



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE
Facoltà di Ingegneria

Corso di laurea in Ingegneria Meccanica

**“Analisi e Gestione delle attività meccaniche
propedeutiche alla messa in funzione dei motori a
propulsione”**

**“Analysis and Management of mechanical activities
leading to the functioning of electric propulsion
motors”**

Relatore

Prof. Archimede Forcellese

Correlatore

Prof. Carmine Dazj

Presentata da

Rodolfo Salomoni

Sessione estiva di Laurea a.a. 2018/2019

Indice

Introduzione.....	5
Capitolo 1	7
1 Il cantiere di Ancona	7
1.1 Storia del cantiere.....	7
1.2 Il layout del cantiere	9
1.3 Descrizione del processo produttivo.....	9
Capitolo 2	13
2 La linea d'assi.....	13
2.1 La linea d'assi della costruzione "6279"	14
2.1.1 P.E.M.....	16
2.1.2 Gli Assi.....	17
2.1.3 Le fusioni.....	17
2.1.4 I tubi astuccio.....	18
2.1.5 Le boccole	19
2.1.6 Gli Accoppiatoi	19
2.1.7 I cuscinetti.....	20
2.1.8 Le tenute.....	22
Capitolo 3	23
3 Le attività della linea d'assi.....	23
3.1 Attività relative allo scafo	24
3.1.1 Definizione della posizione delle fusioni (blocco capovolto).....	24
3.1.2 Posizionamento del blocco in bacino.....	25
3.1.3 Puntellatura e saldatura del blocco.....	26
3.2 Attività meccaniche (Poppa Libera-Varo).....	26

INDICE

3.2.1	Allineamento delle fusioni e saldatura.....	26
3.2.2	Montaggio e centratura delle boccole	27
3.2.3	Posizionamento e allineamento astuccio di poppa	28
3.2.4	Posizionamento e Infilaggio asse portaelica e montaggio delle tenute	29
3.2.5	Posizionamento del primo asse intermedio, del 1° cuscinetto e montaggio del giunto idraulico.....	29
3.3	Attività meccaniche (Dopo Varo-Inizio prove d'avvio dei motori).....	30
3.3.1	Assetto bloccato	30
3.3.2	Posizionamento cuscinetto-asse reggispira e montaggio del 2° cuscinetto	31
3.3.3	Accoppiamento assi tramite il metodo Gap-Sag	31
3.3.4	Allineamento dei cuscinetti intermedi e prime pesate.....	33
3.3.5	Allineamento del cuscinetto reggispira e zappolatura	34
Capitolo 4		36
4	Programmazione delle attività.....	36
4.1	La pianificazione di processo.....	36
4.1.1	La programmazione manuale.....	37
4.2	Il software Microsoft Project	39
4.2.1	La distinta dei materiali	40
4.2.2	La Work BreakDown Structure	43
4.2.3	Tempistiche delle attività	45
4.2.4	Relazioni di precedenza tra le attività.....	45
4.2.5	Diagramma di Gantt	47
4.2.5.1	Programma Poppa Libera-Varo	47
4.2.5.2	Programma dopo Varo-Inizio prove d'avvio motori.....	49
4.2.6	Il percorso critico.....	50
4.2.6.1	Il percorso critico del primo programma.....	51

INDICE

4.2.6.2 Il percorso critico del secondo programma	52
Capitolo 5	54
5 <i>Gestione delle risorse</i>	54
5.1 <i>I centri di lavoro</i>	55
5.2 <i>Gestione del sovraccarico di risorse</i>	57
5.2.1 <i>Diagramma delle risorse per il primo programma</i>	57
5.2.2 <i>Diagramma delle risorse per il secondo programma</i>	58
Capitolo 6	60
6 <i>Ottimizzazione del progetto</i>	60
6.1 <i>Il buffer</i>	60
6.2 <i>Creazione del buffer</i>	61
6.2.1 <i>Confronto primo programma</i>	62
6.2.2 <i>Confronto secondo programma</i>	63
6.3 <i>Gestione del buffer</i>	65
Capitolo 7	66
7 <i>Analisi costi-benefici</i>	66
Conclusioni.....	68
Riferimenti	70
Ringraziamenti	71

Introduzione

Nel seguente documento di tesi si andranno a definire quelle che sono state le attività svolte durante il periodo di stage curriculare presso il cantiere Fincantieri S.p.A. di Ancona.

Il lavoro eseguito si basa sulla definizione di procedure e modalità necessarie per il corretto funzionamento dei motori a propulsione diesel-elettrici di navi da crociera.

Si andranno ad analizzare le attività meccaniche per una specifica imbarcazione, passando quindi all'ottimizzazione delle stesse per poi mettere in campo uno studio di fattibilità mediante analisi costi-benefici.

La trattazione di tali argomenti implica il fatto di dover fornire delle conoscenze basilari su quelle che sono le aree adibite allo svolgimento delle attività illustrate, presentando il layout del cantiere di Ancona e ponendo l'attenzione sulle specifiche postazioni in cui vengono svolte diverse tipologie di operazioni propedeutiche alla costruzione della nave finale.

Si passerà successivamente a descrivere i passi che sono stati seguiti per giungere all'ottimizzazione finale del progetto, che possono essere strutturati secondo tre fasi.

Nella prima sono state analizzate tutte le operazioni e le procedure che permettono il regolare funzionamento dei motori a propulsione, in modo da definire un vero e proprio documento per la nave in esame. A tal proposito, è opportuno far notare che non esiste un documento ufficiale che attesti l'iter delle attività da seguire, in quanto ogni nave presenta rispetto alle altre determinate modifiche da apportare in base all'esperienza dei lavoratori e a quelle che sono le misure e le quote di progetto per la specifica costruzione.

Nella seconda fase ci si è occupati dell'ingegnerizzazione delle operazioni andando a definirne la sequenza in base ai diversi vincoli che entrano in gioco e alle relazioni di precedenza dovute ad aspetti di carattere tecnologico e/o temporale.

INTRODUZIONE

È stato quindi elaborato, utilizzando il software Microsoft Project, un diagramma di Gantt, ovvero un calendario che consente di pianificare, coordinare e tracciare le specifiche fasi del progetto dando una chiara illustrazione dello stato di avanzamento dello stesso.

Dopodiché si è passati ad individuare il percorso critico delle varie attività per calcolare rispettivamente il tempo di attraversamento dell'intero progetto e definire, da un lato, le operazioni critiche per le quali non sono ammessi ritardi e dall'altro, quelle per cui sono possibili slittamenti, seppur limitati e controllati.

Contemporaneamente sono stati elencati i vari centri di lavoro inerenti alle operazioni da compiere e una volta assegnate le risorse alle attività si è analizzato l'eventuale sovraccarico delle stesse valutando quindi la possibilità di appaltare l'esecuzione di quota parte delle attività a ditte esterne.

Nell'ultima parte del lavoro è stata studiata una possibile ottimizzazione del progetto al fine di ottenere un "Buffer" di progetto, vale a dire un contenitore temporale di eventuali ritardi, volto a salvaguardare l'intero progetto.

Come già indicato, la fattibilità del progetto è stata valutata mediante trade off costi-benefici, che ha permesso di confrontare l'inevitabile incremento dei costi della sola manodopera diretta, essendo il costo dei materiali una variabile costante, con la riduzione della durata di progetto che consente di garantire il rispetto dei termini di consegna previsti da contratto, con il committente.

Si sottolinea come oggigiorno questi studi siano di fondamentale importanza per garantire una migliore gestione delle fasi di progettazione, sviluppo e programmazione logistica, permettendo di tenere sotto controllo i flussi di materiale, risorse e informazioni.

Capitolo 1

1 Il cantiere di Ancona

1.1 Storia del cantiere

La realizzazione dei primi lavori si hanno nel 1838 dando avvio ad una lunga serie di interventi moderni che muteranno il volto dell'arsenale dorico.

Il cantiere ha fatto parte per un lungo periodo della società "Cantieri Navali Riuniti" che è poi passata al gruppo IRI attraverso la Fincantieri nel 1970. Per dare competitività alla produzione navale viene messo a punto un progetto che prevede la creazione di strutture impiantistiche moderne e razionali che permettono di costruire navi con metodologie e tecnologie avanzate e finalizzate alla riduzione dei tempi e dei costi di produzione.

Finché nasce nel 1984 la nuova Società Fincantieri Cantieri Navali Italiani S.p.A., ed il cantiere viene a far parte della Divisione Costruzioni Mercantili con sede a Trieste.

Vengono quindi realizzati una serie di innovamenti tecnologici ed impiantistici che hanno così fatto da sfondo al nuovo scenario in cui si è configurato l'assetto dell'Azienda.

Alcuni di questi sono:

CAPITOLO 1

-la sostituzione dell'impianto di ossitaglio tradizionale con uno al "Plasma", che consente il raggiungimento di elevate velocità di taglio e qualità di finitura superiori;

-la realizzazione di un'area consolidata di 6000 mq al fianco del bacino per la composizione di grosse sezioni di montaggio;

-consolidamento di ulteriori 7000 mq circa di aree scoperte per permettere un aumento della capacità produttiva nonché una corretta ed accurata esecuzione delle lavorazioni dello scafo;

-rinnovamento e potenziamento dell'officina prefabbricazione, degli impianti dell'officina tubisti e della linea di posizionamento e saldatura automatica delle flange e delle stazioni di saldatura automatica in CO2.

Allo stato attuale il cantiere occupa una superficie di 360000 mq e un'area coperta di circa 85000 mq.



Figura 1.1 Il cantiere di Ancona

CAPITOLO 1

Una volta stabilite le caratteristiche funzionali della nave, si definisce il “make & buy”, ossia cosa fare all’interno del cantiere e cosa appaltare, e si trasmettono quindi le opportune richieste all’ufficio acquisti.

L’ultimo stadio della progettazione è la definizione delle varie fasi della costruzione facendo riferimento all’ufficio tecnico che inizia a produrre i vari disegni destinati alle officine.

Il processo produttivo della nave può occupare un lasso di tempo superiore ai due anni che inizia con il taglio della prima lamiera e si conclude con la consegna della nave all’armatore.

Il ciclo parte nell’officina navale, che è il reparto in cui si realizza la tracciatura, il taglio e la piegatura delle lamiere e dei profilati che serviranno alla costruzione dello scafo e delle strutture interne ed esterne.

Il taglio viene eseguito presso l’impianto di ossitaglio al plasma, che è un tipo di taglio solitamente utilizzato per il trattamento di lamiere di spessore maggiore, in cui l’eventuale presenza di micro imperfezioni può essere considerata trascurabile. Inoltre la precisione che si ottiene può arrivare a livelli molti elevati nonostante i costi operativi non siano eccessivi.



Figura 1.3 Officina di fabbricazione per taglio al plasma

CAPITOLO 1

Nell'officina meccanica si realizzano blocchi e sezioni con elevato contenuto di allestimento, grazie agli impianti di sollevamento a servizio dell'area; qui infatti durante la fase di completamento dello scafo vengono realizzate attività di pre-allestimento.

Si procede quindi all'assemblaggio e alla saldatura delle lamiere per dar vita alle sezioni che unite tra di loro permettono di ottenere i blocchi che costituiscono la nave.



Figure 1.4-1.5 Assemblaggio delle lamiere e formazione delle sezioni

I blocchi vengono lavorati a terra con l'ausilio di ponteggi di sicurezza, parapetti, impalcature, carroponi e gru indispensabili per le elevate dimensioni e per le altezze dei blocchi.



Figure 1.6 Lavorazione dei blocchi a terra

CAPITOLO 1

I blocchi vengono quindi imbarcati e assemblati in bacino uno dopo l'altro per comporre così la nave, inoltre durante questa fase oltre alle operazioni di assemblaggio vengono attuate molte delle operazioni che contribuiscono a rendere la nave operativa.



Figura 1.7 Bacino di carenaggio

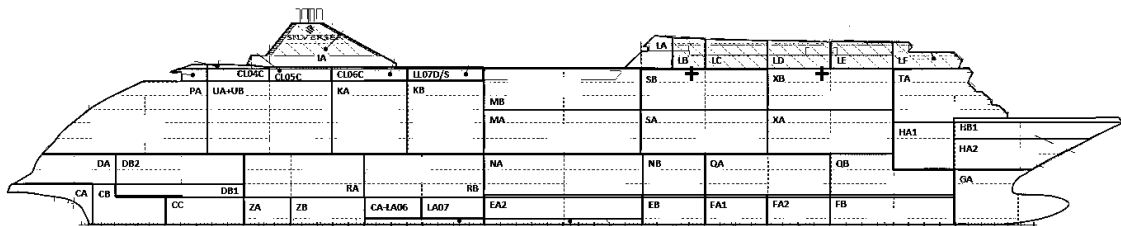


Figura 1.8 Sezione longitudinale dei blocchi della nave

La nave viene quindi varata e messa in mare e si eseguono le ultime operazioni di installazione dei macchinari e di allestimento.

Le ultime fasi del ciclo produttivo riguardano le prove in mare che risultano indispensabili per provare il sistema di propulsione, la manovrabilità, le attrezzature di controllo ed i sistemi di sicurezza per la navigazione, e se tali prove sono superate con successo la nave può essere finalmente consegnata.

Capitolo 2

2 La linea d'assi

Alla base del corretto funzionamento dei motori a propulsione di nave crociera si deve necessariamente introdurre il concetto di “linea d’assi” di una nave.

La linea d’assi è il dispositivo che permette di trasmettere l’energia meccanica prodotta dal motore all’elica, che provvede alla realizzazione della spinta necessaria per far avanzare la nave.

Dovendo quindi anche trasmettere alla struttura dello scafo la spinta realizzata dall’elica necessariamente oltre allo sforzo di torsione, dovuto alla trasmissione di potenza, è necessario che la struttura che accoglie i motori di propulsione elettrica (PEM) sia opportunamente dimensionata per sopportare le sollecitazioni assiali e laterali, a seguito delle forze di compressione o di trazione, durante i regimi di rotazione avanti e indietro dell’elica.. Inoltre poiché l’asse è composto da elementi dotati di peso proprio sarà presente anche una sollecitazione di flessione. Dovranno quindi essere previsti elementi in grado di sorreggere ed assorbire sia i carichi verticali che i carichi assiali. Essa sarà anche soggetta a carichi variabili nel tempo in dipendenza della tipologia di forze e momenti applicati.

Inoltre sebbene la condizione ideale sia quella in cui l’asse è diretto secondo una direzione parallela all’asse longitudinale della nave, in alcuni casi è necessario inclinare gli assi sia longitudinalmente che trasversalmente.

Le dimensioni e il numero di componenti della linea d’assi di una nave qualsiasi quasi mai coincidono con quelli della linea di un’altra nave e in particolare gli elementi per cui si differenziano l’una dall’altra sono il numero di tronchi e il numero di cuscinetti.

In genere però vi è sempre un numero minimo di elementi necessari al corretto funzionamento, posizionamento e allineamento della linea stessa.

Tra questi i principali macrocomponenti sono:

- asse portaelica
- asse/i intermedio/i
- cuscinetto/i intermedio/i
- cuscinetto reggispinta
- tenute
- accoppiatoi
- astucci
- giunti

Si andrà ad analizzare in seguito la linea d'assi della costruzione "6279".

2.1 La linea d'assi della costruzione "6279"

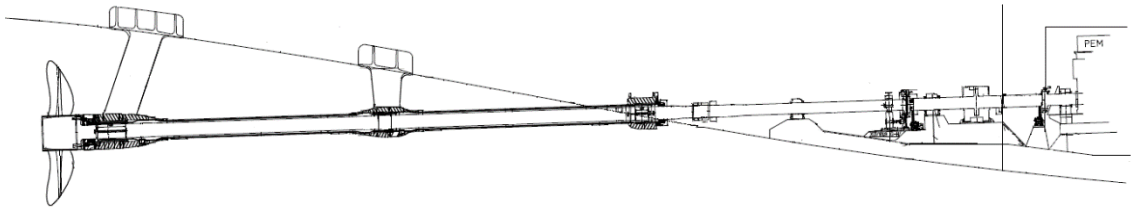


Figura 2.1 La linea d'assi della "6279"

Ogni nave viene identificata dal nome dell'armatore che acquista la nave e più in generale da un codice numerico.

La costruzione "6279" è una nave bielica la cui linea d'assi è costituita fondamentalmente da tre tronchi, un'asse portaelica, uno intermedio e uno

reggispinta, per una lunghezza totale di 31020 mm e da tre cuscinetti, di cui due portanti e uno reggispinta.

Mentre l'apparato motore è formato da due motori P.E.M., Propulsion Electric Motor, alimentati da un sistema di quattro diesel generatori ciascuno collegato ad un alternatore che consente la conversione di energia meccanica in elettrica.

