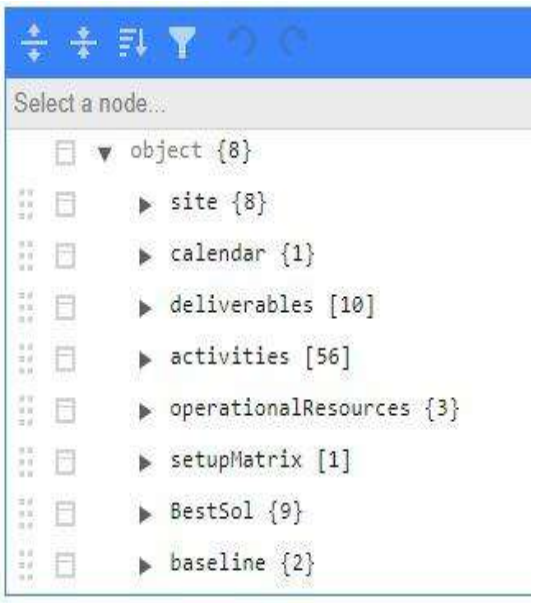
Gli Output dal sistema sono in formato .json che rende possibile eventuali modifiche veloci sul file quando si è in cantiere per ottenere una ripianificazione istantanea, dove sono modificabili non solo le tempistiche ma le molteplici caratteristiche:

- Size: una descrizione sommaria, dove è presente il 'nome' dell'operazione e il range temporale;

- Calendar: fasce lavorative, da cui vengono estratte le ore di lavoro;
- Deliverables: la classificazione di tutte le deliverables presenti;
- Activities: sezione nella quale è possibile modificare il progresso dell'attività riscontrata in cantiere, schematizzata da un ID unico per ogni attività, il codice di prezzario di riferimento, il deliverable di riferimento, le date di inizio e fine viste come al più presto e al più tardi, la dimensione che sarà incrementata una volta avviate le operazioni di cantiere e la sezione progress, dove l'utente si interfaccia con il sistema imprimendo la percentuale dello stato di avanzamento, per ogni task;
- Precondition: rappresentano i vincoli tra le attività;
- Crew: ovvero le squadre che lavorano nella singola task e con quanti unitLabour.



La BestSol è l'output di AWOPS e rappresenta la soluzione migliore, ovvero la rappresentazione in file json del diagramma di Gantt.



La struttura di dati in formato .json avvia automaticamente l'algoritmo ACO "Ant Colony Optimization" dove l'idea alla base di quest'ultimo è che un elevato numero di agenti artificiali semplici, come descritto precedentemente, sono in grado di cooperare e costruire buone soluzioni per problemi di ottimizzazione complessi. ACO è quindi implementato all'interno della piattaforma, così da restituirne la BestSol, interfaccia aggiornabile in qualsiasi momento, quando in cantiere, ad esempio, si riscontrano ritardi o anticipi, a questo punto sarà possibile modificare la percentuale di avanzamento della o delle attività coinvolte, così da riprogrammare e ottenere ancora un altro, nuovo e aggiornato, WorkPlan.

Nell'immagine che segue viene mostrato parte del Gantt Chart in output, dove viene rilevata la sequenza delle attività e le crew che le eseguiranno.

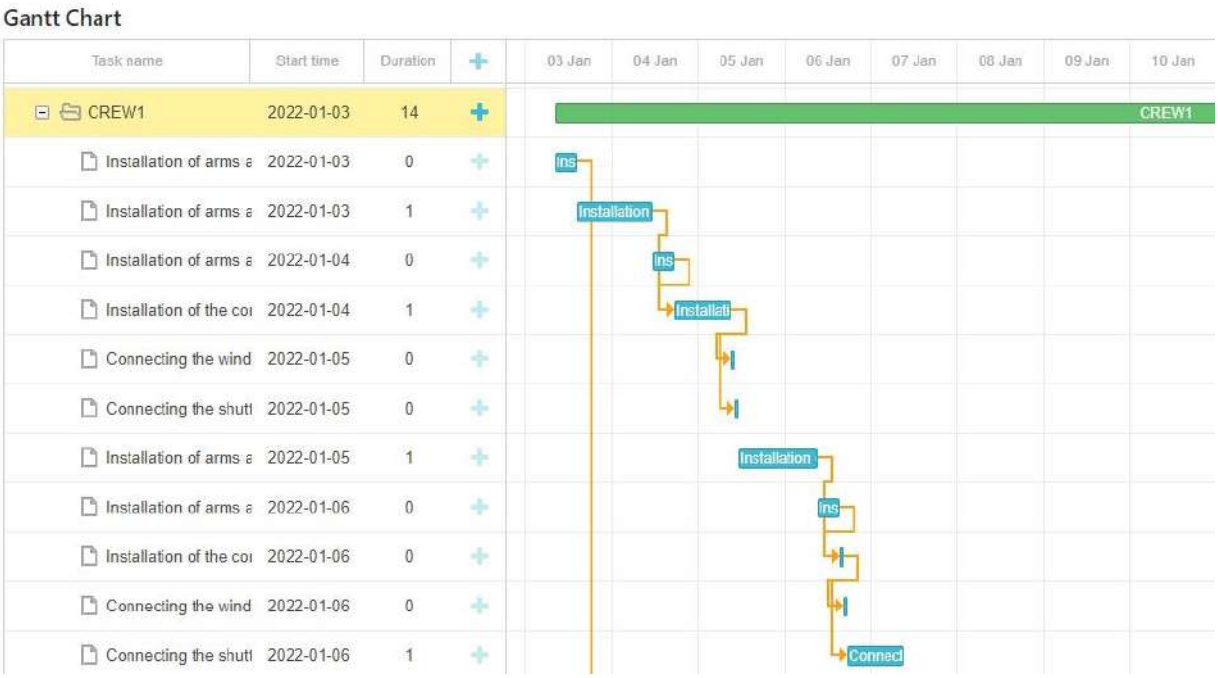


Figura 55: Esempio parziale Gantt Chart

La piattaforma AWOPS è all'interno di un procedimento olonico, per di ridurre al minimo i ritardi e attese indesiderate e dispendiose.

La scheda Execution è stata implementata inserendo l'elenco cronologico delle attività, suddiviso nei processi presenti, restituito dall'argoritmo precedentemente descritto.

Nelle attività possono associate le percentuali di completamento dagli attori preposti, come ad esempio, il capo cantiere, che ne determinerà il parziale o definitivo completamento, al fine di avere una visione ancor più completa del reale

avanzamento dei lavori.

Questo aggiornamento sarà poi comparato con il workplan giornaliero/settimanale, e nel caso in cui siano differenti sarà ri-programmato, come descritto, un nuovo workplan.

