

Note per le slide delle lezioni del corso "Organizzazione della produzione navale".

Cap. 4 – IL PROCESSO DI FABBRICAZIONE

Slide 1.

Lo scopo di questo capitolo, avendo a riferimento la costruzione di navi passeggeri, è descrivere il *Processo di fabbricazione di Cantiere*¹ nelle varie fasi che vanno dall'inizio delle lavorazioni di officina alla consegna della nave.

Introdurremo al **par. 2** il concetto di *Group Technology*, largamente diffuso nella cantieristica navale, quale metodologia di raggruppamento dei componenti della nave ai vari *livelli* di lavorazione ai fini dell'utilizzazione ottimale delle tecnologie di lavoro e dell'impiego delle professionalità dei lavoratori coinvolti, della programmazione delle attività di lavoro e di controllo di avanzamento e di performance (produttività del processo e della prestazione lavorativa).

Definiremo quindi al **par. 3** come si articolano i processi di lavoro nelle varie aree, chiamate *Aree Tecnologiche Omogenee*, strettamente correlate all'applicazione della Group Technology.

Nel **par. 4** si descriveranno le *mappe di processo*, quali sequenze omogenee di lavorazione dei vari componenti che attraversano le varie aree tecnologiche di lavoro e come sia possibile servirsi di queste mappe per simulare completamente il processo produttivo e il piano delle attività di fabbricazione, in particolare quello di costruzione dello scafo della nave.

Al **par. 5** si vedrà come alla struttura del processo produttivo corrisponde la struttura organizzativa delle varie responsabilità raccolte per Officina e per Centro produttivo.²

Nei paragrafi successivi si spiegherà cosa si intende per norme e standard di lavorazione, per concetti di gestione dei materiali, degli appalti e delle forniture chiarendo qual è l'applicazione consueta del *make or buy* delle attività di cantiere.

Infine, nel paragrafo conclusivo saranno illustrati i contenuti e le finalità dell'attività che prende il nome di *Production Engineering*, la quale con un approccio interdisciplinare³ si occupa dello studio dei processi di lavoro, delle metodologie, dell'impiego ottimale delle risorse tecnologiche del Cantiere, in definitiva della fattibilità costruttiva della nave in Cantiere, oltre che dell'innovazione tecnologica applicata ai processi di produzione.

Par. 4.1 - Life cycle di fabbricazione

Slide 2-5.

Rivediamo nuovamente queste slide che ci ricordano, **slide 2**, come la fabbricazione (*Production and Delivery*) rappresenti la *terza fase del life cycle di costruzione* della nave, dopo quindi le fasi di Avvio (*Start*) e di Sviluppo (*Development*), riguardanti le attività di Progettazione e di Acquisti (*Procurement*).

Il *diagramma di flusso del processo di fabbricazione* è illustrato, come abbiamo già visto in precedenza, nella **slide 3**. Nel processo consueto di Cantiere l'inizio delle attività riguarda

¹ Ci si riferisce al "*ciclo proprio*" di Cantiere per distinguerlo dalle attività eseguite da Terzi come fornitura completa, chiamata anche "*chiavi in mano*" (*Turn-key supply*). Vedremo nel cap. 5 come vengono processate le forniture di questo tipo.

² Il *Centro produttivo* è un insieme di Officine, come vedremo.

³ Questa attività, svolta in Team, coinvolge professionalità dell'Ingegneria, della Produzione di officina, del Controllo di produzione, come vedremo più avanti.

la lavorazione dei materiali grezzi dello scafo e dell'allestimento⁴, il processo quindi si evolve con la prefabbricazione a terra in officina dei *blocchi di scafo*, del pre-montaggio e del pre-allestimento sia in aree coperte che scoperte del Cantiere⁵ per assemblare delle grandi *Unità di montaggio*, attività che si accompagna con il necessario anticipo temporale all'impostazione e al montaggio della nave in bacino o sullo scalo; dopo il varo, con nave ormeggiata a banchina, si completano le attività di allestimento e di test dei vari impianti di bordo, con il commissioning e con le prove a mare, fino alla consegna all'Armatore.

Il tempo di fabbricazione (*Lead-time di fabbricazione*) è illustrato nella **slide 4**, che riporta una tempistica standard delle varie fasi descritte nella slide precedente.

I tempi indicati sono riferiti alla costruzione di *prototipi*⁶ di grandi navi passeggeri, tipicamente *70.000-150.000 TSL*: sono delle tempistiche limite, non facilmente e ulteriormente comprimibili se non con il rischio di possibili maggiori costi e diseconomie dovute alla difficoltà di mantenere un adeguato standard della qualità delle lavorazioni e della documentazione prodotta dalla progettazione.

La **slide 6** ci ricorda il lead-time di costruzione complessivo dalla firma contratto alla consegna con le milestones principali del ciclo di vita della produzione.

Par. 4.2 – Modello di riferimento: la Group Technology

Slide 6-7.

Per introdurre il concetto di *Group Technology*, già illustrato nel capitolo precedente, è necessario fare una premessa da carattere storico, di come cioè si è evoluto nel tempo il modo di costruire le navi.

In breve, fino al periodo tra le due guerre mondiali e all'introduzione della saldatura al posto della chiodatura, l'assemblaggio degli scafi metallici delle navi veniva fatto in maniera non dissimile da come si costruivano le navi in legno, ovvero pezzo a pezzo, di norma sullo scalo di varo. Il Cantiere preparava nelle officine di terra i vari componenti dello scafo, lamiera, profili, costole, bagli e anguille, tagliati e curvati a misura, questi componenti venivano trasferiti sullo scalo e a partire dalla posa della chiglia si montavano via via le lamiere di fasciame e le strutture interne di rinforzo, pezzo a pezzo. Completato lo scafo, una squadra di tracciatori "*marcava*" (tracciava), con gli schemi funzionali e i piani di sistemazione preparati dall'ingegneria, i percorsi e le posizioni dei vari impianti, in accordo con il repertorio/WBS, e compilava il "*quaderno del rilevato di bordo*"; con queste informazioni le officine di terra fabbricavano i tubi, le condotte, le varie carpenterie, etc., componenti che venivano quindi allestiti a bordo impianto per impianto.

Evidentemente questo modo di procedere comportava un lungo tempo di costruzione e di impegno dello scalo: per produrre di più era necessario quindi avere più linee di costruzione e quindi più scali per sviluppare la produzione di più navi in parallelo, come potrete constatare vedendo vecchie fotografie di cantieri dell'epoca.

⁴ Come vedremo al cap. 6, la prefabbricazione dei componenti di allestimento quali tubi, condotte, carpenterie varie è ormai residuale in un Cantiere moderno: questi componenti e i relativi accessori vengono fatti costruire all'esterno e/o acquistati sul mercato.

⁵ Le attività di pre-montaggio e di montaggio in bacino sono usualmente svolte, nei Paesi con clima temperato come l'Italia, all'esterno e quindi esposte alle condizioni climatiche del luogo, di norma non proibitive. Nei Paesi freddi del Nord-Europa, invece, queste attività vengono svolte al coperto in grandi officine, come vedremo in alcuni esempi di Cantieri nel cap. 6.

⁶ Per *nave prototipo* si intende una nave di nuova progettazione, di consueto e auspicabilmente per il Cantiere la prima di una serie di più navi.

