



**Politecnico  
di Torino**

**Politecnico di Torino**

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

A.a. 2022/2023

Sessione di Laurea Dicembre 2023

**Introduzione del processo  
Waterfall di project management  
all'interno dell'azienda Officine  
Gaudino SPA**

Relatore:

CAGLIANO ANNA CORINNA

Candidato:

PELLA RICCARDO

Co-relatore

GAUDINO ROBERTO



# Indice

Introduzione .....	5
1 Fondamenti Teorici Di Project Management.....	7
1.1 Il Progetto.....	7
1.2 Il Project Management .....	7
1.2.1 Waterfall Vs Agile.....	8
1.3 L'avvio del progetto .....	9
1.4 Strumenti per la Pianificazione .....	10
1.4.1 Work Breakdown Structure .....	10
1.4.2 Organization Breakdown Structure .....	12
1.4.3 Matrice WBS/OBS.....	13
1.4.4 Cost Breakdown Structure .....	13
1.5 Strumenti per la programmazione .....	14
1.5.1 Diagramma di Gantt.....	15
1.5.2 Network Diagram.....	16
1.5.3 Metodi di ottimizzazione .....	20
1.5.4 Programmazione Resource-Based.....	22
1.5.5 Programmazione Probabilistica.....	22
1.6 Strumenti per il Project Risk Management.....	24
1.6.1 Risk Breakdown Structure .....	25
1.6.2 Risk Breakdown Matrix .....	26
1.6.3 La risposta al rischio.....	27
2 Officine Gaudino .....	29
2.1 La storia.....	29
2.2 I prodotti .....	30
2.3 I clienti ed i fornitori .....	33
3 Il Project Management in Officine Gaudino .....	34
3.1 Avvio del progetto .....	34
3.2 Pianificazione e Programmazione .....	37
3.3 Monitoraggio del progetto.....	40
3.4 Risk Management.....	41
4 Applicazione del metodo Waterfall ad una commessa: Pianificazione .....	42
4.1 La copsatrice CLV-G 300 .....	42

4.2 Proposta di WBS.....	45
4.3 Proposta di OBS.....	50
4.4 Proposta di Matrice WBS/OBS.....	52
4.5 La CBS.....	55
4.6 Vantaggi e svantaggi della Pianificazione Waterfall.....	56
5 Applicazione del metodo Waterfall ad una commessa: Programmazione.....	57
5.1 Tempistiche delle attività e relazioni di precedenza.....	57
5.2 Diagramma di Gantt e diagrammi di carico.....	61
5.3 Definizione del reticolo e del cammino critico.....	65
5.4 Possibili ottimizzazioni.....	72
5.5 Vantaggi e svantaggi della programmazione Waterfall.....	74
6 Applicazione del project risk management ad una commessa.....	75
6.1 Risk Breakdown Structure.....	75
6.2 Risk Breakdown Matrix.....	80
6.3 La Risposta al Rischio.....	91
6.4 Vantaggi e svantaggi dell'applicazione del risk management.....	97
7 Conclusioni.....	98
7.1 Confronto tra approccio tradizionale e Waterfall.....	98
7.2 Limiti del lavoro di Tesi.....	99
7.3 Prospettive future.....	99
Bibliografia.....	101
Sitografia.....	102
Ringraziamenti.....	103

# Introduzione

Il presente lavoro di tesi affronta il tema dell'introduzione di strumenti formali di Project Management, nello specifico quelli del processo Waterfall, all'interno di un'azienda reale, Officine Gaudino SpA. Essa è una piccola-media impresa (PMI) che produce macchinari tessili principalmente per filatura e preparazione alla filatura su commessa, secondo un modello "Assembly to order" (ATO), con clienti e fornitori localizzati in tutto il mondo. Sarà dunque oggetto di studio l'applicazione di metodi di project management ad una commessa realizzata dall'azienda, con lo scopo di fornire un processo e una guida strutturati per il loro utilizzo nei progetti futuri.

L'importanza di questo lavoro risiede nel tipo di settore in cui l'azienda opera. Lavorare su commessa in un mercato di nicchia, ma ampiamente globalizzato, richiede uno sforzo non banale di coordinamento e di gestione di tutti gli aspetti che caratterizzano il progetto. La definizione dei tempi e dei costi ad esso associati è fondamentale, poiché non si lavora con una produzione di flusso, ma ogni commessa è potenzialmente unica e necessita, dunque, di particolari accortezze nella definizione delle variabili che la contraddistinguono. La dipendenza da fornitori diffusi in tutto il mondo, poi, pone particolarmente l'attenzione sulla necessità di un'adeguata fase di gestione dei rischi, che possa garantire all'azienda di riuscire a far fronte agli eventi sfavorevoli che possono manifestarsi.

L'obiettivo, dunque, della tesi è di fornire ad un'azienda, che oggi non ne fa uso, strumenti formali di project management, in modo da limitare e, se possibile, superare, le criticità che sorgono dal loro mancato utilizzo. Il fine, tuttavia, non è solamente la mera applicazione di concetti teorici ad un caso reale, ma la ricerca e la definizione delle pratiche che risultano essere più utili all'impresa e che possono integrarsi meglio nel contesto aziendale. Tale operazione sarà svolta tenendo conto dei feedback del CEO dell'impresa raccolti durante la stesura dell'elaborato e nel corso del tirocinio curricolare iniziato nell'Aprile del 2023.

La tesi è composta da sette capitoli, il cui contenuto è di seguito riportato.

Il primo capitolo, *Fondamenti teorici di Project Management*, tratterà una definizione degli strumenti che saranno applicati nel corso della tesi, assumendo quindi il ruolo di guida teorica e di base per la trattazione successiva.

Il capitolo 2, *Officine Gaudino*, invece, tratterà la descrizione dell'azienda caso di studio, la sua storia, i mercati in cui opera, i suoi clienti ed i suoi fornitori.

Il capitolo 3, *Il project Management in Officine Gaudino*, esplicherà gli strumenti ed i metodi oggi utilizzati in azienda per la gestione della commessa, dall'avvio sino alla conclusione, evidenziandone le eventuali criticità rilevate.

Il capitolo 4, *Applicazione del metodo Waterfall ad una commessa: pianificazione*, presenterà la descrizione della commessa caso di studio e una l'applicazione, basata

appunto sui metodi proposti dall'approccio Waterfall, degli strumenti atti alla gestione della pianificazione di tale progetto.

Il capitolo 5, *Applicazione del metodo Waterfall ad una commessa: programmazione*, conterrà la trattazione relativa all'applicazione dei metodi formali di programmazione per un progetto, analizzandone i benefici introdotti.

Il capitolo 6, *Applicazione del Project Risk Management ad una commessa*, presenterà una proposta per la gestione dei rischi per la commessa oggetto di studio, evidenziandone vantaggi e svantaggi rispetto all'approccio tradizionale.

Il capitolo 7, *Conclusioni*, infine, metterà in evidenza i limiti della tesi, per poi soffermarsi sulla definizione dei benefici introdotti dai metodi discussi nei capitoli precedenti e gli sviluppi futuri per l'azienda.

I risultati prodotti dall'elaborato hanno permesso non solo di evidenziare alcune criticità esistenti nell'approccio tradizionale, ma anche di superarle grazie all'applicazione del Waterfall pensata su misura per l'azienda. Inoltre, sono state evidenziate le prospettive future, in un'ottica di proseguimento e ampliamento nell'introduzione di tali strumenti.

# Capitolo 1

## Fondamenti Teorici Di Project Management

Prima di procedere con l'analisi di come il processo Waterfall di gestione di una commessa possa essere applicato ad Office Gaudino S.p.A., è opportuno definire le basi teoriche su cui si basa il presente lavoro di tesi. Verranno quindi di seguito discussi i fondamenti teorici e gli strumenti che saranno utilizzati nell'elaborato.

### 1.1 Il Progetto

Seguendo la definizione del Project Management Institute (P.M.I.), è possibile descrivere il **progetto** come una “combinazione di risorse umane e non, riunite in una organizzazione temporanea per raggiungere un obiettivo definito con risorse limitate”. In modo alternativo, sempre secondo il P.M.I., un progetto può essere definito come un'iniziativa o impresa temporanea realizzata per creare un prodotto, un servizio o un risultato unico [1]. Ciò che emerge con chiarezza dalle definizioni precedenti è che tra le caratteristiche del progetto compaiono l'**unicità** e la **temporaneità**: ogni progetto ha una data di scadenza fissata, che può eventualmente essere modificata, e presuppone la realizzazione di qualcosa che, in precedenza, l'organizzazione non ha mai realizzato. Un'ulteriore caratteristica dei progetti è quella di avere dei **vincoli**, che possono essere, principalmente, di tre tipi: **costi**, **tempi** e **qualità**.

### 1.2 Il Project Management

Per descrivere, invece, il **project management**, è possibile utilizzare la definizione di Archibald, secondo il quale esso sarebbe “la gestione sistematica di un'impresa complessa, unica, di durata limitata, volta al raggiungimento di un obiettivo chiaramente predeterminato, mediante un processo continuo di pianificazione e controllo di risorse differenziate e con vincoli interdipendenti di costi, tempi e qualità” [2]. Dal punto di vista degli obiettivi, è possibile effettuare una divisione in due principali categorie. La prima è rappresentata dagli obiettivi esterni, che guardano, cioè, al rapporto con il cliente e con il mercato da diversi punti di vista, comunicativo, della gestione dei rischi, della qualità, dell'immagine o del grado di soddisfazione. I secondi, invece, sono gli obiettivi interni, che mirano a portare miglioramenti all'azienda stessa, migliorando gli aspetti comunicativi, diminuendo gli errori e riducendo le risorse di tempo ed economiche necessarie per portare a termine un progetto.

La figura che, nella pratica, si occupa di portare a termine tali obiettivi è il **Project Manager**. I suoi compiti, dunque, sono quelli di:

- **Definire**, inteso come la realizzazione di una panoramica generale sul progetto, in termini di obiettivi, responsabilità e risultati.
- **Pianificare ed organizzare** il progetto, assegnare cioè le responsabilità prima identificate e definire le tempistiche del progetto.
- **Controllare**, inteso come le azioni necessarie da intraprendere durante lo svolgimento del progetto, per verificare il suo allineamento con le previsioni, sia a livello economico che temporale.
- **Guidare**, ovvero dare la giusta motivazione in modo da permettere di portare a termine gli obiettivi nelle modalità previste.
- **Concludere** il progetto, in modo da tenere traccia di quanto appena fatto per progetti futuri [9].

### 1.2.1 Waterfall Vs Agile

Gli approcci al Project Management possono dividersi in due tipologie: approccio **Waterfall** ed approccio **Agile**. Il primo è il metodo classico, caratterizzato da un processo di tipo predittivo, in cui l'obiettivo finale, lo **scope**, viene fissato all'inizio e rappresenta la consegna finale. Si cerca, in questo modo, di creare un piano, attraverso l'utilizzo di metodologie e strutture ben definite, che possa portare al raggiungimento dello scope, anticipando e prevedendo le attività necessarie ed i relativi rischi. L'approccio Agile, invece, nasce negli anni Novanta nel contesto dello sviluppo software, ambito in cui i tempi di sviluppo sono limitati a causa della concorrenza e le richieste dei clienti non sempre riescono ad essere precise. Il processo, quindi, non è più predittivo, ma adattivo, poiché potrà mutare in base al contesto esterno, caratterizzato da un elevato dinamismo. Non ci si prefiggerà più uno scope da raggiungere, ma il punto di partenza saranno le stime dei tempi e dei costi. Il risultato finale sarà ciò che si riuscirà a raggiungere nei vincoli prefissati e sarà frutto di una continua interazione con il cliente attraverso consegne intermedie [9]. Senza entrare nello specifico delle diverse metodologie che permettono di applicare il metodo Agile, si può sin da ora affermare che nel contesto di Officine Gaudino la metodologia più compatibile con le attività aziendali è quella Waterfall. Questo è dovuto a due motivi principali. In primo luogo, Agile ha numerosi pregi, ma è molto più difficile da introdurre in un contesto aziendale rispetto al Waterfall, poiché richiede un cambiamento radicale nelle routine aziendali. Inoltre, il tipo di progettazione, principalmente meccanico, svolto in Officine Gaudino non presenta quelle caratteristiche, tipiche dell'industria del software, che ne giustificano l'utilizzo, al di là dello sforzo nel superare l'inerzia al cambiamento.

## 1.3 L'avvio del progetto

In fase di avvio di progetto, la teoria fornisce come strumento principale quello del **project charter**, ovvero un documento con una serie di contenuti che descrivono il progetto e lo autorizzano, dando quindi i permessi per la partenza e stendendo un budget [9]. I principali tratti del project charter sono:

- Assegnare task a persone, permettendo all'azienda di venire a conoscenza delle scelte effettuate (ricordiamo che ci sarà un'amministrazione che dovrà supportare il progetto);
- Può servire come documento per la vendita, utile nel caso di progetti esterni (ad esempio, un fornitore può fare un'offerta sulla base del project chart), quindi come supporto per un contratto;
- Può servire ad approvare lo studio di fattibilità.

In via generale, un Project Charter può includere le seguenti informazioni:

- **Product vision**, definisce ciò che ha valore per i clienti per i quali il progetto è pensato, ovvero la value proposition. Ogni proposta di valore deve contenere il prodotto/servizio della fornitura, il target a cui si rivolge ed il valore che gli si vuole dare. Sviluppare una Product Vision efficace vuol dire rispondere ad alcune domande chiave:
  - *Chi sarà il cliente del prodotto e/o servizio?*
  - *Quali sono i suoi bisogni?*
  - *In che modo il nostro prodotto può soddisfare tali necessità?*
  - *Che cosa rende unico il nostro prodotto rispetto a potenziali e reali prodotti sostitutivi e concorrenti sia all'interno che all'esterno della nostra azienda?*

La **descrizione del prodotto** è il cuore della *Product Vision*. Comprende l'analisi dei requisiti del prodotto e la loro mappatura in relazione alle esigenze. Distinguiamo:

- Requisiti non funzionali, caratteristiche quali performance, robustezza, usabilità;
  - Requisiti funzionali, descrivono le funzioni/azioni che il prodotto svolge (come effettuare telefonate o inviare mail).
- **Analisi degli sponsor/stakeholders** con relative esigenze. Gli stakeholder del progetto sono tutte quelle figure che, in qualche modo, sono coinvolti nel progetto e che, perciò, hanno un interesse diretto o indiretto nella sua realizzazione. Il compito del Project Manager è anche quello di adottare una strategia efficace che permetta di gestire gli stakeholder da lui identificati. Per questo motivo è fondamentale elencare queste figure sin da questa fase in modo

meticoloso, per evitare, nelle fasi successive, di dover gestire di nuovi e adottare nuove strategie in corso d'opera. È possibile distinguere tra:

- Stakeholder interni, come top management e product manager.
- Stakeholder esterni, come utenti/clienti, sponsor e fornitori/partner.

Il processo di analisi degli stakeholder prevede la definizione, la mappatura e la gestione. In particolare, la definizione del ruolo degli stakeholder in un progetto può essere presentata con una matrice che individua l'interesse degli stakeholder rispetto al loro potere di influenzarne i risultati oppure le aspettative degli stakeholder in relazione alla loro abilità di facilitarne il successo.

- Longer term **schedule** e **milestone**;
- **Organizzazione** del progetto;
- Stesura di un **budget preventivo**;
- Principali **rischi**.

## 1.4 Strumenti per la Pianificazione

Con il termine pianificazione (o *planning*) di un progetto si intendono tutte quelle azioni atte a determinare "cosa" verrà fatto, "chi" svolgerà le attività e "quanto" costeranno le attività. La maggior parte dei progetti, infatti, sono costituiti da numerose attività che, per essere gestite, necessitano dell'utilizzo di documenti e piani formali. Solitamente, esiste un rapporto diretto tra numero di attività e dimensioni del progetto: quando un progetto è molto grande, sarà costituito da un numero maggiore di attività, per le quali sarà richiesto un livello di dettaglio alto. Quando un progetto è costituito da numerose attività, quindi, è necessario organizzarle in un documento, in modo da rendere più facilmente comunicabili e comprensibili l'elevato numero di informazioni. Pianificare un progetto, perciò, significa redigere dei piani che possano prevederne lo sviluppo, in modo da poter ottimizzare il consumo di risorse, economiche e temporali. Per fare ciò è possibile utilizzare come supporto la **Work Breakdown Structure** (WBS) [3].

### 1.4.1 Work Breakdown Structure

La WBS può essere definita come *“una rappresentazione analitica del progetto, che suddivide le attività livello per livello, spingendosi al grado di dettaglio necessario per una pianificazione ed un controllo adeguati”* [3]. Ancora, secondo il P.M.I., con WBS si intende il *“raggruppamento degli elementi di progetto in base ai deliverable che organizza e definisce l'ambito (scope) totale dei lavori di progetto. Ciascun livello inferiore dello schema rappresenta una definizione sempre più dettagliata dei lavori di progetto, che possono essere prodotti o servizi”* [1]. In questo modo la WBS permette di identificare e formalizzare le relazioni esistenti tra gli elementi che fanno parte del

progetto, rendendosi una risorsa fondamentale nelle fasi di coordinamento e assegnazione delle rispettive responsabilità. All'interno della pianificazione è importante distinguere fra **deliverable** e **milestones**. I primi sono un qualsiasi risultato che permette di realizzare una fase del progetto, mentre le seconde sono eventi significativi per la commessa e che, dunque, possono essere utilizzati come punti di riferimento per la valutazione dell'andamento della commessa. Le milestone possono essere identificate dal PM oppure essere stabilite con il cliente in sede contrattuale.

La suddivisione delle attività in elementi sempre più semplici ha come risultato la definizione dei **work package**, cioè task che possono essere identificati ed assegnati ai rispettivi centri di lavoro in modo chiaro e non ambiguo. Risultano, dunque, essere il risultato finale della WBS, che, grazie alla loro semplicità e ad il loro livello di dettaglio, possono essere caratterizzati da tempi, costi, vincoli e, eventualmente, percentuale di avanzamento [9].

Per eseguire una corretta identificazione dei work package, è possibile adottare diverse **logiche di scomposizione**, tra cui:

1. **Logica funzionale**, si individuano parti del progetto caratterizzati da una certa indipendenza, ovvero che possono essere affidate completamente ad una specifica area funzionale.
2. **Logica spaziale**, in cui la scomposizione avviene tenendo conto delle aree spaziali occupate dalle rispettive parti in cui la commessa può essere suddivisa.
3. **Logica dei processi di lavoro**, in cui la scomposizione avviene tenendo conto delle diverse tipologie di lavoro necessarie per realizzare l'opera.
4. **Logica della scomposizione fisica**, si individuano le parti costituenti del progetto e si scompongono scendendo sempre di più nel livello di dettaglio, analogamente a quanto fatto per una distinta base.
5. **Logica degli obiettivi**, in cui si esegue una suddivisione basata sulle milestone.

Per costruire una **WBS** bisogna attenersi ad alcune regole, ovvero:

- L'unione di tutte le attività figlie del medesimo livello di scomposizione è uguale all'insieme delle attività madri del livello precedente;
- Non esiste intersezione tra task di rami diversi appartenenti allo stesso livello di scomposizione;
- Per ogni livello di scomposizione è possibile adottare una sola logica, ma è altresì possibile adottare logiche diverse per diversi livelli;
- Non è necessario mantenere il medesimo livello di dettaglio per tutti i rami che costituiscono la commessa.

La WBS, quindi, presenta diversi benefici, oltre a quello di fornire una panoramica del progetto tramite la disaggregazione delle sue attività. Innanzitutto, la scomposizione del progetto permette al PM di non trascurare nessun aspetto della realizzazione dell'opera. In più, una buona WBS può essere utilizzata come punto di partenza per il calcolo dei costi e, nondimeno, permette di effettuare un controllo sullo stato di realizzazione dei lavori. Un esempio di WBS è fornito in figura 1.1.

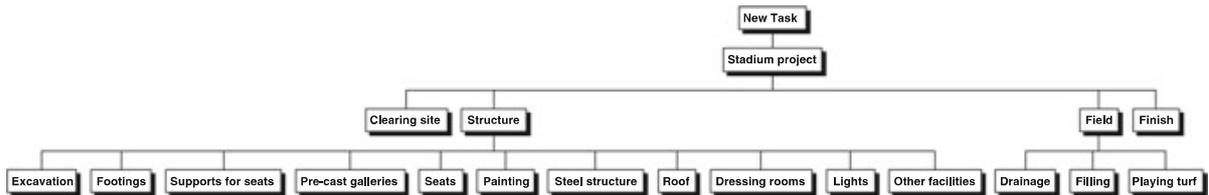


Figura 1.1: Esempio di WBS per la costruzione di uno stadio [4]

### 1.4.2 Organization Breakdown Structure

Una volta definito ciò che deve essere fatto tramite la WBS, è necessario identificare “chi” eseguirà le diverse attività della WBS, ovvero le risorse necessarie alla realizzazione dell'opera. Per fare ciò è possibile ricorrere alla **Organization Breakdown Structure (OBS)**, come quella di figura 1.2, un documento che contiene tutte le risorse umane che avranno un ruolo nel completamento del progetto [3]. Una variante dell'OBS è la **Resource Breakdown Structure RBS** che aggiunge alle risorse umane anche quelle materiali, necessarie per portare a termine il lavoro. Per costruirle, è sufficiente definire alcune macro-categorie di risorse e scomporle in modo da elencare tutte le figure che compongono quella categoria.

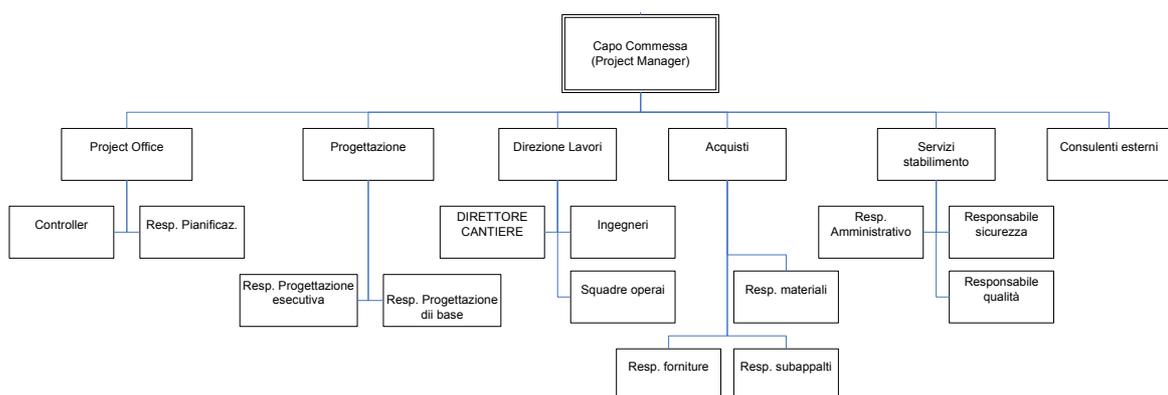


Figura 1.2: Esempio di OBS per la realizzazione di una facoltà di Ingegneria [9]

### 1.4.3 Matrice WBS/OBS

Dopo aver individuato le risorse a disposizione attraverso la OBS o la RBS, è necessario capire “chi fa cosa”, in modo da assegnare le attività a chi, o cosa, le svolgerà. Per fare questo è necessario incrociare WBS ed OBS, o RBS, ottenendo la **Responsability Assignment Matrix (RAM)** o, più semplicemente, **Matrice WBS/OBS**. L’intersezione tra l’attività e la risorsa ad essa assegnata permette di dividere le responsabilità e, sulla base di queste, individuare una stima di tempi e costi per ogni singolo *work package* [9]. Un esempio di matrice WBS/OBS è riportato nella seguente figura 1.3:

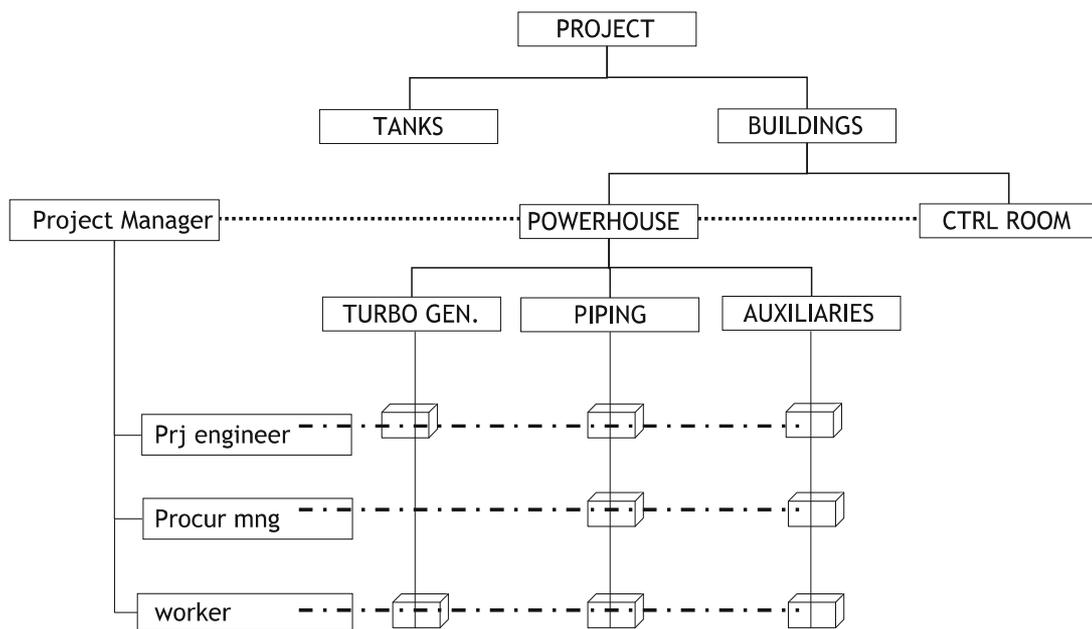


Figura 1.3: Esempio di matrice WBS/OBS [3]

### 1.4.4 Cost Breakdown Structure

Una volta discussi il "cosa" tramite la WBS, il "chi" tramite la OBS ed averne trovato l’intersezione tramite la RAM, il passo successivo è definire il “quanto”, ovvero, in termini economici, quale sarà il costo di ciascuna attività. La sua determinazione avviene grazie alla **Cost Breakdown Structure (CBS)**. La CBS rappresenta la suddivisione del budget previsto per la realizzazione dell’opera nei diversi work package, in tal modo è possibile per il project manager calcolare una spesa prevista di partenza e verificare periodicamente, durante le fasi di monitoraggio, eventuali scostamenti dalle previsioni. Una CBS include tutti i costi diretti riconducibili alla commessa, come il costo diretto di manodopera e del materiale, così come le cosiddette spese generali del progetto, come ad esempio i costi legati all’ottenimento di permessi specifici per la commessa. La CBS, al contrario, non deve includere tutte le spese che non sono associate direttamente alla realizzazione dell’opera e sulle quali, quindi, non è possibile intervenire da parte del team di progetto. Tra essi è possibile citare le utenze, le spese assicurative, le tasse, gli

interessi e, in generale, tutte le spese generali dell'azienda. L'approccio generalmente utilizzato per redigere la CBS ha come punto di partenza la WBS. Ciò significa che saranno assegnati i costi a tutte le attività del livello inferiore della WBS, seguendo la medesima struttura. La CBS finale, dunque, risulterà essere anch'essa una struttura gerarchica. Questo approccio permette di una notevole semplificazione durante le attività di monitoraggio [3]. Un esempio di CBS per un progetto generico è rappresentato in figura 1.4.