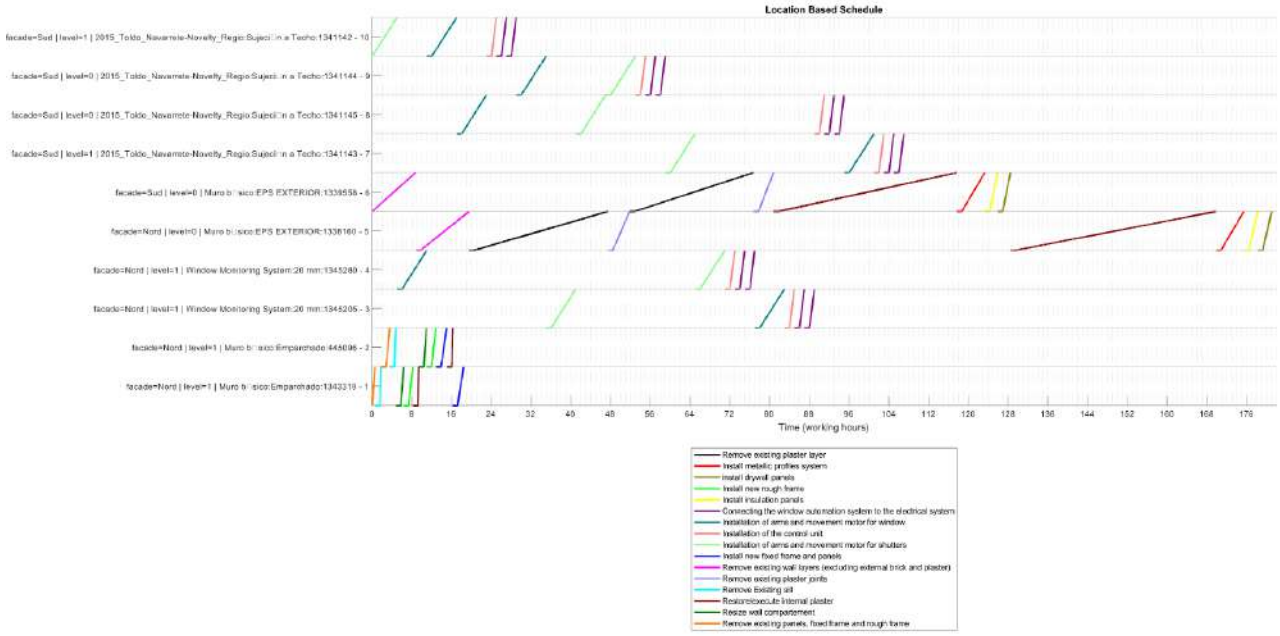


Figura 56: Location Based Schedule

5. Esempio di applicazione

5.1 Caso Studio

Il contesto è il progetto di ricerca Europeo ENCORE che prevede la riqualificazione di un Edificio residenziale situato a Caceres, in Spagna. Gli interventi di riqualificazione previsti sono:

• Modifica alle dimensioni di due finestre esistenti sul lato Nord;

• Inserimento di sistema di apertura automatico delle finestre modificate sulla facciata Nord;

• Installazione di schermature solari meccaniche sulla facciata Sud;

• Modifica della stratigrafia dei muri attraverso l'isolamento esterno con EPS delle facciate Sud e Nord

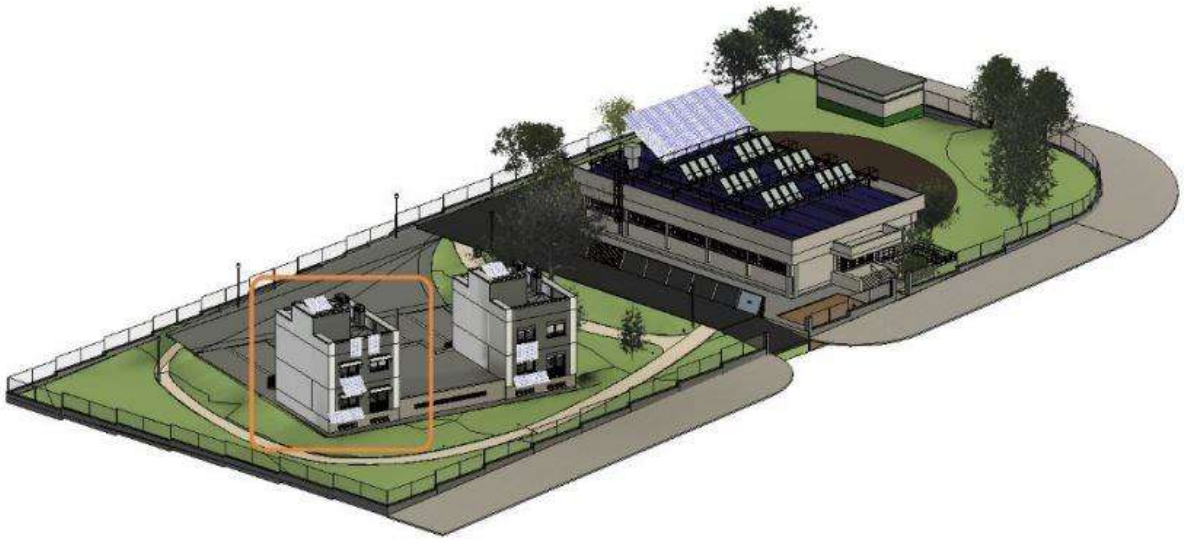


Figura 57: Rappresentazione del contesto in esame

L’edificio, allo stato di fatto, si sviluppa su 4 livelli: il seminterrato con funzione di parcheggio interno, due piani adibiti ad uso abitativo e la copertura piana. I muri si estendono oltre il livello della copertura formando il parapetto, l’ingresso dell’edificio è posto sul lato Nord, mentre sulle le facciate Est e Ovest sono assenti aperture.

Di seguito vengono rappresentate le facciate dell’edificio come si presenteranno a lavori ultimati:

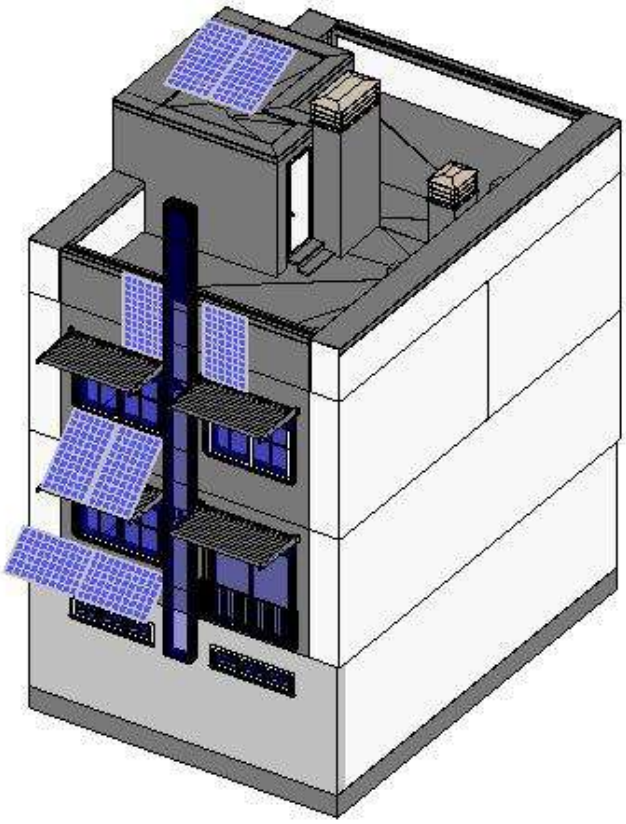


Figura 58: Progetto della facciata Sud-Caceres (modello Renovation)

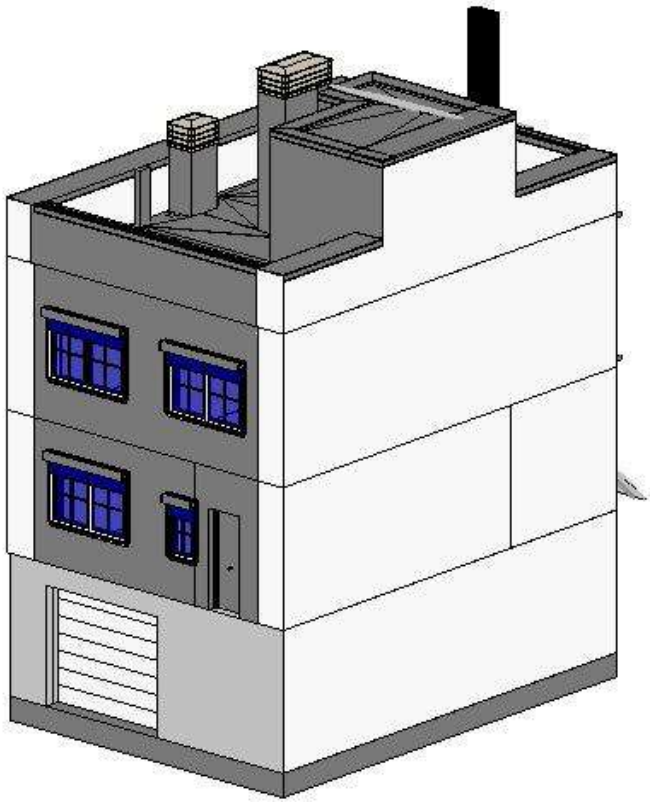


Figura 59: Progetto della facciata Nord-Caceres (modello Renovation)

5.2 Creazione baseline

Come visto in precedenza il primo approccio ad AWOPS è quello di inserire i dati di input, nello specifico si è partiti dai modelli Revit; ‘’existing‘’ e ‘’renovation‘’ successivamente convertiti in formato IFC affinché siano compatibili con gli input attesi dalla piattaforma, in figura vengono messi in evidenza.

