

POLITECNICO DI MILANO

Facoltà di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Aeronautica



Studio preliminare di ottimizzazione
dei processi produttivi della Linea Volo *AW109 - AW139*:
analisi layout e attività svolte presso Reparto LIVO - Vergiate;
individuazione perturbative incidenti sui flussi produttivi;
proposte di ottimizzazione dei processi

Relatore: Prof. Giuseppe SALA

Correlatore: Ing. Sesto GIUSARMA

Tesi di laurea di:

Andrea SCANDELLA Matr. 721113

Anno Accademico 2009-2010

Ai miei genitori

«Try to become not a man of success,
but try rather to become a man of value».

Albert Einstein

Ringraziamenti

Tante - troppe forse per raccontarle tutte - le immagini che mi scorrono davanti agli occhi ripensando a questi anni di Università. E tante - ma mai troppe per dimenticarmene - le persone che in questi anni ho incontrato, conosciuto e con le quali ho condiviso momenti di studio e di svago.

Dar voce ora ad alcuni dei tanti pensieri che affiorano ripensando al passato, potrebbe sembrare riduttivo. Raccontarli tutti diventerebbe noioso. Tuttavia non voglio perdere l'occasione per ringraziare chi in questi anni mi ha sostenuto e mi è stato vicino, ha lasciato un segno, mi ha donato del tempo.

Il ringraziamento più grande va ai miei genitori e alla mia famiglia che in me hanno creduto, di me si sono fidati e per me hanno fatto tanto, accompagnandomi e standomi vicini fino a questo traguardo.

Tanti sono i compagni di viaggio coi quali ho studiato, sostenuti esami, mi sono confrontato e sono cresciuto, umanamente e culturalmente: Alessandro, Alessandro, Amanda, Daniele, Fabio, Luca, Mattia, Maurizio, Melissa, Samuele. A loro va il mio grazie per aver condiviso questi anni di Laurea Magistrale.

Un importante ringraziamento va al Professor Giuseppe Sala. Se ho potuto compilare questa tesi è grazie a lui e alla proposta di stage avanzata da AugustaWestland S.p.A.. È stata una interessante occasione che, se da una parte mi ha permesso di conoscere il mondo del lavoro, dall'altra ha messo alla prova le mie capacità nell'affrontare problemi e tematiche nuove, mai trattate in questo corso di studi. Un aiuto considerevole mi è stato offerto dall'Ingegnere Sesto Giusarma, che qui ringrazio sentitamente non solo per l'assistenza durante i sei mesi di presenza in Azienda, ma anche nei mesi successivi durante la stesura della tesi. Un altro grazie va ai responsabili coi quali ho collaborato e che mi hanno affiancato nel lavoro: Francesco, Omar e Roberto. Non posso poi dimenticare i colleghi d'ufficio che, fin dai primi giorni, si sono dimostrati disponibili: Alin, Ambrogio, Ezio, Fabio, Fabio, Francesco, Gianpietro, Renato, Roberto, Sergio.

Uno ringraziamento speciale va ad Alice per la sua instancabile pazienza e la sua gentile collaborazione.

Da ultimo, ma non per questo meno importante, il mio grazie a tutti gli amici che mi sono stati vicini e che, in varie misure, mi hanno dimostrato il loro affetto e la loro vicinanza. Siete davvero tanti e non basterebbe questa pagina per contenervi, ma vi prego: sentitevi tutti inclusi nel gruppo.

Grazie di cuore!

Indice

1	Introduzione	1
1.1	<i>AgustaWestland</i> S.p.A.	1
1.2	AW109	3
1.3	AW139	6
1.4	Obiettivi	8
2	Stato attuale LIVO	11
2.1	Organizzazione layout	11
2.1.1	Layout AW139	13
2.1.2	Layout AW109	17
2.2	Organizzazione risorse	21
2.2.1	Gestione della produzione industriale	21
2.2.2	Risorse umane	22
2.2.3	Risorse materiali e immateriali	26
2.3	Classificazione attività	28
2.3.1	Macro attività	29
2.3.2	Micro attività	30
3	Analisi perturbative	35
3.1	Programmazione della produzione	35
3.2	Reperimento dati	37
3.3	Analisi di <i>Pareto</i>	43
3.3.1	Diagramma di <i>Pareto</i>	44
4	Ottimizzazione flusso teorico	51
4.1	Metodo <i>Pert</i>	51
4.2	Sequenza tecnologica delle attività basiche	52
4.2.1	Vincoli tecnologici	52
4.2.2	Sequenziazione operazioni	53
4.3	Ottimizzazione metodo e sequenze di assemblaggio	55
4.4	Stima risorse ottimali	57
4.4.1	Analisi utilizzo risorse	58
4.4.2	Processo di ottimizzazione	63
4.5	Sequenza tecnologica delle attività personalizzate	65
5	Ottimizzazione layout	67
5.1	Tipi di layout	68
5.1.1	Montaggio a postazione fissa	69

5.1.2	Montaggio per processo	70
5.1.3	Montaggio per prodotto	72
5.2	Layout ottimale	74
6	Industrializzazione	81
6.1	Modifica al progetto	84
7	Conclusioni e sviluppi futuri	87
7.1	Sviluppi futuri	88
A	Outsourcing	91
A.1	ISOPRAM	91
A.2	SEI	92
A.3	TSM	92
	Acronimi	95
	Bibliografia	97

Elenco delle figure

1.1	AW109 Power	4
1.2	Grand New	5
1.3	AW109 LUH	6
1.4	AW139	7
2.1	Piantina dello stabilimento di Vergiate	12
2.2	Layout reparto LIVO - AW139	14
2.3	Layout reparto LIVO - AW139 (particolare)	15
2.4	Layout reparto LIVO - AW109	18
2.5	Layout reparto LIVO - AW109 (particolare)	20
3.1	SMC - esempio	37
3.2	Time-line - esempio	39
3.3	Confronto tra flussi teorici e flussi reali	41
3.4	Modello RRL - Registro Ritardi Lavoro	42
3.5	Diagramma di Pareto ritardi LIVO AW139	46
3.6	Causali di ritardo espresse in percentuale sul totale	47
3.7	Classificazione ritardi SEI	48
3.8	Classificazione ritardi TSM	48
3.9	Classificazione ritardi ISOPRAM	49
4.1	Diagramma utilizzo risorse - elettro/avionici	61
4.2	Diagramma utilizzo risorse - meccanici	62
4.3	Diagramma utilizzo risorse - elettro/avionici [modificato]	64
4.4	Diagramma utilizzo risorse - meccanici [modificato]	65
5.1	Linea di assemblaggio a postazione fissa	69
5.2	Linea di assemblaggio per processo (in parallelo)	71
5.3	Linea di assemblaggio per prodotto (in linea)	72
6.1	Carrello porta carenature originale	82
6.2	Carrello porta carenature modificato	85

Elenco delle tabelle

2.1	Organizzazione risorse LIVO-AW139	24
2.2	Composizione squadre di lavoro	24
2.3	Turni di lavoro reparto LIVO	25
2.4	Turnazione settimanale delle squadre	25
2.5	Elenco micro attività	30
3.1	Tabella di Pareto	45
4.1	Fabbisogno risorse e durata micro attività (verb. basico) . . .	58
4.2	Composizione squadre di lavoro ottimale	63

Sommario

Programmazione della produzione, gestione delle risorse, analisi e progettazione di layout, ottimizzazione dei flussi, industrializzazione, innovazione: tutti aspetti che concorrono al successo dell'Azienda in termini finanziari, di immagine e di soddisfazione del Cliente, mirando a una riduzione di costi e tempi di lavorazione. A partire da una analisi dello stato attuale del reparto Linea Volo relativamente al layout, le attività di competenza del reparto, le risorse e le causali di ritardo, si è condotto uno studio di ottimizzazione sia dei flussi produttivi, tramite la definizione di una sequenza delle varie attività mediante metodo PERT, sia del layout, proponendo una più efficiente gestione di spazi e risorse e avviando una attività di industrializzazione relativamente ad alcune attrezzature, con l'obiettivo di massimizzare il rendimento del lavoro ed offrire ergonomia, ordine e maggiore sicurezza.

Parole chiave: Elicotteri, Layout, Programmazione, Perturbative, Flusso, Industrializzazione.

Abstract

Production planning, resource management, layout design and analysis, flow optimization, industrialization and innovation: all these aspects contribute to the Company success with the common objective of achieving customer satisfaction and reduction of processing time and costs. Starting with a Flight Line department status analysis focused on layout, department activities, resources and delay causes, we initially addressed the production flow conducting an optimization study by means of activities sequence definition through PERT method. We then analyzed the layout proposing a more efficient areas and resources management and starting an industrialization business related to some tools with the goal of a work performance maximization and a more ergonomic, ordered and safe working environment.

Keywords: Helicopters, Layout, Planning, Delays, Flows, Industrialization.

Capitolo 1

Introduzione

Molteplici sono gli argomenti trattati in questo lavoro di tesi: dall'analisi delle risorse, alla pianificazione delle attività, all'ottimizzazione dei flussi e del layout, per finire con uno studio di industrializzazione, il tutto volto ad ottenere un maggior rendimento del lavoro, in termini temporali e finanziari, e un sempre crescente successo dell'azienda.

L'attività di stage è stata condotta nello Stabilimento AgustaWestland di Vergiate, per un periodo di sei mesi, durante i quali si è lavorato sulle tematiche sopra citate, nell'ambito del reparto Linea Volo.

Per iniziare, si offre una panoramica storico-culturale dell'azienda e delle macchine sulle quali si è operato.

1.1 *AgustaWestland S.p.A.*

AgustaWestland, società Finmeccanica leader mondiale nel mercato dei velivoli a decollo verticale, nasce dalla fusione dell'esperienza e delle risorse dell'italiana Agusta S.p.A. con l'inglese Westland Helicopters Ltd.

Era il 1907 quando Giovanni Agusta, fondatore dell'omonima azienda, effettuò il primo decollo con un velivolo autocostruito: l'aliante AG1. La sua attività prosegue mentre sul panorama aeronautico italiano si vede la nascita della Caproni nel 1910 e, soli 5 anni dopo, della SIAI, Società Idrovolanti Alta Italia. Nel 1921, Agusta apre tre officine per la manutenzione di aeroplani, dopo aver lasciato la Caproni. Due anni più tardi, nel 1923, trasferisce le sue attività a Cascina Costa di Somarate, attuale sede della compagnia, proseguendo progetti e produzione di velivoli ad ala fissa.

Nel 1927, a soli 48 anni, muore Giovanni Agusta e la direzione dell'azienda passa alla moglie Giuseppina Torretta e al primogenito Domenico. Le attività proseguono fino al 1945 quando, con la fine della guerra, per ordine degli alleati, la produzione di aerei viene vietata. È in questo anno che Domenico Agusta, fonda la MV (Meccanica Verghera) Agusta per la produzione di motocicli, vincitrice di titoli mondiali negli anni a seguire.

Nel 1950 viene sospeso il divieto di produzione di aeromobili e solo due anni dopo l'Agusta firma un accordo con la compagnia americana Bell e da essa acquista la licenza per la produzione dell'elicottero AB47.

Il 24 maggio del 1954 vola il primo elicottero AB47G che vede da subito un grande successo, vendendo 100 esemplari nei due anni successi-

vi. Inizia così l'attività di Agusta S.p.A. nel mercato del volo a decollo verticale.

A partire dal 1958 inizia la costruzione propria di elicotteri Agusta, a cominciare dai prototipi A101, A103, A104, A105 e A106. Le attività dell'azienda procedono negli anni Sessanta e vedono siglati vari accordi con società elicotteristiche americane (Bell, Sikorsky e Boeing).

Nel 1961 iniziano gli studi per il progetto e la produzione dell'A109, tutt'ora in produzione presso AgustaWestland. Nel frattempo si sta costruendo la Elicotteri Meridionali (EM) a Frosinone, per la produzione del CH47.

Il 'Signor Domenico' muore nel 1971, lasciando al fratello Corrado la direzione della compagnia. Nello stesso anno, il 4 agosto, l'A109 effettua il primo volo. Solo 3 anni dopo, nasce il Gruppo Agusta e inizia la collaborazione con Westland per la progettazione e costruzione dell'EH101. Nel 1975 il prototipo A109 diventa oggetto di produzione a tutti gli effetti. Il 1977 vede la chiusura dell'attività agonistica e produttiva della MV. L'anno successivo inizia lo studio dell'A129 'Mangusta', su commissione dell'Esercito Italiano, che vede il primo volo nel 1983. Proseguono intanto i contratti con le aziende partner.

Nel 1985 viene firmata la cooperazione con la olandese Fokker e la Eurocopter francese e tedesca per il programma NH90. *AgustaWestland* entra a far parte del Gruppo Finmeccanica nel 1994 e solamente 3 anni dopo inizia lo studio dell'A139, destinato a sostituire l'AB205, l'AB212, l'AB412, e l'anno seguente viene firmato l'accordo con Bell per lo sviluppo del convertiplano BA609 insieme all'A139 che diventa AB139. Nel 2003 viene effettuato il primo volo del convertiplano e l'AB139 ottiene il certificato di omologazione.

Il 2004 vede la nascita di AgustaWestland dalla vendita al Gruppo Finmeccanica di Westland da parte del gruppo inglese GKN e si crea il polo aeronautico primo al mondo. Nel 2006 l'AB139 diventa AW139, attuale denominazione, in seguito al ritiro dal progetto della francese Bell Helicopter.

Nel 2007, a cento anni dalla fondazione, *AgustaWestland* festeggia il Centenario, vantando la sua presenza in oltre 80 Paesi con circa 9000 dipendenti.

L'azienda vanta i suoi Centri di Eccellenza produttivi in Italia (Vergiate, Cascina Costa di Somarate, Anagni, Frosinone, Brindisi, Benevento), nel Regno Unito (Yeovil) e negli Stati Uniti d'America (Arlington e Philadelphia), senza tralasciare altre sedi nel mondo e le collaborazioni con la Cina, la Russia, gli Emirati Arabi e, recentemente, con la Turchia e la Libia. Il suo successo sul mercato mondiale è dovuto ad abilità e capacità industriale

coltivate negli anni che permettono di gestire e controllare il ciclo produttivo, congiuntamente ad un sistema di qualità che assicura la conformità della macchina alle innumerevoli norme aeronautiche internazionali, civili e militari e alle esigenze del Cliente.

Attualmente, *AgustaWestland* dispone della più vasta gamma di elicotteri di uso civile, militare, o per la difesa, di svariate classi di dimensioni e pesi. Si passa infatti dal monomotore di 2.5 tonnellate al trimotore da 16 tonnellate, con tecnologie di ultima generazione, sempre più avanzate e protese a una sempre maggiore sicurezza del volo. Se accanto a questo ampio scenario si considera la possibilità che l'azienda offre ai propri clienti di un'ampia personalizzazione della macchina, è facile intuire il motivo che ha spinto a definire *AgustaWestland* 'leader mondiale nel mercato elicotteristico'.

1.2 AW109

Una tra le più 'piccole' macchine prodotte da *AgustaWestland*, nella classe 'light', è l'*AW109*. Esso ha segnato per l'azienda, negli anni '70, una svolta economica e d'immagine così importante che ancora questo modello è prodotto, studiato e ammodernato per renderlo sempre competitivo e all'avanguardia e, ad oggi, risulta di gran lunga il più venduto. Vede fondamentalmente 3 versioni di cui 2 civili (*AW109 Power* e *Grand New*) e 1 militare (*AW109 LUH*)

AW109 Power

L'*AW109 Power* (figura 1.1) è una macchina bimotores, che offre un elevatissimo livello di prestazioni per mercati sia civili che militari, garantendo un ottimo rapporto qualità-prezzo. La flessibilità di questa macchina consente di svolgere svariate attività di trasporto VIP o executive, offshore e servizi medici di emergenza, nonché missioni di sorveglianza e di pattugliamento per le forze di polizia. A detta dei piloti, l'*AW109 Power*, per le sue prestazioni e la sua affidabilità che caratterizzano l'elevata flessibilità di missione, è una macchina molto apprezzata anche grazie alle elevate velocità che può raggiungere.