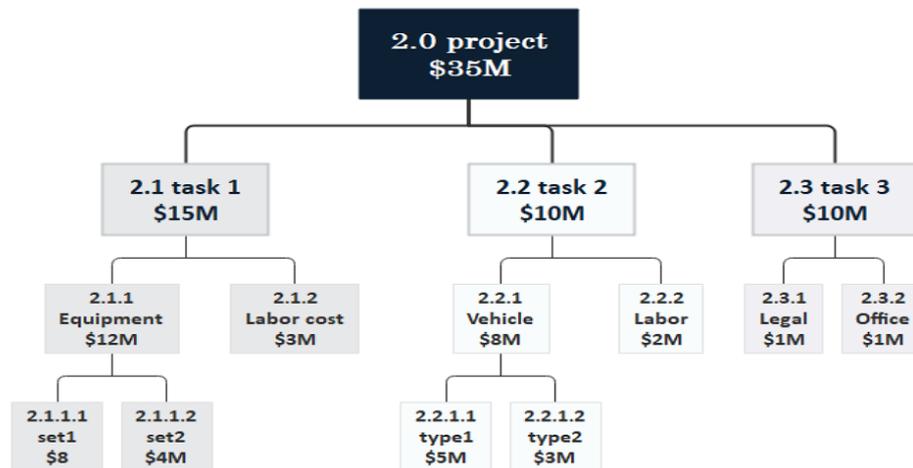


Figura 1.4: Esempio di CBS [12]

## 1.5 Strumenti per la programmazione

Il passaggio successivo alla pianificazione è quello della **programmazione** o *scheduling*. Esistono due grandi famiglie di approcci che possono essere usati: i metodi deterministici e quelli probabilistici. La differenza è, chiaramente, dovuta al fatto che nel primo caso le durate sono date, mentre nel secondo ad ognuna di esse è associato un certo margine di incertezza; quindi, non si ragiona più con il singolo valore, ma in termini di media e deviazione standard. La pianificazione deterministica, quindi, è solo uno degli approcci disponibili per i project manager durante le fasi di pianificazione di un progetto. Tuttavia, può essere uno dei più importanti perché riduce la possibilità di ritardo e aiuta a riprendersi dal esso poiché, in effetti, i ritardi spesso derivano semplicemente da una cattiva pianificazione. Una programmazione accurata aiuta a ragionare su un numero enorme di dettagli, ad esempio migliaia di attività, e determina molti fattori, comprese le stime delle spese per personale e materiali, le date di ultimazione del progetto, le modifiche di programmazione con sufficiente flessibilità da non influire sulla data di completamento e altre. La pianificazione consente anche di individuare con precisione le responsabilità; ad esempio, impostare le milestones fin dall'inizio consente ai project manager o ai proprietari di comprendere esattamente cosa è andato storto e chi o cosa è stato responsabile di un ritardo. Un programma è anche un buon strumento di comunicazione tra gli stakeholders. I programmi danno un'idea generale dei progressi

attesi del progetto poiché senza, sarebbe molto più difficile spiegare a qualcuno che non ha familiarità con il progetto cosa ci si aspetta che avvenga. Un programma può anche essere utilizzato come strumento contrattuale: alcuni schemi di pagamento, infatti, si basano sulla pianificazione. Ad esempio, alcuni offrono incentivi per finire il lavoro in tempo o prima del previsto o, al contrario, penali per eventuali ritardi. Con un programma accurato, questo tipo di incentivi possono essere offerti in modo equo nel contratto fin dall'inizio. Inoltre, nel caso di una causa, un buon programma può servire come grande prova a sostegno delle parti. Nella pratica, esistono diversi metodi utilizzati per determinare con precisione il programma [3].

### 1.5.1 Diagramma di Gantt

Con un **diagramma di Gantt** è possibile vedere una relazione abbastanza chiara tra le attività, anche se non completamente. C'è, infatti, una certa intuizione grafica su quali compiti sono correlati, ma non una dichiarazione esplicita delle dipendenze [3]. Il diagramma di Gantt presenta sull'asse delle ordinate le diverse attività che compongono il progetto, mentre sull'asse delle ascisse è riportato il tempo. Ogni barra orizzontale rappresenta la quantità di tempo necessaria per portare a termine il task, ovvero la sua durata. Inoltre, il collocamento nel digramma della barra stessa permette di capire l'istante di inizio e di fine, fornendo, come spiegato in precedenza in questo paragrafo, un'indicazione almeno implicita della correlazione tra le diverse attività. Questa forma di pianificazione risulta piuttosto efficace come strumento di comunicazione: è molto facile da capire per chiunque e consente al manager di comunicare in modo più efficace come procederà il progetto. Un esempio di Diagramma di Gantt è proposto in figura 1.5.

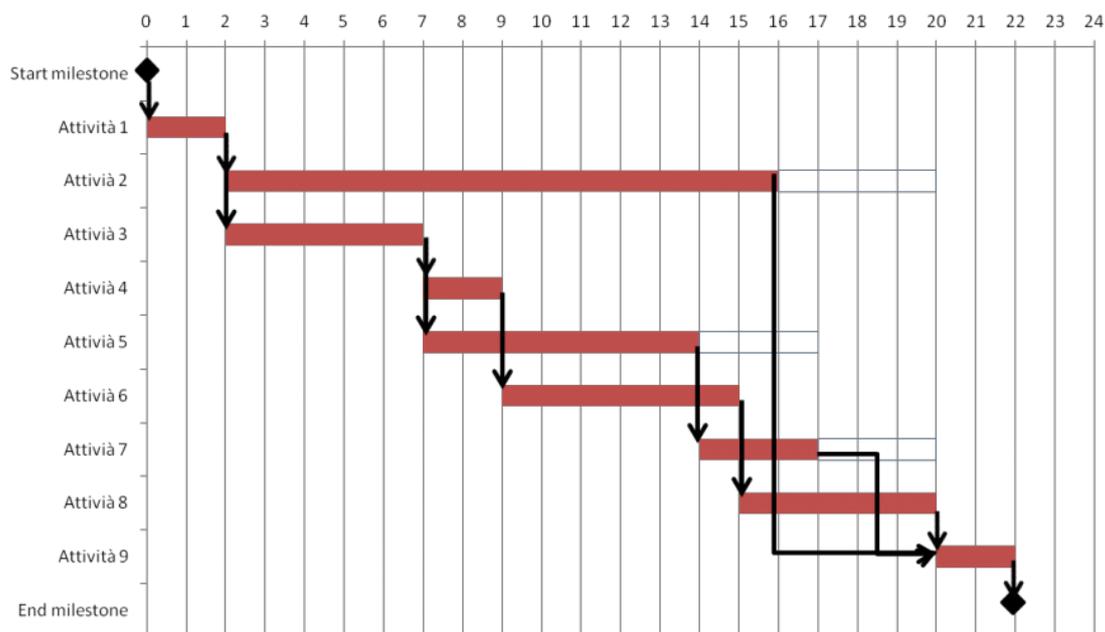


Figura 1.5: Esempio Diagramma di Gantt [5]

## 1.5.2 Network Diagram

I *network diagram*, o rappresentazioni reticolari, sono il metodo più robusto per mostrare e calcolare un programma. Utilizzando questo metodo di pianificazione, è abbastanza facile calcolare la durata del progetto e ottimizzare l'allocazione di manodopera e risorse [3]. È anche relativamente facile trovare le aree nel programma che sono più flessibili da cambiare. Fondamentalmente, il processo di costruzione di un sistema di rete è composto dalle seguenti fasi:

- In primo luogo, vengono estratti compiti dalla WBS e viene loro assegnata la durata deterministica prevista, la stima dei costi e le risorse necessarie. Il metodo per ottenere le durate deterministiche può variare a seconda dell'attività, ma è soprattutto un fattore di quantità di lavoro da svolgere, produttività, numero di risorse e attrezzature utilizzate. I costi possono anche essere assegnati a ciascuna attività in base alle stime dei costi originali o attraverso l'assegnazione di risorse umane, materiali e attrezzature a ciascuna attività. In ogni caso, l'ipotesi comune nella stima deterministica è che tutti gli attributi di attività possono essere determinati con un margine di errore molto piccolo.
- In secondo luogo, ad ogni attività vengono assegnate relazioni di precedenza con altre attività. Ciò significa che viene esplicitato quali attività dovranno essere concluse per rendere possibile la partenza di quella considerata.
- infine, viene disegnato il reticolo ed eventualmente ottimizzato. Ciò spesso implica l'iterazione: se la soluzione della rete è accettabile in termini di durata totale del progetto e allocazione delle risorse, si può considerare terminato. Se non è accettabile, è necessario imporre dipendenze o risorse aggiunte/ridotte.

Discutiamo prima il processo di relazione di precedenza. Il primo passo consiste nell'elencare le attività che devono essere eseguite. Questo viene fatto prendendo i compiti definiti nella WBS ed elencandoli. Una volta fatto ciò, si devono assegnare relazioni di precedenza. A volte le attività possono sovrapporsi; a volte devono avvenire in serie. Un metodo formale per fare ciò è attraverso una **matrice di precedenza**, in cui, semplicemente saranno riportate tutte le attività sia sulle righe che sulle colonne e verrà posto un segno in prossimità di tutte le caselle in cui l'attività sulla riga non può iniziare prima della fine dell'attività sulla colonna. Le relazioni tra le attività riflettono i vincoli nel sequenziamento dei compiti, come i vincoli normativi o contrattuali, fisici o funzionali, finanziari, manageriali e ambientali. Inoltre, la disponibilità di risorse può limitare più attività in parallelo: ad esempio, se si ha un solo team di lavoro tutte le attività per le quali è necessario il team completo devono essere eseguite in serie.

Esistono due modi di diagrammi grafici: **Activity on Arrow (AOA)** o **Activity on Nodes (AON)**. La rappresentazione AOA mantiene somiglianze con un formato Gantt. In questo metodo, i nodi rappresentano gli eventi di inizio e fine per ogni attività. Le frecce rappresentano le attività che devono essere eseguite per arrivare a quella successiva. Per costruire un reticolo AOA è necessario rispettare le seguenti regole:

- Nel reticolo gli eventi di inizio (o partenza) e quelli di arrivo (o completamento) sono unici;
- Per ognuna delle attività c'è un evento che la precede ed un evento che la segue;
- Un'attività può iniziare se e solo se si è arrivati all'evento che la precede;
- Un'attività è rappresentata da una ed una sola freccia;
- Due o più attività diverse devono avere almeno un nodo di inizio o di fine diversi;
- Non si possono rappresentare circuiti chiusi, ovvero non è possibile che ad un evento segua un'attività che conduce nuovamente a quello stesso evento.

Un problema che a volte si pone usando questo metodo è che bisogna creare dei "nodi fittizi" (*dummy activity*), rappresentati in figura 1.4. Questi si verificano quando un'attività ha due o più attività precedenti. Poiché un nodo può avere solo una freccia in entrata, è necessario creare nodi fittizi, caratterizzati da risorse e tempi nulli e con il solo scopo di separare un nodo. Sono dunque dei semplici collegamenti logici che servono per indicare l'attesa della realizzazione di altre attività. Un esempio è illustrato di seguito in figura 1.6:

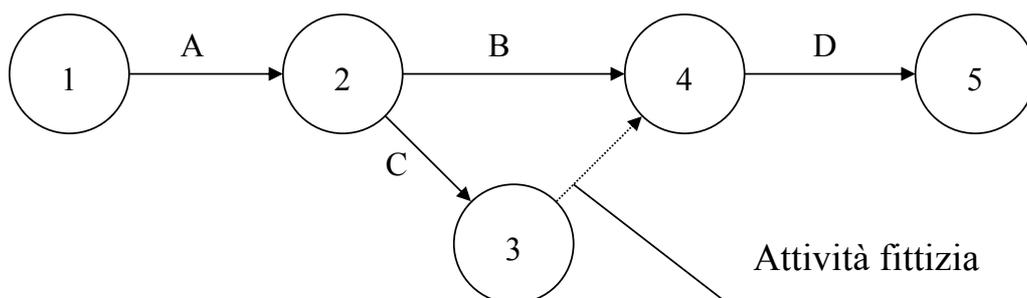


Figura 1.6: Attività fittizia [9]

Un'altra possibilità è quella di utilizzare una *hammock activity* (attività amaca), rappresentata in figura 1.7, che è un'attività vera e propria, poiché consuma tempi e risorse, ma non ha una durata propria, poiché essa è funzione non delle proprie azioni, ma dei task a cui è legata.

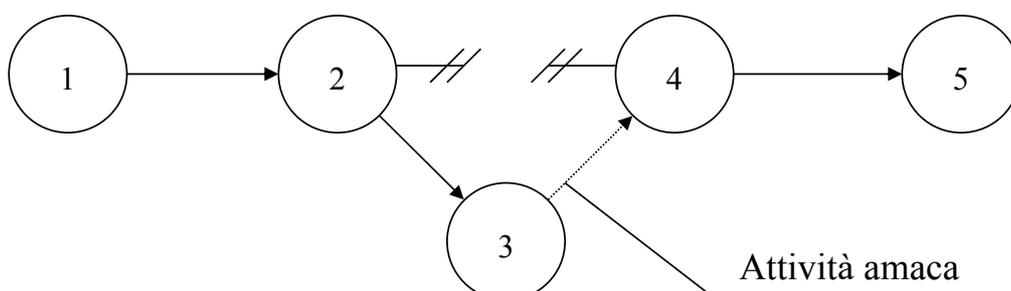


Figura 1.7: Attività amaca [9]

Una volta costruito il reticolo, secondo i vincoli di precedenza, è necessario iniziare a calcolare i tempi totali del progetto. Per fare ciò sono possibili due approcci:

- **Forward pass:** si parte dalla prima attività e si sommano i tempi di quelle successive, in modo da capire quand'è che il progetto può terminare "al più presto";
- **Backward pass:** si parte dall'ultima attività e si procede a ritroso verso quelle precedenti in modo da capire quando posso partire "al più tardi".

Nella rappresentazione AOA è, quindi, possibile calcolare, per ogni attività, due tempi rilevanti:

- Il **tempo minimo**  $T_{min}$ , indica il momento prima del quale non è possibile completare le attività precedenti all'evento in esame. Se  $D_{i,j}$  è la durata dell'attività generica che va dal nodo  $i$  al nodo  $j$ , allora è possibile calcolare:

$$T_{min,j} = T_{min,i} + D_{i,j}$$

$$\max_i \{T_{min,j} = T_{min,i} + D_{i,j}\}$$

- Il **tempo massimo**  $T_{max}$ , indica l'ultimo momento utile per iniziare l'attività che parte dal nodo considerato in modo da non causare ritardi al progetto. Si ricava dalle seguenti relazioni:

$$T_{max,i} = T_{max,j} - D_{i,j}$$

$$\min_j \{T_{max,i} = T_{max,j} + D_{i,j}\}$$

Nella rappresentazione AON, invece, si evidenziano quattro tempi significativi:

- Inizio al più presto (ES, *early start*), per la prima attività vale 0 o il momento in cui inizia il progetto, mentre per quelle successive vale la relazione:

$$ES_N = EF_{N-1}$$

- Inizio al più tardi (LS, *late start*), si ottiene dalla differenza tra LS e la durata dell'attività considerata;
- Fine al più presto (EF, *early finish*), si ottiene aggiungendo all'ES la durata dell'attività considerata
- Fine al più tardi (LF, *late finish*), si parte dall'ultima attività, in cui il LF coincide con l'ultimo momento utile per finire il progetto, e si ottiene ragionando a ritroso tramite la relazione:

$$LF_N = LS_{N+1}$$

Nel valutare la durata complessiva del progetto è necessario definire due tipi di attività:

- Attività flessibili, tollerano anticipi o ritardi relativamente alle loro date di inizio o fine;
- Attività critiche, non tollerano anticipi o ritardi rispetto alle loro date di inizio o fine, una variazione temporale in queste attività influisce sull'intero progetto.

Per determinare il tipo di attività è necessario ragionare sullo **slittamento** (o **slack** o **float**), che viene definito come il range di tempo all'interno del quale un'attività si può svolgere senza modificare la durata dell'opera. Si identificano tre tipi di slittamento:

- Slittamento concatenato, l'intervallo di tempo che condiziona lo slittamento di altre attività:

$$(Sc)_{i,j} = T_{max,j} - T_{min,j}$$

- Slittamento libero, per ogni attività, rappresenta la quantità di tempo di cui un'attività può essere ritardata senza ritardare l'inizio dei suoi successori:

$$(Sl)_{i,j} = T_{min,j} - T_{min,i} - D_{i,j}$$

- Slittamento totale, rappresenta la quantità massima di tempo che non ritarderà il progetto complessivo ed è la somma degli altri due:

$$St_j = (Sc)_{i,j} + (Sl)_{i,j} = T_{max,j} - T_{min,i} - D_{i,j}$$

Vale che se lo slittamento totale è nullo, allora l'attività è critica. Si definisce, invece, il **cammino critico** come il percorso che ha il tempo massimo ed equivale alla durata minima necessaria per compiere un progetto. Tutte le attività situate sul cammino critico sono critiche e non ammettono, quindi, slittamento. La durata del progetto, quindi, sarà definita come la somma delle durate della attività del cammino critico. Nel caso di  $St > 0$  si parla di **attività sub-critiche**, che potrebbero essere rese critiche tramite una diversa allocazione delle risorse, mentre si parla di attività **ipercritiche** quando la data di ultimazione del progetto è fissata e vale  $St < 0$ . Queste necessiteranno di accorgimenti destinati a diminuire la loro durata.

È possibile, per ogni attività, calcolare un **indice di criticità** che permette di classificare in modo da evidenziare quelli che necessitano delle maggiori attenzioni. L'indice può essere calcolato tramite la formula:

$$\lambda = \frac{\alpha_2 - \beta}{\alpha_2 - \alpha_1} \cdot 100\%$$

Dove  $\alpha_1$  è lo slittamento totale minimo del reticolo, solitamente pari a 0,  $\alpha_2$  è lo slittamento totale massimo del reticolo e  $\beta$  è lo slittamento totale del percorso di cui si intende calcolare la criticità. Ne consegue l'indice  $\lambda$  sarà un valore compreso tra 0 e 100%

Un ulteriore aspetto da considerare quando si lavora con i reticoli è la cosiddetta **float ownership** [6]. Sebbene, infatti, si possa tendere a spingere per un'early start delle attività non appartenenti al cammino critico, può essere utile, al fine di allocare nel migliore dei modi le responsabilità di eventuali ritardi, ripartire attraverso una certa regola lo slittamento tra le attività dei cammini sub-critici. Esistono diversi criteri, il più semplice risulta essere quello della **ripartizione lineare dello slittamento**, in cui dati slittamento totale (*total float TF*) *path duration PD* e *activity duration AD*, si può calcolare il *distributed float DF* tramite la formula:

$$DF = \frac{AD}{PD} \cdot TF$$

È possibile, se si vuole evidenziare la diversa rischiosità delle attività, inserire nella formula un fattore correttivo che tenga, appunto, conto del rischio, come nella formula seguente:

$$DF = media\left(\frac{AD}{PD}; f(r)\right) \cdot TF$$

In cui  $f(r)$  è un valore tra 0 e 1 che indica l'esposizione al rischio. Vale che la somma degli  $f(r)$  di uno stesso cammino deve essere pari ad 1.

### 1.5.3 Metodi di ottimizzazione

Dopo aver eseguito questi passaggi abbiamo a disposizione uno scheduling deterministico e preciso per il progetto analizzato. Tuttavia, non siamo certi che esso sia anche il migliore. Esistono diversi metodi che si occupano dell'ottimizzazione dei quali il più usato è il **Critical Path Method (CPM)** [9], creato nel 1957 dalla DuPont Company. Il suo scopo è quello di fornire uno strumento in grado di restituire una pianificazione migliore dal punto di vista del binomio tempi-costi. L'ipotesi di partenza di questo metodo è che sia possibile, in qualche modo, accelerare alcune attività (**crash**), ad esempio aumentando le risorse, l'orario a disposizione o la produttività tramite cambiamenti tecnologici. Nell'algoritmo CPM vengono associati due valori di durata e costi ad ogni task, uno "normale" ed uno "accelerato", ovvero:

- Durata normale ( $D_n, i$ ), il tempo richiesto per eseguire l'attività  $i$  se ad essa è associata una durata normale;
- Costo normale ( $C_n, i$ ), il costo diretto richiesto per eseguire un'attività  $i$  se ad essa è associata una durata normale;

- Durata accelerata ( $D_a, i$ ), la quantità minima di tempo richiesta per la realizzazione di un'attività  $i$ ;
- Costo accelerato ( $C_a, i$ ), il costo diretto minimo richiesto per portare a termine l'attività  $i$  se ad essa è associato un tempo ridotto.

Il trade-off da considerare è che, se il costo diretto accelerato è, generalmente, superiore a quello normale, una durata ridotta del progetto permette un risparmio in termini di costi indiretti. L'algoritmo, quindi, procede nel modo seguente:

- Si realizza un primo reticolo con i tempi normali, individuando il minimo costo diretto ed il costo totale.
- Si individuano le attività critiche e si identificano quelle a cui sono associati i minori costi diretti unitari;
- Si eseguono delle riduzioni dei tempi, a partire da quelli delle attività individuate al punto precedente.
- Sulla base di iterazioni successive si ricava il costo minimo totale.
- Si confrontano le durate ottenute con le scadenze contrattuali, se occorre ridurre ulteriormente i tempi si riducono ulteriormente le attività critiche.

Esistono altri metodi oltre al CPM, come il **Precedence Diagramming Method PDM**, evoluzione del CPM che tiene conto del fatto che non tutte le attività sono del tipo "fine-inizio" (*finish-to-start FS*), ma possono anche essere del tipo:

- *Start to start SS*, un'attività può partire solo se è iniziata quella precedente;
- *Finish to Finish FF*, un'attività finisce solo se è finita anche quella precedente;
- *Start-to-Finish SF*, un'attività finisce solo se è iniziata quella precedente.

Tra gli altri, esiste un ulteriore metodo che, oltre agli algoritmi, tiene conto dell'aspetto umano e della sua influenza sullo sviluppo delle attività, ovvero il **Critical Chain Method (CCM)** [7]. Il suo ideatore, Goldratt, ha individuato, infatti, diversi aspetti legati alla psicologia delle persone che possono avere un'influenza sul progetto, ovvero:

- La stima dipende dall'esperienza, poiché una persona esegue una stima in base alla sua esperienza individuale e limitata;
- Quando si arriva verso la fine dell'attività si tende ad accelerare il ritmo e, paradossalmente, si danno attività da completare il prima possibile a risorse già cariche di lavoro (sindrome dello studente);
- Il lavoro tende a dilatarsi nel tempo, sino a riempire tutto quello disponibile per il suo completamento (Legge di Parkinson);
- Il lavoro frammentario su più attività deve tener conto del tempo di set-up ad ogni passaggio;
- Se un'attività ha più predecessori, basta che uno di essi sia in ritardo per ritardare l'attività successore, ma, al contrario, se un predecessore è in anticipo, il tempo risparmiato non ha alcun effetto sull'attività del successore;

- “Se qualcosa potrebbe andare male, allora probabilmente andrà male” (Legge di Murphy).

Questo metodo tiene conto di questa serie di anomalie e, perciò, propone, laddove possibile, di adottare uno scheduling backward, ovvero di avere una programmazione “al più tardi possibile”, in modo da non avere margini, utilizzando l'idea iniziale del riempimento del tempo. Di conseguenza, si calcola la data di inizio “as late as possible”, ovvero l'ultima data utile per l'avvio del progetto senza causare ritardi. Con lo scheduling backward (fissando la data di inizio il più tardi possibile) riduco lo slack, portando ad un aumento della criticità dei percorsi che rende necessario, poi, inserire dei buffer, ulteriore innovazione del CCM. I buffer sono adeguate risorse di tempo e di risorse per proteggere le attività critiche dalla variabilità e possono essere di due tipi:

- Buffer di progetto, inseriti al termine del percorso critico in modo da mitigare il rischio di eventuali ritardi;
- Feeding Buffer, inseriti nei punti in cui un cammino sub-critico incontra quello critico, in modo da evitare il fenomeno della “legge di Parkinson”, quindi utile per dare una scadenza più vicina.

#### 1.5.4 Programmazione Resource-Based

Tutti gli approcci visti fin ora presumono una disponibilità illimitata di risorse, cosa che in un caso reale non è sempre applicabile. Per questo è possibile utilizzare anche una programmazione **resource-based**, che permette di tenere conto del fatto che alcune risorse potrebbero non essere disponibili in contemporanea o per alcuni periodi di tempo (magari perché occupati su altri progetti, ferie, ...). Uno strumento utile in questi casi è il diagramma di carico degli effettivi, in cui vengono rappresentati i picchi di utilizzazione delle risorse per ogni tipo di risorsa e per ogni intervallo di tempo. In questo modo è possibile verificare che non ci siano conflitti o sovra-allocazione che, in caso contrario, andrà gestita tramite opportune regole di priorità, come, ad esempio, alcune tecniche euristiche (*longest duration first, shortest duration first, critical activities first*) [9].

#### 1.5.5 Programmazione Probabilistica

Finora, la programmazione è stata presentata come un metodo deterministico in cui, cioè, si è presupposto che le attività avessero una durata predeterminata e che queste fossero note con certezza sin dalla fase di pianificazione. Questo approccio semplificato implica, quindi, di ignorare l'incertezza, ma, per diversi fattori, è probabile che il programma originale preparato utilizzando i metodi visti precedentemente possa differire in modo significativo nella realtà. Pertanto, potrebbe essere utile migliorare le previsioni tenendo conto dell'incertezza. Un metodo informale, già definito in

precedenza, è quello di applicare i buffer di tempo, come nel CCM. Questo metodo aggiunge una certa flessibilità al progetto, ma una serie di eventi di "sfortuna" potrebbe creare ritardi che i buffer non possono coprire. Le prime due opzioni, ignorando l'incertezza e aggiungendo buffer di tempo, dipendono dall'entità del progetto e anche dall'esperienza del project manager. È, quindi, necessario fare un ulteriore passo in avanti introducendo il metodo **Program Evaluation Review Technique PERT** [8]. Questo approccio di pianificazione utilizza stime probabilistiche per le durate delle attività, in modo da ottenere un percorso critico che non ha più una lunghezza deterministica, ma piuttosto una durata attesa associata alla sua probabilità intrinseca, risultante da problemi di natura statistica. Per ogni attività nella WBS, vengono stimate tre possibili durate, possibilmente sulla base di un database di dati storici di progetti simili passati:

- Un valore ottimistico,  $a$ , rappresenta la durata più breve possibile;
- Un valore modale,  $m$ , rappresenta la durata più comune;
- Un valore pessimistico,  $b$ , rappresenta la durata più lunga possibile.

Una volta determinati, i tre valori possono essere utilizzati per dedurre una distribuzione Beta, in cui sia le durate ottimistiche che quelle pessimistiche rappresentano la durata dell'attività in modo tale che il project manager possa essere sicuro al 99% che la durata effettiva del progetto sarà compresa tra  $a$  e  $b$ . Con i valori descritti in precedenza è possibile calcolare durata attesa  $\bar{d}$ , deviazione standard  $s$  e, di conseguenza, la varianza  $v$ :

$$\bar{d} = \frac{1}{3} \left[ 2m + \frac{1}{2}(a + b) \right] = \frac{a + 4m + b}{6} \quad s = \frac{b - a}{6} \quad v = s^2$$

Il fine dell'analisi PERT è determinare la probabilità che un'attività, o una sequenza di attività, venga completata in un certo lasso di tempo. I passaggi nell'analisi PERT, quindi, sono:

- Ottenere  $a$ ,  $m$  e  $b$  per ogni attività della WBS;
- Calcolare  $\bar{d}$  ed  $s$  per ogni attività;
- Calcolare la durata prevista del progetto utilizzando l'algoritmo CPM standard visto in precedenza;
- Calcolare la varianza totale del progetto come somma della varianza dell'attività del percorso critico
- Infine, calcolare la probabilità di completare il progetto utilizzando la tabella di distribuzione normale, il che significa supporre che la durata del progetto sia normalmente distribuita.