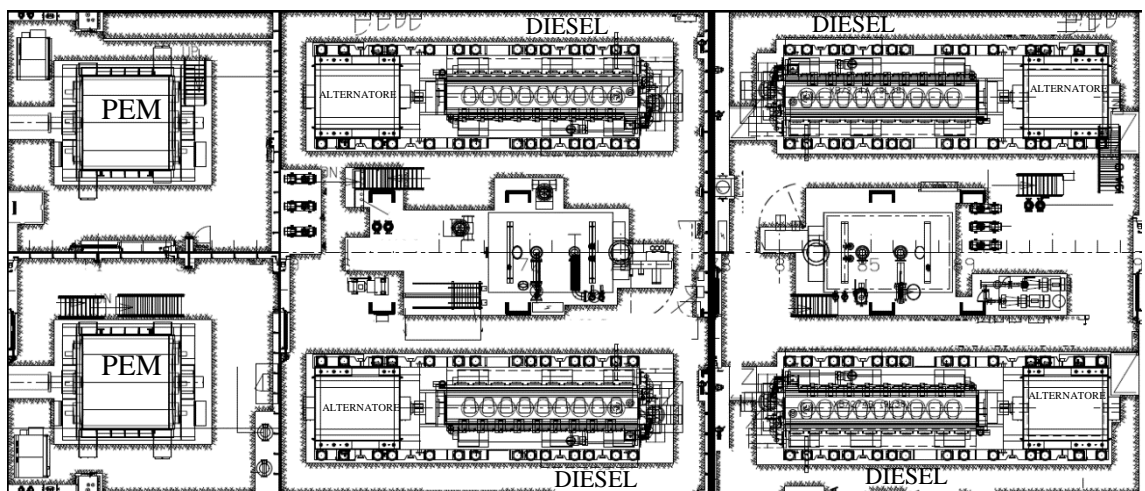


Figura 2.2 Apparato Motore

La nave oggetto di studio, così come quasi tutte le navi moderne, utilizza quindi un sistema di propulsione Diesel-Elettrica, in cui i generatori diesel generano elettricità trifase che alimenta tutta la nave e in particolare i motori elettrici.

La propulsione elettrica prevede l'impiego per ogni linea di un azionamento formato, in sostituzione del tradizionale motore diesel, da un motore elettrico controllato da un convertitore statico che lo alimenta regolandone anche la velocità. La potenza richiesta dalla propulsione elettrica comporta una radicale rivisitazione dell'impianto elettrico di bordo, che deve assicurare le necessarie capacità di generazione, regolazione e distribuzione dell'energia. I vantaggi offerti dal sistema sono notevoli considerando le superiori flessibilità dei motori elettrici rispetto ai diesel, avendo eliminato il vincolo del collegamento all'elica tramite riduttore che

implica una maggiore caduta del rendimento meccanico e maggiori complicazioni in termini di sistemazioni a bordo. Altri vantaggi sono la diminuzione dei fumi e dei consumi di combustibile, la conseguente riduzione di manutenzione ed il prolungamento della vita operativa del macchinario nonché un notevole abbassamento del rumore acustico prodotto che è fondamentale per navi passeggeri.

Nel seguito di andranno ad analizzare quelli che sono i componenti principali della linea d'assi della nave in oggetto.

2.1.1 P.E.M.



Figura 2.3 P.E.M.

I motori elettrici a propulsione o P.E.M. producono l'energia meccanica che mette in rotazione l'intero asse e che viene trasmessa tramite quest'ultimo all'elica, necessaria per generare la spinta della nave. Il collegamento con la linea d'assi avviene mediante accoppiamento flangiato con la prima parte di tronco, cioè l'asse reggispinta.

Abbiamo già detto che l'apparato motore presenta due motori elettrici, uno per ogni linea d'assi, caratterizzati da una potenza di 8,5 MW, da un numero di giri

nominale di 152 rpm e sono alimentati da quattro diesel generatori che devono fornire l'energia elettrica per l'intera nave.

2.1.2 Gli Assi

Una linea d'assi generica è costituita da una serie di tronchi o assi, l'albero portaelica e gli alberi intermedi, che permettono il collegamento del motore a propulsione con l'elica per la trasmissione di potenza. Il numero e la lunghezza dei tronchi di linea d'assi intermedi dipendono dalla lunghezza complessiva della linea, dalla disponibilità sul mercato di assi di determinata lunghezza e soprattutto da problematiche legate alla necessità di sfilare i vari tronchi e l'albero portaelica.

La linea d'assi della è formata da un asse portaelica e da due assi intermedi per una lunghezza di 31020 mm.

L'asse portaelica, con una lunghezza di 20025 mm, ha il compito di sorreggere l'elica ed è parzialmente a contatto con l'acqua di mare; inoltre su di esso vengono montate le tenute, una poppiera e una prodiera, che sono dei dispositivi che assicurano che l'acqua non entri nello scafo. L'estremità poppiera ha forma tronco-conica per consentire il montaggio dell'elica che avviene con collegamento forzato ad interferenza.

I due assi intermedi hanno una lunghezza rispettivamente di 6560 mm e 4400 mm e a differenza dell'asse portaelica si trovano all'interno dello scafo.

2.1.3 Le fusioni

Le fusioni non fanno propriamente parte della linea d'assi, ma sono dei componenti dello scafo che permettono di sostenere l'asse portaelica, che scorre appunto all'interno di esse.

Sono tre, il fuso portaelica, intermedio e il fuoriuscita; mentre i primi due hanno la funzione di sorreggere l'albero portaelica, la fusione fuoriuscita permette anche il collegamento tra la parte esterna della nave con quella interna.



Figure 2.4-2.5 Fusos portaelica e fusos intermedio

2.1.4 I tubi astuccio

L'astuccio ha il compito di sorreggere l'albero portaelica e di impedire l'ingresso dell'acqua nello scafo. Si utilizzano un tubo poppiero (verso poppa) di dimensioni maggiori che collega i fusos portaelica e intermedio e un tubo prodiero (verso prua) di dimensioni minori che collega i fusos intermedio e fuoriuscita.



Figura 2.7 Tubo astuccio prodiero

2.1.5 Le boccole

La boccola, in meccanica è un anello cilindrico con una foratura passante, costituita da un unico pezzo o da due parti, che funge di fatto da cuscinetto a strisciamento e si differenzia dai cuscinetti a rotolamento o a sfere per gli alti carichi che possono sostenere ed a regimi di rotazione relativamente bassi.. Il suo scopo è quello di sopportare il peso dell'albero e di permetterne la rotazione o traslazione all'interno del suo alloggiamento, infatti la boccola, generalmente, viene costruita in bronzo o altri materiali a basso coefficiente di attrito. Il lubrificante, grasso o olio, gioca un ruolo fondamentale in quanto la rotazione del perno all'interno dell'albero provoca frizioni e surriscaldamenti. Nel caso di errate lubrificazioni o assenti è possibile che si verifichino dei grippaggi tra l'albero e l'alloggiamento della boccola.

Per la linea d'assi vengono usate tre boccole poste ognuna in ciascuna fusione, quindi portaelica, intermedia e fuoriuscita, e hanno appunto lo scopo di permettere la rotazione e traslazione dell'albero portaelica.

2.1.6 Gli Accoppiatoi

Il collegamento tra gli alberi può essere realizzato in differenti maniere. Quella più semplice è attraverso delle flange realizzate all'estremità degli alberi e tenute insieme tramite perni. Nel caso debba realizzarsi lo sfilamento dell'albero portaelica attraverso l'astuccio, si ricorre a diversi tipi di accoppiatoi, tipo quello a gusci o a manicotto.

In questo caso si utilizza un accoppiamento flangiato tra i due assi intermedi e uno tra il secondo asse intermedio e l'albero motore, mentre per collegare l'asse portaelica con il primo asse intermedio ci si avvale di un giunto idraulico, non potendo avere flange per problemi di inserimento dell'asse portaelica.

Il giunto idraulico è un particolare giunto ad interferenza, in cui l'accoppiamento tra gli assi avviene grazie alla forza radiale creata da due elementi conici inseriti sull'asse con l'ausilio dell'olio in pressione.



Figura 2.8 Giunto idraulico

2.1.7 I cuscinetti

Come già detto poiché l'asse è composto da elementi dotati di peso proprio sarà presente necessariamente una sollecitazione di flessione e dovranno quindi essere previsti elementi in grado di sorreggere ed assorbire sia i carichi verticali che i carichi assiali.

La funzione di sostegno dei tronchi della linea d'assi è svolta da dei cuscinetti intermedi radiali o portanti. Il loro numero varia in funzione della lunghezza della linea e dei singoli tronchi e sono composti in due metà per consentirne il montaggio. La dimensione longitudinale del cuscinetto viene determinata in maniera da limitare il valore della pressione agente su di esso.

Si utilizzano in questo caso due cuscinetti intermedi che vanno a sostenere il peso dei due assi intermedi tramite una ralla di metallo bianco che consente agli stessi la rotazione.



Figura 2.9 Cuscinetto intermedio

Un altro cuscinetto assiale, chiamato reggispinta, ha invece il compito di trasmettere la spinta generata dall'elica alla struttura dello scafo, ed è pertanto fondamentale. In passato venivano utilizzati reggispinta ad anelli, ma già da tempo si è affermato un particolare tipo di cuscinetto detto Mitchell dal nome del suo inventore. Si tratta un cuscinetto costituito da pattini oscillanti aventi la forma di settori circolari sistemati intorno ad un disco. L'asse rotante avrà a sua volta un disco che si appoggia ai pattini. Tra disco fisso e pattini il contatto avverrà tramite uno strato di olio che si introdurrà tra le superfici trascinato dal moto di rotazione relativo tra le parti.



Figura 2.10 Cuscinetto reggispinta

2.1.8 Le tenute

La tenuta meccanica è un'apparecchiatura atta ad isolare due ambienti, tra i quali vi sia un componente dotato di moto circolare (albero) e/o assiale.

In questo caso vengono usate due tenute, una poppiera e una prodiera, rispettivamente all'estremità poppiera del fuso portaelica e all'estremità prodiera del fuso fuoriuscita. Entrambe hanno unicamente come scopo quello di non far entrare l'acqua e l'olio di lubrificazione all'interno dello scafo, che deve rimanere stagno.



Figura 3.11 Tenuta poppiera/prodiera

Capitolo 3

3 Le attività della linea d'assi

Sono descritte in seguito tutte le attività necessarie per conseguire un corretto montaggio e allineamento della linea d'assi e quindi permettere un funzionamento regolare dei motori a propulsione.

Le attività vengono suddivise normalmente in tre macro-fasi ma prima di poterle definire si devono introdurre due termini fondamentali, quelli di “Poppa Libera” e “Varo” di una nave.

Per “Poppa Libera” della nave si intende il momento in cui tutti i blocchi della parte di poppa della nave sono stati imbarcati in bacino, permettendo quindi di conferire alla struttura di poppa la rigidità e deformazione necessarie prima di iniziare l'allineamento degli assi.

Al “Varo” della nave si attribuisce invece l'istante in cui lo scafo entra in acqua per la prima volta. Nel caso di navi di grandi dimensioni, come in questo caso, essendo costruite in un bacino di carenaggio in muratura, il varo consiste nel primo galleggiamento della nave, che si attua allagando il bacino stesso.

La prima macro-fase riguarda principalmente la realizzazione e l'imbarco dei blocchi di poppa e tutte le attività inerenti allo scafo ad opera dei carpentieri; proprio per questo non verranno prese in considerazione per l'analisi successiva.

La seconda macro-fase comprende tutte le attività meccaniche che vanno dalla data di “Poppa Libera” alla data di “Varo” della nave.

Infine l'ultima macro-fase racchiude tutte le attività meccaniche rimanenti che vanno dal dopo “Varo” fino alle prove di avviamento dei motori a propulsione.

3.1 Attività relative allo scafo

La prima fase comprende quindi tutte le attività di carpenteria che vengono svolte a terra o in bacino, a partire dalla preparazione della struttura di poppa, all'alloggiamento delle fusioni, fino ad arrivare alla rimozione dei puntelli, in quanto precedentemente la nave è stata "puntellata" per sostenere tutti i blocchi di poppa e permettere una certa stabilità nelle operazioni.

3.1.1 Definizione della posizione delle fusioni (blocco capovolto)

Si definisce un sistema di riferimento (x',y',z') solidale al blocco di poppa rispetto al quale valutare la posizione delle fusioni, collocando un target O' , all'intersezione tra la linea di costruzione (linea di chiglia teorica) della nave e l'estremità poppiera del blocco.

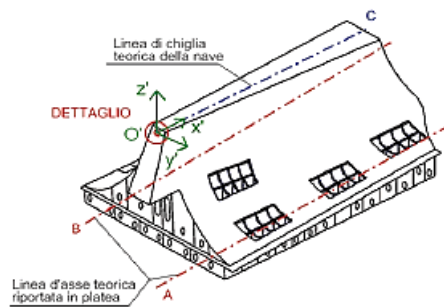


Figura 3.1 Blocco rovesciato

Vengono disposte due crociere in ogni fusione all'estremità poppiera e prodiera e si determina la posizione dei centri delle crociere rispetto al punto O' tramite uno strumento ottico di misurazione chiamato teodolite elettronico.

La posizione finale conseguita dalle fusioni deve essere quella di progetto a meno delle correzioni di quota per i successivi ritiri di saldatura. Se le fusioni sono

collocate su sezioni/blocchi differenti (caso attuale) è necessario mantenere le fusioni semplicemente puntate alla struttura, al fine di permetterne successive movimentazioni che garantiscano l'allineamento, rimandando la loro saldatura a rimozione avvenuta dei puntelli.

3.1.2 Posizionamento del blocco in bacino

Si definisce un sistema di riferimento (x,y,z) solidale al bacino, rispetto al quale valutare la posizione del blocco di poppa per una sua corretta collocazione. Un target viene collocato in corrispondenza della paratia immediatamente a poppa del motore a propulsione e sulla linea d'assi teorica di progetto, individuando il target A. Si riporta in platea l'Ord.0 prendendo come riferimento la sua distanza di progetto dal target A; la misurazione è effettuata tramite teodolite applicando un target magnetico sotto chiglia in corrispondenza del target A stesso.

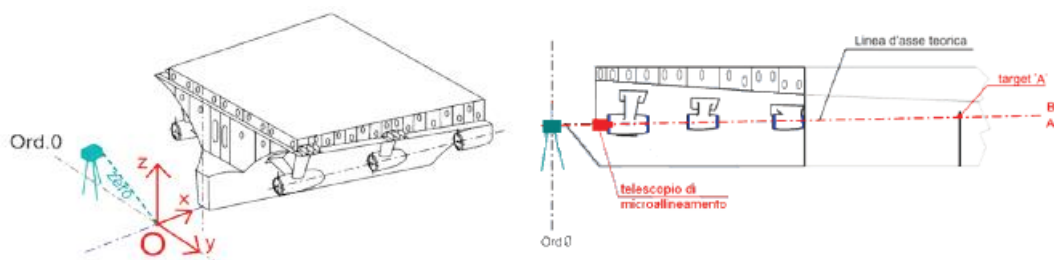


Figure 3.2-3.3 Misure per il posizionamento del blocco

Il blocco viene posizionato rispetto alla nave facendo riferimento alla posizione delle fusioni rispetto al punto O, origine del sistema di riferimento (x,y,z) , solidale al bacino individuato dall'intersezione dell'Ord.0 con la linea di chiglia. Il blocco viene movimentato al fine di conseguire la sua posizione nominale secondo progetto, e si darà priorità alle fusioni già saldate sul blocco (fuso

fuoriuscita), in quanto quelle solo puntate potranno essere movimentate in seguito per recuperare eventuali disallineamenti legati ad esempio al posizionamento ed alla rimozione dei puntelli.

3.1.3 Puntellatura e saldatura del blocco

Il blocco viene puntellato quindi si verifica che la sua posizione assoluta rispetto al sistema di riferimento (x,y,z) e quella della fusioni rispetto al blocco del sistema (x',y',z') siano rimaste invariate.

Si esegue quindi la saldatura del blocco e vengono rimossi definitivamente i puntelli.

3.2 Attività meccaniche (Poppa Libera-Varo)

La seconda fase comprende le attività che vengono svolte in bacino, a seguito della rimozione dei puntelli di sostegno alla parte poppiera della nave, dalla data di Poppa Libera fino al Varo della nave. Le attività in oggetto devono essere svolte non prima di 48 ore dopo la rimozione dei puntelli.

3.2.1 Allineamento delle fusioni e saldatura

Viene collocato il telescopio di microallineamento all'estremità poppiera della fusione portaelica, all'interno di un'ulteriore crociera che andrà ivi

posizionata e centrata. All'interno delle altre crociere vengono collocate delle lenti di centraggio, presentanti riferimenti concentrici con differenze diametrali dell'ordine di 1/10 mm. Le fusioni vengono quindi movimentate al fine di conseguire l'allineamento delle lenti di centraggio posizionate nelle fusioni stesse al target A, valutando tramite l'impiego del telescopio. A posizionamento ultimato, si rende necessario verificare tramite il teodolite elettronico la posizione conseguita rispetto al sistema di riferimento (x,y,z), per valutare che i centri poppieri e prodieri di ogni fusione siano rimasti all'interno delle tolleranze specificate.