Certificato per un solo pilota in volo IFR, può eseguire decolli di 'Categoria A' da elisuperfici elevate senza dover ridurre il carico pagante, nel rispetto delle norme europee relative alla 'Classe 1' della tabella delle prestazioni.

Il sistema propulsivo monta due motori *Pratt & Whitney* o *Turbomeca* ed è controllato da un FADEC (Full Authority Digital Engine Control) che

garantisce massima sicurezza e affidabilità. Per quanto riguarda infine il sistema avionico e di comando, grazie alle tecnologie di ultima generazione, è possibile osservare una riduzione al minimo del work-load del pilota, anche grazie ad un glass-cockpit digitale composto da 6 display LCD e computer di bordo cui è affidata la funzione di controllo anche in caso di emergenza.



Figura 1.1: AW109 Power

Grand New

Il *Grand New* (figura 1.2) è la generazione successiva al modello Grand, e fa il suo ingresso sul mercato con un nuovo glass-cockpit digitale e una fusoliera in materiale composito. Il Chelton FlightLogic™ Synthetic Vision EFIS, insieme a un doppio pilota automatico digitale su 4 assi, permette ai piloti di volare con una 'situational awareness' e una capacità di conduzione del volo mai raggiunte prima.

Progettato servendosi delle più avanzate tecnologie, il *Grand New* offre elevata funzionalità ad alte prestazioni, una cabina più spaziosa e un basso impatto ambientale. Si posiziona ai primi posti nella sua categoria per l'elevata versatilità nel ricoprire una vasta gamma di ruoli, mantenendo i costi relativamente bassi e tipici della categoria 'twin light'.



Figura 1.2: Grand New

AW109 LUH

La versione militare di questo modello (figura 1.3) è l'*AW109 LUH* (Light Utility Helicopter). Anche questa macchina si afferma come best-seller nel mercato elicotteristico militare, in grado di soddisfare ad una vasta gamma di operazioni.

È un elicottero robusto e dotato di una struttura in grado di offrire una buona difesa agli attacchi. Equipaggiato con sistemi ridondanti, offre inoltre una elevata resistenza all'impatto per la massima sicurezza e sopravvivenza.

Gli apparati avionici comprendono, anche su questa macchina, un cockpit digitale composto da 3 monitor LCD e un AFCS (Automatic Flight Control System) digitale a 4 assi.

I sistemi aggiuntivi tipici di missioni a carattere militare, montano un Mission Package (MEP) comprensivo di avionica per il volo strumentale certificato IFR fino a due piloti e di un elevato numero di apparati e sensori per l'attacco e la difesa. Tale ricchezza di strumentazione rende l'*AW109 LUH* un vero elicottero multiruolo, in grado di svolgere una innumerevole quantità di operazioni, a partire da semplici missioni tipiche degli elicotteri più leggeri tra cui la formazione, il trasporto truppe, l'evacuazione medica, le operazioni di ricerca e soccorso, il pattugliamento marittimo, la scorta armata, fino a missioni più impegnative che vedono

la macchina equipaggiata con baccelli per razzi, baccelli per mitragliatrici, mitragliatrici montate a bordo, missili anti-carro e missili aria-aria.



Figura 1.3: AW109 LUH

Nato negli anni '70, l'AW109, nei suoi vari modelli, tutt'oggi vanta un elevato numero di ordini grazie alla continua evoluzione e miglioria dell'aerodinamica e dei sistemi di bordo che ne fanno un elicottero versatile, elegante e all'avanguardia nel mercato mondiale.

1.3 AW139

L'elicottero AW139 (figura 1.4) è una macchina bimotore a turbina, di nuova generazione, nella classe *'intermediate'*. Progettato per svolgere missioni multi-ruolo, caratterizzato da una elevata flessibilità di operazioni, può trasportare fino a 15 passeggeri, grazie alla sua cabina di dimensioni e comfort elevati, volando a velocità superiori alla media attuale delle macchine concorrenti.

All'interno della classe media dei bimotori, l'AW139 offre una riserva di potenza ben superiore agli elicotteri della stessa classe e rispetta tutti i più restringenti requisiti emanati dalle Autorità Aeronautiche. Montando un sistema avionico completamente integrato, di nuovissima generazione, con una interfaccia glass-cockpit composta da 4 display LCD, permette performance elevate in termini di pilotaggio e conduzione di missioni sia

civili che militari, diminuendo il work-load del pilota e aumentando, nello stesso tempo, la sicurezza del volo.

L'AW139 presenta svariate configurazioni e un livello di personalizzazione particolarmente elevato, per soddisfare anche le più difficili esigenze del cliente. Sono presenti, infatti, configurazioni civili per trasporto off-shore, per trasporto VIP o executive e per attività di ricerca e soccorso, e configurazioni militari, per operazioni di vario genere nell'ambito militare vero e proprio e per attività delle forze di polizia o guardia di finanza. Entro queste configurazioni che l'azienda propone, tuttavia, una elevata molteplicità di apparati possono essere installati a richiesta dell'acquirente. Tutto questo, se da una parte porta complicazioni a livello di gestione della produzione legate al fatto che ogni macchina è 'unica' nel suo genere, d'altra parte porta grande soddisfazione dei sempre maggiori clienti di *AgustaWestland*.

Per tali motivi, questo elicottero si è rilevato essere il punto di riferimento nella sua categoria. Ad oggi vede la realizzazione di oltre 300 esemplari e molti ordini, firmati da clienti provenienti da più di trenta Paesi in tutto il Mondo, ancora in produzione.

Di questa macchina, come dell'AW109, lo Stabilimento di Vergiate ha in carico l'assemblaggio finale e la preparazione per la consegna al cliente, comprese le attività di volo per il collaudo dell'elicottero stesso.



Figura 1.4: AW139

1.4 Obiettivi

Gli obiettivi che ci si pone in questi mesi di stage presso *AgustaWestland*, riguardano l'analisi delle attività successive al Montaggio Finale (di seguito indicato anche con MF) e di competenza del Reparto LInea VOlo (di seguito LIVO), vale a dire i test avionici, l'allestimento degli arredi, la verniciatura e le prove in volo prima della consegna al cliente.

Nel dettaglio, gli incarichi che sono stati assegnati come 'milestones' durante il periodo di lavoro possono essere così schematizzati:

- Analisi dello stato attuale del reparto LIVO, con particolare attenzione sia al layout, che alle risorse, che ai flussi di produzione, identificando le attività svolte e valutandone i vincoli di sequenzialità
- Reperimento ed analisi delle cause di ritardo, con riferimento ai Registri Ritardi Lavoro (RRL) compilati e ai 'Verbali di avanzamento delle attività in LIVO', confrontando i tempi teorici con quelli reali
- Ottimizzazione del flusso teorico, a partire dall'analisi di consequenzialità delle varie operazioni, in relazione ai tempi assegnati dai metodisti per le singole attività e alle risorse disponibili in reparto
- Ottimizzazione del layout, ai fini di una miglior gestione delle risorse, soprattutto materiali, e delle macchine stesse
- Studi di industrializzazione per i reparti MF e LIVO, per predisporre il sistema produttivo a nuove produzioni mediante miglioramenti relativi, in modo particolare in questa sede, alle attrezzature.

Queste attività sono state svolte nell'ordine sopra presentato, partendo cioè da una analisi che vuole essere una familiarizzazione col mondo *AgustaWestland*: un mondo che, per dimensioni e complessità, si è rivelato essere inizialmente difficile da approcciare ma nello stesso tempo moderno e all'avanguardia sotto tutti i punti di vista che concernono la produzione aeronautica a livello mondiale.

Ci si è dovuti avvalere di competenze in svariati campi anche non prettamente aeronautici, fra cui quello statistico, per l'analisi dei ritardi e delle perturbative caratterizzanti i flussi e i tempi di produzione, e quello gestionale, per l'organizzazione delle risorse e lo studio dei flussi produttivi ottimali. Per quanto riguarda, invece, la valutazione delle varie attività e la loro sequenzialità si è utilizzato il metodo PERT, grazie al quale risulta possibile, dato un elenco di attività, trovarne i vincoli logici e tecnologici e, dati i tempi e le risorse assegnati per ogni attività, risalire ai tempi di

permanenza della macchina in reparto e fare una stima della saturazione delle risorse.

Il fine ultimo per cui si è operato è stato quello di ottenere una organizzazione delle risorse, dei materiali e degli spazi che permetta tempi di lavorazione e disponibilità di personale minimi, congiuntamente ad un aumento del volume di produzione.

Si può quindi identificare l'obiettivo ultimo di questo stage nella definizione, come già stato fatto in questi anni per la linea MF (Montaggi Finali), di una sequenza logica delle attività e una configurazione di layout che permettano un risparmio in termini temporali ed economici nonché in termini di risorse, sia umane che materiali.

Capitolo 2

Stato attuale LIVO

Nel corso degli anni, grazie all'esperienza maturata in ambito manifatturiero e industriale dall'azienda, molteplici modifiche sono state apportate alla gestione dei vari reparti sia in termini di spazi che di personale. Il rapido evolversi delle tecnologie e la conseguente necessità di inseguire l'innovazione per rafforzare la competitività, hanno spinto *AgustaWestland* a intraprendere numerosi studi di industrializzazione che le permettessero di affermarsi ai primi posti nella classifica mondiale del mercato elicotteristico. L'immagine che l'azienda ha saputo creare di sé, ha portato molti clienti a preferirla, anche grazie all'attenzione che *AgustaWestland* stessa riserva ai suoi acquirenti.

Tutto questo è stato, ed è tutt'ora, in stretta correlazione con un importante aumento della domanda che, negli anni, ha portato a cercare sempre nuove combinazioni tecnologico-organizzative che permettano di ottenere vantaggi, in termini di costi e di qualità, e di usare tali vantaggi per sopravanzare i competitori. Da qui la decisione dell'azienda di presentare ai clienti i suoi prodotti caratterizzati da un elevato grado di personalizzazione, in modo da poter costruire macchine 'su misura' del committente e sempre all'avanguardia.

Questo ha portato l'impresa a modificare col tempo l'organizzazione interna e, insieme con essa, le modalità operative e le logiche gestionali, al fine di ottenere un prodotto competitivo sotto ogni punto di vista.

Nel presente capitolo viene presentato lo stato attuale del reparto LIVO (Linea VOlo), uno dei tanti reparti presenti nello Stabilimento di Vergiate. Si noti che tutto quanto riportato fa riferimento all'organizzazione attiva attualmente in questa sede.

2.1 Organizzazione layout

Definito come la formalizzazione dello studio della disposizione dei reparti e dei servizi in un'impresa, il layout industriale è il risultato di uno studio ingegneristico che mette a confronto diverse configurazioni. Gli obiettivi primari che si vogliono inseguire riguardano principalmente una ottimizzazione degli spazi, in modo da velocizzare i trasferimenti di materiale e di persone, garantendo una vicinanza tra reparti, o tra zone di reparto, tra le quali è presente una significativa relazione in termini di operazioni da svolgere (dettagli maggiori in [1]).

Per avere una veduta d'insieme dello Stabilimento di Vergiate e della locazione dei reparti di cui si è finora parlato, si faccia riferimento alla piantina in figura 2.1. Come si nota, i capannoni dedicati al montaggio finale e alla linea volo sono adiacenti. In particolare, nella metà degli edifici esposta a nord (a destra in figura 2.1) si lavora all'AW139, mentre nella parte a sud si opera sull'AW109.

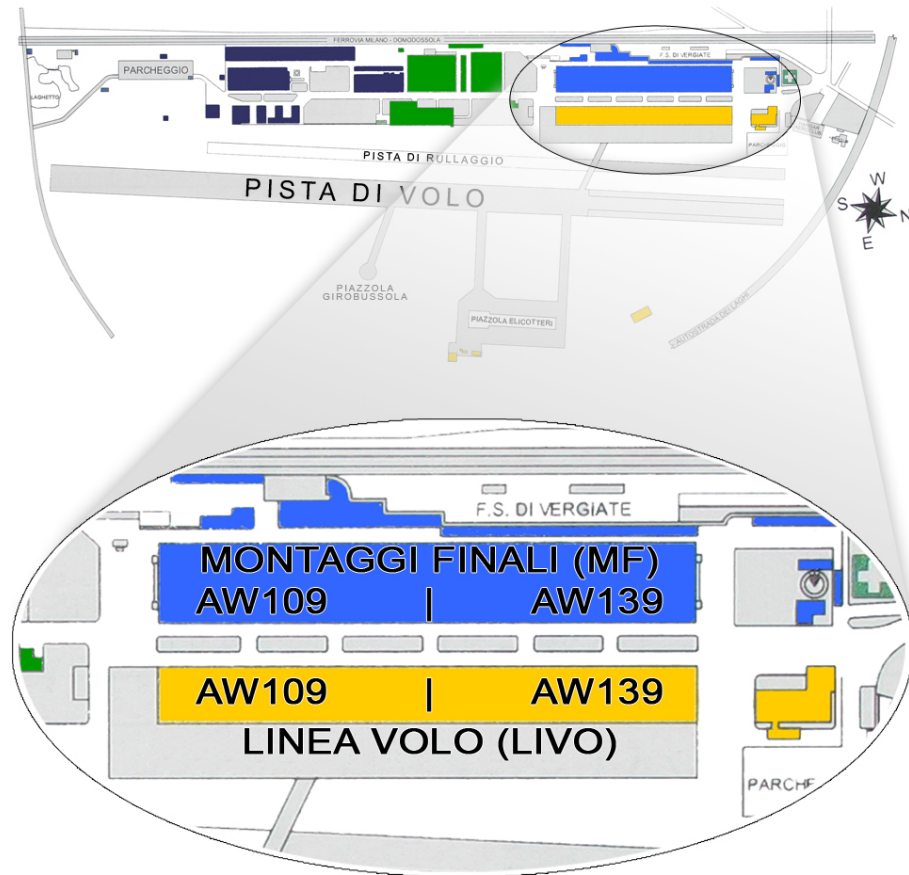


Figura 2.1: Piantina dello stabilimento di Vergiate

Negli anni scorsi *AgustaWestland* ha condotto uno studio approfondito relativo al layout dell'impianto, in particolare modo dall'entrata in produzione del modello AW139, per il quale è stata rivista la disposizione delle attrezzature e l'organizzazione degli spazi del reparto MF, che vede attualmente una serie di stazioni in sequenza, ognuna delle quali si occupa di determinate installazioni. Sono state definite cioè delle 'flow-line' (linee di flusso) che, partendo dal centro del capannone MF, si sviluppano verso le estremità, ove arrivano pronte per il passaggio in LIVO.

Nel reparto LIVO il layout è profondamente differente in quanto, non essendo state ancora definite alcune linee di flusso, presenta diverse stazioni con la medesima configurazione, indipendenti fra loro e grandi a sufficienza per permettere lo stazionamento di un elicottero senza interferenza con quelli adiacenti.

2.1.1 Layout AW139

La parte più a nord del capannone LIVO è riservata al montaggio dell'elicottero AW139 (figura 2.1).

Come da disegno

Separato dalla parte a sud (hangar dedicato all'AW109) da locali tecnici e da un piccolo magazzino in loco, l'area è divisa in due parti, ciascuna delle quali dispone di sei postazioni disposte su due file (una lato pista e una ad essa posteriore), secondo il layout definito dall'ingegneria della produzione (vedi figura 2.2).

