

UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE
MARCHE



FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso Di Laurea Magistrale In Ingegneria Gestionale

**STUDIO DI UN SISTEMA AVANZATO DI
PIANIFICAZIONE E SCHEDULING PER LA CAPACITÀ
PRODUTTIVA DI HP COMPOSITES S.P.A.**

**STUDY OF AN ADVANCED PLANNING AND
SCHEDULING SYSTEM FOR HP COMPOSITES 'S
PRODUCTION CAPACITY**

Relatore:

Prof. Maurizio Bevilacqua

Tesi di Laurea di:

Federica Calvaresi

Anno Accademico 2018/2019

Alla mia famiglia

Indice

Abstract	1
Capitolo 1	3
Lo Sviluppo dei Sistemi Informativi per la Gestione della Produzione	3
1.1 Evoluzione dei Sistemi Produttivi	4
1.2 I Momenti della Gestione della Produzione	5
1.3 Evoluzione dei Sistemi Informativi Gestionali	8
1.3.1 MRP I – Material Requirement Planning	9
1.3.2 MRP II – Manufacturing Resource Planning	10
1.3.3 ERP – Enterprise Resource Planning	12
1.4 Dagli ERP agli APS – Advanced Planning & Scheduling System	13
1.4.1 Gli Schedulatori Interattivi	13
1.5 Differenze tra Sistema ERP e Sistema APS	16
Capitolo 2	20
L’Azienda HP Composites S.p.A.	20
2.1 I Materiali Compositi	20
2.2 Le Tecnologie Produttive	23
Capitolo 3	28
Il Sistema Produttivo di HP Composites	28
3.1 La Struttura del Prodotto	29
3.2 Il Processo Produttivo	31
3.3 Il Layout Produttivo	40
3.4 Le Criticità del Processo Produttivo in HP Composites	42
Capitolo 4	43
La Gestione della Produzione di HP Composites	43
4.2 La struttura Organizzativa	44

4.3 L'Ordine di Lavorazione – Struttura	46
4.4 La gestione del Flusso Informativo con Gamma Enterprise	48
4.5 Gli Apporti del MES nella Gestione del Flusso Informativo	51
4.6 Impatti della Gestione Attuale	52
Capitolo 5	53
L' Advanced Planning and Scheduling System	53
5.1 La Pianificazione a Capacità Finita	54
5.1.1 La Datazione degli Ordini di Lavorazione e di Vendita	56
5.2 Programmazione e Schedulazione a Capacità Finita dei Reparti	59
Produttivi	59
5.3 Analisi mancanti ed Expediting	61
5.4 Gli Indicatori Sintetici	63
5.5 L'Architettura dell'APS di Cyberplan	64
Capitolo 6	67
La strategia e i Primi Step di Implementazione	67
6.1 La Raccolta dei Dati e delle Informazioni	68
6.2 Il Gap Informativo	69
6.2.1 La Questione degli Stampi Multi-impronta	76
6.3 Attività Propedeutiche	78
6.4 Criticità	80
6.5 L'Integrazione del Sistema APS con il Sistema ERP	81
6.5.1 Il Flusso dei dati dall'ERP all'APS	81
6.5.2 Il Flusso di Ritorno dall'APS all'ERP	83
Conclusione	86
Bibliografia	88

Abstract

In mercati in forte espansione come quello dei materiali compositi non è una novità assistere alla crescita repentina di piccole-medie imprese che in brevissimo tempo aumentano il volume produttivo, raddoppiano le dimensioni e potenziano la tecnologia per rispondere con efficacia ed efficienza alle mutevoli esigenze del mercato. In queste aziende che si apprestano a divenire grandi realtà industriali la letteratura scientifica ci insegna che altrettanto velocemente devono adattarsi le strutture informatica, informativa e organizzativa che, in questi casi più che mai, rivendicano caratteristiche di flessibilità e elasticità. In aziende manifatturiere con una produzione complessa diventa conveniente se non indispensabile integrare il sistema di gestione in uso, solitamente un ERP (Enterprise Resource Planning), con un software APS (Advanced Planning & Scheduling System) in grado di semplificare il processo di pianificazione e programmazione della produzione. Un tale software infatti si integra e dialoga con gli altri software gestionali in uso e traduce informazioni utili quali ad esempio ordini di lavoro, date di consegna, tempi di attraversamento in un piano di produzione ottimale che sfrutti pienamente le risorse aziendali e tenga conto dei vincoli che modellano il processo produttivo. Come si vedrà in seguito uno dei vantaggi principali che tale schedatore interattivo offre è la pianificazione a capacità finita.

Nella trattazione di questa tesi verranno sviluppate alcune fasi di implementazione di un software APS in HP Composites S.p.A., azienda del piceno che progetta e realizza componenti in materiale rinforzato in fibra di carbonio per i settori automotive, navale, aeronautico, industriale e design. Essa esemplifica le caratteristiche di un'azienda di medio-grandi dimensioni con attività principalmente manuali e in parte automatizzate, che di fronte ad un aumento repentino della domanda decide di affrontare la crescente complessità produttiva mediante l'introduzione di un software APS, abbandonando progressivamente l'utilizzo dei fogli di calcolo Excel che in piccoli contesti trovano spesso largo utilizzo. Verranno trattate inoltre le difficoltà strutturali incontrate mettendo in

luce le necessità intrinseche dell'azienda che il progetto si propone di risolvere e focalizzando l'attenzione sul lavoro informativo che ne è la base dello sviluppo.

Lo Sviluppo dei Sistemi Informativi per la Gestione della Produzione

A partire dagli anni '70 fino ad oggi abbiamo assistito a cambiamenti del mercato sempre più repentini e a cui è stato ed è, ora più che mai, per le aziende necessario adattarsi velocemente per rimanere in gioco. Se alla metà del '900 esse potevano puntare sulla produzione di grandi volumi di prodotto e contare su una domanda stabile, creando loro stesse un bisogno al consumatore, dagli anni Settanta in poi tutto ciò sembra diventare infattibile: non è più l'azienda a influenzare il mercato bensì è il consumatore stesso a imporre le sue esigenze e gusti. Diventa indispensabile diversificare il prodotto, si moltiplicano le tipologie di beni e servizi. Le aziende sono spinte ad operare cambiamenti importanti, strutturali e organizzativi. La struttura produttiva, infatti, diventa più articolata; non si possono più produrre grandi volumi in serie di un bene ma si comincia a parlare di lotti di produzione, volumi ristretti per ogni tipologia di prodotto. È necessario quindi adattarsi al mercato che, anno dopo anno, è sempre più dinamico e veloce. Oggi, in ogni settore, sono richieste alle aziende un certo grado di flessibilità, una ricerca attenta alle esigenze del consumatore e un certo standard qualitativo. In questo quadro critico non si può tralasciare la spasmodica ricerca di efficienza, indispensabile per non essere schiacciati dalla concorrenza, per contenere i costi interni e riuscire a proporre prezzi vantaggiosi con un occhio sempre attento alla qualità. Va ricordato infatti che le tempistiche richieste dal mercato sono sempre più stringenti e impongono la necessità di approntare una produzione efficiente che minimizzi gli scarti. In tutto ciò, i metodi organizzativi e i sistemi di gestione hanno svolto un ruolo di primo piano, affiancando lo sviluppo produttivo e affiancati essi stessi dallo sviluppo progressivo di sempre nuove tecnologie informatiche. In questo capitolo, dopo una breve panoramica sullo sviluppo dei sistemi produttivi e sulle fasi che caratterizzano l'organizzazione della produzione, ci soffermeremo sullo sviluppo dei software gestionali nati per rendere più

flessibile, veloce e rigorosa la pianificazione, programmazione e controllo della produzione.



Figura 1.1 Il tetraedro della produzione

1.1 Evoluzione dei Sistemi Produttivi

La caratteristica più evidente di un'azienda manifatturiera è la produzione, ossia la trasformazione di materie prime, energia e lavoro in prodotti finiti. Il cuore di queste aziende è il Sistema Produttivo, un "insieme composto da operatori, macchine, utensili, dispositivi di trasporto e posizionamento, magazzini, buffer inter-operazionali, sistemi computerizzati e così via, collegati tra loro da un flusso comune di materiali e informazioni al fine di realizzare dei processi produttivi"¹.

In Italia, diversamente da altri Paesi come Germania, Inghilterra e Stati Uniti, il processo di industrializzazione non è stato progressivo e costante ma, al contrario, solo nel XX secolo, in pochi decenni, si è passati da un'economia agricola ad una industrializzata per muovere con rapidità verso un'economia oggi basata sui servizi. Negli anni '50, le prime aziende italiane sono caratterizzate da una struttura produttiva "a linea di montaggio", possono fare affidamento su una domanda fortemente stabile e produrre grandi volumi di prodotto usufruendo di un'automazione rigida e standardizzata. La produzione è a magazzino e si opera con grandi scorte di sicurezza. L'unico vincolo che si impone è quello di mantenere un certo equilibrio prezzo/costo, in particolar modo nei settori più concorrenziali. È negli anni '70 che, con uno spostamento della domanda verso prodotti

¹ Sistemi Integrati di produzione, dispense del corso a cura del professor Archimede Forcellese.

molteplici e differenziati, avviene un cambiamento della filosofia produttiva che si sposta verso sistemi più flessibili. Nasce infatti l'esigenza di: passare in tempi brevi da una produzione all'altra di piccoli volumi (anche unitari) di prodotto, riuscire a configurare il prodotto in base alle specifiche esigenze del cliente, ridurre i tempi di progettazione e di immissione sul mercato e, quindi, i tempi dell'intero ciclo di produzione dall'acquisizione dei materiali alla consegna al cliente, ridurre infine le scorte di magazzino al fine di abbatterne i costi.

Da questi anni in poi si verificano, a livello nazionale e internazionale, uno sviluppo e un raffinamento dei sistemi produttivi via via più marcati che si possono attribuire a diversi fattori, tra cui: l'evoluzione tecnica delle macchine utilizzate per il processo produttivo, il generale accorciamento del ciclo di vita dei prodotti, l'aumento della competitività e il conseguente bisogno di condurre un'accurata analisi dei costi legati alla produzione, l'esigenza, come già accennato, di minimizzare le giacenze e ottimizzare le risorse utilizzate. In questo passaggio da una produzione interamente in serie (produzione di prodotti standard tutti uguali) ad una produzione principalmente su commessa (caratterizzata dall'adeguamento dell'azienda alle specifiche esigenze del cliente), all'evoluzione dei sistemi produttivi si affianca quella dei sistemi di gestione della produzione. Lo sviluppo dei metodi per l'organizzazione della produzione oltre ad essere una conseguenza del progresso in campo informatico che si ha alla fine del XX secolo è uno stimolo per lo sviluppo stesso delle nuove tecnologie informatiche che spesso come prima applicazione vengono ideate proprio per il settore industriale e produttivo.

1.2 I Momenti della Gestione della Produzione

L'organizzazione della produzione, anche detta in termini generici programmazione della produzione, può essere definita come quel "processo con cui si stabilisce e impegna, se le risorse esistono o sono ottenibili, l'ammontare delle risorse (attività, manodopera, macchinari, attrezzature, materiali etc.) di cui l'azienda avrà bisogno per le sue attività produttive future e l'allocazione di tali risorse per ottenere il prodotto desiderato nelle quantità stimate, nel tempo giusto, al posto giusto e al minor costo totale possibile".

Qualsiasi attività relativa alla gestione della produzione può essere collocata all'interno di alcune fasi principali che costituiscono i momenti fondamentali di Pianificazione, Programmazione e Controllo. Qui di seguito ne identifichiamo 4:

1. Pianificazione Strategica della Produzione: ha obiettivi di lungo periodo e l'orizzonte temporale di riferimento è in anni (due o più); il livello di accuratezza dei dati disponibili è molto basso e la redazione di questo piano si basa principalmente su previsioni di mercato e sulle intuizioni dei dirigenti a cui spetta questo compito. Nella fase di pianificazione strategica si stabiliscono gli obiettivi dell'organizzazione e le strategie, le politiche, le procedure e i progetti necessari al loro conseguimento. Scelte tipiche di questa fase sono la valutazione di eventuali variazioni di capacità da assegnare al sistema produttivo e quindi la possibilità di un'integrazione verticale, a monte o a valle della supply chain, o di un'integrazione orizzontale tramite l'aumento o riduzione di capacità delle risorse. Vengono prese decisioni relative anche alla penetrazione in un nuovo mercato, alla differenziazione del prodotto, a nuovi target da raggiungere e così via. Questo tipo di attività richiedono grande anticipo nei tempi, impegno di capitali e investimenti di lungo termine, le responsabilità finanziarie, strategiche, economiche e concorrenziali sono notevoli e pertanto vengono affidate alla proprietà dell'azienda o a livelli dirigenziali.

2. Programmazione Aggregata della Produzione: è caratterizzata da un orizzonte temporale più breve rispetto alla pianificazione strategica, è un piano di medio termine che prende in considerazione un arco di tempo corrispondente al massimo ad un anno di esercizio. Ha come scopo quello di organizzare e allocare le risorse esistenti e verificarne l'adeguatezza in base sia alla previsione della domanda sia agli ordini a portafoglio già pervenuti e agli obiettivi del marketing. Durante questa fase non è più possibile modificare la capacità dell'impianto se non a livello di manodopera straordinaria e di saturazione delle macchine. La quantità e l'accuratezza di dati e informazioni disponibili sono maggiori rispetto alla fase di pianificazione strategica, anche le implicazioni strategiche sono minori e pertanto la responsabilità di redazione del piano aggregato è affidata non solo ai livelli dirigenziali ma anche operativi.

3. *Programmazione Principale della Produzione o Master Production Schedule (MPS)*: ha come orizzonte di riferimento lo stesso o poco meno di quello del piano aggregato, ma con un livello di dettaglio delle informazioni relative all'andamento della domanda, molto maggiore. Questo perché ci si focalizza, a differenza del piano aggregato, su ogni tipologia specifica di prodotto finito, considerando un periodo di riferimento breve, pari alla settimana o mese, così da poter scendere ad un livello di accuratezza superiore. Tramite l'ausilio di tecniche e strumenti per la programmazione (MRP) si definisce il carico di lavoro richiesto ai reparti periodo per periodo e il piano degli approvvigionamenti di materie prime e componenti da lanciare con la cadenza opportuna.

4. *Programmazione Operativa e Controllo della Produzione*: è un'attività di brevissimo termine che ha come orizzonte temporale i giorni o le settimane. Durante questa fase vengono attribuiti alle risorse (reparti, macchine, stazioni di lavoro) i diversi carichi di attività, sulla base del Piano Principale di Produzione. Si dovranno quindi allocare le operazioni sulle singole risorse produttive disponibili, sequenziare le attività del processo, definendo dei programmi giornalieri di impiego delle risorse sui jobs pianificati nel periodo (scheduling), definire le priorità e le eventuali criticità. Per svolgere tutto ciò in maniera corretta devono essere previsti un monitoraggio e un controllo costanti delle risorse e della produzione. In questo modo inoltre si ottimizzeranno i parametri prestazionali definiti internamente al sistema in relazione agli obiettivi di performance esterni.

Una buona gestione del complesso di piani ed attività necessarie per il raggiungimento degli obiettivi aziendali richiede, soprattutto in un'azienda manifatturiera, la presenza di un sistema di programmazione e controllo della produzione che assicuri la consegna dei prodotti richiesti dal mercato nei tempi, nei modi e nelle quantità previste. Questi sistemi sono noti come Manufacturing Planning and Control Systems (MPCS). Ciò nonostante sono tante, ancora oggi, le realtà aziendali in cui si utilizzano fogli e tabelle di calcolo, principalmente nella fase di scheduling (o programmazione operativa).

1.3 Evoluzione dei Sistemi Informativi Gestionali

“Il sistema informativo aziendale si configura come un insieme ordinato di elementi, anche molto diversi tra loro, che raccolgono, elaborano, scambiano e archiviano dati con lo scopo di produrre e distribuire le informazioni nel momento e nel luogo adatto alle persone che in azienda ne hanno bisogno”. (P. ATZENI, S. CERI, Basi di dati-Modelli e linguaggi di interrogazione, McGraw-Hill, Milano, 2009).

Un software gestionale oggi si può definire un vero e proprio sistema informativo aziendale poiché è in grado di integrare ogni area attraverso la gestione, l'utilizzo, la produzione e la condivisione di informazioni che interessano ogni processo aziendale e ogni livello decisionale, da quello operativo ai livelli strategico e direzionale. Ciò è possibile anche grazie alla struttura modulare che li caratterizza. Essa permette di interfacciare le diverse attività aziendali dal livello logistico/produttivo a quello contabile/gestionale.

Tuttavia, la logica che rimane alla base anche dei più moderni sistemi gestionali e che rappresenta la spina dorsale di qualsiasi sistema informativo di un'azienda manifatturiera è quella del Material Requirement Planning, o MRP. Essa nasce dalla filosofia occidentale basata sull'esigenza di pianificare ogni attività e risorsa che entra nel ciclo produttivo. Utilizza una logica *push*² e si distingue dalla filosofia *pull*³ orientale basata sul *kanban*⁴. Ogni progetto deve avere una data certa di inizio e una prevista di chiusura, all'interno di questo arco temporale si procede alla scomposizione di un numero determinato di sotto-processi che lo compongono e i quali a loro volta avranno una data di inizio e una data di fine e andranno a influenzare la durata e i costi del processo principale. Proprio da questa considerazione prende vita inizialmente la tecnica PERT (Program Evaluation and Review Technique) che successivamente darà origine alla logica MRP. Lo sviluppo di questa tecnica risale agli anni '60 e '70 con la

² *Push*: l'approvvigionamento e la produzione sono anticipati rispetto all'ingresso degli ordini effettivi.

³ *Pull*: l'approvvigionamento e la produzione sono avviati con l'ingresso degli ordini effettivi.

⁴ *Kanban*: termine giapponese che letteralmente significa "insegna", indica un elemento del sistema Just in time di reintegrazione delle scorte a mano a mano che vengono consumate.

necessità di gestire produzioni ripetitive; ma nel tempo è andata affinandosi a tal punto da poter essere utilizzata anche per produzioni tecnicamente e gestionalmente più complesse come quella a lotti e quella su commessa. Tale evoluzione è stata possibile anche grazie allo sviluppo informatico e alla realizzazione di pacchetti software in grado di gestire in modo integrato, a diversi livelli di raffinatezza, tutta la logica che sta alla base del sistema. Essi hanno come obiettivo, ap1punto, l'integrazione delle informazioni aziendali al fine di consentire l'analisi e la consultazione da parte del maggior numero possibile di utenti.

Si possono distinguere principalmente tre diverse tipologie di MRP in funzione della loro completezza e interazione nel trattare i dati: MRP I (Material Requirement Planning), MRP II (Manufacturing Resource Planning), ERP (Enterprise Resource Planning). Nel loro insieme sono considerate come fasi di un costante sviluppo del Manufacturing Planning and Control System (MPCS).

1.3.1 MRP I – Material Requirement Planning

L' MRP I è un MRP di prima generazione. È storicamente la prima applicazione di sistema informativo in area tecnico produttiva e consente la definizione ad una certa data, in un "time bucket", dei fabbisogni di prodotti finiti, di sotto-assiemi, di componenti e materie prime, noto il piano di vendita di un orizzonte temporale più esteso (che può variare dal mese all'anno). L'orizzonte temporale di interesse viene cioè discretizzato in intervalli di pianificazione (time bucket) all'interno dei quali la domanda può considerarsi costante. L'MRP pianifica dunque i fabbisogni dei materiali limitandosi all' "esplosione" della distinta base dei componenti e al suggerimento dell'emissione degli ordini di lavoro e di acquisto. Per eseguire il calcolo, il sistema ha dunque bisogno di conoscere: le previsioni di vendita, le commesse acquisite, le Distinte Base (Bills of Materials), le politiche di gestione delle scorte.

Il concetto di fondo su cui si basa l'MRP è quello di differenziare il *fabbisogno indipendente*, ossia fabbisogni o domande che provengono dall'esterno come ad esempio un ordine di un cliente, dal *fabbisogno dipendente*, cioè le richieste sviluppate dai fabbisogni indipendenti che per essere soddisfatti danno luogo a uno sviluppo a ritroso (es: ordini a fornitori, gestione delle scorte). In altre parole, le materie prime e i

semilavorati hanno una domanda che dipende direttamente da quella del prodotto finito (domanda dipendente), mentre la domanda del prodotto ultimo dipende esclusivamente dal mercato e ha quindi un carattere indipendente. Il risultato dell'utilizzo del Material Requirement Planning è una migliore pianificazione e schedulazione degli ordini di approvvigionamento. Tuttavia, questa tecnica ha dei limiti riconducibili principalmente a tre problematiche:

1)l'elevato volume di dati richiesti in input e il rigore necessario nel gestire e aggiornare le informazioni. Data la gran mole di dati tecnici riguardo distinte base, anagrafiche, attrezzature etc, che va inserita nel sistema, possono essere commessi errori di inserimento; i materiali con un lungo tempo di approvvigionamento possono generare incertezze sull'attendibilità del dato stesso come anche possono essere incerti lo stato delle giacenze, le disponibilità, lo stato di avanzamento della produzione.

2)La stima critica dei Lead Time (LT). Questo parametro infatti può variare per ragioni sia tecniche che organizzative e pertanto è difficile da determinare in modo preciso. Una sottostima dei LT favorisce situazioni di stock out dei componenti e mette in crisi la logica dell'MRP. Una loro sovrastima comporta una dilatazione dell'orizzonte di programmazione e di conseguenza una minore affidabilità dei dati e un aumento del costo di mantenimento dei componenti poiché verranno prodotti in anticipo.

3)La programmazione a capacità infinita.

Quest'ultimo problema viene superato con i sistemi di seconda generazione (MRP II).

1.3.2 MRP II – Manufacturing Resource Planning

Nella metà degli anni '70 l'integrazione del MRP I dà origine al Manufacturing Resource Planning, o MRP II. È un sistema "closed loop" che riceve in input dal Material Resource Planning gli ordini e i cicli di produzione e, a differenza di quest'ultimo, è in grado di programmare le attività produttive in funzione della capacità dell'impianto. Esso verifica che il fabbisogno di ore di produzione, sia per il lavoro umano che per quello delle macchine, non superi la disponibilità (Capacity Requirement Planning o CRP). Lo scopo di questa tecnica è dunque la pianificazione degli acquisti e della produzione, tenendo conto dei vincoli di risorse presenti nello stabilimento. Oltre ai dati dell'MRP vengono inseriti nel sistema informazioni quali, ad esempio, la capacità delle macchine, la

capacità dell'impianto, le ore uomo disponibili, il calendario di fermo macchina (ad es. manutenzioni), le festività. In base ad un processo iterativo e di aggiustamento dei tempi pianificati il sistema permette di aggiornare continuamente il piano di produzione, in modo da renderlo più fattibile e realistico. Un ulteriore supporto che affianca l'MRP II è lo strumento per il controllo dell'officina con il monitoraggio dell'avanzamento della produzione, lo Shop Floor Control (SFC). Le funzionalità CRP e SFC forniscono un prezioso feedback aggiuntivo nel riportare lo stato delle attività dell'officina, tuttavia offrono poche informazioni su come gestire al meglio l'esecuzione di queste attività. Con il tempo e con l'emergere di nuove esigenze sono stati fatti dei passi in avanti. La considerazione che per operare buone schedulazioni è necessario avere una visibilità dell'avanzamento corretta e real-time e che tale integrazione non è spesso compatibile con le frequenze di aggiornamento dei sistemi gestionali, ha favorito la migrazione verso una successiva fase, quella dell'integrazione del Manufacturing Resource Planning con il Manufacturing Execution System (MES). Questo sistema è un insieme coordinato di hardware e software utilizzato per monitorare, controllare e documentare la trasformazione delle materie prime in prodotti finiti in tempo reale. Esso fornisce tutte quelle informazioni di aiuto ai responsabili aziendali per comprendere come ottimizzare le condizioni dell'impianto e migliorare il processo produttivo. Tramite il MES ad esempio si possono attribuire le lavorazioni ad un operatore specifico, si può tener conto del tempo di lavorazione di un componente, si può ripercorrere il ciclo di lavoro di un pezzo scarto e sapere quando e da chi è stato prodotto, e così via. Tutti i dati dello shop floor sono raccolti on line mediante un sistema di identificazione automatica bar code e dispositivo di lettura e utilizzabili direttamente, in modo da poter operare ri-schedulazioni su fotografie il più possibile aggiornate degli avanzamenti. Il MES può operare su più aree funzionali come la definizione dei processi produttivi, la pianificazione delle risorse, l'esecuzione e la distribuzione dei lavori, la raccolta e l'analisi dei dati, la gestione dei tempi di fermo dei macchinari, il controllo della qualità dei prodotti, la tracciabilità dei materiali e la reportistica relativa a tempistiche, costi, qualità. I MES possono inoltre conservare tutti i dati relativi a un processo produttivo: questo può essere particolarmente importante nei settori più regolamentati, dove è

maggiormente richiesta documentazione relativa ai processi manifatturieri. Nonostante l'integrazione del Manufacturing Resource Planning con il Manufacturing Execution System, questi due sistemi si limitano a gestire le informazioni operative relative all'area tecnico-produttiva, relegando ad altri software la gestione informativa delle altre funzioni aziendali. In breve, un MRP II permette di realizzare il piano aggregato di produzione, stilare il Master Production Schedule ossia il Piano Principale di Produzione, pianificare i fabbisogni dei materiali (MRP) tenendo conto della capacità produttiva, controllare l'avanzamento della produzione e infine, potenziato dal MES, permette di avere principalmente un monitoraggio in tempo reale della produzione e dati utili per un'analisi operativa.