Bisogna sottolineare che, per quanto un approccio probabilistico permetta, in teoria, di avere una stima più precisa, questo è vero solo se i valori  $a$ ,  $m$  e  $b$  vengono calcolati e stimati in modo corretto e con una confidenza al 99%, poiché altrimenti potrebbe portare a risultati distorti e meno attendibili di quelli ottenuti tramite programmazione deterministica. Esistono, infine, anche metodi che sfruttano **simulazioni a event discreti** che, tuttavia, esulano dagli obiettivi di questo lavoro e per questo non saranno affrontati.

## 1.6 Strumenti per il Project Risk Management

Il **rischio** viene definito dal British Standard Institution come la *“combinazione della probabilità di accadimento di un certo problema (uno stato delle cose non desiderato) per il corrispondente valore (impatto) del danno causato”* [10]. La definizione implica l'esistenza di due componenti di base, che permettono di categorizzare il rischio:

- La **probabilità** che ha un evento di verificarsi, poiché un evento è rischioso soltanto se non si hanno certezze circa il suo futuro accadimento;
- La **negatività**, ovvero l'impatto negativo dovuto al verificarsi dell'evento.

Il Project Management Institute propone una definizione allargata del rischio, come *“evento o condizione incerti che, se si dovessero verificare, avrebbero un effetto positivo o negativo sugli obiettivi di progetto”* [1]. In questo modo si supera il concetto ristretto, secondo il quale il rischio è banalmente la probabilità di subire un danno e, pertanto, la gestione del rischio o *risk management* di un progetto diventa *“la disciplina che aiuta a massimizzare la probabilità e le conseguenze di eventi positivi e a ridurre al minimo la probabilità e le conseguenze di eventi avversi per gli obiettivi del progetto”* [1]. Si sottolinea qui che esiste una differenza tra i termini incertezza e rischio. Il primo indica una scarsità di conoscenza sulla natura, le probabilità di accadimento e le conseguenze di un evento. Il rischio, invece, può essere inteso come un'incertezza che è possibile misurare: natura, conseguenze e probabilità di accadimento sono calcolabili o stimabili almeno a livello generale, pur essendo ovviamente impossibile pronosticare cosa accadrà nel caso specifico. I rischi possono essere originati da fonti interne, solitamente sotto il controllo del team di progetto, o da fattori esterni, come le condizioni naturali, i rischi finanziari e il contesto politico, che esulano dal controllo del PM.

La disciplina del risk management prevede due fasi distinte, la prima di analisi del rischio (*risk assessment*), che comprende tutte le attività di valutazione dei rischi, sia sotto l'aspetto qualitativo che quantitativo, la seconda di risposta al rischio (*risk response*), in cui si pianificano soluzioni e si controlla la loro efficacia [9].

Per quanto riguarda la prima fase, esistono diverse tecniche che possono essere utilizzate dai professionisti per identificare le possibili cause di rischio in un progetto e che sono suddivisibili in due tipologie, ovvero:

- **“Cause contro effetti”**, in cui si per prima cosa si identificano le origini dei singoli eventi rischiosi, ovvero le possibili cause. Dopodiché, per ogni rischio, si valutano

le conseguenze. Alcuni esempi sono le interviste, le checklist, i questionari, la what-if-analysis o la RBS di cui si parlerà in seguito

- “**Effetti contro cause**”, in cui si dividono inizialmente i rischi positivi e quelli negativi. In seguito, si cerca di individuarne le cause collegate. Alcuni esempi sono i diagrammi causa-effetto (o diagrammi di Ishikawa o a lisca di pesce) o gli alberi degli eventi [9].

### 1.6.1 Risk Breakdown Structure

Come detto sopra, la **Risk Breakdown Structure RBS** è una tipologia di classificazione degli eventi rischiosi del tipo causa-effetto che sfrutta un sistema gerarchico strutturato ad albero, simile a una WBS. Un esempio di RBS è presentato nella seguente figura 1.8.

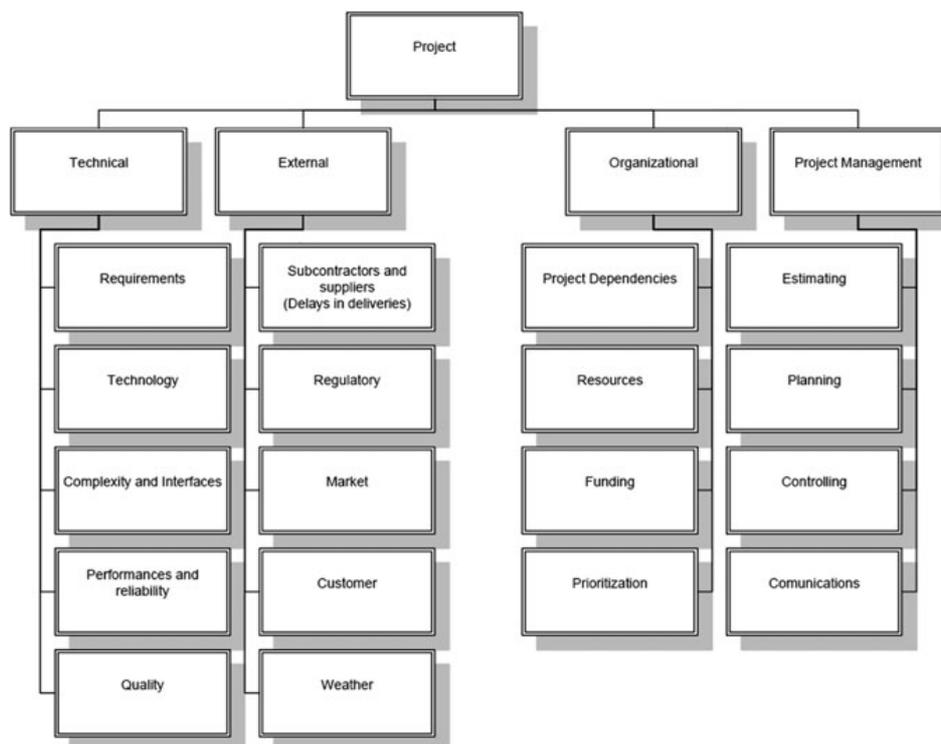


Figura 1.8: Esempio di RBS [3]

Come la WBS guida nel definire lo scopo e il lavoro del progetto, l’RBS guida il processo di gestione del rischio. Il primo passo per costruire una RBS è quello di suddividere le fonti (o cause) del rischio del progetto in “tipi di rischio” (strategico, operazionali, interni, esterni, ...). In questo modo si crea uno schema gerarchico che consente successivi approfondimenti ai livelli successivi: ogni tipo è a sua volta suddiviso in classi, che sono ulteriormente scomposte in gruppi, sottogruppi e così via fino all'evento rischioso elementare di base. Il passo successivo è quello di costruire una **matrice WBS-RBS** in cui, sulle righe, saranno indicate le fonti dei rischi proprie della RBS, mentre nelle colonne saranno indicate le attività della WBS. Se una certa attività è soggetta ad un rischio, allora

in prossimità del rispettivo incrocio saranno indicate le descrizioni della manifestazione di tale rischio.

## 1.6.2 Risk Breakdown Matrix

A questo punto, dopo aver identificato il rischio, è necessario quantificarlo, ovvero analizzare l'impatto di effetti imprevisti. Un'analisi comune per fare ciò è rappresentata dalla formula:

$$R = p \cdot I$$

In cui  $p$  esprime la probabilità con cui potrebbe manifestarsi il rischio  $R$ , mentre  $I$  esprime l'effetto del danno/opportunità, o magnitudo, dovuto al concretizzarsi del rischio  $R$ . La moltiplicazione tra questi due fattori, quindi, produce  $R$  *Risk Exposure*, valore che esprime l'esposizione legata agli eventi causati dal concretizzarsi del rischio. Si sottolinea che  $R$  è un valore indicativo, utile ai fini del ranking dei rischi. Questa valutazione può essere eseguita in diversi modi:

- **Qualitativo**, quando non si hanno a disposizione numeri o si lavora con progetti nuovi, per cui sia per la probabilità che per l'impatto delle scale di misurazione nominali. Ad esempio, per la probabilità, si può usare la scala (molto alta, alta, media, bassa, molto bassa).
- **Semi-quantitativo**, in questo caso i livelli usati nel caso precedente vengono accompagnati da classi numeriche, ad esempio da 1 (molto basso) a 5 (molto alto), che non hanno un legame diretto con i valori del rischio, ma permettono di avere una prima classificazione.
- **Quantitativo**, si utilizza quando si hanno molti dati a disposizione ed è possibile calcolare le relative distribuzioni di probabilità [9].

Una volta scelta la scala, in assenza di database e serie storiche, è possibile affidarsi al giudizio degli esperti, tramite interviste o questionari, per definire gli opportuni valori di  $p$  ed  $I$ . Una volta stimati, è necessario collegarli come nella relazione precedente. Per fare ciò si utilizza la **Risk Breakdown Matrix RBM**, in cui sulle colonne troviamo i rischi individuati nella RBS cui corrisponde una certa probabilità  $p$ , che si considera essere costante, mentre sulle righe si trovano le attività della WBS a cui sarà associato un certo valore  $I$ , in base al rischio considerato. Nell'intersezione, quindi, troviamo il valore  $R$ . Si nota, quindi, che la probabilità dipende dalla fonte, mentre l'impatto derivante da quella fonte dipende dal modo in cui si manifesta sull'attività. Vale a dire che, a parità di fonte, l'impatto sarà maggiore su un'attività costosa/lunga rispetto ad una più economica o breve.

L'RBM, in figura 1.9, permette, perciò, di strutturare in modo gerarchico gli elementi costituenti del rischio, in modo da classificare, sulla base di  $R$ :

- Le attività che presentano un'elevata esposizione ai rischi;
- Rischi che comportano gli impatti maggiori.

			RBS Fonti del rischio e rispettivi indici di accadimento					Valutazione per attività	
			M1	M2	M3	.....	Mn	$\Sigma R$	Ordine per attività
WBS	A1	I1,j	$p_{i,1}$	$p_{i,2}$	$p_{i,3}$				
Attività e rispettivi indici di impatto	A2	I2,j			●				
	A3	I3,j							
	A4	I4,j							
	$A_m$	$I_{m,j}$							
		$\Sigma R$							
Ordine per rischio									

Figura 1.9: Esempio di RBM [9]

### 1.6.3 La risposta al rischio

È impossibile e antieconomico considerare tutte le minacce e i rischi. Per questo motivo è opportuno definire quali azioni e misure correttive sono necessari minimizzare le minacce. Il primo passo è rappresentato dal prodotto della fase precedente, ovvero una matrice probabilità-impatto. Questa definisce, in generale, quattro aree che rappresentano altrettante strategie di riduzione del rischio:

- **Probabilità alta e impatto alto.** La strategia migliore in questo caso è quella di **avoid, evitare** questi rischi, andando alla loro radice e puntando ad eliminarli, arrivando a scartare anche il progetto o alcune sue parti;
- **Probabilità bassa e impatto alto.** La strategia migliore in questo caso è quella di **transfer, trasferire** questi rischi affidando a terzi la loro gestione, che siano fornitori o società assicurative, non avendone le competenze o le possibilità, come nel caso di fonti esterne, come quella delle condizioni metereologiche.
- **Probabilità alta e impatto moderato.** Sono quelli maggiormente presenti, in genere, e necessitano di azioni di **mitigazione**, ovvero atti preliminari che modificano il progetto, comportando, solitamente, un aumento di tempi e/o costi.
- **Probabilità bassa e impatto basso.** Sono quei rischi per i quali la strategia migliore è quella di **accept, accettare**. In questo caso, infatti, gli sforzi necessari

per ridurre il loro impatto potrebbero essere più costosi degli effetti del rischio stesso.

Bisogna sottolineare, comunque, che non per tutti i rischi è possibile o conveniente la strategia relativa all'area di appartenenza, ma sarà sempre necessario un lavoro di analisi più approfondito e meno superficiale per determinare la soluzione ottimale, tendendo ben in mente il contesto in cui si lavora. In generale, è possibile utilizzare la **strategia a cascata**, ovvero procedere in ordine dal livello più alto di risposta (evitare) sino a quello più basso (accettare).

Dopo la fase di pianificazione appena descritta, avviene la fase di **controllo del rischio**, durante la quale ci si occupa di verificare in che modo gli eventi rischiosi si evolvono, in modo da applicare tutte quelle azioni che sono ancora possibili da intraprendere, nel rispetto dei vincoli di progetto o, in caso non fosse possibile, in modo da ripianificare il progetto minimizzando l'impatto.

# Capitolo 2

## Officine Gaudino

In seguito alla trattazione teorica degli strumenti di project management, è necessario identificare e descrivere l'azienda che sarà oggetto del presente lavoro, Officine Gaudino Spa. In questo capitolo, dunque, sarà analizzata la storia dell'impresa, soffermandosi in particolare sulla descrizione delle attività svolte oggi, dei clienti, dei fornitori e dei prodotti offerti sul mercato.

### 2.1 La storia

Officine Gaudino Spa, in figura 2.1, è un'azienda nata negli anni Venti del secolo scorso a Cossato, in provincia di Biella, uno dei più famosi centri tessili a livello mondiale e sede di grandi lanifici, di rilevanza mondiale [10]. Fondata dal Cav. Pietro Gaudino, inizialmente la produzione era incentrata sulla costruzione di piccole macchine tessili, per poi passare alla costruzione di macchinari più grandi quali folloni, carde-lupo, lavaggi, torcitoi. Intorno agli anni Cinquanta l'azienda ha iniziato ad abbandonare altri tipi di macchinari al fine di specializzarsi nella produzione di filatoi, prima per cotone rigenerato e, poi, per lana e fibre pregiate. Oggi l'azienda è diretta dai nipoti del fondatore, Piero Gaudino, responsabile dell'area produzione, Roberto Gaudino, CEO e responsabile dell'area commerciale e Paola Gaudino, responsabile dell'area legale.



Figura 2.1: Stabilimento di Cossato [10]

Nel corso della sua storia fino agli anni Novanta l'azienda ha prodotto un numero limitato di modelli di macchinari, cioè quelli in cui si era specializzata dalla nascita, ovvero filatoi per il settore laniero. Ciò che permetteva allora di distinguersi era soprattutto la capacità

di offrire prodotti che potessero essere oltre che di qualità anche concorrenziali a livello di prezzo. Tra la fine degli anni Novanta e l'inizio degli anni Duemila, tuttavia, l'avvento della globalizzazione ha modificato l'equilibrio che si era creato. In primo luogo, la crisi del settore tessile nella provincia di Biella ha portato alla chiusura di diversi stabilimenti e diverse realtà che, fino a quel momento, erano stati clienti per l'azienda. Nondimeno, il fenomeno della delocalizzazione ha intensificato la concorrenza sui prezzi, spostando su di essi la competizione, piuttosto che sulla qualità del macchinario realizzato. Le aziende che decidevano di spostare la produzione in Paesi a basso costo di manodopera e quelle che si affacciavano per la prima volta al mercato europeo, perciò, si trovavano nelle condizioni di offrire un prodotto economicamente vantaggioso, adatto alla nuova domanda che si era creata. Per resistere a queste forze esterne, Officine Gaudino ha cambiato il proprio modello di business, puntando ad offrire prodotti che si contraddistinguessero ancora di più per l'elevato tasso di personalizzazione, caratteristica che non poteva essere pareggiata dai concorrenti che concorrevano sui prezzi. Per far fronte alla riduzione della domanda, inoltre, l'azienda si è espansa in altri settori di nicchia in cui poteva esistere la necessità di macchine realizzate "su misura" e non solo standard. In quest'ottica, nel gennaio del 2009, Officine Gaudino ha rilevato la produzione dell'azienda Lema Lezzini, specializzata nel campo della fabbricazione di macchine per binatura, bina-ritorcitura e torcitura-binatura-ritorcitura. Questi cambiamenti strategici hanno comportato, dal punto di vista dell'azienda, anche un cambiamento nella sua struttura stessa. Si è, infatti, ridotta la produzione interna, portandola allo stretto necessario, per specializzarsi prevalentemente nelle attività di progettazione ingegneristica, portando l'azienda sempre più vicina ad essere una realtà Assembly to Order (ATO), in cui il core business, appunto, risiede nell'innovazione dei prodotti e nella personalizzazione degli stessi sulla base delle richieste del cliente.

## 2.2 I prodotti

I prodotti che, oggi, l'azienda produce e vende sul mercato sono prevalentemente i seguenti:

- **Stiratoi**, figura 2.2, sono macchine di diverse tipologie, ma che in generale permettono di trasformare le fibre tessili un filamento adatto ad alimentare un filatoio. Sono utilizzati principalmente durante la fase di pettinatura, nella quale la loro funzione principale è quella di pulire i nastri dalle impurità, oppure durante la preparazione alla filatura. In quest'ultimo caso permettono di binare, ovvero accoppiare, più nastri con il fine di regolarizzarne il peso e, eventualmente, diminuirlo, fino a raggiungere quello desiderato.



Figura 2.2: Stiratoio per la preparazione alla filatura pettinata [10]

- **Filatoi**, figura 2.3, sono le macchine che, alimentate dai nastri ottenuti durante la precedente fase di preparazione alla filatura, restituiscono come risultato il filo. Esistono diversi tipi di filatura, ovvero pettinata, semi-pettinata, cardata, del carbonio o del lino, e, di conseguenza, diversi filatoi specifici.



Figura 2.3: Filatoio [10]

- **Copsatrici**, figura 2.4, sono le macchine che permettono di raccogliere il filo su una confezione diversa rispetto a quella di partenza, solitamente più facile da lavorare all'interno dello stabilimento.



Figura 2.4: Copsatrice [10]

- Macchine per la **torcitura**, figura 2.5, che permettono di ottenere il filo a partire da filamento di fibre estruse di origine sintetica. Le operazioni svolte sono generalmente di torsione della fibra su sé stessa e di binamento ad un'altra, ovvero di accoppiamento. Eventualmente, poi, queste possono essere ulteriormente ritorte. In questo modo è possibile conferire equilibrio e stabilità al filo.



Figura 2.5: Torcitoio [10]

## 2.3 I clienti ed i fornitori

I clienti di Officine Gaudino, dunque, sono in genere aziende che lavorano in uno dei campi precedentemente citati e che, per qualche motivo, hanno necessità di avere una macchina differente dallo standard in quel momento presente sul mercato e che quindi hanno una maggiore disponibilità a pagare. Ciò significa, principalmente, la necessità di uno dei seguenti prodotti:

- Macchinari innovativi che comportano un importante risparmio o un elevato aumento della qualità per il cliente. Nascono tendenzialmente da un'analisi interna del mercato e sono beni del tipo *demand push*.
- Macchinari che soddisfano specifiche richieste del cliente verso le quali per le azienda a basso costo è anti economico virare e che sono, dunque, *demand pull*. Alcune esigenze che rientrano in questa categoria sono quelle di lavorare fibre di nicchia, come ad esempio il vetro o il carbonio, oppure la necessità di integrare il nuovo macchinario all'interno di una catena già esistente nello stabilimento del cliente, uniformando sistemi di movimentazione ed automazione.

L'azienda, come detto, ha oggi intrapreso una strada di riduzione delle attività di produzione svolte internamente. Vengono attualmente eseguite all'interno dell'azienda le operazioni di fresatura, alesatura e tornitura. Ciò significa che diverse altre fasi, come quelle di produzione della lamiera e saldatura delle stesse, cromatura, zincatura, verniciatura, brunitura e tempra sono affidate a fornitori esterni. Le macchine, poi, presentano svariati dispositivi per la sicurezza e per il controllo della qualità, generalmente di origine elettronica e, anche in questo caso, acquistate da aziende esterne. Nel modello ATO assunto oggi dall'azienda, dunque, la ricerca e la scelta dei fornitori assume un ruolo fondamentale. Per l'acquisto di materie prime e componenti standard, solitamente ci si affida a fornitori dell'area biellese, mentre per altri prodotti più difficili da reperire sul mercato, o perché creati ad hoc per le commesse, come le lamiere, o perché di natura elettronica, i fornitori possono essere localizzati in tutta Europa e, in alcuni casi, in tutto il Mondo.

# Capitolo 3

## Il Project Management in Officine Gaudino

In Gaudino SPA il ruolo di PM viene affidato principalmente al CEO dell'azienda che, tramite la sua esperienza, è in grado di gestire la commessa in ogni sua fase. L'approccio attualmente adottato, per quanto risulti sufficientemente funzionante, ha in generale il problema di ricorrere in modo eccessivo sulla conoscenza e l'esperienza del CEO e di essere, quindi, poco trasferibile alle altre funzioni aziendali. Oltre a questo, si analizzano ora le diverse fasi del processo di project management in Gaudino, individuandone, eventualmente, le principali criticità e proponendo una possibile riprogettazione che permetta di superarle.

### 3.1 Avvio del progetto

In Officine Gaudino, il primo contatto con il cliente e la successiva contrattazione avvengono tipicamente telefonicamente o via e-mail. Parallelamente al susseguirsi della contrattazione, che in alcuni casi può portare anche ad incontri di persona direttamente in officina, vengono definiti i requisiti e le specifiche della commessa. Viene, così, redatto dal CEO un documento chiamato "**foglio macchina**", che sarà inviato ai tecnici dopo la firma del contratto di vendita e dopo aver ricevuto l'anticipo. Questo documento contiene, in forma schematica, i principali dati utili per descrivere il progetto:

- Numero di commessa, attraverso un codice alfanumerico.
- Il cliente.
- Tipo di macchina e quantità ordinate, con le informazioni principali come, ad esempio, il numero di fusi, tipo di castello o fronte singolo/doppio.
- Descrizione delle modifiche da effettuare rispetto ai modelli standard presenti nel listino dell'azienda e dei requisiti del cliente definiti in fase di trattativa. Si sottolinea che i modelli standard hanno principalmente lo scopo di definire quali sono le tipologie di macchine che l'azienda può offrire, ma è piuttosto raro che un cliente ne richieda una senza modifiche.
- Principali milestone, in questo caso si parla soprattutto di *data di consegna*.
- Informazioni sulla tipologia di consegna e sul montaggio.

Una volta che l'ufficio tecnico ha implementato nel dettaglio le specifiche per rispettare i requisiti richiesti, aggiorna il foglio macchina introducendo:

- Disegni macchina;
- Distinta base.

Questo documento, che viene caricato su una cartella disponibile sul server aziendale, viene utilizzato per avere una panoramica generale sulla commessa e come punto di riferimento per commesse future che potrebbero presentare soluzioni tecniche analoghe.

Analizzando tale documento è possibile trovare delle affinità sia di forma che di utilizzo con uno dei principali strumenti proposti dal project management: il *Project Charter*. Nonostante, infatti, il "foglio macchina" sia di natura più tecnica che gestionale, fornisce una panoramica sul progetto in modo sufficientemente efficace. È possibile, comunque, proporre una nuova struttura di tale documento, in modo che si avvicini maggiormente al modello proposto dalla teoria. Si propongono le seguenti aggiunte, individuate seguendo il layout classico del Project Charter:

- **Inserire vincoli ed ipotesi specifiche della commessa.** Per quanto si tratti sempre di macchine tessili, possono esserci diversi scenari legati alla commessa che devono essere presi in considerazione. Ad esempio, la nazione in cui si venderà la macchina potrebbe comportare la necessità di particolare attenzione per quanto riguarda la gestione dei ritardi o la necessità di ottenere un visto per chi andrà a montare il macchinario in loco. Ancora, potrebbe essere necessario fare riferimento a norme e a standard di qualità diversi. Tutte queste variabili possono essere descritte e documentate in questa area.
- **Inserire costi preventivati.** Nel Foglio Macchina che, come detto, è un documento più tecnico che gestionale, non sono presenti informazioni finanziarie. Queste, comunque, potrebbero essere incluse, andando ad aggiungere i costi preventivati in fase di pianificazione. Ciò sarebbe utile proprio al fine di rendere il Foglio Macchina un documento che fornisca una panoramica sull'intera commessa. Allo stesso modo, è possibile inserire il prezzo di vendita concordato con il cliente.
- **Inserire i principali rischi.** Oltre ai vincoli ed alle ipotesi descritte in precedenza, è opportuno segnalare quali possono essere i rischi. Ve ne saranno alcuni generali, come la possibilità di aumento del costo delle materie prime o dalla variazione del tasso di cambio per acquisti effettuati, mentre altri saranno maggiormente specifici per la commessa e legati, come detto in precedenza, alla nazione di vendita, al tipo di cliente o al tipo di macchina.
- **Inserire le principali milestones.** Oltre alla data di consegna, che da un'idea sul termine ultimo per la realizzazione della commessa, sarebbe utile ed opportuno inserire altre milestone di grande importanza per verificare il corretto andamento del progetto, recuperandole dalla fase di pianificazione e programmazione.

Esempi possono essere la data di inizio progettazione, inizio produzione o arrivo materiali “citrici”, ovvero quei componenti il cui lead time di spedizione può diventare un collo di bottiglia, portando ad un rallentamento delle fasi successive.

Rispetto al template classico di Project Charter, invece, si è deciso di non proporre alcuni elementi, almeno in una prima fase di introduzione del Project Management. In generale la scelta è dovuta alla volontà di rendere graduale l’inserimento in azienda di questi strumenti, cercando di proporli come “di aiuto” alle attività già svolte, e non come un ulteriore carico di lavoro. Per questo le voci meno utili ai fini aziendali non sono state considerate, ovvero:

- Definizione degli stakeholders: nella realizzazione di un progetto che, di fatto, coincide con uno o più macchinari, gli stakeholders sono principalmente venditore e cliente. Non ci sono organizzazioni esterne, entità statali o altre figure che possono avere interesse o svolgere azioni dirette sulla commessa. L’unico caso in cui si aggiunge una figura terza è quando la vendita avviene tramite agente. Questo caso particolare, ma comunque molto frequente, può essere segnalato opportunamente inserendo il nome dell’agente, in modo che sia possibile comportarsi di conseguenza (ad esempio in fase di calcolo del preventivo dovrà essere considerata la sua quota).
- Organizzazione: i progetti analizzati, ovvero la realizzazione dei macchinari, sono il business principale di Gaudino e, date le piccole dimensioni dell’azienda, l’organigramma della commessa finirebbe con il coincidere con l’organigramma aziendale. Per questo potrebbe essere opportuno, invece che inserire l’intera organizzazione del progetto, indicare solo qual è l’ufficio tecnico di riferimento per quella commessa.
- Business case: il progetto in Gaudino copre un’area temporale piuttosto breve (un anno all’incirca) che rende eventuali calcoli sulla redditività del progetto piuttosto superflua, considerando il prezzo dei macchinari viene calcolato con metodo cost-plus. Esistono, comunque, dei casi in cui l’azienda sviluppa un macchinario completamente da zero (magari un modello di macchina che prima non produceva o non esisteva) per la quale vengono fatte delle analisi strategiche e finanziarie più complesse, ma sono casi più rari e per questo, non risulta essere opportuno sviluppare un layout standard sulla base di questi.