Si osserva da subito che undici piazzole sono tutte della medesima dimensione e configurazione, mentre una risulta di dimensioni inferiori e presenta una configurazione differente (si noti la presenza di servizi e scale che occupano parte dell'hangar). In quest'ultima area è prevista, da disegno, la sistemazione di un elicottero ancora privo di pale, per motivi di spazio e di manovrabilità della macchina stessa.

Osservando nel particolare la composizione di una postazione, si può notare che le attrezzature principe che devono essere presenti per svolgere tutte le operazioni prescritte sono (con riferimento alla figura 2.3, in senso antiorario partendo dall'alto a sinistra):

- carrello porte
- carrello parti rimosse
- piattaforme con scale di accesso per interventi sulla parte superiore dell'elicottero
- armadio per ATP e prove avioniche
- carrelli operatore dotati di tutti gli attrezzi necessari
- banco elettrico
- *scrivini* con tabellone, dove sono riportati i piani operativi della macchina, le pianificazioni operativi, la lista dei difetti e il registro ritardi lavoro (indicazioni dettagliate in merito sono riportate nel capitolo 3)

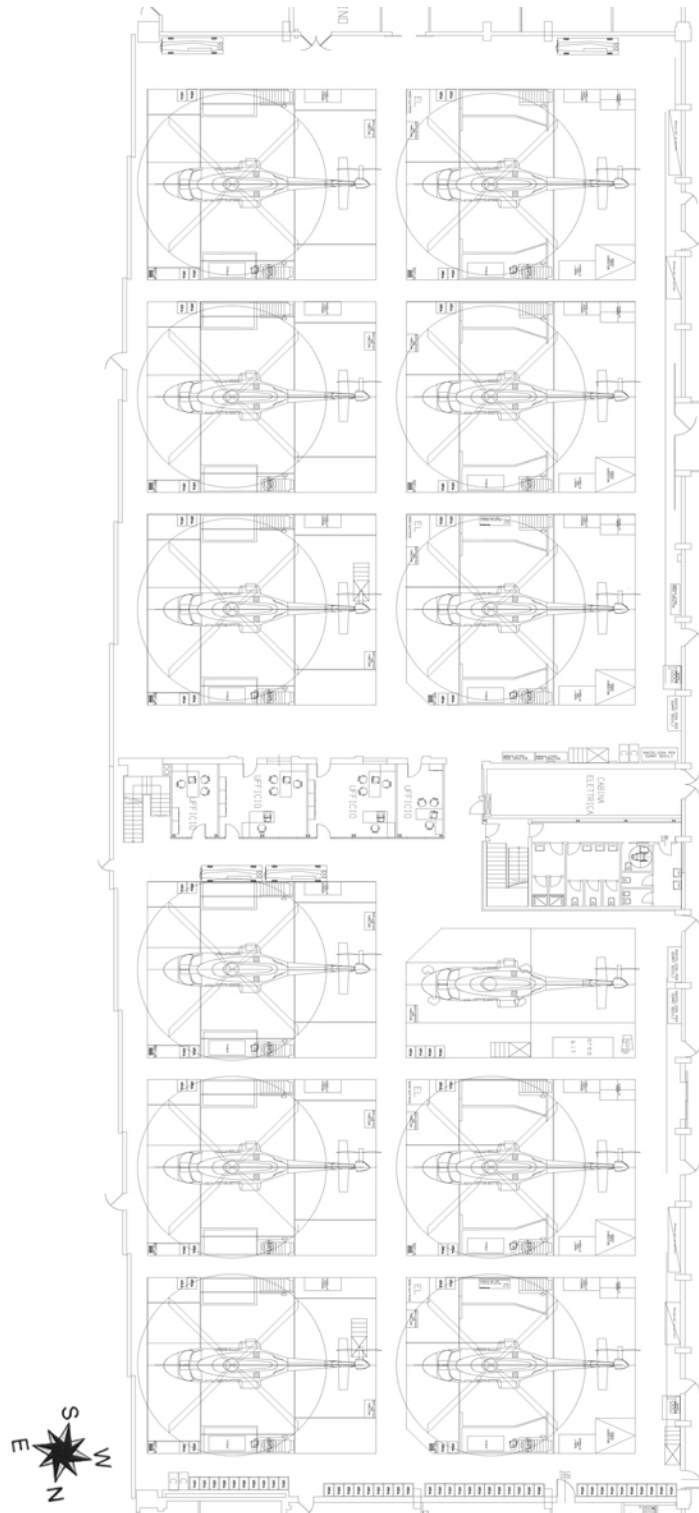


Figura 2.2: Layout reparto LIVO - AW139

- supporti per rotoli di carta
- tavolo
- aspiratore
- bidone immondizia
- carrello liners
- armadi porta carenature.

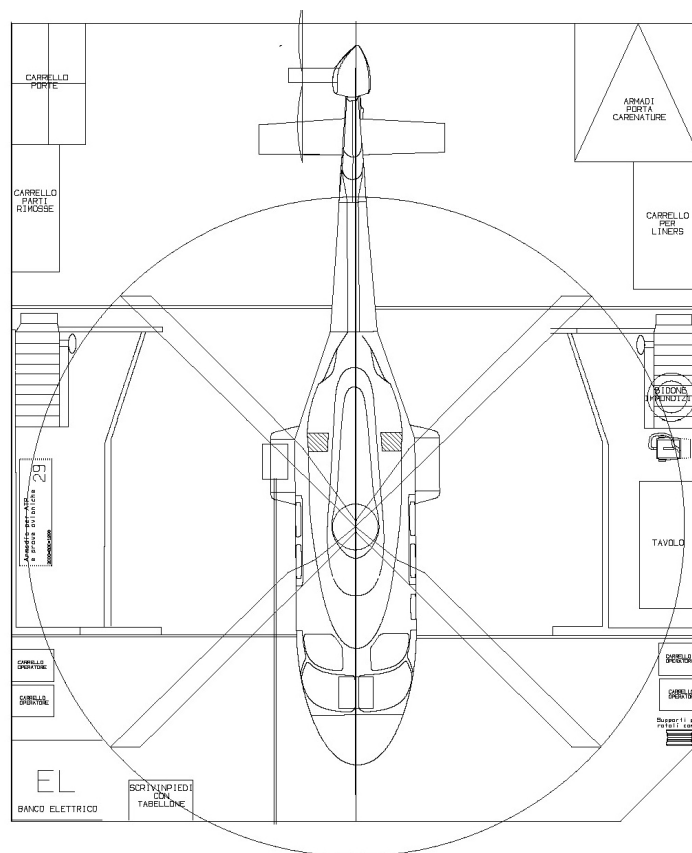


Figura 2.3: Layout reparto LIVO - AW139 (particolare)

Sulla pavimentazione, per facilitare la dislocazione dei vari attrezzi, è riportato il disegno del layout, completato da targhette riportanti le denominazioni delle varie attrezzature. In questo modo, risulta ordinato l'intero reparto e, soprattutto, è possibile avere un risparmio in termini di tempo di lavoro avendo a disposizione sul posto i principali mezzi necessari alle varie attività.

Sul perimetro del capannone sono inoltre posizionati

- *rack* adibiti allo stivaggio delle protezioni¹
- cassettiere per la minuteria
- carrelli apposti per lo stivaggio e la movimentazione delle pale del rotore principale²
- rastrelliere per lo stivaggio dei sedili officina, utilizzati per le prime prove di volo, quando ancora l'arredamento ultimo non è installato.
- altre attrezzature (ad esempio, banchi idraulici) di cui, per motivi di costo o di utilizzo saltuario, non è opportuno dotare ogni piazzola.

Nella zona centrale, a dividere le due aree, vi sono gli uffici nei quali vengono svolte attività di programmazione, di gestione delle risorse, di coordinamento delle squadre di lavoro, di certificazione dei vari componenti e del velivolo completo per il volo.

Nella parte anteriore del capannone (fronte pista di volo) è installato un carro ponte in grado di servire la sola fila anteriore di elicotteri. Questo è un aspetto limitante, in quanto vincola lo svolgimento di determinate operazioni, comprendenti la movimentazione di componenti di peso rilevante (una fra tutte l'installazione delle pale del rotore principale), in questa zona.

Utilizzo attuale

L'utilizzo attuale dello spazio a disposizione rispecchia fedelmente quanto proposto a disegno. Tuttavia la piazzola più piccola vede lo stazionamento anche di elicotteri con le pale montate. Questo significa che, seppure in termini dimensionali risulti possibile, il manovrimento richiede una maggior attenzione per non causare danneggiamenti alle pale stesse che possono impattare sui muri nelle vicinanze.

Al momento, l'utilizzo delle piazzole avviene in modo aleatorio. Se si considera che per diverse operazioni la macchina deve essere movimentata presso zone distanti dal capannone LIVO per motivi di sicurezza, al momento del rientro in hangar essa viene posizionata nella prima piazzola libera, senza seguire alcun piano di disposizione preciso. Questo,

¹Per protezione si intende una copertura appositamente studiata e utilizzate per riparare componenti particolarmente fragili e non immediatamente visibili durante la movimentazione dei velivoli

²Vengono stivate qui solo le pale del rotore principale, in quanto quelle del rotore di coda sono installate sull'elicottero già nel reparto MF

come si vedrà in seguito, è una delle cause principali di ritardo sui flussi produttivi.

Inoltre, non sempre viene rispettato il disegno delle piazzole a terra e, spesso, la disposizione delle varie attrezzature avviene secondo criteri personali di comodità, senza rispettare il layout definito, procurando così disordine e diminuzione dello spazio libero a disposizione, nonché un prolungamento dei tempi necessari alla riorganizzazione delle postazioni e all'approvvigionamento del materiale di consumo necessario allo svolgimento delle singole attività.

2.1.2 Layout AW109

La parte rivolta a sud del capannone LIVO (vedi figura 2.1) è dedicata alla produzione dell'AW109.

Come da disegno

A differenza dell'AW139 appartenente alla classe 'intermediate', l'AW109 figura nella classe 'light' e presenta quindi dimensioni inferiori. Per questo motivo, essendo il capannone ad esso dedicato di dimensioni pari a quello di cui sopra, la collocazione delle macchine è differente e, soprattutto, posizionando un numero di elicotteri pari a quello del caso dell'AW139, resta a disposizione la zona più a sud dell'edificio, che viene adibita alla consegna degli elicotteri ai clienti (il layout completo è riportato in figura 2.4).

La metà settentrionale dell'hangar vede la sistemazione di otto elicotteri, disposti su due file (una lato pista e una ad essa posteriore). Date le dimensioni della macchina, gli uffici sono collocati posteriormente rispetto alle macchine, ove sono presenti anche piccole officine per lavorazioni rapide in loco. Le piazzole presentano una configurazione diversa rispetto a quelle dell'AW139. In questo caso (vedi figura 2.5), si è deciso di far coincidere la parte compresa tra una postazione e quella a fianco, ottenendo così un guadagno in termini di spazio e di attrezzature, ma un lieve peggioramento dell'efficienza qualora serva lo stesso attrezzo nelle due piazzole adiacenti. Tuttavia, si è preferito agire in questa direzione in quanto si è ritenuto più importante sistemare otto elicotteri piuttosto che solo sei elicotteri su piazzole completamente indipendenti. In questa parte di fabbricato è inoltre installato un carro ponte che serve le quattro macchine più a sinistra nella figura 2.4, mentre sulle due macchine adiacenti a queste ultime, verso destra, è installato un argano in grado di muoversi solamente in direzione E-W. Le uniche macchine su cui non è possibile operare mediante sistemi di sollevamento dall'alto, sono le due più a nord (figura 2.4).

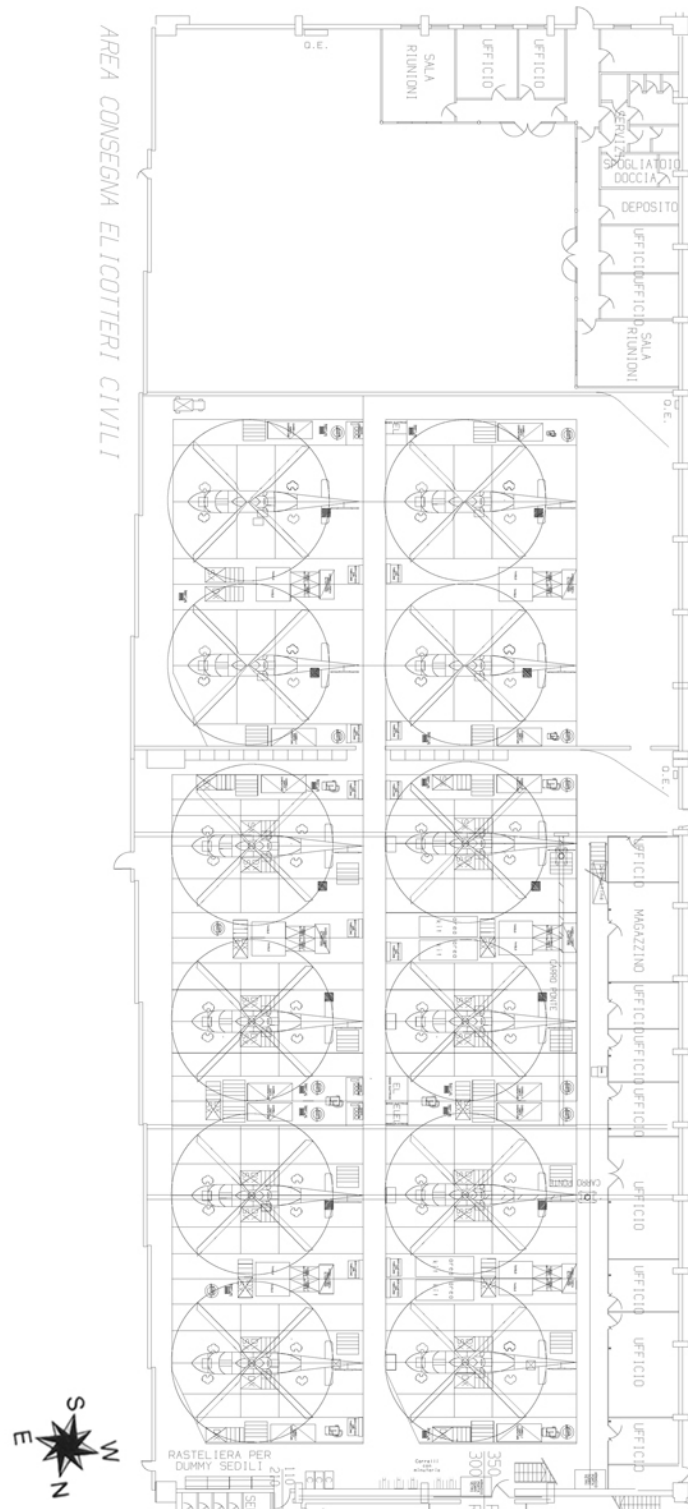


Figura 2.4: Layout reparto LIVO - AW109

L'altra metà del capannone, quella più a sud, è a sua volta suddivisa in due parti: una dedicata ancora al montaggio dell'AW109, l'altra invece dedicata alla consegna degli elicotteri ai clienti. La prima presenta quattro postazioni analoghe a quelle sopra descritte, mentre nella seconda vi sono alcuni uffici che gestiscono l'organizzazione commerciale dell'azienda e una grande sala dove vengono rimessi gli elicotteri finiti e dove si svolgono le cerimonie all'atto della consegna della macchina al cliente.