Le fusioni puntate vengono saldate allo scafo, tramite costante monitoraggio della loro posizione per mezzo del teodolite. Si ripete quindi la misurazione a saldatura ultimata delle fusioni; il rilievo finale deve assicurare che il centro della crociera poppiera del fuso portaelica sia all'interno di una circonferenza di diametro 10 mm dalla linea teorica e i centri delle successive crociere siano compresi in un cilindro di 4 mm di diametro rispetto al primo.

3.2.2 Montaggio e centratura delle boccole

Le boccole vengono introdotte all'interno delle fusioni e un allineamento preliminare viene realizzato verificando tramite un'asta micrometrica inserita nei fori delle viti di sollevamento che la boccola sia equidistante dalla superficie interna della fusione. L'allineamento delle boccole sarà effettuato mantenendo i centri delle stesse all'interno di un cilindro di 10 mm di diametro sulla linea d'assi rivelata. Una crociera con lente di centraggio viene collocata e centrata nella boccola poppiera e il telescopio di microallineamento deve essere posizionato in modo da essere solidale alla fusione portaelica. La crociera destinata ad alloggiare il telescopio può essere collocata all'interno di un anello. Esso sarà provvisoriamente centrato mediante l'uso del teodolite, saldato alla fusione ed indipendente dalla boccola, consentendo così di non muovere il telescopio qualora si debba correggere l'allineamento della boccola. La centratura sulla linea d'assi

teorica sarà stata precedentemente verificata tramite telescopio allineandosi al target A ed al fuso. Due crociere con lenti di centraggio vengono collocate e centrate in ogni boccola e l'allineamento delle boccole al target A deve essere verificato tramite il telescopio. In presenza di indicazioni di progetto relative alla necessità di inclinazione delle stesse, le quote devono essere applicate all'estremità prodiera e poppiera della boccola in questione, e verificate per mezzo del telescopio. Si rileva la distanza finale tra la superficie interna della fusione e quella esterna del portaboccola tramite asta micrometrica posta all'interno dei fori per le viti di sollevamento, in modo tale da verificare che sia garantito il valore minimo imposto dai Registri per lo spessore necessario per la resinatura successiva. Si procede con la resinatura delle boccole, che avviene con la colata di una resina epossidica chiamata "chokfast", certificando il rispetto degli spessori minimi previsti dal disegno di progetto. Dopo almeno 48 ore, una volta che il chockfast si è completamente indurito, deve essere rivalutata la posizione assoluta delle boccole rispetto al sistema di riferimento (x',y',z') tramite teodolite ed il loro allineamento al target A, tramite telescopio. Le boccole possono essere quindi bloccate tramite la foratura, filettatura e il montaggio dei bulloni.

3.2.3 Posizionamento e allineamento astuccio di poppa

L'astuccio verrà posizionato e dovrà essere allineato in modo che le campane coincidano con l'estremità delle fusioni portaelica e intermedia per la chiusura successiva. Si andranno quindi a collegare i tubi dell'olio, allestiti all'interno dell'astuccio precedentemente, tra boccole portaelica e intermedie, che verranno uniti poi con quelli dell'astuccio di prua, che è stato posizionato e montato già nella prima macro-fase. Avviene poi il montaggio delle termoresistenze sulle boccole intermedie e portaelica e viene quindi eseguita la pressatura dei tubi delle termoresistenze e dell'olio. In conclusione le campane vengono chiuse e saldate e si ha la pressatura dei tubi astuccio.

3.2.4 Posizionamento e Infilaggio asse portaelica e montaggio delle tenute

Il bacino viene rassettato e ripulito per permettere il montaggio dei binari sui quali verranno posizionati i carrelli e i rulli di supporto degli astucci, che serviranno per poter inserire l'asse portaelica. Nel frattempo a terra si esegue il montaggio della tenuta di poppa sull'asse portaelica insieme all'inserimento delle pale dell'elica sul mozzo all'estremità dell'asse. L'asse può essere quindi posizionato sui carrelli e infilato grazie anche all'uso di funi e livellatori.

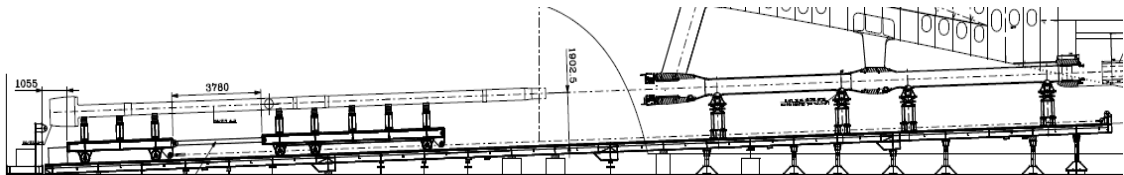


Figura 3.4 Inserimento asse portaelica

Durante tale operazione è necessario monitorare il centraggio dell'asse rispetto alle boccole e al fine di impedire la movimentazione dell'asse si provvede al posizionamento ed alla saldatura di un fermo provvisorio trasversale all'asse a poppavia della posizione prevista per il giunto idraulico.

Una volta posizionato l'asse portaelica viene quindi montata anche la tenuta prodiera, dall'interno dello scafo, che va a posizionarsi all'estremità prodiera del fuso fuoriuscita.

3.2.5 Posizionamento del primo asse intermedio, del 1° cuscinetto e montaggio del giunto idraulico

Il primo asse intermedio viene posizionato su dei puntoni, che sostengono tutto il peso dell'asse, e viene allineato di massima all'asse portaelica longitudinalmente e radialmente tramite l'uso di paranchi e comparatori. Viene

montato poi il 1° cuscinetto, cioè il primo cuscinetto radiale, che va a sostituirsi ai puntoni sostenendo quindi il peso dell'asse.

Si procede quindi alla messa in opera del giunto idraulico di accoppiamento che permette il collegamento dell'asse portaelica con il primo asse intermedio grazie all'uso di un martinetto e dell'olio in pressione.

La nave viene quindi varata e qualora ne sia valutata la necessità si assicurerà il blocco della linea d'assi con adeguati dispositivi allo scopo di impedire danneggiamenti accidentali nel corso dell'operazione. Inoltre al fine di permettere la valutazione delle deformazioni che la struttura subisce in seguito al varo può essere predisposto un sistema di misurazione tramite laser tra il fuso fuoriuscita e portaelica.

3.3 Attività meccaniche (Dopo Varo-Inizio prove d'avvio dei motori)

L'ultima fase comprende tutte le attività a seguito del "Varo", quindi con nave galleggiante, necessarie per l'allineamento della linea d'assi che si estendono per un ampio lasso di tempo fino all'inizio delle prove d'avvio dei motori a propulsione.

3.3.1 Assetto bloccato

Prima di procedere con le operazioni finali di allineamento, è necessario che la nave si trovi correttamente in assetto zavorrandola secondo determinate

istruzioni. Dovranno allo scopo essere adottate le prescrizioni e raccomandazioni indicate nella documentazione di progetto per riprodurre le condizioni di distribuzione dei pesi a poppa più simili alla navigazione.

Vengono quindi valutati gli effetti del varo sulla struttura della nave, legati alle deformazioni subite dalla struttura nel passaggio dal bacino alla condizione di galleggiamento essendo i blocchi relativi alla linea d'assi soggetti sia al peso dei blocchi sovrastanti sia adesso alla spinta idrostatica dell'acqua.

3.3.2 Posizionamento cuscinetto-asse reggispinta e montaggio del 2° cuscinetto

Prima di poter posizionare il cuscinetto e il secondo asse intermedio, chiamato anche asse reggispinta, essi devono essere collegati tra di loro a terra, dove l'asse viene inserito all'interno del cuscinetto che è tale da far passare l'asse munito di flangia. Una volta allocati all'interno dello scafo può essere montato il 2° cuscinetto, cioè il secondo cuscinetto radiale, immediatamente a prora dell'accoppiamento flangiato tra i due assi intermedi e a poppavia del cuscinetto reggispinta, ed ha appunto lo scopo di supportare il peso dell'asse reggispinta.

3.3.3 Accoppiamento assi tramite il metodo Gap-Sag

Nel momento in cui tutti gli assi sono stati posizionati essi devono essere accoppiati tra di loro, tranne l'asse portaelica e il primo asse intermedio che sono già stati collegati nella seconda fase tramite il giunto idraulico.

Si utilizza il metodo del Gap-Sag che è uno dei procedimenti che possono essere seguiti per l'allineamento ed il montaggio degli assi, e che è preparatorio per la fase successiva delle pesate della linea.

Alla base del Gap-Sag vi è la definizione di due parametri, il Gap, che rappresenta la differenza di quota orizzontale tra le flange, e il Sag, che rappresenta la differenza di quota verticale tra le flange.

Le flange di accoppiamento degli assi devono essere portate, tramite paranchi o viti di sollevamento, ad una posizione tale per cui i valori di Gap e Sag siano conformi ai valori appropriati e ottenuti analiticamente in sede di progetto.

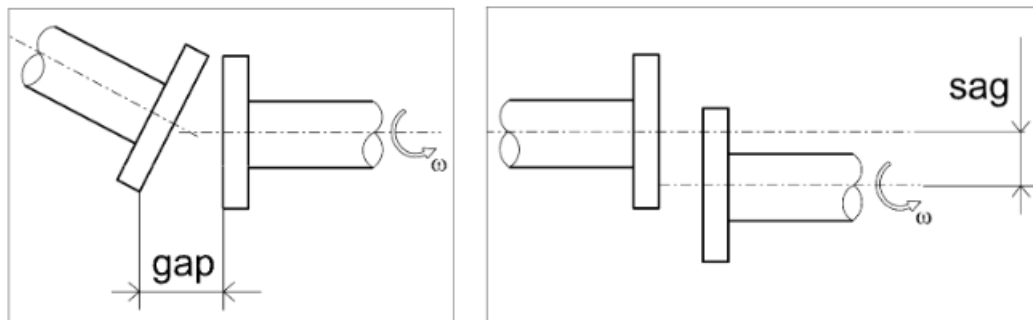


Figura 3.5 Allineamento tramite Gap-Sag

Il Gap è assunto positivo quando si riferisce alla parte inferiore degli assi, mentre il Sag è positivo quando la porzione di asse a poppavia è al di sopra di quella a proravia.

La procedura di Gap-Sag deve essere condotta nel bacino di carenaggio ad assetto bloccato perché se le misure vengono effettuate su una nave galleggiante in movimento la precisione dell'analisi può venir meno per via della deflessione dello scafo.

Il metodo viene applicato quindi prima per la flangia n.1, quella cioè che collega il primo asse intermedio e l'asse reggispinta, e successivamente per la flangia n.2 che permette l'accoppiamento tra l'asse reggispinta e l'albero motore.

Mentre però per la seconda si fa un collegamento definitivo, per la prima si va ad eseguire solamente un accoppiamento provvisorio in quanto il primo avviamento del P.E.M. viene effettuato a vuoto senza far girare l'elica e la flangia viene quindi connessa definitivamente solo successivamente.

3.3.4 Allineamento dei cuscinetti intermedi e prime pesate

L'allineamento dei cuscinetti viene realizzato in modo da avere l'asse perfettamente centrato rispetto al cuscinetto. Per fare ciò si collocano dei comparatori centesimali tra il basamento del cuscinetto e l'asse e si vanno ad alzare i cuscinetti agendo sulle viti di sollevamento finché i comparatori non indicano dei valori con tolleranze prestabilite.

Successivamente si vanno a forare i basamenti del P.E.M. e dei cuscinetti stessi e si va ad eseguire una pesata di riferimento prima della resinatura dei basamenti.

Le pesate consistono banalmente nella misura delle pressioni dell'asse che agiscono su ogni cuscinetto e vengono effettuate usando un martinetto, un comparatore e un pressostato. L'obiettivo della pesata è che i valori delle pressioni rientrino nei limiti di tolleranza di progetto, ma generalmente ciò non si verifica subito con la prima pesata, pertanto vengono messi sette supporti/cuscinetti a sostegno dell'asse, che vengono alzati o abbassati finché non si raggiungono le pressioni di progetto.

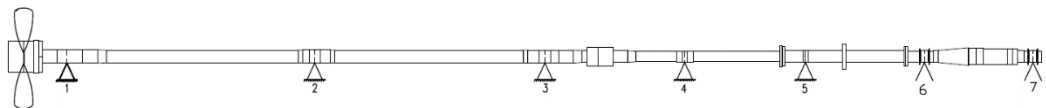


Figura 3.6 Supporti asse per pesata

Si esegue quindi la resinatura, tramite chockfast, dei basamenti di P.E.M. e cuscinetti intermedi, per avere un certo spessore tra il basamento e il componente, e una volta passate 48h per l'indurimento del chokfast si possono serrare i basamenti.

Dopo tale procedura viene effettuata l'ultima pesata e si può sbloccare l'assetto della nave.

3.3.5 Allineamento del cuscinetto reggispinta e zappolatura

Tutte le operazioni che riguardano il cuscinetto reggispinta possono essere svolte dopo che è avvenuta l'ultima pesata, perché come già visto il cuscinetto reggispinta non serve a sostenere il peso dell'asse ma ha come unico scopo quello di conferire la spinta dell'elica alla nave.

Viene eseguito l'allineamento del cuscinetto reggispinta allo stesso modo dei cuscinetti intermedi utilizzando quindi delle viti di sollevamento finché l'asse non è completamente centrato ed equidistante dalle pareti del cuscinetto.

Successivamente si va ad effettuare la resinatura del basamento del cuscinetto, che a differenza degli altri casi in cui si usava chokfast avviene inserendo gli zappoli, elementi in ferro, poiché dovendo il cuscinetto reggispinta lavorare assialmente e non radialmente se si usasse il chokfast si romperebbe facilmente.

La zappolatura viene divisa in due fasi, dovendo andare a trattare prima gli zappoli centrali e a seguire quelli laterali.

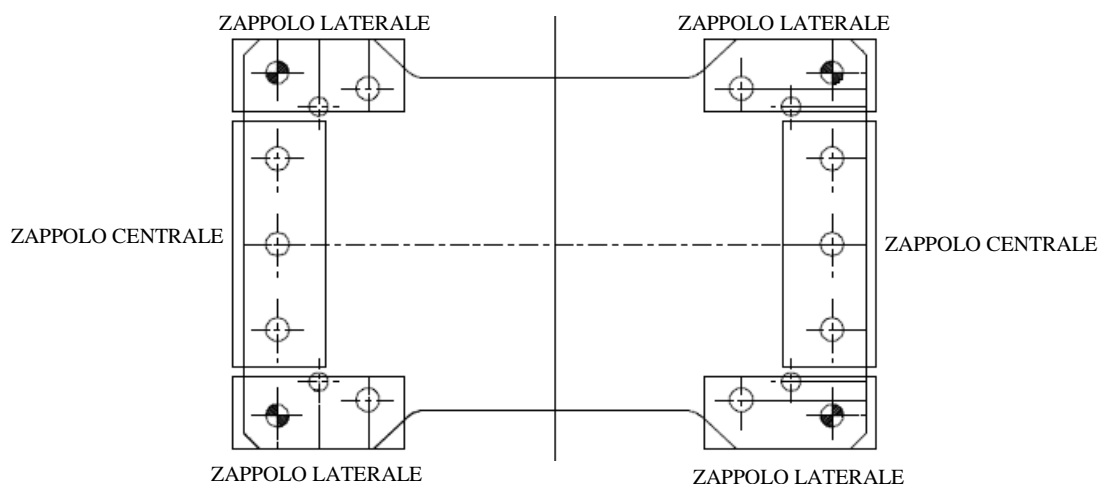


Figura 3.7 Resinatura basamento cuscinetto reggispinta

Per poter iniziare la zappolatura in entrambi i casi si deve prima andare a forare il basamento, andando a lavorare prima i fori liberi e solo successivamente

CAPITOLO 3

quelli calibrati che necessitano di una interferenza h7 e quindi di una maggior precisione in quanto hanno lo scopo di contenere maggiormente le vibrazioni.

Una volta terminata la foratura, lo zappolo per essere inserito tra il basamento e il cuscinetto deve essere lavorato finché le due superfici di contatto non raggiungono l'80% di aderenza, e solo successivamente gli zappoli possono essere serrati.

Conclusa la zappolatura si è pronti per effettuare le prime prove di avviamento dei motori a propulsione andando quindi a verificare la corretta rotazione dell'intera linea d'assi.

Capitolo 4

4 Programmazione delle attività

Una volta terminati l'analisi e lo studio della linea d'assi e di tutte le attività necessarie per un corretto montaggio e allineamento di essa al fine di permettere il regolare funzionamento dei motori a propulsione il passo successivo è stato quello di effettuare una pianificazione delle stesse.