Ne consegue che il layout del Foglio Macchina può essere modificato come segue:

Project charter	Foglio macchina
Nome del progetto	Numero di commessa
Informazioni generale (sponsor aziendale, project manager, data di approvazione, firma)	Informazioni generali (Cliente, Nazione)
Sintesi esecutiva	Sintesi della commessa (Numero di macchine, modello, fusi, fronte doppio/singolo, tipo di castello)
Obiettivi del progetto	
Visione del prodotto (stakeholders, fabbisogni, requisiti)	Descrizione tecnica dettagliata dei requisiti, disegni macchina, distinta base, agente
Overview del progetto (ambito, ipotesi, vincoli)	Vincoli e ipotesi legati alla commessa specifica
Milestones	Data di consegna, principali milestones
Costi/budget	Costi preventivati
Organizzazione (risorse chiave, organigramma della squadra di progetto)	Ufficio tecnico di riferimento
Rischi	Rischi
Business case (input, valutazione finanziaria)	

## 3.2 Pianificazione e Programmazione

In Gaudino, al momento, non esiste una netta separazione fra l'attività di pianificazione e quella di programmazione del progetto. Non utilizzando procedure formali che sfruttino le tecniche di Project Management, infatti, le due fasi tendono per coincidere, ai danni soprattutto della fase di pianificazione, per questo motivo si è deciso di descriverle insieme, per poi dividerle nella fase di riprogettazione. Ciò accade principalmente poiché le commesse, per quanto fra loro diverse, mantengono un alto grado di comunanza fra le attività necessarie per arrivare al loro completamento, in cui i cambiamenti principali riguardano il binomio tempi-costi. Attualmente, una volta definiti con il cliente i dettagli della commessa, il CEO, grazie alla sua esperienza, è in grado innanzitutto di identificare una data di consegna, tenendo conto di:

- Tempi di consegna dei materiali necessari, previa verifica di tali componenti in casa;

- Tempi di produzione in casa, che dipendono fortemente dai tipi di pezzi e non dal loro numero, poiché le macchine automatiche presenti in officina hanno tempi di setup lunghi per passare da un pezzo ad un altro, ma una volta impostate hanno un'alta produttività;
- Tempi di progettazione da parte degli uffici tecnici, che varia in base alla complessità della macchina e dalle specifiche richieste, per questo è necessaria la giusta dose di esperienza per cogliere immediatamente eventuali criticità e stimare in modo realistico l'effettiva durata della progettazione tecnica;
- Primo momento utile per iniziare la progettazione e primo momento utile per iniziare la produzione, dati funzione del numero di commesse antecedenti a quella in esame che si presume debbano uscire in ordine all'incirca cronologico (i clienti vogliono che le macchine vengano consegnate *as soon as possible*).

Dopo aver stabilito i tempi di consegna, il CEO formula un preventivo, per il quale è necessario effettuare stime di:

- Componentistica, che differisce in modo sistemico da macchina a macchina e tiene conto di eventuali aumenti. Periodicamente, infatti, vengono effettuate ricerche per capire l'andamento dei costi e si tiene conto del dato più recente.
- Spedizione, sia in termini di trasporto che di imballaggi, dazi e assicurazione necessaria.
- Costi indiretti (*overheads*), questo risulta essere ovviamente il dato più complesso da prevedere. Il CEO per il calcolo di questi costi si basa sui costi/guadagni indiretti del bilancio passato, esegue una stima correttiva per l'anno in corso e attribuisce la quota mensile di costi indiretti che devono essere coperti dalla vendita delle macchine. La quota per singola macchina è data da quante di queste è possibile produrre in un mese. Data l'alta variabilità, queste stime vengono periodicamente confrontate con la realtà per poter prendere azioni correttive.

Il calcolo di questi costi non viene eseguito su un unico documento e per questo non si può parlare propriamente di CBS. I primi due sono contenuti in un foglio Excel comune per macchine della stessa tipologia, mentre il terzo viene calcolato "ad hoc", volta per volta. Dopo aver definito specifiche, prezzo e data di consegna, viene stipulato e firmato il contratto di vendita. La successione delle attività, a questo punto, avviene per scambio di richieste da parte delle diverse aree funzionali. Il CEO, dopo aver definito il contratto e ricevuto l'anticipo, comunica le specifiche della commessa tramite il foglio macchina all'ufficio tecnico, che ci lavorerà appena avrà terminato le progettazioni in coda. Una volta finita, avrà una distinta base da mandare all'ufficio acquisti e i disegni dei pezzi da realizzare in officina. Questi riportano disegni e quantità e vengono messi "in coda" dal reparto produzione.

Le principali **criticità** della pianificazione individuate sono:

- Pianificazione e programmazione non sono trattate come fasi autonome.
- Il calcolo dei costi viene effettuato sull'intera commessa e non diviso per attività, il che rende difficile capire se ci sono aree più "critiche" di altre su cui potrebbe essere utile intervenire.
- Non essendoci una opportuna fase di pianificazione, le fasi successive diventano più complesse da gestire, soprattutto se si vogliono applicare strumenti di Project Management.

Come anticipato, il primo passo da seguire è quello di scindere le due fasi di pianificazione e programmazione. Proseguendo, è opportuno notare come, se da certo punto di vista la scarsa varietà di attività che compongono la commessa può giustificare l'assenza di una WBS/OBS specifica, ciò, come detto, comporterebbe problemi nelle fasi successive (divisione dei costi per attività, scheduling con Gantt o tecniche reticolari, monitoraggio, definizione dei rischi, ...). Per questo motivo è sicuramente opportuno introdurre una WBS ed una relativa OBS che, anche se simili tra i diversi progetti, permetteranno di condurre in modo ottimale le fasi successive. Per quanto riguarda la CBS, in linea teorica sarebbe possibile utilizzare come supporto al calcolo i fogli Excel precedentemente citati, integrandoli in modo opportuno all'interno della WBS scomponendo i costi totali sulla base delle singole attività. Tuttavia, come verrà spiegato nel dettaglio nel capitolo 4.5, la natura dell'azienda ed il tipo di costi associati al progetto renderebbero questo lavoro particolarmente complesso, portando a risultati che potrebbero anche risultare distorti rispetto alla realtà. I passi da seguire, quindi, potrebbero diventare:

- Definizione dei requisiti cliente (inseriti all'interno del foglio macchina);
- Redazione WBS con le attività da svolgere per la realizzazione della commessa;
- Incrocio della WBS con l'OBS o RBS, in caso siano coinvolte anche risorse non umane, come macchinari;
- Calcolo dei costi seguendo l'impostazione attuale adottata dall'azienda, con l'ausilio dei documenti citati nei passi precedenti.

Le principali criticità della programmazione individuate sono:

- Non vengono definite milestones durante la realizzazione della commessa, il che porta a ragionare guardando solo all'ultima data utile (la consegna), aumentando la possibilità di ritardi;
- Non viene individuato in modo chiaro un cammino critico e quindi non si ha una visione chiara di quali siano le attività che richiedono una maggiore attenzione;
- Difficoltà di inserimento di una commessa all'interno di un piano di produzione generale dell'azienda;
- Possibilità di sovrastimare o sottostimare i buffer temporali necessari;
- Minore capacità di parallelizzazione delle attività;

- Maggiori difficoltà nel calcolo dei tempi necessari e stima in generale meno precisa;
- Senza strumenti formali aumenta la difficoltà di monitoraggio, poiché in assenza di una baseline a livello di tempi/costi non è possibile applicare diversi strumenti utili descritti dalla teoria del PM.

Per i motivi sopra elencati, si ritiene di grande utilità l'inserimento di una metodologia di scheduling *resource-based* di tipo *deterministico* che, magari, in futuro (dopo aver registrato una discreta quantità di dati storici) potrà essere portato ad essere *probabilistico*. L'utilizzo di diagrammi di Gantt e di reticoli, strumenti di facile lettura e realizzazione, possono essere utilizzati a supporto dei calcoli. In questo modo sarebbe possibile avere una visione più dettagliata non solo del progetto, ma anche del tasso di occupazione di tutte le risorse, umane e no, all'interno dell'azienda, rendendo più facile l'inserimento della commessa nel più ampio piano di produzione.

### 3.3 Monitoraggio del progetto

Il monitoraggio in Gaudino è affidato al CEO che saltuariamente verifica direttamente in officina lo stato di avanzamento dei lavori e lo confronta con quanto previsto. Non c'è un documento formale, un registro, che tiene traccia dell'avanzamento previsto ed effettivo. La logica è che, non essendoci molte commesse, è possibile tenere traccia a mente di questi dati e gestirli guardando soprattutto all'ultima data utile per terminare i lavori: quella di consegna. Sapendo quando va consegnata una macchina, è possibile, a ritroso, capire a che punto della lavorazione si dovrebbe essere. Le durate delle lavorazioni in casa o presso i fornitori, con la necessaria esperienza, sono infatti di rapida stima. In caso di ritardi è possibile cercare di intervenire o, quantomeno, allungare i tempi delle richieste future. Non esistendo, infatti, una programmazione dettagliata soprattutto in termini di tempi, sarebbe difficile eseguire un monitoraggio più attento. Per quanto riguarda i costi, invece, quando si progetta una macchina nuova e si vuole controllare di non aver commesso errori nella determinazione del prezzo, viene effettuato un controllo solo *ex-post* e non durante il ciclo di produzione della commessa. Le principali criticità dell'approccio attuale derivano principalmente dalla mancanza di una baseline dei tempi necessari, che andrebbe introdotta nelle fasi precedenti, che rende complicato il monitoraggio. Senza di questa risulta difficile intervenire tempestivamente alle prime avvisaglie, rischiando di accorgersene troppo tardi del ritardo maturato. Inoltre, non è da trascurare l'effetto che un allungamento dei tempi su una commessa può avere sulle altre. Tramite l'introduzione di uno scheduling più dettagliato è possibile tenere traccia in modo più agevole dei tempi maturati e dell'allineamento rispetto a quanto pianificato, potendo intervenire in modo più tempestivo e su tutte le commesse che vengono influenzate.

### 3.4 Risk Management

In Gaudino non viene eseguito un risk management formale, ma vengono prese comunque delle decisioni atte a gestirlo. Alcuni esempi possono essere:

- Definizione della data di consegna tenendo conto di adeguati *buffer* temporali, pur dovendo necessariamente venire incontro alle esigenze del cliente di avere un macchinario nel minor tempo possibile;
- Stipulazione di assicurazioni per il trasporto e la consegna del macchinario;
- Stime periodiche su possibili rialzi dei costi, dai componenti al trasporto, nonché dell'energia;
- Predisposizione di un ampio magazzino, in modo da avere una scorta adeguata dei componenti che possono essere più critici, quindi con maggiore lead time o provenienti da fornitori meno "affidabili".

Come visto nei casi esaminati, già attualmente vengono prese decisioni di *risk management* atte a trasferire o mitigare il rischio. Tuttavia, questi non sono sempre direttamente riconducibili alla commessa specifica (ad esempio nel caso delle scorte a magazzino), pur essendo dei costi per l'azienda. Tramite una definizione più formale dei possibili rischi associati alla commessa sarebbe possibile non solo avere un quadro più completo, che eviti di sovrastimare o sottostimare gli eventi avversi/favorevoli, ma sarebbe possibile anche comprendere quali costi imputare alla specifica commessa per la gestione dei rischi. Gli strumenti che si potrebbero introdurre per ottenere questo risultato sono la matrice RBS, per l'identificazione del rischio, e la matrice RBM per la sua quantificazione.

In conclusione, dunque, è possibile riassumere brevemente le criticità legate alla gestione della commessa individuate nei precedenti paragrafi. Tali aspetti, seppur di natura diversa, portano, in generale, a delle previsioni non sufficienti o imprecise sui tempi della commessa. Ciò è causa, in primo luogo, di maggiori difficoltà in sede di monitoraggio del progetto, poiché, appunto, spesso mancano delle baseline chiare. Inoltre, stime imprecise o insufficienti garantiscono un minore controllo su ciò che l'impresa è in grado di produrre in un determinato lasso di tempo. Tale fenomeno può quindi portare ad accettare un numero maggiore di commesse rispetto a quanto effettivamente possibile o, al contrario, di proporre tempi di consegna superiori a quanto realmente necessario, con il rischio di perdere il cliente.

## Capitolo 4

# Applicazione del metodo Waterfall ad una commessa: Pianificazione

In seguito alla discussione sui metodi tradizionalmente adottati dall'azienda per la gestione della commessa, è opportuno procedere con l'identificazione del progetto che sarà analizzato applicando gli strumenti del processo Waterfall di project management alle sue diverse fasi, partendo proprio dalla prima di esse, la pianificazione. Come anticipato nel paragrafo 1.2.1, l'approccio Agile non è stato preso in considerazione principalmente poiché più difficile da introdurre in un contesto aziendale rispetto al Waterfall e perché il tipo di attività svolte in Officine Gaudino non presenta quelle caratteristiche, tipiche dell'industria del software, che ne giustificano l'utilizzo.

### 4.1 La copsatrice CLV-G 300

Per prima cosa, dunque, è doveroso definire e descrivere il tipo di macchina che sarà oggetto della commessa, ovvero una **Copsatrice CLV-G 300**, un tipo di macchinario che viene utilizzato comunemente nel processo di torcitura. Questo procedimento industriale prevede la trasformazione di materia prima, di origine non animale o vegetale, ma sintetica, in filato. Per ottenere il prodotto finito intervengono, solitamente, due aziende distinte, una a valle ed una a monte. L'azienda a monte acquista sul mercato materia prima e la si occupa di trasformarla in "bave" (monofilo o multi-bava), una prima forma di filamento generalmente instabile e che non gode ancora delle proprietà del prodotto finito. Questa trasformazione avviene tramite un processo di estrusione in cui una macchina, chiamata *spinneret*, viene alimentata da materia prima in formato generalmente granulare e costringe la stessa a passare attraverso dei fori di dimensioni variabili. Il filamento ottenuto viene avvolto su confezioni standard che vengono chiamate "formaggi", o "cheese", con pesi e dimensioni che le rendono adatte al trasporto ma non alla movimentazione interna. Per questo motivo, l'azienda a valle che acquista questi semilavorati esegue su di essi due tipi di lavorazione per arrivare ad ottenere il filo desiderato:

- Un passaggio in copsatrice CLV, macchina che prende i "formaggi" di bave e li mette su confezioni più facili da lavorare internamente.
- Lavorazione in torci-bina-ritorcitoio TBR. Quando si accoppiano due/tre filati con una certa torsione (*binatura*), che può essere in senso orario (a Z) o antiorario (a S) è opportuno dare al filamento risultante una torsione opposta a quella data in precedenza ai singoli fili (*ritorcitura*), perché il filato sarebbe, altrimenti,

“nervoso”, ovvero instabile e con tendenza a sciogliersi. Questa operazione viene chiamata bilanciamento. Il torci-bina-ritorcitoio (*TBR*) è una macchina che esegue queste tre operazioni in un solo passaggio. Ciò consente di ottenere il filato, pronto per essere venduto o spostato in tintoria.



Figura 4.1: Esempio di CLV-GT

In generale, quindi, una cospatrice CLV come quella in figura 4.1, è una macchina che viene caricata con un certo tipo di confezioni di alimentazione, acquistate dal mercato in formati non idonei alla lavorazione interna. Queste vengono posizionate in basso su un “doppio fronte”, ovvero da entrambi i lati della macchina, ottimizzando il consumo di spazio, come mostrato in figura 4.1. La fibra viene così avvolta su diversi tipi di confezioni, come cops, rocchetti o bottiglioni in sistema défiler (figura 4.2 e 4.3). Con quest’ultimo termine si fa riferimento al modo in cui il filo viene svolto dalla bobina di alimentazione.



Figura 4.2: Cops di diverse dimensioni



Figura 4.3: Bottiglioni (a sinistra) e rocchetti (a destra) di diverse dimensioni

Nella parte sinistra della macchina in figura 4.1, la testata, sono presenti i motori che alimentano la CLV ed un display, tramite cui è possibile controllare in modo costante sia la velocità che la distribuzione del filo, nonché impartire i comandi per il funzionamento della macchina e richiamare i diversi programmi precedentemente salvati. L’estremità opposta è, invece, il rinvio, che contiene meccanismi di servizio complementari rispetto a quelli della testata.

Nel caso preso in esame, la materia prima utilizzata è costituita da fibre di vetro, che vengono utilizzate principalmente come isolante da diverse aziende, dall’aeronautica all’edilizia. Questo materiale è molto diverso rispetto a fibre estruse più comuni, soprattutto in termini di peso e densità, e ciò comporta la necessità di prendere provvedimenti ad hoc per la commessa. In particolare, la difficoltà è legata al tipo di confezioni che i produttori di fibre di vetro vendono sul mercato. Queste sono chiamate “bottiglioni” per via della loro forma, e sono classificati secondo formati standard sulla base del peso con cui possono essere caricate. Sul mercato sono presenti bottiglioni H9 (dal peso di 9kg), mentre per le lavorazioni interne vengono utilizzate confezioni più leggere, le H6 (dal peso di 6kg). Inoltre, il cliente, ha richiesto che la macchina, oltre a poter passare da H9 ad H6 per le lavorazioni interne, potesse passare anche da H6 ad

H9 per poter rimettere sul mercato il prodotto lavorato. Dato che le confezioni finali hanno, nella versione standard, un peso di circa 2,5kg, la richiesta del cliente ha comportato la necessità di rivedere completamente il fuso, ovvero l'unità minima in cui la macchina può essere divisa. In particolare, le differenze principali sono:

- Scartamento di 300 mm, ovvero la distanza che c'è tra i fusi. Ciò è necessario a causa delle dimensioni maggiori dei bottiglioni, che non entrerebbero se lo scarto fosse quello standard di 200mm.
- Sistema frenante in grado di resistere ad un peso elevato, dovuto all'elevata densità della fibra di vetro. Esistono due tipi di freni in queste macchine, il "frenafilo", che si occupa di dare tensione per rendere più omogeneo l'avvolgimento, ed il "frenafuso", che permette di interrompere il funzionamento del singolo fuso. Quest'ultimo, in particolare, ha richiesto la maggiore concentrazione ed ha richiesto l'adozione di un sistema progettato ad hoc.

## 4.2 Proposta di WBS

Una volta definita la commessa, si può passare alla sua scomposizione in macro attività e work package come in figura 4.4.

Partendo da questa WBS, è possibile scendere ulteriormente nel dettaglio. Nella tabella 4.1 sono riportate in blu le attività che, a livello macroscopico, definiscono la commessa, che sono le medesime che si trovano nella WBS in alto, sempre su sfondo blu, e sono contrassegnate da un numero interno. Per ognuna di queste vengono poi riportate al di sotto le rispettive attività figlie, su sfondo bianco, in modo analogo a quanto fatto sopra nella figura 4.4. Ciò che differisce è che, per alcune attività figlie, è possibile individuare ulteriori scomposizioni, ad esempio per la progettazione dettagliata, l'analisi di materie prime e componenti e altre riportate in Tabella 4.1.

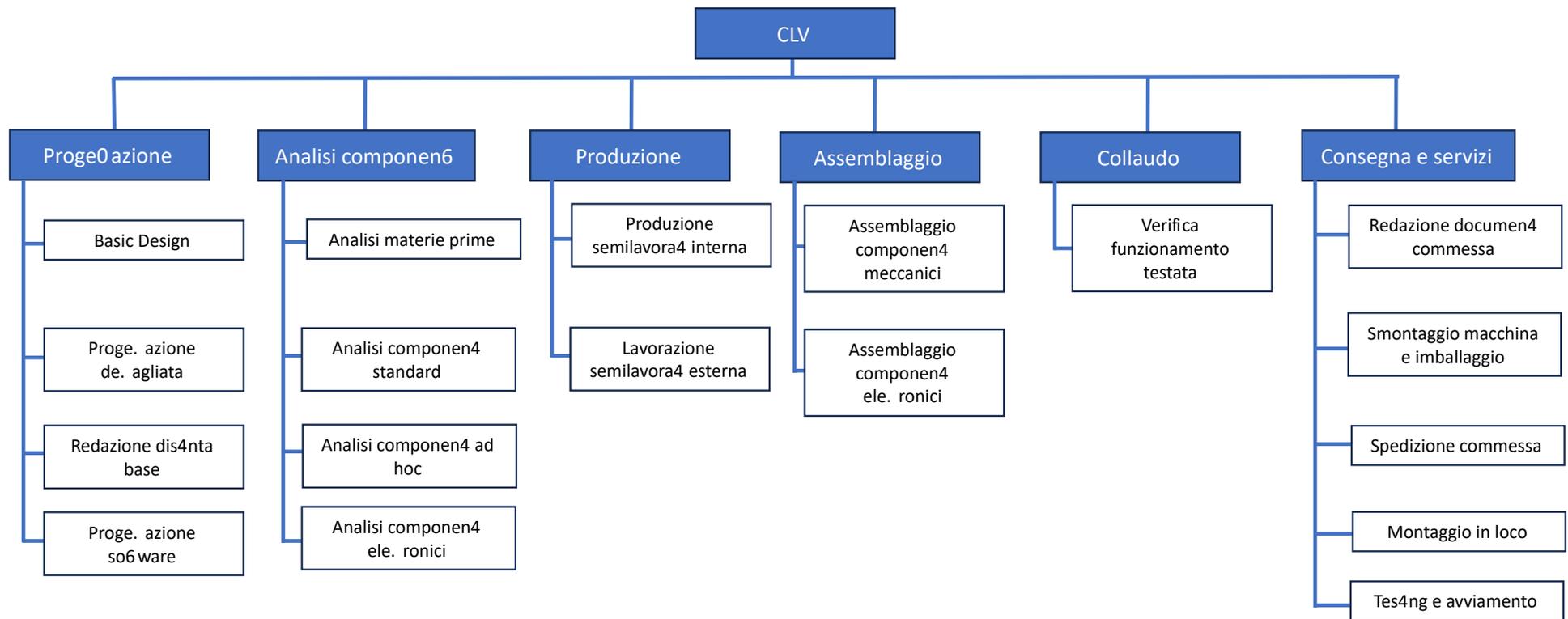


Figura 4.4: WBS

Numero	Attività
<b>1</b>	<b>Progettazione</b>
1.1	Basic design
1.2	Progettazione dettagliata
1.2.1	Progettazione testata
1.2.2	Progettazione corpo macchina
1.2.3	Progettazione rinvio
1.3	Redazione distinta base
1.4	Progettazione software
<b>2</b>	<b>Analisi materie prime e componenti</b>
2.1	Analisi materie prime
2.1.1	Verifica disponibilità materie e componenti
2.1.2	Richiesta preventivi
2.1.3	Raccolta preventivi
2.1.4	Acquisto materie/componenti
2.1.5	Spedizione componenti
2.2	Analisi componenti standard
2.2.1	Verifica disponibilità materie e componenti
2.2.2	Richiesta preventivi
2.2.3	Collezionamento preventivi
2.2.4	Acquisto materie/componenti
2.2.5	Spedizione componenti
2.3	Analisi componenti ad hoc
2.3.1	Verifica disponibilità materie e componenti
2.3.2	Richiesta preventivi
2.3.3	Collezionamento preventivi
2.3.4	Acquisto materie/componenti
2.3.5	Spedizione componenti
2.4	Analisi componenti elettronici
2.4.1	Verifica disponibilità materie e componenti
2.4.2	Richiesta preventivi
2.4.3	Collezionamento preventivi
2.4.4	Acquisto materie/componenti
2.4.5	Spedizione componenti
<b>3</b>	<b>Produzione</b>
3.1	Produzione semilavorati interna

3.1.1	Alesatura e Fresatura
3.1.2	Tornitura
3.2	Lavorazione semilavorati esterna
3.2.1	Zincatura
3.2.2	Saldatura
3.2.3	Verniciatura
4	Assemblaggio
4.1	Assemblaggio componenti meccanici
4.2	Assemblaggio componenti elettrici
5	Collaudo
5.1	Verifica funzionamento testata
6	Consegna e servizi
6.1	Redazione documenti commessa
6.1.1	Stipulazione Assicurazione viaggio
6.1.2	Documentazione/Manuale
6.2	Smontaggio macchina
6.3	Imballaggio macchina
6.4	Spedizione Commessa
6.5	Montaggio in loco
6.6	Testing

Tabella 4.1: WBS dettagliata

La divisione è stata effettuata seguendo una logica per processi di lavoro. I work package identificati, come si nota dall'immagine, sono:

- **Progettazione**, in questa fase viene disegnata la macchina dagli ingegneri dell'Ufficio Tecnico in modo da soddisfare le richieste del cliente. La prima fase è la *basic design*, che serve per prendere le decisioni di alto livello, fornendo una prima bozza della commessa, tale da definire con maggiore precisione le attività da svolgere durante la progettazione dettagliata. Inoltre, tale attività permette di definire il fabbisogno di quei componenti "critici" il cui lead time di spedizione può rivelarsi, in base all'esperienza, un collo di bottiglia. Alcuni esempi di componenti "critici" sono diverse parti elettroniche, come riduttori, inverter, motori. A seguire si svolgono le progettazioni dettagliate delle diverse parti della macchina, che possono essere svolte in parallelo, e del software. Il risultato finale è la distinta base, ovvero l'elenco dei componenti che saranno necessari per realizzare il macchinario.
- **Analisi e acquisto componenti**, una volta redatta, la distinta base passa all'ufficio acquisti, dove ci si occupa di contattare i fornitori e collezionare i preventivi. Alla fine, verranno emessi gli ordini considerando la miglior proposta tempi-costi-qualità. Si sottolinea che, verosimilmente, ci saranno più cicli di ordini, in particolare un primo riguardando i componenti critici descritti prima, ed un

secondo per i rimanenti. Inoltre, in Gaudino esistono quattro centri differenti per la gestione degli ordini, così suddivisi:

- Ufficio acquisto materie prime, si occupa di comprare il necessario per permettere la lavorazione interna, tipicamente si attiva solo a progettazione conclusa, dati i minori lead time di consegna;
  - Ufficio acquisto componentistica “standard”, si occupa di comprare pezzi disponibili sul mercato e non specifici per una particolare commessa;
  - Ufficio acquisto componentistica “ad hoc”, si occupa di comprare tutto ciò che non esiste direttamente sul mercato ma ha bisogno di un certo grado di personalizzazione, come ad esempio le lamiere;
  - Reparto elettrico, si occupa di acquistare componenti elettronici.
- **Produzione**, con il progredire della progettazione, i disegni dei componenti vengono inviati in officina dove, compatibilmente con la disponibilità di materiale, vengono realizzati internamente i diversi componenti. È doveroso notare che, a causa dei lunghi tempi di setup di alcune macchine, quando viene lanciato un pezzo abbastanza comune, che quindi si pensa potrebbe essere utile per future commesse, se ne produrranno un numero maggiore rispetto a quelli effettivamente necessari, andando ad ampliare la giacenza a magazzino. Fino al 2004 tutte le lavorazioni erano svolte direttamente in officina, oggi invece ci si affida a molti fornitori esterni e si eseguono internamente solo le lavorazioni di tornitura, fresatura ed alesatura. Inoltre, dopo essere state lavorate in officina, alcuni componenti potrebbero essere ulteriormente inviate a terzi per alcune lavorazioni specifiche, come la saldatura, la zincatura e la verniciatura.
  - **Assemblaggio**, prima di essere spedita, la testata della macchina viene montata in officina, in modo da poterne verificare il corretto funzionamento.
  - **Collaudo**, come detto in precedenza, si verifica che il macchinario non dia problemi una volta assemblato, in modo da poter intervenire tempestivamente in caso di difetti prima della consegna al cliente.
  - **Consegna e servizi**, in questa fase la macchina viene smontata, imballata e spedita al committente. È importante, dunque, preparare tutti i documenti necessari (assicurativi, manuali della macchina). Una volta arrivata a destinazione, la macchina sarà nuovamente montata ed avviata da tecnici della Gaudino.