ID	URL
IFC1	EDEA_ifc2x3CV20_EXISTING.ifc
IFC2	EDEA_Ifc2x3_renovation01.ifc

Nel capitolo 5.1 le figure sono relative al file in formato Revit ‘’renovation‘’ le immagini in seguito invece mostrano il progetto ‘’existing‘’ affinché sia possibile dedurne le differenze e di conseguenza quelle che saranno le lavorazioni da programmare, che sono comunque espresse nei paragrafi a seguire.

I processi che sono stati implementati sulla piattaforma sono in formato bpmn, il processo descritto ne contiene tre:

1. Automation–Mechanization of window and shitter;
2. Envelope renovation;
3. Window Replacement.

All’interno sono nominate le attività, che convergono e divergono tramite i gateway tutti rappresentati nelle figure che seguono.

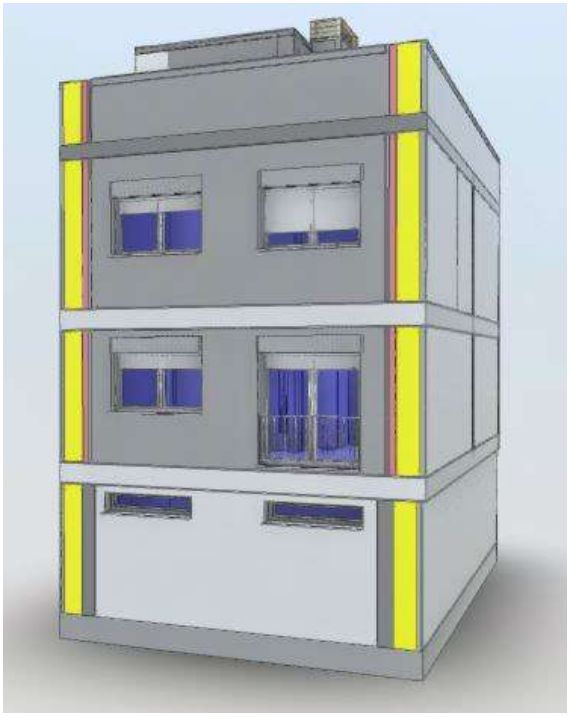


Figura 60: Progetto della facciata Sud-Caceres (modello Existing)

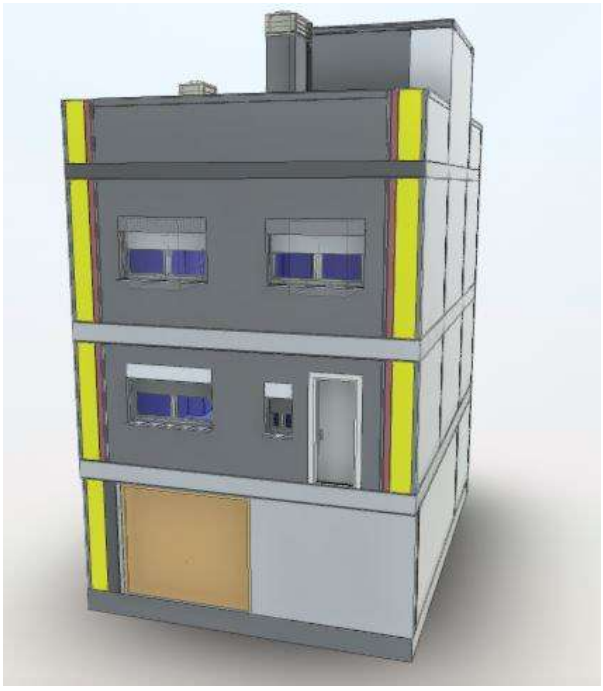


Figura 61: Progetto della facciata Nord-Caceres (modello Existing)

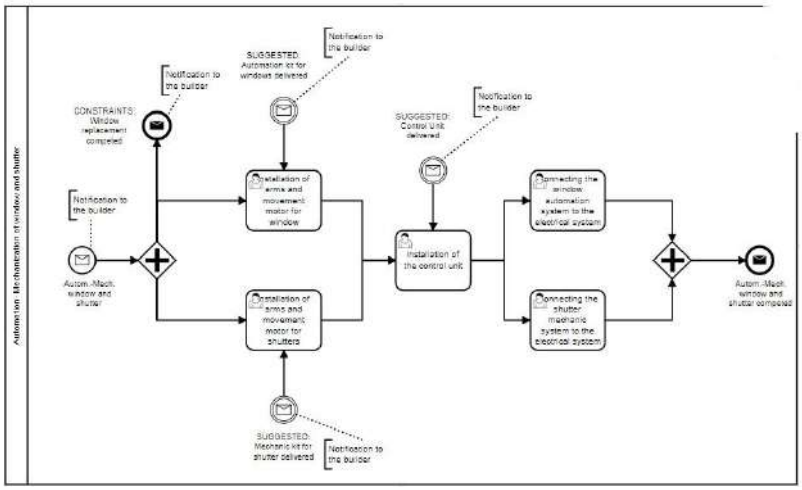
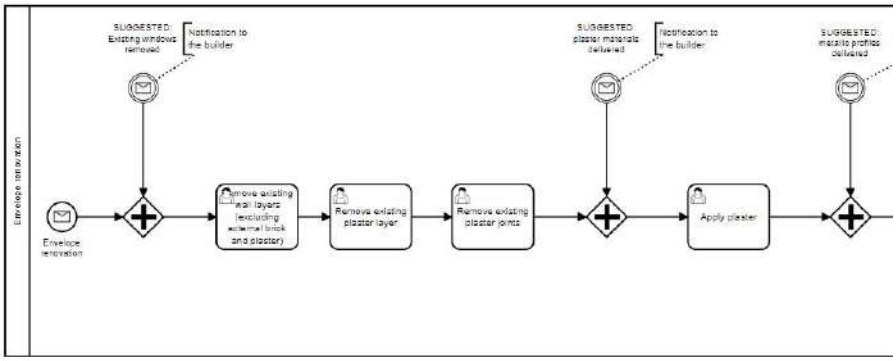


Figura 62:BPMN Automation–Mechanization of window and shitter



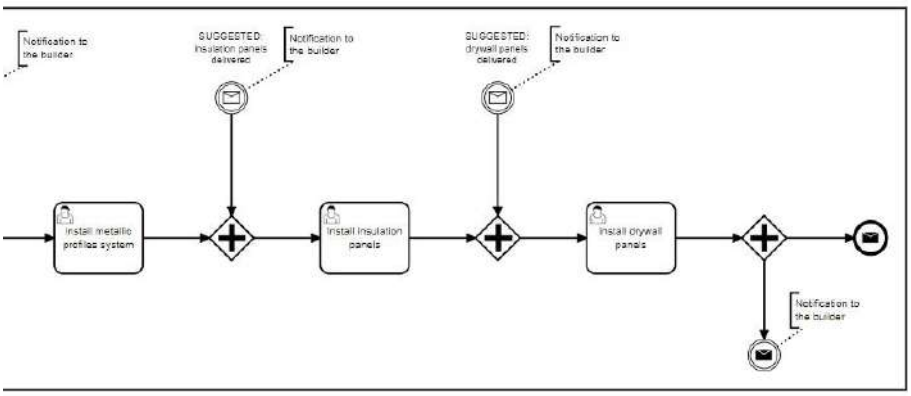
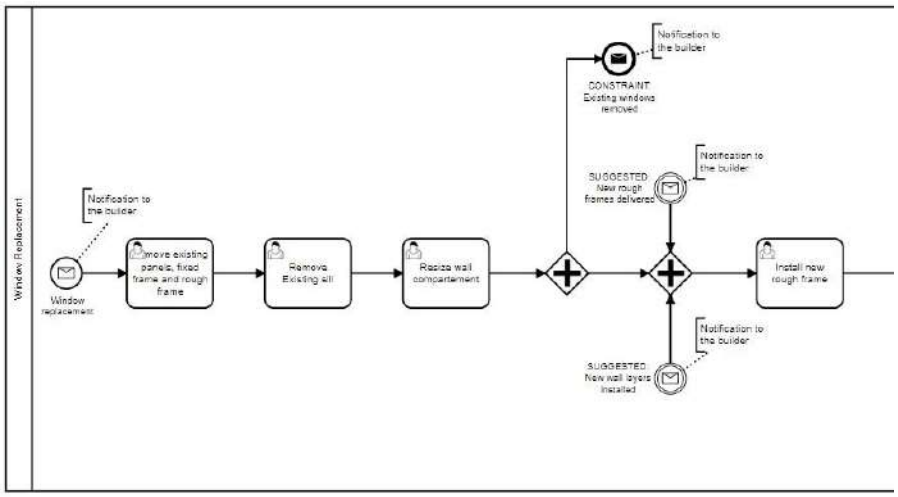