4.1 La pianificazione di processo

La pianificazione di processo può essere considerata come il sistema operativo attraverso il quale l'azienda definisce i suoi obiettivi, previa analisi della realizzabilità e dei conseguenti vantaggi, e le azioni necessarie atte a conseguirli. Gli obiettivi, a loro volta, possono essere definiti come risultati futuri, misurabili, che si prevede di conseguire entro un determinato tempo. Sicuramente gli obiettivi saranno diversi, ma in ogni caso bisognerà fare i conti con analoghe famiglie di vincoli, quali tempi limite di consegna previsti, costi massimi ammessi per la realizzazione, l'uso razionale delle risorse a disposizione, prodotto finale omologabile in termini di efficienza e "qualità" rispetto a quanto convenuto in sede di contratto col committente.

La gestione e quindi il controllo dei vincoli, ed essenzialmente delle loro interrelazioni durante tutta la vita del progetto, presuppongono, da parte di chi ha la responsabilità della realizzazione dello stesso, una osservanza rigorosa di una "metodica d'approccio" che comprende sinergicamente l'uso di svariate tecniche,

e supporti, da utilizzare durante l'intero ciclo di vita del progetto, dall'analisi di fattibilità fino alla consegna del prodotto al committente.

Tale metodica d'approccio si può sinteticamente riassumere nelle seguenti fasi:

- definizione degli obiettivi tecnici, economici, temporali;
- divisione del progetto in sottoparti;
- dettaglio di ciò che si deve fare ed in quale sequenza;
- stime di durata;
- allocazione delle risorse;
- assegnazione dei compiti.

La pianificazione viene svolta da una figura di grande spessore, il Project Manager, e rappresenta in sostanza l'elemento di congiunzione tra la progettazione del prodotto e la sua produzione, inoltre può essere realizzata con un approccio di tipo sequenziale, cioè a valle della progettazione, o con un approccio di tipo simultaneo, quindi contemporaneamente alla progettazione.

4.1.1 La programmazione manuale

Quando si procede con una pianificazione di processo di tipo manuale, si parte dal fatto che vi è la presenza di un pianificatore ovvero una persona con determinate e specifiche competenze in ambito tecnologico che ha lo scopo di esaminare il prodotto, stabilirne le procedure per la realizzazione e redigere il piano di processo.

Gli aspetti determinanti per il successo sono l'esperienza e l'abilità del pianificatore stesso, e tali capacità sono ancora più importanti quando i piani si riferiscono a prodotti sensibilmente diversi tra loro.

La pianificazione manuale avviene con la messa a disposizione del pianificatore dei disegni tecnici dei componenti e/o dell'assieme del prodotto da realizzare, e ovviamente anche della distinta base, ovvero l'elenco delle parti che compongono l'assieme e le loro rispettive quantità.

Ulteriori informazioni per il pianificatore sono poi:

- Fasi, sottofasi e operazioni elementari;
- Macchine;
- Utensili e parametri di processo;
- Attrezzature;
- Risorse di produzione/centri di lavoro.

Tutto questo rappresenta l'input per un pianificatore di processo ossia i dati che dovrà avere a disposizione per poter essere in grado poi di realizzare il piano di processo.

Per operare il pianificatore esegue una ricerca di eventuali similitudini con prodotti già realizzati e per i quali si dispone già di un piano di processo. A questo punto, si possono avere due casi: presenza di similitudini o assenza di similitudini.

Nel primo caso vi è un recupero del piano del prodotto simile, che viene così analizzato: se la parte è identica allora non occorrerà alcuna modifica; nel secondo caso se la parte è simile ma non uguale allora si procederà ad una modifica del piano già esistente per adattarlo alle specifiche del nuovo prodotto. A seconda della presenza o assenza di similitudini, varia il tempo che impiega il pianificatore per realizzare il processo a causa della mancanza di tecniche efficienti di recupero, confronto e modifica del piano. Inoltre se il piano viene generato ex-novo ci sarà inevitabilmente un ulteriore allungamento dei tempi e di sforzi.

Il piano ex-novo sarà poi condizionato da un forte carattere soggettivo poiché basato sulle conoscenze e sull'esperienza dell'operatore.

Allo stesso modo si è operato nel nostro caso, per redigere cioè il piano di processo delle attività meccaniche della linea d'assi per la nave "6279", basandocisi sulle informazioni note per i piani di processi di navi simili già realizzate e applicando le modifiche necessarie per la nave in questione.

Dunque, per realizzare un piano di processo, le caratteristiche che deve avere il pianificatore sono:

- le conoscenze e le competenze tecnologiche per poter arrivare a definire le operazioni da eseguire, ma anche la loro sequenza;
- capacità di realizzare un piano che possa essere flessibile nel permettere l'adattamento del piano a variazioni del progetto del prodotto. Spesso è possibile il verificarsi di un cambiamento di progetto dovuto a ragioni di tipo strutturale progettuale o altro. È bene perciò che il piano non sia troppo vincolante nel realizzare un prodotto;

Tuttavia, occorre sottolineare che pianificatori diversi realizzano piani diversi per lo stesso prodotto. Questo accade per il semplice fatto che non esiste una teoria univocamente accettata che permetta di definire come realizzare un piano di processo. Tutto ciò comporta un forte carattere soggettivo per il piano in seguito ad una pianificazione manuale. Si ricorda che però questo carattere soggettivo diminuisce in presenza di similitudini ad un piano esistente.

In definitiva, si ha una difficoltà nel realizzare piani oggettivi e ottimali e ciò determina un aumento del tempo e dei costi di pianificazione e produzione. Infatti l'aumento del tempo di pianificazione è dovuto al fatto che il pianificatore deve realizzare un piano in base alle proprie conoscenze e con le informazioni che ha a disposizione; l'aumento dei costi è dovuto dal fatto che non sempre il piano ottenuto è quello ottimale e anche nel confronto tra due piani, spesso non è così semplice capire quale dei due sia più conveniente in termini economici, ma anche di lead time.

4.2 Il software Microsoft Project

Chiaramente oggi la programmazione manuale non viene quasi più utilizzata per via dei lunghi tempi di pianificazione, ed è stata rimpiazzata da una serie di programmi che possono sostituire parzialmente o completamente

l'operatore umano e che permettono di assistere il pianificatore durante lo svolgimento della sua attività.

Il software "Microsoft Project" è uno strumento ideato per agevolare e rendere più efficiente la gestione di un progetto, consentendone la pianificazione, la programmazione e la verifica dello stato di avanzamento.

Il programma permette di inserire le attività specificandone la modalità di schedulazione, se manuale la data di inizio e fine sono calcolate sulla base della durata se automatico il tutto viene fatto in modo istantaneo. Dà poi la possibilità di definire il calendario del progetto stabilendo i giorni lavorativi, il numero di turni giornalieri e le ore per turno di lavoro. Consente quindi di calcolare la data di inizio e fine delle attività, inserendone la durata e quelle che sono le precedenze che correlano le singole attività. Una volta inserite tali informazioni il programma dà in uscita un diagramma che permette di visualizzare l'intero progetto e consente di eseguire modifiche in tempo reale.

Inoltre il software se necessario concede di inserire anche le risorse che dovranno essere impiegate nelle attività e il costo orario/giornaliero di ognuna di esse permettendo di analizzare il progetto anche sul piano dei costi.

Alla base del funzionamento del software è quindi necessario conoscere:

- Distinta dei Materiali
- Work Breakdown Structure
- Tempistiche delle attività
- Relazioni di precedenza tra le attività

4.2.1 La distinta dei materiali

Per poter definire il piano di processo è stato necessario stabilire precedentemente quella che è chiamata la distinta dei materiali o distinta base, un'opportuna lista che elenca tutti i componenti essenziali per il montaggio e l'allineamento della linea d'assi della nave "6279".

Per redigere la distinta dei materiali si è fatto uso chiaramente dei disegni e delle specifiche tecniche relative al prodotto in cui ad ogni componente viene associato un codice identificativo, chiamato “marca pezzo”.

Una volta eseguito l’ordine di acquisto per quel determinato componente nella distinta è presente anche il numero dell’ordine d’acquisto, il nome del fornitore, la data di arrivo in cantiere prevista dall’ordine e la data di arrivo in cantiere prevista dal cantiere stesso.

Infine tramite sistema informatico interno dell’azienda “SAP”, si è cercato di conoscere per quanto possibile la data effettiva del materiale in cantiere.

È chiaro che la data effettiva di arrivo non coincide quasi mai con la data prevista dall’ordine d’acquisto, dando vita in genere a due casi. Il primo è il caso in cui per via di determinati problemi il fornitore consegna il materiale in ritardo, per cui la data effettiva di ingresso del componente è successiva alla data prevista dall’ordine. Mentre il secondo caso si verifica quando il cantiere trovandosi a corto con i tempi è costretto a sollecitare il fornitore a consegnare prima, facendo sì che la data di ingresso in cantiere preceda quindi quella dell’ordine d’acquisto.

La data effettiva d’ingresso del materiale è stata fondamentale per poter programmare parte delle attività, considerando comunque che l’arrivo del componente in cantiere avviene generalmente un po’ di mesi prima dell’inizio dell’attività riguardante il componente stesso, in assenza di ritardi.

Si riporta di seguito la distinta dei materiali utilizzata:

SITUAZIONE DA SAP		DATA PREVISIBILE DA CAMBIARE	DATA PREVISIBILE DA OMA	DATA ENTRATA	ITEM NUMBER	EQUIPMENT COSTR. 6279	MACHINERY LIST	DESCRIPTION	ORDINE	NOTE	ESPELITER
FORNITORE		DA OMA		ITEM NUMBER		DESCRIPTION		ORDINE	NOTE	ESPELITER	
	Office	31/03/2019		29.02.2019	LA0020V	C.6279 - MACHINERY LIST		ANELLO A YAMATA	008279N08	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
	MICHEL BEARINGS LIMITED	31/03/2019		06.02.2019	XK0022B	CUSCINETTO INTERMEDIO KMS 369 FORT		CUSCINETTO INTERMEDIO KMS 369 FORT	008279N04	CUSCINETTO PER ALBERI INTERNEDI	Passador
	MICHEL BEARINGS LIMITED	31/03/2019		06.02.2019	XK0022D	CUSCINETTO INTERMEDIO KMS 369 FORT		CUSCINETTO INTERMEDIO KMS 369 FORT	008279N04	CUSCINETTO PER ALBERI INTERNEDI	Passador
	MICHEL BEARINGS LIMITED	31/03/2019		06.02.2019	XK0022A	CUSCINETTO INTERMEDIO KMS 369 FORT		CUSCINETTO INTERMEDIO KMS 369 FORT	008279N04	CUSCINETTO PER ALBERI INTERNEDI	Passador
	MICHEL BEARINGS LIMITED	31/03/2019		06.02.2019	XK0022C	CUSCINETTO INTERMEDIO KMS 369 FORT		CUSCINETTO INTERMEDIO KMS 369 FORT	008279N04	CUSCINETTO PER ALBERI INTERNEDI	Passador
	MICHEL BEARINGS LIMITED	31/03/2019		06.02.2019	XK0025A	CUSCINETTO REGGIPINNA PORT		CUSCINETTO REGGIPINNA PORT	008279N04	CUSCINETTO PER ALBERI INTERNEDI	Passador
	MICHEL BEARINGS LIMITED	31/03/2019		06.02.2019	XK0025B	CUSCINETTO REGGIPINNA STBD		CUSCINETTO REGGIPINNA STBD	008279N04	CUSCINETTO PER ALBERI INTERNEDI	Passador
	MICHEL BEARINGS LIMITED	31/03/2019		06.02.2019	XK0025A	CUSCINETTO REGGIPINNA PORT		CUSCINETTO REGGIPINNA PORT	008279N04	CUSCINETTO PER ALBERI INTERNEDI	Passador
	MICHEL BEARINGS LIMITED	31/03/2019		06.02.2019	XK0025B	CUSCINETTO REGGIPINNA STBD		CUSCINETTO REGGIPINNA STBD	008279N04	CUSCINETTO PER ALBERI INTERNEDI	Passador
	MOTOMECCANICA S.R.L.	31/03/2019		28/02/2019	XK0026B	VITACORE PER LINEA D'ASSI STBD		VITACORE PER LINEA D'ASSI STBD	008279N0F	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador 1.6 metri gomme
	OFFICINE MECCANICHE ZANETTI SRL	15/02/2019		28/02/2019	XK0016A	ALBERO INTERMEDIO PORT		ALBERO INTERMEDIO PORT	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	
	OFFICINE MECCANICHE ZANETTI SRL	15/02/2019		28/02/2019	XK0018B	ALBERO INTERMEDIO STBD		ALBERO INTERMEDIO STBD	008279N0H	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	
	OFFICINE MECCANICHE ZANETTI SRL	15/02/2019		28/02/2019	XK0017A	ALBERO REGGIPINNA PORT		ALBERO REGGIPINNA PORT	008279N0H	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	
	OFFICINE MECCANICHE ZANETTI SRL	15/02/2019		28/02/2019	XK0017B	ALBERO REGGIPINNA STBD		ALBERO REGGIPINNA STBD	008279N0H	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	
	OFFICINE MECCANICHE ZANETTI SRL	15/02/2019		28/02/2019	XK0018A	ALBERO REGGIPINNA PORT		ALBERO REGGIPINNA PORT	008279N0H	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	
	OFFICINE MECCANICHE ZANETTI SRL	15/02/2019		28/02/2019	XK0018B	ALBERO REGGIPINNA STBD		ALBERO REGGIPINNA STBD	008279N0H	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	
	OFFICINE MECCANICHE ZANETTI SRL	15/02/2019		28/02/2019	XK0019H	ANELLO SVALZATORE PORT		ANELLO SVALZATORE PORT	008279N0H	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	
	OFFICINE MECCANICHE ZANETTI SRL	15/02/2019		28/02/2019	XK0019A	ANELLO SVALZATORE STBD		ANELLO SVALZATORE STBD	008279N0H	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	
	SCHAFER GMBH & CO. KG	30/03/2019		30/03/2019	XK0028B	BULLONE PORTABOCCELLA INTERMEDIO PORT		BULLONE PORTABOCCELLA INTERMEDIO PORT	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	
	SCHAFER GMBH & CO. KG	30/03/2019		30/03/2019	XK0028A	BULLONE PORTABOCCELLA INTERMEDIO STBD		BULLONE PORTABOCCELLA INTERMEDIO STBD	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	
	SCHAFER GMBH & CO. KG	30/03/2019		30/03/2019	XK0028C	BULLONE PORTABOCCELLA PORT		BULLONE PORTABOCCELLA PORT	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	
	SCHAFER GMBH & CO. KG	30/03/2019		30/03/2019	XK0028D	BULLONE PORTABOCCELLA PORT STBD		BULLONE PORTABOCCELLA PORT STBD	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	
	WARSJLA ITALIA S.P.A.	31/03/2019		31/03/2019	XK0023C	BULLONE PORTABOCCELLA PORT		BULLONE PORTABOCCELLA PORT	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
	WARSJLA ITALIA S.P.A.	31/03/2019		31/03/2019	XK0023A	BULLONE PORTABOCCELLA PORT		BULLONE PORTABOCCELLA PORT	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
	WARSJLA ITALIA S.P.A.	31/03/2019		31/03/2019	XK0023B	BULLONE PORTABOCCELLA PORT		BULLONE PORTABOCCELLA PORT	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
	WARSJLA ITALIA S.P.A.	31/03/2019		31/03/2019	XK0018A	BULLONE PORTABOCCELLA PORT		BULLONE PORTABOCCELLA PORT	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
	WARSJLA ITALIA S.P.A.	31/03/2019		31/03/2019	XK0018B	BULLONE PORTABOCCELLA PORT		BULLONE PORTABOCCELLA PORT	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
	SCHAFER GMBH & CO. KG	30/03/2019		30/03/2019	XK0018B	BULLONE PORTABOCCELLA PORT		BULLONE PORTABOCCELLA PORT	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
	SCHAFER GMBH & CO. KG	30/03/2019		30/03/2019	XK0018D	BULLONE PORTABOCCELLA PORT		BULLONE PORTABOCCELLA PORT	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
	SCHAFER GMBH & CO. KG	30/03/2019		30/03/2019	XK0018E	BULLONE PORTABOCCELLA PORT		BULLONE PORTABOCCELLA PORT	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
	SCHAFER GMBH & CO. KG	30/03/2019		30/03/2019	XK0018F	BULLONE PORTABOCCELLA PORT		BULLONE PORTABOCCELLA PORT	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
	WARSJLA ITALIA S.P.A.	31/03/2019		31/03/2019	XK0024B	TENUTA PORTABELLA PER ASTUCCIO PORT		TENUTA PORTABELLA PER ASTUCCIO PORT	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
	WARSJLA ITALIA S.P.A.	31/03/2019		31/03/2019	XK0024A	TENUTA PORTABELLA PER ASTUCCIO STBD		TENUTA PORTABELLA PER ASTUCCIO STBD	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
	WARSJLA ITALIA S.P.A.	31/03/2019		31/03/2019	XK0024C	TENUTA PORTABELLA PER ASTUCCIO PORT		TENUTA PORTABELLA PER ASTUCCIO PORT	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
	OFFICINE MECCANICHE ZANETTI SRL	15/06/2019		30/05/2019	XK0019A	ALBERO PORTATELICA PORT		ALBERO PORTATELICA PORT	008279N0H	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
	OFFICINE MECCANICHE ZANETTI SRL	15/06/2019		30/05/2019	XK0019B	ALBERO PORTATELICA STBD		ALBERO PORTATELICA STBD	008279N0H	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
		15/06/2019			LA0025A	Beccia per linea d'assi		Beccia per linea d'assi	008279N0H	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	
		15/06/2019			LA0025B	Beccia per linea d'assi		Beccia per linea d'assi	008279N0H	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	
		15/06/2019			LA0025C	Beccia per linea d'assi		Beccia per linea d'assi	008279N0H	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	
	WARSJLA FINLAND OY	15/06/2019		31/05/2019	XK0017A	ELICA IMBALLICONTATTA 5 PMLE PORT		ELICA IMBALLICONTATTA 5 PMLE PORT	008279N0B	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
	WARSJLA FINLAND OY	15/06/2019		31/05/2019	XK0017B	ELICA IMBALLICONTATTA 5 PMLE STBD		ELICA IMBALLICONTATTA 5 PMLE STBD	008279N0B	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
		15/06/2019			LA0020V	PAR DIF. CON CARRELLO INTORNAVITICO		PAR DIF. CON CARRELLO INTORNAVITICO	008279N0B	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
	WARSJLA ITALIA S.P.A.	30/06/2019		31/03/2019	LA0020V	COMPACTOR PER LINEA D'ALBERI		COMPACTOR PER LINEA D'ALBERI	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador
					LA0020V	COMPACTOR PER LINEA D'ALBERI		COMPACTOR PER LINEA D'ALBERI	008279N0E	ACCESSORIO PER LINEA D'ALBERI	Passador

Figura 4.1 Distinta dei materiali

4.2.2 La Work BreakDown Structure

Una volta nota la distinta dei materiali e dopo aver analizzato tutte le attività meccaniche inerenti al montaggio e l'allineamento della linea d'assi per la nave "6279" queste sono state elencate dando vita al piano di processo.