## 4.3 Proposta di OBS

Una volta definito ciò che deve essere fatto tramite la WBS, è necessario che tutte le risorse umane necessarie per eseguire il progetto siano identificate. A seconda delle parti dell'ambito di lavoro, il progetto potrebbe aver bisogno di diverse competenze. La **Organization Breakdown Structure OBS** è un metodo pratico per elencare ed organizzare tutte le risorse umane necessarie per realizzare le attività del progetto raccolte nella WBS. Una variante dell'OBS è la **Resource Breakdown Structure RBS** che elenca anche le risorse materiali necessarie per portare a termine il lavoro. Per il caso di Officine Gaudino, è possibile considerare la seguente OBS in tabella 4.2:

Tipo di Risorse	Risorse disponibili
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Risorse interne:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Management                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ CEO/PM</li> </ul> </li> <li>○ Ingegneri                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ingegneri meccanici</li> <li>▪ Ingegneri informatici/elettronici</li> </ul> </li> <li>○ Ufficio acquisti                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Addetti agli acquisti standard</li> <li>▪ Addetti agli acquisti di componenti produzione esterna</li> <li>▪ Addetti agli acquisti di materie prime</li> <li>▪ Addetti agli acquisti di componenti elettronici</li> </ul> </li> <li>○ Operai                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tornitori</li> <li>▪ Fresatori e Alesatori</li> <li>▪ Assemblatori elettrici</li> <li>▪ Assemblatori meccanici</li> </ul> </li> <li>○ Tecnologi</li> <li>○ Magazzinieri</li> </ul> </li> <li>• Risorse esterne:               <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Fornitori                   <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Fornitori di componenti standard</li> <li>▪ Fornitori di componenti ad hoc</li> <li>▪ Fornitori di materie prime</li> <li>▪ Fornitori di componenti elettronici</li> </ul> </li> <li>○ Lavoratori esterni</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1</li> <li>4</li> <li>2</li> <li>1</li> <li>1</li> <li>1</li> <li>1</li> <li>10</li> <li>10</li> <li>2</li> <li>3</li> <li>2</li> <li>5</li> <li></li> <li></li> <li></li> <li></li> <li></li> <li></li> <li></li> </ul>





Attività	Risorse
<b>Progettazione</b>	
Basic design	Ingegneri meccanici
Progettazione dettagliata	
Progettazione testata	Ingegneri meccanici
Progettazione corpo macchina	Ingegneri meccanici
Progettazione rinvio	Ingegneri meccanici
Redazione distinta base	Ingegneri meccanici
Progettazione software	Ingegneri elettronici/informatici
<b>Analisi materie prime e componenti</b>	
Analisi materie prime	
Verifica disponibilità materie e componenti	Addetti acquisti materie prime
Richiesta preventivi	Addetti acquisti materie prime
Raccolta preventivi	Addetti acquisti materie prime
Acquisto materie/componenti	Addetti acquisti materie prime
Spedizione componenti	Addetti acquisti materie prime
Analisi componenti standard	
Verifica disponibilità materie e componenti	Addetti acquisti componenti standard
Richiesta preventivi	Addetti acquisti componenti standard
Raccolta preventivi	Addetti acquisti componenti standard
Acquisto materie/componenti	Addetti acquisti componenti standard
Spedizione componenti	Addetti acquisti componenti standard
Analisi componenti ad hoc	
Verifica disponibilità materie e componenti	Addetti agli acquisti componenti produzione esterna
Richiesta preventivi	Addetti agli acquisti componenti produzione esterna
Raccolta preventivi	Addetti agli acquisti componenti produzione esterna
Acquisto materie/componenti	Addetti agli acquisti componenti produzione esterna

Spedizione componenti	Addetti agli acquisti componenti produzione esterna
Analisi componenti elettronici	
Verifica disponibilità materie e componenti	Addetti acquisti componenti elettronici
Richiesta preventivi	Addetti acquisti componenti elettronici
Raccolta preventivi	Addetti acquisti componenti elettronici
Acquisto materie/componenti	Addetti acquisti componenti elettronici
Spedizione componenti	Addetti acquisti componenti elettronici
<b>Produzione</b>	
Produzione semilavorati interna	
Alesatura e Fresatura	Alesatori/Fresatori, fresatrici/alesatrici materie prime
Tornitura	Tornitori, Torni, materie prime
Lavorazione semilavorati esterna	
Zincatura	Addetti alla zincatura, semilavorati
Saldatura	Addetti alla saldatura, semilavorati
Verniciatura	Addetti alla verniciatura, semilavorati
<b>Assemblaggio</b>	
Assemblaggio componenti meccanici	Assemblatori meccanici, componenti produzione interna, semilavorati, componenti standard
Assemblaggio componenti elettrici	Assemblatori elettrici, componenti elettronici
<b>Collaudo</b>	
Verifica funzionamento testata	Tecnologi
<b>Consegna e servizi</b>	
Redazione documenti commessa	
Stipulazione Assicurazione viaggio	CEO, società assicurativa
Documentazione/Manuale	CEO, Ingegneri meccanici
Smontaggio macchina	Assemblatori meccanici
Imballaggio macchina	Magazzinieri, imballaggio, Carrelli elevatori
Spedizione Commessa	Magazzinieri, Carrelli elevatori

Montaggio in loco	Assemblatori meccanici
Testing	Tecnologi

Tabella 4.4: Matrice WBS/OBS

## 4.5 La CBS

In Officine Gaudino il calcolo del costo associato alla singola attività è un procedimento non banale, soprattutto considerando le fasi di progettazione. Nel caso in esame, ad esempio, si considera la vendita di una singola CLV, tuttavia non è da escludere la possibilità che vengano fatte richieste per una macchina uguale in un prossimo futuro da parte della medesima azienda o da suoi concorrenti. Per questo motivo, i costi di progettazione, a livello di costo del personale ingegneristico, non dovrebbero essere imputati interamente alla singola commessa, ma anche a quelle future, di cui non è tuttavia possibile fare una stima efficace. Allo stesso tempo, quando si considera la produzione, bisogna tenere conto che i lanci prevedono la fabbricazione di un numero di pezzi superiore a quello necessario, per far fronte agli elevati tempi di setup del macchinario e all'alta probabilità che quei pezzi siano nuovamente utili in futuro. Per questo motivo, si decide di mantenere l'approccio attualmente utilizzato dall'azienda per quanto riguarda il calcolo dei costi. Questi vengono stimati dalla somma delle spese direttamente imputabili alla commessa, come i materiali, e quelle indirette, come personale o utenze. Per calcolare la quota di costi indiretti da allocare al progetto si divide il totale dei costi diretti mensili per il numero di macchine analoghe che è possibile produrre in un mese. Questo metodo ha alla base l'assunzione, derivata dall'esperienza, che ci sia proporzionalità diretta tra tempi di progettazione e di produzione. Questo approccio trova una doppia giustificazione sul piano teorico. In primo luogo, per Officine Gaudino lo sviluppo di progetti è il core business, per questo ogni costo dell'azienda è, in qualche modo, direttamente collegato alle commesse stesse. In secondo luogo, per quanto un approccio come quello descritto non renda possibile un monitoraggio preciso dei costi, è doveroso sottolineare come, esclusi i materiali, la quota preponderante di essi sia rappresentata dagli stipendi dei dipendenti. Ne consegue che il monitoraggio dei costi coinciderà con il monitoraggio dei tempi, dei quali, invece, è molto più semplice effettuare delle previsioni per la singola commessa. Non viene, dunque, proposta in questo lavoro una CBS numerica a causa dell'impossibilità, per quanto detto nel presente paragrafo, di associare in modo efficace ad ogni attività un costo preciso. Inoltre, l'interesse dell'azienda nei confronti dell'implementazione di strumenti di Project Management verte in modo preponderante nei confronti della gestione dei tempi più che dei costi.

## 4.6 Vantaggi e svantaggi della Pianificazione Waterfall

La pianificazione è il primo passo per applicare in modo efficace metodi di project management poiché rappresenta la base su cui poggiano tutte le successive fasi che saranno discusse nei prossimi capitoli 5 e 6. L'identificazione delle attività e delle responsabilità ad esse collegate, infatti, è fondamentale per riuscire a programmare e a gestire i rischi. Una buona pianificazione da sola non basta per garantire la qualità dei risultati, ma è comunque fondamentale a tale fine che venga eseguita in modo efficace. Dal confronto con il CEO dell'azienda, tuttavia, non sono emersi significativi vantaggi legati direttamente all'introduzione della fase di pianificazione nella gestione dei progetti di Officine Gaudino. Sicuramente grazie ad essa è possibile fornire un'impostazione precisa del progetto, in modo da garantire la corretta suddivisione delle attività e l'assegnazione dei rispettivi ruoli. Ciò nonostante, data la somiglianza tra i diversi progetti, una pianificazione implicita e non formale, come quella eseguita oggi, risulta sufficientemente efficace per l'azienda in merito all'impostazione della commessa e dell'assegnazione delle responsabilità.

Inoltre, sicuramente l'implementazione di strumenti di pianificazione comporta un cambiamento delle routine aziendali che richiede tempo prima di essere integrato, per cui il rischio è che, all'inizio, questo possa apparire più come una "burocratizzazione" eccessiva piuttosto che come un utile supporto al progetto. Allo stesso tempo, anche l'inerzia al cambiamento potrebbe portare ad un utilizzo improprio che potrebbe condurre a risultati errati e poco utili. È tuttavia fondamentale ricordare che, come anticipato all'inizio di questo paragrafo, pur non portando nel caso di studio specifico a vantaggi immediatamente visibili e/o necessari per l'azienda, una pianificazione formale permette di applicare anche le successive fasi del Project Management e, se eseguita in modo corretto e preciso, consente di ridurre al minimo i margini di errore nelle fasi successive, i cui vantaggi, invece, saranno di immediata visione, come sarà discusso nei successivi capitoli. Per questo motivo la scelta di introdurre comunque strumenti come WBS e OBS risulta giustificata, anche in accordo con il management aziendale.

# Capitolo 5

## Applicazione del metodo Waterfall ad una commessa: Programmazione

In seguito all'applicazione del metodo Waterfall alla fase di pianificazione, è opportuno procedere con quella di programmazione. Saranno dunque definite le durate, nonché i vincoli di precedenza, fondamentali per la stesura dei diagrammi di Gantt e dei reticoli. In questo modo, sarà possibile calcolare la durata del progetto, identificando le attività che definiscono il cammino critico e che necessitano, perciò, di maggiore attenzione.

### 5.1 Tempistiche delle attività e relazioni di precedenza

Analizzando la commessa in esame, è necessario, come primo passo, definire **durata** e **relazioni di precedenza** per ognuna delle attività della WBS definita nel paragrafo 4.2. Per fare ciò si utilizza la WBS dettagliata, della quale si considerano solo le attività figlie, in modo da lavorare con i singoli *work package* ed ottenere una maggiore precisione nel calcolo delle durate. L'unica eccezione è rappresentata dalle attività di analisi e acquisto componenti, le quali sono state considerate aggregate. Questa scelta è dovuta al fatto che le attività che le compongono non si susseguono linearmente in sequenza, ma sono piuttosto processi iterativi che avvengono in parallelo. Per questo, al fine di migliorare la comprensione sia grafica che di calcolo, senza comunque rinunciare alla precisione, sono state considerate come un'unica attività, la cui durata dipende in modo preponderante dal lead time di consegna, poiché questa è la fase che richiede, in genere, maggior tempo. La durata dell'attività aggregata, comunque, è data dalla somma delle durate dei singoli task che la compongono. In generale, i tempi di seguito riportati sono una stima basata sull'esperienza ed ottenute tramite incontri con le risorse direttamente coinvolte nelle diverse fasi che compongono la commessa, in particolare il CEO e gli ingegneri meccanici. Inoltre, si sottolinea come, in accordo con quanto riportato nel paragrafo 4.3, il valore temporale è riferito al numero di risorse impiegate per ogni attività). Si ottiene, così, la seguente tabella 5.1:

ID	Attività	Durata [giorni lavorativi]	Relazioni di precedenza	Definizione della relazione
A	Basic design	5	-	Punto di partenza della commessa, per cui può cominciare non appena viene firmato il contratto
B	Progettazione testata	10	A	Queste attività si occupano di progettare nel dettaglio quanto definito nel il basic design, per questo possono iniziare solo una volta che esso è terminato.
C	Progettazione corpo macchina	15	A	
D	Progettazione rinvio	5	A	
E	Redazione distinta base	-	SS: A FF: B, C, D, F	La redazione della distinta base avviene contemporaneamente alla progettazione, per questo inizia con il basic design e finisce con la fine di tutte le attività di progettazione. Ne consegue che la sua durata dipende dal momento di inizio di A e dalla fine di B, C, D ed F.
F	Progettazione software	5	A	Vale quanto detto in merito alle attività B, C e D
G	Analisi e acquisto materie prime	10	E	Per acquistare i componenti è necessario conoscere nel dettaglio le specifiche del macchinario, e questo è possibile solo una volta ultimata la distinta base
H	Analisi e acquisto componenti standard	35	E	
I	Analisi e acquisto componenti ad hoc	65	A	Per i componenti con un maggior lead time di consegna è possibile iniziare gli ordini dopo il basic design, che sarà orientato alla definizione del fabbisogno di tali parti
J	Analisi e acquisto componenti elettronici	65	A	
K	Alesatura e Fresatura (interna)	15	G	Tali operazioni vengono svolte sulle materie prime, perciò
L	Tornitura (interna)	15	G	

				queste attività devono attendere la loro consegna
M	Zincatura (esterna)	5	K, L	Queste operazioni vengono svolte sui semilavorati prodotti internamente, perciò tali attività devono attendere la loro ultimazione
N	Saldatura (esterna)	5	K, L	
O	Verniciatura (esterna)	5	N	La verniciatura viene eseguita sui semilavorati già saldati
P	Assemblaggio componenti meccanici	2	H, I, M, O	L'assemblaggio inizia quando tutti i componenti meccanici sono disponibili, sia quelli acquistati sul mercato che quelli prodotti e lavorati internamente
Q	Assemblaggio componenti elettrici	3	J, P	L'assemblaggio elettronico segue quello meccanico e può essere fatto solo se i componenti acquistati sono arrivati
R	Verifica funzionamento testata	1	Q	Il collaudo può essere eseguito solo sulla macchina correttamente assemblata
S	Redazione documenti commessa	1	R	I documenti, come quelli assicurativi e di spedizione, vengono redatti solo nel momento in cui il funzionamento della macchina è stato verificato e questa è pronta per essere spedita e non necessita di ulteriori modifiche.
T	Smontaggio macchina	2	R	Prima di smontare la macchina e predisporla per la spedizione questa deve essere stata collaudata
U	Imballaggio macchina	2	S, T	Per imballare la macchina è necessario aver preparato i documenti per la spedizione e averla smontata in modo da rendere trasportabile

V	Spedizione Commessa	15	U	La commessa può essere spedita solo se adeguatamente imballata
X	Montaggio in loco	4	V	Per iniziare il montaggio è necessario che la macchina sia giunta a destinazione
Y	Testing	1	X	La macchina può essere collaudata presso il cliente solo dopo essere stata correttamente assemblata.

Tabella 5.1: Durate e relazioni di precedenza

Una tempistica che risulta fondamentale per l'azienda e per la programmazione della commessa, in particolare, è il momento in cui sarà possibile iniziare a lavorare su di essa. Bisogna infatti ricordare che i progetti avviati dall'impresa sono molti e quindi è raro, se non impossibile, che una commessa possa essere iniziata nel momento in cui viene ordinata. È necessario, dunque, guardare alle risorse disponibili e capire da quale momento saranno libere di "mettere mano" al progetto, in modo da definire una possibile data di consegna. In particolare, le risorse su cui soffermarsi sono:

- Ingegneri meccanici: non sono in grado di prendere immediatamente in considerazione il lavoro, se non per studi preliminari di fattibilità. La progettazione meccanica, sia quella di base che quella dettagliata, deve solitamente attendere che vengano portati a termine i lavori arretrati. Il tempo necessario è variabile e dipende dal tipo di commessa, nel caso in esame, al momento della firma del contratto con il cliente, il tempo di attesa era di circa 5 mesi.
- Ingegneri informatici/elettronici: lavorano in modo analogo agli ingegneri meccanici, ma il loro ufficio è leggermente sottodimensionato, soprattutto perché ce n'è uno solo che si occupa di tutte le commesse, a differenza di quello meccanico che conta due risorse, la prima che si occupa di filatoi e la seconda dei rimanenti progetti. Solitamente, quindi, è più difficile prevedere il momento in cui gli ingegneri di questo reparto saranno in grado di lavorare sulla commessa in esame e, difficilmente, saranno in grado di farlo in contemporanea con il reparto meccanico. Tuttavia, la progettazione elettronica/software ha la possibilità di essere rimandata anche alle fasi successive del progetto, fino al massimo momento del collaudo, senza compromettere altre attività. Nel caso specifico, inoltre, il macchinario non necessita di un software ad hoc, ma solo di apportare alcune modifiche ad uno già esistente e progettato per macchine simili, per questo non si prevedono ragionevolmente ritardi legati a questa fase della progettazione.

- Operai (alesatori e tornitori): i tempi di attesa per la produzione interna, così come la sua durata, dipendono fortemente dal tipo di commessa, poiché ci saranno macchinari che richiedono la produzione interna di diversi pezzi, mentre altri saranno perlopiù costituiti da componenti acquistate esternamente. Anche in questo caso, c'è la possibilità che i pezzi presenti in distinta base possano attendere del tempo prima di essere presi in carico dalla produzione interna. Attualmente la stima non è di facile analisi, ma potrebbe diventarlo comparando i diversi Gantt, opportunamente revisionati in fase di monitoraggio e controllo. Nel caso preso in esame, il macchinario è composto prevalentemente da pezzi acquistati esternamente, per questo è coerente considerare la possibilità di inserire immediatamente i componenti prodotti internamente nel piano di produzione aziendale.

Per quanto detto, risulta evidente che la data di consegna del progetto dipenderà dalla data di inizio della progettazione meccanica. L'ordine del macchinario risale ad ottobre 2022, ciò significa, per quanto detto in precedenza, che l'Ufficio Meccanico non sarebbe stato in grado di lavorare sulla commessa prima di marzo 2023.

## 5.2 Diagramma di Gantt e diagrammi di carico

Una volta definiti le relazioni di precedenza e le durate delle attività, è possibile redarre il **diagramma di Gantt** della commessa. Questo risulta particolarmente pratico per valutare il grado di parallelizzazione delle attività ed il loro collocamento nel tempo, risultando visivamente di immediata comprensione. Per la realizzazione di tale diagramma si è scelto di utilizzare il software Microsoft Project, tra i più diffusi in ambito Project Management e particolarmente adatto anche a realtà che ancora non usano strumenti formali di gestione dei progetti. Il programma, infatti, pur conservando un'impostazione professionale, risulta piuttosto intuitivo, versatile e, per questo, di facile integrazione nel contesto aziendale. Il risultato è esposto in figura 5.1.

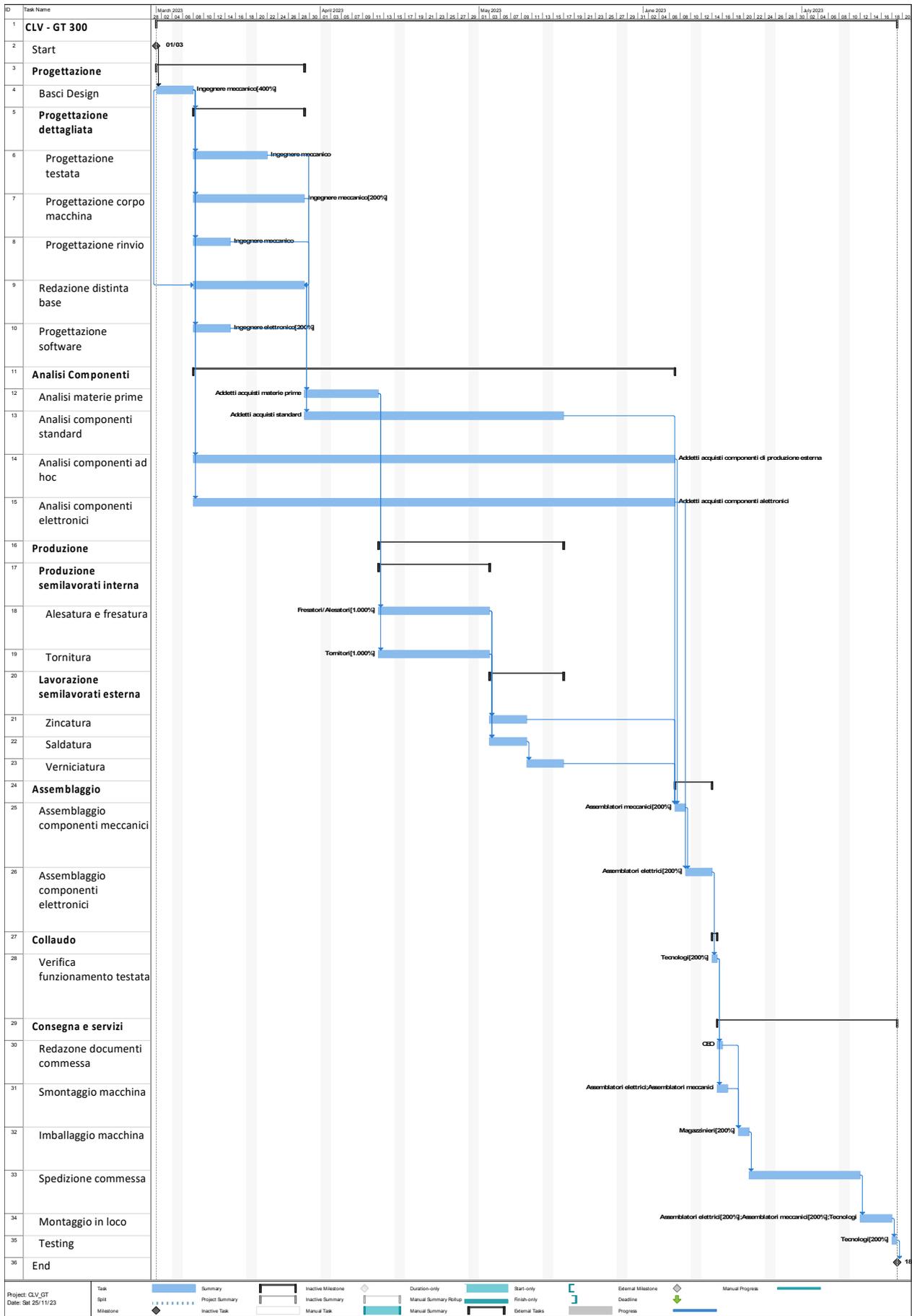


Figura 5.1: Diagramma di Gantt

Analizzandolo, risulta innanzitutto evidente come, ipotizzando, in accordo con quanto detto nel paragrafo 5.1, un inizio a Marzo 2023, la consegna stimata sia a Luglio 2023. Inoltre, è evidente come ci sia un numero esiguo di attività parallelizzate, ma che piuttosto queste siano eseguite in sequenza. Ciò non è dovuto ad una specifica strategia dell'azienda, ma piuttosto a fattori tecnici. In primo luogo, poiché talvolta risulta impossibile svolgere parallelamente alcune attività, ad esempio non è possibile eseguire collaudo ed assemblaggio contemporaneamente. In secondo luogo, poiché i semilavorati che devono essere lavorati o rilavorati esternamente devono prima aver completato le fasi di produzione interna. Inoltre, anche laddove vi siano task svolti contemporaneamente, questi sono assegnati a risorse differenti, in modo da evitare il rischio di sovrallocazione. L'unica eccezione è rappresentata dalle attività di progettazione, che occupano contemporaneamente diversi ingegneri meccanici. Tuttavia, la durata delle attività e l'allocazione del personale è stata calcolata proprio a partire dal vincolo del numero limitato di risorse. Per questo, il numero di ingegneri contemporaneamente occupati è stato studiato per non superare mai il numero massimo di 5, pari alle risorse disponibili, definire nella tabella 4.3 al capitolo precedente. È possibile, quindi, verificare ciò attraverso i **diagrammi di carico** in figura 5.2, anch'essi sviluppati grazie al software Microsoft Project. Per una corretta lettura del grafico, si ricorda che nel linguaggio di MS Project un utilizzo del 400% significa che 4 unità stanno contemporaneamente lavorando ad una data attività.

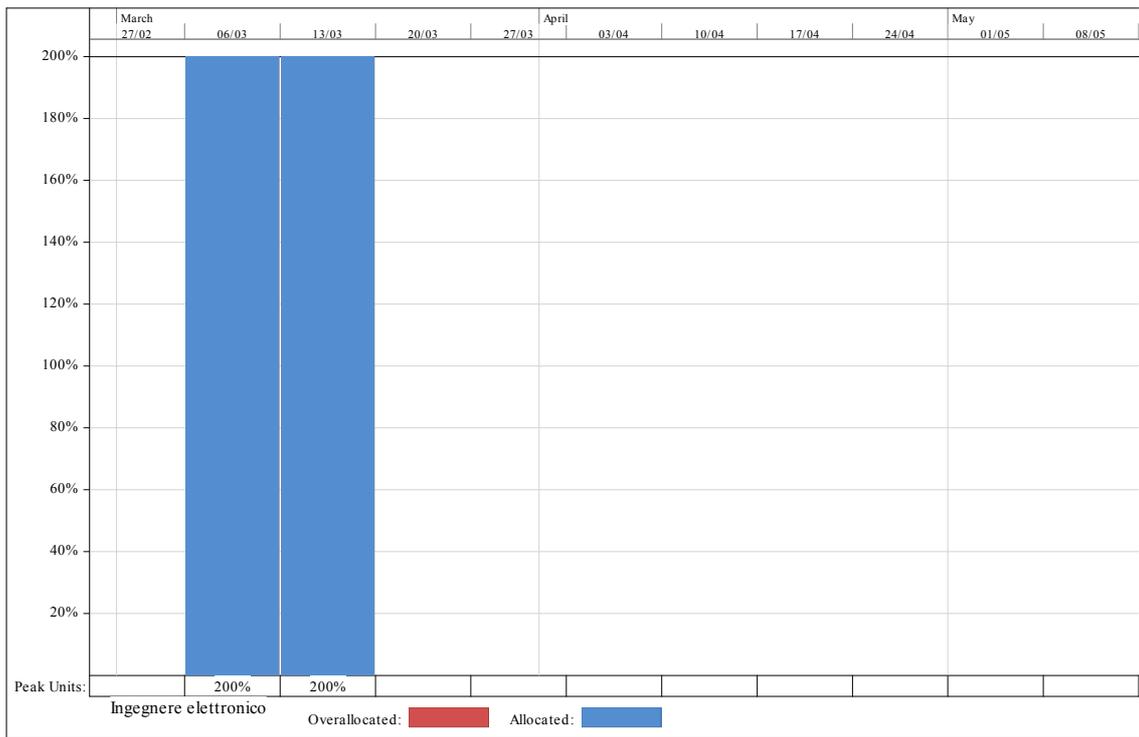
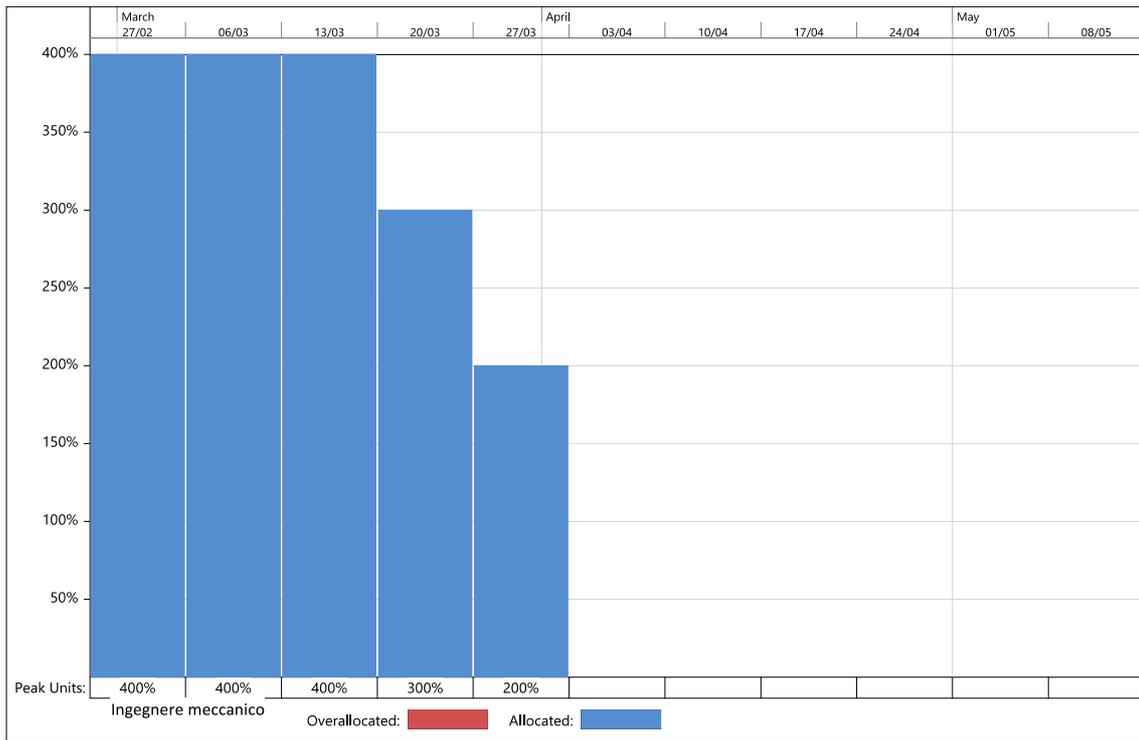


Figura 5.2: Diagramma di carico per ingegneri meccanici ed informatici

## 5.3 Definizione del reticolo e del cammino critico

Oltre al diagramma di Gantt è possibile, poi, realizzare il reticolo della commessa. Per fare questo si è utilizzata il metodo **Activity on Nodes (AoN)**, di seguito proposto nella figura 5.3. La scelta della rappresentazione AON, invece di quella AOA, è dovuta alla volontà di ridurre la complessità sia di calcolo che di lettura grafica. Si evita, così, di dover ricorrere ad eventuali attività amaca o fittizie ed è possibile identificare in modo immediato i tempi di inizio e di fine attività. Nel reticolo i nodi sono contrassegnati da lettere, che rappresentano l'ID delle attività. Sopra ogni nodo sono rappresentati due valori:

- Istante di inizio attività, ovvero il momento, in questo caso identificato dal giorno lavorativo, in cui sono terminate le attività precedenti e la risorsa è in grado di lavorare sul task in questione. Nel caso della prima attività, "Basic Design" (A), questo è il momento in cui l'Ufficio Progettazione è in grado di lavorare sul progetto ed è, dunque, il primo attimo, dopo la firma del contratto, in cui gli ingegneri hanno tempo per lavorare sulla commessa. Questa data è funzione del numero di macchinari in attesa di progettazione al momento del calcolo del reticolo. In tal caso, in accordo con quanto detto nel precedente paragrafo 5.1, l'inizio è stimato all'inizio di Marzo 2023.
- Istante di fine attività, ovvero il momento in cui l'attività si è conclusa con esito positivo ed i task successivi del progetto possono iniziare. Nel caso dell'ultima attività, "Testing" (Y), tale momento coincide con l'avvio della macchina presso il cliente, che è quindi tenuto al pagamento del saldo finale dell'importo della commessa.