1.3.3 ERP – Enterprise Resource Planning

L'esigenza di avere un sistema informativo in grado di inglobare in un solo elemento tutti i processi aziendali ben presto dà vita all'Enterprise Resource Planning. La prima versione dell'ERP collega direttamente l'area contabile (Finance) con l'area logistica (Logistic & Supply Chains); successivamente si cominciano a implementare relazioni interne anche con le aree di vendita, distribuzione, produzione, manutenzione, gestione dei progetti. Il sistema MRP integrato nell'ERP permette di programmare logiche sofisticate di ordini automatici ai fornitori, tanto da tener conto dei tempi di consegna e di messa in produzione del prodotto. Oggi i moderni sistemi ERP coprono tutte le aree che possono essere automatizzate e/o monitorate all'interno di un'azienda; pertanto sono in grado di gestire la globalità delle risorse connesse con la produzione e delle attività che interagiscono con essa: progettazione e marketing, contabilità e finanza, personale, controllo di gestione. Ulteriori estensioni sono la possibilità di gestire il dialogo con i clienti e il customer care. Independentemente dall'area applicativa, gli utilizzatori dell'ERP operano in un contesto uniforme dove diventa più facile disporre di informazioni corrette e aggiornate in maniera veloce. Sono più facili ed efficaci inoltre le analisi dei costi e le analisi strategiche, in quanto si può disporre con la stessa rapidità di informazioni aggregate e operative. "Lo scopo di un sistema gestionale integrato (ERP) è la soddisfazione dell'utente nella capacità di rispondere a problemi informativi e

decisionali di vario livello". (F. MURMURA, *Dai sistemi di integrazione ai sistemi integrati - L'introduzione degli ERP in azienda*, Franco Angeli, Milano, 2009).

Questi sistemi sono in grado anche di sfruttare la potenzialità del web così come dei sistemi di Cloud, risultando così un supporto ancora più valido e pratico. Concludendo, alcune principali caratteristiche di un sistema ERP sono ad esempio la centralizzazione delle informazioni e la disponibilità di dati in real-time, la possibilità di personalizzazioni per il cliente, la struttura in moduli funzionali integrabili anche in tempi diversi.

Ci sono alcune attività specifiche che il sistema ERP non è in grado di supportare. Come vedremo nei paragrafi successivi esse riguardano principalmente l'area produttiva e la fase di scheduling della produzione.

1.4 Dagli ERP agli APS – Advanced Planning & Scheduling System

Gli sviluppi più recenti avvenuti nel mondo gestionale hanno lasciato spazio all'introduzione dei Sistemi Avanzati per la Pianificazione e lo Scheduling della produzione, attività specifica che non rientra tra le funzionalità dell'ERP. Nelle aziende, il disporre di sistemi gestionali integrati di tipo ERP lascia qualche dubbio sulla necessità di inserire sistemi ad hoc per lo scheduling di reparto; tuttavia l'integrazione tra ERP e sistema di schedulazione (APS) apporta dei benefici purché sia ben progettata in termini di reciproco dominio delle applicazioni, in quanto, come accennato, la schedulazione fine di reparto (programmazione operativa) non è normalmente coperta dalle funzionalità ERP, soprattutto quando i reparti presentano specifiche peculiarità.

Prima di vedere nello specifico alcune differenze tra i due sistemi approfondiamo che cos'è un APS o Scheduler Interattivo.

1.4.1 Gli Scheduler Interattivi

APS (Advanced Planning and Scheduling System) è l'acronimo con cui si identificano usualmente i sistemi di schedulazione integrata interattivi. Questi scheduler rappresentano dal punto di vista logico, il sistema più semplice in assoluto, in quanto la schedulazione non è operata da nessun sistema, bensì dal programmatore. La filosofia sottesa da questo tipo di prodotti è fondamentalmente quella di lasciare il (ricco) compito decisionale all'operatore, delegando al sistema solo le verifiche di congruenza

e accettando eventuali forzature. Ovviamente gli schedulatori interattivi hanno tratto grande beneficio dallo sviluppo delle funzionalità offerte dagli elaboratori in termini di potenzialità di rappresentazione grafica, gestione multi-finestra, architetture ad oggetti, ecc., tanto che la maggior parte degli schedulatori oggi in commercio (ed utilizzati largamente nelle realtà industriali) è strutturata secondo questo tipo di approccio. L'automazione è spesso limitata alla formulazione di un piano di massima iniziale secondo semplici regole.

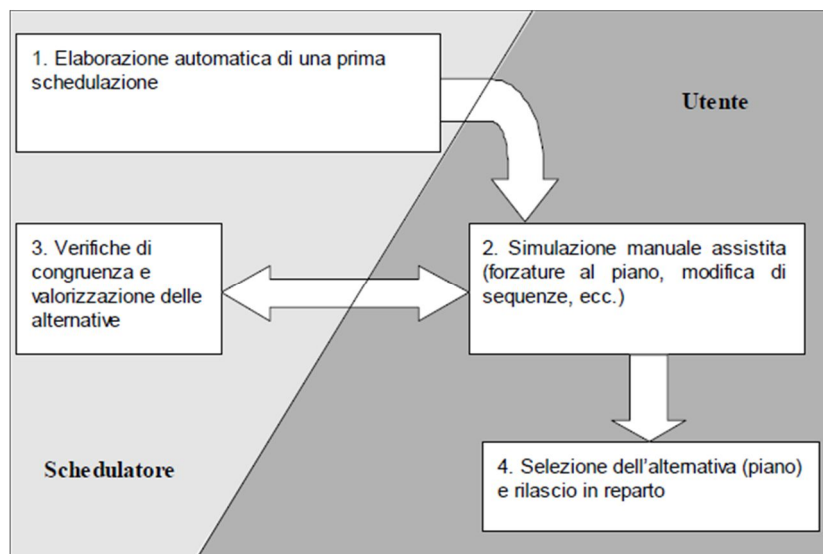


Figura 1.2 Architettura di Funzionamento di uno schedatore interattivo

I passi in cui si sviluppa una sessione di schedulazione sono esposti di seguito, tralasciando ovviamente quelli relativi all'interfacciamento con il restante sistema informativo per l'acquisizione degli ordini da programmare e per la restituzione dei piani rilasciati.

1. *Elaborazione automatica di una prima schedulazione*. Questa prima fase è mirata ad automatizzare le operazioni di allocazione dei lavori alle risorse produttive ed è eseguita basandosi su algoritmi (ottimizzanti, euristici, ecc.) che operano in modalità trasparente per l'utente e che forniscono una soluzione che non ha l'ambizione di essere la soluzione finale da rilasciare ai reparti, bensì solo una prima soluzione "di partenza", per successivi affinamenti e/o variazioni da compiere a cura del programmatore. Durante questo step dunque si attuano le tecniche (euristiche o di ottimizzazione) che sono state selezionate

durante la fase di parametrizzazione dello strumento, scegliendo tra la “libreria” di tecniche di cui uno schedulatore interattivo evoluto dispone. Una parametrizzazione adeguata renderà più efficace l’utilizzo dello strumento in azienda.

2. *Simulazione.* In questa fase l’utente, a partire dalla prima soluzione generata dallo schedulatore interattivo e sfruttando le potenzialità di interfaccia offerte dai moderni schedulatori, opera in modalità interattiva tutte le variazioni e/o affinamenti richiesti dal contesto. Ogni variazione rappresenta dal punto di vista logico l’emissione di un’alternativa di piano (ad esempio il programmatore può decidere di anticipare un ordine rispetto a quanto proposto dal sistema, oppure può decidere di variare l’allocazione dei prodotti alle macchine o, infine, può variare le sequenze di realizzazione, ecc.). Ciascuna di queste alternative viene quindi “verificata” e “valorizzata” nella fase successiva.

3. *Verifica di congruenza e valorizzazione.* Il sistema in questa fase opera fondamentalmente il controllo che le forzature o le variazioni apportate dal programmatore siano congruenti con i vincoli del problema, cioè, ad esempio, sia rispettata la sequenza delle fasi di lavorazione da eseguire su un dato particolare, siano verificati i vincoli di disponibilità dei materiali e semilavorati, siano rispettati i vincoli relativi alla capacità produttiva (macchine e/o manodopera) ed alla disponibilità delle risorse ausiliarie (attrezzisti, utensili, pallet, trasportatori, ecc.). Ogni alternativa viene quindi “valorizzata” dallo schedulatore interattivo in maniera automatica, nel senso che è immediato ottenere informazioni circa il profilo delle giacenze derivante dal rilascio del piano impostato, i ritardi, il tempo da dedicare all’esecuzione dei setup, la saturazione delle macchine, le code, i tempi di attraversamento, ecc.

4. *Rilascio.* Questa fase consiste fondamentalmente nella selezione dell’alternativa di piano giudicata “migliore” dal programmatore, nel congelamento di tale decisione e nell’emissione di tutta la documentazione operativa di fabbrica.

Come si può notare, l’approccio dello schedulatore interattivo è in sintesi un approccio di tipo simulativo: all’utente vengono forniti un insieme di strumenti che permettono di testare velocemente differenti alternative di programmazione, valorizzandole sulla base

di indicatori di efficacia ed efficienza, verificandone la congruenza (rispetto dei vincoli interni – es. capacità produttiva, sequenza delle fasi – ed esterni – es. lead time dei fornitori, date richieste dai clienti) e confrontando tali alternative sia in modo tabellare, sia in modo grafico, per procedere quindi alla scelta dell'alternativa (piano) da rilasciare in reparto.

1.5 Differenze tra Sistema ERP e Sistema APS

I sistemi ERP ed i sistemi APS presentano significative differenze. Il focus di un sistema ERP è l'integrazione e gestione dei dati aziendali tramite elaborazioni spesso di tipo batch, la modellizzazione della capacità produttiva infinita o gestita indirettamente tramite i Lead Time, le logiche di calcolo semplici, automatizzate e ripetitive. Al contrario un sistema APS è incentrato su: analisi e simulazione delle attività di reparto effettuate anche real time, schedulazione a capacità finita, modellizzazione dettagliata in termini di risorse produttive (macchine, manodopera etc.) e ausiliare (utensili etc.), logiche di calcolo basate su algoritmi (euristici o di ottimizzazione) modificabili dal programmatore. Appare evidente come i fabbisogni di pianificazione, programmazione e controllo della produzione siano maggiormente soddisfatti dai sistemi quali gli APS, contraddistinti da un'impostazione orientata alla simulazione, alla modellizzazione di dettaglio del problema ed alla gestione interattiva dell'emissione delle soluzioni (piani di produzione).

Al fine di soddisfare sia i fabbisogni aziendali di centralizzazione del controllo ed integrazione delle informazioni, sia i fabbisogni logistico-produttivi, la soluzione migliore può essere rappresentata dall'integrazione dei due sistemi, ERP e APS.

Analizziamo ora alcune modalità di integrazione che possono fare la differenza nell'ottenere una buona implementazione e nel raggiungere determinate prestazioni di uno schedulatore. Delle prime considerazioni riguardano il posizionamento di alcune informazioni e di alcune attività di frontiera tra ERP e schedulatore: alcuni dati di completamento relativi ai magazzini, distinte base, cicli di produzione eccetera sono richiesti dal sistema di scheduling ma allo stesso tempo servono necessariamente ad

altre applicazioni ERP. Questi dati richiesti dalla schedulazione e mancanti nell'ERP devono preferibilmente essere catalogati in funzione della loro *valenza*:

- I dati che hanno una *valenza aziendale*, cioè dati riguardanti i magazzini (saldi e movimenti), i codici di alcuni prodotti intermedi, le distinte base, i cicli standard ecc, devono essere gestiti a livello ERP e il sistema informativo di produzione deve acquisirli (codici, distinte, cicli standard) o preoccuparsi di aggiornarli (magazzini). Questi dati potrebbero in futuro assumere rilevanza ai fini del costing di prodotto o contabilità industriale, pertanto vanno gestiti a livello ERP, in maniera congruente agli altri dati utilizzati per il costing.

- i dati che hanno una *valenza prettamente produttiva*, cioè riguardanti ad esempio macchine alternative, tempi di setup, distinte alternative, possono essere di proprietà (e gestione) anche del solo sistema di schedulazione.

La seconda e più importante considerazione riguarda il posizionamento del sistema di gestione dell'ordine cliente, soprattutto quando sono richieste funzionalità di tipo Available To Promise⁵. Anche questa attività è preferibile sia gestita a livello di ERP e non sia di competenza del sistema di schedulazione. A supporto di tali funzionalità, infatti, lo schedulatore dovrebbe operare sempre in modalità "slave" rispetto all'ERP, trasmettendo al più informazioni di ritorno, quali slack di capacità, ordini di produzione pianificati, date di prevista disponibilità dei prodotti a magazzino in funzione dei piani, etc. Tale scelta permette di evitare la creazione di duplicazioni informative tra i sistemi dedicati di schedulazione e gli ERP. I primi per loro natura sono sistemi *locali* e gestiscono in modo ottimale realtà produttive anche significativamente differenti. Un ERP invece, che per definizione è un sistema *aziendale*, deve contenere le logiche di gestione degli enti che fanno front end con il mercato, quali il Commerciale e la Logistica, quindi è auspicabile che le informazioni che esso gestisce siano *omogenee* a livello azienda e non personalizzate per unità produttiva.

L'analisi effettuata fin ora ci permette inoltre di individuare i vantaggi di uno schedulatore interattivo rispetto a uno schedulatore automatico (o automatizzabile),

⁵ *Available to Promise*: è un parametro che segnala le quantità di risorse disponibili.

ossia basato su un metodo formalizzato che garantisce lo stesso risultato ad ogni iterazione dell'algoritmo con gli stessi dati.

Infatti:

-molto spesso in azienda si riscontra la presenza di dati non congruenti (dati non formalizzati o difficilmente formalizzabili, procedure e norme affidate all'esperienza degli operatori, ecc.) per la generazione e l'analisi del piano di produzione; questo porta come risultato ad avere piani di produzione tanto più inutilizzabili quanto più i modelli ottimizzanti sono di dettaglio. Gli schedulatori interattivi invece, delegando all'uomo la funzionalità di generazione del piano, riescono a superare questi problemi; tuttavia è ovviamente *consigliabile* procedere in ogni caso ad un adeguamento della qualità dei dati utilizzati per la programmazione;

-negli schedulatori ottimizzanti (ed anche in quelli euristici) i piani di produzione spesso non sono validati sull'effettiva disponibilità delle risorse (macchine, manodopera, attrezzature) e dei materiali perché i sistemi di scheduling non riescono a tenere contemporaneamente in considerazione più risorse critiche; ne conseguono infattibilità dei piani, ritardi non previsti e necessità di frequenti rischedulazioni, il che porta di fatto ad una gestione per urgenze (i programmatori diventano sollecitatori), a situazioni di "emergenza cronica" ed al peggioramento dei parametri di prestazione (lead time, work in progress, ecc.). Anche in questo caso, gli schedulatori interattivi forniscono una soluzione al problema, in quanto l'interattività dello strumento di programmazione permette di supportare l'utente in modo più efficace che non uno strumento di generazione automatica di piani "ottimi";

- la complessità ed i tempi di elaborazione degli schedulatori automatici rendono spesso difficile la valutazione di alternative in termini di costi e di opportunità con approcci simulativi di tipo what if;

- nei sistemi produttivi in genere è presente un ampio spettro di tipologie di risorse (macchine singole, job shop, linee, ecc.); da ciò nasce l'esigenza di uno strumento di schedulazione che sia *configurabile*, ossia che possa essere facilmente adattato a differenti contesti produttivi; gli schedulatori interattivi rispondono a questa esigenza: la configurabilità è ottenuta agendo su specifici parametri e minimizzando quindi le

personalizzazioni, che dovrebbero essere limitate al solo interfacciamento tra sistema di schedulazione e restante sistema informativo aziendale.

L'Azienda HP Composites S.p.A.

La realtà in cui opera HP Composites è quella dei materiali compositi avanzati a fibra lunga il cui utilizzo è cresciuto significativamente negli ultimi anni. Questi materiali hanno ampiamente dimostrato la loro funzionalità in campi sempre più diversificati quali il settore aeronautico, militare, aerospaziale, automotive, motorsport, articoli sportivi, costruzioni civili, produzione di energia, trasporto marino, biomateriali. Le ragioni si possono facilmente attribuire alle eccellenti proprietà meccaniche rapportate al loro peso specifico, alla loro durabilità e versatilità nell'ambito di progettazioni e applicazioni specifiche.

HP Composites S.p.A. è un'azienda marchigiana che dal 2010 si distingue nella realizzazione di componenti in fibra di carbonio per il settore motorsport e automotive. Vanta inoltre competenze nei settori navale, aeronautico, industriale e design, seppur essi non rappresentino il core business aziendale.

2.1. I Materiali Compositi

I compositi avanzati sono tipicamente costituiti da fibre continue di elevato modulo elastico e/o con elevata resistenza meccanica tenute insieme da una matrice omogenea. Al variare dei materiali usati come fibre di rinforzo e come matrice si possono ottenere diverse proprietà, oltre che meccaniche, anche di stabilità termica, conducibilità elettrica e resistenza agli agenti chimici. Proprio questa possibilità di scelta nel "costruire" il materiale determina la loro grande versatilità di utilizzo accompagnata generalmente da ottime caratteristiche meccaniche rapportate ad una bassa densità.

I materiali compositi rinforzati utilizzati in HP Composites sono a fibra lunga ed il tipo di fibre, la loro percentuale in volume, la loro disposizione e il loro orientamento influenzano molte caratteristiche di questi materiali. In HP Composites le fibre più usate sono quelle di carbonio, di vetro e aramidiche (kevlar). Tra queste, si impiegano

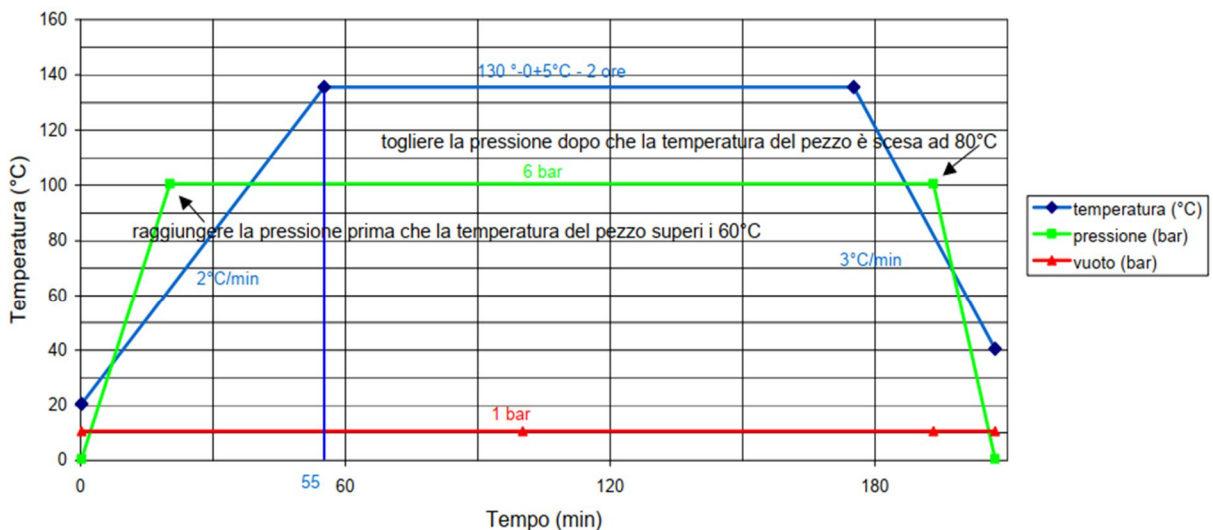
maggiormente quelle di carbonio per le elevate proprietà meccaniche che derivano da una struttura chimica simile a quella della grafite. Rispetto alle fibre di carbonio, quelle di vetro sono più dense, hanno minore modulo elastico e minore resistenza, ma hanno una maggiore deformazione elastica a rottura assorbendo più energia in compressione. Pertanto, esse risultano una valida applicazione per componenti che hanno il compito di assorbire energia in tali condizioni di carico. La loro convenienza inoltre è anche di tipo economico in quanto sono molto meno costose rispetto alle fibre di carbonio e a quelle aramidiche. Queste ultime sono ottenute dalla lavorazione di poliammidi aromatiche e, seppur caratterizzate da minore rigidità rispetto alle fibre di carbonio, hanno un'elevata resistenza al taglio e all'impatto.

Tali fibre possono essere disposte in un'unica direzione affiancate l'una all'altra (unidirezionale), oppure in due direzioni intrecciate a formare un tessuto. In base al diverso intreccio è possibile ottenere diversi tipi di tessuti. Se le fibre sono la componente del materiale che conferisce le proprietà meccaniche, il ruolo principale della resina è quello di dare forma al pezzo e distribuire i carichi sulle fibre. Una matrice inoltre permette di proteggere le fibre da interazioni chimiche e ambientali e partecipa in parte all'assorbimento di energia.

Per quanto riguarda la matrice, in HP Composites si impiegano resine di diverso genere anche se la grande maggioranza dei componenti presenta le fibre impregnate con resina epossidica. Questa è un termoindurente che solidifica irreversibilmente dopo la reazione di reticolazione favorita dallo stazionamento ad una temperatura di circa 135°C e dalla presenza di un agente chimico (reticolante).

Generalmente il materiale di partenza è un rotolo di tessuto pre-impregnato con la resina che reca al suo interno l'agente reticolante. Le proporzioni in volume (o in massa) tra fibre e resina sono ben definite (generalmente in HP Composites la percentuale in volume di resina dei materiali usati è di circa il 40%) e influenzano ovviamente la qualità meccanica del materiale. Tale materiale deve essere conservato ad una temperatura di -18°C per impedire lo svilupparsi della reazione chimica di reticolazione prima che avvenga l'effettivo utilizzo del materiale stesso. Una volta avvenuta la fase di laminazione sullo stampo, il manufatto subisce un ciclo termico durante il quale avviene

la cura della resina (reticolazione) ed il pezzo acquisisce la sua forma finale. In *figura 2.1* è riportato un tipico ciclo di cura per la tecnologia di autoclave. Sebbene sia un esempio specifico su tale tecnologia, il concetto secondo cui il materiale deve stazionare in pressione ad una certa temperatura per un certo tempo è valido per ogni applicazione. Nel grafico è visibile come le variabili gestite sono 3: temperatura, pressione e tempo. Inizialmente lo stampo con il materiale laminato ed il sacco sono messi sottovuoto e tale vuoto viene mantenuto in autoclave con delle apposite pompe. In questo modo, durante la cura, l'aria residua ed i gas che si sviluppano potranno essere evacuati. Il ciclo comincia con una rampa di aumento della pressione e una rampa di aumento della temperatura fino ad arrivare ai valori che devono essere mantenuti per far avvenire la reazione di cura. Nel caso di resine epossidiche i valori tipici per lo stazionamento sono 5-6bar (prima pelle) e 2-3bar (seconda pelle), $130^{\circ}\text{C}\pm 5^{\circ}\text{C}$ per 2-3 ore. Mentre la temperatura aumenta la viscosità della resina diminuisce fino a toccare un minimo ed in tale fase la pressione permette una distribuzione omogenea della resina in tutte la parti del componente. Con il passare del tempo in queste condizioni la reazione di cura fa il suo corso e la viscosità aumenta fino a rendere il componente solido. Una volta terminata la cura, ci sono rampe discendenti sia per la temperatura che per la pressione.



N.B. Le temperature riportate si riferiscono alla temperatura del pezzo.

Figura 2.1 Parametri di un tipico ciclo di cura in autoclave

Quello mostrato è un ciclo tipico suggerito per una resina epossidica. Tuttavia, una stessa resina può curare con diversi cicli (in generale aumentando la temperatura diminuisce il tempo di stazionamento) e diversi fornitori di resine epossidiche possono ottimizzare il prodotto per un ciclo di cura differente. Inoltre, se il pezzo in via di costruzione è sandwich e sta subendo il secondo ciclo termico (cura della seconda pelle), la pressione deve essere di circa 2bar per evitare il collasso dei materiali riempitivi. Questo non impedisce la cura, ma il materiale risulterà meno compatto. È da notare che le variabili termiche indicate nel grafico sono relative al *pezzo* e non all'ambiente in autoclave. Pertanto quando in autoclave ci sono stampi di grandi dimensioni con elevate inerzie termiche, i cicli si allungano per permettere che il materiale stazioni per quel tempo a quella temperatura. È doveroso inoltre sottolineare che in questo tipo di aziende (come vedremo in seguito) vengono prodotti anche *stampi* in composito in fibra di carbonio impregnati con resina epossidica. Essi però sono fabbricati con materiali dedicati la cui resina ha caratteristiche chimiche diverse ed è in grado di curare a temperature molto più basse, dell'ordine di 40-50°C con tempi dell'ordine di 48 ore (la pressione applicata è comunque di 5-6bar). Questa differenza esiste per minimizzare le dilatazioni termiche dei modelli durante la cura degli stampi.

Come vedremo nei paragrafi seguenti, nella tecnologia RTM non vengono usati materiali prepreg⁶, ma un tessuto secco viene applicato sullo stampo e successivamente impregnato di resina con diversi sistemi. Concettualmente la fase di cura è identica anche se la pressione viene applicata dal controstampo (non dall'aria) e la temperatura è fornita per conduzione attraverso gli stampi.