Fu durante il secondo conflitto mondiale che negli Stati Uniti, dovendo rendere disponibili in breve tempo molte navi per il trasporto di carburante e altre merci per rifornire le zone di guerra, fu adottata una nuova metodologia di costruzione, ovvero la prefabbricazione di blocchi dello scafo nelle officine di terra, potendo così ridurre il tempo di costruzione della nave sullo scalo. Le famose navi “Liberty”, costruite all’epoca a migliaia, sono state il banco di prova della messa a punto della nuova metodologia della prefabbricazione.

L’impiego della prefabbricazione richiedeva lo studio delle varie parti costituenti i blocchi e di come comporre le strutture dei blocchi non per componenti ma per insiemi e sottoassiemi prefabbricati dei componenti, per esaltare il concetto di prefabbricazione e di specializzazione delle aree di lavoro dedicate alla loro composizione e costruzione.

Si formavano quindi dei pacchetti di lavoro *raggruppati per metodologia di lavoro* in base alla morfologia dei pezzi da lavorare. Questo metodo di lavoro, fondato sulla preparazione del lavoro e quindi sullo studio dei processi di lavoro, favoriva la programmazione del lavoro, la riduzione dei tempi di costruzione e il controllo dell’avanzamento del lavoro stesso.

Ad esso fu dato il nome di *Group Technology*.

Negli anni successivi al secondo conflitto mondiale questo metodo di lavoro fu perfezionato e completato, dando enfasi anche al preallestimento sui blocchi di scafo, dalla cantieristica giapponese, la quale determinò la propria leadership proprio per la capacità di sviluppare queste metodologie prima e meglio dei concorrenti.

La **slide 6** ci introduce al concetto di Group Technology, cosa si intende per *piattaforma nave* nel linguaggio di Cantiere, si richiama la WBS di fabbricazione, già vista nel capitolo precedente, di che cosa si deve tener conto per organizzare il processo di fabbricazione, ovvero i processi di lavorazione, la tecnologia coinvolta, la programmazione e il controllo di avanzamento delle attività lavorative, il costo del processo e quindi la performance produttiva.

La **slide 7** definisce il concetto di Group Technology la cui evoluzione storica si è descritta in precedenza.

La prefabbricazione a terra dello scafo presuppone la suddivisione dello scafo in *Zone*, in sottozona (*Unità*), in sotto-sottozona (*Blocchi*), a loro volta in *sottoblocchi*, *assiemi*, *sottoassiemi*, *componenti*, ovvero in *livelli* omogenei a complessità progressiva e gerarchica (come si dice “ad albero”), secondo il concetto della WBS di prodotto/processo: *il raggruppamento degli oggetti omogenei per livello presuppone lo stesso processo, la stessa tecnologia, la stessa professionalità dei lavoratori coinvolti per ciascun gruppo omogeneo di parti per livello. Ecco cos’è la Group Technology.*

Slide 8-11.

La suddivisione della nave in zone deve tener conto della natura e della destinazione degli spazi di bordo, che sono spazi allestiti e arredati e, in particolare per le navi passeggeri, delimitati dalle zone tagliafuoco e dalla compartimentazione sotto il ponte paratie: la scelta delle zone sarà quindi condizionata dagli spazi allestiti oltre che dalla dimensione commerciale delle lamiere e delle caratteristiche dimensionali delle aree di lavoro, come vedremo, dei blocchi scafo⁷: in accordo quindi con il piano generale, la nave viene suddivisa per anelli verticali e per livelli orizzontali come illustrato nella **slide 8**: i diversi colori mostrano le diverse zone identificate con un codice alfa-numerico predefinito.

⁷ Le dimensioni geometriche dei blocchi prefabbricati di scafo sono condizionate non solo dalla scelta delle zone nave e dalle dimensioni commerciali delle lamiere e dei profili quanto dalle caratteristiche dimensionali, tecnologiche e dei mezzi di sollevamento delle aree di lavoro (vincoli di peso e di dimensione). Lo studio di fattibilità costruttiva ha come scopo l’ottimizzazione o il buon compromesso di tutti questi fattori.

Come vedete gli anelli, la cui dimensione longitudinale è un multiplo dell'intervallo di ossatura, suddividono la nave verticalmente e determinano la dimensione longitudinale dei blocchi di scafo (e viceversa).

Le Zone sono chiaramente e necessariamente delimitate da uno o più anelli.

Per quanto riguarda la suddivisione verticale, si veda la sezione trasversale a maestra, sono individuati di norma 4 livelli: il 1° livello arriva fino al ponte paratie e contiene di fatto le aree dei compartimenti e degli impianti operativi della nave, oltre che le aree equipaggio; il 2° livello arriva al ponte imbarcazioni e contiene in gran parte le aree pubbliche, i ristoranti principali e le cucine; il 3° livello è quello relativo ai ponti molto ripetitivi dedicati alle cabine passeggeri e comprende anche la plancia; il 4° livello è quello delle sovrastrutture con i ponti aperti delle aree lido e delle aree pubbliche e dei ristoranti correlati.

Ciascuna *Zona* è quindi un contenitore, per quanto possibile completo di spazi allestiti e arredati. Va da sé che una zona non dividerà a metà un compartimento o una zona tagliafuoco.

Questo concetto si capisce a maggior ragione con le **slide 9 e 10**, già viste, ma che ci fa capire che una zona è una parte integrale della nave, quindi è costituita dallo scafo e dall'allestimento dei locali contenuti al suo interno, nel contempo questa suddivisione permette il massimo e completo sviluppo del preallestimento e quindi delle lavorazioni a terra nelle condizioni migliori per ridurre i tempi di lavorazione e i relativi costi, oltre che favorire una progettazione esecutiva (*shop drawing*) razionale ed esaustiva legata alla chiara delimitazione degli spazi.

I tre concetti sui quali si basa il processo produttivo e tecnologico sono riassunti nella **slide 11**. Come vedremo, lo scopo della *Production Engineering*, ovvero lo studio di fattibilità costruttiva della nave e quindi di ottimizzazione dei fattori produttivi, *prodotto-processo-tecnologia-risorse e prestazione*, è informato a questi tre criteri.

Par. 4.3 - Articolazione del Processo, Aree Tecnologiche.

Slide 12-13.

L'organizzazione del processo di costruzione è articolata in *Aree Tecnologiche Omogenee* (ATO). Lo schema elementare della ATO è rappresentato nella **slide 13**: essa è essenzialmente costituita da un'area fisica o da un'attività, dotata delle necessarie risorse umane e tecnologiche, che riceve del materiale e della relativa documentazione di lavoro (liste materiali, disegni di fabbricazione, istruzioni-metodi-procedure di lavoro, ordine di lavoro e programma).

Nell'area viene quindi sviluppato un processo tecnologico definito da una tecnologia dedicata e specifica (omogenea con la fase specifica del processo e con il prodotto da realizzare) o da professionalità idonee specifiche (se si tratta di un'attività manuale di montaggio o di controllo e collaudo). Il prodotto/attività dell'area viene quindi consegnato all'area di stoccaggio dell'area tecnologica successiva.

Ciascuna area tecnologica rispetto alle aree tecnologiche successive opera con il criterio del fornitore/cliente, in termini di rispetto dei tempi di fornitura e della qualità del prodotto/attività.

Poiché l'area lavora per ordini di lavoro o pacchetti di attività definiti, il *tempo o periodo di attraversamento*, ovvero il tempo richiesto per la lavorazione del pacchetto dal tempo di immagazzinamento all'ingresso dell'area di lavoro al periodo di tempo richiesto per

eseguire il processo e fornire il prodotto a valle, è una grandezza essenziale ai fini della programmazione dell'insieme delle attività e quindi in definitiva del *lead time* di commessa⁸.