Il piano di processo contiene quindi tutte le attività meccaniche necessarie per il funzionamento dei motori a propulsione che si estendono dalla data di "Poppa Libera" alla data di inizio delle prove d'avvio dei motori a propulsione.

Il passo successivo è stato la costruzione della Work Breakdown Structure o WBS, un processo che consiste nello scomporre il progetto in sotto-progetti in base alle conoscenze disponibili individuando determinati livelli di scomposizione. Allo stesso modo ciascun sotto-progetto se necessario può essere scomposto ulteriormente in raggruppamenti di secondo livello fino ad arrivare alle attività elementari.

Avendo visto precedentemente che le attività meccaniche vengono distinte in due macrofasi principali, quella che si estende dalla data di Poppa Libera alla data di Varo e quella che va dal dopo Varo alla data di inizio delle prove di avvio dei motori, si è deciso di suddividere banalmente il piano di processo in due programmi, sapendo che le date di Poppa Libera, di Varo e di inizio delle prove d'avvio dei motori sono dei giorni già fissati e definiti precedentemente.

Si riporta di seguito il piano di processo suddiviso nelle due macrofasi sopra definite.

CAPITOLO 4

ATTIVITA'	
ATTIVITA' al VARO	
1	Poppa libera
2	Allineamento fusi e saldatura
3	Montaggio boccole
4	Allineamento boccole preliminare e arginatura
5	Consegna allineamento boccole
6	Colata chockfast
7	Rimozione arginatura e stuccatura
8	Consegna definitiva allineamento boccole
9	Foratura, filettatura e montaggio bulloni
10	Posizionamento e allineamento astuccio poppa
11	Costruzione e collegamento tubi olio tra astuccio di poppa e boccole intermedie-porta elica
12	Montaggio termo-r su boccole
13	Pressatura tubi termo r e olio
14	Chiusura e saldatura campane tubi astuccio
15	Pressatura tubi astuccio
16	Posizionamento e infilaggio assi portaelica
17	Montaggio tenute poppa e prua
18	Posizionamento asse intermedio e montaggio 1° cuscinetto
19	Montaggio giunti SKF
20	Chiusura e saldatura finestre rulli su tubi astuccio
21	Imbarco asta timone sn
22	Imbarco asta timone dn
23	Montaggio timone sn
24	Montaggio timone dn
25	Calettamento timoni dn e sn
26	Montaggio macchina timone sn
27	Montaggio macchina timone dn
28	Calettamento macchine timone
29	Colata chock-fast macchine timone
30	Varo
ATTIVITA' DOPO VARO	
31	Assetto bloccato
32	Posizionamento cuscinetto reggispinta-assi reggispinta e montaggio 2° cuscinetto
33	Movimentazione assi e Gap-Sag n.1 (intermedio-reggispinta)
34	Accoppiamento provvisorio flange n.1
35	Movimentazione assi e Gap-Sag n.2 (reggispinta-albero motore)
36	Accoppiamento definitivo flange n.2
37	Misurazione distanziale flange n.1
38	Montaggio disco di aggiustaggio flangia n.1 (anello spaziatore)
39	Montaggio disco freno e ruota dentata
40	Allineamento cuscinetti intermedi
41	Foratura basamenti PEM e cuscinetti intermedi
42	Pesate interne e consegna prima del chockfast
43	Preparazione per chockfast basamenti PEM e cuscinetti intermedi
44	Colata chockfast
45	Indurimento chockfast (48h)
46	Serraggio cuscinetti intermedi e PEM e consegna
47	Consegna finale pesate
48	Sblocco assetto bloccato
49	Allineamento cuscinetto reggispinta
50	Foratura basamento reggispinta (fori non calibrati)
51	Zappolatura zappoli centrali e lavorazione per contatto e consegna
52	Foratura zappoli centrali
53	Serraggio zappoli centrali
54	Zappolatura zappoli laterali e lavorazione per contatto e consegna
55	Foratura e calibratura zappoli laterali
56	Montaggio perni calibrati e serraggio zappoli laterali
57	Allestimento cuscinetti (intermedi e reggispinta)
58	Montaggio tubi olio reggispinta
59	Riempimento olio cuscinetti (intermedi e reggispinta)
60	Inizio prove linea d'asse
ATTIVITA' DA FARE IN OMBRA AL PROGRAMMA	
61	Montaggio pale elica in piazzale
62	Infilaggio tenute di poppa su asse
63	Rassetto bacino per montaggio binari
64	Montaggio binari in bacino per infilare assi e montaggio rulli di supporto tubi astuccio
65	Allestimento tubi olio negli astucci
66	Montaggio e flussaggio impianto olio astuccio
67	Riempimento olio astuccio
68	Inserimento asse nel cuscinetto reggispinta

Figura 4.2 Work BreakDown Structure

4.2.3 Tempistiche delle attività

Definita la Work Breakdown Structure il passo successivo è stato quello di informarsi sulle durate di ogni di singola attività, cioè quanto tempo occorresse per svolgere e completare ognuna di esse.

Le informazioni sono state ottenute grazie ai meccanici di “Apparato Motore” che hanno attribuito una stima di tempo ad ogni singola attività, considerando la durata in ore/giorni lavorativi, basandosi sull’esperienza pregressa e sui tempi di approvvigionamento della componentistica.

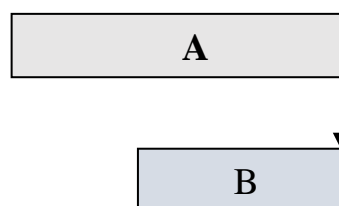
Le stime sono state effettuate considerando i turni di lavoro che vengono eseguiti nel corso dell’arco temporale del progetto. In particolare nel primo programma, dalla Poppa Libera al Varo, vengono svolti due turni giornalieri di otto ore ciascuno tranne il sabato in cui se ne effettua solamente uno. Mentre per il secondo programma, dal dopo Varo all’inizio delle prove d’avvio dei motori a propulsione, i lavori avvengono secondo un unico turno giornaliero sempre di otto ore.

4.2.4 Relazioni di precedenza tra le attività

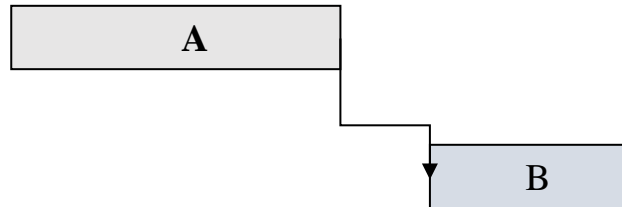
Fondamentali sono poi le dipendenze tra le attività per capire la corretta sequenza secondo la quale le stesse devono iniziare o essere completate.

Le relazioni di legame o precedenza sono essenzialmente di quattro tipologie:

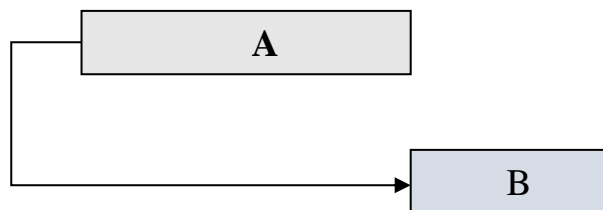
- Finish to Finish, o FF: l’attività B non può finire se non è finita l’attività A



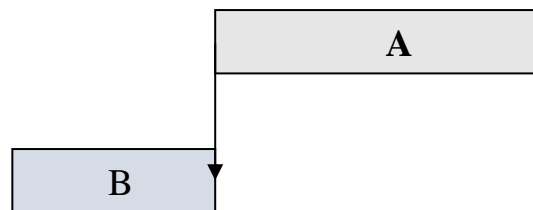
- Finish to Start, o FS: l'attività B non può iniziare se non è terminata l'attività A



- Start to Start, o SS: l'attività A non può iniziare se non è iniziata l'attività B



- Start to Finish, o SF: l'attività B non può finire se non è iniziata l'attività A



Inoltre, ad ogni legame di precedenza può essere associato un ritardo, chiamato lag, o un anticipo, detto lead.

Le precedenze sono state definite tenendo conto di:

- Vincoli di carattere tecnico: sequenzialità delle operazioni di montaggio
- Vincoli di carattere spaziale: disponibilità di opportune postazioni
- Vincoli di carattere geometrico: ingombro della componentistica

- Vincoli di carattere temporale: priorità in base alla disponibilità del pezzo in magazzino

4.2.5 Diagramma di Gantt

Una volta inseriti nel programma l'insieme delle attività, la durata delle stesse e le relazioni di precedenza che le correlano, Microsoft Project crea in automatico il diagramma di Gantt.

Il diagramma di Gantt è uno degli strumenti più utilizzati in sede di gestione dei progetti. Esso è costituito sostanzialmente da delle barre orizzontali di lunghezza variabile che rappresentano la durata e l'arco temporale di ogni singola attività nel progetto. Queste barre possono poi sovrapporsi ad indicare il loro svolgimento in parallelo. A mano a mano che il progetto avanza, delle barre secondarie o colorate vengono aggiunte per indicare le attività completate o la loro percentuale. Una linea verticale viene utilizzata invece per indicare il tempo di riferimento. In definitiva, il diagramma di Gantt altro non è che una rappresentazione grafica di un calendario delle attività, utile a pianificare, coordinare e tracciare le specifiche attività in un progetto. Dall'analisi del Gantt si deduce quali sono le attività critiche: il ritardo di un'attività determina il ritardo dell'attività successiva; l'insieme delle attività critiche determina il sentiero critico; il percorso critico determina il tempo di attraversamento dell'intero progetto.

Come già detto precedentemente il progetto è stato suddiviso in due sotto-progetti per rappresentare meglio le due macrofasi e di conseguenza sono stati realizzati due Gantt diversi, uno per le attività al Varo e l'altro per quelle dopo il Varo.

4.2.5.1 Programma Poppa Libera-Varo

Il primo programma si estende dalla data di Poppa Libera alla data di Varo, che sono come già visto dei giorni fissati e definiti, e si utilizza un tipo di calendario

CAPITOLO 4

per cui si lavora con due turni giornalieri di otto ore ciascuno, tranne il sabato in cui si effettua un unico turno.

Di seguito viene riportato il relativo diagramma di Gantt:

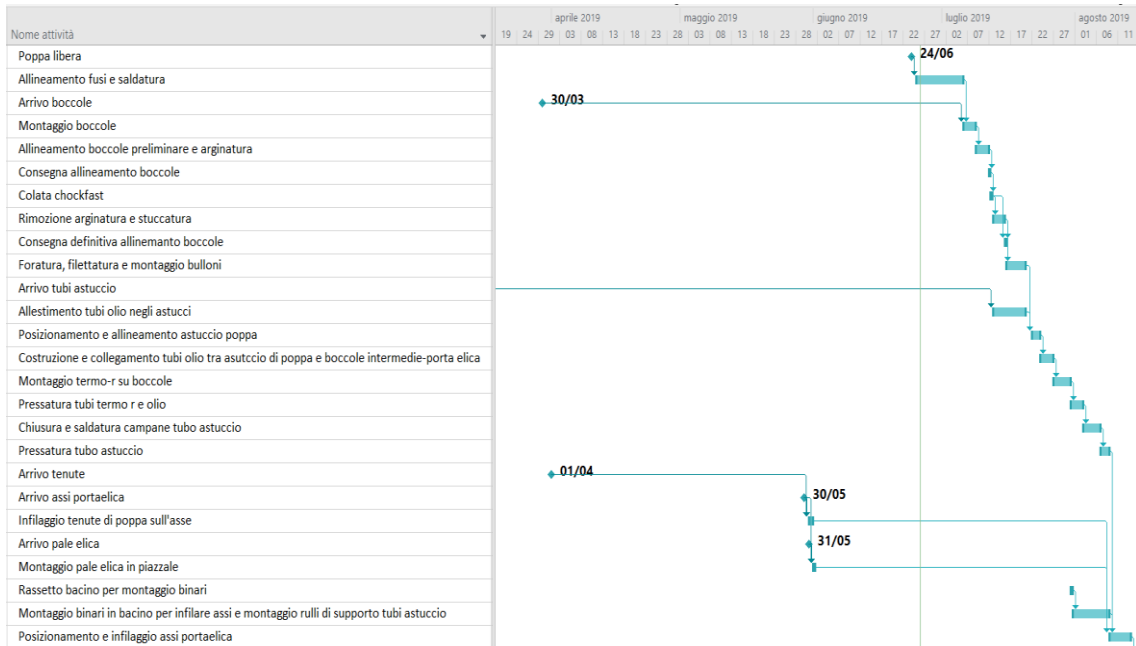


Figura 4.3 Diagramma di Gantt attività al varo (parte 1)

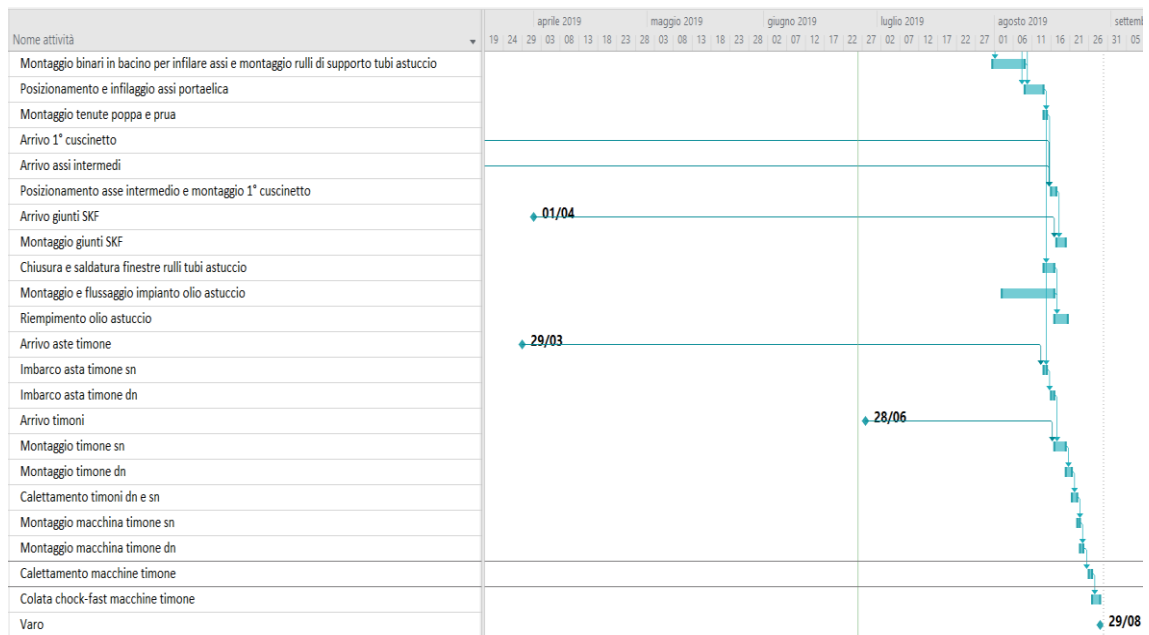


Figura 4.4 Diagramma di Gantt attività al varo (parte 2)

4.2.5.2 Programma dopo Varo-Inizio prove d'avvio motori

Il secondo programma si estende dal dopo Varo alla data di inizio delle prove d'avvio dei motori a propulsione, che è altrettanto un giorno già deciso, e si utilizza un tipo di calendario per cui si lavora con un unico turno giornaliero di otto ore.