2.2 Le Tecnologie Produttive

Attualmente, grazie al costante progresso in campo tecnologico, si dispone di molti metodi per la realizzazione di prodotti in materiale composito. Tuttavia, i principi alla base delle diverse tecnologie rimangono gli stessi: occorre laminare fibra e matrice

⁶ Pre-preg: indica il materiale in fibra pre-impregnato con la resina

(prepreg o separati) su uno stampo e somministrare temperatura e pressione per il tempo della cura.

Queste variabili termodinamiche dunque possono essere imposte al materiale utilizzando diversi metodi. In HP Composites ne troviamo tre: l'autoclave, l'Air Press Moulding e il Resin Transfer Moulding (RTM).

1. La tecnologia di **Autoclave** è la più utilizzata e l'azienda è dotata di 6 impianti di questo tipo di diverse dimensioni. Un'autoclave è in grado di produrre aria calda in pressione a seconda delle esigenze ed è dotata di condotti per il vuoto. Essi vengono applicati sul sacco che avvolge lo stampo laminato e aspirano l'aria e i gas che si generano all'interno del sacco durante la reazione di cura. In questo modo si implementa il ciclo descritto nel paragrafo precedente.

Gli stampi utilizzati con questo tipo di tecnologia possono essere di diverso materiale, carbonio, alluminio, resine di vario genere; inoltre la grandezza dell'autoclave permette di inserirvi stampi di svariate dimensioni, da numerosi pezzi medio-piccoli come staffe, tappi, mostrine a pochi pezzi di dimensioni che non superano i 3mx3m, come ad esempio un telaio o un paraurti. Il numero di pezzi massimo è comunque vincolato dai condotti del vuoto di cui è dotata l'autoclave e dalle dimensioni dei pezzi rapportate all'autoclave.



Figura 2.2 Autoclavi di HP1



Figura 2.3 Valvole per il vuoto dell'autoclave

2. Nella tecnologia **Air Press Moulding** la combinazione dei parametri di temperatura, pressione e tempo viene somministrata al prepreg utilizzando una pressa. Su un piano della pressa viene posizionato lo stampo e al di sopra del pezzo laminato viene apposta una gomma sagomata. A questo punto il piano superiore della pressa preme sulla superficie dello stampo dal lato della gomma e viene iniettata aria in pressione tra la gomma e il piano superiore. In questo modo la gomma offrirà la pressione necessaria al pezzo fungendo da controstampo flessibile e eliminando l'esigenza del sacco a vuoto. Lo stampo viene poi riscaldato e tale temperatura arriverà al pezzo permettendone la cura. La camera d'aria è realizzata con un polimero termo plastico, solitamente gomma (o silicone). Le differenze con la tecnologia di autoclave sono diverse: non è necessario che lo stampo sia tenuto sottovuoto durante la fase di cura, l'aria in pressione non è calda ma serve solo per far aderire la camera d'aria al laminato contro lo stampo, gli stampi utilizzati sono in alluminio. Questo materiale li rende pesanti e difficili da movimentare nel caso di pezzi di grandi dimensioni. Un'altra problematica è connessa al preriscaldamento degli stampi e al loro raffreddamento, operazioni lunghe e onerose anche in termini energetici. In HP Composites sono stati messi a punto dei sistemi per rendere queste due fasi più efficaci ed efficienti, tuttavia questa tecnologia dell'air press moulding non permette di ridurre significativamente i tempi di produzione, ma solo di evitare la fase di costruzione del sacco con i relativi tempi e rischi annessi (in autoclave un sacco fatto male può rompersi e compromettere il pezzo).

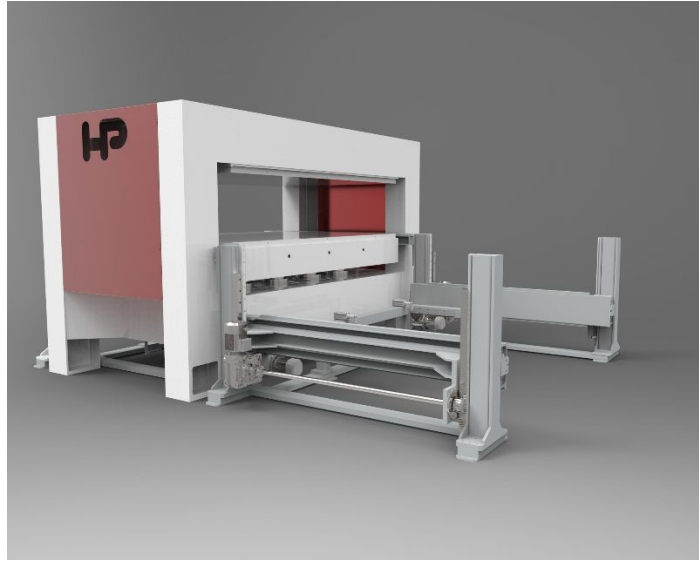


Figura 2.4 Tecnologia Air Press Moulding

3. La tecnologia **Resin Transfer Moulding** (RTM) differisce maggiormente dalle due appena descritte. Il materiale che viene utilizzato per il RTM non è pre-impregnato ma tessuto secco. Questo materiale viene posizionato su stampi di alluminio e chiuso con un controstampo; tra stampo e controstampo verrà poi iniettata la resina. Ci sono più modi per iniettare la resina: in pressione con una pompa o aspirandola col vuoto applicato dal lato opposto degli stampi. Con questi principi alla base possono essere messi in piedi diversi processi: ad esempio si possono lasciare gli stampi leggermente aperti e applicare la pressione meccanicamente a valle dell'iniezione riavvicinando gli stampi. A differenza degli altri metodi il controstampo metallico che conferisce pressione risulta indispensabile per il processo (nella tecnologia di autoclave i controstampi sono usati solo all'occorrenza, quando si vuole ottenere una superficie liscia su entrambi i lati del componente). Questo tipo di tecnologia è automatizzabile e utilizzabile per realizzare produzioni in serie. Il vantaggio infatti consiste nell'utilizzo del materiale secco che può essere laminato tramite un braccio automatico e la presenza del controstampo montabile automaticamente che esclude l'operazione manuale di costruire il sacco a vuoto. L'automatismo è in grado di posizionare la dima tagliata secondo la geometria del pezzo da laminare e di chiudere poi il controstampo sullo

stampo. Naturalmente la tipologia dei pezzi realizzabili è limitata alle geometrie relativamente semplici. Realizzare una linea di produzione con tecnologia RTM è molto costoso e anche le attrezzature e gli stampi che devono poter essere intercambiati sulla linea hanno un dispendio economico maggiore rispetto alle attrezzature delle tecnologie menzionate in precedenza. Pertanto, investimenti del genere sono giustificabili solo in caso di grandi volumi da produrre rendendo il costo dei pezzi comunque competitivo. I vantaggi sarebbero tutti quelli del caso, ovvero quelli derivanti dall'automazione dei processi: ripetibilità, prevedibilità, alto rateo produttivo ecc. Bisogna anche tener presente che con l'RTM la resina è in proporzioni volumetriche maggiori rispetto ad un prepreg e che essa non sempre risulta distribuita uniformemente. Attualmente in HP il RTM è sfruttato solo parzialmente e non attraverso linee automatizzate.



Figura 2.5 Tecnologia Resin Transfer Moulding

Il Sistema Produttivo di HP Composites

Il ruolo di HP Composites nel mercato dei materiali compositi non è limitato alla produzione di oggetti aventi determinate caratteristiche bensì è più ampio e abbraccia l'ingegnerizzazione di processo e più raramente di prodotto, attività in cui l'azienda si propone come riferimento nel panorama nazionale e non solo. A tale scopo, fin dai primi contatti con i clienti, l'impegno è massimo per garantire la migliore strategia in termini di qualità del processo e quindi dei componenti. Il sistema di produzione di HP Composites dunque si classifica entro i canoni di una struttura che opera su commessa, realizzando prodotti che assecondino quanto possibile le esigenze del cliente, sulla base delle specifiche e dei disegni da lui forniti. Ciò che si ottiene è un volume produttivo per tipologia di prodotto che rimane contenuto, assumendo i tratti di una produzione su commessa ripetuta. In tal caso infatti, una volta definiti il progetto e il ciclo produttivo, possono essere realizzate più unità di prodotto in periodi di tempo diversi, ossia forniture scaglionate nel tempo, su richiesta del cliente. Le dimensioni di una commessa possono variare dalla decina alle centinaia di tipologie di componenti (o pezzi) e ugualmente non è possibile definire con precisione le quantità (unità) per pezzo che in genere vengono prodotte. Indicativamente, per la maggior parte delle commesse la produzione rimane confinata nell'ordine di decine e centinaia di unità per tipologia. Ad esempio, possono essere prodotte 10 unità/pezzo di una commessa caratterizzata da 100 varietà di componenti (pezzi) tanto quanto può capitare un lavoro che ha poche decine di componenti diversi di cui produrre 100 unità/pezzo. HP Composites è dunque caratterizzata da una grande variabilità del volume produttivo e non attua strategie di produzione a tal proposito. Sono poche attualmente le commesse acquisite che prevedono un quantitativo di pezzi per tipologia dell'ordine delle migliaia di unità. Come vedremo in seguito, una parte della struttura produttiva di HP Composites è nata per

svilupparsi verso la direzione della produzione di massa a quantità, macchine standard specificamente equipaggiate con attrezzature dedicate; tuttavia si è ancora lontani dall'implementare un tale sistema che richiede, tra l'altro, un grado di automazione maggiore rispetto all'attuale processo produttivo di HP Composites, essenzialmente artigiano.

In questo capitolo sono descritte le caratteristiche del sistema produttivo di HP Composites soffermando l'attenzione sulla struttura del prodotto, sul processo di produzione e sul layout.

3.1 La Struttura del Prodotto

Le tipologie di prodotto realizzate nell'azienda in questione sono molto diverse tra loro. Seppur si abbia sempre a che fare con materiale composito a fibra lunga, che quasi nella totalità dei casi è fibra di carbonio, i componenti rispettano disegni e specifiche differenti, pertanto, ogni tipologia è unica. Inoltre, il lavoro è artigiano e manuale mentre le fasi automatizzate riguardano solo alcune attività come il taglio e le lavorazioni sulle macchine a controllo numerico (CNC). Per realizzare il prodotto finale sono necessarie diverse attrezzature che vengono progettate dall'ufficio tecnico e prodotte in parte dalla stessa HP Composites; riguardano nello specifico i modelli, gli stampi e le attrezzature come maschere di incollaggio, maschere per le macchine CNC, calibri di controllo e qualsiasi altro oggetto ausiliario alla produzione. Pertanto, oltre alla struttura del prodotto finito è necessario conoscere, ai fini della produzione, anche la struttura dei modelli, degli stampi e delle attrezzature con cui questi ultimi vengono realizzati. Tutti questi elementi sono caratterizzati da una Distinta Base (Bill of Materials-BOM) un elenco di tutti gli assiemi, i componenti, i semilavorati e le materie prime necessari per realizzare un prodotto. La BOM è organizzata in maniera gerarchica e viene rappresentata attraverso uno schema ad albero che vede in testa il prodotto finale e via via nei livelli inferiori tutti i componenti utilizzati per ricavarlo e/o assemblarlo.

La distinta base tipica di un prodotto finito in HP Composites prevede la distinzione dei componenti in *Complessivi* e *Parti* (o Particolari). Le parti sono dei pezzi che spesso vengono unite attraverso operazioni di incollaggio o assemblaggio meccanico per

costituire il complessivo. Quest'ultimo rappresenta in genere il primo livello della distinta base, quello più in alto, cioè il prodotto finito che verrà spedito al cliente. In alcuni casi il complessivo può anche appartenere al secondo livello della distinta base e andare a costituire esso stesso, insieme alle parti, un complessivo di primo livello (figura 3.1). Le distinte base dei modelli, degli stampi e delle attrezzature sono meno verticalizzate e arrivano al massimo al secondo livello. In quest'ultimo sono esplicitate tutte le scomposizioni che costituiscono il modello, lo stampo o l'attrezzatura in questione, in modo da visualizzare facilmente il legame padre-figlio che si instaura tra essi. Inoltre, sempre nel secondo livello, sono presenti i materiali necessari per la loro realizzazione (figura 3.2).

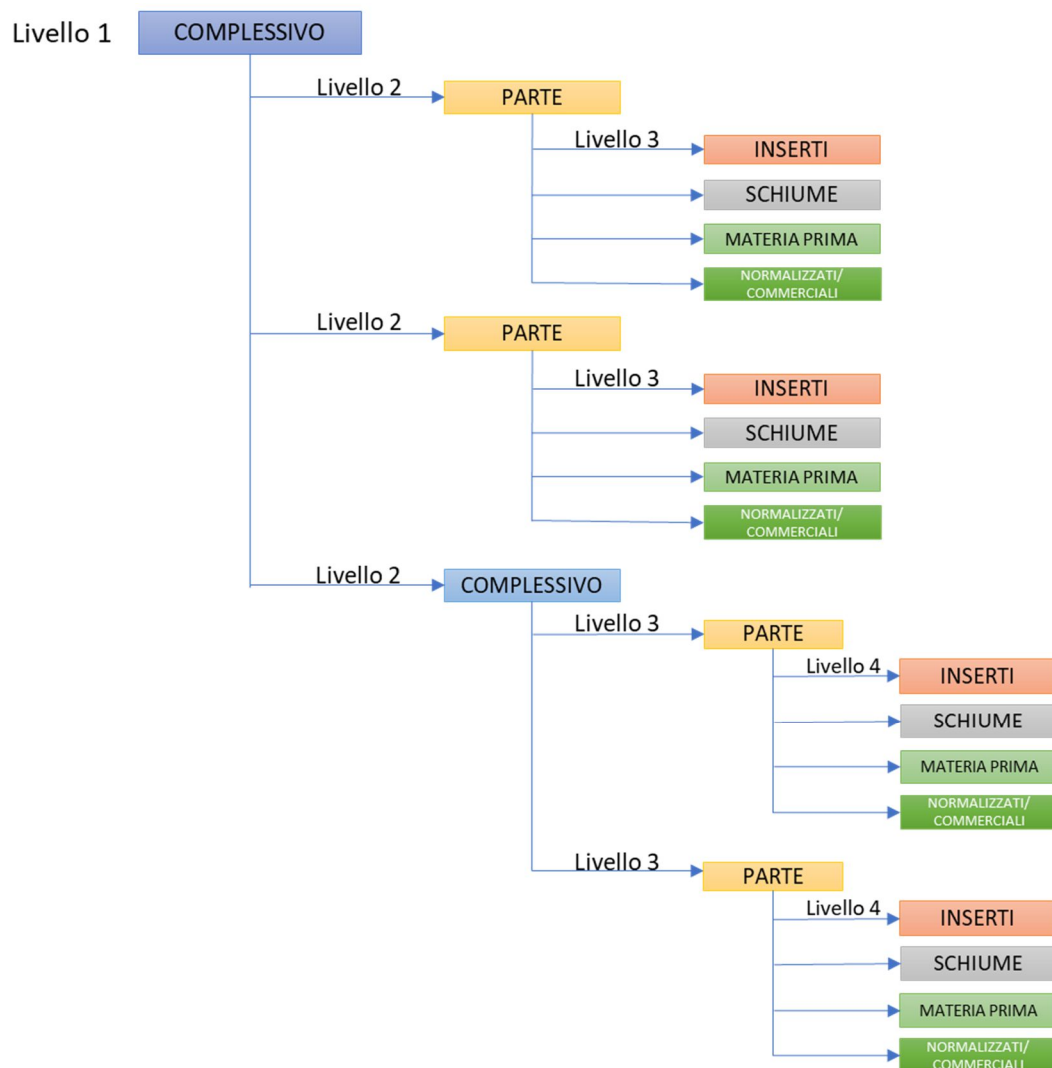


Figura 3.1 Struttura della Distinta Base di un Complessivo

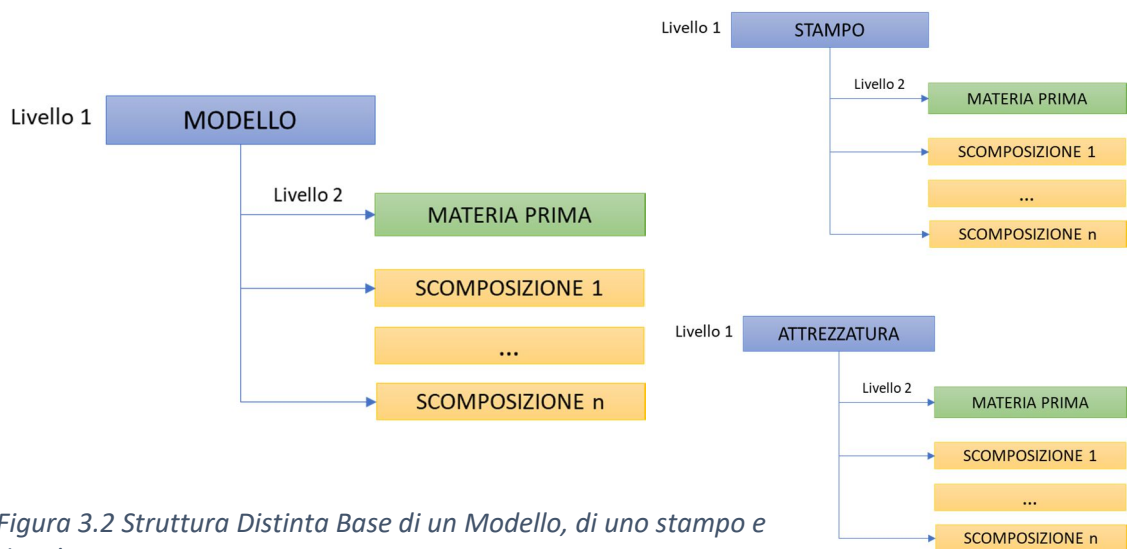


Figura 3.2 Struttura Distinta Base di un Modello, di uno stampo e di un'Attrezzatura.

Nel paragrafo successivo vengono descritte nello specifico tutte le fasi del processo produttivo.

Possiamo osservare che in una struttura produttiva job shops ogni reparto fornisce in output un semilavorato che sarà l'input per il reparto successivo. In questo modo i WIP (Work in process o Semilavorato) generati a valle di una fase del processo vengono movimentati e stoccati presso un altro reparto in attesa dell'operazione successiva.

3.2 Il Processo Produttivo

Le attività preliminari al processo produttivo coinvolgono i project manager che in HP Composites hanno un ruolo anche di commerciali. Essi si interfacciano con il cliente già in fase di preventivazione definendo, in collaborazione con il responsabile delle attrezzature, la spesa prevista in termini di progettazione e realizzazione delle attrezzature e di implementazione dei processi. Di solito HP Composites si occupa dell'industrializzazione e della produzione dei componenti offrendo le migliori soluzioni tecnologiche in relazione alle richieste del cliente. Talvolta vengono offerti anche servizi di progettazione e dimensionamento strutturale di pezzi in composito, soprattutto per conto delle aziende dello stesso gruppo che sono impegnate in competizioni sportive.

Tali componenti saranno soggetti quindi ad omologazione da parte degli organismi ufficiali (FIA). Altre volte invece vengono offerti servizi di ingegnerizzazione dei componenti attraverso attività di codesign con i clienti.

Quando una commessa viene acquisita, vengono preventivati il budget e le ore necessarie per tutte le attività, sia quelle di progettazione che quelle di produzione, stimando di massima il carico di lavoro di ogni reparto produttivo, incluso l'ufficio tecnico. In particolare, le ore di lavoro dell'ufficio tecnico vengono schedate con il responsabile dell'ufficio e il responsabile delle attrezzature. La schedulazione delle attività di progettazione (incluse le eventuali attività di dimensionamento e codesign) viene svolta tenendo presente la consegna richiesta delle attrezzature in reparto per iniziare la produzione. Il project manager dunque si occupa di coordinare le attività fino alla consegna del pezzo assicurandosi che tutto avvenga nei tempi concordati e conformemente alle specifiche tecniche richieste dal cliente. Inoltre egli intrattiene un rapporto costante con il cliente trasferendo al suo interno le eventuali modifiche richieste. Una volta che il pezzo è definito si passa alla progettazione delle attrezzature a partire dagli stampi fino a delineare tutte le maschere e gli strumenti necessari per la commessa. Gli output dell'ufficio tecnico (di cui fanno parte anche i project managers) sono:

- Gantt e rateo produttivo da rispettare
- Tecnologia da usare per la produzione dei componenti (esempio autoclave, RTM, air press moulding).
- Stima dei tempi delle diverse attività produttive da svolgere
- Stima del consumo dei materiali
- Requisiti tecnici, disegni 2D, distinte base e istruzioni tecnico/operative relative alla realizzazione dei componenti.
- Progetto di tutte le attrezzature necessarie e documentazioni tecniche annesse
- Dime di materiale (files CAD 3D) da laminare per ottenere i componenti
- CAD e specifiche degli inserti e dei riempitivi

Presto in azienda sarà introdotto un PLM per la gestione informatica di tali dati che attualmente vengono gestiti tramite fogli di calcolo e cartelle condivise.

L'ufficio produzione comincia ad essere coinvolto con la condivisione da parte del PM di un Gantt di progetto, un rateo di fornitura condiviso con il cliente il carico di lavoro relativo alla specifica commessa. Nel diagramma di Gantt sono sempre indicate le milestones di *"stampi pronti alla laminazione"* e *"consegna del primo pezzo"*, mentre altre milestones intermedie possono variare a seconda del tipo di progetto e dei requisiti tecnici dei diversi componenti. In base alla fornitura da rispettare, si può decidere se risulta opportuno duplicare le attrezzature per poter attuare la produzione dei componenti in parallelo.

Il processo produttivo inizia con attività che non sono propriamente ricorrenti poiché riguardano la produzione/preparazione/manutenzione delle attrezzature necessarie alla fabbricazione dei pezzi. Queste attività si differenziano in base al tipo di attrezzatura e al materiale di cui è composta. L'iter più completo che contiene tutte le fasi possibili è quello che vede la produzione di stampi in carbonio. In questo caso l'ufficio tecnico progetta i modelli (generalmente fatti di resina) la cui produzione sarà esternalizzata. Una volta ricevuta la fornitura dei modelli, essi vengono controllati in accettazione dal reparto controllo della qualità. Attraverso l'utilizzo di diversi strumenti (soprattutto la DEA, cioè un tastatore di punti che confronta la matematica CAD del modello con quello effettivamente ricevuto) il modello viene deliberato come idoneo all'utilizzo per i reparti a valle. Tali modelli vengono poi processati dal reparto modelleria che esegue una serie di operazioni manuali di carrozzeria per rendere tali modelli fruibili alla laminazione degli stampi. Queste operazioni richiedono tempistiche che variano in base alle dimensioni e alla complessità dei modelli e anche in base allo stato qualitativo degli stessi. Talvolta infatti occorre fare delle operazioni di riparazione e/o finitura affinché la qualità degli stampi ottenuti da essi sia conforme alle aspettative. Approntati i modelli, essi vengono portati in cabina laminazione LTM nella quale avviene la laminazione degli stampi. In genere la sequenza di impilamento degli strati di materiale è standardizzata. Inoltre, come esposto al capitolo precedente, il materiale utilizzato per la laminazione è

apposito per gli stampi ed è diverso da quello usato per i componenti. Anche questa operazione ha tempistiche che variano in base a dimensioni e complessità degli oggetti in via di produzione. Ultimata la laminazione, viene eseguito il sacco e si può mandare lo stampo in cottura seguendo il ciclo di cura descritto precedentemente.

Una volta estratti, gli stampi devono subire un ulteriore ciclo termico per stabilizzarne la forma anche alle temperature di cura dei pezzi che saranno stampati su di essi e che di solito sono di circa 135°C. quindi vengono posizionati in un forno a pressione atmosferica a una temperatura di circa 160°C per circa 13ore (queste grandezze possono variare in base al materiale da stampi usato). In ultimo il reparto modelliera prepara gli stampi per la laminazione valutandone la qualità delle superfici, la qualità degli accoppiamenti (per gli stampi scomposti) e apponendo su di essi il distaccante per l'estrazione del futuro pezzo.

Se uno stampo non è di materiale composito ma di metallo (di solito leghe di alluminio abbastanza resistenti come Ergal, Al7021. In alcuni casi anche il meno nobile Al5083) o se è costituito da materiali resinosi, allora le fasi di laminazione, cura e post-cura non vengono eseguite. A questo punto lo stampo è pronto per essere utilizzato per la produzione del pezzo. La figura 3.3 mostra due esempi di stampi in alluminio multifigura, anche chiamati multi-impronta.