Il tempo di attraversamento è caratteristico di ciascuna area tecnologica omogenea e deve essere uguale per tutte i pacchetti di lavoro che attraversano l'area stessa. Va da sé che l'ottimizzazione del processo richiede una definizione dei *pacchetti di lavoro* coerenti con questo vincolo e delle risorse umane e tecnologiche impiegate in modo da evitare attese e sprechi lungo il processo produttivo.

La progettazione del processo produttivo e la sua organizzazione funzionale agli obiettivi descritti è il target della Production Engineering.

Siamo ora in grado di commentare i contenuti della **slide 12**, che illustra l'articolazione del processo produttivo in aree tecnologiche omogenee.

Faccio notare che le singole ATO sono certamente caratterizzate dal prodotto/attività che vi viene lavorato, dalla tecnologia utilizzata e dalla professionalità delle risorse umane impiegate: quando l'attività è di tipo manuale o intellettuale la tecnologia utilizzata è la professionalità e l'attrezzatura del personale impiegato⁹.

Un processo completo può richiedere più aree tecnologiche per essere realizzato, si pensi ad esempio alla prefabbricazione di un blocco di scafo dalla lavorazione dei componenti a tutte le fasi successive, come già descritto.

L'insieme omogeneo di queste ATO va a formare un'*Area Tecnologica Integrata* (ATI): le *Officine di Cantiere* sono delle ATI sul piano organizzativo, come vedremo tra poco.

La slide si completa con l'elencazione dei parametri caratteristici e descrittivi delle ATO e quindi delle ATI.

Par. 4.4.1 - Mappe di processo

Slide 14-16.

Il definito percorso di fabbricazione di un prodotto che richiede lavorazioni in più ATO e che va a formare una corrispondente ATI, quale determinato reticolo di attraversamento di più ATO, prende il nome di *mappa di processo*, come illustrato nella **slide 14**.

Osservo che l'insieme delle mappe di processo, in altre parole la banca dati delle mappe di processo, costituisce la descrizione standardizzata ed ottimizzata del processo produttivo di costruzione della nave nelle sue due attività caratterizzanti: lo Scafo e l'Allestimento.

La **slide 15** definisce appunto queste due famiglie di mappe di processo, mentre la **slide 16** riassume l'intero processo di costruzione organizzato per ATI con le due famiglie di mappe di processo scafo e allestimento. Vedremo che questa mappatura del processo corrisponde biunivocamente alla struttura organizzativa del cantiere articolata in officine e Centri di produzione.

Slide 17-21.

Abbiamo introdotto in precedenza il concetto di *banca dati delle mappe di processo* e quindi di studio e di definizione standardizzata delle attività produttive: la **slide 17** ci fornisce

⁸ Il tempo o periodo di attraversamento è un parametro programmatico e non va confuso con la somma dei tempi elementari di lavoro spesi dalle risorse umane o dalle macchine nelle singole fasi del processo di lavoro. Quest'ultimi possono variare in funzione della dimensione dell'attività costituente il pacchetto di lavoro, come vedremo in seguito.

⁹ Si riveda la definizione di Group Technology nella **slide 7**.

un esempio più generale del concatenamento e delle relazioni tra le ATO, relazioni codificate nelle mappe di processo, ATO che concorrono alla prefabbricazione dei blocchi di scafo a partire dalla lavorazione dei componenti e dalla successiva prefabbricazione degli stessi¹⁰.

Come si vede *l'Officina Navale (NAV)* si compone di 5 ATO, comprendendo

- l'area di immagazzinaggio e trattamento dei materiali ferrosi,
- il taglio lamiera
- la curvatura lamiera
- il taglio profili
- la curvatura profili

sono aree tecnologiche con impiego di impianti automatizzati e/o robotizzati.

L'Officina di Prefabbricazione (PRF) si compone anch'essa di 5 ATO, comprendendo le aree di prefabbricazione dei:

- sottoassiemi,
- pannelli piani
- blocchi piani
- blocchi curvi
- blocchi speciali (estremità complesse della nave, ad esempio il blocco con il bulbo o quello con le fuoriuscite delle linee d'assi)

Anche queste sono aree tecnologiche con possibile e largo impiego della meccanizzazione e dell'*automazione flessibile*¹¹.

In particolare l'area di prefabbricazione dei *sottoassiemi*, ovvero delle strutture di rinforzo interne ai blocchi, è stata una delle prime applicazioni circa 30 anni fa dell'*automazione flessibile* con le stazioni di lavoro robotizzate collegate e alimentate da mezzi teleguidati (*AGV: automated guided vehicle*); poiché le linee automatiche di lavorazione dei sottoassiemi possono comprendere anche la stazione di taglio automatico delle basi di lamiera, quest'area può essere considerata dal punto di vista organizzativo un'attività terminale dell'Officina Navale o un'attività iniziale dell'Officina Prefabbricazione.

NAV e PRF sono in definitiva le due Officine/ATI della prefabbricazione dei blocchi dello scafo nave¹².

La **slide 18** descrive le fasi o cicli di lavoro elementari standard codificati per ciascuna ATO dell'Officina Navale. I pezzi da lavorare sono raggruppati in famiglie per similitudine di forma e di contenuto di lavoro e quindi valorizzati in termini di costo. Ciascuna famiglia ha associata una mappa di processo.

Analogamente, la **slide 19** descrive le fasi o cicli di lavoro elementari standard codificati per ciascuna ATO dell'Officina Prefabbricazione.

Un esempio concreto è illustrato nella **slide 20**, con riferimento ad un blocco scafo standard. Come vedete esiste una raccolta di famiglie di diversi blocchi standard (a sinistra

¹⁰ MAS/NAV, codifica utilizzata in Fincantieri, sta per *Officina Navale (NAV)*, che è una ATI del Centro Manufatti Scafo (MAS) dedicata alla lavorazione dei componenti di scafo (lamiera e profili). MAS si completa con *l'Officina di Prefabbricazione dei blocchi scafo (MAS/PRF)*.

¹¹ Per sistemi di *automazione flessibile (Flexible Manufacturing Systems: FMS)* s'intendono impianti o linee automatizzate con impiego di robot, i quali, essendo riprogrammabili di volta in volta, si adattano alle diverse forme dei pezzi da lavorare, quindi assicurano un impiego *flessibile*, a differenza della meccanizzazione/automazione *dedicata* nella quale sono automatizzati determinati cicli di lavoro ripetitivi riferiti a pezzi di configurazione determinata e rigida.

¹² Molto spesso, per economie di scala o per necessità produttive, le lavorazioni di Officina Navale e dei sottoassiemi vengono assegnate a terzi in outsourcing in ragione anche della facile trasportabilità: la tendenza quindi è quella di concentrare la produzione interna e l'applicazione di sistemi automatizzati e flessibili alle sole aree di prefabbricazione dei blocchi.

della slide), per ciascuna famiglia è associata una mappa di processo (la vedete rappresentata sulla destra della slide) e una **distinta standard d'ingegneria**¹³ che descrive il contenuto del blocco e le quantità di pezzi e le dimensioni. Noterete che le quantità e le dimensioni sono rappresentate per un blocco standard entro un determinato range, tale da non modificare il contenuto di lavoro e il tempo di attraversamento delle singole ATO.

Ciò permette, come vedremo più avanti, l'applicazione di sistemi di simulazione per programmare la produzione e determinare il carico di lavoro, senza disporre dei disegni definitivi da parte della progettazione ma solo dell'elenco e della tipologia degli oggetti da lavorare: questo permette di pianificare la produzione con largo anticipo sulla disponibilità della documentazione di lavoro esecutiva¹⁴.