Entrando nel merito di una descrizione più dettagliata della singola piazzola, si faccia riferimento alla figura 2.5 (si legga la figura in senso antiorario partendo dall'alto a sinistra). Le attrezzature in gioco in questo caso, considerando che alcune sono in comune su piazzole adiacenti, sono:

- *scrivini* con tabellone con indicazioni relative ai flussi operativi della macchina e ai suoi difetti
- carrello porta protezioni (uno solo per due postazioni vicine)
- carrello porta materiali
- tavolo
- scalette e piattaforme per operare sulla macchina
- carrello porta carenature
- supporti per la carta
- bidone immondizia
- aspiratore
- banco idraulico

All'esterno delle singole piazzole, sul perimetro del capannone, sono sistemate

- le attrezzature che richiedono un utilizzo saltuario o un impegno economico troppo elevato da poter essere sistemate su tutte le postazioni
- le rastrelliere per lo stivaggio dei sedili
- le cassettiere per la minuteria
- i carrelli per le pale
- gli scaffali per il posizionamento temporaneo di vari componenti in attesa di installazione.

Utilizzo attuale

Attualmente lo spazio a disposizione è utilizzato secondo i criteri dettati dall'ingegneria della produzione. L'unica discordanza è relativa all'utilizzo delle quattro piazzole più a sud. Per motivi legati al volume di produzione, non si sistemano solo quattro elicotteri come da disegno, ma si posizionano fino a sei elicotteri a spina di pesce. Si tenga presente, tuttavia, che questo è possibile in quanto si demandano a questa area le ultime operazioni precedenti la consegna dell'elicottero, vale a dire interventi di rifinitura o comunque di piccola entità, per i quali le attrezzature e gli spazi necessari non sono eccessivi.

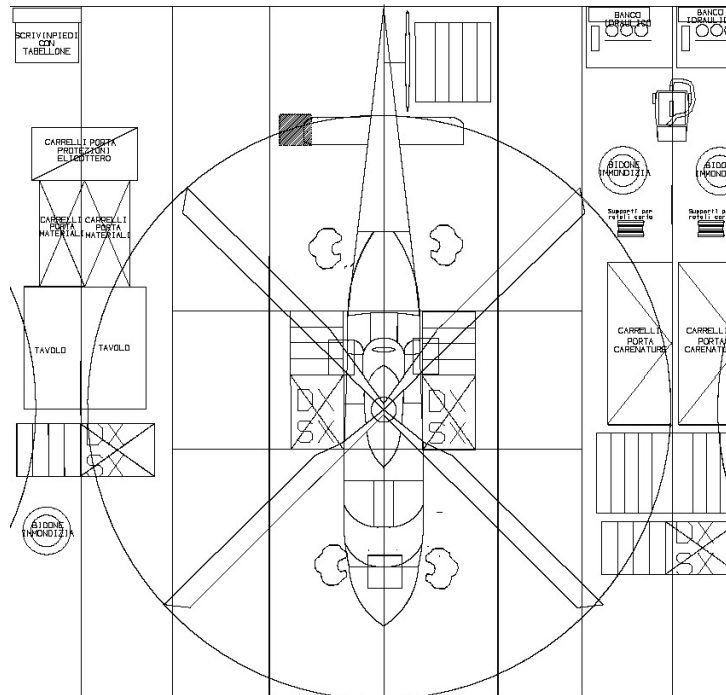


Figura 2.5: Layout reparto LIVO - AW109 (particolare)

Anche in questo caso, come per l'AW139, si ha un utilizzo delle postazioni legato al caso. Inoltre, come prima descritto, anche qui non sempre viene rispettata la disposizione delle attrezzature definita a layout, con conseguente disordine e possibilità di ritardi sui cicli di assemblaggio.

2.2 Organizzazione risorse

L'organizzazione e la gestione delle risorse svolge un ruolo fondamentale all'interno di una azienda, piccola o grande essa sia.

L'impatto che queste logiche gestionali hanno sull'economia di una impresa è notevole, se si considera che il termine 'risorse' comprende tutto quanto concerne la produzione, a partire dal *know-how* e dall'*immagine* che l'azienda ha sul mercato, fino agli edifici e agli impianti a disposizione, nonché le materie prime, i lavoratori, le attrezzature e, non ultimo, il personale operativo nei diversi reparti.

2.2.1 Gestione della produzione industriale

La gestione delle risorse rientra nel complesso problema della 'Gestione della produzione industriale', disciplina del management aziendale che comprende tecniche e metodologie cui ogni industria si trova a dover fare riferimento in vari momenti della sua vita. Il campo di analisi riguarda infatti tutte le attività che permettono di ottenere flussi di prodotti, dal loro progetto alla vendita.

Tre sono le fasi fondamentali in cui è possibile suddividere il ciclo di produzione di un prodotto:

- progettazione e realizzazione del processo produttivo
- ottimizzazione dei cicli di lavorazione necessari, delle attrezzature e del controllo qualità
- gestione dei piani di produzione, ovvero gestione delle risorse predisposte nelle fasi precedenti

In questo paragrafo si vuole focalizzare l'attenzione sulla terza fase. Essa può essere definita come quell'insieme di attività che permettono la generazione degli ordini di produzione, l'assegnazione del lavoro alle varie unità produttive, la definizione delle risorse necessarie e il sequenziamento delle singole operazioni da svolgere.

Appare da subito evidente come tutte queste attività, in una azienda che conta migliaia di dipendenti e una produzione elevata in campo manifatturiero, comportino l'insorgere di numerose complicazioni, anche legate alla presenza di un elevato numero di variabili e vincoli che, se non gestiti in modo ottimale, possono influenzare negativamente anche la redditività dell'azienda.

Il problema globale della programmazione della produzione è suddivisibile nelle seguenti fasi:

- *pianificazione di lungo periodo*: intesa come definizione di un budget di produzione, fornisce una stima di quanto si dovrà produrre e di quante risorse sono necessarie. Il periodo di riferimento per questa attività è tipicamente l'anno.
- *pianificazione di medio periodo*: ha come obiettivo la formulazione di un piano produttivo che definisca, per ogni famiglia di prodotti, il volume di produzione. In questa fase, si considera un orizzonte temporale semestrale.
- *pianificazione di breve periodo*: altrimenti detta programmazione operativa, si occupa dell'allocazione delle risorse e del sequenziamento delle singole attività (è quella cui si fa riferimento in modo particolare in questa tesi), con riferimento alla settimana o, addirittura, al singolo giorno.
- *controllo della produzione*: ha il compito di controllare l'esecuzione dei piani operativi precedentemente definiti e dare un feedback dello stato di avanzamento della produzione. In questa ultima fase il periodo di riferimento possa variare dal singolo giorno al singolo turno di lavoro.

Si può facilmente intuire che, passando dalla prima all'ultima fase l'entità dei vincoli da rispettare aumenta notevolmente e, di conseguenza, la complessità delle logiche gestionali corrispondenti (per ulteriori dettagli si veda [2, cap. 3] e [3]).

In questa sede si fa riferimento in modo particolare alla terza fase, vale a dire la programmazione operativa, e lo si fa per il reparto LIVO in relazione al solo modello AW139.

2.2.2 Risorse umane

Con riferimento alla fase operativa, è stato analizzato il caso *AgustaWestland*, per il reparto LIVO-AW139, ponendo particolare attenzione alle risorse umane, lasciando in secondo piano quindi la trattazione dell'approvvigionamento dei materiali, che verrà studiato come una delle cause principali dei ritardi (capitolo 3).

Avendo definito la programmazione operativa come una fase in cui ci si occupa dell'allocazione delle risorse, nel caso specifico ci si riferisce alla gestione del personale, in riferimento ad un orizzonte temporale che spazia dalla settimana al singolo giorno. In altri termini, si va a valutare la composizione delle risorse e l'organizzazione dei turni di lavoro in reparto.

Composizione del personale

Il personale di reparto è suddiviso per competenze in tre categorie differenti:

- *meccanici*: si occupano delle operazioni legate a montaggio e smontaggio componenti, interventi su componenti idraulici, su motore e trasmissione e su tutto quanto concerne la struttura della macchina, purchè non si tratti di operazioni specifiche di altri settori dell'azienda, quali la verniciatura
- *elettro/avionici*: a loro sono demandate le attività legate all'installazione degli apparati avionici e i relativi test, nonché tutto quanto ha a che fare con l'elettronica di bordo, a partire dai sensori antincendio e di chiusura delle porte, fino alle batterie di alimentazione e quanto da esse dipende.
- *controllo qualità*: il lavoro dei meccanici e degli elettro/avionici è supervisionato dagli addetti al controllo qualità aventi il compito di accertare il corretto svolgimento delle operazioni e il buon funzionamento della macchina e dei suoi componenti, in relazione alle normative aeronautiche vigenti che dettano i criteri secondo cui un elicottero può essere ritenuto 'volabile' oppure no. Si osserva da subito che, in questo ambito, entrano in gioco anche gli addetti alle certificazioni, senza le quali una macchina non può essere vendute al suo acquirente.

In LIVO, le attività che vengono condotte sono di diversa natura e alcune vengono affidate ad aziende esterne che lavorano per *AgustaWestland* oppure sono svolte dal personale di altri reparti. Per quanto riguarda le operazioni di competenza del solo reparto in esame, è possibile quantificare le risorse come riportato in tabella 2.1.

Si osservi, inoltre, che i numeri riportati sono dati da una media calcolata su un orizzonte temporale dilatato, in quanto un riferimento settimanale risultava statisticamente poco significativo. Pertanto, con una media di 76 addetti, si gestiscono tutte le operazioni di reparto su diverse macchine contemporaneamente.

Turni di lavoro

Con una composizione varia, come accennato, è possibile lavorare su più macchine nello stesso tempo, svolgendo tutte le attività necessarie, a patto che il personale venga organizzato in modo efficiente.

Tabella 2.1: Organizzazione risorse LIVO-AW139

Competenza	Operatori	Coordinatori	TOT.
Meccanici	30	5	35
Elettro/avionici	12	1	13
Interinali ^a	14	-	14
Qualità (meccanici)	6	1	7
Qualità (elettro/avionici)	6	1	7
TOT.	68	8	76

^a Gli interinali svolgono, attualmente, attività di meccanici.

Attualmente l'organizzazione delle risorse in LIVO prevede la suddivisione in squadre, composte da una maggioranza di meccanici (le attività di competenza dei meccanici coprono una elevata percentuale della totalità delle operazioni da svolgere) e da elettro/avionici, coordinati da un caposquadra. Una quantificazione media è riportata in tabella 2.2.

Tabella 2.2: Composizione squadre di lavoro

Competenza	Operatori
Meccanici	11
Elettro/avionici	3
Capisquadra	1
TOT.	14 + 1

Si tenga presente che, allo stato attuale, una squadra di queste entità (tabella 2.2) lavora su più macchine contemporaneamente. Risulta infatti controproducente far operare 14 persone nello stesso istante ad una sola macchina. Questo significa che la squadra, a sua volta, viene suddivisa dal caposquadra su più elicotteri. Quest'ultimo, infatti, in accordo con l'ufficio programmazione, ha la possibilità di osservare i piani operativi dell'azienda e organizzare di conseguenza il lavoro degli addetti a suo carico.

Tale gestione, è regolata dagli orari di lavoro e dai turni definiti durante la giornata. L'orario di lavoro prevede tre turni, a partire dalle ore 5:45 fino alle ore 1:30 (in tabella 2.3 sono riportati i turni di lavoro).

L'assegnazione delle squadre ai diversi turni deve rispettare sia norme

Tabella 2.3: Turni di lavoro reparto LIVO

Turno	Orario
1° turno	05:45 - 11:45
2° turno	11:45 - 17:45
3° turno	17:45 - 01:30

di legge vigenti che esigenze proprie dell'azienda. Pertanto, la scelta di organizzare le risorse in squadre tutte equivalenti dal punto di vista delle competenze, permette durante l'intera giornata lavorativa di assolvere a problemi di ogni sorta che possono insorgere sulla macchina, senza interrompere quindi la produzione. D'altro canto, se si fosse organizzata una ripartizione del personale in base a criteri di professionalità, costituendo quindi squadre di soli meccanici o di soli elettro/avionici, è facile comprendere come la gestione delle macchine sarebbe risultata limitata e ritardata. Inoltre, dovendo garantire almeno 12 ore di riposo consecutive ai singoli operai, la scelta della turnazione delle squadre vede il seguente ciclo settimanale: 3° turno - 2° turno - 1° turno. Questo significa che, fatto salvo che il 3° turno non viene effettuato in giorno di Sabato, una squadra che inizia questa settimana effettuando il 2° turno, la settimana successiva dovrà essere presente al 1° turno, per poi passare al 3° turno nella terza settimana, e così di seguito. In tabella 2.4 è riportato uno schema grafico per la turnazione di 3 squadre, a mero titolo esemplificativo.

Tabella 2.4: Turnazione settimanale delle squadre

Turno	Settimana I	Settimana II	Settimana III	Settimana IV
1° turno	C	B	A	C
2° turno	B	A	C	B
3° turno	A	C	B	A

In questo modo l'orario di lavoro è interamente coperto sia in termini di personale fisico, sia in termini di competenze.

Questa organizzazione comprende, in alcuni casi, turni differenti per i responsabili di reparto o di squadra. Infatti, per essi non sempre vale la suddivisione in turni, ma a volte vi è la possibilità che lavorino 'a giornata'. Questo, se da un punto di vista puramente gestionale potrebbe risultare sconveniente in quanto complicante l'ordine dei turni, dall'altro lato risulta vantaggioso per il fatto che la presenza per un numero mag-

giore di ore consecutive in reparto e l'assistenza anche durante il cambio del turno, permettono una continuità maggiore delle operazioni tra turni successivi e, in modo particolare, aumentano la capacità dei capisquadra di coordinare al meglio le attività da svolgere, in base ai piani operativi e alla programmazione dell'azienda.

2.2.3 Risorse materiali e immateriali

Accanto alla gestione delle risorse umane, ricopre un ruolo molto importante anche la gestione di risorse materiali e di risorse comunemente dette immateriali. Per risorse materiali si intende: materie prime, lavorati e semilavorati, attrezzature, impianti e forniture in genere. Le risorse immateriali, invece, comprendono tutto ciò che non è identificabile come risorsa prettamente umana o materiale. Ci si sta riferendo al *know-how* che l'azienda ha acquisito negli anni e all'immagine che essa stessa ha sul mercato, legata al nome, alla reputazione e alla conseguente stima e fedeltà degli interlocutori.

Risorse materiali

Quanto alle risorse materiali, vengono riportate alcune considerazioni di carattere generale, in quanto tale argomento non è stato approfondito come nel caso delle risorse umane e, come accennato, si farà riferimento ad esso nel capitolo 3.

La gestione delle risorse materiali risulta essere particolarmente articolata in quanto deve tener conto di aspetti che non riguardano direttamente *AgustaWestland*. Si devono considerare infatti dinamiche relative ad aziende che, seppur lavorando all'interno dello Stabilimento di Vergiate, sono esterne ed autonome.

Per quanto riguarda il reparto LIVO, in particolare, diverse sono le aziende che concorrono alla fornitura di tutte le risorse materiali necessarie, partendo dalla minuteria e i vari attrezzi fino all'arredamento, ai liners e i vari apparati di bordo. Se per le risorse più economiche (vedi minuteria e attrezzi vari) i problemi sono minimi, per i componenti più costosi, quali gli apparati avionici ed elettronici di bordo, è necessario studiare logiche gestionali ad-hoc che permettano un approvvigionamento 'just-in-time', per evitare immobilizzazioni di capitale. Ulteriori problematiche nascono dalla gestione degli arredi e di tutto quanto va a completare l'interno dell'elicottero: poichè, infatti, i livelli di personalizzazione delle macchine sono particolarmente elevati, ogni elicottero può, potenzialmente, offrire una configurazione di interni differente. Pertanto, per ogni macchina, de-

vono studiarsi componenti su misura, per la lavorazione dei quali sono richieste tempistiche molto variabili.

Tutto questo incide notevolmente sui costi, soprattutto per il fatto che non sempre le dinamiche delle aziende esterne sono note e controllabili.