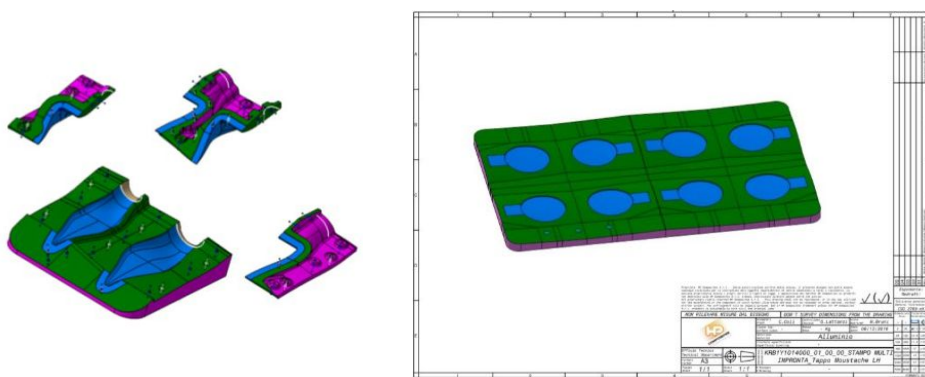


Figura 3.3 Stampi Multi-impronta

Fase di Taglio

La prima attività relativa alla produzione dei componenti veri e propri è l'elaborazione delle dime 3D che viene svolta dal reparto taglio. L'attività consiste nell'elaborare le

dime 3D in uscita dall'ufficio tecnico e renderle 2D con software dedicati. Tali dime sono sviluppate principalmente tenendo in considerazione il processo manuale di laminazione e le relative fattibilità tecniche. Questa attività richiede una profonda competenza da parte degli operatori addetti. Una volta scomposte e spianate, le dime vengono organizzate in modo da ottenere il miglior *nesting* possibile. La materia prima infatti è stoccata in rotoli di altezza finita e pertanto le sagome devono essere ritagliate rispettando i vincoli geometrici di tali rotoli minimizzandone lo sfrido. Una volta pronto il programma di taglio, si procede al prelievo della materia prima dalle apposite celle frigorifere (T circa -18°C) con una logica che, a motivo della scadenza dei rotoli di materiale, è di tipo FIFO (first in first out). Un operatore dunque esegue il set-up della macchina di taglio e le dime di materiale vengono così prodotte. Lo stesso operatore organizza dunque queste dime in buste dividendole in base alle fasi del processo di laminazione ed esse vengono consegnate al reparto di laminazione. Il reparto di taglio si occupa di sagomare anche eventuali strutture a nido d'ape per i componenti sandwich.

Fresatura dei riempitivi

Sulla base dei disegni e delle istruzioni dell'ufficio tecnico, eventuali schiume riempitive vengono prodotte dal reparto delle macchine utensili a controllo numerico. Le schiume quindi vengono consegnate al reparto inserti per la preparazione alla fase di laminazione.

Preparazione degli inserti

Un manufatto in composito presenta molto frequentemente degli inserti e dei riempitivi che servono rispettivamente a rendere possibile l'interfaccia del componente con altri pezzi e a creare delle strutture sandwich che aumentano la rigidità del pezzo stesso. Tali riempitivi vengono forniti al reparto laminazione contestualmente alle dime per essere usati nel processo di laminazione. Questi oggetti hanno bisogno di essere preparati prima della laminazione. Per quanto riguarda gli inserti, essi sono prevalentemente di alluminio, approvvigionati esternamente e hanno bisogno di essere

sabbiati con una macchina apposita in modo da aderire alle resine e agli adesivi utilizzati durante la laminazione. I riempitivi invece devono essere essiccati per impedire che inumidiscano il pezzo durante la fase di cura. Queste attività sono competenza del reparto inserti che ha cura di consegnare tale materiale tempestivamente per l'attività a valle.

Reparto di produzione delle gomme

Spesso le geometrie complesse dei componenti rendono necessario l'ausilio di gomme e camere d'aria per trasmettere la pressione al prepreg in fase di cottura. Questi sono i casi in cui bisogna stampare una geometria cava all'interno della quale non è possibile arrivare con il normale sacco, oppure quando una zona angusta e acuta potrebbe portare a rottura il sacco in autoclave (situazione che compromette la conformità del manufatto). Inoltre le gomme sono necessarie per il processo di air press moulding spiegato nel capitolo precedente. Dunque in questo reparto si laminano le gomme (anche esse sono rifornite in rotoli laminabili) su dei modelli progettati ad hoc dall'ufficio tecnico per poi cuocerle in autoclave. Le gomme quindi vengono fornite tempestivamente al reparto laminazione o al reparto sacco a seconda dell'utilizzo.

Fase di Laminazione

La seconda fase del processo avviene nella Clean Room ed è la laminazione del componente. Durante questa fase un operatore specializzato è dotato del kit di dime e di inserti, dello stampo e del plybook. Grazie a questi input egli è in grado di apporre sullo stampo le dime di materiale nella giusta sequenza e con il corretto orientamento.

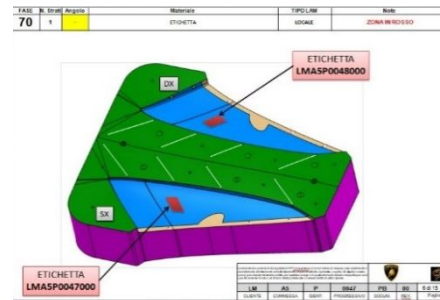
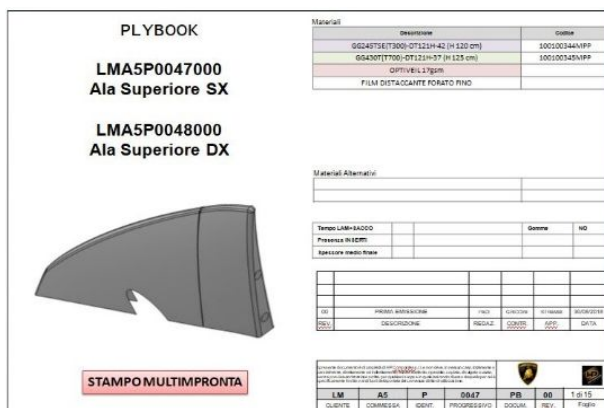


Figura 3.4 Esempi di Plybook

Il plybook è a tutti gli effetti un piccolo libro di istruzioni su come deve essere eseguita la laminazione, contiene principalmente immagini e foto che guidano l'operatore negli step principali da eseguire e indicano anche come apporre l'etichetta sul pezzo. Tra i laminatori esistono spesso esperienze diverse e profili altamente specializzati. Per determinate tipologie di prodotto (per esempio i telai) si creano dei team specializzati che, dopo aver prodotto i primi seriali, avranno modo di formare sullo specifico componente altri operatori. Per tale ragione i tempi produttivi inizialmente sono relativamente alti; in seguito si abbassano fino a tendere al valore medio dei tempi di fornitura.

La laminazione di un pezzo può essere "singola" o in 2 cicli. Quest'ultimo è il caso dei componenti sandwich in cui c'è una prima laminazione e un primo ciclo di cura (di norma 135°C a 5bar di durata totale variabile in base ai pezzi dalle 3ore alle 6 ore totali), poi, senza estrarre il componente dallo stampo che quindi rimane impegnato, una seconda laminazione e un secondo ciclo di cura (come il primo ma a 2bar).

Le criticità connesse alla fase di laminazione sono quelle relative alle attività manuali e cioè una ripetibilità non ottimale del lavoro e la variabilità dei tempi di esecuzione. Questa fase risulta comunque essere tra le più importanti della produzione poiché da essa deriva buona parte della conformità del pezzo finale.

Fase di Sacco e Autoclave

A valle del reparto di laminazione ci sono il reparto sacco e il reparto autoclave che lavorano in sincronia. In esso si allestiscono i sacchi a vuoto finalizzati ad ottenere una distribuzione uniforme della pressione dell'autoclave su tutto il pezzo e a far evacuare i gas risultanti dalla reazione di reticolazione della resina. Anche questa è una fase molto delicata poiché un errore potrebbe portare alla rottura del sacco durante la cura e quindi a una perdita di pressione sui componenti. La maggior parte delle volte un'eventualità del genere produce difetti che portano a scartare il pezzo. Anche in questo caso, essendo un'attività manuale, i tempi di esecuzione sono variabili. Gli operatori dello stesso reparto procedono al carico e scarico dell'autoclave ed un operatore specializzato si occupa del set up dell'autoclave. Le criticità di questa fase sono, oltre alla qualità del sacco, il riempimento ottimale dell'autoclave e la programmazione della stessa in termini di cicli da eseguire. Infatti, l'autoclave potrebbe essere riempita con componenti che richiedono tempi diversi a temperatura costante per permettere alla resina di reticolare. In questi casi si sceglie la durata maggiore tra quelle dei componenti inseriti. Non dimentichiamo inoltre che i cicli di cura per la cottura degli stampi sono estremamente diversi da quelli dei prodotti. Pertanto sono programmati 2 cicli a settimana a cadenza regolare per la cura degli stampi.

Fase di Estrazione

Una volta terminata la "cottura" i pezzi vengono estratti dallo stampo in un reparto dedicato. Nella maggior parte dei casi gli stampi sono scomposti per poter risolvere i sottosquadri del pezzo e dunque in tale reparto si procede al loro smontaggio, all'estrazione del pezzo e alla riparazione dello stampo per la successiva laminazione del particolare. Talvolta gli stampi vengono riassemblati parzialmente in base alle necessità della laminazione.

Fase di Controllo Qualità in Linea

A questo punto di norma avviene il primo controllo qualità per stabilire se le fasi di laminazione e cura sono andate a buon fine e quindi se è il caso di continuare con i

processi produttivi che si trovano a valle. La qualità svolge controlli visivi e alcune misurazioni geometriche prima di promuovere il semilavorato.

Fase di Finitura

I componenti sono a questo punto dei semilavorati che devono subire dei processi di finitura prima di poter essere assemblati in complessivi o essere deliberati come pezzi finiti. Le attività a questo punto possono essere molteplici: rifilatura, foratura, lavorazione in macchina CNC, incollaggio, assemblaggio, verniciatura etc.

Nel caso in cui i componenti debbano essere lavorati di macchina a controllo numerico, essi sono destinati allo specifico reparto che provvede al piazzamento in macchina e al relativo set up. Preventivamente in ufficio tecnico è stato già portato a termine un programma CAM che deve essere eseguito dalla macchina. Questa è una fase in cui i tempi sono ripetibili come anche le lavorazioni. La sua criticità resta quindi solo l'ottimizzazione della programmazione anche in base alla propedeuticità delle suddette lavorazioni sulle operazioni successive.

Le restanti attività menzionate in precedenza, ad esclusione della verniciatura, sono svolte invece nel reparto finitura che esegue tutte quelle attività che rendono il componente o l'assieme in via di produzione finito e pronto per essere sottoposto al reparto qualità per la delibera finale. Queste attività vengono svolte basandosi su disegni 2D e istruzioni di lavoro provvedute dall'ufficio tecnico.

Fase di Delibera Finale

Il reparto di delibera si preoccupa di verificare che tutte le caratteristiche richieste dal cliente ed esplicitate in disegni tecnici 2D siano effettivamente rispettate dal componente. Viene quindi svolta un'analisi visiva del componente e una misura dimensionale che può avvalersi di diversi strumenti: calibro di controllo, braccio faro (scanner 3D) e tastatore. A seconda del pezzo e della complessità del pezzo ovviamente cambiano i set-up e le competenze richieste. Vengono quindi elaborati report di qualità e, se il componente viene giudicato conforme, esso viene portato dalla logistica nella zona dedicata alle spedizioni.

Lo schema nella *figura 3.5* riassume il flusso dei materiali tra i reparti produttivi distinguendo le operazioni che avvengono sulle macchine, contrassegnate con la lettera M, e quelle che avvengono nello stesso reparto ma sono operazioni manuali.

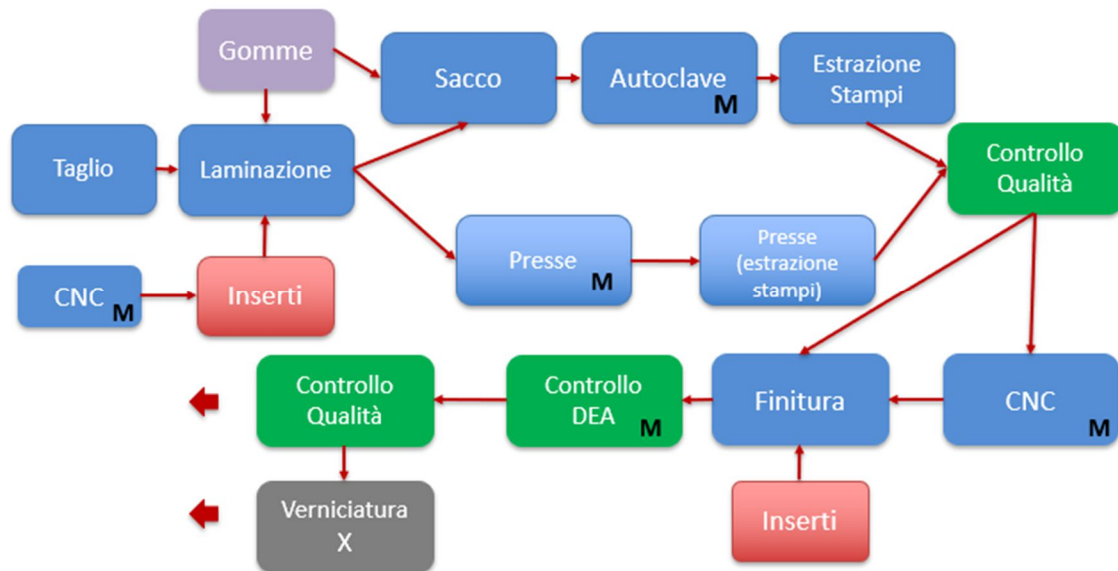


Figura 3.5 schema del processo produttivo e del flusso di materiale tra i reparti

3.3 Il Layout Produttivo

Come già introdotto, la struttura produttiva di HP Composites è organizzata in reparti o job shops. Sono aree di lavoro, ognuna specializzata in una fase ben precisa del ciclo produttivo e dotata delle attrezzature e dei macchinari necessari per eseguire sul pezzo tutte le operazioni necessarie tipiche del reparto. Il carico di lavoro relativo ad una stessa operazione del ciclo di produzione è suddiviso tra più reparti dello stesso tipo. Essi sono dislocati in tre aree produttive diverse, tre stabilimenti distanti pochi metri l'uno dall'altro che coprono un'area complessiva di 14.000 Mq e denominati HP1, HP2 e HP3. Come sarà chiaro tra poco ogni stabilimento non contiene tutti i reparti necessari per l'intera produzione, ma alcuni di essi risiederanno solo in uno dei tre siti. Di seguito si vogliono segnalare solo le peculiarità specifiche delle 3 diverse strutture sottintendendo che i reparti non menzionati siano presenti nel relativo impianto.

HP1 è il primo plant produttivo realizzato. È utilizzato principalmente per la produzione di componenti destinati al racing, componenti di ricambio che devono essere realizzati in tempi molto brevi, pezzi di più commesse diverse ma piccole o più complesse, in quanto nei reparti di HP1 ci sono diversi operatori altamente specializzati e dotati di grande esperienza. Spesso anche le fasi prototipali delle commesse, in cui è necessario risolvere la maggior parte dei problemi tecnici, sono svolte in questo capannone. In esso sono presenti tutti gli uffici (tecnico, di produzione, amministrativo, etc.), l'unico reparto LTM in cui si laminano gli stampi e l'unico reparto di controllo qualità con macchinari ausiliari come tastatore e braccio faro.

HP2 è dedicato alle commesse con numeri produttivi e ratei produttivi relativamente alti, di tipo industriale. Sebbene le commesse di questo tipo siano poche, esse riescono a giustificare l'utilizzo esclusivo del capannone grazie ai volumi relativamente alti che sono richiesti dai clienti. Inoltre è in HP2 che vengono implementate le tecnologie dell'air press moulding e del RTM con le relative strutture e aree dedicate (reparto presse, zona raffreddamento stampi). Il fatto che solo in questo sito sia possibile attuare queste tecnologie determina gran parte del tipo di commesse evase in questo secondo impianto produttivo. La produzione è uniformata a poche tipologie di pezzi che, una volta messo a punto il processo, vengono realizzati con più velocità e meno inconvenienti, seppur non si può parlare di produzione in serie. Altra cosa importante che contraddistingue l'impianto HP2 è la presenza del reparto inserti che rifornisce tutti e 3 i capannoni.

HP3 invece è dedicata a tutte quelle produzioni di numeri intermedi (ordine delle decine/centinaia di esemplari per particolare) che non sono più prototipali né prettamente racing e che non richiedono le tecnologie dell'air press moulding e del RTM. Peculiarità di HP3 è quella inoltre di ospitare l'unica area logistica, l'unico reparto di taglio del materiale ed il magazzino.

Dal momento che, come appena esposto, alcuni reparti sono presenti in un solo sito (ad esempio il reparto taglio è in HP3, il reparto inserti è in HP2, il controllo in HP1, etc.) nessun impianto è totalmente autonomo essendo praticamente sempre necessari tutti i reparti per implementare il ciclo produttivo.

3.4 Le Criticità del Processo Produttivo in HP Composites

Le maggiori difficoltà che si presentano nel governare un processo del genere sono dovute principalmente a 2 fattori: la manualità e quindi l'irripetibilità della quasi totalità delle attività e la natura dei clienti e del mercato in cui è inserita l'azienda. Per quanto riguarda questo secondo punto infatti è opportuno sottolineare come la quotidianità sia pervasa da urgenze produttive dovute a scarti inaspettati, richieste di ricambi repentini da parte di clienti del motorsport e tempi di fornitura estremamente stretti richiesti dai clienti. Spesso è necessario rivedere la programmazione delle attività proprio alla luce di tali imprevisti che rendono molto difficile una affidabile programmazione a medio/lungo termine. Inoltre, per ora, non sono molte le commesse per una produzione di vetture o componenti in serie e quindi l'ottimizzazione dei processi risulta difficile da implementare.

La Gestione della Produzione di HP Composites

Nel capitolo precedente è stato possibile notare che all'interno del sistema produttivo, tra un reparto e l'altro, si genera un flusso di materiali che permette la realizzazione fisica del prodotto. Vogliamo ora individuare il flusso informativo che precede e origina il flusso di materiali, e, permette di gestire completamente l'intera produzione. In genere gli input informativi di un'azienda manifatturiera sono definiti tramite un'analisi del mercato, la determinazione della domanda e/o degli ordini di vendita. Tali dati vengono quindi utilizzati prima per la pianificazione e poi per la programmazione della produzione. In HP Composites in cui la produzione è su commessa, la domanda è generata dal portafoglio ordini di vendita; pertanto il punto di partenza per la pianificazione è rappresentato dall'acquisizione delle commesse e quindi dagli ordini del cliente. Le informazioni che permettono di far partire il processo produttivo arrivano dal Project Manager e dall'ufficio tecnico. In questo capitolo metteremo in luce proprio i flussi informativi che attraversano i reparti e investono tutte le funzioni organizzative coinvolte nel processo di fabbrica. Verranno dunque descritti i processi gestionali tramite i quali gli sforzi di ognuno sono incanalati verso obiettivi concreti, con un'attenzione primaria alle attività di programmazione e controllo della produzione. Gli elementi principali del flusso informativo di HP Composites sono gli Ordini di vendita, le Richieste di Acquisto (RDA) e gli Ordini di Lavorazione (ODL). Ci soffermeremo in particolar modo su questi ultimi. Infine, verrà fornito un quadro generale degli attuali software gestionali utilizzati dall'azienda, l'ERP Gamma Enterprise e il MES, focalizzando l'attenzione sui dati operativi che essi gestiscono.

4.1 La strategia Make to Order e la Logica di Gestione degli

Approvvigionamenti

Prima di addentrarci nella descrizione del flusso informativo di HP Composites è necessario specificare con quali logiche vengono gestiti gli approvvigionamenti e qual è la strategia produttiva. Quest'ultima è principalmente di tipo Make to Order, pertanto la produzione viene avviata una volta confermato l'ordine del cliente; l'acquisto dei materiali tuttavia segue diverse logiche, principalmente c'è una gestione push degli approvvigionamenti, con i fabbisogni calcolati dal MRP. In esso sono inseriti la scorta minima e un lotto minimo di riordino. Molto spesso però le proposte dell'algoritmo sono bypassate dall'esperienza dell'ufficio acquisti, poiché si creano delle incongruenze. Genericamente quindi si può parlare di una gestione a commessa, ossia viene effettuato l'ordine dei materiali necessari per evadere la commessa una volta che quest'ultima è stata acquisita.

Per capire la situazione prendiamo ad esempio la situazione dei magazzini delle materie prime. C'è un impegno e disimpegno continuo del materiale per cercare di rispettare le date di consegna stringenti. I lead time infatti sono troppo elevati rispetto a quelli preventivati per riuscire a rispettare le consegne. Attualmente per gestire i magazzini non c'è un dato che segnala il materiale impegnato. In ufficio acquisti non hanno visibilità del magazzino. Se al reparto taglio non viene segnalato in tempo reale che sono stati utilizzati materiali alternativi, cioè che sono stati impiegati materiali acquistati per altre commesse, poi in ufficio acquisti si ritrovano a fare ordini senza conoscere i dati precisi. Si procede a volte con acquisti a stock. Molto spesso inoltre succede che le distinte base sono sbagliate o non caricate.

4.2 La struttura Organizzativa

Nella teoria la struttura organizzativa di un'azienda può riconoscersi in tre diverse configurazioni: struttura divisionale, struttura funzionale e struttura a matrice. Nel caso di HP Composites è possibile riconoscere principalmente le caratteristiche di una struttura funzionale, seppur di fatto l'organizzazione non è inquadrabile all'interno di una struttura teorica ed è connotata da altre caratteristiche che le conferiscono una

forma ibrida. HP Composites è suddivisa in aree omogenee per ambito di attività: Amministrazione, Acquisti, Customer Care, Qualità, Risorse Umane, Ufficio Tecnico, Ufficio Produzione, Logistica e Ricerca E Sviluppo. Ogni area è gestita da un responsabile che si interfaccia a sua volta con il Direttore generale. Sicuramente una simile forma di organizzazione permette di ottenere in ogni ufficio un'elevata specializzazione nei ruoli e maggiore efficienza operativa. È necessario contrastare però la naturale tendenza di ogni funzione a lavorare come azienda a sé stante, poco coordinata con le altre aree e restia a perseguire gli obiettivi comuni. Poiché l'azienda lavora su commessa sviluppando progetti impegnativi, che includono la realizzazione delle attrezzature e l'individuazione del processo produttivo più adeguato, è indispensabile definire un Project Manager (PM) che pianifichi tutte le attività, comunichi con il cliente e con alcuni particolari fornitori, controlli infine l'avanzamento delle attività affinché siano rispettati i tempi di consegna e il budget. Questo tipo di figura non è quindi un semplice coordinatore ma un Responsabile di progetto. Egli possiede la visione dell'intero progetto, possibilità che manca alle singole funzioni e ai relativi responsabili. All'interno di HP Composites ci sono diversi Project Managers, ognuno dei quali gestisce più progetti. Ogni PM si interfaccia con le diverse funzioni aziendali per quanto riguarda i propri progetti e le proprie attività. Il compito di ogni funzione è anche quello di pianificare il proprio lavoro in base alle esigenze di ogni PM. Emergono quindi alcuni altri punti deboli di questa forma organizzativa. Ogni area aziendale si trova a dover risolvere conflitti di priorità tra progetti e a suddividere le proprie energie e competenze su molteplici obiettivi. Va messo in evidenza inoltre che le interazioni tra ogni funzione sono minime e le comunicazioni formali passano attraverso il direttore generale. Per quanto riguarda la direzione dei lavori all'interno di ciascuna area funzionale, ogni componente dello staff deve sottostare al proprio responsabile di funzione e non al Project manager. Determinate caratteristiche conferiscono alla forma organizzativa di HP Composites i connotati di una struttura a matrice funzionale debole. Questo incrocio tra struttura verticale e struttura matriciale permette, grazie alla figura del Project Manager, di ottenere una maggiore coordinazione trasversale e una migliore visibilità degli obiettivi di progetto.

4.3 L'Ordine di Lavorazione – Struttura

Un Ordine di Lavorazione, abbreviato ODL, è una bolla di lavorazione che documenta e attesta lo svolgimento di ogni fase del ciclo di lavoro ed è associato in maniera univoca al pezzo da produrre, sia esso una parte o un complessivo. Questo documento è dunque corredato di: *Part Number*, codice parlante che identifica la commessa e la tipologia di pezzo; una *Descrizione* che esplicita la tipologia di pezzo; un *Serial Number*, ossia il numero seriale del pezzo che conteggia e rende univoco il pezzo; il *Numero di Ordine*, codice identificativo dell'ordine a cui il pezzo appartiene; *Data di Lancio* e *Data di Consegna* che indicano rispettivamente le date in cui l'ODL è stato generato e in cui è prevista la consegna dell'ordine (*figura 4.1*). In questo documento inoltre vengono elencate in maniera sequenziale tutte le fasi del ciclo di lavorazione che il pezzo deve subire. Ad ogni fase sono specificati i materiali da utilizzare per il taglio e su quali macchine automatiche, quando previste, si deve effettuare la lavorazione. In ogni fase inoltre è riservato lo spazio per la firma dell'operatore che ha effettuato l'operazione e per eventuali note; inoltre, cosa più importante, ogni fase dello specifico pezzo ha un *Codice a Barre* univoco. Questo codice a barre è il risultato dell'implementazione in azienda del MES (Manufacturing Execution System) per il controllo dell'avanzamento della produzione. Ogni operatore ha il compito di segnalare l'inizio e la fine della lavorazione passando il lettore a raggi infrarossi sul codice a barre relativo alla propria fase del processo. Anche eventuali sospensioni dell'attività devono essere segnalate tramite la lettura del codice. Riguardo gli ODL e la loro struttura è necessaria un'ultima precisazione riguardante le fasi di lavorazione delle parti e dei complessivi, esplicitate nel documento in questione. Un ODL che riguarda una parte include le fasi del processo che vanno dal Taglio fino alla Finitura, operazione che spesso richiede solo una rifilatura del pezzo in quanto esso andrà inserito in un complessivo; quest'ultimo sarà caratterizzato da un Ordine di Lavoro che parte da operazioni svolte in area finitura come ad esempio incollaggio inserti, finitura manuale, incollaggio e delibera finale.