La **slide 21** illustra la scheda dell'analisi dei cicli di lavoro associati alla mappa di processo e riporta per ciascuna ATO i tempi di lavoro e i tempi di attraversamento, quest'ultimi rappresentati nel diagramma di Gantt¹⁵ della programmazione temporale.

Slide 22-24.

Nella slide precedente abbiamo visto l'analisi di dettaglio della mappa di processo di un blocco: le **slide 22, 23 e 24** rappresentano altri esempi di mappe di processo nelle quali sono riportate le fasi elementari di assemblaggio (prefabbricazione) in sequenza e i tempi di lavoro relativi a ciascuna fase delle famiglie standard di tre tipologie di prodotti: *blocchi piani, sottoassiemi, blocchi curvi*.

Anche qui l'analisi del lavoro porta alla standardizzazione dei vari processi con la finalità programmatica descritta in precedenza. Come potete costatare si tratta di schede che riportano lo studio e l'analisi razionale dei cicli di lavoro dei vari manufatti.

L'insieme delle schede forma la banca dati dei cicli standard di lavorazione dei blocchi di scafo.

Slide 25-26.

Dalle schede relative alle mappe di processo standard raccolte nella banca dati si passa poi alla nave al vero in produzione con la programmazione per blocco e per ATO, come rappresentato rispettivamente nelle **slide 25 e 26**¹⁶. Come vedete le attività sono sequenziate e quindi sono rappresentate con un *Reticolo di programmazione*. L'esempio qui rappresentato è il risultato di un sistema di simulazione che realizza una *programmazione a risorse finite*¹⁷, di cui parleremo tra poco.

¹³ *In definitiva la distinta base di ingegneria è di fatto la mappa di processo di ciò che deve essere lavorato.*

¹⁴ Si ricordi a questo proposito quanto si era detto nel capitolo precedente sul *Concurrent engineering* e quindi sul fatto che la progettazione si sviluppa, per un prototipo, quasi in parallelo alla produzione. La standardizzazione illustrata permette la pianificazione della produzione affrancandosi dalla disponibilità della progettazione.

¹⁵ *Diagramma di GANTT*: dal nome del suo inventore, lo statunitense Henry Lawrence Gantt: rappresenta la WBS delle attività necessarie a sviluppare un prodotto o un progetto, come nel nostro caso. In ascisse si riportano le durate di ciascuna attività ed in ordinate le attività previste. Il limite di questo strumento è che non vengono rappresentati i legami e le interdipendenze tra le attività: la programmazione reticolare sopperisce a questo limite, come vedremo nel prossimo capitolo.

¹⁶ Un *reticolo di programmazione o diagramma reticolare* rappresenta le attività tenendo conto dei vincoli di successione e di interdipendenza tra le stesse.

¹⁷ Programmare a risorse finite significa verificare che le risorse a disposizione in termini di capacità produttiva siano sufficienti a sviluppare il carico di lavoro previsto: in caso contrario è necessario variare lo sviluppo delle attività nel tempo e/o provvedere maggiori o minori risorse senza dover soffrire ritardi di programmazione per quanto possibile. Un sistema di simulazione è tale quando opera in automatico questo bilanciamento delle risorse con le attività.

Slide 27-30.

Queste slide mostrano dei disegni di manufatti “esplosi” che vengono utilizzati in produzione per rendere facilmente comprensibile, quale istruzione di lavoro, la sequenza delle attività previste con le mappe di processo.

Le schede di disegni “esplosi” vengono raccolte in un fascicolo per ciascuna nave in costruzione. Le **slide 27 e 28** rappresentano esempi relativi ai blocchi nella fase di prefabbricazione, la **slide 29** è un esempio di sequenza di composizione dei blocchi per assemblare una *Unità di montaggio*, la **slide 30** è chiamata in gergo *l'esplosione nave* e raccoglie tutte le Unità/blocchi che vengono montati in bacino per costruire la nave. Come vedete gli esplosi sono delle istruzioni di lavoro e vengono preparati in fase di *Production Engineering*, come vedremo.

Slide 31.

Nel dimensionamento o nella verifica della capacità produttiva di un Cantiere si definiscono le varie ATO/ATI tenendo appunto conto delle elaborazioni illustrate in precedenza.

Un esempio di schema organizzativo delle ATO/ATI è rappresentato nella **slide 31** e per ciascuna area è indicata la performance prevista.

Slide 32-33.

Quanto è stato commentato in precedenza viene concettualmente riassunto in queste due slide che sottolineano essere un punto di forza del vantaggio competitivo che l'analisi dei processi lavorativi può dare al Cantiere.

L'idea e la prassi di studiare e standardizzare i prodotti/processi di lavoro vengono da lontano: anche in questo campo la cantieristica leader è stata quella giapponese già oltre 50 anni fa, con l'applicazione di *reticoli standard di programmazione* delle attività di scafo e di allestimento. Le differenze sostanziali tra ieri ed oggi sono così riassumibili:

- lo studio delle reti di programmazione riguardava attività predefinite e già progettate perché si riferivano a navi mercantili, petroliere e bulk in particolare, da costruire ripetutamente in serie e non navi ancora da progettare;
- Il supporto informatico di allora era costituito da SW utilizzabili solo da specialisti con computer centralizzati quindi poco flessibili e non certo da sistemi SW simulativi e da computer portatili in rete che ancora non esistevano;
- la pre-definizione standard di un numero discreto di famiglie di oggetti simili con mappe di processo associate e descritte a livello della distinta di ingegneria standard ha permesso di affrancarsi dalla necessità di trattare oggetti già progettati: questa condizione consente quindi di poter affrontare la programmazione delle attività di una nave prototipo complessa come una nave passeggeri come fosse una nave ripetuta e in maniera anticipata rispetto allo sviluppo reale delle attività;
- la disponibilità di banche dati e di SW di simulazione potenti e utilizzabili in rete con computer portatili è stato ed è il supporto informatico idoneo a poter rendere operativa ed efficace questa nuova impostazione metodologica e di studiare e di gestire il processo di costruzione coinvolgendo non degli specialisti dedicati ma direttamente i responsabili di produzione.

Par. 4.4.2 - Piano delle attività di fabbricazione

Slide 34-35.

Abbiamo visto che tutto il lavoro di analisi e definizione delle attività del processo produttivo permette di elaborare i programmi di lavoro delle aree di lavoro (ATO) e delle Officine (ATI). Queste attività si sviluppano in modo ordinato e sequenziale e vengono a determinare il **Piano delle attività per area e per officina (ATO/ATI)**.

L'insieme di tutti i piani delle attività di scafo e di allestimento riferito al periodo di costruzione che va dall'inizio lavorazioni al varo della nave, quindi le attività di cantiere relative alla costruzione della *piattaforma nave* costituisce il **Programma integrato o Piano allacciamento Centri di Produzione¹⁸**, come riassunto nella **slide 34**.

La **slide 35** riporta gli elementi necessari nelle varie ATO per poter svolgere ogni singola attività produttiva in un determinato tempo e con una definita prestazione (produttività del lavoro). Ciascuna attività, lo vedremo anche in seguito come, viene "lanciata" in produzione in base alla programmazione definita con un dedicato **Ordine di Lavoro**, chiamato anche **Cedola di lavoro**, con le finalità descritte nella slide.

L'insieme degli ordini di lavoro prende il nome di **Piano di Cedolazione** e corrisponde in termini operativi al piano delle attività per ciascuna area di lavoro (ATO/ATI).