Figura 63: BPMN Envelope renovation



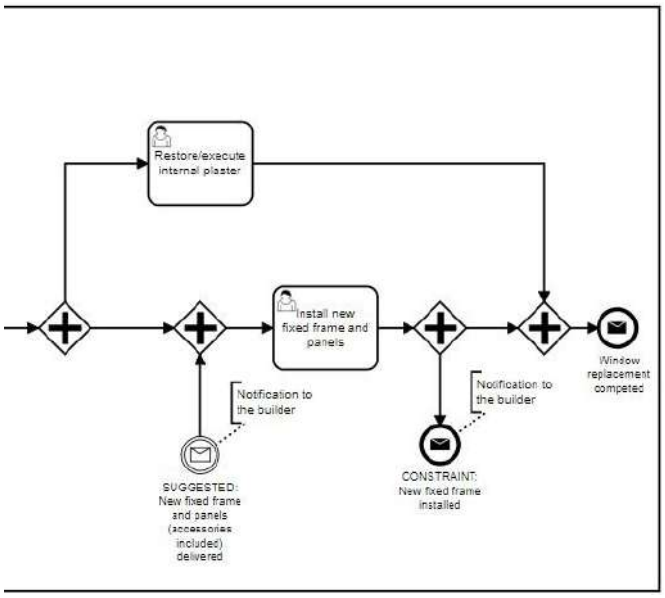
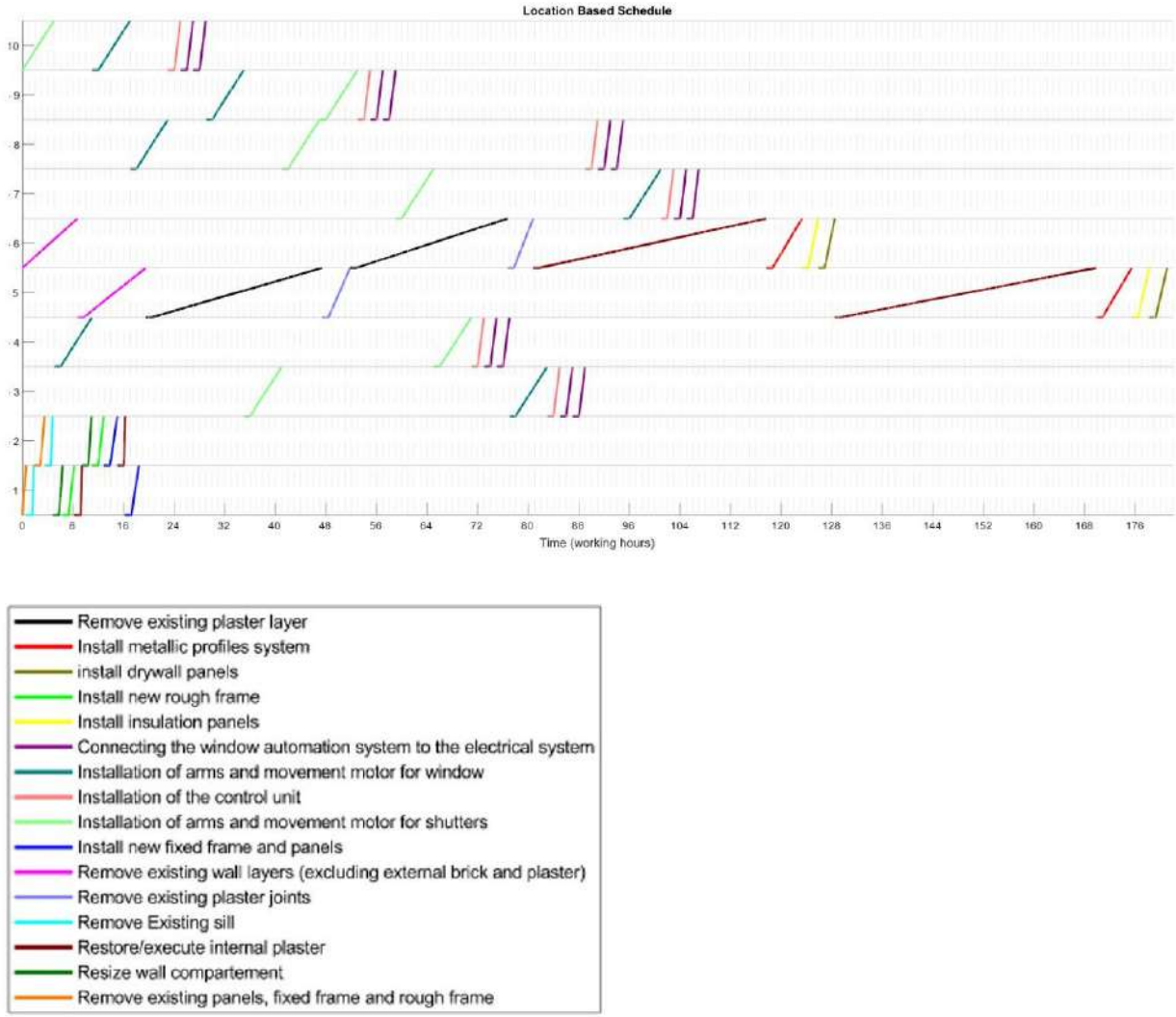


Figura 64: BPMN Window Replacement

Riproposta dall'immagine che segue la baseline iniziale, ovvero quella generata dalla prima programmazione automatica definita dalla piattaforma AWOPS:



La baseline di partenza quindi viene schematizzata associando ad ogni deliverable le informazioni relative al suo completamento, sono presenti 10 deliverable nel caso di studio analizzato, le attività che lo compongono con le relative durate previste dall'avanzamento dei lavori programmato:

Deliverable ID	Task Associata	ORE Previste	% Avanzamento Previsto TASK	% Av.Previsto Deliverable
1	Remove existing panels, fixed frame and rough frame	1	100	83,33
	Remove existing sill	2	100	
	Resize wall compartment	2	100	
	Install new rough frame	2	100	
	Restore/execute internal plaster	2	100	
	Install new fixed frame and panels	2	0	
2	Remove existing panels, fixed frame and rough frame	2	100	83,33
	Remove existing sill	2	100	
	Resize wall compartment	2	100	
	Install new rough frame	2	100	
	Install new fixed frame and panels	2	100	
	Restore/execute internal plaster	2	0	
3	Installation of arms and movement motor for shutters	6	0	0,00
	Installation of arms and movement motor for window	6	0	
	Installation of the control unit	2	0	
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	0	
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	0	
4	Installation of arms and movement motor for window	6	100	20,00
	Installation of arms and movement motor for shutters	6	0	
	Installation of the control unit	2	0	
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	0	
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	0	
5	Remove existing wall layers	11	65	9,29
	Remove existing plastic layer	29	0	
	Remove existing plaster joints	5	0	
	Restore/execute internal plaster	41	0	
	Install metallic profiles system	6	0	
	Install insulation panels	2	0	
	Install new drywall panels	2	0	
6	Remove existing wall layers	8	100	0,00
	Remove existing plastic layer	25	0	
	Remove existing plaster joints	4	0	
	Restore/execute internal plaster	36	0	
	Install metallic profiles system	6	0	
	Install insulation panels	2	0	
	Install new drywall panels	2	0	
7	Installation of arms and movement motor for shutters	6	0	0,00
	Installation of arms and movement motor for window	6	0	
	Installation of the control unit	2	0	
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	0	
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	0	