Ordine di Lavorazione e Controllo	
P/N: MCA5P0001000 S/N: 2013/00000150 Descrizione: 88001200 Paraurti Anteriore	Data di stampa martedì 10 dicembre 2013
Numero ordine 227/NN Riga 1 Data di consegna: 13/12/2013 Note generali	
Fase 1 TAGLIO Reparto 1 CLEAN ROOM Macchina CM01 (LECTRA)LECTRA	
S/fase 0 Interna Data/Ora inizio lav.: _____ Data/Ora fine lav.: _____	

Figura 4.1 Ordine di Lavoro in HP Composites

Codice Componente	Descrizione	UM	Qta
10040001MPP	3M DP490 SCOTCH WELD	lt	0,13
100400102MPP	3M SCOTCH WELD DP9810NS (45ml)	pz	0,10
10080004MPP	MASTER PLATE PR2001515050.51	pz	2,00
100800014MPP	Clp in plastica ITW Blu	pz	2,00
SBA1D000200201	PERNO_DERLIN_OSSATURA	pz	3,00
SBA1D000300001	GIULIA RWING NITTO EE1010PSP sp.3mm DIN715 Parte5 ClasseP1	pz	1,00
SBA1D000400001	ANELLO D25_d15 sp.3mm EPDM CC110/SPFA150H adesivizzato	pz	5,00
SBA1D000500001	ANELLO D14_d5 sp.1mm PA 6	pz	2,00
SBA1D000600001	ANELLO D20_d5 sp.1mm PA6(80.400)	pz	4,00
SBA1P0011000	Rivestimento Rear Wing Giulia	pz	1,00
SBA1P0012000	Ossatura Rear Wing Giulia	pz	1,00

Figura 4.2 Esempi di ODL di una parte e di un complessivo.

4.4 La gestione del Flusso Informativo con Gamma Enterprise

Il sistema informativo che permette di coordinare le funzioni organizzative e gestire tutto il flusso di informazioni aziendali è il sistema gestionale di Gamma Enterprise. Come lo stesso nome suggerisce e come vedremo di seguito, possiede le funzionalità di un Enterprise Resource Planning e integra al suo interno la gestione dell'area tecnica, amministrativa, commerciale (Customer Care), produzione e controllo di Gestione.

Descriviamo ora ciò che riguarda la gestione degli ordini in relazione alle fasi di pianificazione, programmazione e controllo della produzione, argomenti che ci interessano maggiormente ai fini della trattazione di questa tesi.

Al momento dell'acquisizione di una commessa vengono opportunamente codificati tutti i componenti, parti e complessivi, che costituiscono l'ordine del cliente e i relativi stampi. Questi dati vengono inseriti dall'ufficio Customer Care nella sezione Anagrafica Articoli del Gestionale Gamma Enterprise, un ERP. Viene generato inoltre anche l'ordine cliente e inserito nel Portafoglio Ordini di Vendita, sempre su Gamma. Durante le prime fasi di inserimento dei dati relativi agli ordini c'è una stretta cooperazione con il Project Manager che gestisce la commessa e, come già accennato durante questa trattazione, procede a stabilire la data di consegna e il budget.

L'input per la produzione arriva dall'Ufficio Tecnico che oltre a fornire i dati tecnici, fondamentali per il processo, fornisce i dati gestionali essenziali per la programmazione della produzione: le *distinte base* e i *cicli di lavoro*. Le operazioni di inserimento dei dati vengono svolte all'interno ufficio tecnico. Inoltre, vengono inviate all'Ufficio Acquisti le Richieste di Acquisto (*RDA*) per i materiali specifici della commessa e all'Ufficio del Taglio le *dime 3D* e il *Plybook*. Qui dei tecnici esperti provvedono a sviluppare le *dime 2D* e a realizzare il *Nesting* per l'ottimizzazione del materiale pre-impregnato utilizzato durante il taglio. Dopo questa attività si è finalmente pronti per dare il via alla produzione. Parallelamente alle attività preliminari al processo produttivo, in ufficio Produzione viene generato il Master Production Schedule, ossia il Piano Principale di Produzione (PPP). Per generare questo piano vengono presi in considerazione i dati del Portafoglio Ordini Clienti; si tratta dei Codici Articolo, delle Date di Consegna dell'ordine, delle Quantità ed eventuali Residui di ordini che non sono stati evasi completamente. Queste

informazioni vengono utilizzate dall'algoritmo Material Requirement Planning che, tenendo in considerazione anche le richieste di acquisto dei materiali, le giacenze e i lead time, genera delle proposte di ordini e acquisti pianificati. Le proposte dell'MRP tuttavia non tengono in considerazione la capacità produttiva dei reparti, sia in termini di manodopera che di saturazione dei macchinari. Questo problema viene ovviato calcolando a parte il carico di lavoro.

Il programmatore innanzi tutto genera il piano principale. Può farlo direttamente dalla schermata "ordine cliente" di Gamma Enterprise, da cui è possibile visualizzare l'intero portafoglio e introdurre gli ordini nel piano. Questa operazione viene effettuata esportando tutti i dati relativi agli ordini sui fogli Excel. Tramite una procedura di calcolo ormai consolidata dal programmatore, vengono presi in considerazione i tempi medi di lavorazione, la disponibilità di manodopera in termini di ore, con un continuo confronto con i capi reparto, così da riuscire a distribuire il carico di lavoro in maniera realistica. Questo metodo permette, seppur faticosamente, di tener conto della capacità produttiva di alcuni reparti e determinare gli ordini evadibili nell'arco temporale di due/tre settimane, con scarsa precisione. Le informazioni aggiornate relative agli ordini e alle quantità a questo punto vengono passate nuovamente al gestionale Gamma Enterprise, confermando il piano principale e generando, tramite l'MRP, gli *Ordini di Lavoro* con la rispettiva data di consegna e gli *Ordini di Acquisto*.

Inoltre il Piano Principale di Produzione, realizzato tramite i fogli di calcolo excel, viene diffuso al reparto taglio e ad alcuni altri reparti produttivi, con le relative quantità da evadere giorno per giorno. Inoltre, seguendo le istruzioni del PPP verranno lanciati in produzione di volta in volta gli Ordini di Lavoro generati dall'MRP. La procedura di "lancio" dell'Ordine attesta l'inizio della produzione.

Gli ODL possono essere generati, lanciati e stampati sia dall'Ufficio Produzione sia dall'Ufficio del Taglio, dove viene avviata la produzione. Infatti, una volta stampato l'ordine o bolla di lavorazione, l'operatore addetto alla fase di taglio legge il codice a barre con l'apposito lettore e procede con la lavorazione. Come abbiamo spiegato in precedenza, il pezzo che comincia la lavorazione con il taglio del materiale è una parte e non un complessivo. Pertanto, l'Ordine di Lavorazione, che sarà riferito al codice di

una parte, accompagna il flusso dei materiali fase per fase fino alla finitura che oltre a chiudere il ciclo di lavorazione, chiude anche l'ordine di lavorazione permettendo al materiale di confluire virtualmente nel *Magazzino dei Prodotti Finiti*. Questi pezzi in realtà rimangono riposti sugli scaffali dell'area finitura insieme ai rispettivi ODL, in attesa di confluire nel complessivo corrispondente. È compito dell'Ufficio Produzione, a questo punto, fornire tempestivamente agli addetti del reparto finitura gli Ordini di Lavoro del complessivo, che fanno il loro ingresso solo in questa fase del ciclo produttivo. Quando sono state prodotte tutte le parti che devono confluire nel prodotto finale, un finitore può avviare la lavorazione del complessivo nello stesso modo descritto fin ora, utilizzando il lettore del codice a barre per iniziare, sospendere e finire la lavorazione. L'ultima fase del ciclo produttivo è la Delibera Finale del complessivo che, se conforme a tutte le specifiche, risulta idoneo per essere spedito al cliente.

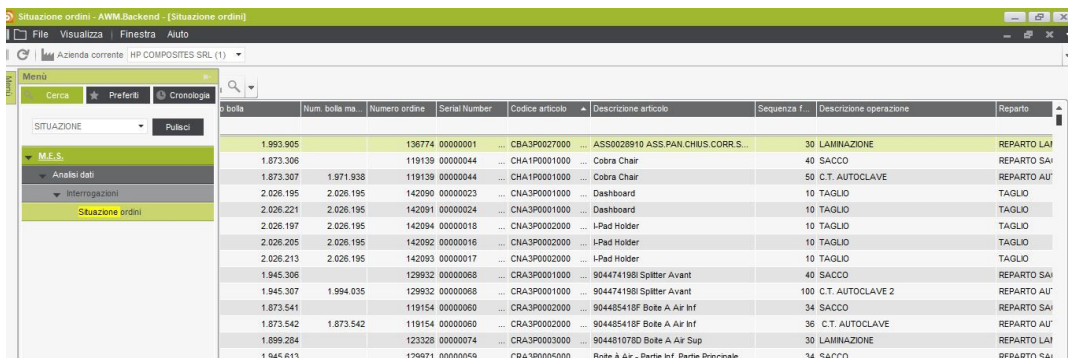
Le consegne dei pezzi sono previste in determinati giorni della settimana e variano a seconda del cliente e della commessa. Al momento in cui parte una spedizione, l'ufficio della logistica ha il compito di emettere il Documento di Trasporto (DDT). Il sistema gestionale che registra il documento segnala il prodotto finito come consegnato e attua lo scarico del pezzo o dei pezzi dal magazzino virtuale dei prodotti finiti. Inoltre scala le quantità dai residui del portafoglio ordini. Quando i residui sono pari a zero l'ordine cliente può considerarsi chiuso.

DO	DP	DT	DD	EA	EB	FJ	FK	FL	FM	FN	FO	FP	FR	FS	FT	FR	FR	FR	FR
CODARTICOLO	DESCRIZIONEARTICOLO	HP1/HP2	TEAM	LAM	RESIDUI TOTALI	WK_30	WK_31	WK_32	WK_33	WK_34	WK_35	WK_36	WK_37	WK_38	WK_39	WK_40	WK_41	V	
DRAE00003000	FondoEstrattore CPL	HP2	HP2	42	48														
DRAE00010000	ME228039ME2-FondoEstrattore	HP2	MARTINA	27	0														
DRAE00070000	Bugna Estrattore	HP2	MARTINA	0	0														
DRAE00470000	Chiusura Deriva Interna Sx	HP3	ROBERTINA	14	0														
DRAE00480000	Chiusura Deriva Interna Dx	HP3	ROBERTINA	14	0														
DRAE00510000	Ripetto Prima Esterna Sx Estrattore	HP2	MARTINA	23	0														
DRAE00520000	Ripetto Prima Esterna Dx Estrattore	HP2	MARTINA	21	0														
DRAE00650000	Naca Fondo Posteriore Sx	HP3	ROBERTINA	14	0														
DRAE00660000	Naca Fondo Posteriore Dx	HP3	ROBERTINA	22	0														
DRAE00680000	ME227023-Coppo Main Ala CPL	HP3	ROBERTINA	46	46	3	2	3	2	3	2	2	2						
DRAE00690000	Giucio Ala Superiore	HP3	ROBERTINA	35	0														
DRAE00690000	Giucio Ala Inferiore	HP3	ROBERTINA	35	0														
DRAE00690000	ME227068H4-Asieme Palo con Cover Ala Lt per Ala a 12 grad	HP3	ROBERTINA	48	48	3	3	3	3	3	3	3	3						
DRAE00690000	ME227068H4-Cover Palo Interno Sx	HP3	ROBERTINA	40	0														
DRAE00690000	ME227068H4-Cover Palo Esterna Sx	HP3	ROBERTINA	41	0	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5						
DRAE00690000	ME227068H4-Asieme Palo con Cover Ala Rr per Ala a 12 grad	HP3	ROBERTINA	49	49														
DRAE00690000	ME227068H4-Cover Palo Interno Dx	HP3	ROBERTINA	41	0														
DRAE00690000	ME227068H4-Cover Palo Esterna Dx	HP3	ROBERTINA	41	0														
DRAE00070000	ME228058ME2-FondoAnteriore Lavorato-Incollato	HP2	HP2	43	45	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
DRAE00020000	ME228058ME2-FondoAnteriore	HP2	MARTINA	18	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
DRAE00620000	Naca Fondo Anteriore	HP3	ROBERTINA	22	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
DRAE00630000	ME228078H4-Scarpatta Ripeti, Diffusori Ester, Fondo Ant. Incollate	HP3	ROBERTINA	25	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
DRAE00640000	ME228078H4-Scarpatta Ripeti, Diffusori Ester, Fondo Ant. Incollate	HP3	ROBERTINA	24	0	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
DRAE00080000	ME225976 T-Frama CPL	HP1	HP1	46	48														
DRAE00100000	ME225976 T-Frama Esterna	HP1	STANIA	46	0														
DRAE00100000	ME225976 T-Frama Interna	HP1	STANIA	45	0														
DRAE00090000	ME225891 Cover Scasso Cerniera T-Frama CPL	HP1	HP1	49	49														
DRAE00750000	ME225891 Scusso Cover Scasso Cerniera	HP1	STANIA	46	0	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2
DRAE00160000	ME225891 Ossatura Cover Scasso Cerniera	HP1	STANIA	45	0	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2
DRAE00100000	ME225825 ASM Cover tasca windshiel frame incastro T Cupole	HP1	HP1	65	68														
DRAE00790000	ME225825 Shell Cover tasca windshiel frame T Cupole	HP1	STANIA	61	0	2	3	2	2	2	3	2	2	3	2	2	3	2	2
DRAE00800000	ME225890 Solder Cover tasca windshiel frame T Cupole	HP1	STANIA	61	0	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3

Figura 4.3 Esempio di PPP su Excel

4.5 Gli Apporti del MES nella Gestione del Flusso Informativo

Il MES non è semplicemente un Software gestionale che, installato sui computer aziendali, permette il controllo dello stato di avanzamento del pezzo in produzione in tempo reale. Bensì è corredato di una struttura fisica (hardware) ad hoc che consiste di monitor con dispositivo di lettura a raggi infrarossi installati in tutti i reparti dell'officina. Ogni operatore è identificato dal MES attraverso un codice personale, tramite il quale può effettuare l'accesso nel sistema. Una volta entrato, per poter cominciare a svolgere una lavorazione sul pezzo, l'operatore deve passare il lettore infrarossi sul codice a barre corrispondente alla fase che sta svolgendo e che si trova sull'Ordine di Lavoro che accompagna il pezzo. Questa operazione, seppure spesso considerata solo una perdita di tempo da chi lavora in officina, è fondamentale per registrare i tempi di lavorazione effettivi del pezzo e ridurre gli errori nel calcolo dei Lead Time; rende anche più facile l'imputazione del costo della manodopera al prodotto. Grazie a questo sistema è possibile conoscere chi ha effettuato le lavorazioni sul pezzo ed eventualmente risalire alle cause di uno scarto. Un altro utilizzo in azienda di tutti i dati che si desumono da questo sistema è il calcolo dei Key Performance Indicator, indici di performance. In ultimo ma più importante è il controllo dell'avanzamento del pezzo, che permette di identificare immediatamente eventuali ritardi della produzione e rintracciare la collocazione fisica del componente. Molto spesso infatti, poiché il flusso dei materiali tra i reparti è articolato, si fa fatica a individuare in quale reparto si trova il pezzo in un determinato istante. Con il MES questo problema viene in parte risolto. Molto spesso infatti la superficialità di alcuni operatori li porta a perdere la bolla di lavorazione associata al pezzo operando quindi le lavorazioni senza segnalare tale attività al sistema.



Num. bolla	Num. bolla ma	Numero ordine	Serial Number	Codice articolo	Descrizione articolo	Sequenza f.	Descrizione operazione	Reparto	
1.993.905		136774	00000001	...	CBA3P0027000	...	ASS0028910 ASS.PAN.CHUS.CORR.S...	30 LAMINAZIONE	REPARTO LAI
1.873.306		119139	00000044	...	CHA1P0001000	...	Cobra Chair	40 SACCO	REPARTO SAU
1.873.307	1.971.938	119139	00000044	...	CHA1P0001000	...	Cobra Chair	50 C.T. AUTOCLAVE	REPARTO AU'
2.026.195	2.026.195	142090	00000023	...	CNA3P0001000	...	Dashboard	10 TAGLIO	TAGLIO
2.026.221	2.026.195	142091	00000024	...	CNA3P0001000	...	Dashboard	10 TAGLIO	TAGLIO
2.026.197	2.026.195	142094	00000018	...	CNA3P0002000	...	I-Pad Holder	10 TAGLIO	TAGLIO
2.026.205	2.026.195	142092	00000016	...	CNA3P0002000	...	I-Pad Holder	10 TAGLIO	TAGLIO
2.026.213	2.026.195	142093	00000017	...	CNA3P0002000	...	I-Pad Holder	10 TAGLIO	TAGLIO
1.945.306		129932	00000068	...	CRA3P0001000	...	9044741980 Splitter Avant	40 SACCO	REPARTO SAU
1.945.307	1.994.035	129932	00000068	...	CRA3P0001000	...	9044741980 Splitter Avant	100 C.T. AUTOCLAVE 2	REPARTO AU'
1.873.541		119154	00000060	...	CRA3P0002000	...	904485418F Boite A Air Inf	34 SACCO	REPARTO SAU
1.873.542	1.873.542	119154	00000060	...	CRA3P0002000	...	904485418F Boite A Air Inf	36 C.T. AUTOCLAVE	REPARTO AU'
1.899.284		123328	00000074	...	CRA3P0003000	...	904481078D Boite A Air Sup	30 LAMINAZIONE	REPARTO LAI
1.945.613		129971	00000059	...	CRA3P0005000	...	Boite à Air - Partie Inf. Partie Principale	34 SACCO	REPARTO SAU

Figura 4.5 Schermata MES - Situazione Ordini

4.6 Impatti della Gestione Attuale

Abbiamo visto quindi che l'attuale processo di pianificazione, programmazione e controllo della produzione di HP Composites è basato prevalentemente sull'utilizzo di files excel supportati dal Material Requirement Planning (MRP) di Gamma Enterprise. Le problematiche che emergono da questo tipo di gestione vertono principalmente intorno a:

- L'assenza di una pianificazione a capacità finita delle risorse uomo e macchina dei reparti produttivi.
- L'inaffidabilità dei piani di produzione generati. Essi vengono lasciati all'esperienza del programmatore e dei capi reparto. Difficile da gestire è in particolar modo la fase del ciclo termico relativa al reparto Autoclave.
- L'impossibilità di effettuare simulazioni di scenari produttivi differenti, variando i parametri relativi ad esempio alle forniture, alla domanda, alla capacità, alle date di consegna e così via e, valutando poi lo scenario migliore.

Alcune conseguenze di una pianificazione errata possono essere le date di consegna non rispettate, l'aumento dei tempi di giacenza dei componenti lungo i reparti e quindi l'immobilizzazione inutile di capitale, l'aumento dei tempi di attraversamento e in generale, una penalizzazione della produttività dell'impianto.

L' Advanced Planning and Scheduling System

L'introduzione di un sistema di pianificazione e schedulazione a capacità finita rappresenta una valida soluzione per le problematiche relative alla gestione della produzione di HP Composites. Tali software vengono introdotti nelle aziende con lo scopo di supportare i processi gestionali già esistenti, tuttavia questi ultimi spesso devono essere revisionati al fine di rendere efficace l'implementazione del sistema. Questo è il caso dell'azienda in questione che, con l'introduzione dell'APS di Cyberplan, ha dovuto riorganizzare alcuni aspetti del sistema informativo per rendere proficua l'integrazione del nuovo software con il sistema gestionale già in uso. Il perimetro progettuale coinvolge non solo le aree relative ai processi di pianificazione e schedulazione operativa ma anche tutte le funzioni che intervengono nella gestione degli ordini di vendita e di acquisto; in particolare il progetto consiste nello sviluppo di un sistema basato su:

- pianificazione a capacità finita e datazione ordini
- programmazione e schedulazione a capacità finita dei reparti produttivi
- analisi dei mancanti ed expediting.

Pertanto, i processi gestionali di interesse per lo schedulatore e sui quali si andrà a intervenire sono

- L'attività di programmazione del piano principale di produzione svolta dal programmatore dell'ufficio produzione. Lo scopo è quello di creare dei piani affidabili riducendo via via l'utilizzo dei fogli excel, fino ad eliminarli del tutto.
- l'attività della programmazione operativa (scheduling). Anch'essa è svolta dall'ufficio produzione con gli obiettivi di: *ridurre i tempi di attesa* e quindi i Lead Time e i WIP, avere un *maggior controllo sui reparti critici*, poter *confrontare diversi scenari produttivi* con un'analisi what-if. Quest'ultima attività è svolta

durante il processo di conferma degli ordini e permette di ottenere una loro datazione affidabile e di conseguenza un *miglioramento del livello di servizio*.

- Il processo di approvvigionamento e sollecito svolto dall'ufficio acquisti. Se il piano di produzione risulta stabile e affidabile, consente di evitare inutili anticipi nell'acquisto dei materiali e di ridurre la giacenza media; rende inoltre l'attività degli acquisti più precisa e controllabile.

Lo schedatore dunque supporta le ultime due fasi della programmazione, quella in cui si genera il piano principale di produzione e quella operativa, a beneficio anche di alcuni processi di acquisto. Lo schedatore può estendere le sue funzionalità anche alle fasi di pianificazione aggregata e strategica della produzione, ma non è il caso del progetto implementato in HP Composites. Quindi, in questo contesto, con il termine *pianificazione* viene intesa la fase relativa al piano principale di produzione, come sarà più chiaro anche nel prosieguo.

Nello schema della *figura 5.1* sono messi in evidenza i confini progettuali e i processi coinvolti. Inoltre, si delineano le attività che rimangono competenza dell'ERP Gamma Enterprise. Specificiamo infatti che lo schedatore a capacità finita va ad integrare alcune funzionalità che il gestionale aziendale non possiede ma non mira a sostituirlo. In questo capitolo vengono spiegati il funzionamento dell'Advanced Planning and Scheduling System di Cyberplan, le sue caratteristiche principali e la sua struttura.

5.1 La Pianificazione a Capacità Finita

Per quanto riguarda la pianificazione della produzione a capacità finita, l'obiettivo primario è quello di creare un **Piano Principale di Produzione** fattibile, in grado di utilizzare al meglio le risorse produttive nel rispetto delle date di consegna. Il sistema di pianificazione a capacità finita di Cyberplan è composto dagli algoritmi MRP (Material Requirement Planning), CRP (Capacity Resource Planning) e FCP (Finite Capacity Planning). I dati che essi utilizzano in input per generare il piano di produzione vengono in parte da Gamma Enterprise e in parte si trovano caricati già in Cyberplan. I primi riguardano le Giacenze, gli Ordini di Acquisto, gli Ordini di Produzione (gli ODL) e gli

Ordini di Vendita (gli ordini cliente); i secondi invece riguardano i vincoli produttivi, il modello capacitivo e le regole di priorità.

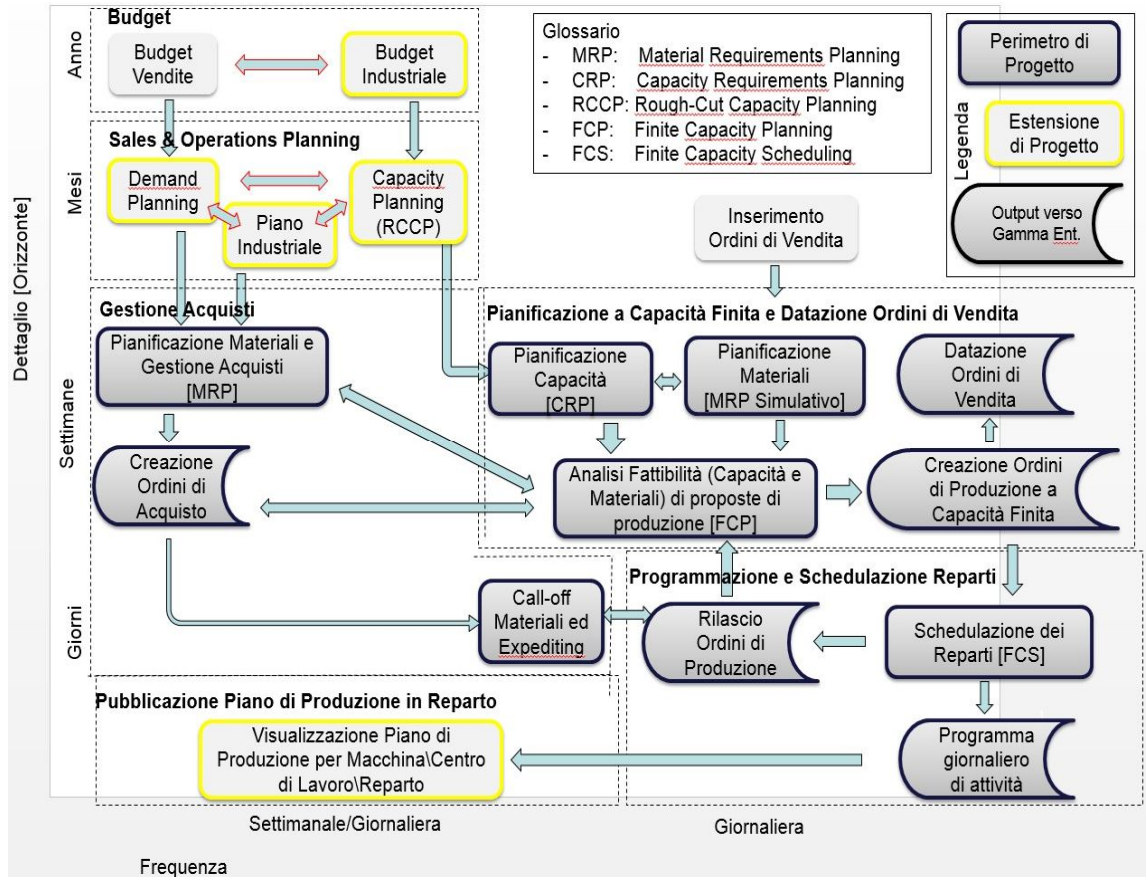


Figura 5.1 I confini del progetto APS di Cyberplan in HP Composites S.p.a.