Slide 36.

Sono indicate con il loro significato in questa slide alcune comuni terminologie di Cantiere.

In generale i *lotti di lavorazione* sono insiemi di attività e/o di prodotti necessari per ottenere adeguati volumi di lavorazione e/o di ordinazione dei materiali e quindi un buon compromesso tra le diverse esigenze produttive.¹⁹

I *livelli di lavorazione dello scafo*, di cui si è già parlato, individuano le progressive e crescenti fasi di assiemaggio nella prefabbricazione dello scafo, descritte con le mappe di processo.

Le *fasi o stadi di allestimento* sono una terminologia utilizzata per individuare i tre differenti momenti dell'attività di allestimento.

In generale, allo scopo di ridurre i tempi di costruzione della nave e i costi di trasformazione, le metodologie moderne di costruzione puntano a sviluppare le attività lavorative nelle condizioni migliori dal punto di vista ambientale e dei mezzi di produzione impiegati. Ciò vuol dire ridurre il più possibile le lavorazioni fatte a bordo, cioè in bacino o a banchina, in quanto più disagiate e meno assistite, rispetto alle lavorazioni fatte nelle officine a terra.

Per questa ragione, lo abbiamo già visto, si costruisce lo scafo facendo ricorso alla prefabbricazione a terra e, analogamente ed in contemporanea, si sviluppa l'attività di allestimento sui blocchi prefabbricati (*preallestimento*) e sulle Unità di montaggio (*allestimento anticipato*), cercando di rendere residuali le attività di completamento dell'allestimento.

¹⁸ Questa terminologia è quella adottata da Fincantieri. Va da sé che in altre Società gli stessi programmi possano utilizzare una terminologia diversa.

¹⁹ Ad esempio: riduzione dello sfrido di materiale in lavorazione, sufficiente volume di acquisto dei materiali, comune programmazione temporale delle attività, omogenei volumi e contenuti di lavoro e di durata di lavorazione, buon controllo di avanzamento, ridotti tempi di stoccaggio, etc.

4.5 - La Struttura organizzativa

Slide 37.

Si è descritto fin qui il processo tipico di Cantiere (detto anche *ciclo proprio*), organizzato in Officine e in Centri Produttivi, dedicato alla costruzione della *piattaforma nave* (*Platform*) e di come vengano individuate e programmate le attività di prefabbricazione e di montaggio per arrivare fino al varo.

Il varo determina uno spartiacque con le attività di allestimento che si completano dopo il varo e soprattutto con le attività che interessano il cosiddetto carico pagante (*Payload*), ovvero la parte di nave dedicata ai passeggeri. Di consueto queste attività, in gran parte di arredamento, sono o possono essere in parte oggetto di fornitura da parte di terzi.²⁰

La struttura organizzativa del Cantiere è disegnata per poter gestire l'insieme di tutte le attività della nave direttamente o coordinando le attività a bordo nave dei Fornitori e delle ditte di appalto.²¹

La **slide 37** illustra un esempio di struttura organizzativa di un grande Cantiere per la produzione di navi passeggeri. Come vedete ci sono **4 Centri Produttivi**, il *primo Centro* dedicato alla prefabbricazione dello scafo a terra, il *secondo Centro* dedicato al pre-montaggio delle Unità, al montaggio dello scafo in bacino e al preallestimento e allestimento anticipato, il *terzo Centro* dedicato al completamento delle attività di allestimento e al commissioning, il *quarto Centro* al coordinamento delle attività riguardanti le aree di Payload.

Lo schema organizzativo si completa poi con l'insieme dei Fornitori (*Supplier*) e delle ditte di appalto (*Subcontractor*). L'attività logistica riguarda la gestione dei magazzini, della manipolazione e dell'imbarco dei materiali e delle attività di assistenza alla produzione e di sorveglianza e di sicurezza a terra e a bordo.

Il risultato finale è la consegna della nave.

Slide 38-40.

Abbiamo osservato in precedenza, si ricordi la **slide 16**, che l'assetto organizzativo del Cantiere, Officine e Centri produttivi, sposa il processo organizzato in ATO e in ATI. Le slide che seguono confermano questa affermazione.

Le strutture organizzative dei 4 Centri produttivi sono illustrate in queste slide.

La **slide 38** riguarda l'organizzazione del *Centro Manufatti Scafo (MAS) dedicato alla prefabbricazione dello scafo a terra*, con tutte le ATO/ATI organizzate, come abbiamo già visto, in due officine, l'*Officina Navale (NAV)* e l'*Officina Prefabbricazione (PRF)*²².

La **slide 39** riguarda l'organizzazione del *Centro Montaggio (MTG)* con le ATI/officine dedicate al pre-montaggio delle Unità, al preallestimento dei blocchi scafo e all'allestimento anticipato delle Unità, al montaggio in bacino; le officine si occupano sia dell'area di

²⁰ In realtà la suddivisione tra *piattaforma e carico pagante* (chiamato anche *Albergo o Hotel*) è più metodologica che pratica. Anche le attività riguardanti l'hotel seguono il criterio razionale della massima prefabbricazione e quindi si intrecciano programmaticamente ed esecutivamente con le attività di piattaforma. Ad esempio le attività riguardanti le cabine cominciano già nella fase di pre-montaggio delle Unità di scafo, intrecciandosi con l'allestimento anticipato.

²¹ Nel linguaggio corrente di Cantiere per *Terzi* s'intende un *Fornitore* che si occupa, normalmente con un contratto "*chiavi in mano*", della realizzazione di un determinato impianto specialistico, ad esempio l'automazione di apparato motore, o di una determinata area della nave, ad esempio la realizzazione del teatro di bordo, e provvede direttamente alla progettazione, alla fornitura e al montaggio con proprie *ditte in subappalto*; Le *ditte di appalto*, nel linguaggio corrente, sono invece quelle alle quali il Cantiere assegna una parte delle proprie attività tipiche (*ciclo proprio*).

²² Stiamo sempre usando una terminologia in uso presso Fincantieri.

piattaforma che dell'area di payload. Esse sono 2: *L'Officina di Pre-montaggio scafo e Pre-allestimento (PRM)*, *l'Officina di Montaggio scafo (MON)*.

La **slide 40** riguarda l'organizzazione degli altri due Centri, il *Centro Bordo (BOR)* e il *Centro Albergo (ALB)*.

Il *Centro Bordo*, dedicato al completamento delle attività di allestimento, è organizzato in 4 ATI/Officine, *l'Apparato motore (APP)*, *il Fuori apparato motore (FAM)*, *Impianti elettrici (ELE)*, *Servizi e Assistenza logistica (ASS)*.

Il *Centro Albergo* è dedicato al coordinamento e alla supervisione delle attività dei Fornitori nell'area hotel con Team dedicati di supervisor: cabine, aree pubbliche, catering, impianto di condizionamento.²³

Un esempio di organizzazione dei Team è illustrato nella **slide 45**.

Slide 41-43.

L'organizzazione di Cantiere si avvale di altri 3 Centri di supporto alla produzione e le cui funzioni sono illustrate sufficientemente nella **slide 41**:

- *Il Centro Preparazione lavoro (PLA)*
- *il Centro Controllo Produzione (COP)*
- *il Centro Metodi (MET)*

L'organizzazione di Cantiere si completa infine con il *Centro Servizi* che si occupa degli investimenti tecnologici, della manutenzione degli impianti e delle problematiche ambientali.