Nell'arco temporale di presenza in *AgustaWestland*, in cui si è analizzato il reparto anche sotto l'aspetto delle risorse materiali, si è potuto notare che spesso i ritardi nei flussi produttivi in LIVO sono dovuti soprattutto a ritardi nella consegna dei lavorati proprio da parte di queste aziende esterne. La mancanza di forniture, come ovvio, non può che fermare una macchina. Questo porta quindi ad una dilatazione non solo del suo ciclo produttivo, ma può influenzare anche i cicli produttivi di altre macchine.

L'analisi, come accennato, non è stata condotta in modo approfondito. Tuttavia, già da queste poche considerazioni si può capire come il problema della gestione delle risorse materiali risulta tanto più complesso quanto più una azienda ricorre a fornitori esterni per la produzione di componenti che, se prodotti 'in make' comporterebbero un eccessivo aumento di costi.

Risorse immateriali

Poco c'è da dire riguardo al nome *AgustaWestland*. Azienda ormai nota a livello mondiale, è conosciuta per il successo guadagnato in questi ultimi anni grazie ai nuovi modelli di elicotteri prodotti. Di essi, l'azienda possiede il completo *know-how* e di essi ancora si studiano modifiche e migliorie per renderli sempre più competitivi sul mercato. Diversi sono i concorrenti che faticano a rimanere al passo coi tempi e, soprattutto, a rimanere al livello di *AgustaWestland*.

Il mercato elicotteristico è un mercato difficile da gestire, se si considera che spesso gli acquirenti sono forze armate, forze militari o comunque enti per i quali è lo stato a dover muovere grossi capitali. Ancora pochi sono i privati che acquistano un elicottero e pochissimi sono coloro che possono permettersi un elicottero di grandi dimensioni. Nonostante tutto questo, *AgustaWestland* ha saputo eccellere proponendo programmi sempre all'avanguardia e macchine che permettono molteplici tipi di missione.

Come evidente, l'azienda tiene ben stretti questi 'segreti' che l'hanno portata ad essere leader mondiale nel suo campo. Questo ci vieta quindi di dire altro circa le cosiddette risorse immateriali di cui ogni impresa di un certo livello dispone.

2.3 Classificazione attività

Nel reparto Linea Volo ci si occupa di molteplici attività di diversa natura, alcune delle quali sono demandate all'esterno.

Per una migliore organizzazione logistica di reparto, a seguito dello studio effettuato negli ultimi anni per il reparto MF nel quale si sono sintetizzati, per ogni stazione, dei diagrammi di flusso per le varie operazioni, anche in LIVO si è voluto analizzare le varie attività e organizzarle entro una sequenza standard ed efficiente.

Uno studio preliminare era già stato condotto nei mesi precedenti l'attività di stage. Pertanto, a partire da quanto già definito, si sono classificate le varie operazioni di competenza LIVO in

- *macro* attività
- *micro* attività

dove per macro attività si intende una fase di lavorazione della macchina che comprende differenti micro attività.

Tutte queste sono raggruppate in quello che viene comunemente chiamato *verbale della macchina*. Per ogni elicottero, quindi, viene redatto un verbale suo proprio, che raccoglie tutte le Schede di Montaggio e Controllo (SMC) relative a quel velivolo particolare. Poiché l'azienda, nella sua politica commerciale, ha deciso di dedicare ai suoi prodotti un elevato margine di personalizzazione a maggiore soddisfazione del cliente (il modello AW139 vede una percentuale di personalizzazione maggiore rispetto al modello AW109), il verbale è stato suddiviso in due parti:

- verbale *basico*
- verbale *personalizzato*

Il verbale basico raggruppa tutte quelle schede che risultano comuni a tutti gli elicotteri (indipendentemente dalla configurazione³). Il verbale personalizzato raccoglie invece le azioni necessarie all'installazione e ai test di kit che il cliente sceglie di montare a bordo. Ogni configurazione che *AgustaWestland* propone, comprende già dei kit dedicati, composti da apparati utili allo svolgimento delle missioni specifiche per la configurazione stessa. Tuttavia, a queste proposte, l'acquirente può scegliere di apportare modifiche o aggiunte. Tutte queste scelte vengono inserite nel verbale

³A titolo esemplificativo, per il modello AW139 sono state definite diverse configurazioni: Utility, VIP (Very Important Person), EMS (Emergency Medical Services), SAR (Search And Rescue), Governance (in uso a Forze di Polizia).

di personalizzazione della macchina, in base al quale, insieme al verbale basico, viene definito il piano operativo della macchina e, di conseguenza, quello del reparto. Piano operativo che, per quanto detto sopra, è stabilito in funzione del numero di operazioni da svolgere e del tempo che ogni operazione richiede per essere portata a termine.

2.3.1 Macro attività

Le macro attività, definite in base agli studi preliminari svolti negli ultimi anni, sono:

- 1° FASE - *Preparazione alla prima messa in moto*: raccoglie tutte quelle operazioni che risultano necessarie alla prima messa in moto dei motori.
- 2° FASE - *MAP (Messa A Punto) + ATP (Acceptance Test Procedure) + Operazioni pre-verniciatura*: in questa fase vengono effettuati i primi test elettro/avionici e i primi voli al termine dei quali, l'elicottero viene preparato per la verniciatura.
- 3° FASE - *Verniciatura*: è la fase in cui l'elicottero viene trattato e verniciato; è di competenza di TSM⁴.
- 4° FASE - *Rimontaggio + Arredamento*: la macchina ritorna in reparto, viene riassembleata e vengono allestiti gli interni.
- 5° FASE - *Voli + Pesata + Collaudo*: la macchina è pronta per l'effettuazione delle ultime attività di volo e il collaudo prima della consegna al cliente.
- 6° FASE - *Accettazione*: il cliente raggiunge lo Stabilimento di Vergiate per visionare la macchina e, se non vengono trovati difetti, viene consegnata.

Per ognuna di queste macro fasi è possibile, in base ai verbali macchina, stabilire le micro attività in esse contenute. Osservando il verbale basico e alcuni verbali personalizzati, si nota che, essendo le personalizzazioni legate soprattutto ad apparati avionici, le fasi che risentono maggiormente di variazioni in funzione della configurazione saranno la seconda e la quarta, dove sono rischietti installazione e test elettro/avionici dei singoli componenti. Pertanto, in queste fasi le micro attività possono risultare molto diverse a seconda dell'elicottero che si considera.

⁴Dell'azienda TSM si trovano indicazioni in Appendice A

2.3.2 Micro attività

Ognuna delle fasi sopra riportate comprende un numero più o meno elevato di micro attività (la configurazione della macchina gioca un ruolo fondamentale sulla quantità di operazioni da svolgere).

A titolo esemplificativo, in tabella 2.5 sono riportate le singole operazioni relative ad un elicottero che, nel periodo di attività in azienda, è stato seguito con maggiore attenzione: si tratta dell'NC 3****.

Si consideri che quello in tabella 2.5 è puramente un elenco, che non tiene quindi conto di una sequenza logica delle varie attività in quanto, all'inizio dello studio, questa non era ancora stata definita. Questo, come accennato al paragrafo 1.4, risulta essere uno degli obiettivi del lavoro svolto in *AgustaWestland*. Pertanto, ora, l'ordine con cui vengono riportate le micro attività non ha alcun legame con l'ordine con il quale vengono svolte.

Tabella 2.5: Elenco micro attività

Fase	Micro attività	B/P ^a
1° FASE	Pulizia vani per evitare F.O.D.	B
	ATP sistema carburante	B
	Rifornimento oli lubrificanti	B
	Depreservazione motori	B
	Completamento e finiture per LIVO	B
	Prove elettroavioniche LIVO	B
	Installazione pale rotore principale	B
	Bonding rotore principale	B
	Installazione kit equipment rack	B
	Programmazione LCR-100	B
	Allestimento config. green per voli officina	B
	Installazione batterie LIVO	B
	Applicaz. marche temporanee per PTF	B
	Dotazione cablaggi cuffie long nose	B
	Inst. temporanea piastra ident. eli per PTF	B
	Stivaggio connettori P.S.U.	B

Continua...

...dalla pagina precedente

Fase	Micro attività	B/P^a
	Hoist/ics Hoist fix parts - LIVO	P
	Installazione telecamera HUMS	P
	Installazione door step 15 seats	P
	Ispezione prima messa in moto	B
	Pesata elicottero preliminare	B
	Prima messa in moto	B
2° FASE	Traino elicottero per MAP voli	B
	Flight preparation	B
	Airworthiness checks -Ispez. giornaliera	B
	Eliminazione difetti meccanici	B
	Test zavorra per max TOW	B
	ATP ics Hoist operatore	P
	ATP ics Hoist polycon	P
	ATP EGPWS LIVO	P
	ATP HUMS - inizializzazione PCMCIA	P
	ATP sistema Cargo Hook	P
	ATP Weather Radar 660	P
	ATP TCAS LIVO	P
	ATP elicottero (ground check)	B
	Tracking & Balance M/R & T/R	B
	ATP elicottero (rilievo vibrazioni)	B
	Procedura compensazione bussola	B
	ATP elicottero (flight test)	B
	ATP avionic EMC acc. test	B
	ATP emergency egress lighting	P
	ATP rescue hoist system breeze 90m	P
	Eliminazione difetti elettro/avionci	B

Continua...

...dalla pagina precedente

Fase	Micro attività	B/P ^a
	Ispez./manut. tra le 5 e le 10 ore	B
	Smontaggio parti per verniciatura	B
3° FASE	Verniciatura	B
	Installazione Exterior markings	P
	Reinstallazione per livrea	B
4° FASE	Instal. protezioni per attività interni	B
	Check list controllo verniciatura	B
	Reinstallazione parti post-verniciatura	B
	Installazione trasparenti	B
	Retromod Hinged RH windows	B
	Retromod decal finestrini cockpit	B
	Instal. bottoni striscie estrazione vetri	B
	Installazione rete vano bagagli	B
	Installazione Interior markings	B
	Installazione tendine parasole	B
	Instal. kit adattamento pannellature	P
	Installazione Ext. Hoist cable cutter	P
	Eq. ext ics Hoist polycon	P
	Installazione Ext Hoist	P
	Installazione Hoist kit labels	P
	kit ics cabin panel long nose	P
	Installazione kit external hoist	P
	Installazione cartuccia verricello	P
	Kit storm window hinged LH	P
	Installazione sedili passeggeri	P
	Adatt. mod. liners per ELT deployable	P
	Adatt. liners (Hoist breeze 90m + heels)	P

Continua...

...dalla pagina precedente

Fase	Micro attività	B/P^a
	Adatt. liners rigidi (serbatoio aux)	P
	Instal. insonorizz. utility (lato stutt.)	P
	Instal. insonorizz. utility (lato liners)	P
	Heels struct. provision porte piloti	P
	Instal. kit cinture 4 punti	P
	Instal. heels sui liner long nose	P
	Completamento instal. C/A heels	P
	Instal. kit pannellature	P
	Kit pannellature da rivestire	P
5° FASE	Passaggio STA arredo - LIVO	B
	Rimozione marche provv. e instal. def.	B
	Inst. piastra identificativa ass. eli.	B
	Collaudo (S.I.)	B
	Pesata elicottero (S.I.)	B
	Finiture dopo i voli (S.I.)	B
	Installazione logo AW139	B
	Programmazione ELT deployable	P
	Life raft - Programmazione PLB	P
	Caricamento batterie 13AH & 44AH	B
	Installazione NAV-database	B
	Imbragatura per verricellista	P
	Ext. ics Hoist polycon - a corredo	P
6° FASE	Eliminazione difetti cliente	B
	Materiale a corredo	B
	Cuffie H10-13H a corredo	B
	Production Flight Test Acceptance procedure	B

^a B: verbale basico - P: verbale personalizzato

Come si può notare, le principali attività vengono svolte nella prima fase, in cui l'elicottero viene equipaggiato di quanto strettamente necessario alla sua certificazione e, quindi, al volo. Effettuati i primi voli e le prime ATP (fase 2), l'elicottero è portato al reparto verniciatura (fase 3). Nella fase 4, si osserva che la maggior parte delle schede prevede l'installazione di componenti elettro/avionici tipicamente non basici, mentre nella fase 5 sono raccolte le ultime attività di volo, il collaudo e le finiture prima della consegna al cliente. L'ultima fase vede l'accettazione e la consegna della macchina.

Si conferma quindi quanto detto al paragrafo 2.3.1: le fasi che più risentono di variazioni significative, in funzione della personalizzazione della macchina, sono la seconda e la quarta.

Capitolo 3

Analisi perturbative

Preso atto dello stato attuale delle cose relativamente al reparto LIVO, si procede con l'identificazione e l'analisi di tutti quei fattori che portano a riscontrare ritardi sui flussi produttivi. Come accennato al capitolo 2, tra le tante cause, verrà trattato anche l'approvvigionamento dei materiali.

Partendo, anche qui, dalla raccolta di informazioni da varie fonti, si prosegue con una analisi dei dati reperiti per arrivare a determinare quantitativamente lo scarto tra il flusso produttivo teorico e quello reale e stimare, così, un margine di miglioramento corretto.

3.1 Programmazione della produzione

Come analizzato nel paragrafo 2.2.1, la programmazione operativa comprende l'organizzazione delle risorse sia in termini quantitativi che temporali. Se nel capitolo 2 si è affrontato l'argomento dal punto di vista dei numeri, qui si discute la gestione dei flussi produttivi in relazione ai tempi operativi.

In termini generali, la programmazione della produzione si pone come obiettivo l'ottenimento del *Master Production Schedule* (MPS), anche detto *piano principale di produzione*, partendo dai dati relativi agli ordini di acquisto, fino alle previsioni di vendita, alle risorse disponibili e/o necessarie e ai costi in gioco. Nel compilare quindi il MPS è necessario riuscire a conciliare tutte le esigenze di ogni singola funzione aziendale, vale a dire:

- esigenze di tipo commerciale, ossia la necessità di disporre, in tempi quanto più brevi possibile, del prodotto finito, così da garantire agli acquirenti un elevato livello di servizio
- esigenze di produzione, che hanno come obiettivo quello di riuscire a mantenere costanti i ritmi produttivi, minimizzando i ritardi e, di conseguenza, i costi
- esigenze finanziarie, che vietano l'immobilizzazione di capitale in scorte di prodotti finiti, dovuto ad eccessivi anticipi tra produzione e vendita
- esigenze del personale, secondo cui si punta ad avere un impiego della manodopera livellato.

Il MPS fornisce quindi indicazioni dettagliate circa tutti gli aspetti della produzione industriale. Non ultimo, l'aspetto fondamentale dei tempi in gioco, per i quali un ritardo significativo può portare a dilatazioni importanti sia dal punto di vista delle scadenze di consegna che dal punto di vista dei costi (per ulteriori dettagli si veda [2, cap. 4]).

Una tecnica molto usata da numerose aziende per far fronte a questi problemi - usata soprattutto presso aziende del calibro di *AgustaWestland* in cui i prodotti sono comprensivi di una quantità innumerevole di apparati - è quella dell'*outsourcing*, per cui alcune attività vengono delegate all'esterno (vedi [4, pag. 164]). Se, infatti, l'impresa in questione prendesse a carico la creazione di tutti i componenti dell'elicottero, dai motori a tutti i componenti elettronici e avionici, dall'arredamento ai carrelli, comprese tutte le attrezzature necessarie allo svolgimento delle singole operazioni, è intuibile quanto i tempi di produzione e il fabbisogno di personale aumenterebbero vertiginosamente, insieme ai relativi costi. Demandare all'esterno alcune particolari attività, risulta quindi vantaggioso sia in termini temporali che economici.