Il sistema lavora utilizzando le datazioni degli Ordini di Lavoro che sono stati già pianificati da Gamma Enterprise a capacità infinita. Partendo da questi valori iniziali, gli algoritmi integrati dell'MRP e del CRP, presenti in Cyberplan, determinano la datazione degli Ordini a capacità finita, prendendo cioè in considerazione i vincoli produttivi e le regole di priorità imposte. Successivamente attraverso la simulazione a capacità finita, realizzata con il Finite Capacity Planning, avviene un ulteriore affinamento del piano ottenuto. In questo secondo momento vengono messi in evidenza i reparti critici e i materiali critici e il risultato della simulazione a capacità finita può essere messo a confronto con il piano di produzione a capacità infinita programmato da Gamma. Le

criticità che vengono messe in luce in questa fase permettono di apportare le modifiche più opportune, anche modellando alcuni vincoli capacitivi e regole di priorità. Quindi si può ri-pianificare e ri-simulare il piano finché non si ritiene di aver raggiunto un risultato soddisfacente. In questo processo si abilita il concetto di Closed Loop (a ciclo chiuso) tipico dei sistemi MRP II o a capacità finita.

Il confronto tra la capacità infinita e la capacità finita avviene tramite un'interfaccia grafica. All'interno della stessa vista si srotolano due linee del tempo ad orizzonte temporale settimanale, che si basano sulle date degli ordini 'schedulate' da Cyberplan, per quanto riguarda la simulazione a capacità finita, 'pianificate' da Gamma per quanto riguarda la simulazione a capacità infinita. Lungo questo arco temporale vengono messi in evidenza il profilo dei carichi pianificato (a capacità infinita) e schedulato (a capacità infinita) come mostra la *figura 5.2*. L'output di questa fase è rappresentato dalle *date schedulate degli ordini di lavoro* con le relative fasi del ciclo produttivo, degli *ordini clienti* e degli *ordini di acquisto*. Le date pianificate, una volta confermate, vengono emesse dallo schedulatore per essere riportate su Gamma tramite un flusso di ritorno, in modo che possano essere generati gli Ordini di Lavoro corrispettivi e lanciati sul MES.

5.1.1 La Datazione degli Ordini di Lavorazione e di Vendita

Le date schedulate durante la simulazione dovranno essere confermate dal programmatore prima di poter essere utilizzate nella fase di programmazione operativa e successivamente riportate in Gamma. Una volta confermato il piano si possono valutare velocemente anche nuove richieste dei clienti (ODV); queste vengono datate dallo schedulatore considerando i carichi di lavoro già presenti sui centri critici e le disponibilità dei materiali.

Per facilitare il processo di conferma dell'ordine, è conveniente creare un processo di datazione dell'ordine di produzione strutturando un suo ciclo di vita. Questo procedimento consente di suddividere l'orizzonte di pianificazione, programmazione e controllo in varie fasi o stati dell'ordine, con ognuno un livello di flessibilità. Così è possibile assegnare in maniera univoca, a ciascuno stato, l'ente che è autorizzato a dichiarare la transizione allo stato successivo.

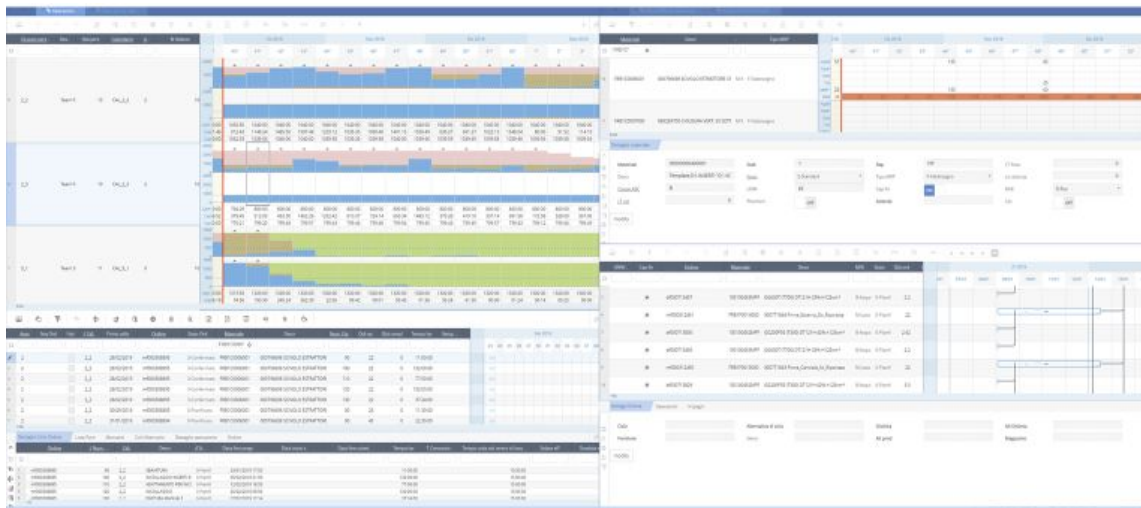
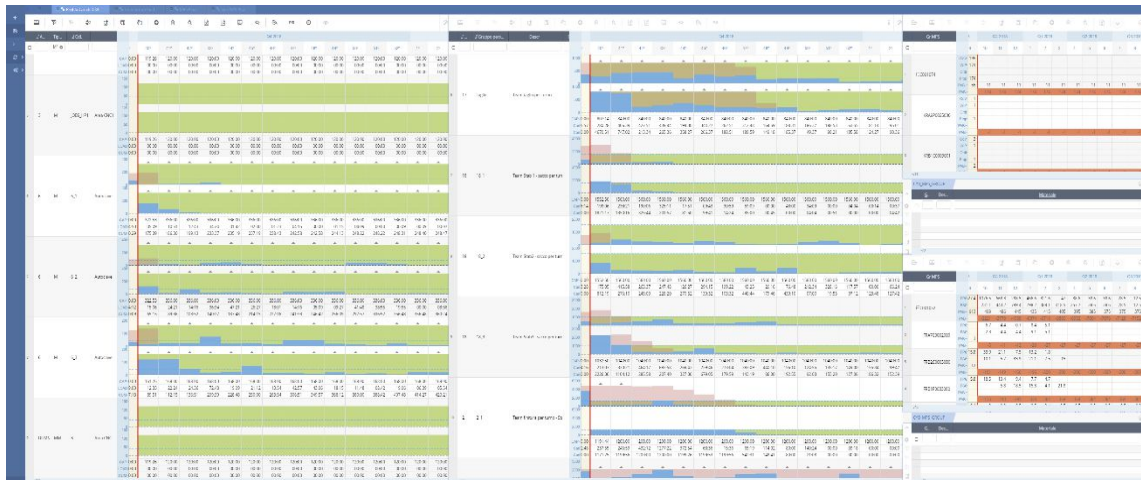


Figura 5.2 Simulazioni di un Piano di Produzione a capacità finita e infinita.

Durante le fasi di gestione dell'ordine, lo schedatore si interfaccia con l'ERP sia nella fase iniziale di inserimento dell'ordine sia nella fase finale di emissione dell'ordine programmato. Nella fase finale Gamma Enterprise genera l'ODL con la data simulata e confermata, infine l'ODL viene lanciato dal Manufacturing Execution System che monitora lo stato dell'ordine dall'inizio della lavorazione fino alla sua chiusura.

Riguardo ciò va inoltre precisato che nel sistema lo stato viene individuato tramite dei numeri, indicati in seguito tra parentesi. Le fasi (o stati) del ciclo di vita dell'ordine di produzione identificate sono:

- Ordine Pianificato (0): quando un nuovo Ordine di Vendita viene inserito nel sistema, l'MRP di Cyberplan genera una proposta d'ordine, viene attuata la

simulazione a capacità finita e viene pianificata una data. Un ordine caratterizzato da una data schedulata inserita in un piano di produzione viene definito Ordine Pianificato ed è contrassegnato dal numero 0.

- Ordine Confermato (3): una volta che è stato pianificato, l'ordine può essere modificato in termini di quantità, ciclo produttivo ma anche modificando la data stessa qualora ce ne sia bisogno e, successivamente confermato, passando così allo stato 3. Le modifiche possono essere effettuate solo finché lo stato non risulta confermato.

A questo punto termina la fase di *pianificazione* del piano principale di produzione, e comincia la fase relativa alla programmazione operativa, entrambe sono comunque guidate da Cyberplan, l'ente autorizzato per tali processi.

- Ordine Emesso (4): dopo aver controllato la disponibilità a magazzino delle materie prime, la disponibilità delle risorse capacitive e aver sequenziato le fasi sui centri di lavoro (centri uomo e centri macchina), l'ordine viene autorizzato ed emesso. In questo modo i dati passano da Cyberplan all'ERP che può generare gli ODL in base alle nuove date schedulate.
- Ordine Lanciato (5): è lo stato che indica che l'ordine è stato lanciato sul MES, cioè può essere avviata la prima fase del ciclo produttivo.
- Ordine in Produzione (6): segnala che la lavorazione è stata avviata ed è stata effettuata la laminazione. Il componente è un Work in Process.

Queste ultime due fasi (5 e 6) sono guidate da Gamma Enterprise e dal Manufacturing Execution System.

La datazione degli ordini di lavorazione e degli ordini di vendita è resa efficace dall'approccio basato sull'individuazione del vincolo produttivo principale, cioè il reparto che vincola maggiormente il volume e i tempi produttivi (il collo di bottiglia). L'obiettivo dunque è quello di concentrare l'attività di datazione sul reparto che rappresenta il collo di bottiglia, effettuare su di esso un controllo capacitivo e di mix, in modo da diminuire il WIP e il tempo di attraversamento. In pratica la struttura che si propone per la programmazione è una schedulazione *pull* per i reparti a monte del collo

di bottiglia, facendo partire la produzione quando arriva l'ordine, mentre una schedulazione *push* per i reparti a valle, che lavoreranno quello che viene realizzato dal reparto collo di bottiglia.

In HP Composites il reparto critico è rappresentato dall'autoclave. Questo è evidente soprattutto nello stabilimento di HP1 dove le varietà dei pezzi sono maggiori, le loro grandezze sono molto diverse e non si riesce a pianificare in anticipo quale sarà il volume occupato dalla produzione in autoclave. Un altro parametro difficile da schedulare, ma di cui bisogna tener conto in questa fase, è il tempo del ciclo di cura. Come descritto nel capitolo 2, un ciclo può durare da qualche ora a giorni interi. La conseguenza dei vincoli di volume e di tempo si traducono in un tempo di attesa spesso elevato. Questo a sua volta si può tradurre, in alcuni casi, in una perdita di qualità del pezzo. Infatti, la coda che si crea nel reparto autoclave innesca una reazione a catena che investe sia il reparto sacco sia il reparto laminazione. Un pezzo laminato fa il sacco e attende di entrare in autoclave. Durante l'attesa il pezzo deve rimanere sottovuoto e poiché in ogni reparto sacco c'è un numero limitato di valvole per creare il vuoto, quando le valvole sono tutte occupate i pezzi che sono stati laminati saranno depositati a valle della laminazione in coda. Quando le attese diventano troppo lunghe, per evitare di creare ingorghi di pezzi in attesa di essere lavorati, con il rischio di produrre scarti, si creano inevitabilmente dei blocchi e degli slittamenti nelle consegne.

5.2 Programmazione e Schedulazione a Capacità Finita dei Reparti

Produttivi

Il processo di scheduling opera nel brevissimo termine. Il punto di partenza è rappresentato dagli Ordini Confermati durante la fase di creazione del Piano Principale e si pone come obiettivo quello di creare *piani di lavoro giornalieri* con le sequenze di lavorazione per ogni reparto o centro di lavorazione. Il centro di lavorazione deve essere distinto in *centro uomo*, quando nel reparto si effettuano lavorazioni manuali e in *centro macchina*, quando sono previste lavorazioni in un reparto con le macchine automatiche (CNC), oppure le operazioni riguardano l'utilizzo dell'autoclave o delle presse. I piani di scheduling permettono la riduzione delle inefficienze legate ai setup o ai tempi di attesa

in coda; inoltre permettono di coordinare le lavorazioni di tutte le parti che devono essere assemblate nello stesso complessivo, in modo tale da rispettare le tempistiche programmate e garantire il livello di servizio prestabilito.

Anche durante il processo di scheduling, come per la programmazione del piano principale, il programmatore dispone della totale visibilità della catena di fornitura, interna ed esterna, vengono utilizzati lo stesso modello capacitivo e lo stesso motore di simulazione. La differenza sta nel livello di dettaglio a cui si va ad operare: in questa seconda fase infatti, il dettaglio è massimo per ciò che riguarda la gestione della capacità produttiva in termini di macchine utilizzate, attrezzature, stampi, qualifiche eccetera. Ciò è reso possibile dalla modalità Finite Capacity Scheduling (FCS), utilizzata dallo schedulatore proprio in questa fase. Il fine ultimo è quello di rendere esecutivo il piano principale di produzione rispettando le decisioni prese nel medio/breve periodo. Il fatto che l'Advanced Planning and Scheduling System di Cyberplan gestisca entrambi i processi di programmazione è una garanzia di coerenza e omogeneità di quanto poi viene messo in atto.

Durante questa fase Cyberplan andrà a verificare ad ogni step di simulazione, la disponibilità di:

- materiali
- centro di lavoro
- macchine
- attrezzature e stampi

individuando le fasi degli ordini di lavoro che possono essere messe in lavorazione.

Un parametro importante che viene utilizzato durante la schedulazione è il *massimo anticipo*; esso consente di anticipare un ordine di lavoro rispetto alla data pianificata fino ad un massimo di giorni, che corrispondono al valore impostato per il parametro. L'obiettivo è quello di saturare le risorse produttive per aumentare l'efficienza.

Il risultato della schedulazione è una sequenza sia grafica che tabellare delle date di inizio e fine di ogni fase di lavorazione e sarà disponibile per ogni centro di lavoro e reparto.

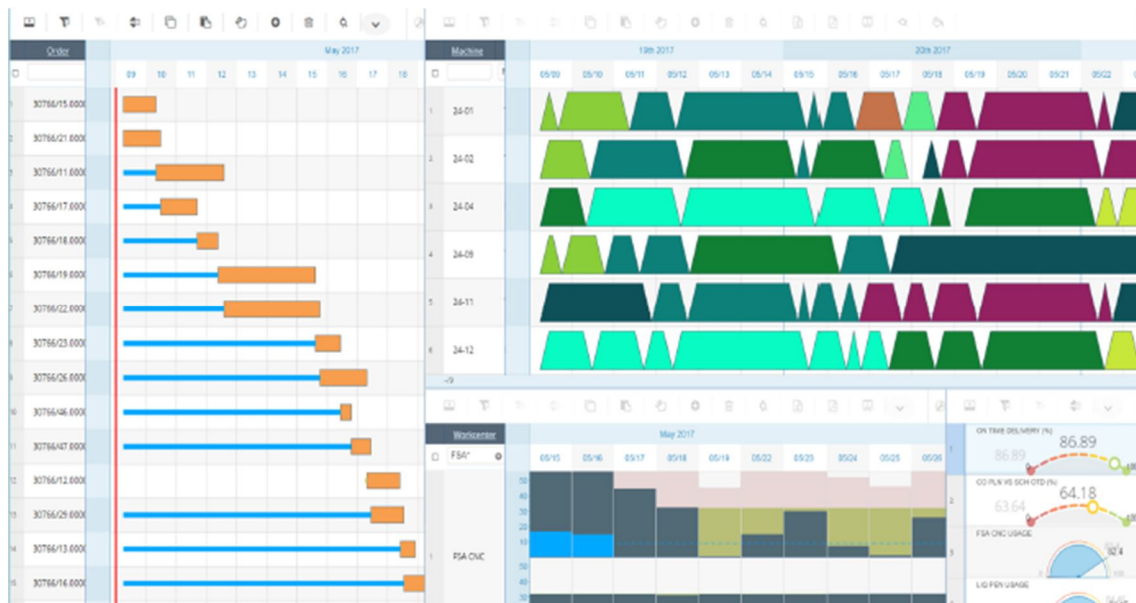


Figura 5.3 Simulazione a capacità finita dello scheduling della produzione

5.3 Analisi mancanti ed Expediting

Grazie alla presenza degli indicatori che segnalano la disponibilità di materiale in relazione alla fattibilità degli ordini di produzione, lo schedatore realizza anche un processo di analisi dei fabbisogni mancanti, relativo al piano settimanale di produzione, e di sollecito (expediting) relativo al piano giornaliero. Vengono create delle finestre di controllo per ogni singolo articolo e per famiglie di articoli strutturate in modo da eseguire una revisione giornaliera delle richieste di acquisto, tenendo sotto controllo i consumi previsti, il consumo storico, i livelli inventariali e la disponibilità futura.

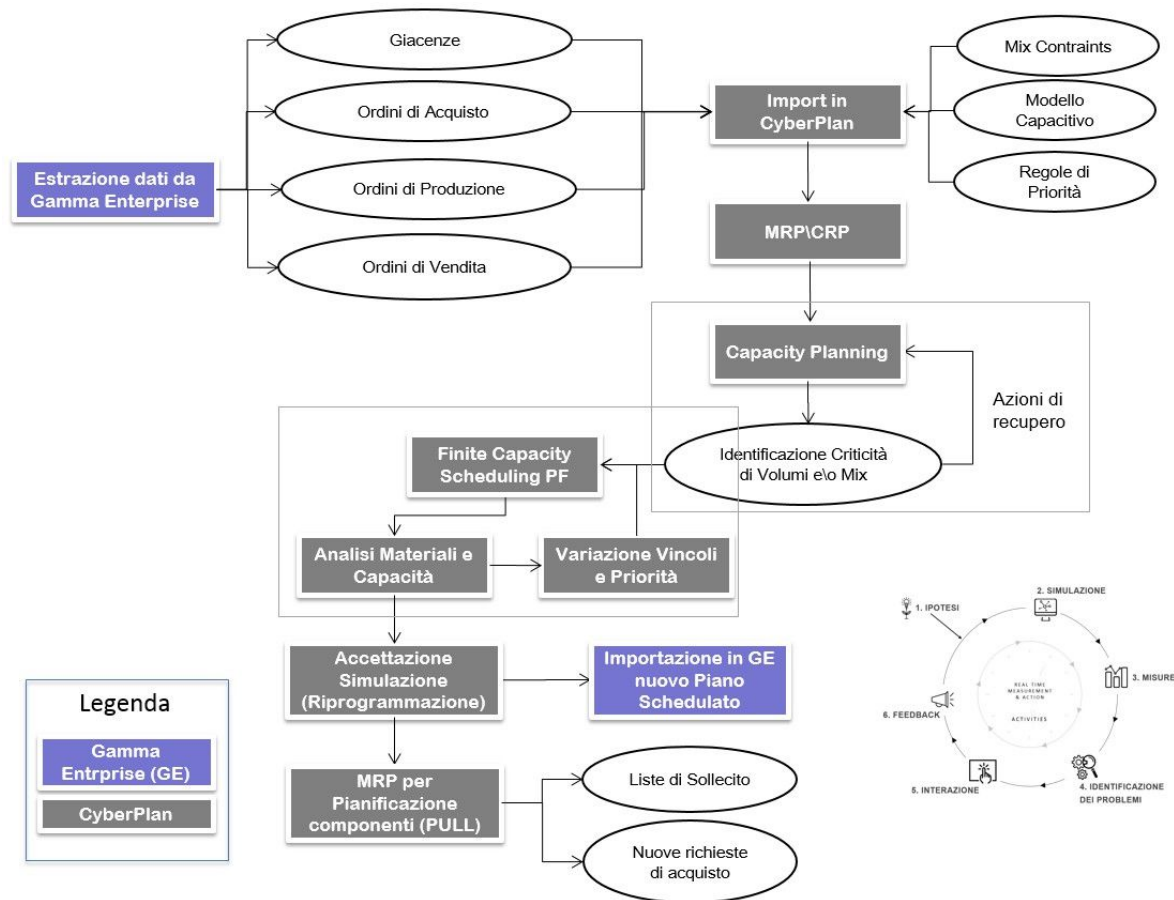


Figura 5.4 Schema del processo di pianificazione e programmazione operativa a capacità finita

Lo schema in figura 5.4 fornisce una schematizzazione dei processi appena descritti: la pianificazione a capacità finita (programmazione del piano principale di produzione), la programmazione e schedulazione a capacità finita (programmazione operativa) e l'analisi dei mancanti e sollecito. Durante le prime due fasi si svolge anche tutto il ciclo di vita dell'ordine di cui abbiamo già descritto la struttura. Durante la pianificazione si espleta il processo di datazione dell'ordine di vendita mentre durante la programmazione operativa si sequenziano gli ordini confermati nel piano principale. Nella terza e ultima fase si analizzano le richieste di acquisto e le giacenze, si emanano i nuovi ordini di acquisto e si generano le liste di sollecito.

5.4 Gli Indicatori Sintetici

All'interno dell'APS di Cyberplan si ha la possibilità di disporre di indicatori sintetici di qualità del piano simulato che permettono di confrontare in maniera veloce e intuitiva i diversi scenari dei piani produttivi. La loro architettura infatti avviene utilizzando forme e colori diversi, ciascuno con un proprio significato dipendente dal contesto in cui è inserito. Ad esempio, la distinta base importata da Gamma in Cyberplan assume una struttura molto diversa. Il contenuto è reso immediato distinguendo con un rettangolo di colore blu tutti i componenti di acquisto e con un rettangolo di colore verde i componenti prodotti internamente. All'interno del rettangolo verde sono evidenziate sotto forma di piccoli quadrati, tutte le fasi del ciclo di produzione del componente. Ogni quadratino ha un numero operazione che è il corrispettivo numero di fase presente su Gamma. In questo modo si ottiene un'alta visibilità dell'intera supply chain, cioè dei legami presenti all'interno del piano produttivo e diventa più facile effettuare in brevissimo tempo un'analisi

- di *impatto*: per capire l'entità dell'impatto di un ritardo degli approvvigionamenti sia sulla produzione sia sul livello di servizio. È possibile condurre quest'analisi partendo da un qualsiasi ordine, che sia di acquisto o di produzione interna.
- dei *mancanti*: per capire quali oggetti attivi all'interno del piano, sia di produzione sia degli acquisti, sono richiesti per il completamento di una produzione o il soddisfacimento di una domanda cliente. È possibile condurre tale analisi partendo da un qualunque ordine di produzione o ordine cliente.

Durante la simulazione della pianificazione a capacità finita e a capacità infinita gli indicatori sintetici sono i profili di carico dei reparti produttivi. Si sviluppano come un istogramma colorato sopra la linea temporale simulata. Il colore ROSA indica il carico di lavoro giornaliero a capacità infinita, il colore BLU indica il carico a capacità finita, il colore VERDE indica se riesco a saturare o meno la risorsa.

Lo stesso principio si applica anche nella simulazione della programmazione operativa (scheduling), utilizzando però colori e significati diversi: il NERO indica il carico di lavoro,

il ROSSO segnala di quanto si supera la capacità produttiva mentre il ROSA segnala il sovraccarico accumulato, cioè il ritardo.

Anche le proposte d'ordine dispongono di un indicatore sintetico. Esso segnala il livello di criticità riguardo le disponibilità di materiali e rende possibile distinguere: i componenti di acquisto e di produzione interna, i componenti in ordine e da ordinare, i componenti a magazzino disponibili e non disponibili. Permette inoltre propagare un alert fino ai più alti livelli di distinta.

Gli indicatori sintetici vengono anche associati a dei parametri quantitativi per operare ulteriori distinzioni tra materiali non critici, critici e vincolanti.