Le officine di produzione, più volte citate in queste note sono elencate nella **slide 42**, mentre la **slide 43**, a titolo di esempio, mostra lo sviluppo temporale delle attività di ciascuna officina dall'inizio lavorazione alla consegna nave.

Slide 44-45.

Queste slide mostrano esempi reali di *Organigramma di Cantiere*: la **slide 44**, utilizzando le sigle già viste, mostra l'organigramma completo di un Cantiere tipo Monfalcone.

La **slide 45** è un altro esempio di organigramma di Cantiere di minore complessità ma nel quale si vede meglio l'articolazione organizzativa del Centro Albergo (*Accommodation Department*).

4.6 – Make or buy. Forniture ed appalti

Slide 46-48.

Si è già accennato in precedenza al significato dei termini *Make* e *Buy*. La slide ne riporta la definizione e nel contempo evidenzia, per una nave passeggeri, il peso economico di quanto viene acquistato (Buy) come materiali e servizi (circa il 60%), di forniture (circa il 20%), per un totale dello 80%; il valore del make è quindi di circa il 20%.

Per questa ragione si parla di industria cantieristica come industria trainante di un sistema industriale perché per una trasformazione che vale 1 ha un fattore moltiplicativo per il sistema economico che vale almeno 3-5, ovviamente nello specifico nella produzione di navi passeggeri, ma si può dire che vale in generale per la produzione cantieristica²⁴.

Va da sé osservare che il risultato economico della commessa dipende molto dalla capacità di saper acquistare quanto serve in maniera efficiente.

La **slide 47** riporta le definizioni e cosa si intende più precisamente, come si era già visto in precedenza, per Make, Buy, Fornitura e Appalto.

²³ Spesso l'impianto di condizionamento è realizzato non in fornitura ma direttamente dal Cantiere; in questo caso l'officina che si occupa dell'impianto è organizzata dal Centro Bordo.

²⁴ Si ricordi quanto già visto in precedenza nei par. 1.2 e 1.4.

La **Slide 48** indica qual è la logica delle scelte di make or buy e come quest'ultime abbiano un carattere strategico e dipendano dal modello di business e dal posizionamento di mercato che un'azienda intende realizzare.

Per un'azienda cantieristica è sicuramente fondamentale avere al suo interno la capacità commerciale, progettuale e di innovazione del prodotto e il controllo e lo sviluppo dei processi di costruzione a maggior valore aggiunto e dove l'impiego della tecnologia determina un vantaggio competitivo rispetto alla concorrenza e all'indotto industriale.

Slide 49-51.

Le slide, secondo un metodo di rappresentazione tipico delle società di consulenza aziendale o degli studiosi di gestione aziendale, riportano degli esempi di utilizzo di matrici decisionali (*Decision Matrix*) con le quali si può rappresentare le possibili opzioni dei processi caratteristici dell'azienda, pesarle e confrontarle, quindi valutare cosa fare, **slide 50**, e quali azioni mettere in campo, **slide 50**, in termini di importanza (*High/Low*) e di differenziazione strategica, cosa tenere all'interno (*Internalize*) per ottimizzare e differenziare, cosa utilizzare (*Utilize*) o affidare all'esterno (*Outsource*), quindi in definitiva la strategia di *make or buy*.

La **slide 51** invece illustra le azioni possibili nell'applicare una strategia nella gestione della filiera di fornitura (*Supply Chain priority business component*) avendo a riferimento la stessa matrice decisionale.

4.7 – Concetti di gestione dei materiali

Slide 52-54.

Si fa riferimento in queste slide alla gestione dei materiali a magazzino, quale parte dell'attività più generale di approvvigionamento che abbiamo chiamato *Material Handling*.

La **slide 52** riporta la classificazione delle scorte in termini generali e riguarda tutti i materiali che “passano” a magazzino: materiali che servono per il processo produttivo e materiali lavorati e pronti per la consegna.²⁵

Nella costruzione navale, più in generale nella produzione a commessa, si impiegano comunemente i tre modelli di gestione come definiti nella **slide 53**, in ordine decrescente di valore dei materiali considerati.

Per quanto riguarda la gestione delle scorte si possono utilizzare i due metodi riportati nella **slide 54**: il metodo più comunemente utilizzato è quello della *quantità fissa* che si basa sul *punto di riordino* cioè quando la quantità in giacenza del materiale ha raggiunto un valore minimo prefissato. Nella slide si cita infine il metodo di acquisto più frequentemente utilizzato per approvvigionare i materiali a scorta, ovvero quello di stipulare *accordi quadro con Fornitori convenzionati*²⁶ ai quali spesso si assegna in *outsourcing* anche la gestione a magazzino esterno o interno all'azienda, in quanto ritenuta più efficiente e meno costosa.

²⁵ Una particolare categoria di materiali, qui non citati, sono i materiali *residuati*, ovvero i materiali conservati a magazzino che non sono stati utilizzati o prodotti finiti e invenduti. Poiché rappresentano un costo non remunerato, la gestione di magazzino deve operare per minimizzarli o azzerarli, facendoli riutilizzare in altre lavorazioni o vendendoli spesso come rottame.

²⁶ Per *accordo quadro o convenzione* qui si intende un contratto di fornitura che fissa standard, qualità, prezzi e volumi di fornitura di periodo (di norma quantità annuali), mentre le quantità che devono essere fornite vengono richieste di volta in volta dall'acquirente.

4.8 – Norme e Standard di lavorazione

Slide 55-57.

Nella costruzione navale non è possibile utilizzare materiali non certificati/non collaudati e di cui non sia dichiarata l'origine e le caratteristiche tecniche: come indicato nella **slide 55** questa è una condizione imprescindibile per poter ottenere il *Certificato di Classe nave* da parte dell'Ente di Classifica e di *Sicurezza e Igiene* da parte dell'Amministrazione di bandiera.

La gran parte dei materiali fanno riferimento a norme standard emanate dagli Enti di standardizzazione; i più comuni sono indicati nella slide.

Nel campo navale ci sono alcune norme importanti, indicate nella **slide 56**, norme alle quali fanno necessario riferimento i Registri di Classe e ovviamente i Cantieri e gli Armatori e che riguardano espressamente la normativa di sicurezza per la salvaguardia della vita umana in mare e di salvaguardia dell'ambiente.

Accanto alla certificazione dei materiali le aziende che operano in regime di qualità definiscono e utilizzano degli standard di lavorazione propri e riconosciuti di norma dagli Enti di Classifica, **slide 57**.

Gli standard di lavorazione hanno valenza contrattuale con il Cliente, oltre che da parte degli Enti di Classifica, ai fini dell'accettazione delle lavorazioni e della consegna nave, come vedremo meglio nel prossimo capitolo.

4.9 – Production Engineering (Presentazione separata)

Slide 1-3.

Abbiamo più volte citato in precedenza la **Production Engineering (P.E.)** per indicare che si tratta di un'attività di *progettazione del processo di costruzione della nave*, importante leva per raggiungere gli obiettivi indicati nella slide 1.

A tale scopo la **P.E.** deve intervenire fin dalle fasi iniziali del progetto per poter rappresentare ed integrare al meglio, insieme alla Progettazione, le esigenze della ottimizzazione del processo produttivo e della fattibilità.

La **slide 2** illustra questo concetto ricordandoci le varie fasi del ciclo di vita della nave e riassumendo le attività che devono essere sviluppate in ciascuna delle fasi che in gran parte si sono descritte in precedenza.