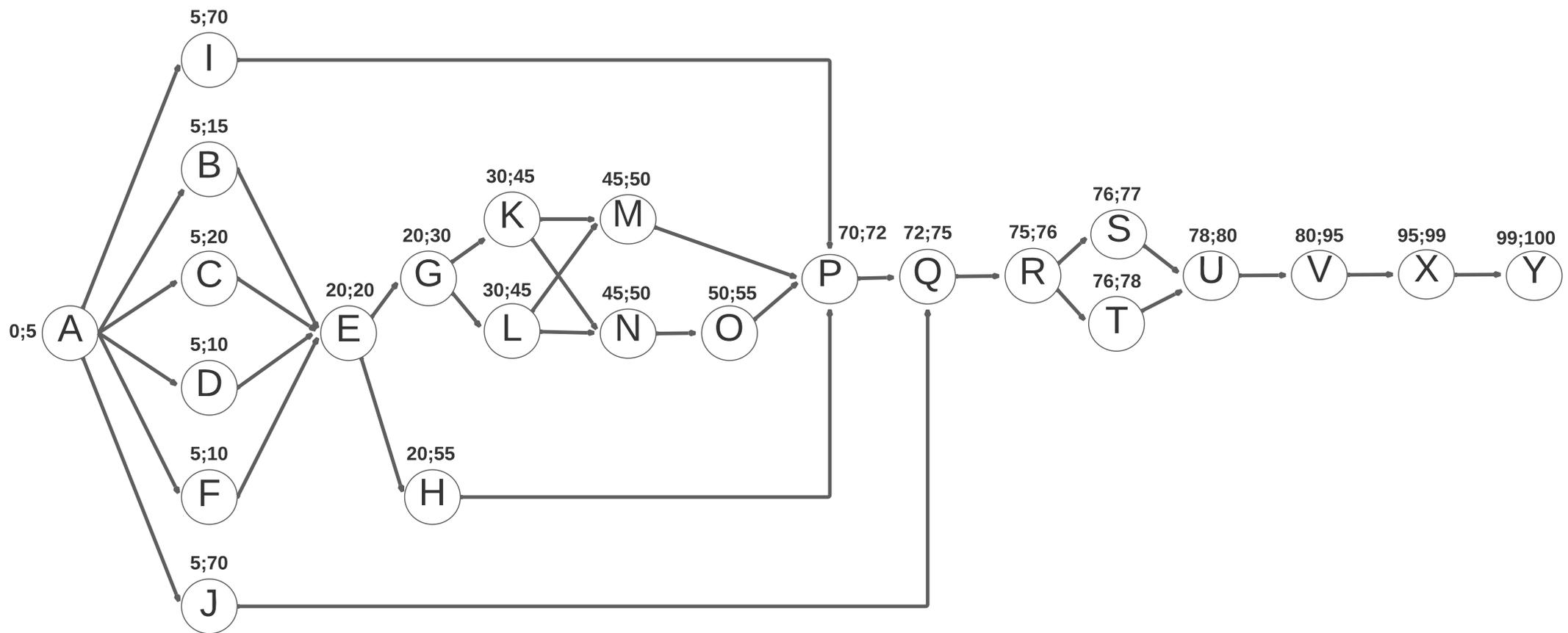


Figura 5.3: Reticolo AoN, tempo espresso in giorni lavorativi

Analizzando il reticolo è possibile individuare il **cammino critico**, ovvero la sequenza di attività che determina la durata del progetto. Per fare questo è necessario calcolare lo slittamento per ciascuna attività. È possibile, contemporaneamente, calcolare l'indice di criticità definito nel paragrafo 1.5.2 e di seguito riportato:

$$\lambda = \frac{\text{slittamento totale massimo} - \text{slittamento totale attività}}{\text{slittamento totale massimo} - \text{slittamento totale minimo}}$$

ID	Slittamento totale attività (giorni lavorativi)	Indice di criticità $\lambda$	ID	Slittamento totale attività (giorni lavorativi)	Indice di criticità $\lambda$
A	0	100%	M	20	20%
B	20	20%	N	15	40%
C	15	40%	O	15	40%
D	25	0%	P	0	100%
E	15	40%	Q	0	100%
F	<b>25</b>	0%	R	0	100%
G	15	40%	S	1	96%
H	15	40%	T	0	100%
I	0	100%	U	0	100%
J	2	92%	V	0	100%
K	15	40%	X	0	100%
L	15	40%	Y	0	100%

Tabella 5.2: Indici di criticità

In questo caso, il valore di slittamento totale massimo preso in considerazione è 25 (relativo alle attività D ed F), mentre quello minimo è 0, per le attività del cammino critico. Dalla grafico tabella 5.2 si nota come questo sia costituito dalla sequenza di attività a cui corrisponde un indice di criticità pari al 100%) ovvero:

- A, Basic design, durata 5 giorni;
- I, Analisi e acquisto componenti ad hoc, durata 65 giorni;
- P, Assemblaggio componenti meccanici, durata 2 giorni;
- Q, Assemblaggio componenti elettrici durata 3 giorni;
- R, Verifica funzionamento testata, durata 1 giorno;
- T, Smontaggio macchina, durata 2 giorni;
- U, Imballaggio macchina, durata 2 giorni;
- V, Spedizione Commessa, durata 15 giorni;
- X, Montaggio in loco, durata 4 giorni;
- Y, Testing, 1 giorno.

Nella seguente Figura 5.4 queste attività sono state evidenziate in rosso.

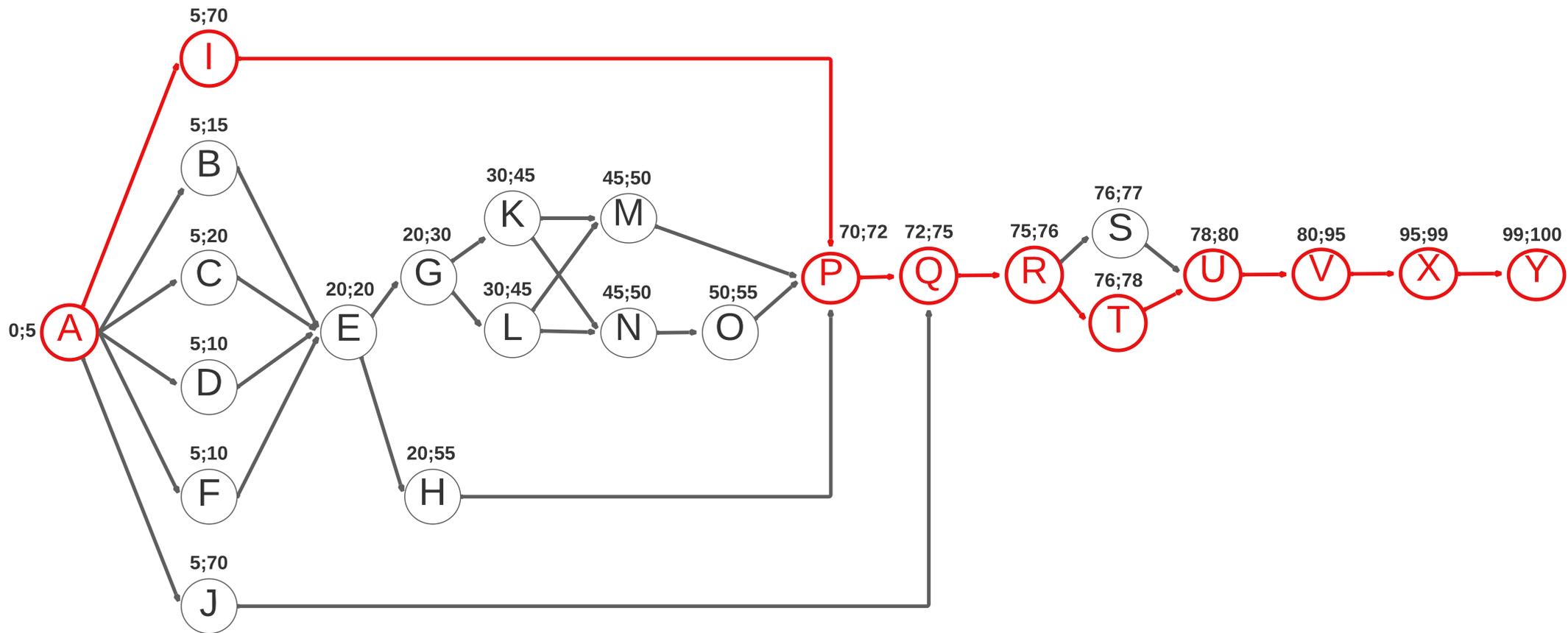


Figura 5.4: Reticolo AoN con dettaglio sul cammino critico (in rosso)

La durata del progetto, in questo modo, può essere calcolata come somma delle durate delle attività che compongono il percorso critico. Questa, quindi, vale:

$$Durata = 5 + 65 + 2 + 3 + 1 + 2 + 2 + 15 + 4 + 1 = 100 \text{ giorni}$$

Calcolando 100 giorni lavorativi dal 1° marzo 2023, ovvero circa 5 mesi, si prevede di ultimare il progetto, da intendersi come macchina pronta e già avviata presso il cliente, entro il mese di luglio 2023, data indicata nello stesso contratto di vendita, come già previsto dal diagramma di Gantt al paragrafo 5.2.

Analizzando il percorso critico, è possibile osservare che un impatto rilevante sulla durata è fornito dall'attività I, ovvero "Analisi e Acquisto Componenti ad Hoc". Questa, infatti, rappresenta da sola il 65% dell'intera durata. L'elevato impatto dei lead time di consegna è dovuto dal fatto che i "componenti ad hoc" sono quelli che, solitamente, non sono disponibili sul mercato, ma devono essere realizzati appositamente da fornitori esterni su misura per la commessa. Questo implica la necessità di doversi confrontare con fornitori estremamente affidabili in termini di qualità aumentando, dunque, i tempi della ricerca. Allo stesso tempo, la realizzazione ad hoc necessita di tempi di realizzazione a carico del fornitore che, naturalmente, implicano un impiego di tempo superiore a quello del semplice acquisto di materie disponibili sul mercato. Inoltre, come sarà descritto nel dettaglio nel successivo capitolo 6, l'attività I implica, per i motivi elencati in precedenza, anche un elevato rischio e, per questo, rende tale attività di importanza cruciale. Si sottolinea, infine, che queste considerazioni sono valide per la commessa analizzata in questo lavoro e che potrebbero differire nel caso di altri progetti. Ad esempio, nel caso di macchinari realizzati con un maggior numero di componenti interni, o che necessitano di progettazioni dettagliate più impegnative, il cammino critico potrebbe escludere le attività di acquisto ed includere quelle di progettazione e produzione.

Tornando alla tabella 5.2, è possibile analizzare gli indici di criticità delle diverse attività. Questi presentano, in generale, valori piuttosto bassi per le attività al di fuori del cammino critico, fatta eccezione per l'attività J, "Analisi e Acquisto Componenti Elettronici", sulla quale, come nell'attività I "Analisi e acquisto componenti ad hoc", pesano gli elevati lead time di spedizione e, di conseguenza, risulta anche in questo caso fondamentale, al fine di rispettare le scadenze, affidarsi a fornitori puntuali e verificare periodicamente lo stato degli ordini, in modo da poter intervenire tempestivamente con eventuali solleciti. Un'altra eccezione è rappresentata dall'attività S "Redazione dei documenti della commessa" con indice molto alto (96%). Tuttavia, come sarà meglio discusso nel successivo capitolo 6, quest'attività risulta avere un basso rischio ed essere soggetta, quindi, raramente a ritardi.

La teoria suggerisce la possibilità di distribuire lo slittamento relativo ad ogni cammino tra tutte le attività non critiche. In questo modo sarà più facile, durante la fase di monitoraggio, capire se un ritardo in un cammino sub-critico può essere tale da causare un ritardo dell'intero progetto o meno. Per fare questo si utilizza il metodo di **ripartizione lineare dello slittamento**. Escludendo i cammini critici, quindi, si analizzano quelli rimanenti in ordine di criticità. Il primo preso in analisi è C "Progettazione corpo macchina" - E "Redazione distinta base" - G "Analisi e acquisto materie prime" - K "Alesatura e Fresatura" / L "Tornitura" - N "Saldatura" - O "Verniciatura". Questo cammino si inserisce nel percorso critico al giorno lavorativo 55, in corrispondenza dell'attività P "Assemblaggio componenti meccanici" che, invece, inizia al giorno 70. Ne consegue che lo slittamento totale (*total float*, TF) è da assegnare è pari a  $70 - 55 = 15$  giorni lavorativi, mentre la durata del percorso (*path duration*, PD) vale 50, poiché la prima attività, C, inizia al giorno 5 e l'ultima attività, O, finisce al giorno 55, perciò  $55 - 5 = 50$  giorni lavorativi. Si può calcolare, quindi, la ripartizione dello slittamento associato ad ogni attività (*distributed float*, DF) tramite la formula 5.1:

$$DF = \frac{\text{Durata dell'attività}}{PD} \cdot TF \quad (5.1)$$

Ottenendo i seguenti risultati, espressi in giorni lavorativi:

- C:  $(15/50) \cdot 15 = 4,5$
- E:  $(0/50) \cdot 15 = 0$
- G:  $(10/50) \cdot 15 = 3$
- K=L:  $(15/50) \cdot 15 = 4,5$
- N:  $(5/50) \cdot 15 = 1,5$
- O:  $(5/50) \cdot 15 = 1,5$

Considerando che E partirà al più tardi al giorno lavorativo 24,5 e finirà, sempre al più tardi, al 24,5 avendo durata nulla, si trovano le altre ripartizioni, valutate sempre in giorni lavorativi:

- B, "Progettazione testata": 9,5;
- D, "Progettazione rinvio": 14,5
- F, "Progettazione software": 14,5
- H, "Analisi e acquisto componenti standard": 10,5
- J, "Analisi e acquisto componenti elettronici": 2
- M, "Zincatura": 8
- S, "Redazione documenti commessa": 1

Il risultato è il nuovo reticolo in figura 5.5:

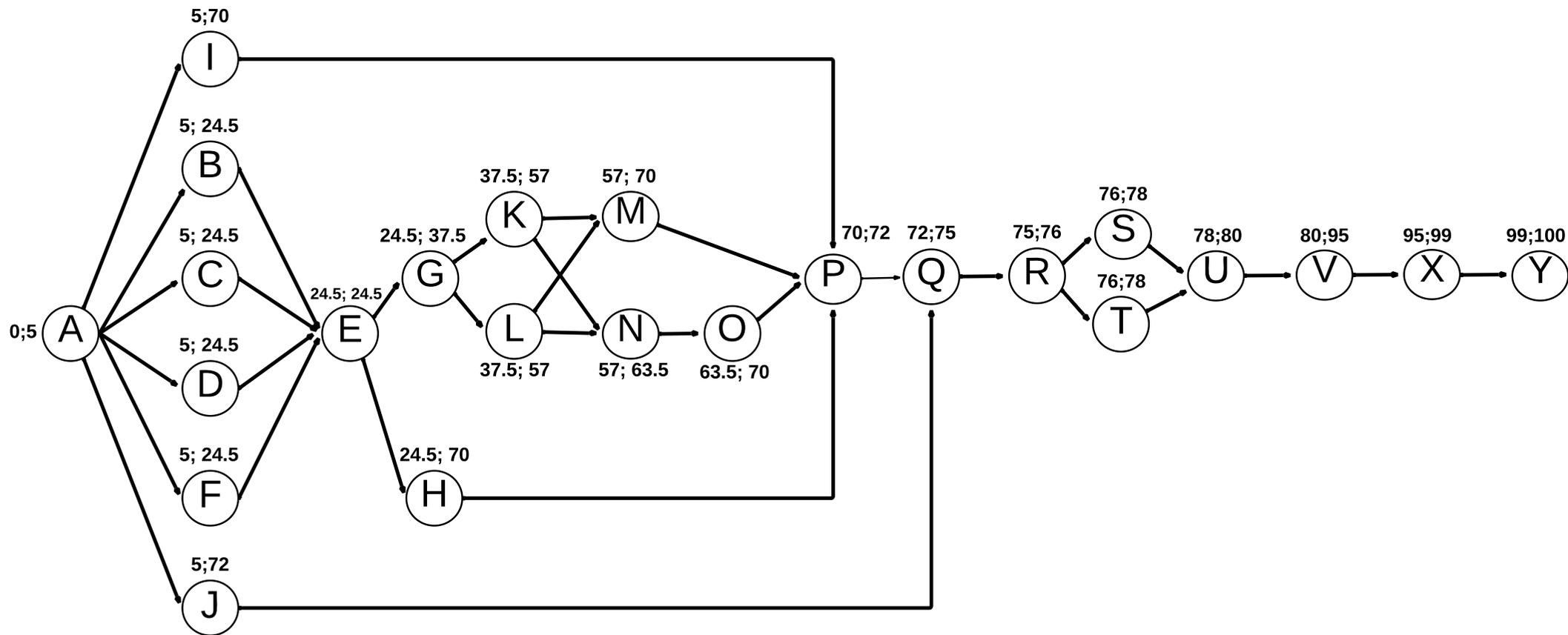


Figura 5.5: Reticolo AoN con ripartizione dello slittamento

Eseguendo un calcolo analogo a quello svolto in tabella 5.2, è possibile dimostrare che in questo nuovo reticolo le durate delle attività siano tali da rendere ogni percorso critico. Lo slittamento ammesso è nullo per ogni task del reticolo e, quindi, per definizione, tutte le attività sono da considerarsi critiche. La durata del progetto, invece, non viene modificata poiché le attività da cui dipendeva, ovvero quelle già critiche prima della ripartizione dello slittamento, non hanno subito modifiche nelle durate. È doveroso sottolineare che, come detto in precedenza nel presente paragrafo, l'assegnazione di queste durate è molto utile in fase di monitoraggio e controllo. L'azienda, infatti, può trovarsi spesso nella situazione di dover lavorare su più commesse contemporaneamente e può essere utile sapere quanto un'attività può dilatarsi nel tempo senza compromettere la durata del progetto, in modo da potersi concentrare su altri che, per qualche motivo, necessitano di maggiore attenzione in un determinato momento. Tuttavia, bisogna ricordare uno dei postulati di Eliyahu M. Goldratt, in relazione al *Critical Chain Method*, il quale afferma che il lavoro si espande sino a riempire tutto il tempo disponibile per il suo completamento [7]. Questa affermazione, conosciuta anche come legge di Parkinson, mette in evidenza come la base su cui lavorare dovrebbe essere quella che prevede il minor tempo di realizzazione, poiché altrimenti si rischierebbe di lavorare in modo inefficiente, dilatando, appunto, la durata, senza ottenere un vantaggio dal punto di vista della qualità.

## 5.4 Possibili ottimizzazioni

Definiti i tempi di base per la realizzazione del progetto, è possibile verificare se esistono delle possibilità di accelerare lo stesso, ovvero fare **crashing**. Nel caso preso in esame, come osservato nel Paragrafo 5.3, l'attività che risulta essere il collo di bottiglia, e che determina il cammino critico, è l'attività I, "Analisi e acquisto componenti ad hoc". Come detto, tuttavia, questa non dipende in modo diretto dall'azienda, ma dai fornitori di componenti specifici per la commessa. Inoltre, le attività svolte esternamente richiedono risorse che Officine Gaudino non possiede e che non è quindi in grado di procurarsi internamente. Ancora, la specificità di tali componenti impedisce di risolvere il problema aumentando la disponibilità a magazzino di tali pezzi, poiché, appunto, non è detto che in futuro possano servire. Per questo motivo risulta difficile ipotizzare di poter accelerare questo *task*, se non tramite scelte strategiche, ad esempio di integrazione verticale, che esulano dallo scopo di questa tesi. Proseguendo nell'analisi del cammino critico, si nota come, in linea generale, le attività che lo compongono, a questo punto, si dividano in due macro-categorie. La prima, che comprende le attività "Assemblaggio componenti meccanici" (P), "Assemblaggio componenti elettrici" (Q) e "Montaggio in loco" (X), è quella di assemblaggio e smontaggio della macchina. In questo caso è ragionevole pensare che un aumento di risorse allocate possano portare ad una diminuzione della sua durata. La seconda categoria, invece, che comprende "Verifica funzionamento testata" (R) ed "Testing" (Y), è legata alle attività di collaudo, in cui i tempi sono

determinati non tanto dal numero di risorse umane, quanto dal macchinario su cui si sta eseguendo la verifica. Per questo, quindi, non è tecnicamente possibile accelerare l'attività. Oltre a queste due categorie si trova, ancora, l'attività "Spedizione" (V): in tal caso, la durata è legata a terzi e non direttamente all'azienda. Ne risulta che, per la commessa considerata, l'unica possibilità di crashing derivi dall'aumento di risorse nelle attività di assemblaggio. Queste, sono responsabili di  $2 + 3 + 4 = 9$  giorni lavorativi sui 100 totali, ovvero il 9% della durata. Ne consegue che, anche raddoppiando le risorse a disposizione, ipotizzando che non ci siano cali di produttività all'aumentare delle risorse e che, quindi, si possa ottenere un dimezzamento dei tempi, questo porterebbe ad un risparmio pari a  $9/2 = 4,5$  giorni lavorativi, pari a circa una settimana. Un ragionamento analogo può essere eseguito ipotizzando di triplicare o quadruplicare le risorse, portando ad un maggiore risparmio di tempo. Bisogna, comunque, ricordare alcuni particolari. In primo luogo, il personale addetto in queste attività deve essere formato adeguatamente, perciò risulta difficile ipotizzare di poter assumere risorse per un singolo progetto. Per questo motivo, l'eventuale aumento di personale dovrebbe essere valutato con un'ottica sul numero totale di commesse dell'azienda, studio che esula dagli scopi di questo lavoro. In secondo luogo, bisogna ricordare che, seppur la durata effettiva del progetto sia di 100 giorni, questi iniziano nel momento in cui gli ingegneri iniziano a lavorare sulla commessa. Ciò significa che i giorni risparmiati sono una percentuale ancora minore di quella dichiarata in precedenza, se vengono considerati sul tempo totale di attesa del cliente, dal momento in cui firma il contratto allo start-up del macchinario. Nel caso considerato, infatti, considerando mesi di 20 giorni lavorativi ed una firma del contratto ad Ottobre 2022, la percentuale scende dal 9% al  $9/(20 \cdot 10) = 4,5\%$ . Per questi motivi, non si considera vantaggiosa l'idea di accelerare il progetto, che non porterebbe ad un vantaggio significativo, a fronte di un maggior esborso economico e di impiego di tempo nel formare il personale. Ciò che, invece, è possibile eseguire, in caso sorgessero dei ritardi nelle fasi precedenti, potrebbe essere una redistribuzione delle risorse tra i progetti aziendali in modo da rientrare nei tempi o ridurre l'impatto di tali ritardi.

Nella trattazione precedente si è scelto di ricorrere a metodi deterministici per il calcolo delle durate, ma si sarebbero potuti utilizzare anche metodi probabilistici, come il PERT. Ciò che ha indirizzato la scelta è stata la mancanza di un dataset di dati storici che potessero fornire i parametri necessari per l'utilizzo del metodo. Inoltre, dal punto di vista aziendale, è opportuno approcciarsi a metodi formali di Project Management in modo graduale, poiché si rischierebbe, al contrario, di incorrere in fenomeni di inerzia al cambiamento. Tuttavia, è possibile ipotizzare che, dopo una prima fase di adattamento e di realizzazione di un dataset di dati storici, l'utilizzo di metodi probabilistici potrebbe essere introdotto dall'azienda, in modo da sfruttarne i vantaggi.

## 5.5 Vantaggi e svantaggi della programmazione Waterfall

Nel complesso, un approccio più formale rispetto a quello ad oggi adottato, permette di introdurre diversi **vantaggi** rispetto alle necessità aziendali riscontrate durante colloqui con il CEO e che sono all'origine di tale lavoro. Uno dei primi aspetti, dunque, era la necessità di avere una visione più immediata dell'occupazione dei diversi reparti aziendali, in modo da poterne gestire in modo più efficace le risorse. Grazie all'utilizzo dei diagrammi di Gantt è possibile avere immediatamente informazioni in merito. Ciò permette di sapere con maggiore precisione in quale momento un determinato reparto sarà in grado di lavorare sulla commessa, riducendo il margine di errore dovuto alla sola stima data dall'esperienza. Ad esempio, l'inizio della progettazione della commessa caso di studio, prevista per Marzo 2023, è in realtà slittata al mese successivo, Aprile 2023, a causa della necessità da parte del reparto meccanico di concludere altri progetti iniziati precedentemente. La presenza di piani di programmazione dettagliati anche per le commesse precedenti, avrebbe potuto rilevare questo fattore, portando ad una programmazione diversa ed evitando l'insorgere di ritardi, stabilendo una diversa data di consegna in fase contrattuale. Inoltre, una definizione più chiara delle scadenze, come affermato nel paragrafo 5.3 in merito alla discussione del CCM, permette alla risorse allocate di gestire in modo più efficiente il proprio tempo, riducendo la possibilità che insorgano eventuali ritardi, senza poterle, ovviamente, azzerarle. Inoltre, come anticipato al Paragrafo 5.3, un approccio di questo tipo permetterebbe di agevolare la fase di monitoraggio e controllo, fondamentale per il rispetto delle scadenze. Strumenti come i reticoli AoN e la ripartizione dello slittamento, infatti, restituiscono un'informazione chiara e precisa circa il tempo entro cui è fondamentale completare le attività per evitare l'insorgere di ritardi.