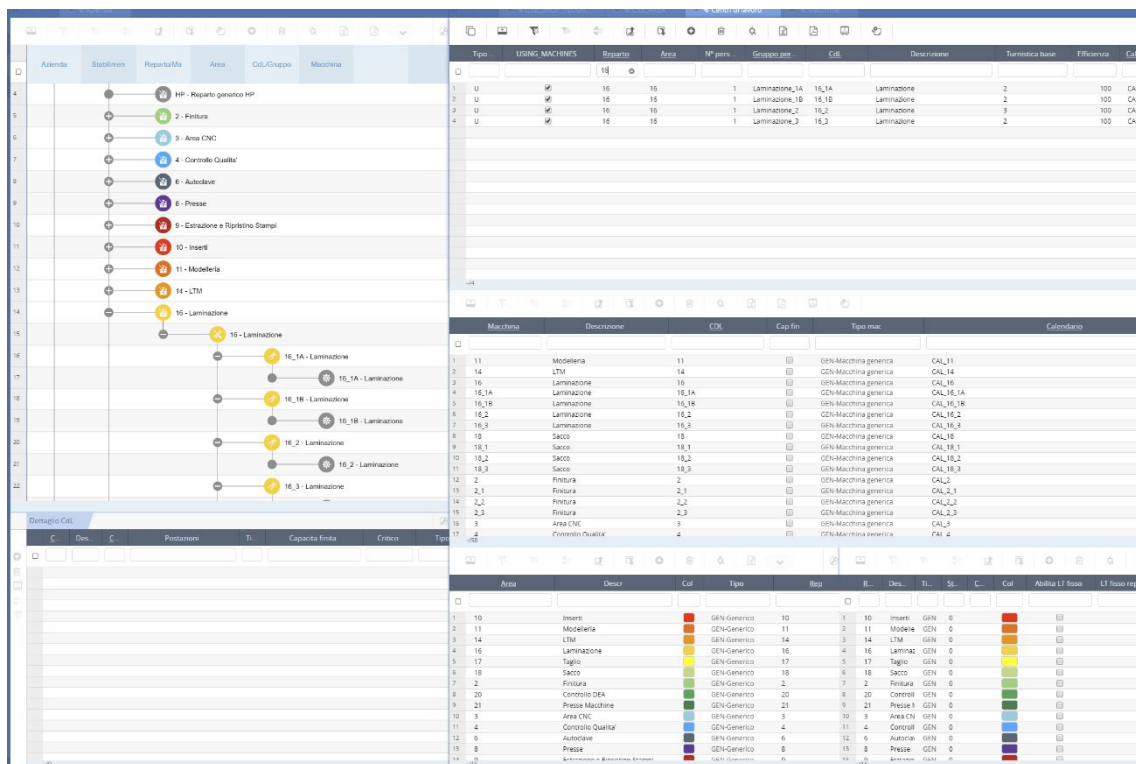


Figura 5.5 Una finestra grafica di Cyberplan

5.5 L'Architettura dell'APS di Cyberplan

L'Advanced Planning and Scheduling System è costituito dai seguenti elementi:

- un *Data Hub* che gestisce l'interfaccia dati con il sistema ERP e sorgenti dati esterne. Esso funge da centro di smistamento per facilitare lo scambio dati in modo bidirezionale tra il server applicativo Cybertec e il gestionale aziendale.

- Esso non richiede l'installazione su server proprio: è sufficiente, in genere, aggiungere uno schema di database SQL Server o Oracle già presenti in azienda.
- *Istanza Server di Pianificazione e Schedulazione.* Server dedicato alle attività di Pianificazione e Schedulazione, ottimizzato per gestire in modo snello l'intero DB in RAM. Un run di pianificazione a capacità finita è completato in circa 20", dal lancio alla visualizzazione dei dati a schermo. Per intero DB in RAM si intende la gestione contemporanea di tutti i dati statici (anagrafiche, distinte, cicli) e dinamici di piano per HP.
 - *Client.* All'istanza di pianificazione si lega un Client di Pianificazione. Il Client permette di connettersi al database presente sul Server, di visualizzare le informazioni in esso contenute, di apportare modifiche ai dati e di lanciare l'esecuzione degli algoritmi sul Server. Il Client è adatto ai contesti in cui la pianificazione/programmazione è collaborativa e ciascun utente gestisce processi che utilizzano le capacità computazionali del sistema come ad esempio il bilanciamento dei materiali e della capacità, la riprogrammazione degli ordini, la schedulazione delle operazioni sulle macchine, etc. In tali situazioni ogni Client può eseguire la propria attività e l'informazione può essere immediatamente condivisa con tutti gli altri utenti.

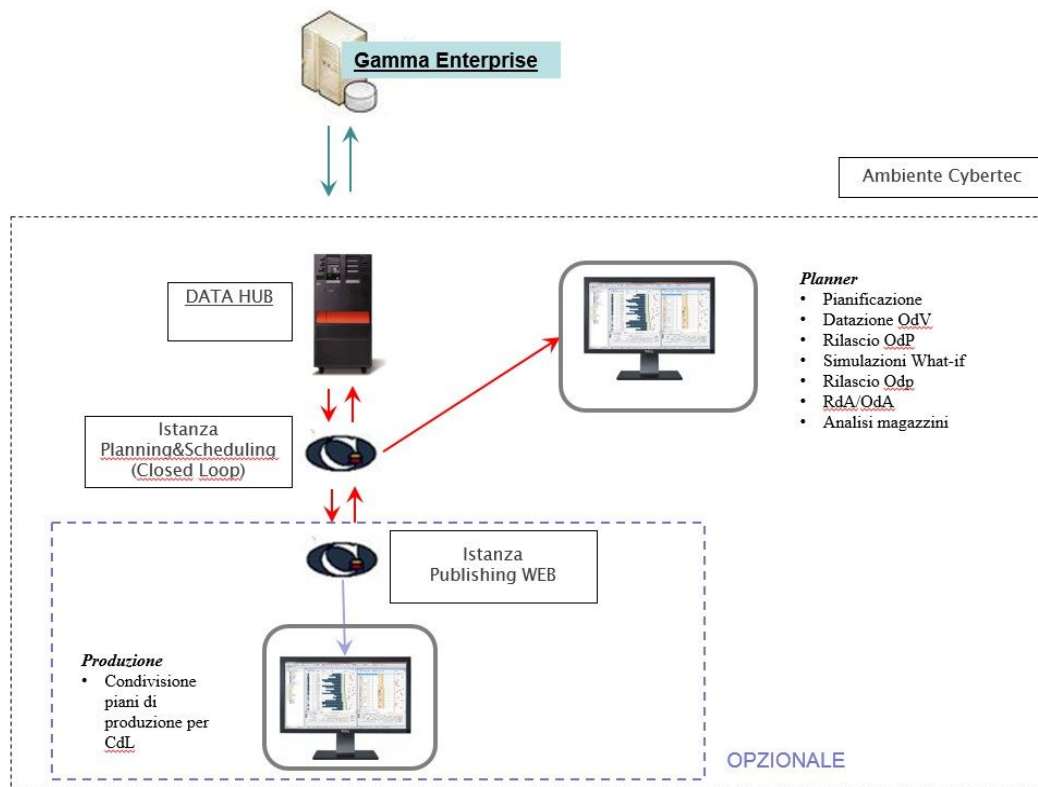


Figura 5.6 Architettura Advanced Planning & Scheduling System



Figura 5.7 Login Utente

La strategia e i Primi Step di Implementazione

Per implementare un progetto di tale portata è necessario definire primariamente una strategia mirata a rendere la soluzione efficace, a contenere i rischi entro limiti ben precisi e a garantire il rispetto del budget preventivato.

L'implementazione dell'Advanced Planning and Scheduling System in HP Composites è stata strutturata in 3 fasi principali successive, ognuna delle quali è a sua volta suddivisa in obiettivi intermedi. Il risultato finale è quanto descritto nel precedente capitolo: la realizzazione di un sistema che supporti la pianificazione e lo scheduling con tutti i vantaggi che ne conseguono.

In quest' ultimo capitolo della trattazione ci soffermeremo sugli step principali delle prime due fasi di implementazione, che sono stati affrontati durante i 4 mesi di tirocinio in HP Composites.

La prima fase è la più lunga e impegnativa in quanto comprende le attività di analisi dei processi, sia gestionali che tecnico-produttivi e analisi delle esigenze aziendali, per capire in che modi e in che ambiti lo schedulatore può apportare benefici risolvendo determinate problematiche. In un primo momento vengono svolte delle vere e proprie interviste allo staff e ai responsabili delle diverse aree funzionali interessate dall'implementazione; in particolare ufficio produzione, ufficio acquisti, customer care e i tecnici informatici che collaborano con l'azienda. In questo modo è possibile definire i flussi informativi, informatici e progettare un modello del sistema. Tra le attività della prima fase c'è anche una prima versione dei *tracciati di integrazione* tra Gamma Enterprise e Cyberplan. Vengono definiti i dati che devono essere estratti dall'ERP e importati in Cyberplan. Comincia così a prendere forma una prima configurazione della soluzione tale da coprire le esigenze emerse durante l'analisi e fungere così da *proof of concept*⁷. Gli obiettivi della prima fase consistono dunque nel creare un progetto di

⁷ *Proof of concept*: dimostrazione pratica dei funzionamenti di base di un applicativo software o di un intero sistema, integrandolo all'interno di un ambiente già esistente.

dettaglio e nel delineare la nuova configurazione dei processi di programmazione individuandone le criticità.

La fase si conclude con la stesura del documento di *relazione tecnica* che, una volta concordata tra le parti, costituisce il documento operativo di progetto da seguire e aggiornare durante l'intero arco della durata del progetto.

Durante la seconda fase si deve affinare e mettere a punto quanto progettato in precedenza. Il primo aspetto ad essere consolidato è ciò che riguarda l'integrazione. Si valutano i dati importati, sia secondo l'aspetto quantitativo che qualitativo, al fine di dichiararne la loro completezza e correttezza. Si procede con la configurazione avanzata del sistema e l'implementazione del flusso di dati da Cyberplan all'ERP per arrivare al momento della validazione con cui termina questa seconda fase. L'output che si ottiene è il *Manuale Utente*.

La terza e ultima fase, una volta validato il sistema, consiste nel suo avviamento e nelle attività di *cut-over*⁸.

6.1 La Raccolta dei Dati e delle Informazioni

I dati e le informazioni sono tra le risorse più preziose che un'azienda possiede. Oltre a costituire il Know-how aziendale esse sono alla base dei processi decisionali e organizzativi. Seppure sia una risorsa immateriale, l'informazione non si consuma con l'uso (è non depletabile) e si autogenera, poiché l'identificazione di nuove informazioni genera la condizione per la produzione di ulteriori informazioni. L'introduzione di un sistema di pianificazione e schedulazione permette di valorizzare questa risorsa, che tuttavia deve essere utilizzata saggiamente ed essere continuamente aggiornata, per non incorrere nel rischio di obsolescenza. Il progetto dell'APS implementato in HP Composites si basa principalmente sulla gestione di dati transazionali e operativi, i primi riguardano tutto ciò che è relativo ai processi fisici come ad esempio gli ordini, le bolle di produzione, i documenti di trasporto; i secondi sono ad esempio le scorte di

⁸ *Cut-over*: è un periodo di transizione quando si implementa un nuovo sistema durante il quale il vecchio e il nuovo sistema funzionano contemporaneamente.

magazzino, le ore di presenza dei dipendenti e così via. Quindi in questo contesto l'attenzione è posta su quel tipo di informazioni generate da processi operativi, legati alla produzione.

Le attività effettuate durante la prima fase d'implementazione riguardano principalmente la comprensione di tutti i dati necessari al sistema APS per la schedulazione e il conseguente lavoro di raccolta informazioni. Una volta individuati i dati e le informazioni che devono essere gestite, è necessario stabilire quale ente deve essere deliberato a farlo, se l'ERP di Gamma Enterprise con cui lo schedulatore deve integrarsi o se l'APS di Cybertec. Inoltre, è importante individuare chi detiene determinate informazioni. Spesso nelle aziende manifatturiere in crescita il Know-how e le conoscenze aziendali non sono formalizzati e non sono gestiti. Le informazioni sono contenute nell'esperienza dei tecnici e degli operatori e non sono condivise se non per via orale. Questo è stato anche il caso di HP Composites per quanto riguarda determinate informazioni relative al reparto critico di autoclave, ai cicli di cura effettuati durante questa fase e alla gestione degli stampi.

Altri aspetti su cui si è focalizzata l'attenzione sono stati la coerenza dei dati, la loro obsolescenza e dunque la loro correttezza. Nel corso di questo capitolo si parlerà anche di questo, verrà descritta la raccolta dati svolta e si metteranno in luce le criticità che sono emerse. Concluderemo infine con l'integrazione tra ERP e Schedulatore attraverso la creazione delle prime tabelle di frontiera.

6.2 Il Gap Informativo

Durante la modellazione della struttura del sistema produttivo in Cyberplan, per determinare il modello capacitivo e i vincoli produttivi sono emerse le prime criticità relative a un gap informativo. Infatti, nel definire le capacità dei reparti e delle macchine si è riscontrato che, mentre per alcuni reparti si dispone di tutte le informazioni necessarie, come ad esempio il numero di addetti, il numero di turni, le ore per ogni turno, il numero di set-up di una macchina CNC, i tempi macchina, i tempi ciclo eccetera, per altri reparti si rende necessario raccogliere determinati dati e informazioni che fin ora non sono mai state utilizzate per organizzare la produzione:

1) il reparto Autoclave e il reparto Sacco. Nei capitoli precedenti è stata anticipata la problematica relativa all'autoclave, l'impianto all'interno del quale avviene il ciclo di cura dei componenti. Questi ultimi possono essere di diversa grandezza, pertanto ci sono dei limiti capacitivi dell'autoclave dovuti al suo volume e al volume dei pezzi che si possono inserire al suo interno. Un altro limite di capacità è il numero di attacchi del vuoto di cui l'autoclave è dotata. Questi conferiscono il vuoto al sacco durante tutto il tempo del ciclo di cura; dunque il loro numero vincola il numero di sacchi che possono essere inseriti all'interno dell'autoclave. Una prima raccolta di informazioni relativa a questo reparto ha dunque riguardato i dati raccolti nella *tabella 6.1*.

	Pofondità Utile (cm)	Altezza (cm)	Larghezza Piano (cm)	Diametro Utile	n° Aspirazioni (slot)
HP1					
ITALMATIC	700	230	145	225	30 (15dx -15sx)
IROP	650	205	145	170	30 (15dx -15sx)
HP2					
ITALMATIC	650	175	150	200	30 (20dx -10sx)
MAROSO	450	110	140	140	19 (10dx - 9sx)
HP3					
MAROSO	650	170	115	200	40 (20dx - 20 sx)

Tabella 6.1 Dimensioni Autoclavi di HP Composites

Inizialmente si è pensato di utilizzare i dati sopra riportati relativi all'autoclave, in aggiunta ai dati riguardanti le dimensioni degli stampi. Quest'ultime sono informazioni in possesso dell'ufficio tecnico e non vengono gestite. Rimangono confinate nel documento CAD dello stampo e per raccoglierle si dovranno aprire i documenti uno alla volta. Oltre a ciò sono emerse le seguenti problematiche:

- Il tipo di dato non è adeguato allo scopo. Lo schedatore non nasce per ottimizzare il numero di componenti da inserire in autoclave in base alle loro dimensioni, bensì per schedare la produzione nel rispetto dei vincoli di capacità.
- Analizzando il lavoro svolto nella fase di sacco, durante la quale si conferisce il vuoto al pezzo laminato sullo stampo, si è riscontrato che gli stampi di piccole dimensioni o gli stampi multi-impronta possono essere accorpati in un solo sacco, e, a seconda della dimensione del sacco, possono occupare uno o più

attacchi per il vuoto. Allo stesso modo gli stampi con dimensioni più grandi o con una geometria più complessa possono occupare più di un attacco per il vuoto. La problematica è determinata dal fatto che non esiste una regola precisa.

Emerge quindi che una soluzione possibile deriva dall'utilizzare come vincoli gli attacchi del vuoto, che da qui in poi per comodità chiameremo *slot*. Tuttavia, non è possibile limitarsi ad un'associazione *uno a uno* slot-stampo per via di quanto appena spiegato. Per questo motivo si decide di attribuire un numero indicativo di slot per ogni stampo ricorrendo all'esperienza degli addetti del reparto autoclave, formalizzando e "informatizzando" la loro conoscenza. Il valore numerico di slot da attribuire allo stampo può essere anche frazionario, in quanto sono presenti gli stampi multi-impronta che dovranno necessariamente fare il sacco insieme. Inoltre, ci sono degli stampi che usualmente vengono laminati in parallelo e, per il loro poco ingombro, vengono abitualmente messi sottovuoto nello stesso sacco; anche in questo caso il valore dello slot è frazionario.

1	CODICE STAMPO	SLOT 1^LAMINAZIONE	SLOT 2^LAMINAZIONE
1631	KRB1S0002A01	1	
1632	KRB1S0001000	1	
1633	KRB1S0003000	0,2	
1634	KRB1S0004000	0,2	
1635	KRB1S0005000	0,2	
1636	KRB1S0006000	8	
1637	KRB1S0007000	1	
1638	KRB1S0008000	1	
1639	KRB1S0009000	8	
1640	KRB1S0010A00	0,2	
1641	KRB1S0011000	1	
1642	KRB1S0012000	1	
1643	KRB1S0013000	1	
1644	KRB1S0014000	1	
1645	KRB1S0015000	1	
1646	KRB1S0016000	1	
1647	KRB1S0017000	0,2	
1648	KRB1S0018000	1	
1649	KRB1S0019000	1	
1650	KRB1S0020000	2	
1651	KRB1S0021000	0,1	
1652	KRB1S0022000	1	
1653	KRB1Y1000000	1	2
1654	KRB1Y1000000	1	2
1655	KRB1Y1000000	1	2
1656	KRB1Y1000000	1	2
1657	KRB1S0028000	1	
1658	KRB1S0029000	0,1	

Tabella 6.2 Codice Stampo e numero di Slot associato

Nel determinare questo valore per ogni codice stampo si è anche dovuto tener conto dei codici che hanno un ciclo di lavorazione con la laminazione di prima pelle e di seconda pelle. Questi pezzi infatti dovranno eseguire una doppia fase di laminazione, sacco, autoclave ed estrazione. Nella *tabella 6.2* è elencata una piccola porzione dei risultati del lavoro svolto per l'individuazione del numero di slot per pezzo.

Per vincolare il reparto autoclave, oltre al numero di slot bisogna tener conto di un altro elemento fondamentale, i cicli di cura. Ogni componente, a seconda delle sue caratteristiche deve svolgere un ciclo di cura in autoclave con dei precisi parametri di tempo, temperatura e pressione. I componenti possono essere ciclati contemporaneamente in autoclave se sono caratterizzati dagli stessi parametri. Inoltre, la durata del ciclo di cura determina il tempo di attraversamento del reparto autoclave. Vista l'importanza di questo vincolo è stato necessario individuare, con il supporto dell'ufficio di Ricerca e Sviluppo, un numero di cicli di cura inferiore rispetto a quelli abitualmente utilizzati dagli autoclavisti in reparto, creando raggruppamenti e definendo nuovi cicli standard. In un secondo momento sono state definite delle famiglie di cicli di cura, associando ad ogni componente uno dei cicli di cura tra i nuovi cicli standard. I *grafici 6.1* e *6.2* insieme alla *tabella 6.3* riassumono alcuni dati prelevati dalle autoclavi di HP1 per effettuare un'analisi dei cicli di cura e delle loro frequenze.

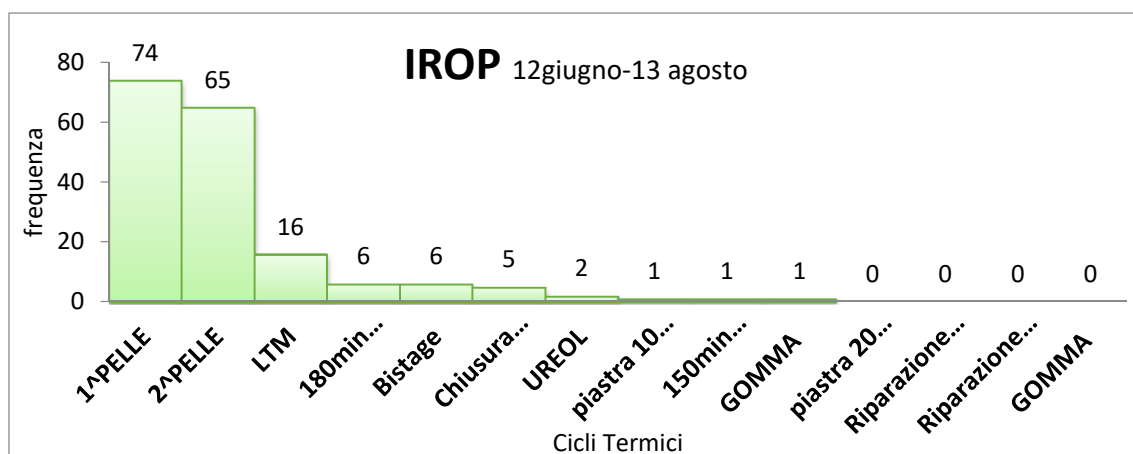


grafico 6.1

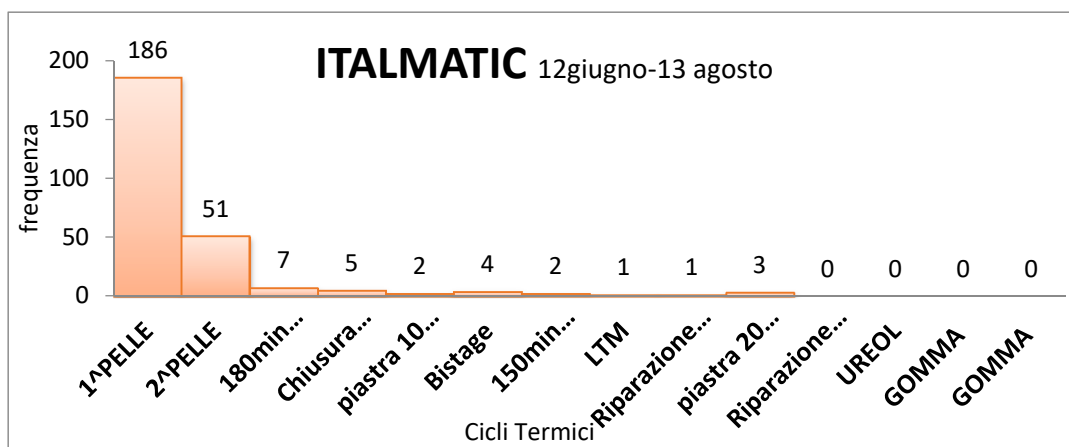


grafico 6.2

CICLI TERMICI	Descrizione
(sosta 100°) 90min 135° 5bar	1^PELLE
120min 120° 2 bar	2^PELLE
48h 50° 5bar	LTM
180min 120° 2bar	180min 120° 2bar
100min 100° 2bar	Bistage
240min 120° 2bar	Chiusura Telai
8h 100° 4bar	UREOL
piastra 10 min 90° 4 bar	piastra 10 min 90° 4 bar
150min 140° 4bar	150min 140° 4bar
3h 110°	GOMMA
piastra 20 min 60° 4 bar	piastra 20 min 60° 4 bar
12h 100° 2bar	Riparazione Telaio
12h 80° 2bar	Riparazione Telaio
4h 130° 4bar	GOMMA

Tabella 6.3 Identificazione Cicli di Cura

Per realizzare i grafici 6.2.1 e 6.2.2 sono stati utilizzati i cicli eseguiti dalle autoclavi IROP e ITALMATIC nello stesso arco temporale (due mesi), raccogliendo 177 dati per la IROP e 262 per la ITALMATIC.

2) La codifica e l'associazione degli stampi. L'informazione relativa agli stampi è fondamentale per la modellazione del processo produttivo. Il numero degli stampi che si possiede è necessario per conoscere quanti componenti al giorno si possono produrre, inoltre se uno stampo non è disponibile non si può avviare la produzione.

Per questi motivi è stato necessario reperire i dati relativi ai codici degli stampi e alla loro quantità e individuare i codici dei componenti ad essi associati. Prima di questo lavoro in azienda non era facile risalire al componente dato il codice dello stampo e viceversa; era possibile solo per alcuni casi consultando dei files excel di dominio dell'ufficio tecnico. Una parte del lavoro del tirocinio è consistito nel raccogliere le informazioni relative ai codici degli stampi e alla loro associazione con il codice del pezzo. Il risultato è stata l'associazione di più di 2400 codice stampo al relativo codice pezzo. Una porzione del risultato è visibile in *tabella 6.5*.

Anche il numero degli stampi per ogni pezzo è un dato, per moltissime commesse, non gestito. Quindi anche in questo caso è stato necessario reperire il dato, basandosi principalmente sulle conoscenze dei capi reparto (*tabella 6.4*).