D'altro canto, questo può comportare problemi a livello gestionale qualora i vari fornitori, per cause non meglio precisate, ritardino nelle forniture. È per questo motivo che le logiche gestionali in atto in una azienda che ricorre all'*outsourcing* sono ben più complesse rispetto a una azienda a *integrazione completamente verticale*¹.

Come accennato, quindi, *AgustaWestland* delega all'esterno quelle attività per cui, da una parte esistono ormai mercati strutturati e di conseguenza prezzi di mercato ben definiti (ovviamente variabili in relazione ai quantitativi di ordinazione e alle condizioni di fornitura), dall'altra non viene meno il *know-how* dell'azienda e la competitività non ne risente negativamente. Componenti ormai standard in commercio, per i quali i costi di produzione 'in make' risulterebbero eccessivamente elevati, vengono quindi acquistati dall'esterno (tra tutti, si menzionano i motori); componenti sui quali, invece, si gioca la competitività in termini di prestazioni e qualità del prodotto finito (uno per tutti è la trasmissione) rimangono di produzione propria.

La gestione dell'approvvigionamento delle risorse, dunque, diventa complessa soprattutto in termini di puntualità sulle scadenze fissate dalla programmazione. In questo capitolo si sintetizza l'analisi relativa ai ritardi che si sono riscontrati nel reparto LIVO e che, come vedremo, sono per lo più legati ad attività delegate all'esterno di *AgustaWestland*.

¹Le aziende a integrazione verticale sono aziende che realizzano i loro prodotti completamente all'interno del perimetro dell'impresa stessa. Spesso, per indicare questo viene anche usata l'espressione 'in make'

3.2 Reperimento dati

La base di partenza per il reperimento dei dati relativi ai flussi produttivi è il sistema aziendale CAPP (Computer-Aided process Planning). Questo sistema informatico legge tutte le informazioni relative a prodotto, processo e sistema per determinare le metodologie operative più adatte alla creazione del prodotto finito. Esso raccoglie, infatti, tutte le singole operazioni da svolgere in quelle che, nel linguaggio aziendale, sono dette SMC (Schede di Montaggio e Controllo), suddivise in verbale basico e personalizzato (vedi paragrafo 2.3) e classificate per ogni singola macchina (un esempio di SMC è rappresentato in figura 3.1).

The figure shows a stack of five overlapping forms used for manufacturing and control (SMC) for a helicopter. The forms are as follows:

- COMUNICAZIONE DI VARIANTE**: A form for variant communication, including fields for PIN, DENOMINAZIONE, ESP., FOGLIO, VERSIONE, and VALIDITÀ MODIFICA.
- SCHEDE DI MONTAGGIO E CONTROLLO FOGLIO OPERAZIONI**: Two forms (pages 2 and 1) for assembly and control operations, including fields for REP., POSTO DI LAV., DATA EMISSIONE, RILASCIATO DA, DATA AGGIORN., MODIFICATO DA, N° ELICOTTISTE, IDENTIFICATIVO, ESP. FOGLIO, and APPROVAZIONE.
- SCHEDE DI MONTAGGIO E CONTROLLO ATTREZZATURA-NOTE-SPECIFICHE**: A form for specific equipment and notes, including fields for REP., POSTO DI LAV., DATA EMISSIONE, RILASCIATO DA, DATA AGGIORN., MODIFICATO DA, N° ELICOTTISTE, IDENTIFICATIVO, ESP. FOGLIO, APPROVAZIONE, and SPECIFICHE.
- SCHEDE DI MONTAGGIO E CONTROLLO INDICE**: An index form for assembly and control, including fields for REP., POSTO DI LAV., DATA EMISSIONE, RILASCIATO DA, DATA AGGIORN., MODIFICATO DA, N° ELICOTTISTE, IDENTIFICATIVO, ESP. FOGLIO, APPROVAZIONE, and a table for revision index.

The bottom form (INDICE) includes a technical drawing of a helicopter and a table for revision index:

INDICE REVISIONE FOGLI SCHEDE MONTAGGIO E CONTROLLO			
FOGLIO	VI	1	2
ESP.			
FOGLIO			
ESP.			

Figura 3.1: SMC - esempio

Tali schede riportano tutti gli elementi necessari a descrivere ogni singolo processo:

- le attrezzature da utilizzare
- la distinta materiali
- gli impianti su cui operare
- i disegni della macchina relativi alla zona di lavoro in questione
- la descrizione delle varie operazioni che portano alla realizzazione del processo
- i tempi assegnati entro i quali l'operazione deve essere portata a termine

In questa sede, ai fini di una analisi dei ritardi sui flussi di reparto e delle cause da cui questi ritardi scaturiscono, si pone l'attenzione alle tempistiche relative alle singole operazioni.

Primo passo verso questo studio è quindi l'identificazione dei giusti mezzi da utilizzare e, da qui, condurre una indagine approfondita che permetta:

- una quantificazione dei ritardi, dettagliandone l'entità nelle varie fasi di lavorazione al fine non solo di avere un dato relativo al ritardo medio globale, ma anche sapere quale fase influisce maggiormente sul ritardo del flusso operativo di reparto
- una qualificazione dei ritardi, ovvero una identificazione e classificazione delle cause, in modo da muoversi nella giusta direzione quando si voglia intervenire per ridurre l'entità dei ritardi.

Anzitutto, quindi, gli strumenti da utilizzare. All'interno dell'azienda, vi sono diversi documenti che permettono sia di valutare l'entità numerica dei ritardi sia di determinarne le perturbative. L'analisi può pertanto muoversi nelle due direzioni attraverso:

- *le Time-Line*
- *i Registri Ritardi Lavoro (RRL)*
- *i Verbali di Avanzamento LIVO*

Le Time-Line

Il primo strumento che ha permesso di quantificare i ritardi consiste nelle time-line redatte dall'ufficio 'Programmazione e Avanzamento'. Su questo documento si possono confrontare, per ogni singola macchina in corso d'assemblaggio, la time-line del flusso teorico e quella del flusso reale, che descrivono l'andamento nel tempo delle diverse macro fasi del processo produttivo. La time-line del flusso teorico, rappresenta quello che in linguaggio manageriale è chiamato Piano Operativo (PO) e riporta i tempi teorici entro cui devono essere portate a termine le varie operazioni, per non avere ritardi nella produzione aziendale o incrementi notevoli di costi per l'azienda, prima, e per il cliente, poi. Questo strumento è aggiornato più volte durante la settimana; in questo modo si rende possibile monitorare, giorno per giorno, la discrepanza tra il processo reale e il processo teorico. In figura 3.2 è riportato un esempio delle time-line in questione.

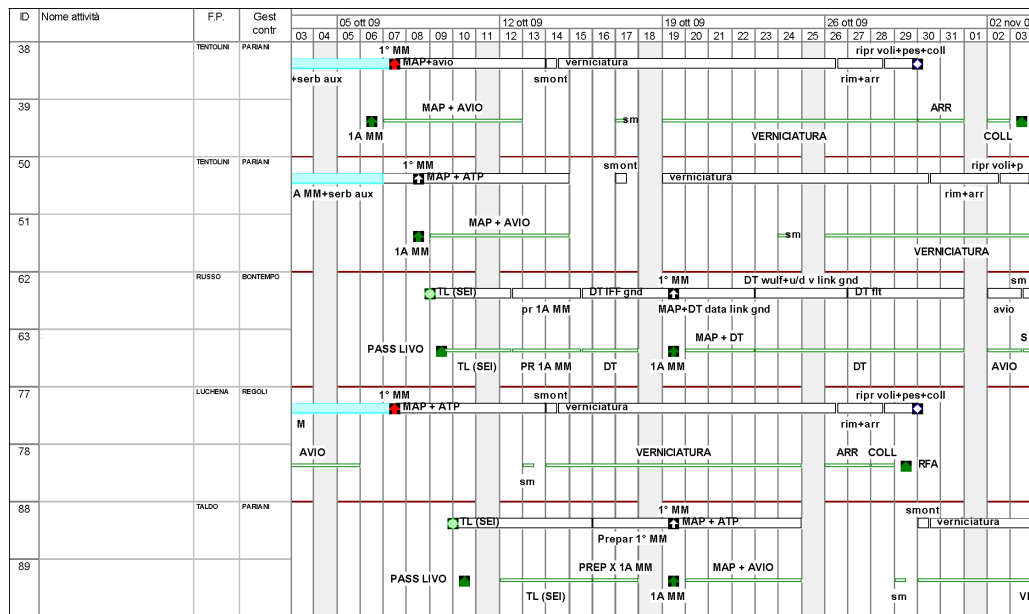


Figura 3.2: Time-line - esempio

Analizzando lo storico disponibile in azienda (tale storico ricopre il periodo che va da aprile 2009 ad oggi) è stato possibile valutare l'entità dei ritardi per tutte le macchine di cui si è riusciti a ricostruire tutto il percorso dal passaggio di reparto MF-LIVO in poi. Con riferimento alla tabella in figura 3.3 si è valutato un ritardo medio di **16.40 unità²**.

²Per motivi aziendali non è possibile specificare l'unità di misura

Come si legge la figura 3.3

La tabella in figura riporta lo storico completo del ciclo di assemblaggio in LIVO di 21 macchine nel periodo che va da aprile 2009 (mese in cui si è iniziata in reparto l'archiviazione delle time-line) fino al presente. Per ogni macrofase è indicato il tempo previsto dal Piano Operativo (PO), il tempo reale impiegato (REALE) e il ritardo (RIT) calcolato come la differenza dei due tempi precedenti.

Nella colonna più a destra son riportati i ritardi globali su tutto il flusso operativo, dati dalla differenza tra le due colonne precedenti, che riportano la durata complessiva del flusso teorico e reale, rispettivamente.

Nelle righe inferiori, sono riportati i valori medi dei ritardi e l'incidenza percentuale sul totale, per ogni singola macrofase e per l'intero flusso produttivo. Insieme alla media è riportata anche la deviazione standard, che altro non è se non un indice dell'attendibilità della media calcolata. Più la deviazione standard è piccola, minore è la dispersione dei dati attorno al valore medio e, conseguentemente, maggiore è l'affidabilità della media valutata. Si tenga però presente che la popolazione considerata non è molto numerosa (si sono condotti i calcoli su un campione di soli 21 elicotteri) e, conseguentemente, diviene difficile poter trovare deviazioni standard molto piccole. Questo ragionamento si può estendere a tutte le analisi statistiche che possono essere effettuate in una azienda del settore aeronautico, poichè, per quanto elevato sia il numero di prodotti lavorati, non si avrà mai a disposizione un campione sufficientemente elevato. Si potrebbe tuttavia andare indietro nel tempo per trovare sufficienti casi da rendere maggiormente numeroso il campione, ma questo comporterebbe il dover riferirsi a periodi in cui le tecnologie erano completamente differenti, le lavorazioni richiedevano tempi maggiori a causa di attrezzature obsolete e così via. Verrebbe meno cioè l'omogeneità del campione.

Nel caso in esame, si sono considerati solamente 21 macchine perchè di esse si è riusciti a ricostruire uno storico completo delle attività. Se fosse stato possibile reperire informazioni su macchine lavorate precedentemente a queste, l'analisi avrebbe perso di credibilità a causa di tecnologie completamente differenti da quelle attuali.

Si osservi che le macrofasi son differenti da quelle definite al capitolo precedente, in quanto questa suddivisione è quella utilizzata dai Piani Operativi, redatti precedentemente alla definizione che si sta utilizzando e studiando attualmente. Sostanzialmente, a partire dalla Preparazione alla Prima Messa in Moto, non c'è alcuna differenza eccetto che per l'ultima fase di accettazione, che qui non figura e per la quale i ritardi sono contenuti in quanto quest'ultima macro attività prevede solamente la dotazione dell'elicottero del materiale a corredo.

NC	Descr	VIBE BASIC	VIBE PERSONAL	TEMPO ASSEGNAO	Passaggio SEI		Preparaz 1° MIM		MAP + ATP + SMON		Verniciatura		Rimont + Arr		Voli + Pes + Coll		TEORICO	REALE	RITARDO						
					REALE	PO	RIT	REALE	PO	RIT	REALE	PO	RIT	REALE	PO	RIT				REALE	PO	RIT			
3****	--	376	576	952			12	8	4	8	8	0	11	10	1	6	4	2	6	2	4	32	43	11,00	
3****	--	376	669	1045	21	11	10	6	3	3	9	6	3	9	12	-3	13	5	8	6	2	4	39	64	25,00
3****	--	376	843	1219			7	6	1	8	6	2	8	9	-1	7	3	4	4	1	3	25	34	9,00	
3****	--	376	634	1010			4	4	0	5	5	0	11	12	-1	4	3	1	4	1	3	25	28	3,00	
3****	--	376	625	1001	15	14	1	8	3	5	4	5	-1	10	11	-1	4	6	-2	11	1	10	40	52	12,00
3****	--	376	942	1318			3	3	0	8	6	2	13	10	3	4	5	-1	9	1	8	25	37	12,00	
3****	--	376	589	965	5	2	3	14	3	11	4	6	-2	11	11	0	2	2	0	4	1	3	25	40	15,00
3****	--	376	566	942			13	4	9	8	6	2	12	11	1	2	2	0	3	2	1	24	38	14,00	
3****	--	376	564	940	6		6	9	4	5	6	6	0	13	10	3	5	3	2	2	2	24	41	17,00	
3****	--	376	631	1007	13	2	11	7	3	4	4	6	-2	11	11	0	2	2	0	2	2	25	39	14,00	
3****	--	376	511	867			9	3	6	8	6	2	12	11	1	3	2	1	2	2	0	23	34	11,00	
3****	--	376	597	973	6		0	17	3	14	5	6	-1	13	11	2	3	2	1	6	2	29	50	21,00	
3****	--	376	838	1214	12	4	8	4	3	1	5	6	-1	19	11	8	5	2	3	18	2	16	27	63	36,00
3****	--	376	831	1207	12	3	9	5	4	1	7	6	1	10	11	-1	10	3	7	17	2	15	28	61	33,00
3****	--	376	602	978	13	10	3	9	3	6	8	6	2	13	11	2	3	6	6	2	4	37	52	15,00	
3****	--	376	820	1196	5		5	5	4	1	13	6	7	10	10	0	3	3	0	2	-2	24	36	12,00	
3****	--	376	711	1087			8	3	5	6	6	0	12	12	0	4	2	2	5	2	3	24	35	11,00	
3****	--	376	679	1055	6	6	0	10	3	7	7	6	1	10	12	-2	4	2	2	11	2	9	30	48	18,00
3****	--	376	679	1055	6	5	1	9	3	6	7	6	1	10	12	-2	4	2	2	21	2	19	29	57	28,00
3****	--	376	679	1055	6	5	1	6	3	3	7	6	1	9	12	-3	2	2	0	10	2	8	29	40	11,00
3****	--	376	679	1055			5	-5	8	3	5	8	6	2	10	13	-3	5	2	3	2	30	31	1,00	
TOT NC	21																								
MEDIA		376	679	1065	9,69	6,18	4,46	8,25	3,65	4,60	6,85	6,00	0,85	11,35	11,00	0,35	4,50	3,05	1,45	7,74	1,75	5,60	28,20	44,60	16,40
DEV. STD.		0	117	117	5,01	3,89	3,97	3,63	1,27	3,70	2,13	0,96	2,03	2,32	0,86	2,52	2,78	1,39	2,65	5,67	0,44	5,75	5,15	10,62	8,32
VARIANZA		0	13785	13785	14,75	14,01	14,18	14,32	0,22	15,18	4,88	0,11	4,47	5,22	0,49	6,63	3,57	1,99	4,86	36,96	0,19	38,43	22,14	103,15	72,37
RITARDO IN PERCENTUALE															27,205	28,049	5,183	2,134	8,841	34,146					

Figura 3.3: Confronto tra flussi teorici e flussi reali

Ulteriori considerazioni possono essere fatte proprio in riferimento ai dati in figura 3.3. Dai valori medi dei ritardi si ha che le fasi che maggiormente incidono sul ritardo dei flussi operativi sono:

- *Passaggio SEI*: lavorazioni per insonorizzazione svolti tipicamente prima dell'ingresso nella catena produttiva LIVO [incidenza per il 27%]
- *Preparazione Prima Messa in Moto*: fase in cui vengono svolte le prime attività [incidenza per il 28%]
- *Voli + Pesata + Collaudo*: ultima fase prima dell'accettazione, molto influenzata dalle condizioni meteorologiche [incidenza del 34%].