La **slide 3** sottolinea che la P.E. è un'attività interdisciplinare sviluppata da un Team dedicato che, nell'esempio qui riportato con riferimento all'organizzazione Fincantieri peraltro comune ad altre aziende cantieristiche, coinvolge molte funzioni aziendali a vari livelli: la responsabilità del Team compete comunque al Cantiere costruttore ed è assegnata al Centro Metodi. In questo esempio, poiché si tratta di un'azienda con più Cantieri, il Team di P.E. fa riferimento ad un Servizio Metodi centrale nella Business Unit, che ha compiti di indirizzo e di supporto.

Vediamo nelle slide seguenti il modo di operare iniziale dell'attività di P.E.

Slide 4-6.

Abbiamo visto nel capitolo precedente che in fase precontrattuale è necessario fissare lo *slot produttivo*, cioè il periodo di costruzione in bacino. Si tratta di un'attività di pianificazione generale che viene svolta dalla Business Unit o comunque dall'Ente aziendale centrale di pianificazione della produzione, ovviamente d'intesa con i Cantieri: un esempio di come è organizzata questa attività di pianificazione generale è illustrato nella **slide 4**.

La **slide 5** illustra lo schema logico della pianificazione di commessa: nella parte superiore della slide sono illustrate le attività di definizione a livello aziendale (Corporate e/o Business Unit) degli slot produttivi: il risultato è esemplificato nella **slide 6** con il **Piano IIVC** (*Inizio Lavori, Impostazione, Varo, Consegnare nave*), che avevamo già intravvisto al cap. 3.

Da qui si sviluppa l'attività vera e propria di P.E. in due direttrici:

- la Pianificazione preliminare (P.E. di **1° livello**) che porta alla Programmazione della Produzione (parte sinistra della **slide 5**),
 - la preventivazione delle ore di Manodopera del ciclo proprio del Cantiere, ovvero il carico di lavoro della manodopera delle Officine (*la scheda di commessa*), che viene declinato attività per attività in quello che abbiamo visto essere il *Piano di cedolazione* delle attività di officina (parte destra della slide).
- Vediamo ora tutto questo nelle slide seguenti.

Slide 7-10.

La documentazione di cui si avvale la P.E. è elencata nella **slide 7**: sono i documenti iniziali della nave, documenti che abbiamo già visto in precedenza quando si è citata la documentazione necessaria per la firma del contratto nave.

I prodotti (*Deliverable*) della **P.E. di 1° livello** sono elencati nella **slide 8**: vale la pena elencarli per priorità anche in questa nota; nelle slide che seguiranno ne sarà data una esemplificazione:

- suddivisione della nave in zone, unità, blocchi e stesura del programma imbarchi (montaggio in bacino e pre-montaggio Unità),
- elaborazione del target di commessa,
- definizione delle Mappe di processo,
- elaborazione del Programma preliminare allacciamento Centri (programmazione delle attività per ATO/ATI).

I prodotti della **P.E. di 2° livello** sono elencati nella **slide 9**: ne vedremo alcuni esempi nelle slide seguenti.

Lo sviluppo temporale delle attività di 1° e di 2° livello della P.E. rispetto allo sviluppo del programma nave è riportato nella **slide 10**. Come vedete si tratta di un programma nave che prevede al massimo 12 mesi di sviluppo della progettazione prima dell'inizio lavori in Cantiere. I 12 mesi scattano da quello che è chiamato "**Zero Point**", ovvero dal momento che la Progettazione di base ha consolidato la documentazione del progetto e la "passa" formalmente alla Progettazione funzionale.

Il documento programmatico più importante prodotto dalla P.E. in concomitanza con lo Zero Point è il *Target di commessa*: vedremo infatti nel capitolo 5 che il Project Manager elabora il *Programma generale integrato di commessa* facendo riferimento al programma Target.

Osserviamo ancora che nel 2° livello di P.E. la documentazione relativa alla prefabbricazione dei blocchi di scafo, al preallestimento degli stessi, al programma allacciamento centri operativo dovrà essere emessa necessariamente prima dell'inizio delle lavorazioni nelle officine.

Slide 11-15.

La prima fase dell'attività di 1° livello è riportata in queste slide. La **slide 11** riassume la verifica iniziale dello slot produttivo e, in base alle milestones IIVC colloca la durata delle attività officina per officina.

Le **slide 12, 13 e 14** mostrano sul piano longitudinale della nave la suddivisione in anelli, zone e unità di montaggio, con criteri che sono già stati illustrati in precedenza, quindi tenendo conto dell'intervallo delle ossature, della compartimentazione longitudinale,

trasversale e verticale, della compartimentazione tagliafuoco sopra il ponte paratie e infine della disposizione in generale dei locali della nave, non perdendo di vista la scelta base degli anelli quale multiplo dell'intervallo di ossature e delimitazione della dimensione longitudinale dei blocchi di scafo.²⁷

Si definisce quindi una sequenza ordinata di montaggio delle zone in bacino. I diversi colori delle zone corrispondono ai diversi mesi richiesti dal periodo di montaggio (**slide 14**). Questa è la premessa per elaborare in via preliminare il programma di montaggio in bacino delle previste Unità e blocchi di montaggio: questo programma deve tener conto della capacità produttiva del cantiere in termini di tonn/mese imbarcabili e naturalmente, a monte, della capacità produttiva di prefabbricare i blocchi e assemblare gli stessi in unità di montaggio.

La **slide 15** è un esempio parziale di programma e sequenza di montaggio della nave in bacino. Come vedete la sequenza è indicata con un segmento che unisce due unità contigue (qui indicate con l'altro termine **Sezione**). Il programma indica anche gli imbarchi di componenti di allestimento di grandi dimensioni (Motori, alternatori, macchinari vari, etc.), imbarchi vincolati alla sequenza di montaggio.²⁸ Si tratta quindi di un programma rappresentato da un **diagramma reticolare** che evidenzia i vincoli di successione e di interdipendenza nel montaggio delle unità e dei blocchi di montaggio.

Slide 16-17.

Attività importante della fase iniziale della P.E. è l'elaborazione del **Programma Target**, sulla base appunto del programma di montaggio delle zone. Le informazioni contenute nel programma sono elencate nella **slide 17**.

Semplicemente esso indica, dal punto di vista del Cantiere, quando deve essere disponibile la documentazione di lavoro (disegni e liste materiali) ed il materiale necessario all'avvio delle lavorazioni zona per zona per i vari stadi della sequenza delle attività di scafo e di officina (S1) e di preallestimento (S2), di allestimento anticipato (S3), di allestimento (S4).

Questo programma indica alla *Progettazione* e agli *Acquisti* quando devono provvedere rispettivamente alla documentazione di lavoro e al materiale.

Come vedremo nel prossimo capitolo, il Target di commessa è utilizzato dal **Project manager** per elaborare il **Programma Generale Integrato di Commessa (PGIC)** che riporta le *attività significative della Progettazione, degli Acquisti e della Produzione* (circa 2000 voci), coerenti tra loro in funzione del Programma Target.

Slide 18-19.

Il terzo programma elaborato dalla P.E. di 1° livello, dopo il Programma di Montaggio e il Programma Target, è il **Programma integrato Allacciamento Centri** preliminare, già citato in precedenza. Esso, come illustrato nella **slide 18**, riporta le attività sequenziali e interdipendenti delle varie officine (ATO/ATI) di Cantiere fino al varo della nave. **Come abbiamo già visto di tratta delle attività di:**

- **prefabbricazione dei blocchi di scafo,**
- **pre-montaggio degli stessi in Unità di montaggio,**

²⁷ La dimensione longitudinale dei blocchi varia normalmente da 10 a 20 m, condizionata alle dimensioni delle linee di prefabbricazione in officina: i Cantieri che costruiscono navi medio-piccole sono dotati di linee di prefabbricazione per pannelli fino a 12 m, con lamiere e profili di questa lunghezza correntemente reperibili sul mercato; i Cantieri maggiori sono dotati di linee di prefabbricazione per pannelli di lunghezza 15-20 m circa con impiego di lamiere e profili di lunghezza standard di 10-15 m, prevedendo anche saldature intermedie per raggiungere i 20 m con lamiere da 10 m.