8	Installation of arms and movement motor for window	6	0	0,00
	Installation of arms and movement motor for shutters	6	0	
	Installation of the control unit	2	0	
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	0	
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	0	

9	Installation of arms and movement motor for window	6	0	0,00
	Installation of arms and movement motor for shutters	6	0	
	Installation of the control unit	2	0	
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	0	
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	0	

10	Installation of arms and movement motor for shutters	5	100	37,00
	Installation of arms and movement motor for window	6	85	
	Installation of the control unit	2	0	
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	0	
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	0	

5.3 Dimostratore

La gestione dei lavori in fase di esecuzione avviene confrontando, ad avanzamenti temporali programmati, il workplan pianificato con l'effettivo, nel caso in cui siano identici rimarrà invariato, in caso contrario andrà riprogrammato in base alle attività realmente effettuate, inglobando quindi anticipi o ritardi. Le interferenze o collisioni che possono avvenire in fase esecutiva fra le squadre, si dividono, come visto nei capitoli precedenti, in interferenze a ''basso livello'' quindi arginate semplicemente dai capi squadra con workspace in conflitto o ad ''alto livello'' dove necessita l'intervento del project manager per gestire l'interferenza, fornendo quindi un nuovo workplan e workspace.

Sono state fatta alcune simulazioni, viene descritta la prima che rappresenta un fermo immagine del cantiere a 16 ore lavorative effettive, nel Location Based Schedule in figura, per rendere più intuitiva la simulazione, sono state barrate o

contrassegnate le attività che non sono state effettuate nell'istante simulato, vengono invece intese come totalmente completate quelle con la spunta verde.

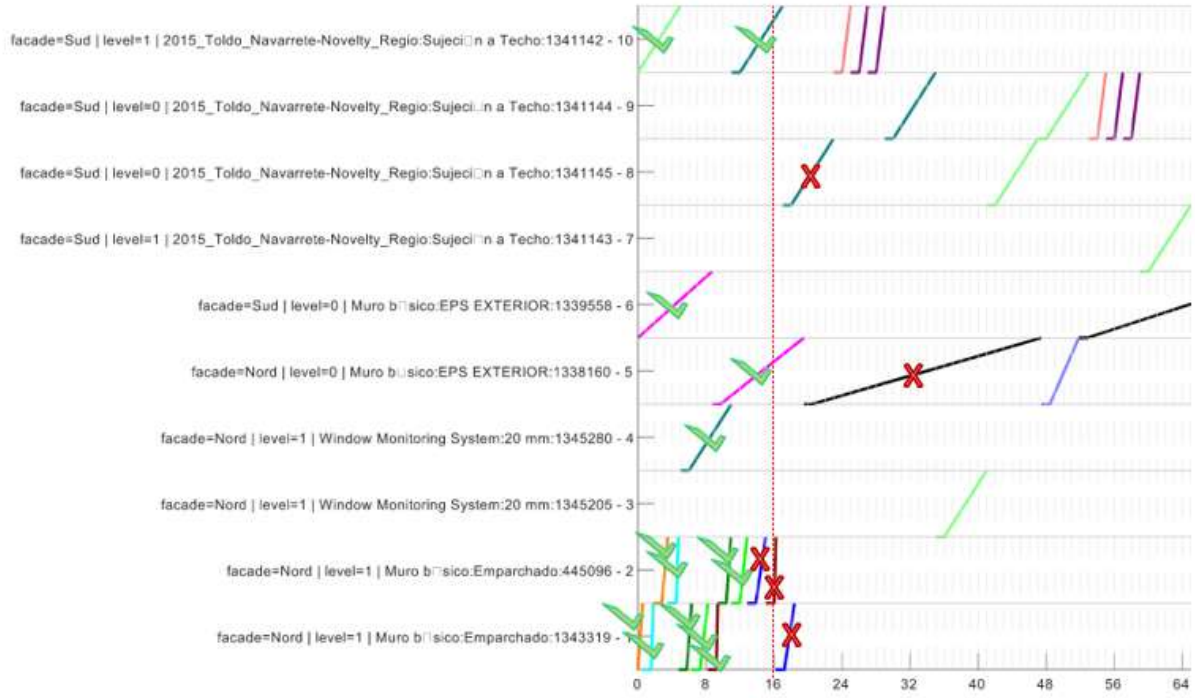


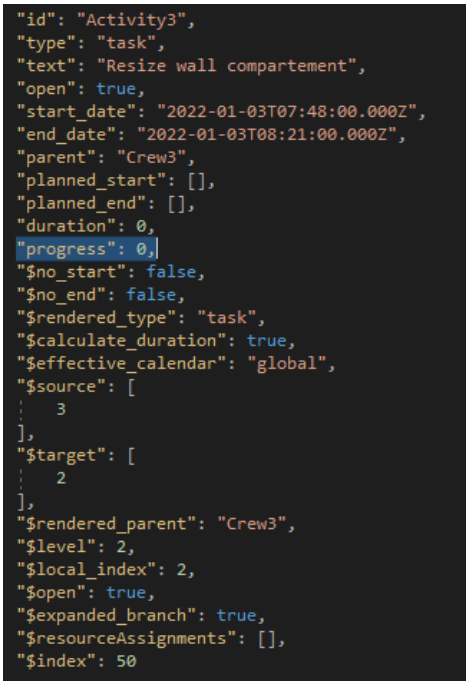
Figura 65: LBS ipotizzato a 16 ore

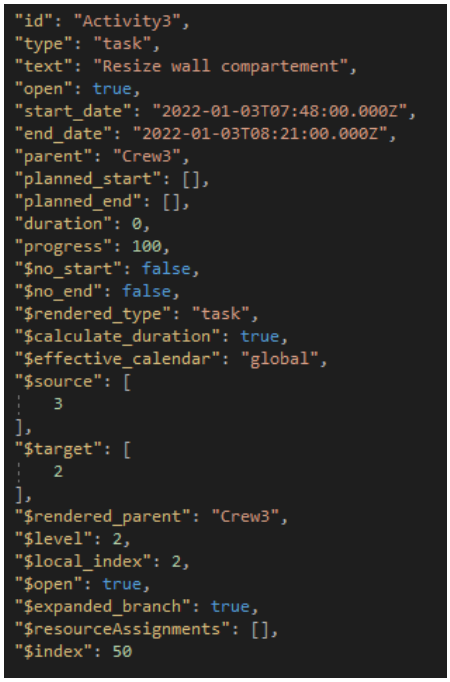
Nelle immagini che seguono viene messo in evidenza come è stata modificata la prima baseline output da AWOPS per simulare la pianificazione a 16 ore descritta graficamente nel LBS mostrato in precedenza.

La baseline restituita dalla piattaforma è descritta all'interno del file json, dove sono presenti le attività contenenti caratteristiche come l'ID associato, la crew di riferimento, le date di inizio e fine massime e il progresso, in quest'ultima caratteristica verranno apportate le modifiche necessarie a far coincidere la

baseline, all'interno del file json, con LBS ipotizzato. Per restituire ciò sono state modificate all'interno le quantità di progress presente per ogni task che viene ipotizzata conclusa assegnando il valore 100 e assegnando invece il valore 0 alle attività che nell'ipotesi risultano non iniziate.

Nelle immagini che seguono vengono affiancate le parti della baseline iniziale e la baseline ipotizzata relative ad ''Activity3'' si noti come il progress muta da 0 a 100.