Come si nota, nell'ultima fase l'incidenza sul totale è molto maggiore. Questo è legato soprattutto al fatto che se le condizioni meteorologiche sono impraticabili, non possono essere effettuate le prove in volo. Le condizioni ambientali costituiscono pertanto una variabile molto importante.

I Registri Ritardi Lavoro

Sulla base dell'esperienza maturata nel reparto MF, da poco è stata proposta anche al reparto LIVO la compilazione del RRL (Registro Ritardi Lavoro) di cui in figura 3.4 è riportata una visualizzazione del modello. L'obiettivo che questa pratica si pone è quello di identificare, durante il processo produttivo di ogni singola macchina, le perturbative che causano ritardo, classificandole per reparto e responsabilità, in modo da riuscire a gestire nel migliore dei modi la programmazione operativa intervenendo in modo mirato sui settori critici. La scrittura di questo registro avviene

REGISTRO RITARDI LAVORO

NC

RIF. NR.	DATA	APERTO DA	STA. FINITIVA	SCHEMA DI MONTAGGIO	DETTAGLI EVENTO			CHIUSO IL	RESPONSABILE		AZIONE			
					DESCRIZIONE PROBLEMA O PIN MANCANTE	CAUSALE	CI		ENTE	RIF. PERSONA	DATA PREV.	AZIONE RICHIESTA / AZIONE ESEGUITA	FIRMA	DATA CHIUS.
1														
2														
3														

Figura 3.4: Modello RRL - Registro Ritardi Lavoro

a bordo macchina, durante un meeting³ tra capisquadra e responsabili di tutti quei reparti che concorrono al completamento delle operazioni relative a quel particolare elicottero. Questo significa che ogni macchina è corredata dal 'suo' RRL.

Poichè in LIVO lo storico di questo registro risulta privo di sufficienti indicazioni (è in atto infatti da pochi mesi e, di conseguenza, il campione su cui si andrebbe a fare una analisi di tipo statistico risulta troppo piccolo per ottenere risultati significativi), i vari RRL del reparto LIVO non possono essere considerati se non come integrativo ad ulteriori analisi svolte per il reperimento delle causali di ritardo, che vengono presentate di seguito.

I Verbali di Avanzamento LIVO

L'analisi dei ritardi, limitatamente a una sua quantificazione in termini numerici, risulta incompleta e insufficiente a fini gestionali se non viene corredata da uno studio delle perturbative e delle cause che comportano questi ritardi. Considerando che l'RRL, come detto, non è stato in grado da solo di fornire indicazioni significative e che le time-line hanno dato una indicazione puramente quantitativa, si è fatto riferimento ai Verbali di Avanzamento redatti ogni settimana dall'ufficio Programmazione. In essi sono raccolte informazioni dettagliate in riferimento a ogni macchina presente in reparto. Da qui è quindi stato possibile ottenere indicazioni precise in merito alle cause di ritardo.

Raccolti i dati in varie tabelle, si è valutata la frequenza con cui ogni singola perturbativa si ripresentava. Si è così potuto fare una classificazione delle cause di ritardo, cominciando da quelle più frequenti fino ad arrivare a quelle che possono essere considerate quasi stocastiche.

Si riportano nel paragrafo seguente i risultati di questa analisi qualitativa, affrontata con riferimento al metodo di Pareto.

3.3 Analisi di Pareto

Quantificati i ritardi e identificate le causali, è stato possibile fare alcune considerazioni importanti in merito, rifacendosi alla teoria dell'analisi di Pareto. Essa fa parte di quegli strumenti che, nel management aziendale, concorrono alla risoluzione del problema del miglioramento della

³Chiamato *board meeting* in gergo aziendale, viene svolto due volte a settimana per ogni linea (tipicamente il martedì e il giovedì per la linea AW139, mentre il mercoledì e il venerdì per l'AW109) e non sempre vengono analizzate tutte le macchine presenti in reparto. Ci si occupa generalmente delle macchine che vedono il loro processo produttivo prossimo al passaggio tra una macrofase e l'altra (paragrafo 2.3), come sorta di punto della situazione dell'assemblaggio del prodotto.

produttività. Consiste nel rappresentare mediante istogramma, in ordine decrescente, tutte le cause che portano a un risultato negativo legato ad un processo produttivo. Tipicamente, insieme a questo istogramma, si disegna anche la curva dell'incidenza cumulativa del totale. Questa curva mostra quanto i primi X fattori incidono, in valore percentuale, sul risultato negativo che si sta analizzando.

Il diagramma di Pareto assume quindi una significativa rilevanza in quanto, con un semplice grafico, è in grado di identificare quelli che sono detti 'pochi fattori essenziali' e 'molti fattori utili', ad indicare rispettivamente quei fattori che contribuiscono al grosso dell'effetto e quei fattori che ne sono responsabili per una percentuale minore.

Tre sono gli elementi di base che permettono di compilare in modo soddisfacente le tabelle e i diagrammi di Pareto:

- i vari *fattori* che contribuiscono all'effetto (numerati da 1 a n)
- l'*importanza* di ogni singolo contributo⁴
- l'*effetto cumulativo* di ciascun contributo, espresso in valore percentuale e calcolato come

$$p_i = \frac{\sum_{j=1}^i r_j}{(\sum_{k=1}^n r_k) \cdot 100}$$

dove con n e r si intende rispettivamente il numero di *fattori* contribuenti e l'*importanza* corrispondente.

Con questi tre elementi, è possibile compilare una tabella e generare il grafico corrispondente, per arrivare poi a identificare i principali contributi al risultato negativo (per ulteriori dettagli si veda [5, cap. 6] e [6]).

3.3.1 Diagramma di Pareto

Entrando nello specifico in merito all'analisi condotta presso *AgustaWestland*, è possibile compilare la tabella 3.1, con riferimento alle notazioni usate sopra, in cui per ogni causale di ritardo viene espressa la frequenza (sopra chiamata *importanza*) con cui la stessa si ripresenta e, di conseguenza, influisce sull'andamento dei ritardi globale.

⁴Nel caso in esame, per *importanza* si intende la frequenza con cui la stessa causale di ritardo si ripresenta, nell'orizzonte temporale analizzato

Tabella 3.1: Tabella di Pareto

<i>n</i>	Causale	<i>r</i>	<i>r</i> [%]	<i>p</i>
1	Consegna materiali	27	23	23
	Lavoraz. SEI - 1° fase	9	–	–
	Lavoraz. SEI - arredi	6	–	–
2	SEI	5	–	–
	Fornitura Materiali	3	–	–
	Attività SEI-LIVO	3	–	–
	TOTALE	23	20	43
	Verniciatura	12	–	–
3	TSM	4	–	–
	Passaggio LIVO-TSM	4	–	–
	TOTALE	16	14	57
	Lavorazioni	16	–	–
4	ISOPRAM	16	–	–
	Materiali	16	–	–
	TOTALE	8	7	64
5	Certificazioni	7	6	70
6	Problemi impianto fuel	7	6	76
7	Ritardi Direzione Tecnica	4	3	79
8	Problemi Main Gear Box	2	2	81
9	ATP di volo 5 non approvata	2	2	83
10	Condizioni meteo avverse	2	2	84
11	Indefinizione cliente	1	1	85
12	Trasferimento presso altre sedi	1	1	86
13	Ritardi ATP personalizzazioni	1	1	87
14	Modifica laser point	1	1	88
15	Ritardo 1° messa in moto	1	1	89
16	Ritardi per lavorazioni AAC	1	1	90
17	Completamento prove H_2O	1	1	91
18	Sbarco testa rotore principale	1	1	91

Continua...

...dalla pagina precedente

<i>n</i>	Causale	<i>r</i>	<i>r</i> [%]	<i>p</i>
19	Modifica configurazione	1	1	92
20	Montaggio connettori in LIVO anziché MF	1	1	93
21	Interferenza pedana elettrica	1	1	94
22	Eliminazione difetti	1	1	95
23	MDR sponson	1	1	96
24	Emissione RFM Rev. 15	1	1	97
25	Finiture post installazioni extra	1	1	97
26	Difetti landing gear	1	1	98
27	Problemi a cablaggi	1	1	99
28	Pesata post modifiche	1	1	100

Associato alla tabella 3.1, il grafico in figura 3.5 rappresenta il diagramma di Pareto.

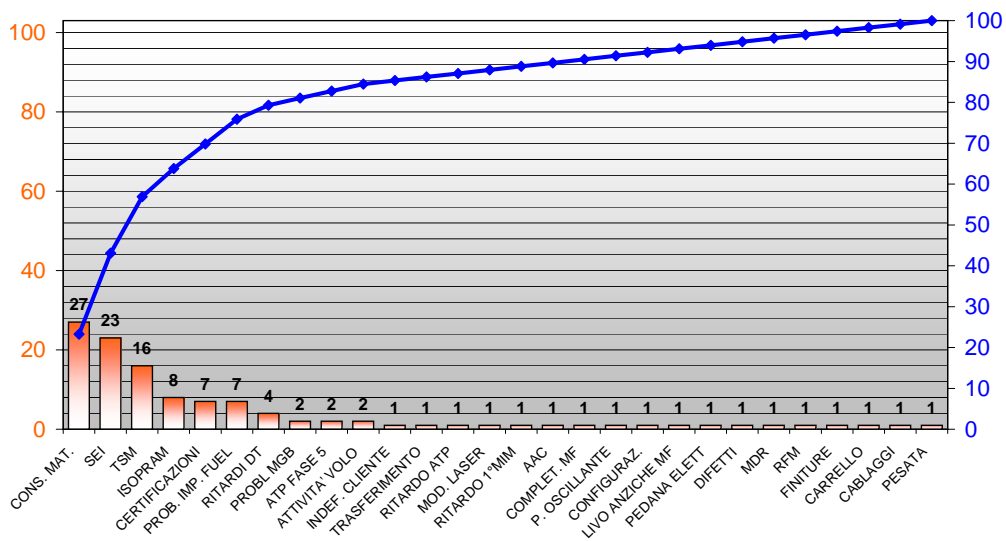


Figura 3.5: Diagramma di Pareto ritardi LIVO AW139

Una ulteriore rappresentazione grafica è riportata in figura 3.6)

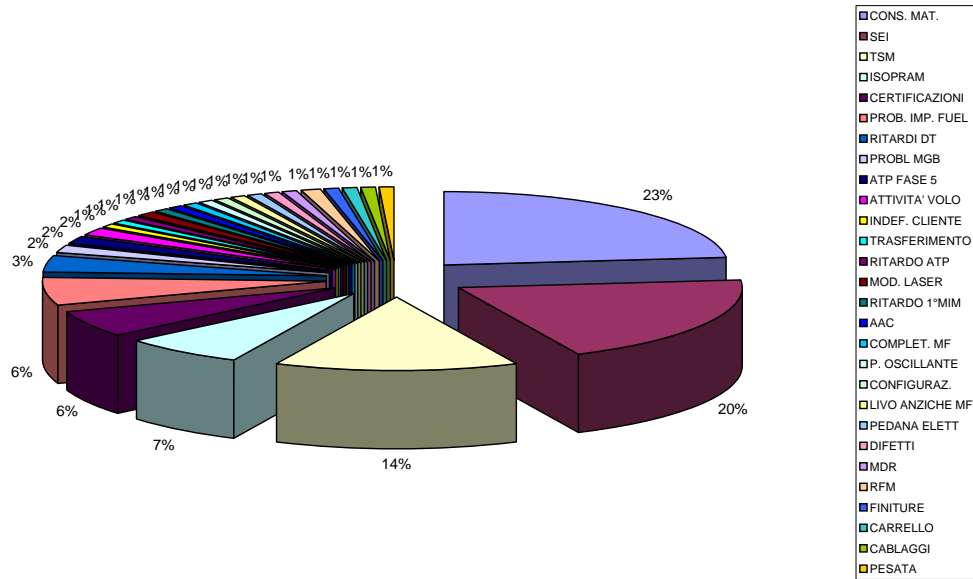


Figura 3.6: Causali di ritardo espresse in percentuale sul totale

Osservando i dati soprariportati, si può notare che, come l’analisi di Pareto suggerisce, è possibile identificare quei ‘pochi fattori essenziali’ che influiscono principalmente sul totale delle cause di ritardo:

- *consegna dei materiali ritardata rispetto alla programmazione:* in generale, con questa voce, ci si riferisce alle forniture da enti esterni di semilavorati o prodotti finiti. Posticipare la consegna di alcuni componenti comporta un notevole ritardo nei flussi produttivi. D’altro canto, un eccessivo anticipo nell’ordine degli stessi al fine di evitare ritardi, comporta un’immobilizzazione di capitale in reparto e quindi, a lungo termine, una perdita per l’azienda.
- *ritardi in attività SEI:* l’azienda SEI⁵ (Servizi Elicotteristici Italiani) si occupa di lavorazioni sulla macchina relative particolarmente ai *liners* e alle insonorizzazioni. In figura 3.7 sono mostrati i contributi delle singole causali, suddivise nelle principali voci che caratterizzano l’attività di SEI:
 - . lavorazioni di 1° fase (influyente per il 40%), cioè interventi che comprendono le simulazioni dell’installazione dei liners a bordo della macchina

⁵Dell’azienda SEI si trovano indicazioni in Appendice A

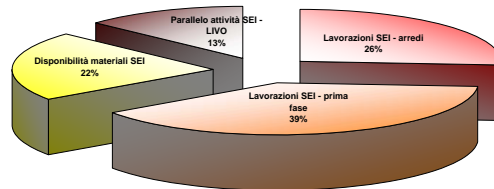


Figura 3.7: Classificazione ritardi SEI

- . lavorazioni su componenti di arredo della macchina, dai sedili ai mobiletti (contributo pari al 23%)
 - . per il 23% è causa di ritardo la fornitura dei materiali entro i termini fissati
 - . l'incompatibilità tra i piani operativi di SEI e di *AgustaWestland-LIVO* apporta ritardo per il 14%.
- *ritardi in attività TSM*: TSM⁶ (Trattamenti Superficiali dei Materiali) si occupa della verniciatura dei vari elicotteri. Le cause di ritardo (vedi figura 3.8) risiedono principalmente:
- . per il 75%, nell'opera di verniciatura dovuta a cause interne all'azienda TSM
 - . per il restante 25%, invece, nel passaggio della macchina dal reparto LIVO a TSM, a causa di dilatazioni nei flussi produttivi in *AgustaWestland-LIVO*.

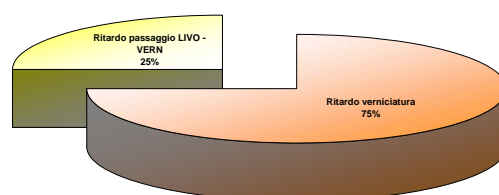


Figura 3.8: Classificazione ritardi TSM

- *certificazioni*: può capitare che per vari motivi non sia possibile ottenere la certificazione di alcuni componenti montati sull'elicottero e, di conseguenza, non si possano effettuare le prove in volo. Quando possibile, si cerca di ovviare montando componenti sostitutivi e

⁶Dell'azienda TSM si trovano indicazioni in Appendice A

provvisori - sostituiti poi nuovamente dagli originali - già certificati per non arrecare ulteriori ritardi.