Di seguito viene riportato il relativo diagramma di Gantt:

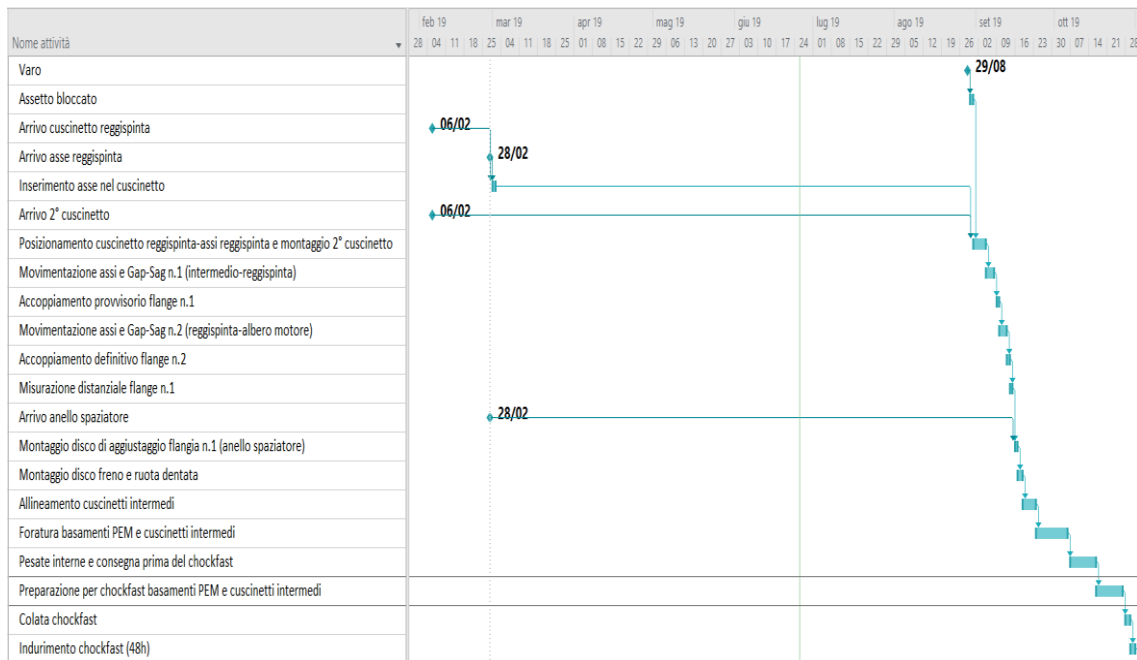


Figura 4.5 Diagramma di Gantt attività del dopo varo (parte 1)

CAPITOLO 4

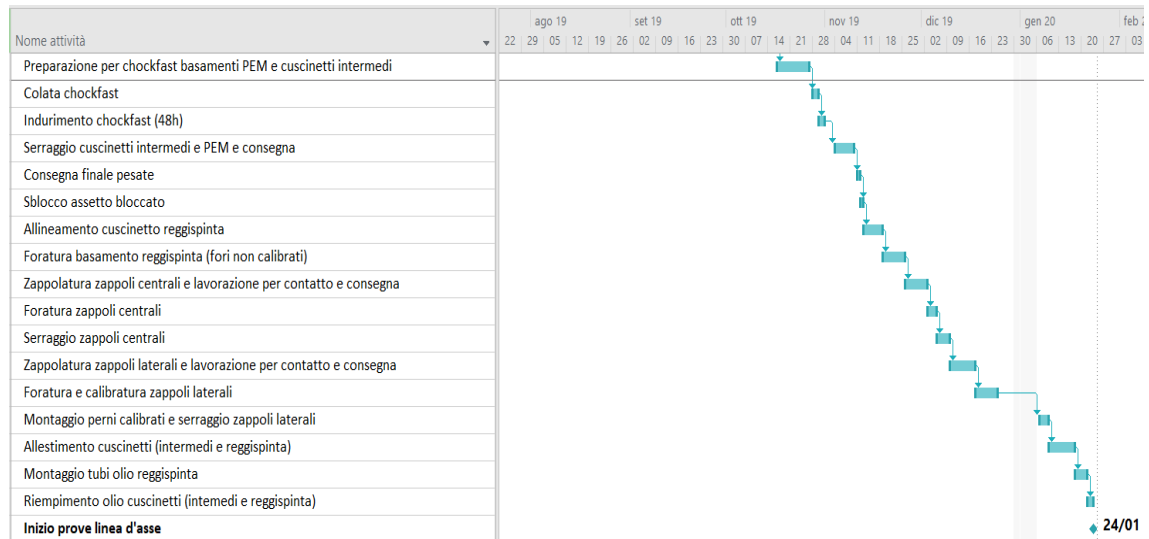


Figura 4.6 Diagramma di Gantt attività del dopo varo (parte 2)

4.2.6 Il percorso critico

Realizzato il Gantt il software consente inoltre di visualizzare il percorso critico del progetto.

Per percorso critico si intende l'insieme delle attività che non ammettono ritardo poiché un loro slittamento fa terminare il progetto al di là della data di fine progetto, e proprio per questo vengono definite critiche.

L'insieme delle attività critiche mi determina il tempo di attraversamento dell'intero progetto o lead time.

In tal modo quindi è possibile identificare le attività che ammettono slittamenti e quelle appunto critiche. La differenza sta nel fatto che le prime consentono di poter iniziare con un certo ritardo senza che via sia un allungamento del lead time mentre le attività critiche, qualora subiscano ritardi causeranno un aumento della durata del progetto.

Ogni attività del percorso non critico quindi avrà un determinato slittamento libero che è il massimo ritardo ammissibile se non si vuole interferire sulla durata del progetto.

CAPITOLO 4

Chiaramente nel caso seguente l'obiettivo è che le attività terminino entro la data di Varo per il primo programma ed entro la data di inizio delle prove d'avvio dei motori a propulsione per il secondo programma.

La fine delle attività entro le date stabilite è molto importante per aziende come la Fincantieri in quanto in caso di ritardo nella consegna della nave alla società acquirente si andrà incontro a delle penali.

4.2.6.1 Il percorso critico del primo programma

Nel primo programma il percorso critico termina esattamente il giorno prima della data di Varo, per cui un ritardo anche di un singolo giorno di una delle attività critiche andrà a causare uno slittamento della data di fine progetto.

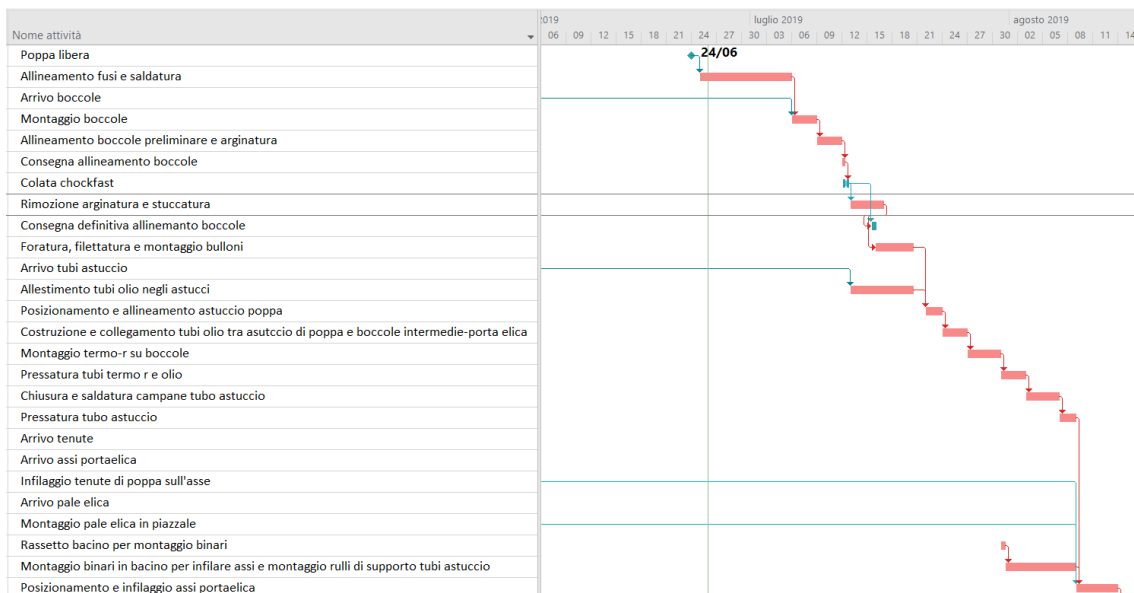


Figura 4.7 Percorso critico primo programma (parte 1)

CAPITOLO 4

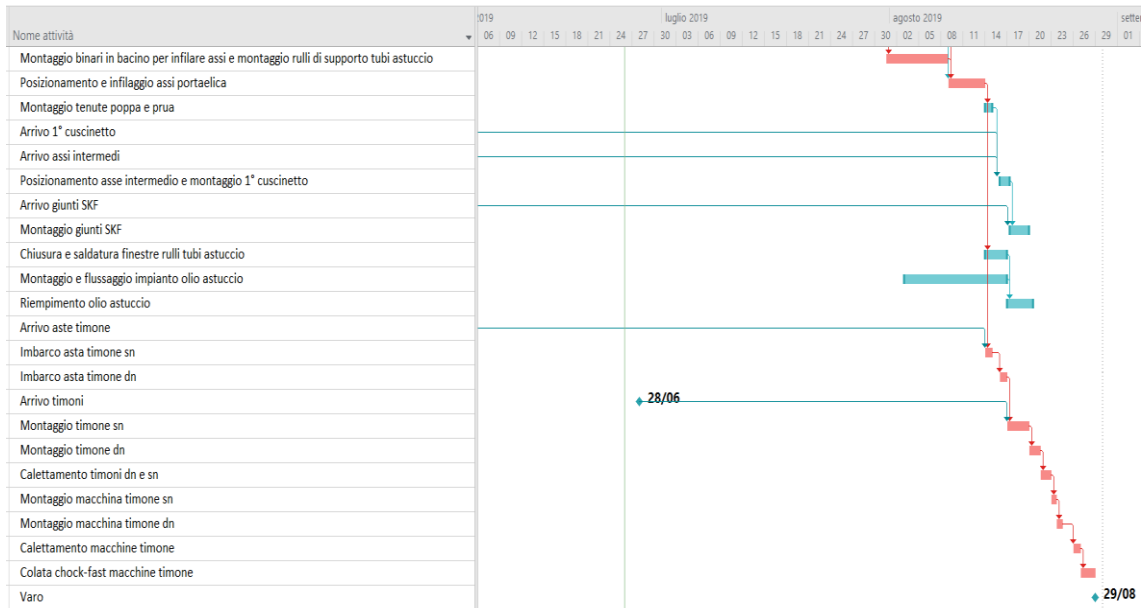


Figura 4.8 Percorso critico primo programma (parte 2)

4.2.6.2 Il percorso critico del secondo programma

Nel secondo programma il percorso critico costituisce in sostanza il programma stesso per via del fatto che le attività principali sono tutte in sequenza tra loro e non in parallelo. Anche qui l'ultima attività del percorso critico termina il giorno precedente la data di Inizio delle prove d'avvio dei motori a propulsione per cui allo stesso modo un ritardo di una delle attività determina uno slittamento della data di fine progetto.

CAPITOLO 4

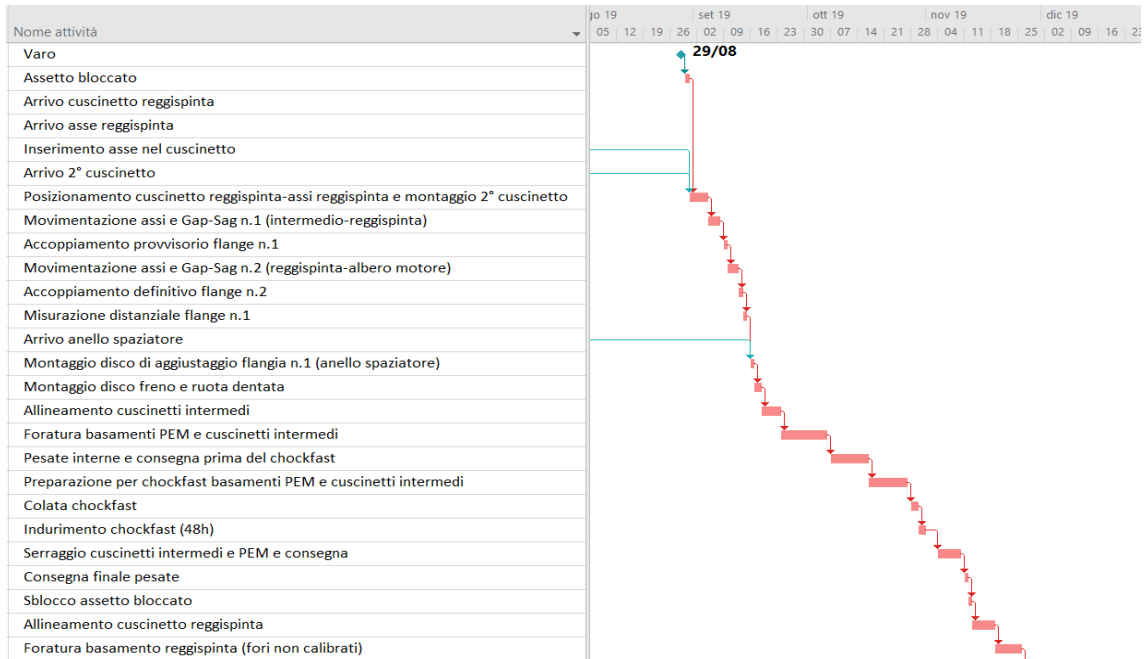


Figura 4.9 Percorso critico secondo programma (parte 1)

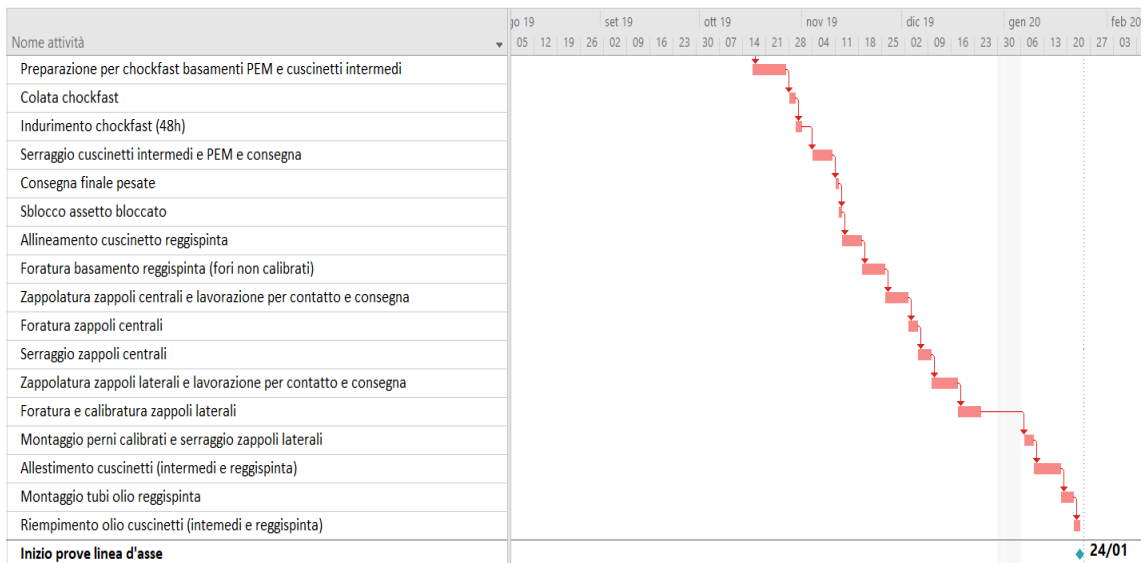


Figura 4.10 Percorso critico secondo programma (parte 2)

Capitolo 5

5 Gestione delle risorse

Una volta definito il diagramma di Gantt il software Microsoft Project consente di assegnare a ciascuna attività una determinata risorsa e di specificare il costo orario/giornaliero di ognuna di esse.