1	CODICE STAMPO	NUM. STAMPI	DESCRIZIONE
252	DRB2S0001A00	1	Engine Cover
253	DRB2S0002A00	1	Lateral Front Sidepod RH
254	DRB2S0003A00	1	Lateral Front Sidepod LH
255	DRB2S0004A00	1	RHS Rear Blanking Underwing - BONDED
256	DRB2S0005A00	1	LHS Rear Blanking Underwing - BONDED
257	DRB2S0006B00	1	IR1828089 RHS Top Central Part Underwing - BONDED
258	DRB2S0007A00/DRB2S0007B00	1	LHS Top Central Part Underwing - BONDED
259	DRB2S0008A00	1	IR1825050 RHS Radiator Inlet Duct
260	DRB20009A00	1	IR1825048 LHS Radiator Inlet Duct
261	DRB2S0010A00	1	RHS Radiator Lateral Bracket
262	DRB2S0011A00	1	LHS Radiator Lateral Bracket
263	DRB2S0012A00	1	LHS Sidepod Cover
264	DRB2S0013A00	1	LHS Sidepod
265	DRB2S0014A00	1	RHS Sidepod
266	DRB20009A00	1	Radiator Inlet Duct - LH- Mockup
267	DRB2S0008A00	1	Radiator Inlet Duct - RH- Mockup
268	HPPPS0000002	/	piastra inserti - 9 strati GG380 (DRB2K0003000)
269	DRB2S0018A00	1	IR1825093 1 Radiator Lower Bracket - RH
270	DRB2S0019A00	1	IR1825092 1 Radiator Lower Bracket - LH
271	DRB2S0020A00	1	RHS Lower Structural Front Sidepod
272	DRB2S0021A00	1	LHS Lower Structural Front Sidepod
273	DRB2S0022A00	1	RHS Lower Structural Front Sidepod

Tabella 6.4 Codici Stampo e relativo Numero di Stampi di una commessa in HP Composites

	A	B	C
1	CODICE PEZZO	ATTREZZATURA 1	ATTREZZATURA 2
2	CHA1P0001000	CHA1S0001000	
3	CHA1P0002000	CHA1S0001001010000	
4	CHA1P0003000	CHA1S0002000	
5	CHA1P0004000	CHA1S0003000	
6	CHA1P0005000	CHA1S0004000	
7	CHA1P0006000	HPPPS0000002	
8	CHA1P0007000	CHA1S0005000	
9	CHA1P0008000	CHA1S0007000	
10	CHA1P0009000	CHA1S0006000	
11	CHA1P0010000	CHA1S0006000	
12	CHA1P0011000	CHA1S0011000	
13	CHA1P0012000	CHA1S0012000	
14	CHA1P0013000	CHA1S0013000	
15	CHA1P0014000	CHA1S0008000	
16	CHA1P0015000	CHA1S0007001050000	CHA1S0007001060000
17	CHA1P0016000	CHA1S0007001040000	
18	CHA1P0021000	CHA1S0021000	
19	CHA1P0025000	CHA1S0025000	
20	CHA1P0027000	CHA1S0027000	
21	CHA1P0029000	CHA1S0029000	
22	CHA1P0031000	CHA1S0031000	
23	CHA1P0034000	HPPPS0000006	
24	CHA1P0035000	CHA1S0035000	
25	CHA1P0038000	CHA1S0038000	
26	CHA1P0039000	HPPPS0000003	
27	CHA1P0041000	HPPPS0000003	

Tabella 6.5 Associazione Codice Pezzo - Codice Stampo di una commessa in HP Composites

3) L'impegno dello stampo durante il ciclo di lavorazione. Un'altra informazione che come conseguenza a quanto esposto fin ora non era gestita dall'ERP è il legame tra uno stampo e il suo utilizzo durante il ciclo di lavorazione. Un'attività necessaria dopo aver individuato i codici degli stampi e averli associati con il codice del pezzo è l'inserimento dei codici stampo nelle fasi del ciclo di lavorazione in cui esso è impiegato. In questo modo lo schedatore potrà sapere quando lo stampo è impegnato e quando invece è libero per essere impiegato in un altro ordine. Generalmente le fasi che richiedono l'utilizzo dello stampo partono dalla laminazione e riguardano il sacco, l'autoclave e l'estrazione. Se è prevista una laminazione di seconda pelle lo stampo non sarà estratto dopo il primo ciclo in autoclave ma sarà impegnato in un'ulteriore fase di laminazione,

di sacco, di autoclave e infine l'estrazione, dopo la quale viene liberato e preparato per un altro ordine.

4) La gestione della fase della verniciatura. Questa fase viene esternalizzata e non riguarda tutti i componenti prodotti, ma solo alcuni codici di alcune commesse. Attualmente il flusso dei materiali che esce e rientra per la verniciatura è solo un movimento fisico e non viene gestito tramite il sistema ERP. Per pianificare le date degli ordini lo schedatore deve poter considerare anche questa fase, quindi si decide di aggiungere una "fase conto lavorazione" all'interno del ciclo di produzione così da includere nel calcolo anche i giorni in cui il pezzo è dal verniciatore. Ciò naturalmente si potrà estendere a qualsiasi altra lavorazione svolta presso terzi. La bontà di questa decisione viene valutata durante la seconda fase del progetto.

6.2.1 La Questione degli Stampi Multi-impronta

Gli stampi multi-impronta sono stampi con più "impronte" che realizzano dei componenti complementari oppure più componenti uguali. La problematica riguardo la loro gestione nasce al momento in cui devono essere gestiti su Cyberplan come stampi a cui, salvo alcune eccezioni, non è associato un solo codice articolo⁹. Nello specifico, uno stampo multi-impronta può:

- stampare 1 pezzo di N codici articolo diversi contemporaneamente
- stampare N pezzi di 1 codice articolo contemporaneamente
- stampare N pezzi di N codici articolo diversi contemporaneamente.

Per gestire queste informazioni non è possibile limitarsi a creare un'associazione Codice Articolo - Codice Stampo e indicare una Quantità degli Stampi disponibili (*figura 6.1*).

⁹ *Codice Articolo*: in questo paragrafo indica il codice del pezzo associato al codice dello stampo.



Figura 6.1

Nella figura 6.2 è riportato un esempio di due casi possibili.

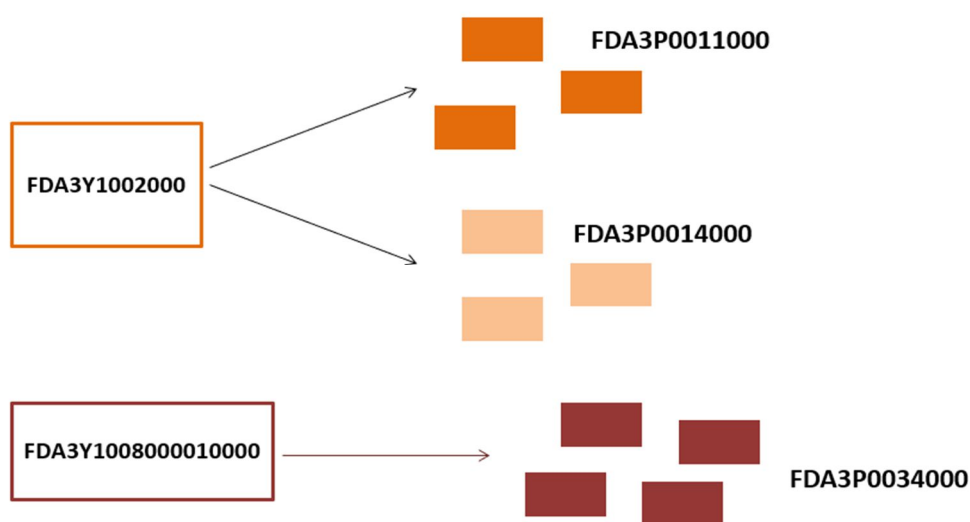


Figura 6.2

Con lo scopo di risolvere almeno in parte questa problematica sono state individuate due alternative:

1) Indicare il numero totale di articoli che è possibile produrre (quantità impronte) per ogni stampo, perdendo l'informazione del numero di codici articolo che vengono stampati.

Cod. STAMPO	N° Stampi disponibili	Quantità impronte	Cod. Articolo associato
FGA3Y1002000	1	6	Nr3 di FGA3P0011000 Nr3 di FGA3P0014000

2) Mantenere l'informazione degli articoli stampati indicando la quantità producibile di ogni codice articolo.

Cod. Articolo	Quantità	Cod. Stampo	N° Stampi disponibili
FGA3P0011000	3	FGA3Y1002000	1
FGA3P0014000	3	FGA3Y1002000	1

Entrambe le soluzioni prevedono di attribuire le quantità al codice dello stampo e non al codice del pezzo, pertanto non modellano correttamente la realtà e richiedono un controllo e un intervento manuale del programmatore. In questa fase si è scelto di seguire la prima alternativa, riservando eventuali modifiche durante le attività di check e verifica. Parallelamente a questa decisione sono stati mappati i codici degli stampi di questo tipo e i codici dei pezzi ad esso associati, reperendo le informazioni sulla quantità di stampi presenti e sul numero di impronte di ogni stampo.

6.3 Attività Propedeutiche

Tra i primi step di implementazione del sistema APS ci sono delle attività propedeutiche al flusso di informazioni che dovrà confluire dall'ERP Gamma Enterprise allo schedatore. In HP Composites hanno permesso di rendere efficace l'integrazione tra i due sistemi e hanno apportato dei cambiamenti nel modo di gestire i dati che l'ERP e l'APS utilizzano in comune. Nello svolgere determinate operazioni propedeutiche sono state create anche le tabelle di frontiera popolate dall'ERP con i dati di interesse; questi rimarranno competenza di Gamma Enterprise e verranno utilizzati da Cybertec per la pianificazione e la schedulazione. Alcune di queste attività sono state:

1) L'inserimento degli stabilimenti. Consiste nel suddividere tutte le risorse in base allo stabilimento in cui operano o sono utilizzate. Viene svolta direttamente su Gamma Enterprise e permetterà allo schedatore di tener conto del plant produttivo a cui la risorsa appartiene. Tutto ciò che fa parte del ciclo di lavorazione è un Item che va gestito anche dallo schedatore, pertanto deve essere contraddistinto dallo stabilimento di appartenenza così che potrà essere schedato.

2) La definizione dei centri uomo e dei centri macchina. I reparti e le macchine vengono chiamati Centri di Lavoro. In particolare, gli addetti che svolgono una lavorazione manuale sono definiti come Centri Uomo, le macchine vengono considerate dei Centri Macchina. Tra i primi troviamo i reparti taglio, laminazione, finitura, presse, estrazione, controllo qualità; tra i secondi troviamo le presse, le autoclavi, le CNC, le macchine per il taglio, il controllo DEA.

Questa suddivisione è interna a Cyberplan che prende da Gamma tutte le informazioni relative agli addetti e alle macchine preferenziali su cui effettuare la lavorazione di un pezzo. L' anagrafica dipendenti è contraddistinta da una descrizione per ogni operatore che include il numero di stabilimento e il numero di reparto di appartenenza. In questo modo lo schedatore potrà attribuire ad ogni reparto di ogni stabilimento (centro di lavoro) tutti gli addetti o tutte le macchine che vi fanno parte. Ad esempio, il numero di reparto che contraddistingue la laminazione è il 16. Ogni addetto del reparto laminazione sarà contraddistinto dalla descrizione:

- 16_2 se lavora nel reparto di HP2
- 16_3 se lavora nel reparto di HP3
- 16_1 A o 16_1 B se lavora in uno dei due reparti di HP1

3) L' aggiornamento dei Lead Time Operativi in Distinta Base. È un'operazione a carico di Gamma Enterprise. I tempi di lavorazione che si trovano caricati nelle distinte base dell'ERP, nella sezione in cui sono gestiti i cicli di lavorazione, sono tempi teorici, preventivati, che risultano fino ad un 30% più bassi rispetto ai tempi reali. Poiché per la schedulazione bisogna utilizzare dei tempi medi realistici si opera la sostituzione dei vecchi dati con i con i tempi consuntivi che vengono forniti dal MES.

4) L'associazione di ogni codice del pezzo con una macchina e un team di laminazione.

6.4 Criticità

Una volta svolte le attività propedeutiche e definiti i primi tracciati di integrazione ci si inoltra nella fase successiva dell'implementazione, che prevede la valutazione dei dati e delle informazioni oggetto dell'integrazione dei due sistemi. È naturale infatti che ad un certo punto del lavoro emergano delle criticità relative alla qualità, coerenza e correttezza dei dati. In HP Composites le discrepanze riscontrate hanno riguardato:

1) I Cicli di Lavorazione e Distinte Base. Molte fasi del ciclo di lavorazione non erano aggiornate o non erano inserite correttamente. Allo stesso modo nelle distinte base erano assenti alcuni legami o c'erano errori di inserimento.

2) I vecchi Ordini Di Lavorazione. Sono stati trovati degli ordini aperti risalenti al 2016 che in realtà erano stati evasi. È stata necessaria una pulizia anagrafica per evitare il rischio di schedare Ordini sbagliati, vecchi, già evasi, proponendo soluzioni di scheduling irrealistiche.

3) I componenti 'Make' e i componenti 'Buy'. Un'altra problematica era la mancata distinzione tra i componenti prodotti internamente e i componenti di acquisto. Lo schedatore segnalava come componenti 'Make' alcuni materiali che in realtà vengono acquistati. Questo era dovuto al fatto che i componenti di acquisto non erano contraddistinti come tali. Ora un componente 'Make' è caratterizzato dal codice '1', mentre un componente 'Buy' è segnalato dal codice '2'.

4) Lo stato di alcuni ordini. Su portafoglio ordini ci sono *ordini evadibili* con le relative quantità e ci sono *ordini non più evadibili* con quantità pari a zero. In Gamma invece erano presenti ordini non più evadibili con quantità positiva. Questo non dovrebbe essere possibile poiché un ordine passa nello stato NON PIU' EVADIBILE quando sono state consegnate tutte le quantità e il residuo è pari a zero. Queste incongruenze sono state eliminate.

5) I nomi delle macchine utilizzate. Tra i nomi delle macchine inseriti in gamma c'erano spazi vuoti tra i caratteri e non erano presenti dei riferimenti o delle descrizioni che evidenziassero un legame con lo stabilimento di riferimento. Sono state uniformate le diciture ed è stato inserito nel nome lo stabilimento di appartenenza.

6) Le giacenze non affidabili. In particolar modo si leggevano valori negativi di magazzino, probabilmente dovuti al fatto che quando alcuni ordini di lavoro rimangono aperti il pezzo finito non confluisce nel magazzino virtuale dell'ERP, allo stesso tempo però quando vengono creati dei DDT per la consegna, la transazione scarica il pezzo finito dal magazzino anche se la quantità non è presente. In questo modo le quantità assumono valori negativi. Questo problema è stato ovviato direttamente da Cyberplan che leggerà le quantità negative come fossero pari a zero.

6.5 L'Integrazione del Sistema APS con il Sistema ERP

L'interfaccia tra i due sistemi, come accennato in precedenza, avviene attraverso le tabelle di frontiera, strutturate cioè in modo tale da contenere le informazioni di scambio tra lo schedatore e l'ERP. Per quanto riguarda il flusso di informazioni che va dall'ERP all'APS, quest'ultimo legge direttamente i dati di cui necessita sulle tabelle di frontiera popolate con i dati dell'ERP. Per quanto riguarda il flusso di ritorno, Cybertec rende disponibili all'ERP i dati che ha elaborato popolando a sua volta altre tabelle di frontiera. La creazione del flusso di ritorno viene svolta nella seconda fase del progetto dopo aver effettuato con successo il controllo delle criticità e valutazione dei dati.

6.5.1 Il Flusso dei dati dall'ERP all'APS

Il flusso di invio dei dati in andata riguarda principalmente le anagrafiche, le distinte base, i lead time, i cicli di lavoro, gli ordini di vendita, di acquisto e lo stato degli ordini di lavorazione. Oltre a popolare le tabelle di frontiera con questi dati, l'ERP dovrà essere in grado di inserire anche tutte quelle informazioni che sono state ottenute durante l'attività di raccolta e che non sono mai state gestite in precedenza. Con questo scopo sono state ricavate delle maschere di inserimento ad hoc, all'interno di interfacce già esistenti nel sistema. Sarà quindi possibile inserire:

l'ingombro degli stampi misurato in slot (figura 6.3), la capacità dell'autoclave (figura 6.4), il codice identificativo della famiglia di cura (figura 6.5)

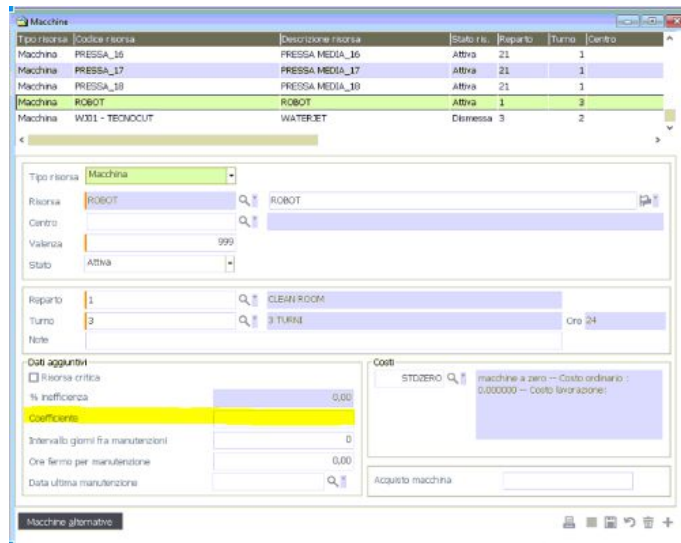


Figura 6.3 Campo per l'inserimento dell'ingombro degli stampi

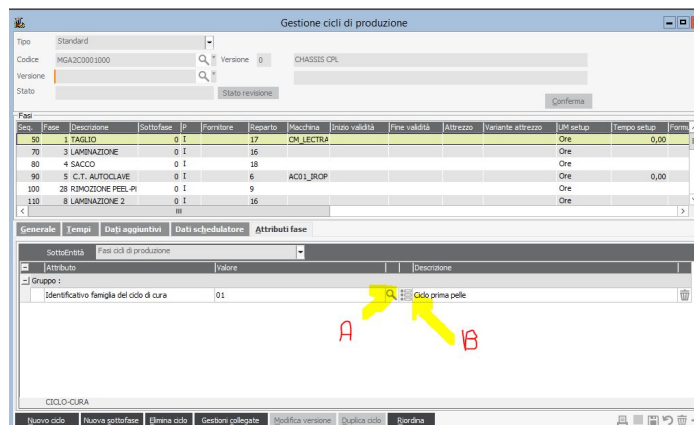


Figura 6.4 Campo per l'inserimento delle Famiglie dei Cicli di Cura

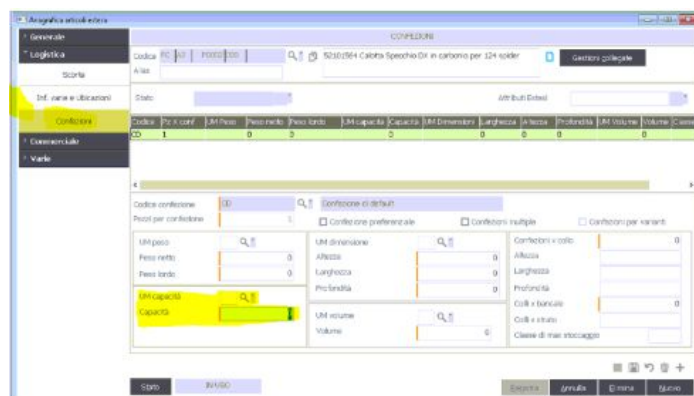


Figura 6.5 Campo per l'inserimento della capacità dell'Autoclave

6.5.2 Il Flusso di Ritorno dall'APS all'ERP

Per alimentare il flusso di ritorno sono state strutturate delle tabelle che dovranno essere alimentate da Cyberplan. Queste riguardano:

- la conferma della data di consegna ordine cliente (tabella 6.6)
- la generazione dell'ordine di produzione (tabella 6.7)
- la generazione dell'ordine di acquisto (tabella 6.8)

BST_CYB10_CORDER		Riferimento
BST10_ID	decimal(18,0)	Identity
BST10_DITTA_CG18	decimal(5,0)	Ditta (fisso 1)
BST10_CODICE	varchar(48)	Riferimenti ordine cliente: DO11_ANNODOC (4). DO11_SEZDOC (2). DO11_NUMDOC (8). DO30_PROGRIGA (5)
BST10_CODART_MG66	char(25)	Codice articolo
BST10_STATO_RIGA	tinyint	0 = Da confermare 1 = Confermato pianificazione 2 = Confermato Customer Service (attività fatta in GE)
BST10_DATACONS_CONF	datetime	Data consegna confermata (elaborata da Cyberplan)
BST10_DATA_SINC	datetime	Data di sincronizzazione
BST10_STATO_SINC	tinyint	Stato sincronizzazione: 0 = Da elaborare 1 = Elaborato NB Il cambio stato viene eseguita da Gamma Enterprise
BST10_DATA_IMP	datetime	Data import su GE (campo gestito da Gamma Enterprise)
BS10_RIF_CYB	Varchar(50)	Riferimenti Cyberplan

Tabella 6.6

BST_CYB20_ORDER		Riferimento
BST20_ID	decimal(18, 0)	Identity
BST20_DITTA_CG18	decimal(5, 0)	Ditta (fisso 1)
BST20_DATADOC	datetime	Data ODL da creare
BST20_CODDEP_MG58	char(10)	Deposito
BST20_CODART_MG66	char(25)	Codice articolo
BST20_DESCART	varchar(1600)	Descrizione articolo
BST20_DATAFABB	datetime	Data inizio lavorazione
BST20_DATAINILAV	datetime	Data fine lavorazione
BST20_INDFORNREP	tinyint	0 = Reparto 1 = Fornitore
BST20_CODFORCL	char(8)	Codice for. C\Lavoro
BST20_CODREP	char(8)	Codice reparto
BST20_QTA1	decimal(14,3)	Quantità
BST20_STATO_ODL	tinyint	0 = Da lanciare 1 = Lanciato MES
BST20_NOTE	nvarchar(250)	Note
BST20_DATA_SINC	datetime	Data di sincronizzazione
BST20_STATO_SINC	tinyint	Stato sincronizzazione: 0 = Da elaborare 1 = Elaborato NB Il cambio stato viene eseguita da Gamma Enterprise
BST20_DATA_IMP	datetime	Data import su GE (campo gestito da Gamma Enterprise)
BS20_RIF_CYB	Varchar(50)	Riferimenti Cyberplan

Tabella 6.7

BST_CYB30_ORDACQ		Riferimento
BST30_ID	decimal(18, 0)	Identity
BST30_DITTA_CG18	decimal(5, 0)	Ditta (fisso 1)
BST30_TIPO_OF	tinyint	Tipologia ordine fornitore: 0 = Ordine effettivo 1 = preordine (proposta bloccata su Cyberplan)
BST30_DATADOC	datetime	Data ODL
BST30_CODDEP_MG58	char(10)	Deposito
BST30_CODART_MG66	char(25)	Codice articolo
BST30_DESCART	varchar(1600)	Descrizione articolo
BST30_CODFOR	char(8)	Codice for. acquisto
BST30_QTA1	decimal(14,3)	Quantità
BST30_DATAFABB	datetime	Data consegna
BST30_NOTE	nvarchar(250)	Note
BST30_DATA_SINC	datetime	Data di sincronizzazione
BST30_STATO_SINC	tinyint	Stato sincronizzazione: 0 = Da elaborare 1 = Elaborato NB Il cambio stato viene eseguita da Gamma Enterprise
BST30_DATA_IMP	datetime	Data import su GE (campo gestito da Gamma Enterprise)
BS30_RIF_CYB	varchar(50)	Riferimenti Cyberplan

Tabella 6.8

Conclusione

L'implementazione di un nuovo sistema gestionale come l'Advanced Planning & Scheduling System in un'azienda complessa come HP Composites è un progetto oneroso non solo in termini di budget ma anche di risorse coinvolte. Un lavoro di tale portata presuppone una certa flessibilità dell'azienda ad adattare i processi gestionali esistenti al nuovo sistema di pianificazione e scheduling. Dall'altro lato uno schedulatore deve essere modellato sul processo produttivo aziendale e deve introdurre dei miglioramenti nella sua gestione, cosa che un sistema integrato come l'ERP è meno predisposto a fare. Pertanto, lo sforzo dell'azienda di rinnovare le proprie strategie di gestione senza alterare la struttura dello schedulatore incontra la predisposizione dell'APS a soddisfare le esigenze di una struttura rigida e articolata come HP Composites grazie alla sua elasticità, ottenendo in questo modo il giusto compromesso.

I cambiamenti principali che sono stati affrontati riguardano principalmente la qualità e la correttezza dei dati. Lo schedulatore non può lavorare con dati inesatti, poco realistici o obsoleti, penalizzando il corretto funzionamento e l'efficacia del suo operato. Questo lavoro dunque insegna molto sull'importanza di non commettere errori durante l'inserimento dei dati e durante la creazione di legami logici. Ulteriori cambiamenti hanno riguardato la gestione dei magazzini e degli ordini di acquisto. Durante l'implementazione si è comunque dovuta affrontare la grande rigidità della struttura dell'ERP che permette faticosamente di gestire nuovi dati e modellare nuove situazioni.

In conclusione, i vantaggi di un sistema APS di cui si è ampiamente discusso riguardano in primo luogo la possibilità di creare dei piani di produzione affidabili grazie all'algoritmo di pianificazione a capacità finita e facilitare l'attività del programmatore grazie allo strumento di simulazione. Dopodiché ci sono numerosi altri benefici che derivano dallo scheduling dei reparti a capacità finita, tra cui la riduzione dei tempi di attesa tra un reparto e l'altro, la riduzione del numero dei set-up delle macchine CNC, una datazione più affidabile delle consegne e il miglioramento del livello di servizio.

Nella realtà di HP Composites in cui i tempi di consegna sono assai ristretti e gli imprevisti sempre in agguato: scarti, variazioni del pezzo, variazioni del ciclo di lavorazione, aumento del volume di una commessa all'ultimo momento, le situazioni sono difficili da gestire anche per uno schedulatore ben implementato e ben integrato. Nonostante questo, la programmazione a capacità finita che prima dello schedulatore era estranea ad HP Composites fa ben sperare grandi miglioramenti di efficienza.

Bibliografia

- [1] P. ATZENI, S. CERI. *Basi di dati-Modelli e linguaggi di interrogazione*, McGraw-Hill, Milano, 2009.
- [2] F. MURMURA. *Dai sistemi di integrazione ai sistemi integrati - L'introduzione degli ERP in azienda*, Franco Angeli, Milano, 2009.
- [3] M. CARIDI, S. FUNARI, R. SECCHI. *Sistemi Informativi di Produzione, risultati dell'indagine empirica*. Rapporto interno della ricerca "Sistemi informativi di produzione integrati". SDA Bocconi, Divisione Ricerche, 1997
- [4] BRANDOLESE A., POZZETTI A., SIANESI A. *Gestione della produzione industriale*, Hoepli 1991
- [5] G. AZZONE *Sistemi di controllo di gestione. Metodi, strumenti e applicazioni*, Rizzoli Etas, 2012
- [6] PATRICK RONDEAU. *The evolution of manufacturing planning and control systems: From reorder point to enterprise resource planning*, Butler University Libraries, 2001
- [7] CYBERPLAN. Progetto pianificazione e schedulazione a capacità finita per HP Composites, 2018
- [8] HP COMPOSITES www.hpcomposites.it