Non bisogna, comunque, trascurare alcuni **svantaggi** che il metodo Waterfall potrebbe comportare. In modo particolare, è importante sottolineare l'importanza della maniera in cui devono essere eseguite le stime e le assunzioni soprattutto per quanto riguarda i tempi ed i vincoli di precedenza. Se queste non fossero precise e realistiche potrebbero portare a risultati distorti e lontani dalla realtà. La qualità delle stime e dell'utilizzo di strumenti quali diagrammi di Gantt o reticoli, infatti, risultano fondamentali per ottenere conclusioni attendibili. Al contrario, i risultati potrebbero essere non solo di scarsa qualità, ma anche dannosi nel momento in cui venissero utilizzati, senza discuterli prima in modo critico.

# Capitolo 6

## Applicazione del project risk management ad una commessa

Nel capitolo 5 si è definita la programmazione della commessa, trovando il camino critico e, di conseguenza, la durata del progetto. A questo punto è opportuno analizzare quali possono essere i rischi associati alle diverse attività che compongono la commessa applicando quanto discusso nel paragrafo 1.6. In tal modo sarà possibile valutare le possibili azioni di risposta al rischio da intraprendere, che potrebbero portare a modifiche del cammino critico e della durata del progetto oppure ad una revisione di alcune pratiche aziendali.

### 6.1 Risk Breakdown Structure

Per condurre una corretta analisi dei rischi è fondamentale, inizialmente, definire quali possono essere, ovvero identificarli. Come visto nel paragrafo 1.1.6, possono essere diversi i metodi per effettuare un'individuazione e classificazione dei rischi. Per la commessa presa in esame, si è scelto di utilizzare un approccio "cause-effetti" per la stesura della RBS. Le ragioni sono principalmente legate alla sua semplicità, poiché risulta essere di agevole composizione e lettura, anche senza conoscenze pregresse di project management e, nello specifico, di risk management. Per la suddivisione di primo livello della RBS si è scelto di non seguire la classica suddivisione tra rischi interni, ovvero quelli controllabili dall'azienda, e rischi esterni, quanto piuttosto una suddivisione tra:

- Rischi legati all'ambiente interno, relativi alle aree funzionali, figure e ad altre risorse che fanno direttamente parte dell'impresa. Questi sono stati identificati come Prodotto, Dipendenti, e Contratto.
- Rischi legati all'ambiente esterno, relativi a tutto ciò che non fa direttamente parte dell'azienda, pur avendo un ruolo nella realizzazione della commessa. Tra questi sono stati identificati Forza Maggiore, Fornitori, Trasporto e Cliente.

La scelta di questa suddivisione per il secondo livello deriva dalla necessità di aumentare il grado di semplicità di compilazione della RBS, evitando alcuni equivoci che potrebbero crearsi adottando una suddivisione come quella classica. Ad esempio, analizzando i possibili approcci con il CEO, è emerso che rischi come "infortuni e malattia", essendo a metà tra i rischi direttamente controllabili e viceversa, avrebbero potuto portare a maggiori difficoltà nella stesura della RBS. Un'inadeguata applicazione nelle norme in materia di sicurezza sul lavoro, infatti, sarebbe diretta responsabilità dell'azienda, ma

non lo sarebbe, invece, nel caso in cui l'incidento avvenisse in condizioni di sicurezza idonee. Dopo aver identificato il livello 2, i singoli rischi che compongono il livello 3, poi, sono stati individuati prevalentemente attraverso due modalità. In primo luogo, dall'osservazione diretta delle manifestazioni di tali rischi durante il periodo di stesura dell'elaborato, oppure tramite incontri con il CEO ed il team di ingegneri che quotidianamente gestisce le commesse. La RBS che ne deriva è rappresentata dalla seguente tabella 6.1:

Livello 0	Livello 1	Livello 2	Livello 3	Descrizione
Rischi CLV	Ambiente interno	Prodotto	Difettosità dei componenti	Questo accade quando una o più dei componenti che formano la macchina non funzionano come dovrebbero, ad esempio poiché presentano guasti elettronici o minori prestazioni meccaniche rispetto a quanto necessario per garantire il corretto funzionamento del macchinario oggetto della commessa. Ciò può portare alla rottura di questi pezzi durante le fasi di lavorazione o durante l'utilizzo della macchina.
		Dipendenti	Errori in fase di acquisto	Possono accadere quando vengono acquistate quantità errate di prodotto, inteso come materia prima o semilavorati oppure, direttamente, i componenti sbagliati. Ciò comporta, generalmente, la necessità di dover valutare il trade-off tra i tempi di una nuova consegna di materiale ed i tempi di una ri-progettazione, se possibile, atta a permettere il funzionamento della macchina anche con i pezzi disponibili.
			Errori di progettazione	Significa che si sono commessi errori durante la progettazione

				meccanica o elettronica che potrebbero compromettere il funzionamento finale e del macchinario. Sono particolarmente rischiosi perché possono essere rilevati non prima delle fasi di assemblaggio e collaudo, ma sono anche piuttosto rari dato l'elevato tasso di similitudine tra le commesse realizzate.
			Scioperi	Si intendono giornate di sciopero che coinvolgono una discreta parte dei dipendenti dell'azienda, che portano alla perdita di una o più giornate lavorative
			Bassa motivazione	Comporta una diminuzione della produttività dei lavoratori
			Infortuni e malattie	In questo caso si intende l'indisponibilità in contemporanea di una discreta parte di lavoratori dipendenti a causa di infortuni o malattia
			Malfunzionamento e guasti dei macchinari da lavoro	Ciò accade quando i macchinari, come torni, alesatrici, oppure carrelli elevatori e qualunque altro mezzo utilizzato durante le fasi di produzione e nella movimentazione delle merci, non funzionano come dovrebbe, portando all'impossibilità di lavorare o alla riduzione della produttività, nonché alla necessità di sostituire/riparare il macchinario.
		Contratto	Incomprension e delle	Ciò significa che in fase di contratto ci sono stati dei fraintendimenti nella

			specifiche richieste	comprensione delle richieste del cliente, portando alla realizzazione di un progetto diverso da quanto richiesto. L'impatto è certamente elevato, ma le probabilità di accadimento sono molto basse, grazie all'esperienza del management
			Errori nella stima di tempi e costi	In fase di contratto vengono effettuate stime di tempi e di costi, ma alla fine del progetto si rilevano ritardi e spese extra non previste prima a causa di errori di valutazione
			Errori di valutazione sulla fattibilità della commessa	Durante la fase di contratto viene accettata una commessa che, però, non può essere realizzata a causa di un'impossibilità tecnica o di <i>know-how</i> .
	Ambiente esterno	Forza maggiore	Naturali	Fenomeni naturali di grande rilevanza che portano a consistenti danni come terremoti, alluvioni, ma anche incendi.
			Amministrativi	Cambi di legislazione e norme che possono avere un impatto sulla commessa. Alcuni esempi sono modifiche sulle leggi che regolano il mercato ed il commercio, oppure cambiamenti nelle modalità di rilascio dei permessi di soggiorno all'estero. In particolare, ciò è rilevante nel momento in cui assemblatori e/o tecnologi dell'azienda devono spostarsi all'estero temporaneamente per

				provvedere all'avvio del macchinario presso un cliente.
		Fornitori	Cessazione dell'attività	Un fornitore storico a cui si è soliti affidarsi cessa l'attività e costringe a rivolgersi altrove
			Inesperienza del fornitore	Ci si rivolge ad un fornitore con poca esperienza, aumentando quindi il rischio di errori e, di conseguenza, di ritardi
			Scarsità delle materie prime e componenti sul mercato	Il componente o materia prima richiesta per la produzione della commessa non è disponibile sul mercato a causa di svariati motivi (naturali, politici, ...) e per questo costringe a valutare un trade off tra l'aumento di lead time di consegna e la ri-progettazione della commessa, se possibile, in modo da escludere i componenti non disponibili.
			Ritardo nella consegna	I componenti/ materie prime ordinati arrivano in ritardo rispetto a quanto concordato
			Componenti non conformi	I componenti che arrivano sono diversi rispetto a quelli ordinati oppure non funzionano come dovrebbero
			Trasporto	Danni durante il trasporto
		Ritardo durante il trasporto		Il macchinario arriva in ritardo rispetto a quanto preventivato nel trasporto da Gaudino all'azienda cliente
		Cliente	Fallimento dell'azienda	L'azienda cliente fallisce e non è in grado di pagare la commessa

Tabella 6.1: RBS

## 6.2 Risk Breakdown Matrix

Dopo aver dato una definizione dei rischi, il primo passo è quello di legarli alle attività della WBS. Per fare ciò è necessario comprendere se la manifestazione di un rischio può portare ad un cambiamento del task considerato, con particolare riferimento al trinomio tempi-costi-qualità. Nella figura 6.1 questa relazione viene messa in evidenza da un segno "X" nella casella data dall'intersezione tra rischio ed attività. Analizzando nel dettaglio la figura, si nota come i rischi "Difettosità dei componenti", "Errori di progettazione" ed "Errori durante la fase di acquisto" abbiano un impatto diretto specialmente nelle attività di produzione, sia interna che esterna, di assemblaggio e di collaudo. Chiaramente, ciò è dovuto dal fatto che tali rischi possono essere rilevati solo durante queste fasi e, per questo, una loro manifestazione, porta a dover sospendere il task in corso in attesa di trovare soluzioni alternative. "Scioperi", "Basse motivazione" e "Infortuni e malattia", invece, sono direttamente legati a tutte le attività che richiedono il lavoro del personale, per questo saranno presenti nelle attività interne di progettazione e produzione. Ovviamente, tali rischi possono manifestarsi anche nel personale dei fornitori, ma per questi, data l'impossibilità di intervenire direttamente sulle cause, si sono considerati implicitamente contenuti all'interno dei motivi che possono portare al rischio "Ritardo della consegna". Il "Malfunzionamento dei macchinari da lavoro", come spiegato anche in tabella 6.1, si può manifestare durante le fasi che richiedono un effettivo utilizzo di tali mezzi, quindi alesatura, fresatura, tornitura e spedizione della commessa. L'"Incomprensione delle specifiche richieste", come gli "Errori di valutazione sulla fattibilità della commessa", possono comportare la necessità di tempi di progettazione superiori a quanto preventivato, mentre "Errori nella stima di tempi e costi" hanno un impatto nelle attività in cui sono previsti i pagamenti secondo logica stato avanzamento lavori SAL, ovvero durante la verifica del funzionamento della testata, spedizione della commessa e testing, poiché ciò comporterebbe un diverso andamento dei flussi di cassa rispetto a quelli previsti. Un ragionamento analogo è stato effettuato per il rischio "Fallimento dell'azienda cliente". In questo caso, anche se la sua manifestazione comporterebbe l'immediata sospensione dell'attività in corso e, verosimilmente, la cancellazione della commessa stessa, l'impatto sarebbe comunque di natura economica, perciò appare coerente, come nel precedente caso, associarla esclusivamente alle attività cui corrisponde una milestone di pagamento. Proseguendo, i "Rischi naturali" hanno potenzialmente effetto sulle attività di produzione interna, nonché di assemblaggio, collaudo e spedizione, mentre i quelli "Amministrativi" hanno particolare rilevanza soprattutto nelle attività in cui sono coinvolti attori terzi, come produttori esterni e clienti. In generale, poi, tutti i rischi legati ai fornitori, hanno un impatto sulle attività di acquisto dei componenti e delle materie prime, nonché sulle lavorazioni esterne, ovvero tutte le attività in cui sono direttamente coinvolti. La "Non conformità dei pezzi", invece, per come è stata definita, può essere rilevata nelle fasi di assemblaggio e collaudo, in modo analogo a quanto spiegato in precedenza in questo

paragrafo in merito alla “difettosità dei componenti”. Chiaramente, infine, i “Danni durante il trasporto” ed i “Ritardi durante il trasporto” sono legati all’unica attività di spedizione della commessa.

		Rischio																		
		Difettosità dei componenti	Errori di progettazione	Errori in fase di acquisto	Scioperi	Bassa motivazione	Infortuni e malattia	Malfunzionamento e guasti dei macchinari da lavoro	Incomprensione e delle specifiche richieste	Errori nella stima di tempi e costi	Errori di valutazione sulla fattibilità della commessa	Naturali	Amministrativi	Cessazione dell'attività fornitore	Inesperienza del fornitore	Scarsità delle materie prime e componenti sul mercato	Ritardo nella consegna	Pezzi non conformi	Danni durante il trasporto	Ritardo durante il trasporto
Attività	Basic design				X	X	X		X	X										
	Progettazione testata				X	X	X		X											
	Progettazione corpo macchina				X	X	X		X											
	Progettazione rinvio				X	X	X		X											
	Redazione distinta base				X	X	X													
	Progettazione software				X	X	X													
	Analisi e acquisto materie prime												X	X	X	X	X			
	Analisi e acquisto componenti standard												X	X	X	X	X			
	Analisi e acquisto componenti ad hoc												X	X	X	X	X			
	Analisi e acquisto componenti elettronici												X	X	X	X	X			
	Alesatura e Fresatura (interna)	X		X	X	X	X	X				X								
	Tornitura (interna)	X		X	X	X	X	X				X								
	Zincatura (esterna)	X		X									X	X	X		X			
	Saldatura (esterna)	X		X									X	X	X		X			
	Verniciatura (esterna)	X		X									X	X	X		X			
	Assemblaggio componenti meccanici	X	X	X	X	X	X					X						X		
	Assemblaggio componenti elettrici	X	X	X	X	X	X					X						X		
	Verifica funzionamento testata	X	X	X	X	X	X			X		X						X		X
	Redazione documenti commessa																			
	Smontaggio macchina				X	X	X					X								
Imballaggio macchina				X	X	X					X									
Spedizione Commessa							X		X			X						X	X	
Montaggio in loco				X	X	X						X								
Testing				X	X	X			X			X							X	

Figura 6.1: Assegnazione rischi-attività

Per quantificare il rischio, non avendo a disposizione un database storico su cui fare affidamento, si è scelto di affidarsi ad una scala semi-quantitativa analogamente a quanto affermato nel paragrafo 1.6.2. Nello specifico, per le probabilità di accadimento  $p$  le classi sono le seguenti:

- Probabilità **molto alta**, a cui è associato un valore 5, per eventi che si verificano in modo diffuso su diverse commesse e che, quindi, hanno buona possibilità di presentarsi anche in quella presa in esame. Non sono stati individuati rischi che avvengono con una frequenza tale da giustificare, almeno per la commessa in esame, l'inserimento in questa classe.
- Probabilità **alta**, a cui è associato un valore 4, per eventi che si manifestano in modo saltuario per commesse simili, nell'ordine di poche volte all'anno. Fanno parte di questa categoria il ritardo nella consegna, la scarsità di materie prime e componenti sul mercato e gli errori di stima di tempi e costi.
- Probabilità **media**, a cui è associato un valore 3, per eventi che si manifestano in modo raro all'interno dell'azienda per commesse simili a quella analizzata. Fanno parte di questa categoria la difettosità dei componenti, la cessazione dell'attività dei fornitori, l'inesperienza del fornitore ed il rischio di pezzi non conformi.
- Probabilità **bassa**, a cui è associato un valore 2, per eventi che si sono già verificati all'interno dell'azienda ma con una frequenza trascurabile ed episodica. Fanno parte di questa categoria gli errori in fase di acquisto, il malfunzionamento dei guasti dei macchinari da lavoro, i rischi politici, i danni durante il trasporto, il ritardo ad esso connesso, la bassa motivazione, gli scioperi e gli infortuni e malattia. Si sottolinea per questi ultimi che la scelta è dovuta al significato attribuito a questi rischi, intesi non come episodi singoli, che altrimenti avrebbero avuto una probabilità alta/molto alta, ma impatto del tutto trascurabile, ma come assenza in contemporanea di un elevato numero di dipendenti.
- Probabilità **molto bassa**, a cui è associato un valore 1, per eventi che non si sono mai verificati per l'azienda o che si sono verificati in circostanze differenti e non più attuali, ma che comunque rimangono possibili a livello teorico. Fanno parte di questa categoria gli errori di progettazione, l'incomprensione delle specifiche, gli errori di valutazione sulla fattibilità della commessa i rischi naturali e il rischio di fallimento dell'azienda cliente.

Per l'impatto  $i$ , invece, i valori della scala possono essere dettagliati nel modo seguente:

- Impatto **molto alto**, valore 5, per eventi le cui conseguenze comportano potenzialmente un significativo aumento dei costi e del budget o dei cambiamenti importanti nella commessa stessa, tali da venire meno ai vincoli contrattuali.
- Impatto **alto**, valore 4, per eventi le cui conseguenze comportano potenzialmente un significativo aumento dei costi e del budget o dei cambiamenti nella commessa stessa, ma che, da soli, non impediscono di rientrare nei vincoli contrattuali.
- Impatto **medio**, valore 3, per eventi con conseguenze rilevanti per il trinomio tempi-costi-qualità.
- Impatto **basso**, valore 2, per eventi le cui conseguenze sono modeste ed i cambiamenti nella commessa sono di scarsa entità.
- Impatto **molto basso**, valore 1, per eventi le cui conseguenze sono tendenzialmente trascurabili e non sono causa di cambiamenti rilevanti nella commessa.

Un fattore da considerare nell'assegnazione delle probabilità di accadimento e di impatto è che, come detto in precedenza nel presente paragrafo, non esiste una database aziendale che conserva tali dati, per cui l'assegnazione alle rispettive classi è avvenuta principalmente grazie ai feedback del CEO e, dunque, grazie alla sua esperienza, in accordo con il significato dei diversi valori della scala. È chiaro come, in presenza di un database storico, sarebbe possibile stabilire dei range di probabilità e di impatto per effettuare la classificazione, in modo da aumentare la precisione della classificazione appena descritta.

Definite, quindi, le scale su cui saranno misurati  $p$  ed  $I$ , è possibile definire una tabella riassuntiva che valuti il valore di  $R$  per ciascuna combinazione. Nella tabella 6.2 qui proposta, nell'intersezione tra colonne e righe, tramite la formula 6.1, si ricava il valore del rischio, come:

$$R = p \cdot I \quad (6.1)$$

Gravità \ Probabilità	Molto bassa 1	Bassa 2	Media 3	Alta 4	Molto Alta 5
Molto alta 5	5	10	15	20	25
Alta 4	4	8	12	16	20
Media 3	3	6	9	12	15
Bassa 2	2	4	6	8	10
Molto bassa 1	1	2	3	4	5

Tabella 6.2: Valore di R in corrispondenza di diversi valori di p ed I

La precedente tabella 6.2 può essere divisa in tre aree:

- Area di **bassa priorità**, graficamente evidenziata in giallo, comprende tutti i rischi che possono essere accettati, poiché frutto di un prodotto  $p \cdot I = R$  relativamente basso, che varia da 1 a 6. Non fanno parte di questa area, comunque, tutti quei rischi caratterizzati da probabilità molto bassa, valore  $p = 1$ , e impatto molto alto, valore  $i = 5$ , poiché, nonostante un valore di  $R$  piuttosto basso, necessitano comunque di attenzione, dato l'elevato impatto;
- Area di **priorità media**, in arancione, comprende tutti i rischi con caratteristiche intermedie che, in linea teorica, dovrebbero essere mitigati o trasferiti. Il valore di  $R$ , in questo caso, varia da 8 a 16, con l'aggiunta del caso descritto nel punto precedente, cui è associato un valore  $R = 5$ .
- Area di **priorità alta**, in rosso, comprende quei rischi con impatti e probabilità alti e molto alti che, se possibile, dovrebbero essere evitati. Ad essi è associato un valore  $R > 20$ .

Il passo successivo è, dunque, quello di legare in modo quantitativo rischi ed attività tramite la Risk Breakdown Matrix proposta di seguito nella figura 6.2. Nella matrice sono indicati i valori di  $p$  per ogni rischio, secondo quanto detto precedentemente in questo paragrafo, mentre i valori di  $I$  relativi all'impatto del rischio sull'attività, che differiscono lungo la stessa riga, possono essere facilmente dedotti consultando la seguente tabella 6.3.

Rischio	Assegnazione dei valori di impatto $I$
Difettosità dei componenti	Impatto medio, valore 3, per le attività di produzione interna ed esterna, impatto alto, valore 4, per assemblaggio e collaudo. La manifestazione di tale rischio provoca l'insorgere di ritardi nello svolgimento di queste attività: se sorge durante le fasi di produzione, sarà necessario acquistare nuovamente il componente, se sorge nelle fasi di assemblaggio e collaudo, invece, sarà necessario produrlo nuovamente, perciò l'impatto aumenta. Tuttavia, il ritardo non è solitamente tale da venire meno ai vincoli contrattuali.
Errori di progettazione	Impatto alto, valore 4, per tutte le attività associate, ovvero assemblaggio e collaudo. Come nel caso successivo di "Errori in fase di acquisto", è solitamente possibile modificare il progetto all'occorrenza, ma in questo caso i ritardi possono diventare di entità rilevante.
Errori in fase di acquisto	Impatto medio, valore 3, per tutte le attività associate, ovvero produzione interna ed esterna, assemblaggio e collaudo. Solitamente è possibile ovviare al problema modificando leggermente il progetto in modo da fare a meno del componente, se non è possibile reperirlo con facilità sul mercato.
Scioperi, bassa motivazione e infortuni e malattia	Impatto molto basso, valore 1, per le attività interne ad eccezione delle attività di progettazione, dove l'impatto è basso, valore 2. Il numero di dipendenti permette in genere di ovviare al problema senza causare impatti rilevanti, tranne nel caso del reparto ingegneristico in cui il numero l'utilizzo delle risorse per la commessa arriva al 100%, per cui un'assenza comporta un rallentamento delle attività svolte, seppur di moderata entità.
Malfunzionamento e guasti dei macchinari da lavoro	Impatto alto, valore 4, per le attività di produzione interna e di spedizione della commessa. Senza i mezzi necessari non è possibile svolgere queste attività, ma i ritardi che ne scaturiscono sono compensati dal fatto che tali macchinari difficilmente hanno un tasso di utilizzo unitario.

Incomprensione delle specifiche richieste	Impatto basso, valore 2, per il basic design ed alto, valore 4, per le altre attività di progettazione. Durante le prime fasi è più facile tornare indietro e rivedere le specifiche del progetto, nelle fasi successive, invece, diventa più complicato, ma il tasso di similarità tra le diverse commesse rende meno gravoso il lavoro di adattamento alle specifiche corrette.
Errori nella stima di tempi e costi	Impatto alto, valore 4, per le attività che rappresentano una milestone di pagamento secondo lo schema SAL, collaudo, spedizione e avvio presso il cliente. Un errore di queste stime può comportare un diverso andamento dei flussi di cassa e far insorgere, in alcuni casi, delle pensali contrattuali.
Errori di valutazione sulla fattibilità della commessa	Impatto molto alto, valore 5, sull'attività di basic design. Comporta la necessità di rivedere nella sua interezza la commessa, con un'elevata probabilità di superare i vincoli temporali imposti dal contratto.
Naturali	Impatto molto alto, valore 5, su tutte le attività interne di produzione, assemblaggio e collaudo. Potenzialmente un disastro naturale può essere causa di gravi danni alla commessa e lunghi ritardi.
Amministrativi	Impatto medio, valore 3, sulle attività presso il cliente o in cui è coinvolto un fornitore di componenti o materie prime. Possono subentrare ritardi e maggiori costi, ma normalmente di entità modesta. L'impatto scende a 1, valore molto basso, per le attività di lavorazione esterna che sono generalmente svolte in Italia, in cui eventuali cambiamenti nelle norme vigenti dovrebbero essere di entità e comportare, dunque, un impatto minore.
Cessazione dell'attività e inesperienza del fornitore	Impatto basso, valore 2, per le attività di produzione esterna e di acquisto materie prime e componenti standard, impatto alto, valore 4, per analisi e acquisto di componenti elettronici e ad hoc. Per i prodotti che richiedono un maggiore lead time di consegna è lecito aspettarsi maggiori ritardi in caso di manifestazione di tali rischi, soprattutto perché spesso i tempi più lunghi derivano proprio da un minor numero di fornitori e componenti disponibili sul mercato.
Scarsità delle materie prime e componenti sul mercato	Impatto basso, valore 2, per le attività di acquisto materie prime e componenti standard, impatto alto, valore 4, per analisi e acquisto di componenti elettronici e ad hoc. Valgono le considerazioni dei rischi "cessazione dell'attività e inesperienza del fornitore", con la differenza che nel caso in esame non ci sarà impatto sulle attività di produzione esterna, poiché i materiali sono in genere forniti direttamente da Officine Gaudino.