Le risorse che vengono impiegate all'interno di un progetto possono comprendere persone o reparti necessari per completare una determinata attività, o possono riferirsi ai materiali utilizzati nelle varie attività ed essere quindi rappresentate da forniture, prodotti di magazzino o altri articoli di consumo.

Le risorse materiale si differenziano dalle risorse lavoro, quali persone o apparecchiature, in quanto utilizzano una quantità determinata di materiale piuttosto che di tempo per completare le attività loro assegnate.

Ogni risorsa inoltre presenta un certo costo, che nel caso della risorsa lavoro è un costo giornaliero/orario e dipende dalla specializzazione della risorsa impiegata, mentre nel caso della risorsa materiale sarà un costo fisso legato alla qualità del materiale stesso.

Quindi per procedere con l'allocazione delle risorse, dopo aver definito il Gantt, è necessario stabilire le competenze per svolgere ogni singola attività e le diverse tipologie di risorse richieste da ogni attività e la loro quantificazione in base ad una stima. La stima andrà assegnata in base alla necessità di contenere i tempi e i costi del progetto entro i vincoli concordati con la committenza. Inoltre l'allocazione delle risorse dipende anche dall'impegno di ciascuna di esse in altre attività o progetti per cui se ne dovrà valutare la disponibilità soprattutto se a fronte di eventuali ritardi il carico di lavoro e l'impegno complessivi risultano sostenibili.

Nello studio delle risorse di progetto si andranno ad analizzare solo le risorse lavoro e quindi la manodopera diretta, in quanto le risorse materiale vengono considerate una variabile costante ipotizzando di non dover riordinare alcun componente per il completamento delle attività.

5.1 I centri di lavoro

Per centro di lavoro si intende l'insieme delle risorse umane di tipologia omogenea a cui vengono assegnate determinate operazioni in base a quella che è la loro specializzazione. Ogni centro lavoro è caratterizzato da un costo unitario e da una capacità produttiva.

Di seguito vengono elencati i principali centri di lavoro utilizzati nelle attività riguardanti il montaggio e l'allineamento della linea d'assi:

- **Meccanici:** si occupano dell'asse in sé, e prevalentemente delle operazioni di montaggio e dell'allineamento dei vari componenti che costituiscono l'intera linea;
- **Montatori:** si occupano delle operazioni riguardanti lo scafo, quindi della struttura della nave affidata al galleggiamento, come ad esempio l'allineamento delle fusioni;
- **Saldatori:** si occupano delle operazioni di saldatura di componenti e parti dello scafo;
- **Carpentieri:** si occupano dell'assemblaggio e della costruzione della nave;
- **Assistenza:** si occupa delle operazioni riguardanti la pulizia o il rassetto del bacino;
- **Tecnici:** non sono dei veri e propri centri di lavoro, ma sono delle risorse di esterne specializzate in attività specifiche e utilizzate quindi una tantum.
In particolare si ha:

CAPITOLO 5

- Tecnico Wartsila: specializzato nella colata del chockfast;
- Tecnico SKF: specializzato nel montaggio del giunto idraulico;
- Tecnico Van Der Welden: specializzato nel calettamento dei timoni;
- Tecnico Rolls Royce: specializzato nel calettamento della macchina del timone;
- Tecnico Mitchell: specializzato nell’allestimento dei cuscinetti.

Nello studio della gestione del progetto i meccanici sono quelli che vengono impiegati maggiormente avendo considerato tutte le attività meccaniche per il funzionamento dei motori a propulsione.

Una volta definiti i vari centri di lavoro essi sono stati inseriti all’interno del software considerando una certa disponibilità massima per turno di lavoro e un costo orario/giornaliero

Nome risorsa	Tipo	Iniziali	Unità	Tariffa std.	Calendario di
SALDATORE	Lavoro	SA	100%	€ 60,00/h.	6279
MECCANICO	Lavoro	ME	200%	€ 60,00/h.	6279
MONTATORE	Lavoro	MO	200%	€ 60,00/h.	6279
CARPENTIERE	Lavoro	CA	200%	€ 60,00/h.	6279
TECNICO WARTSILA	Lavoro	TW	100%	€ 1.000,00/giorno	6279
TECNICO SKF	Lavoro	TS	100%	€ 1.000,00/giorno	6279
TECNICO VAN DER WELDEN	Lavoro	TV	100%	€ 1.000,00/giorno	6279
TECNICO ROLLS ROYCE	Lavoro	TR	100%	€ 1.000,00/giorno	6279
TECNICO MITCHELL	Lavoro	TM	100%	€ 1.000,00/giorno	6279
ASSISTENZA	Lavoro	A	200%	€ 40,00/h.	6279

Figura 5.1 Centri di lavoro

Il passo successivo è stato quello di allocare ad ogni attività le risorse valutandone l’eventuale sovraccarico e cercando di gestire tale situazione senza causare uno slittamento della data di fine progetto e un aumento del tempo di attraversamento del progetto stesso.

5.2 Gestione del sovraccarico di risorse

Per sovraccarico di risorse si intende un utilizzo delle stesse oltre quella che è la disponibilità massima di ognuna di esse in un determinato periodo del progetto.

Dopo aver assegnato ogni risorsa alla propria attività Microsoft Project consente di visualizzare l'utilizzo delle stesse nel corso del progetto tramite il "Diagramma delle risorse".

L'eventuale sovraccarico viene gestito dalla Fincantieri appaltando il lavoro in eccesso a ditte esterne. La ditta provvederà quindi a fornire determinate risorse dimensionando le proprie squadre in misura congrua alla mancanza di capacità di lavoro per attività.

5.2.1 Diagramma delle risorse per il primo programma

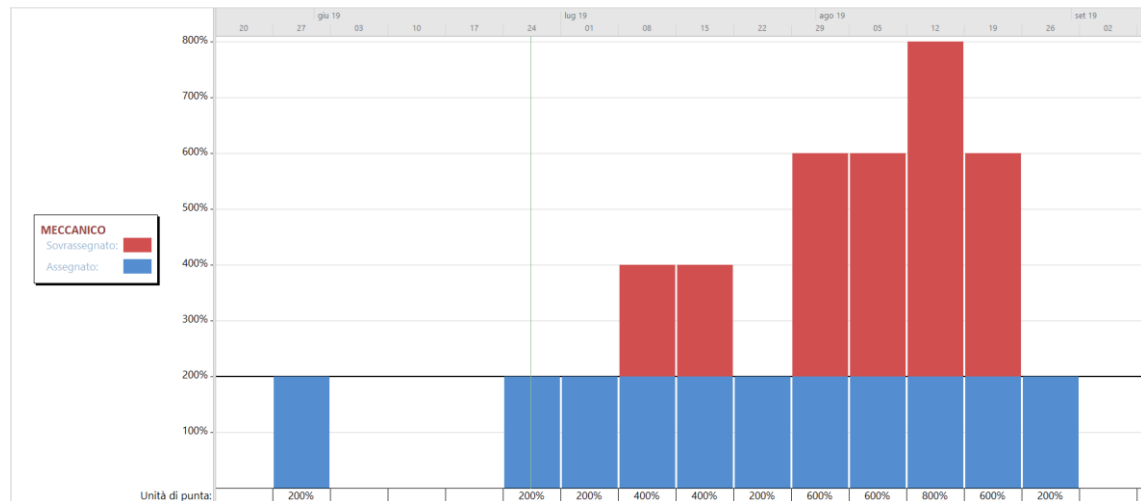


Figura 5.2 Diagramma delle risorse (meccanici) primo programma

Nel primo programma si è ottenuto un sovraccarico di risorse, in rosso, per quanto riguarda i meccanici per cui l'azienda provvederà ad appaltare a dei

CAPITOLO 5

meccanici di ditte esterne quelle attività che determinano il surplus di risorse interne in modo da poter completare le stesse secondo i tempi stabiliti.

Quello che si ottiene è banalmente questo:

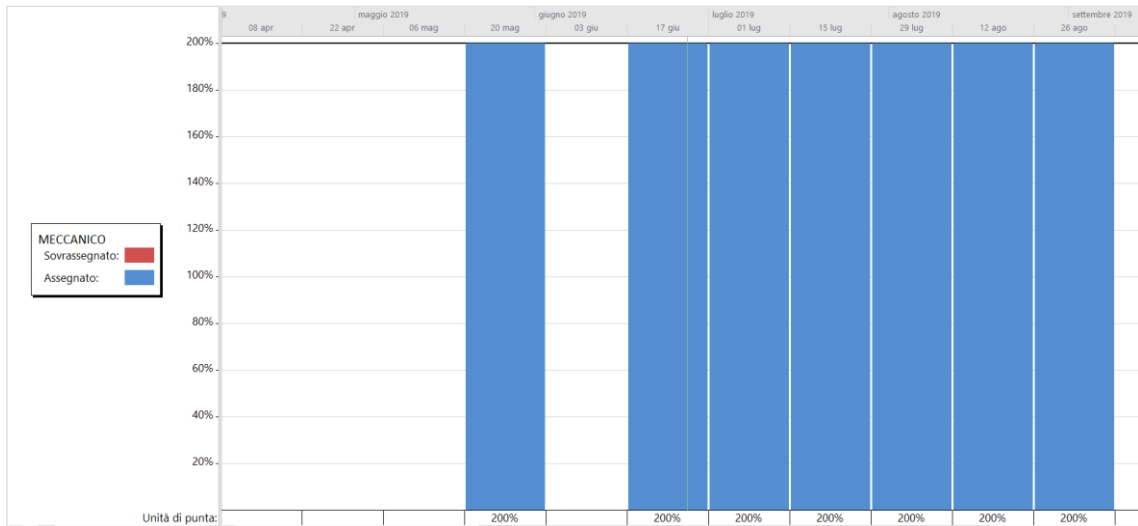


Figura 5.3 Diagramma delle risorse dopo l'appalto

5.2.2 Diagramma delle risorse per il secondo programma

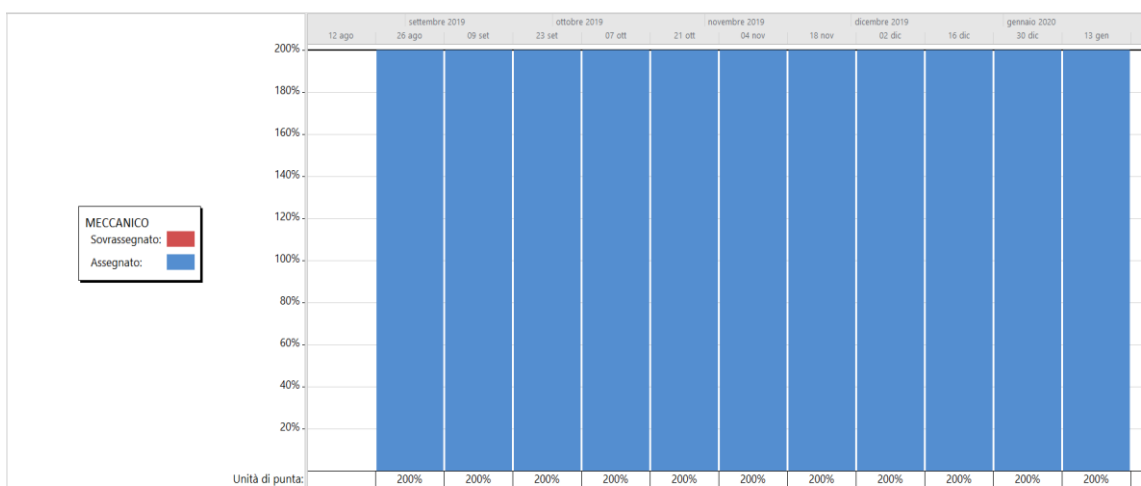


Figura 5.4 Diagramma delle risorse (meccanici) secondo programma

CAPITOLO 5

Nel secondo programma, facendo il caso dei meccanici che sono le risorse maggiormente impiegate, si può notare che rispetto al primo programma non vi è alcun sovraccarico di risorse per cui l'azienda non ha la necessità ad appaltare il lavoro a risorse di ditte esterne.

Capitolo 6

6 Ottimizzazione del progetto

Terminata la gestione del progetto, l'obiettivo successivo è stato quello di cercare di ottimizzare per quanto possibile lo stesso creando un certo contenitore di tempo da poter sfruttare nel caso di eventuali ritardi.

6.1 Il buffer

Il buffer è un surplus di tempo che può essere utilizzato per contenere eventuali ritardi, dovuti a problemi di arrivo dei materiali o dovuti alla lentezza delle risorse umane a svolgere il proprio compito, che provocano uno slittamento delle attività.

Può essere considerato come un contenitore di tempo aggiuntivo necessario per proteggere il percorso critico, la data di fine progetto e salvaguardare quindi il progetto stesso.

Esso entra in gioco al termine della costruzione del percorso critico e segna il confine tra la fase di pianificazione e la fase di gestione del progetto stesso.

Abbiamo detto che il ritardo può essere dovuto ad una mancanza di materiale in cantiere, a causa di problemi con il fornitore, o alla lentezza degli operatori nello svolgere le attività per via di due fenomeni, quali Sindrome dello studente e legge di Parkinson. Con Sindrome dello studente si intende quella tendenza a procrastinare fino all'ultimo momento utile l'avvio di un'attività, proprio ciò che fanno molti studenti quando devono preparare un esame e pensano di impiegare meno tempo di quello a disposizione. Come gli studenti, molti operai non

completano quanto prima le loro assegnazioni, anzi, concentrano i loro sforzi verso la fine del tempo stimato e si riducono sovente a un lavoro concitato per effettuare una consegna all'ultimo minuto. Inutile affermare che questo atteggiamento spreca, già all'inizio dell'attività, il margine di sicurezza se programmato. Inoltre, se dovesse effettivamente presentarsi un imprevisto, non si avrebbe più a disposizione il tempo preventivato per gestirlo e l'attività, dunque, potrebbe solo ritardare. La legge di Parkinson invece afferma che il lavoro si espande in modo da riempire il tempo a disposizione per completarlo. In sostanza, questo significa che una risorsa completerà la propria attività assegnata in un tempo non inferiore a quello stabilito, dilaterà quindi la durata delle operazioni con l'impiego di tutto il tempo a disposizione. Anche se la risorsa finisse in anticipo il suo lavoro, potrebbe trovare sconveniente segnalarlo perché costituirebbe un precedente utilizzabile nei futuri processi di stima. Se l'obiettivo è finire in tempo, e non finire prima, la risorsa potrebbe preferire garantirsi la sicurezza di raggiungere lo scopo e magari il premio.

6.2 Creazione del buffer

L'azienda quando si trova in ritardo ha due soluzioni a disposizione, la prima è quella di aggiungere un turno giornaliero, ad esempio di notte, ma difficilmente viene attuata, mentre la seconda è quella di appaltare il lavoro a ditte esterne in modo da permettere alle stesse di confrontarsi nello svolgimento delle attività con le risorse interne nel raggiungimento dell'obiettivo comune.

Per ottenere il buffer si è deciso di anticipare quelle attività che erano caratterizzate da una percentuale maggiore di ritardo dovuta all'elevata durata. In particolare sapendo che la nave è bielica, cioè composta da due linee d'asse, si è distribuito il carico di lavoro in questo modo:

CAPITOLO 6

- Assegnazione delle risorse interne alla linea 1, o linea di destra, mantenendo i turni/giorno;
- Appalto a ditte esterne delle attività riguardanti la linea 2, o linea di sinistra, in modo da parallelizzare le operazioni negli stessi turni.

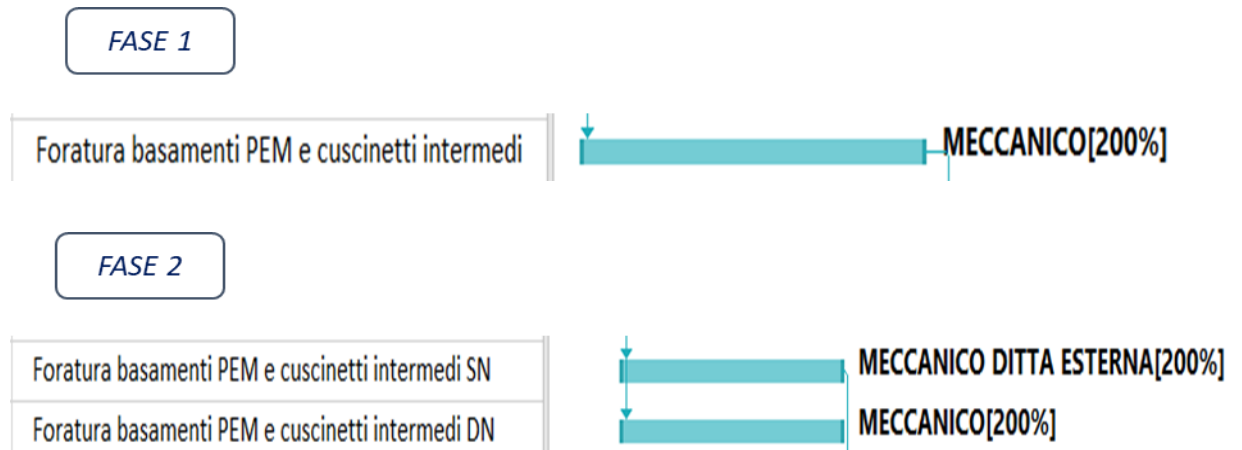


Figura 6.1 Esempio di ottimizzazione di un'attività

6.2.1 Confronto primo programma

Le attività del primo programma che si è deciso di anticipare, su consultazione dei meccanici di Apparato Motore sono “Allineamento fusi e saldatura” e “Posizionamento e infilaggio assi portaelica”.