²⁸ Nel programma sono indicati alcuni termini quali: Sezione o Blocco affidato; vuol dire che si tratta di un manufatto che è stato "affidato" in costruzione ad un altro Cantiere sociale.

- **pre-allestimento, allestimento anticipato e completamento di allestimento,**
- **del montaggio in bacino.**

Da esso viene estrapolato il carico di lavoro delle varie aree e, in maniera interattiva, si opera un primo bilanciamento delle risorse in funzione della potenzialità del Cantiere.

La **slide 19** è un esempio di questo programma, nel caso specifico elaborato con un “*sistema di simulazione a risorse finite*” che descriveremo tra poco.

Slide 20-21.

L’attività iniziale del 2° livello della P.E. è un caposaldo dell’analisi e dell’organizzazione del processo produttivo e riguarda i criteri di svolgimento delle attività di allestimento.

L’attività consiste nel definire i vari pacchetti (package o *Pallet*) di lavoro di allestimento nei 3 stadi già menzionati: il preallestimento dei blocchi di scafo, l’allestimento anticipato delle Unità di montaggio, il completamento dell’allestimento a bordo nave, per ciascuna Officina (ATO/ATI) del cantiere.

Nell’allestimento ciò che governa i criteri di raggruppamento dei materiali di allestimento è il mestiere dell’allestitore (la tecnologia umana...): le attività sono quindi quelle del Montatore meccanico, del Tubista, dell’Elettricista e così via.

Come descritto nella **slide 20** la definizione dei Pallet e la loro elencazione viene fatta con riunioni interdisciplinari (Progettazione esecutiva, Produzione, Controllo Produzione e Metodi) chiamate ***Pallet Meeting***. Non è un metodo originale della Cantieristica italiana: questo modo di procedere è stato messo in atto nella Cantieristica giapponese più di 50 anni fa. La stessa terminologia e tipologia delle liste pallet indicate nella **slide 21** deriva dalla consuetudine giapponese.

La stessa slide ci dice che sulla base di questa definizione la *Progettazione esecutiva* procede all’elaborazione della documentazione tecnica di lavoro.

Slide 22-26.

Queste slide riportano alcuni esempi di delimitazione delle aree e di identificazione dei pallet utilizzando i piani di sistemazione degli impianti di bordo.

La **slide 26** esemplifica il significato della codifica utilizzata per identificare i pallet: si tratta come potete constatare di un codice parlante.

Slide 27-32.

La seconda attività importante del 2° livello di P.E. è la descrizione dei cicli di lavoro dello scafo (le mappe di processo), come abbiamo già visto, costruendo l’*albero di prodotto* per ciascuna zona, come rappresentato nella **slide 27** già vista in precedenza. In questa fase si tiene conto della tipologia precisa dei manufatti di scafo da prefabbricare: è uso corrente chiamarli “*livelli di prefabbricazione*” (**slide 28**). Segue quindi la preparazione del *fascicolo degli esplosi nave*, ovvero della raccolta di tutte le mappe di processo dei blocchi e successivamente delle Unità di montaggio e del montaggio, rappresentando il tutto in esploso, come negli esempi delle **slide 29, 30, 31 e 32**.

Slide 33.

Questa slide descrittiva spiega le ragioni per le quali da tempo, attraverso la standardizzazione dei processi produttivi, l’introduzione dei concetti di blocco standard, di mappa di processo e distinta standard di ingegneria, la costruzione della banca dati dei prodotti e dei processi standardizzati, si sia potuto introdurre l’impiego di sistemi di simulazione in luogo dei tradizionali strumenti di programmazione quali quelli citati nella

slide, dei quali il più comune e di più largo impiego è il *Microsoft Project*, normalmente utilizzato a risorse infinite nella fase preliminare della programmazione.

Con la simulazione si è in grado di ottenere un superiore grado di ottimizzazione dei fattori produttivi, dal livellamento delle risorse²⁹ alla migliore saturazione delle aree, al controllo di avanzamento e di prestazione, alla capacità di reagire efficacemente alle possibili varianze dell'attività produttiva.

Slide 34-36.

Anche queste sono slide descrittive per introdurre brevemente quali sono in generale i modelli di simulazione, **slide 34**, cosa si intende per simulazione ad eventi discreti, quale modello più idoneo nel caso specifico, **slide 35**.

Infine, la **slide 36** riassume gli obiettivi e le finalità dell'impiego in produzione di un sistema di simulazione ad eventi discreti.

Slide 37-38.

La simulazione di processo nell'area della costruzione dello scafo è ormai da tempo di impiego consolidato in Fincantieri.

La **slide 37** riassume gli obiettivi che all'inizio si erano posti con la messa a punto del sistema *Tecnomatix della Siemens*, a partire dall'attività di P.E., obiettivi più volte espressi in precedenza. L'architettura del sistema è rappresentata a puro titolo illustrativo nella **slide 38**.

I concetti applicati allo scafo possono essere logicamente e analogamente applicati alle attività di allestimento con la creazione della banca dati delle distinte standard d'ingegneria per i pallet (*mappe di processo dei pallet nave*), con le stesse finalità illustrate nella slide 37.

Slide 39.

Il diagramma di flusso illustrato in questa slide rappresenta lo schema operativo completo delle attività di Production Engineering fino alla preparazione iniziale della documentazione di officina (*i piani di cedolazione e i programmi operativi*) utilizzando le banche dati delle mappe di processo. Esso riassume in maniera esaustiva le attività standard della P.E.

Il lancio delle attività, la programmazione e il controllo di avanzamento e di prestazione, come vedremo nel prossimo capitolo, è gestito operativamente dal *Centro Controllo Produzione*.

Slide di Back-up.

In queste slide, a puro titolo esemplificativo, si riportano alcuni esempi di sezioni maestre, da quella di una nave passeggeri a quelle di navi da carico, quali cisterne, bulk, portacontainer e ro-ro (**slide 41-44**).

Le **slide 45 e 46** sono un esempio parziale di montaggio di blocchi per una nave bulk e per una portacontainer.

La **slide 47** illustra il programma di pre-montaggio e di montaggio di una posatubi, rappresentato con il diagramma di Gantt.

Le **slide 48-51**, infine, rappresentano un esempio parziale di piano di montaggio di una nave bulk, con evidenza delle fasi di pre-montaggio delle unità di montaggio.

²⁹ Quando si parla di risorse in generale ci si riferisce non solo alla forza lavoro interna ed esterna, ma anche alle risorse impiantistiche, quali la dimensione delle aree di lavoro, i mezzi di sollevamento, le performance degli impianti tecnologici.

Nota.

Nella documentazione disponibile su moodle si troverà copia di una tesi di laurea, elaborata qualche anno fa da un Vostro ex collega, dal titolo "Production Engineering di scafo e di allestimento per una nave da crociera prototipo" quale prodotto di uno stage presso Fincantieri.

Ne consiglio la lettura qualora siate interessati ad una informazione più dettagliata sull'argomento.