Sono stati creati anche i BIM che descrivono le novità riscontrate dalla pianificazione iniziale con fermo immagine a 16 ore con la realtà, ipotizzata, di cantiere sempre a 16 ore, necessari per l'implementazione su Unity3D. Di seguito viene espresso il modello 3D che rappresenta il reale avanzamento dei lavori dopo le 16 ore di simulazione:

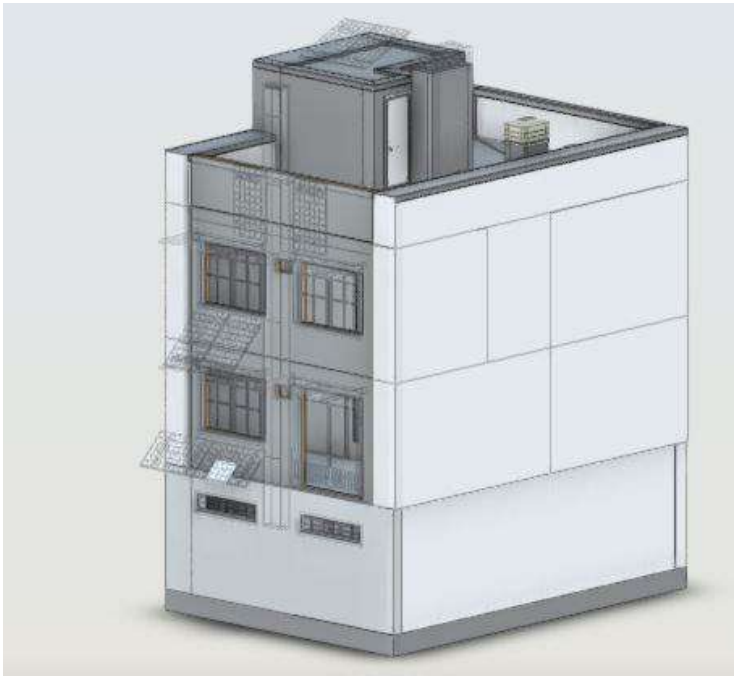


Figura 66:Progetto della facciata Sud-Pianificata a 16 ore-Caceres

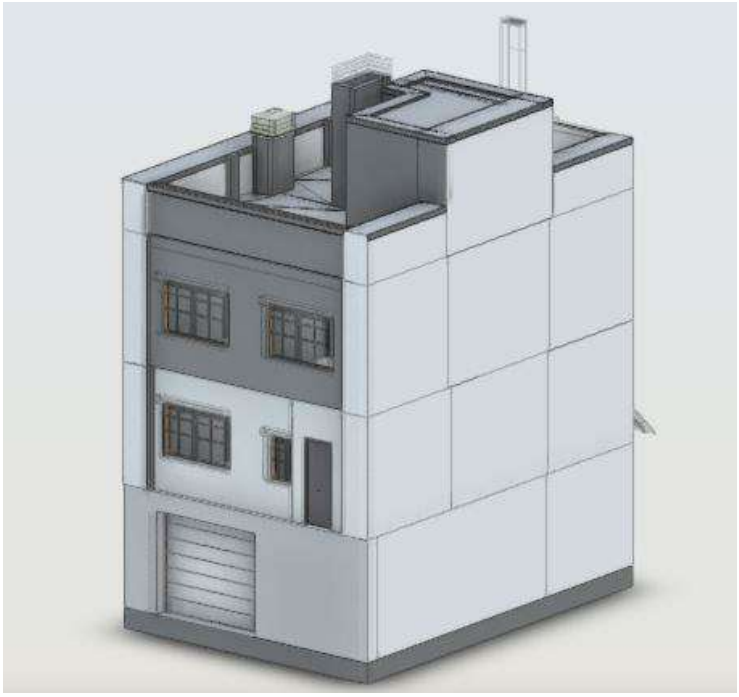


Figura 67:Progetto della facciata Nord-Pianificata a 16 ore-Caceres

Nelle immagini che seguono sono messe in evidenza le differenze fra il pianificato, sempre a 16 ore e l'ipotesi del reale avanzamento, ad ogni attività che compone il deliverable sono state associate le ore previste dal workplan iniziale output di AWOPS, denominate come ''ORE Previste'' e le ore che sono state necessarie a completare le attività (Task) denominate ''ORE Reali''.

Nelle sezioni ''Avanzamento Previsto'' e ''Avanzamento Reale'' vengono descritte in percentuale il completamento di ogni singola task, relativamente al workplan iniziale e il workplan ipotizzato. Infine è possibile quindi dedurre quella che sarà la percentuale di avanzamento dell'intera deliverable, sia nel workplan iniziale sia nel workplan ipotizzato.

Deliverable ID	Task Associata	ORE Previste	ORE Reali	% Avanzamento Previsto TASK	% Avanzamento Reale TASK	% Avanzamento Reale Deliverable	% Av.Previsto Deliverable
1	Remove existing panels, fixed frame and rough frame	1	1	100	100	83,33	83,33
	Remove existing sill	2	2	100	100		
	Resize wall compartment	2	2	100	100		
	Install new rough frame	2	2	100	100		
	Restore/execute internal plaster	2	2	100	100		
	Install new fixed frame and panels	2	/	0	0		
2	Remove existing panels, fixed frame and rough frame	2	2	100	100	66,67	83,33
	Remove existing sill	2	2	100	100		
	Resize wall compartment	2	2	100	100		
	Install new rough frame	2	2	100	100		
	Install new fixed frame and panels	2	/	100	0		
	Restore/execute internal plaster	2	/	0	0		
3	Installation of arms and movement motor for shutters	6	/	0	0	0,00	0,00
	Installation of arms and movement motor for window	6	/	0	0		
	Installation of the control unit	2	/	0	0		
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	/	0	0		
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	/	0	0		
4	Installation of arms and movement motor for window	6	6	100	100	20,00	20,00
	Installation of arms and movement motor for shutters	6	/	0	0		
	Installation of the control unit	2	/	0	0		
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	/	0	0		
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	/	0	0		
5	Remove existing wall layers	11	7	65	100	14,29	9,29
	Remove existing plastic layer	29	/	0	0		
	Remove existing plaster joints	5	/	0	0		
	Restore/execute internal plaster	41	/	0	0		
	Install metallic profiles system	6	/	0	0		
	Install insulation panels	2	/	0	0		
	Install new drywall panels	2	/	0	0		

6	Remove existing wall layers	8	8	100	100	14,29	14,29
	Remove existing plastic layer	25	/	0	0		
	Remove existing plaster joints	4	/	0	0		
	Restore/execute internal plaster	36	/	0	0		
	Install metallic profiles system	6	/	0	0		
	Install insulation panels	2	/	0	0		
	Install new drywall panels	2	/	0	0		
7	Installation of arms and movement motor for shutters	6	/	0	0	0,00	0,00
	Installation of arms and movement motor for window	6	/	0	0		
	Installation of the control unit	2	/	0	0		
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	/	0	0		
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	/	0	0		
8	Installation of arms and movement motor for window	6	/	0	0	0,00	0,00
	Installation of arms and movement motor for shutters	6	/	0	0		
	Installation of the control unit	2	/	0	0		
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	/	0	0		
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	/	0	0		
9	Installation of arms and movement motor for window	6	/	0	0	0,00	0,00
	Installation of arms and movement motor for shutters	6	/	0	0		
	Installation of the control unit	2	/	0	0		
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	/	0	0		
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	/	0	0		
10	Installation of arms and movement motor for shutters	5	5	100	100	40,00	37,00
	Installation of arms and movement motor for window	6	5	85	100		
	Installation of the control unit	2	/	0	0		
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	/	0	0		
	Connecting the window automation system to the electrical system	2	/	0	0		

Riassumendo, il progresso del progetto di ricerca europeo, è stato stimato attraverso una percentuale associata alle attività, una volta creato il BIM del progresso a 16 ore ipotizzato, per ottenere una stima ancor più realistica e rappresentarla in percentuale, una volta ipotizzate le ore lavorate di ogni task, sono state comparate alle ore necessarie per completare ogni singola attività descritte dalla pianificazione automatica in output da AWOPS.

5.4 IMPORTAZIONE SIE

Nelle immagini che seguono vengono rappresentati i conflitti che sono stati riscontrati a 16 ore, ovvero l'analisi è stata impostata 2 giorni dall'inizio delle lavorazioni.