Si è ottenuto facendo il confronto con la situazione iniziale un buffer (in giallo) di 6 giorni lavorativi.

CAPITOLO 6

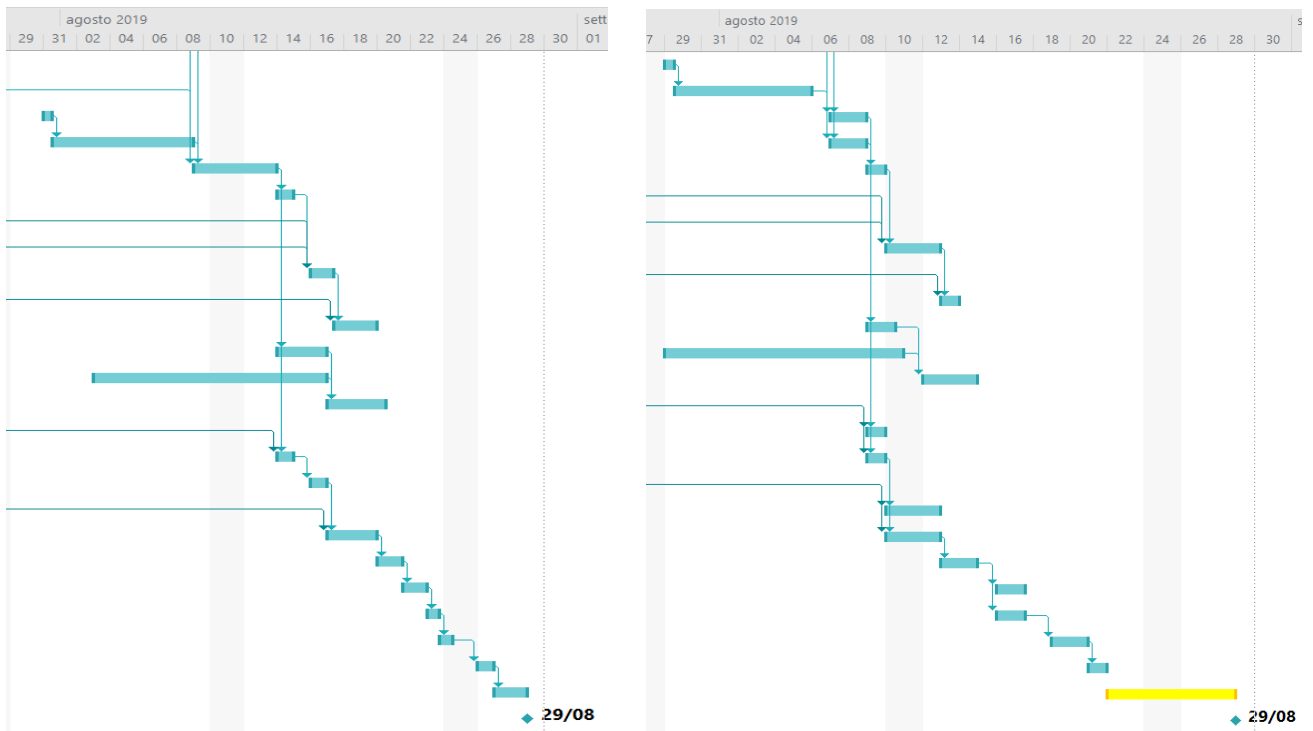


Figure 6.2-6.3 Confronto dei Gantt primo programma

6.2.2 Confronto secondo programma

Le attività del secondo programma che si è deciso di anticipare, su consultazione dei meccanici di Apparato Motore sono “Foratura basamenti P.E.M. e cuscinetti intermedi”, “Preparazione per chockfast basamenti PEM e cuscinetti intermedi” e “Foratura basamento reggispinta (fori non calibrati)”.

Si è ottenuto facendo il confronto con la situazione iniziale un buffer (in giallo) di 8 giorni lavorativi.

CAPITOLO 6

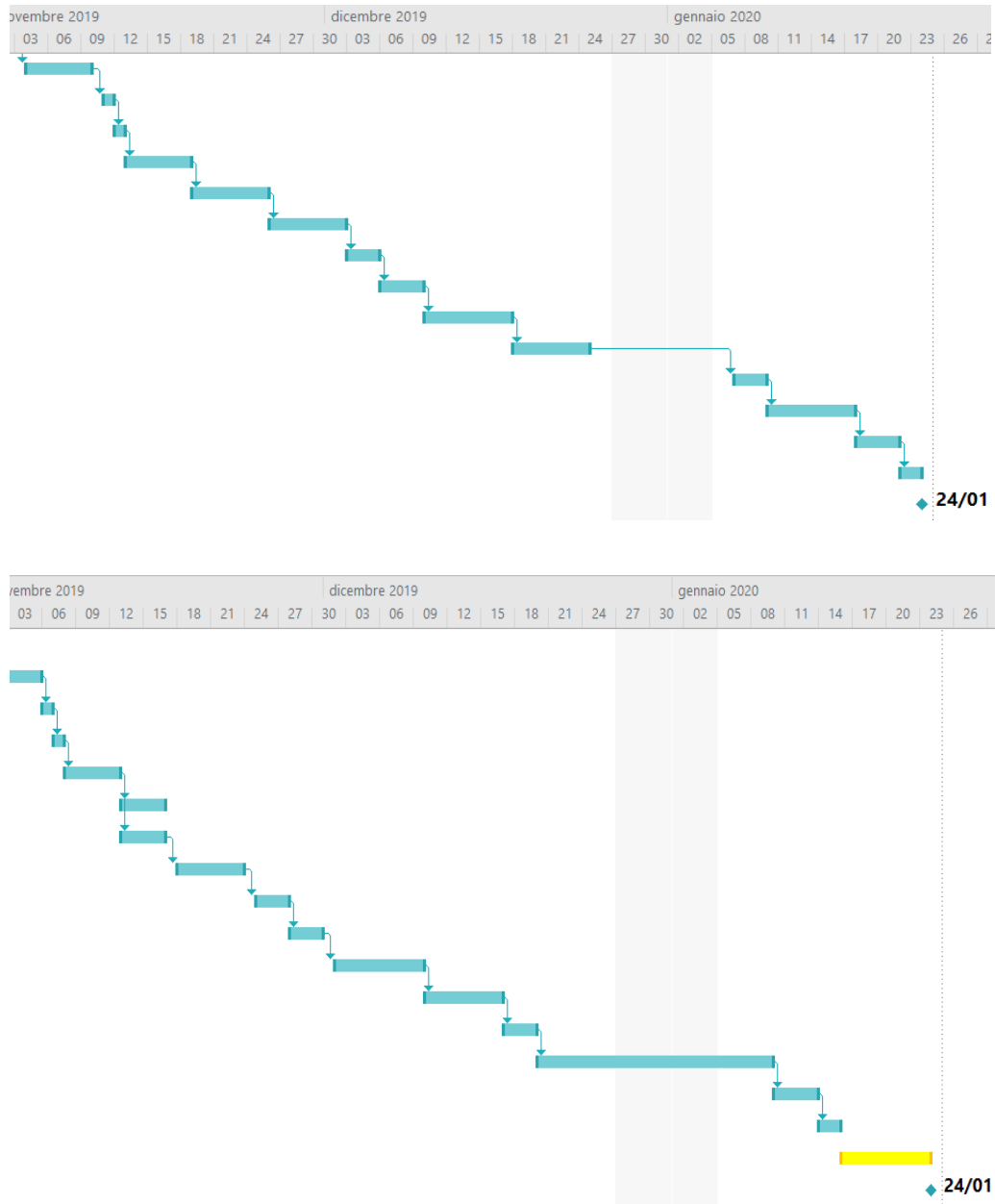


Figure 6.4-6.5 Confronto dei Gantt secondo programma

6.3 Gestione del buffer

Dall'ottimizzazione del progetto si è ottenuto quindi un buffer di 6 giorni per il primo programma e un buffer di 8 giorni per il secondo, entrambi possono proteggere in maniera opportuna il progetto nel caso di eventuali ritardi dovuti all'assenza di materiali in magazzino o al mancato completamento delle attività da parte degli operatori.

Il buffer può essere collocato in punti strategici all'interno della pianificazione delle attività e può quindi essere gestito in due modi.

Se viene posto alla fine del percorso critico per proteggere l'intera schedulazione si parla di Project Buffer e la sua dimensione è data dalla differenza tra la durata del vecchio programma meno la durata del nuovo:

$$PB = D_{old} - D_{new}$$

Se invece viene posto all'interno del progetto e assegnato ad alcune attività del percorso critico, in funzione del loro "peso" nel progetto, esso viene chiamato Feeding Buffer ed è in sostanza uguale al rapporto del Project Buffer per un certo coefficiente k :

$$FB_i = \frac{PB}{k}$$

- k : coefficiente di redistribuzione del PB legato alla criticità dell'attività i -esima

Capitolo 7

7 Analisi costi-benefici

Una volta realizzata l'ottimizzazione del progetto l'ultimo step è stato quello di effettuare un trade-off costi-durata.

Trade-off è un termine economico che sta ad indicare una situazione che implica la scelta tra due o più possibilità, in cui la perdita di valore di una costituisce un aumento di valore in un'altra.

Può essere quindi visto come un costo opportunità, riferendosi a più alternative alle quali si è preferito rinunciare a vantaggio di un'altra scelta.

In questo caso le due variabili sono rappresentate dalla durata del progetto e dal costo delle risorse. In particolare per quest'ultimo lo studio si è concentrato solamente sul calcolo dei costi della manodopera diretta che entra in gioco durante l'attività, avendo considerato il costo dei componenti necessari per il montaggio della linea d'assi un fattore costante dato che si è ipotizzato di non dover riordinare alcuno di essi.

Dal momento che l'azienda ha come obiettivo fondamentale quello di consegnare la nave entro la data prevista da contratto con il committente per non dover pagare poi delle penali, il costo della manodopera sarà la variabile a cui rinunciare a favore della durata del progetto.

Si è confrontato quindi il costo della manodopera diretta dei programmi ottimizzati con quelli iniziali, considerando sia il costo delle risorse interne che delle ditte esterne:

$$PC_{old} = \sum_i^n h_{giorno_i} \cdot giorni_{old_i} \cdot C_{int} + \sum_j^n h_{giorno_j} \cdot giorni_{old_j} \cdot C_{ditta}$$

$$PC_{new} = \sum_i^n h_{giorno_i} \cdot giorni_{new_i} \cdot C_{int} + \sum_j^n h_{giorno_j} \cdot giorni_{new_j} \cdot C_{ditta}$$

- PC_{old} : costo di progetto dei programmi iniziali
- PC_{new} : costo di progetto dei programmi ottimizzati
- h_{giorno} : n. ore di lavoro giornaliera
- $giorni$: n. giorni lavorativi
- C_{int} : costo orario/giornaliero di ogni risorsa interna
- C_{ditta} : costo orario/giornaliero di ogni risorsa esterna

$$\Delta C_{\%} = \frac{PC_{new} - PC_{old}}{PC_{old}} = 2,86$$

Si è ottenuto un incremento dei costi del 2,86% rispetto al programma iniziale che è servito a risparmiare in termini di durata di quei 14 giorni che rappresentano l'ammontare di tempo del buffer totale.

$$\Delta T_{\%} = \frac{D_{new} - D_{old}}{D_{old}} = -6,67$$

- D_{new} : durata del progetto ottimizzato
- D_{old} : durata del progetto iniziale

Quindi il risultato dell'ottimizzazione è stato un incremento dei costi del 2,86% a fronte però di una riduzione della durata del progetto del 6,67%, che per l'azienda è un aspetto da tenere in considerazione nel caso di eventuali ritardi.

Conclusioni

Con il seguente elaborato di Tesi si è cercato di trasmettere quello che è stato il lavoro svolto presso il cantiere Fincantieri S.p.A. di Ancona; lo stesso, come visto, si è concentrato sull'andare a definire meglio il piano di processo per l'allineamento e il montaggio della linea d'assi, cercando di studiarne una possibile ottimizzazione e fattibilità.

Tale attività, come già detto, occupa un ruolo di assoluto rilievo per aziende come Fincantieri, vista la necessità di assicurare ad un cliente la consegna del prodotto entro i tempi stabiliti da contratto.

Il punto di partenza è stato quello di analizzare la componentistica della linea d'assi per la nave in questione, e redigere quindi il piano di processo delle attività meccaniche essenziali per permettere il funzionamento dei motori a propulsione.

È stato chiarito che non esiste un piano identico per ogni nave, ma ogni imbarcazione, in base a quelli che sono i disegni in sede di progettazione, presenta determinate modifiche in termini di componentistica e di dimensioni. Il piano di processo è stato quindi delineato sulla base di tali informazioni, verificando, inoltre, eventuali similitudini con navi costruite precedentemente.

Definendo poi la distinta dei materiali, le tempistiche e le relazioni tra ogni attività si è realizzato il Gantt, ovvero un grafico finalizzato a pianificare, coordinare e tracciare le specifiche attività in un progetto, in modo da valutare il percorso critico mediante cui conoscere il tempo di attraversamento del progetto.

Si è passati successivamente a distinguere i vari centri di lavoro assegnati ad ogni singola attività, cercando di gestirne l'eventuale sovraccarico e appaltando il lavoro a risorse di ditte esterne.

Infine è stata valutata una possibile ottimizzazione del lavoro, cercando di creare un buffer di tempo attraverso il quale poter completare comunque le attività entro la data di fine progetto, nel caso di eventuali ritardi, e salvaguardarne quindi la fattibilità.

CONCLUSIONI

Il tutto è stato accompagnato da un trade-off costi-durata, ottenendo un incremento dei costi della sola manodopera diretta del 2,86% a fronte di un risparmio in termini di durata del 6,67%.

Tutto il lavoro, dovendo le attività relative alla linea d'assi durare per un lasso di tempo di quasi un anno, si è basato prevalentemente su delle stime concordate con gli operatori di Apparato Motore in base all'esperienza pregressa nel corso degli anni con le costruzioni precedenti.

Da questo punto di vista, per migliorare ulteriormente la gestione di tale progetto, sarebbe stato utile seguire interamente il processo relativo al montaggio della linea d'assi e verificare contemporaneamente lo stato di avanzamento dello stesso consentendo di effettuare, nel caso di eventuali ritardi o problemi di altro genere, modifiche in tempo reale e permettere quindi uno studio più realistico dello stesso.

Riferimenti

- Fincantieri, MC-043I-591A Montaggio ed Allineamento della Linea d'Assi
- Fincantieri, G5L210122 Shaft Line Alignment c.6279
- Fincantieri, G5L210120 Shaft Line Functional Arrangement c.6279
- Fincantieri, T56020212 Shaft Line Executive Structural Mechanical Drawing c.6226
- Fincantieri G5L210123 Choking Arrangement for Intermediate and Thrust Bearings c.6226
- Fincantieri E66710010 Propulsion System Electric Motors c.6279
- Fincantieri G5N270024 c.6279
- Fincantieri, Shaft Line Equipment Machinery List c.6279
- Fincantieri, Planimetria Generale

Ringraziamenti

Un ringraziamento va innanzitutto al Prof. Archimede Forcellese e al Prof. Carmine Dazj per l'opportunità che mi hanno offerto e la costanza con cui hanno seguito questo mio percorso di formazione.

Ringrazio tutto il personale del cantiere Fincantieri S.p.A. di Ancona, il dirigente Aldo Trupiano e Fabio d'Amico per l'occasione che mi hanno dato, il tutor Andrea Servillo e tutti i colleghi dell'ufficio per i consigli e l'affetto mostratomi durante il tirocinio; e tutte le persone del cantiere che hanno contribuito a rendere viva questa esperienza.

Ringrazio in particolare i miei genitori per la possibilità che mi hanno dato nel poter intraprendere questo percorso di studi e mio fratello per avermi aiutato nel portarlo a termine, e tutti i familiari che mi sono stati vicini durante questo cammino.

Infine un ringraziamento ai compagni di corso per la collaborazione e la vicinanza in questi anni accademici.