Ritardo nella consegna	<p>Impatto medio, valore 3, per le attività di acquisto materie prime e componenti standard. Solitamente il ritardo in queste fasi è di lieve entità e sono disponibili diversi fornitori a cui affidarsi.</p> <p>Impatto alto, valore 4, per le attività di produzione esterna, legata ad un minor numero di fornitori ed ai maggiori ritardi connessi.</p> <p>Impatto molto alto, valore 5, per le attività di acquisto di componenti elettronici e ad hoc, a causa del fatto che, come affermato nel precedente capitolo 5, queste attività rappresentano il collo di bottiglia della commessa e, dunque, un ritardo di entità rilevante nella consegna di tali pezzi comporta spesso un superamento dei vincoli di tempo stabiliti dal contratto.</p>
Componenti non conformi	<p>Impatto alto, valore 4, sulle attività di assemblaggio e collaudo. Il rischio è quello di dover trovare nuovi componenti o di produrli nuovamente, portando a ritardi rilevanti.</p>
Danni durante il trasporto	<p>Impatto molto alto, valore 5, sull'attività di spedizione della commessa. Può accadere, infatti, magari in seguito ad incidenti, che questa sia danneggiata al punto di dover essere prodotta nuovamente a partire da zero.</p>
Ritardo durante il trasporto	<p>Impatto basso, valore 2, sull'attività di spedizione della commessa. Solitamente il ritardo è di lieve entità</p>
Fallimento dell'azienda	<p>Impatto molto alto, valore 5, su tutte le attività che rappresentano milestones di pagamento.</p>

Tabella 6.3: Assegnazione dei valori di I

Rischio																							
		Difettosità dei componenti	Errori di progettazione	Errori in fase di acquisto	Scioperi	Bassa motivazione	Infortuni e malattia	Malfunzionamento e guasti dei macchinari da lavoro	Incomprensione e delle specifiche richieste	Errori nella stima di tempi e costi	Errori di valutazione sulla fattibilità della commessa	Naturali	Amministrativi	Cessazione dell'attività fornitore	Inesperienza del fornitore	Scarsità delle materie prime e componenti sul mercato	Ritardo nella consegna	Pezzi non conformi	Danni durante il trasporto	Ritardo durante il trasporto	Fallimento dell'azienda cliente		
		3	1	2	2	2	2	2	1	4	1	1	2	3	3	4	4	3	2	2	1		
Attività	Basic design				4	4	4		2		5										19		
	Progettazione testata				4	4	4		4												16		
	Progettazione corpo macchina				4	4	4		4												16		
	Progettazione rinvio				4	4	4		4												16		
	Redazione distinta base				4	4	4														12		
	Progettazione software				4	4	4														12		
	Analisi e acquisto materie prime													6	6	6	8	12				38	
	Analisi e acquisto componenti standard													6	6	6	8	12				38	
	Analisi e acquisto componenti ad hoc													6	12	12	16	20				66	
	Analisi e acquisto componenti elettronici													6	12	12	16	20				66	
	Alesatura e Fresatura (interna)	9		6	2	2	2	8				5										34	
	Tornitura (interna)	9		6	2	2	2	8				5										34	
	Zincatura (esterna)	9		6										2	6	6		16				45	
	Saldatura (esterna)	9		6										2	6	6		16				45	
	Verniciatura (esterna)	9		6										2	6	6		16				45	
	Assemblaggio componenti meccanici	12	4	6	2	2	2					5							12			45	
	Assemblaggio componenti elettrici	12	4	6	2	2	2					5							12			45	
	Verifica funzionamento testata	12	4	6	2	2	2				16		5						12			5	66
	Redazione documenti commessa																						0
	Smontaggio macchina				2	2	2						5										11
	Imballaggio macchina				2	2	2						5										11
	Spedizione Commessa							8			16		5	6						10	4	5	54
	Montaggio in loco				2	2	2							6									12
Testing				2	2	2				16			6									5	33
		81	12	48	42	42	42	24	14	48	5	40	48	54	54	48	112	36	10	4	15		

Figura 6.2: Risk Breakdown Matrix

La RBM in figura 6.2 contiene diverse informazioni interessanti. In primo luogo, permette di capire quali sono le attività maggiormente soggette a rischi sommando il valore per riga delle caselle della matrice. Tale dato è proposto nella colonna più a destra di figura 6.2 e di seguito definito  $R$  aggregato,  $R_a$ . I task più esposti risultano, quindi, essere:

- Tutte le attività di **analisi e acquisto**, di materie prime e componenti standard, ma in particolare di prodotti elettronici e componenti ad hoc, con valori di  $R_a$  pari a 66. Ciò che, in modo particolare, ne è responsabile sono i rischi con probabilità di accadimento media di “ritardo nella consegna”, con un  $R$  fino a 20, e “scarsità delle materie prime e componenti sul mercato”, con un  $R$  fino a 16, che hanno un impatto da “medio” ad “molto alto” sui task. Questo perché, nel complesso, i ritardi hanno un effetto importante sulla durata di tali attività, “Analisi e acquisto delle materie prime”, “Analisi e acquisto dei componenti ad hoc”, “Analisi e acquisto dei componenti standard” e “Analisi e acquisto dei componenti elettronici”, la cui componente principale, responsabile fino al 90% della durata delle macro-attività, come spiegato nel paragrafo 5.1, è il lead time di consegna. Ancora, l’inesperienza e la possibilità che alcuni fornitori storici possano chiudere hanno un effetto analogo a quanto descritto in precedenza.
- Tutte le attività di lavorazione esterna, come **zincatura**, **saldatura** e **verniciatura** sono soggette a rischi simili a quelli delle attività di acquisto, e presentano un  $R_a = 45$ . Ciò è dovuto al fatto che, anche in questo caso, è necessario affidarsi a fornitori terzi. A questi, inoltre, si aggiunge il rischio che i pezzi mandati a lavorare esternamente possano essere difettosi e, quindi, danneggiarsi durante queste attività. A tale rischio, infatti, è associato un  $R = 9$ .
- Le attività di **produzione interna**,  $R_a = 34$ , e di **assemblaggio**,  $R_a = 45$ , sono particolarmente esposte al rischio che alcuni pezzi possano essere difettosi, e quindi rompersi durante la lavorazione e l’utilizzo, oppure non conformi, cioè diversi da quelli ordinati, con  $R$  che varia da 9 per la produzione a 12 per l’assemblaggio. Allo stesso tempo, essendo attività che richiedono l’ausilio di macchinari e mezzi di movimentazione, sono soggetti al rischio che alcuni di questi possano guastarsi o rompersi, riducendo la produttività. Nel caso dell’assemblaggio, inoltre, sono rilevanti anche gli errori di progettazione, che in queste fasi possono essere riscontrati per la prima volta,  $R = 4$ .
- Attività di collaudo e, quindi, di **verifica funzionamento della testata**, con un  $R_a = 66$ . Anche in questo caso risultano rilevanti i rischi che i pezzi possano essere difettosi o non conformi, oppure che vengano riscontrati errori di progettazione. In tal caso, così come nelle attività di testing in loco e di spedizione della commessa, risulta avere un ruolo significativo (probabilità e impatto alti, con  $R = 16$ ) l’errore di valutazione del binomio tempi-costi.

In secondo luogo, la RBM permette di identificare i rischi che, nel complesso, hanno un maggiore impatto sul progetto. In tal caso, l'identificazione avviene sommando per colonna i singoli valori di  $R$ , dato presente nella colonna più in basso della RBM in figura 6.2. Una simile analisi mostra come i rischi dal maggiore impatto complessivo siano quelli di "Difettosità dei componenti", con un  $R$  sommato per colonna pari a 81, e, in generale, i rischi relativi ai fornitori, tra cui "Cessazione dell'attività", "Inesperienza", "Scarsità dei componenti" e "Ritardi nella consegna". Quest'ultimo, in particolare, risulta avere il maggior valore di  $R$  sommato per colonna, ovvero 112.

### 6.3 La Risposta al Rischio

Riprendendo la suddivisione in aree del paragrafo 6.2, è possibile intervenire in due modi complementari, ovvero concentrandosi contemporaneamente sia su quei rischi che, nel complesso, hanno un valore di  $R$  aggregato  $R_a$  alto, sia su quelli che, pur non avendo un  $R$  aggregato elevato, per alcune attività rientrano nell'area di alta o media priorità. Questi sono identificati nella RBM in figura 6.2 da caselle su sfondo arancione o rosso. Ciò significa che tutti i rischi con bassa priorità e con  $R_a$  non elevato saranno di conseguenza accettati. Si procede, dunque, analizzando le risposte ai rischi:

- **Difettosità dei componenti**, appartenente alla fascia di priorità media. La risposta, in questo caso, è quella di **mitigare**. In questo caso, è possibile seguire la strada già intrapresa dall'azienda, ovvero la creazione un buffer a magazzino di componenti, in modo da poter attingere da questo in caso di necessità senza rischiare di dover effettuare nuovi ordini o aggiungere nuovi componenti in coda alla produzione. La soluzione appare appropriata considerando anche l'elevato tasso di condivisione dei componenti tra le diverse commesse realizzate dall'azienda. Per questo, in caso non dovessero essere necessari, i componenti in eccesso potranno essere utilizzati in altri macchinari.
- **Malfunzionamento e guasti dei macchinari da lavoro**, in questo caso è possibile intervenire con azioni di **mitigazione**, principalmente di due tipi. Nel primo caso è possibile diminuire la probabilità di accadimento da "basso" a "molto basso" intensificando la manutenzione preventiva ed incentivando al corretto utilizzo dei macchinari e dei mezzi di movimentazione. Al contrario, è possibile ridurre l'impatto da "Alto" a "Medio" o "Basso" predisponendo un buffer di tempo in fase di programmazione per le attività esposte a questo rischio, ovvero produzione interna e spedizione della commessa. Ad oggi, solitamente, il CEO per mitigare l'insorgere di possibili ritardi, inserisce un buffer temporale alla fine della commessa, dalla durata variabile, basata sul tipo di commessa e sul periodo in cui la commessa sarà realizzata. Per questo motivo, in linea con la strategia aziendale ad oggi praticata, è possibile percorrere la strada del buffer temporale associato alle attività interessate.

- **Rischi dovuti al fornitore**, fanno parte di questa categoria la “cessazione dell’attività del fornitore”, l’“inesperienza del fornitore”, la “scarsità delle materie prime e componenti sul mercato” e il “ritardo nella consegna”. Per questa famiglia di rischi la soluzione è la medesima e, per questo, vengono considerati insieme. In generale, affidarsi a fornitori affidabili e con i quali si lavora da molto tempo è fondamentale per ridurre l’insorgere di ritardi. Tuttavia, non sempre è concesso intraprendere questa strada, magari perché il fornitore storico ha chiuso, rischio in netto aumento dopo la pandemia da Covid-19, sia perché un componente potrebbe essere difficile da trovare sul mercato. Perciò, è opportuno valutare altre possibilità. La proposta è, per ragioni analoghe a quanto detto nel precedente punto in relazione al malfunzionamento e guasti dei macchinari da lavoro, legate alla volontà di seguire, laddove possibile, le strategie aziendali, quella di **mitigare** il rischio inserendo un buffer temporale alla fine delle attività.
- **Pezzi non conformi**, come nel caso precedente, è possibile, oltre alla richiesta di reso in caso di errore da parte del fornitore, tutelarsi tramite un’adeguata scorta a magazzino e, quindi, intraprendendo un’azione di **mitigazione** del rischio.
- **Naturali**, in questo caso, data la bassa possibilità di accadimento e l’elevato impatto associato, è ragionevole seguire la strategia aziendale di stipulazione di un’assicurazione, in modo da **trasferire** il rischio ad una società terza, quella assicurativa. Inoltre, data la tutela contrattuale in caso di eventi di forza maggiore, non è necessario prevedere buffer temporali per gestire gli eventuali ritardi che potrebbero insorgere.
- **Danni durante il trasporto**, solitamente in questo caso la risposta al rischio consiste nel **trasferire**, adottando la strategia già attualmente praticata dall’azienda. Nello specifico, in fase di contrattazione, vengono stipulate assicurazioni viaggio che risarciscono il 110% della commessa ad un costo, in media, del 2% del totale assicurato. Inoltre, è fondamentale stabilire il momento esatto in cui la responsabilità passa dal venditore al cliente. Ciò viene fatto secondo degli schemi standard, gli Intercoms, contratti che tutelano le parti in un’ampia moltitudine di casistiche e di modalità di trasporto. In questo caso, dato che il trasporto avverrà via nave, l’azienda venditrice sarà responsabile fino al momento in cui la commessa non si trova sulla nave.
- **Fallimento dell’azienda cliente**, il rischio di insolvenza da parte del cliente può essere **mitigato** prevedendo un contratto con pagamenti in modalità SAL, come attualmente fatto dall’azienda per questo progetto. Come detto all’interno del presente capitolo, si prevedono per questa commessa:
  - 30% come anticipo alla firma del contratto;
  - 30% al completamento della testata della macchina;
  - 30% all’inizio delle operazioni di consegna, vale a dire quando la macchina viene caricata sul mezzo;

- 10% allo start-up della macchina nello stabilimento del cliente.

A questo punto è necessario calcolare i buffer temporali necessari per mitigare in modo efficace il rischio. Come spiegato in precedenza in questo paragrafo, l'azienda ad oggi inserisce un solo buffer temporale in coda alla commessa, senza legarlo alle specifiche attività che ne potrebbero necessitare. Inoltre, non esiste una regola specifica per la sua determinazione; perciò, essa è tendenzialmente frutto dell'esperienza del CEO e legata al particolare momento in cui la commessa viene realizzata. I metodi più formali che vengono suggeriti dalla teoria, inoltre, si basano comunemente su approcci di programmazione probabilistica in cui vengono definiti scenari *best case* e *worst case*. Non disponendo di tali dati, dunque, è possibile affidarsi all'esperienza maturata dal CEO (*expert judgement*). Tuttavia, a differenza di quanto fatto sin ora, non si prevede l'inserimento di un unico buffer di progetto in coda alla commessa, ma l'inserimento di riserve temporali nelle attività che lo necessitano, ovvero quelle descritte nel presente paragrafo e riproposte in tabella 6.4:

Attività	Durata (giorni lavorativi)	$R_a$	Buffer (giorni lavorativi)
Analisi e acquisto materie prime	10	38	1
Analisi e acquisto componenti standard	35	38	3
Analisi e acquisto componenti ad hoc e Analisi acquisto componenti elettronici	65	66	10
Alesatura, Fresatura, Tornitura	15	34	2
Zincatura, saldatura, verniciatura	5	45	1
Spedizione	15	54	3

Tabella 6.4: calcolo dei buffer

In questo modo, pur non disponendo di una regola analitica per la quantificazione dei buffer, è possibile avere un maggiore controllo sull'andamento della commessa rispetto alla soluzione attuale. Un'unica riserva temporale, infatti, può essere fuorviante nelle fasi successive di monitoraggio e controllo: se la commessa dovesse accumulare ritardo, e quindi erodere parte del buffer, durante lo svolgimento di attività che, in teoria, non necessitano di tale precauzione, si potrebbe erroneamente pensare di essere in orario, quando, invece, le attività più rischiose, magari, devono ancora iniziare e, dato il ritardo maturato, potrebbero portare ad aumenti di tempo che superano la durata del buffer stesso.

In seguito a questa analisi, è possibile rivedere la programmazione della commessa, identificando, eventualmente, il nuovo cammino critico e calcolando la nuova durata, come effettuato nel capitolo 5. Aggiungendo i buffer, dopo le attività che lo necessitano, di durata pari a quella calcolata nella precedente tabella 6.4, il reticolo diventa così quello proposto in figura 6.3, in cui l'unità di misura di riferimento per le durate è in giorni lavorativi. Si noti come i buffer siano rappresentati da triangoli che seguono le rispettive attività a cui sono associati, mentre i task sono invece rappresentati da figure circolari al cui interno è posta la lettera che li identifica, per le quali si rimanda al paragrafo 5.1 e, nello specifico, alla tabella 5.1.

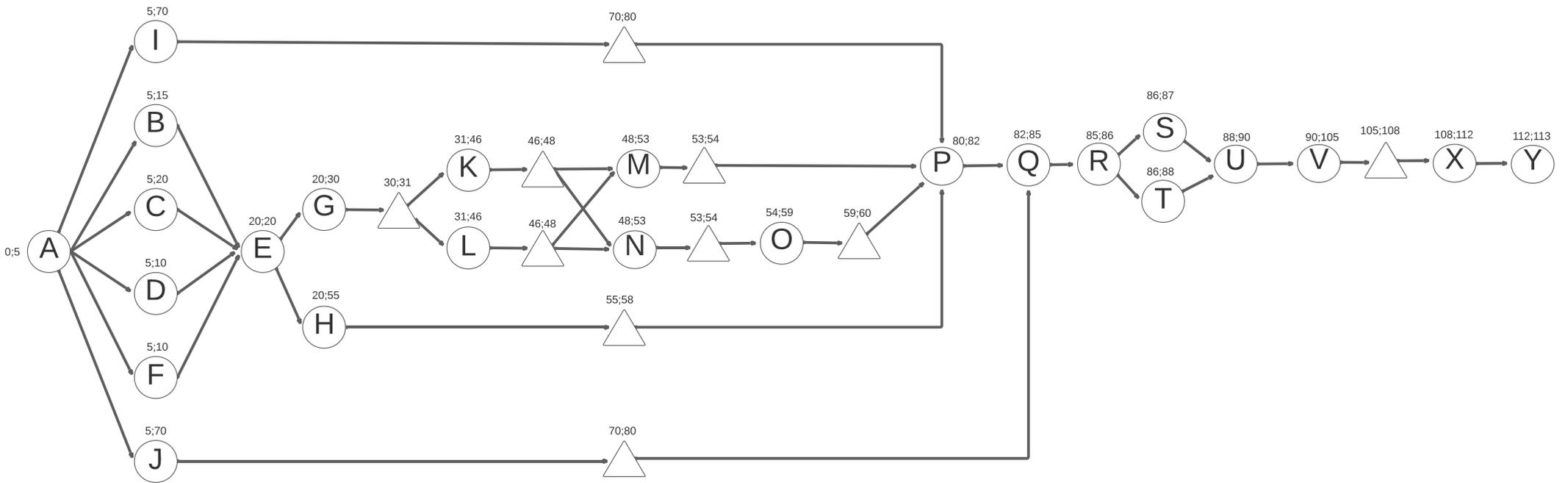


Figura 6.6: Reticolo AON di commessa con buffer

A partire da questo reticolo è possibile identificare il nuovo cammino critico. Per fare ciò è necessario calcolare gli slittamenti totali delle diverse attività, sempre in giorni, in modo analogo a quanto fatto nel paragrafo 5.4. Durante le fasi di calcolo, le durate di buffer saranno sommate a quelle delle attività precedenti e a cui fanno riferimento. In questo modo, infatti, è possibile calcolare un indice di criticità più coerente con le scelte fatte e che tenga, dunque, conto della riserva temporale aggiuntiva fornita dal buffer. Una medesima scelta poteva essere intrapresa anche nella rappresentazione grafica del reticolo. Tuttavia, in tal caso, si è preferito dare maggiore risalto all'inserimento del buffer, rappresentandoli separati dalle attività. I risultati sono esposti in tabella 6.6:

ID	Slittamento totale attività (giorni)	Indice di criticità	ID	Slittamento totale attività (giorni)	Indice di criticità
A	0	100%	M	26	13%
B	25	17%	N	20	33%
C	20	33%	O	20	33%
D	30	0%	P	0	100%
E	20	33%	Q	0	100%
F	30	0%	R	0	100%
G	20	33%	S	1	97%
H	22	27%	T	0	100%
I	0	100%	U	0	100%
J	2	93%	V	0	100%
K	20	33%	X	0	100%
L	20	33%	Y	0	100%

Tabella 6.6: Indici di criticità

Confrontando la tabella 6.6 con la 5.5 del paragrafo 5.4, si nota come il cammino critico rimanga invariato e come non ci siano variazioni rilevanti in termini di indici di criticità. Questo è dovuto al fatto che i buffer di maggiore rilevanza sono stati aggiunti ad attività che facevano parte del cammino critico e, di conseguenza, hanno portato ad un leggero aumento degli slittamenti nelle attività sub-critiche precedenti. Ciò che, di conseguenza, cambia, è la durata del progetto, che passa dai 100 giorni calcolati nel capitolo 5 a 113 giorni, con un conseguente aumento di  $113 - 100 = 13$  giorni lavorativi. Sarà opportuno, dunque, considerare questa riserva temporale in fase di contrattazione per proporre una data di consegna più realistica, in modo da ridurre il rischio di concludere il progetto in ritardo.

## 6.4 Vantaggi e svantaggi dell'applicazione del risk management

L'introduzione di strumenti formali di Risk Management ha permesso di affrontare alcuni aspetti della gestione di un progetto che, altrimenti, avrebbero potuto essere trascurati. L'analisi effettuata, infatti, non solo ha confermato la necessità di adottare alcune strategie già presenti in azienda, come il pagamento SAL o la stipula di assicurazioni, ma ha anche permesso di aumentare il livello di precisione nel calcolo dei buffer temporali. Infatti, si è passati dall'introduzione di un unico buffer di progetto all'adozione di più riserve temporali per le attività che lo necessitano. Ciò, come spiegato nel paragrafo 6.3, porta non solo ad una maggiore qualità della programmazione, ma rende anche più agevole la successiva fase di monitoraggio e controllo. L'analisi, quindi, in accordo con il CEO, ha evidenziato la necessità di allungare i tempi di consegna di oltre due settimane lavorative e, allo stesso tempo, ha anche evitato di sovrastimare alcuni rischi portando, magari, all'introduzione di buffer di durata maggiore in modo ingiustificato. In generale, poi, senza un'analisi dei rischi attività per attività accompagnata ad un'analisi del cammino critico, c'è la possibilità di allungare arbitrariamente, in modo cautelativo, la durata stimata del progetto per tutelarsi da possibili ritardi che, però, possono riguardare attività sub-critiche, portando quindi ad un'inefficienza e ad una stima errata della data di completamento della commessa. Dal punto di vista aziendale, tuttavia, un approccio più formale aumenta la complessità delle operazioni in fase di stima della data di consegna ed è necessario che questa venga condotta da una figura esperta in grado di stimare valori di  $p$  ed  $I$  realistici, nonché di definire la durata dei buffer necessari. Questo limite, tuttavia, potrebbe essere in parte superato dall'introduzione di un database di valori storici che permetta di rendere più formale il calcolo di  $p$  ed  $I$  e, inoltre, di poter utilizzare metodi probabilistici per la determinazione dei buffer temporali necessari.

# Capitolo 7

## Conclusioni

Dopo aver affrontato il tema dell'applicazione degli strumenti di project management all'azienda caso di studio, è necessario valutare i benefici che tale approccio può portare, in accordo con i feedback ricevuti dal CEO. Questa lettura, tuttavia, deve essere effettuata senza trascurare i limiti con cui lo studio è stato svolto, che saranno presentati nel paragrafo 7.2. Infine, è opportuno analizzare, sulla base dei risultati ottenuti, le prospettive future per l'azienda.

### 7.1 Confronto tra approccio tradizionale e Waterfall

Nel capitolo 3 è stato descritto l'approccio tradizionale attualmente utilizzato in Officine Gaudino. All'interno dei capitoli successivi, sono state introdotte diverse proposte al fine di correggere e ridurre le criticità evidenziate. I benefici che ognuno di tali strumenti introduce nella gestione della commessa sono stati già discussi nel paragrafo conclusivo di ogni capitolo interessato. Ciò che, a questo punto, risulta interessante, è valutare in che modo l'introduzione dell'approccio Waterfall possa portare benefici non alla specifica commessa, quanto piuttosto all'azienda in generale.

Rispetto all'approccio tradizionale, il maggiore beneficio che viene introdotto dagli strumenti analizzati nel presente lavoro è quello di fornire metodi più schematici e, in parte, rigidi. Con ciò si fa riferimento al fatto che ogni aspetto della commessa, infatti, viene analizzato e dichiarato formalmente ed esplicitamente, in modo che rimanga traccia di ogni assunzione e previsione effettuata. Ciò permette non solo di evitare che un qualunque tipo di informazione vada persa, ma anche di facilitare e migliorare lo scambio di informazioni tra le diverse aree funzionali dell'azienda.

Un secondo aspetto che viene evidenziato è relativo ai benefici che vengono introdotti per la fase di monitoraggio e controllo della commessa. L'utilizzo di strumenti formali che, come detto, esplicitino ogni aspetto legato ai tempi di realizzazione della commessa con i relativi rischi, permette di disporre di una baseline accurata che renda più agevole questa fase e, di conseguenza, permette di migliorare la qualità delle decisioni prese.

Ancora, gli strumenti introdotti dall'approccio Waterfall permettono in modo piuttosto agevole il collezionamento di dati ed informazioni relative alla commessa che possono avere un ruolo chiave per i progetti futuri. La creazione di uno storico di dati relativi ai costi, ai tempi o ai ritardi permette, infatti, di migliorare le previsioni per il futuro ed apre all'utilizzo di strumenti solo in parte citati in questo lavoro, in un'ottica di miglioramento continuo da parte dell'azienda, come la programmazione probabilistica PERT.

## 7.2 Limiti del lavoro di Tesi

I risultati del presente lavoro di tesi devono essere, comunque, letti tenendo conto dei limiti con cui esso è stato condotto. In primo luogo, è necessario considerare che gli strumenti di project management sono stati applicati ad un solo progetto e, dunque, le conclusioni che vengono tratte possono essere influenzate dalla specifica commessa e non essere, dunque, di carattere generale. Allo stesso modo, il progetto analizzato potrebbe non aver portato alla luce, o averlo fatto in modo solo superficiale, eventuali altre problematiche che, invece, potrebbero esistere all'interno dell'azienda.

Un altro fattore che costituisce un limite è l'applicazione di tali strumenti non in contemporanea con lo svolgimento della commessa, ma solo a posteriori. Ne consegue che non è stato possibile osservare eventuali problematiche che sarebbero potute sorgere durante l'utilizzo di tecniche di project management, così come non sono stati osservati direttamente gli effettivi vantaggi che un simile approccio avrebbe potuto apportare.

## 7.3 Prospettive future

In conclusione, si vuole sottolineare come l'approccio oggi utilizzato dall'azienda Officine Guadino permetta, al netto delle criticità evidenziate, di svolgere comunque con efficacia le operazioni di gestione della commessa, soprattutto grazie all'esperienza maturata dal CEO. Alcuni cambiamenti dal lato della domanda di mercato, tuttavia, hanno portato ad un aumento della richiesta per i prodotti offerti dall'azienda, con un conseguente aumento del lavoro necessario per soddisfare tale incremento. In una simile situazione, come rilevato durante gli incontri con il CEO, nasce l'esigenza dell'introduzione di una figura che possa prendersi carico, almeno in parte, della gestione dei progetti. Risulta, dunque, complesso ipotizzare l'assunzione di una risorsa con esperienza paragonabile a quella del CEO, perciò, in quest'ottica, risulta fondamentale fornire strumenti che possano compensare, almeno in parte, questo gap. L'approccio Waterfall, quindi, potrebbe permettere ad una risorsa, anche junior, di affiancare nella gestione della commessa il CEO, con un ruolo di supervisione e definizione degli obiettivi, nonché di scelte strategiche e commerciali.

In quest'ottica, risulta evidente come sia necessario proseguire nell'applicazione degli strumenti definiti in questo lavoro, iniziando ad utilizzarli per un numero maggiore di commesse e, soprattutto, per progetti in corso di realizzazione. In quest'ultimo caso, infatti, è possibile valutare in modo più accurato eventuali difficoltà non riscontrate in tale lavoro, in modo da poterle correggere.

Infine, come possibili sviluppi futuri, è senz'altro possibile menzionare, come affermato nel paragrafo 7.1, la creazione di un database aziendale di dati ed informazioni relative alle commesse che permettano, in futuro, di migliorare la qualità delle previsioni.

Ancora, è possibile, dopo una prima fase di adattamento ai nuovi strumenti di project management, l'introduzione di metodi che permettano non solo un miglioramento nella gestione dei tempi e delle durate, ma che rendano più formale anche l'approccio nel calcolo dei costi relativi alla commessa.

# Bibliografia

- [1] Project Management Institute A Guide to the Project Management Body of Knowledge (PMBOK). Project Management Institute 2021
- [2] Russell D. Archibald, Project management La gestione di progetti e programmi complessi, Franco Angeli, Milano 2004
- [3] De Marco A., Project Management for Facility Constructions, 2nd edn. Springer Torino 2018
- [4] Meredith J., Mantel S., Project management: a managerial approach, 6<sup>th</sup> edn. John Wiley, New York 2006
- [6] Fisk E.R., Construction project administration, 7th edn. Pearson Prentice Hall 2003
- [7] Goldratt E.M., Critical chain. The North River Press 1997
- [8] Shtub A., Bard J., Globerson S., Project management: engineering technology, and implementation. Prentice Hall 1994
- [9] Zenezini G., De Marco A., Rafele C., Slide del corso di Gestione dei progetti, a.a. 2021/2022

# Sitografia

[5] <https://vitolavecchia.altervista.org/diagramma-di-gantt-spiegazione-rappresentazione/>

[10] <https://www.bsigroup.com>

[11] <https://gaudino.com>

[12] <https://www.edrawmind.com/templates/cost-breakdown-structure-template.html>

# Ringraziamenti

Giunto, dunque, alla fine di un percorso che, seppur non senza difficoltà, mi ha permesso non solo di formarmi, ma anche di crescere come persona, vorrei ringraziare tutti coloro che mi sono stati vicini in questi cinque anni.

Vorrei iniziare ringraziando la mia relatrice, la professoressa Anna Cagliano, per la sua infinita disponibilità e professionalità durante l'intera stesura dell'elaborato.

Nondimeno ringrazio il mio tutor aziendale Roberto Gaudino per avermi accolto e per avermi dato la possibilità di conoscere meglio una parte dell'immenso mondo del settore tessile.

Grazie, poi, alla mia famiglia, per aver sempre creduto in me e per avermi supportato e sopportato durante questi cinque anni. Spero di potervi ripagare per tutto ciò che avete fatto per me.

Grazie sia ai miei amici biellese di sempre e sia a quelli nuovi incontrati al Politecnico di Torino per aver reso più leggero e spensierato questo percorso, dal primo giorno fino alla fine.

Grazie, infine, ad Elisa, per essermi sempre stata affianco, per essere la mia certezza e per tutto l'amore che mi hai dato e che mi continui a dare. Ogni mio traguardo e successo è mio quanto tuo.