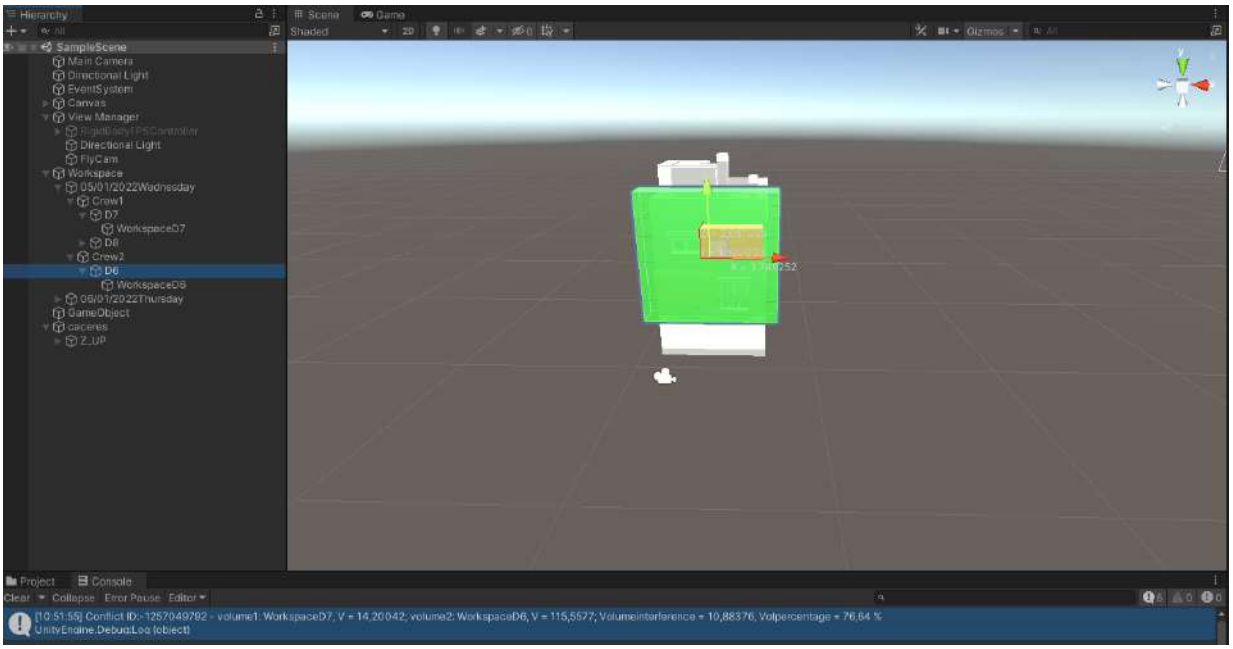


Figura 68: Esito dell'analisi dei conflitti sul cappotto

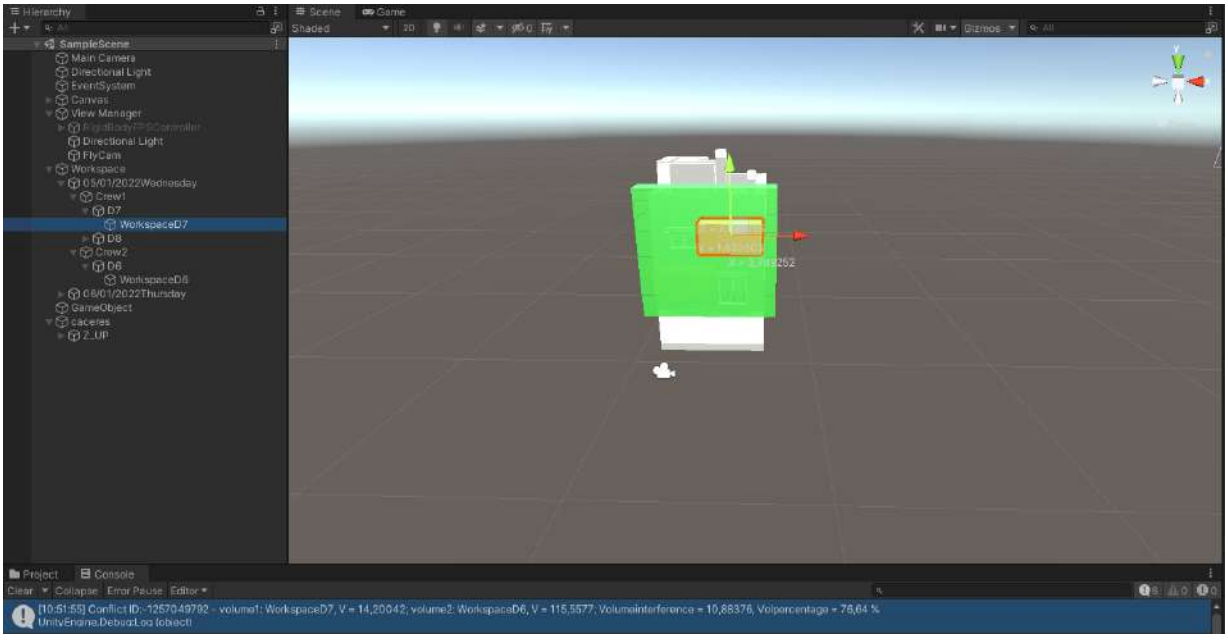


Figura 69: Esito dell'analisi dei conflitti sulla finestra

In particolare si nota che i conflitti avvengono nel workspaceD7 e workspaceD6, con una sovrapposizione del 76,64% da considerarsi percentuale di sovrapposizione sul workspace più piccolo, che nel caso considerato è di un volume pari a 14,20 mq che rappresenta quello associato alla finestra, quindi una collisione quasi totale. Le deliverable coinvolte sono: una finestra e il cappotto esterno. In particolare si evidenziano le crew associate alle attività in conflitto ovvero Crew1 e Crew2.

Il conflitto mostrato è chiaramente classificato come ‘’collisione di alto livello‘’ perché a differenza di una collisione di basso livello che viene risolta dai capi squadra che riscontrano un’interferenza modificandone il loro workspace permettendo di collaborare, questo conflitto non trova una soluzione immediata, necessita quindi dell’intervento del project manager che dovrà imporre un vincolo alla baseline fornita come output da awops. Il vincolo in grado di risolvere la criticità riscontrata è quello di far slittare l’attività di messa in opera del cappotto esterno al completamento del deliverable finestra. Una volta imposto il vincolo il P.M. deve riprogrammare un’altra baseline, la nuova analisi mostrerà che nella giornata considerata non saranno previste sovrapposizioni di workspace.

Nell’immagine che segue viene mostrato il procedimento adottato:

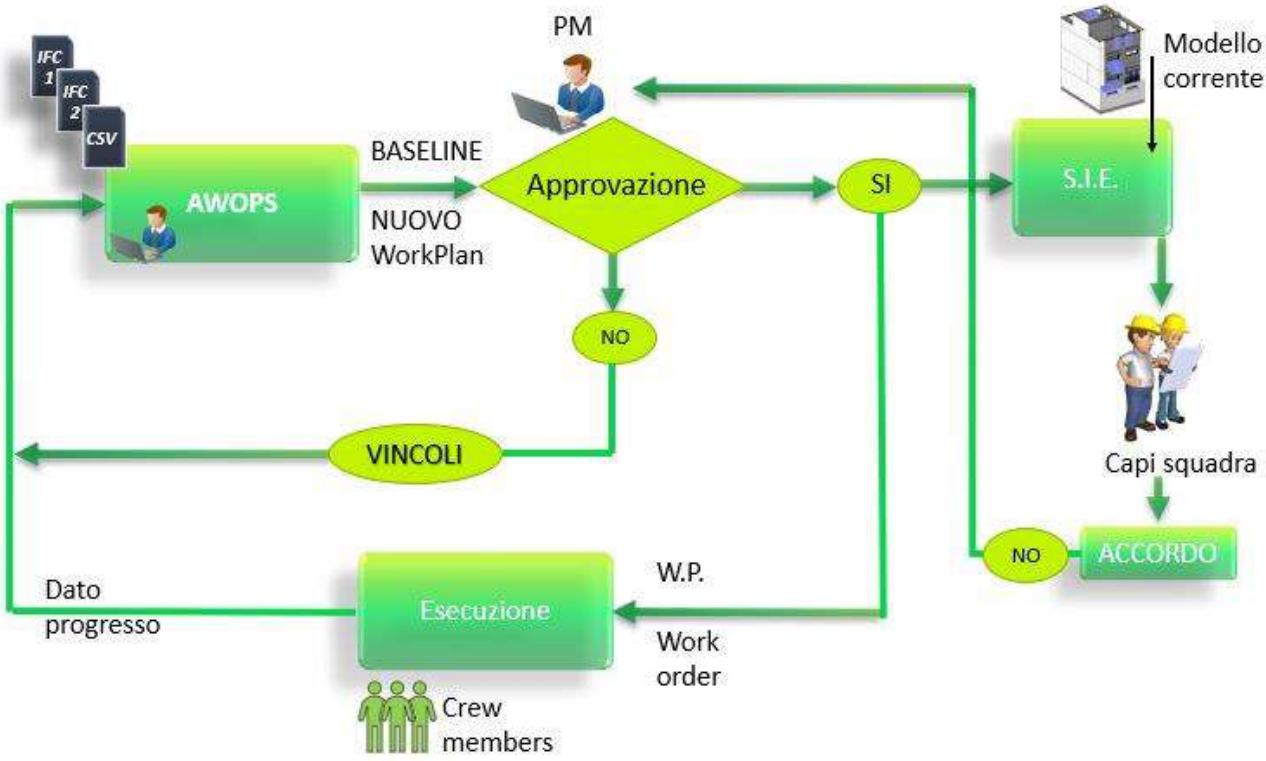


Figura 70: Procedimento completo

6. Conclusioni

In questa tesi si è descritta la piattaforma Automatic Work Planning Services (AWOPS) che risponde all'esigenza di migliorare la pianificazione e il controllo dei processi edilizi, in grado di restituire in automatico la migliore risposta di pianificazione.

Successivamente sono state fatte delle ipotesi di avanzamento rispetto al caso di studio affinché si testasse la robustezza del procedimento.

In conclusione possiamo affermare che la piattaforma AWOPS che è rivolta al ‘’process based‘’ se integrata con l'analisi spaziale, in grado di assegnare ad ogni attività nel processo di costruzione un workspace ed evidenziandone le collisioni, quando presenti, risulta una soluzione efficace che limita ritardi e sprechi di ogni genere, tutte le parti coinvolte sono partecipi, avendo la possibilità di reagire ad un disturbo, nel caso si presenti, in forma locale o ricorrere alla riprogrammazione dei lavori, infatti si è visto come la piattaforma una volta rilasciata la prima baseline rende possibile la riprogrammazione in qualsiasi momento, lasciando al project manager pieno controllo e possibilità di indurre vincoli al processo.

7. Bibliografia

‘’Gestione degli spazi e Approccio olonico per la pianificazione degli spazi di lavoro ‘’ *E. Gliaschera*

ENergy aware BIM Cloud Platform in a COst-effective Building Renovation, *Context*

D3.4 Full Automated Work Planning Services (AWOPS) Prototype

‘’Descrizione dell’ambiente di simulazione‘’ *E. Gliaschera*

“MACS-VRPTW A Multiple Ant Colony System for Vehicle Routing Problems with Time Windows”, *D.Corne, M.Dorigo, F. Glover*

“A Construction Workflow Model for Analyzing the Impact of In-Project Variability”, *Nelly P. Garcia-Lopez and Martin Fischer*

‘’Business Process Modeling Notation‘’ *S. Di Crescenzo*

‘’Il Lean nelle costruzioni‘’ *C. Capodagli*

‘’The Last Planner Production System Workbook‘’ *Lean Contruction Institute*

‘’DESIGN FOR THE UNEXPECTED from holonic manufacturing systems towards a humane mechatronics society ‘’ *Paul Valckenaers and Hendrik Van Brussel*

H. Van Brussel, J. Wyns, P. Valckenaers, L. Bongaerts, P. Peeters – Reference architecture for holinc manufacturing systems: PROSA. Computers in Industry, 1998.

8. Indice delle figure

Figura 1: Modello concettuale di flusso descritto da Garcia Lopez e Martin Fisher. 8
Figura 2: Configurazione interna di un olone 10
Figura 3: Schema rappresentativo del Last Planner System 19
Figura 4: schema pianificazione LPS 25
Figura 5: schema pianificazione LBM 26
Figura 6: Prospetto Nord-Est nel 4D 31
Figura 7: Prospetto Sud nel 4D 31
Figura 8: Prospetto Sud-Ovest nel 4D 31
Figura 9: Prospetto Nord nel 4D 31
Figura 10: Prospettiva vista dall'alto nel 4D 31
Figura 11: Diagramma Microsoft Project 1 32
Figura 12: Diagramma Microsoft Project 2 32
Figura 13: Piano economico finanziario figura 1 33
Figura 14: Piano economico finanziario figura 2 33
Figura 15: Piano economico finanziario figura 3 34
Figura 16: Piano economico finanziario figura 4 34
Figura 17: Piano economico finanziario figura 5 35
Figura 18: Piano economico finanziario figura 6 35
Figura 19: Schermata primaria software powerproject 36
Figura 20: Sezione primaria powerproject 37
Figura 21: Rappresentazione temporale powerproject 38
Figura 22: WBS Livello 0 39
Figura 23: Esempio di Percorso Critico 41
Figura 24: Sezione Programme Powerproject 42
Figura 25: Consumable Resources 43
Figura 26: Cost Centres 43
Figura 27: Code Libraries 44
Figura 28: Powerproject vista del LIVELLO 5 44
Figura 29: Pianificazione milestone 45
Figura 30: Site resource 46
Figura 31: Libreria powerproject 47
Figura 32: Cost Center 48
Figura 33: Classificazione costi 49
Figura 34: Istogramma rappresentativo dei costi globali 51
Figura 35: Risorse e i relativi costi del Livello 3 52
Figura 36: Pianificazione e modello associato 56
Figura 37: Controlli pre-getto 59
Figura 38: Controlli Infissi 60

Figura 39: Controllo impianti 61
Figura 40: Grafico rappresentativo della programmazione con il metodo D.P.C. e PPC 50%. 64
Figura 41: Grafico rappresentativo della programmazione con il metodo O.P.C. e PPC 50%. 65
Figura 42: Programma iniziale 73
Figura 43: Programma a seguito delle modifiche 73
Figura 44: Concetti BIM 82
Figura 45: Suddivisione e organizzazione BIM 83
Figura 46: Estratto schema ISO 19650 87
Figura 47: Pianificazione attività in formato BPMN 93
Figura 48: Rappresentazione sistema ACO 95
Figura 49: Struttura MACS-VRPTW 99
Figura 50: La figura mostra i tre problemi di gestione dello spazio 106
Figura 51: Interfaccia grafica di partenza Unity3D 112
Figura 52: Sezione hierarchy Unity3D 114
Figura 53: Interfaccia grafica conflitti Unity3D 120
Figura 54: Esempio rappresentazione in BPMN 125
Figura 55: Esempio parziale Gantt Chart 129
Figura 56: Location Based Schedule 130
Figura 57: Rappresentazione del contesto in esame 131
Figura 58: Progetto della facciata Sud-Caceres (modello Renovation) 132
Figura 59: Progetto della facciata Nord-Caceres (modello Renovation) 133
Figura 60: Progetto della facciata Sud-Caceres (modello Existing) 135
Figura 61: Progetto della facciata Nord-Caceres (modello Existing) 135
Figura 62:BPMN Automation–Mechanization of window and shitter 136
Figura 63: BPMN Envelope renovation 136
Figura 64: BPMN Window Replacement 137
Figura 65: LBS ipotizzato a 16 ore 141
Figura 66:Progetto della facciata Sud-Pianificata a 16 ore-Caceres 143
Figura 67:Progetto della facciata Nord-Pianificata a 16 ore-Caceres 143
Figura 68: Esito dell'analisi dei conflitti sul cappotto 146
Figura 69: Esito dell'analisi dei conflitti sulla finestra 146
Figura 70: Procedimento completo 148