- *ritardi in attività ISOPRAM*: ISOPRAM⁷ (ISOtermici Plastici Rinforzati Alto Milanese) si occupa di lavorazioni plastiche e di lattoneria. Anche per essa, in figura 3.9 è riportata in dettaglio la distribuzione dei contributi ai ritardi:
 - . una grossa percentuale (circa l'86%) è relativa agli interventi di competenza ISOPRAM, vale a dire che le cause sono interne all'azienda di lattoneria e non dipendenti direttamente da *AgustaWestland*
 - . solo il 14% dei ritardi è dovuto a problemi di forniture ISOPRAM

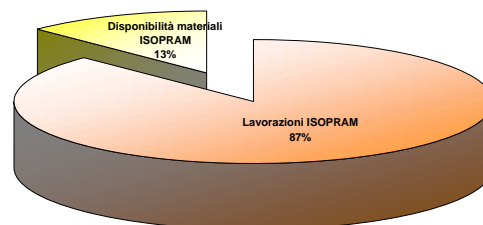


Figura 3.9: Classificazione ritardi ISOPRAM

- *problemi all'impianto combustibile*: nel caso in cui si riscontrino problemi all'impianto combustibile - che possono risiedere in perdite di alcune tubazioni, piuttosto che otturazione delle stesse o, ancora, guasti ai serbatoi - si deve provvedere alla risoluzione immediata nel reparto LIVO.

Questi sei fattori essenziali, come si viene nel diagramma di figura 3.5, influiscono per quasi l'80% sul totale. Risultano quindi essere i punti deboli della catena produttiva in LIVO sui quali bisogna agire maggiormente per migliorare i flussi.

Si può così concludere che in questi primi sei contributi si concentra il più alto potenziale di miglioramento del ciclo produttivo in esame. Si consideri, infatti, che un minimo sforzo gestionale e di indagine (pochi sono i fattori che si considerano) corrispondente al massimo potenziale migliorativo (quei pochi fattori incidono per una elevata percentuale rispetto agli altri) offre un massimo ritorno sull'investimento.

⁷Dell'azienda ISOPRAM si trovano indicazioni in Appendice A

Capitolo 4

Ottimizzazione flusso teorico

La variabile *'tempo'* è una delle più importanti, se non addirittura la più importante, tra le variabili che entrano in gioco nell'attività produttiva di una impresa. Ritardi temporali in fase di produzione, infatti, comportano un incremento significativo dei costi e, accanto a questo e di non minor importanza, una insoddisfazione del cliente.

Il management aziendale ha così sollevato, negli anni, l'esigenza di disporre di metodi utili a risolvere le problematiche che, derivando pure da molteplici aspetti caratterizzanti le attività interne di una industria, concorrono insieme al sorgere di ritardi o, più in generale, incongruenze con i flussi produttivi definiti dalla programmazione.

4.1 Metodo *Pert*

Il metodo principe, tutt'oggi utilizzato da molte aziende, è il così detto *'metodo PERT'*, dove l'acronimo PERT sta per *Program Evaluation and Review Technique*.

Nato durante il periodo della guerra fredda, studia lo sviluppo di un progetto attraverso l'organizzazione delle attività di cui si compone, occupandosi principalmente degli aspetti temporali, lasciando in secondo piano quelli finanziari. Va visto, quindi, come un metodo di ottimizzazione del tempo di realizzazione di un prodotto.

Le tecniche su cui si basa questo metodo per la preparazione dei piani operativi comprendono la rappresentazione grafica di tutte le operazioni che compongono il progetto, coordinate opportunamente tra loro, d'accordo con le esigenze tecnologiche. All'interno di questa rappresentazione grafica, vengono così raccolte molte informazioni, siano esse relative alla sequenza temporale delle azioni, oppure alle modalità di svolgimento delle singole operazioni, o ancora ai responsabili delle varie attività. In questo modo è possibile avere a disposizione in ogni momento il quadro della situazione.

Il metodo PERT è quindi uno strumento non solo informativo ma anche di controllo e, per questo, ricopre un ruolo centrale nel management aziendale (si veda anche [7, pag. 13ss]).

4.2 Sequenza tecnologica delle attività basiche

Il primo passo verso la definizione dei flussi produttivi per il reparto LIVO è stato condotto in relazione alle attività del verbale basico (vedi nella tabella 2.5 le voci contrassegnate con la lettera 'B').

Negli ultimi mesi era stato iniziato uno studio analogo che si è occupato sostanzialmente della sola suddivisione delle azioni in macro attività, senza però definire un ordine standard delle singole operazioni, rispondente alle esigenze tecnologiche del processo. È in questa sede, quindi, che viene definita una sequenza precisa di tutte le attività, considerando tutti quei vincoli che vengono a far parte della catena produttiva. Il lavoro è stato svolto con l'ausilio del software MS-OfficeProject®

4.2.1 Vincoli tecnologici

Grazie all'efficacia riscontrata nei metodi acquisiti negli ultimi anni per il reparto MF, anche per il reparto LIVO si è deciso di procedere nella medesima direzione: con l'utilizzo del PERT si vuole studiare una successione ordinata di tutte le attività di competenza LIVO al fine di standardizzare quanto più possibile i flussi operativi per le diverse configurazioni delle macchine.

In un processo produttivo in cui il manufatto richiede un elevato numero di interventi di differente complessità, il sequenziamento delle singole operazioni da svolgere risulta parimenti complesso, in quanto deve rispondere a determinati requisiti. In termini generali si parla di 'vincoli tecnologici' che comprendono

- *vincoli logici*: vi sono attività che devono essere svolte necessariamente prima di altre, oppure che possono essere svolte in parallelo. I criteri cui si deve obbedire sono relativi al fabbisogno di materia prima o semilavorati richiesti dalle singole operazioni, oppure semplicemente soddisfano a criteri di comodità orientati alla minimizzazione dei tempi impiegati allo svolgimento del lavoro.
- *vincoli temporali*: una volta definito il piano operativo vi sono scadenze da osservare. Va da sé che per rispettare queste date è necessario studiare un PERT in grado di osservare i requisiti temporali imposti. D'altro canto i piani operativi vengono definiti anche in base al PERT. È quindi necessario trovare un giusto accordo che definisca un flusso operativo quanto più breve ed economico possibile.
- *vincoli di spazio*: quando il prodotto raggiunge dimensioni notevoli, può capitare di trovarsi a lavorare in spazi troppo piccoli con conseguente rischio di danneggiamento del prodotto stesso. Può pertanto

risultare conveniente ordinare la sequenza in modo tale da anticipare o ritardare alcune operazioni che possono essere effettuate anche in spazi di dimensioni ridotte, qualora le dimensioni del prodotto lo consentano.

- *vincoli di criticità*: il prolungamento di durata di alcune attività può comportare un ritardo generale del progetto. Queste attività sono dette *critiche* e richiedono quindi maggior attenzione da parte degli organi preposti al controllo dello svolgimento delle operazioni.

In queste quattro categorie possono essere compresi tutti i tipi di vincolo che sono stati considerati nello studio della sequenziazione delle attività in LIVO.

4.2.2 Sequenziazione operazioni

Tenendo conto di tutte le tipologie di vincoli sopra presentate, è stato possibile stilare una sequenza definitiva delle numerose operazioni di pertinenza LIVO. Il lavoro è stato condotto per affinamenti e miglioramenti successivi. Partendo infatti da un primo PERT ipotetico, si sono apportate opportune modifiche in base alle considerazioni emerse dagli incontri col personale di reparto. Si è rivelato importante un confronto diretto coi responsabili in quanto, soprattutto per esperienza, sono in grado di evidenziare le più sottili problematiche che insorgono nello svolgimento delle varie operazioni.

In base quindi a quanto deciso dai metodisti e dai configuratori, si è definito il PERT relativo al solo verbale basico (vedi **Allegato A**)

Come si legge il PERT

Le rappresentazioni tipiche di un PERT sono di due tipi:

1. nel primo tipo, le attività sono rappresentate da frecce e gli eventi di inizio e fine attività rappresentano i nodi della rete. È una rappresentazione difficoltosa da utilizzare in quanto richiede l'inserimento di numerose attività fittizie per esprimere tutti i collegamenti tra le attività.
2. nel secondo tipo, invece, le attività sono rappresentate da rettangoli (o simili) e i vincoli sono rappresentati da frecce. È il sistema più comodo e intuitivo, detto anche 'a precedenza', che permette la designazione di tutti i vincoli tra le attività, senza ricorrere a particolari artifici.

Nel caso presente si è utilizzata la seconda rappresentazione. Osservando l'Allegato A, è possibile infatti notare una serie di rettangoli collegati da diverse frecce. I primi rappresentano tutte le micro attività del reparto, mentre le frecce indicano tutti i vincoli tecnologici che sono stati identificati, secondo quanto sopra descritto. Ogni attività, pertanto, presenta dei precedenti e dei successori. Le azioni precedenti sono quelle senza il cui

termine non è possibile proseguire. È proprio in questa logica che si è studiato il PERT LIVO: studiare un ordine standardizzato, corretto e lineare per lo svolgimento di tutte le operazioni richieste a verbale.

Vi sono a fianco, sul lato sinistro, dei blocchi a forma di parallelogrammo. Essi stanno ad indicare le macro attività, entro cui si ritrovano le micro attività sulle quali si sono studiati i vincoli e l'ordine logico.

Ancora, i colori dei blocchi sono differenti a seconda che si tratti di una operazione di competenza dei meccanici, degli elettro/avionici oppure del controllo o dello staff addetto alle certificazioni.

Infine, si nota che alcune attività sono incolonnate e poste, quindi, in parallelo rispetto ad altre; presentano lo stesso predecessore ma non presentano successore o, addirittura, presentano anche lo stesso successore. Questo significa che quelle sono operazioni che possono effettivamente essere svolte in contemporanea, per le quali non servono molti operatori (quindi si possono condurre più interventi simultaneamente) e la cui durata è tipicamente ridotta.

Tutto il diagramma di flusso offre una panoramica in termini anche temporali, oltre che sequenziali, di quanto deve succedere o sta succedendo in reparto per una data macchina. Questo sistema, oltre ad essere informativo, è anche un ausilio al controllo delle operazioni in corso o ancora da svolgere (maggiori dettagli in [8]).

Si osserva da subito che vi sono alcune incongruenze rispetto all'elenco riportato in tabella 2.5. Infatti, si può notare che alcune attività riportate in una determinata macro attività in tabella 2.5, qui sono state inserite in una diversa fase, in quanto ci si è mossi nel rispetto dei vincoli tecnologici di cui sopra e di una logica legata, come accennato, all'esperienza maturata in anni di lavoro presso il reparto da parte dei responsabili delle operazioni e dei capisquadra. In particolare, si è modificata la *sesta fase*: non solo ne è stata cambiata la denominazione, ma al suo interno sono state aggiunte quelle installazioni che ai fini del funzionamento della macchina risultano marginali e quelle operazioni di programmazione di alcuni apparati elettronici che necessitano dei dati relativi al cliente e al suo Paese d'origine, per i quali, ad esempio, non è permesso il volo sul territorio italiano.

Un'ulteriore modifica è stata effettuata nei riguardi delle schede relative all'eliminazione dei difetti, siano essi meccanici, elettro/avionici oppure identificati dal cliente. Dal PERT del verbale basico sono state eliminate in quanto, come evidente, è impossibile inserirle in un determinato punto della catena produttiva. Tali SMC vengono infatti aperte qualora si riscontrino effettivamente difetti e, nel caso, si inseriscono nel flusso quando necessario, facendo attenzione a non prolungare in modo eccessivo la durata del progetto stesso.

4.3 Ottimizzazione metodo e sequenze di assemblaggio

La definizione del sequenziamento delle attività ha inevitabilmente portato a studiare ogni singola SMC nei minimi dettagli, per poter decidere l'ordine con cui le stesse debbano essere svolte.

Questa analisi ha fatto emergere alcune problematiche relative alle operazioni descritte da alcune schede. Ci si riferisce in particolare alle SMC relative a:

- Tracking & Balance M/R & T/R
- Allestimento configurazione GREEN per voli officina

Si vogliono quindi proporre delle modifiche da apportare alle schede per una ottimizzazione della sequenza di assemblaggio e, in generale, dei flussi operativi.

Tracking & Balance M/R & T/R

L'attività in questione, allo stato attuale prevede le seguenti operazioni

- strumentazione del velivolo con analizzatore¹
- installazione di accelerometri (2 sulla *gear box* del rotore di coda), fotocellule (1 sul tronco di coda) e cablaggi per i collegamenti
- verificare che l'installazione dei cavi non procuri interferenze con parti in movimento e non comprometta la sicurezza del volo
- effettuare le prove di bilanciamento e di tracking sul rotore principale e sul rotore di coda secondo le indicazioni fornite.

Si osserva che la scheda contiene un congruo numero di operazioni di cui le prime devono essere effettuate a terra, in quanto richiedono lo smontaggio di parti mobili per lo stivaggio dei cavi, mentre l'ultima deve essere effettuata in volo. Questo comporta una durata dell'attività piuttosto variabile se si considera che le attività di volo non possono essere effettuate in caso di condizioni meteorologiche avverse e se dovessero subentrare complicazioni nel bilanciamento.

Viste le operazioni richieste per la scheda in esame e considerando che operazioni di smontaggio e rimontaggio richiedono tempi lavorativi importanti e causano usura nelle viti e nei sistemi di chiusura, si propone la suddivisione della scheda in due parti distinte:

¹Indicazioni più dettagliate in merito ai tipi di analizzatori utilizzati, per motivi aziendali, non possono essere riportate.

- la *prima* scheda comprende le attività di installazione della strumentazione. Queste operazioni richiedono l'apertura di alcuni vani e di conseguenza si è scelto di inserire questa nuova scheda nella prima fase del flusso (vedi paragrafo 2.3.1) in cui, peraltro, tutti i vani sono già aperti per la pulizia anti F.O.D. e l'elicottero non è ancora stato verniciato
- la *seconda* scheda comprende invece le prove in volo per tracking & balance e si svolgerà, come riportato nel paragrafo 4.2, durante la fase 'MAP + ATP + Operazioni pre-verniciatura'.

In questo modo si ottiene un risparmio di tempo grazie al fatto che, per il montaggio dei sensori, si sfrutta la già avvenuta rimozione delle parti mobili dell'elicottero nella prima fase del processo. Inoltre viene evitata la necessità di ritoccare parti già verniciate in quanto l'operazione viene integralmente svolta precedentemente alla verniciatura. Sarà necessario affrontare questo problema solo in casi particolari, in cui si dovesse richiedere il rifacimento del bilanciamento. Inoltre, poichè la parte di attività da svolgersi in volo è separata dal resto, risulta possibile, in caso di maltempo, procedere con altre attività della seconda fase del processo che possono essere svolte ugualmente, lasciando chiusa temporaneamente l'attività di bilanciamento e seguendo il PERT su percorsi alternativi, senza inficiare l'andamento dei flussi.

L'ultima osservazione è relativa al fatto che il verbale basico attuale manca di una scheda relativa allo smontaggio di tutta la strumentazione utilizzata per l'attività di tracking & balance. Pertanto, nel sistema aziendale di gestione del lavoro, queste operazioni vengono effettuate di necessità, ma le ore lavorative rientrano ancora nella scheda originaria. Per una migliore gestione dei flussi si propone quindi la definizione di una nuova scheda che descriva lo sbarco della strumentazione utilizzata.

Allestimento configurazione GREEN per voli officina

Per le prime prove di volo, la macchina viene allestita in configurazione green. Ciò significa che a bordo sono installati tutti i sistemi base necessari al volo e i sedili piloti. La *green configuration* è una configurazione, si potrebbe dire, di livello inferiore rispetto alla basica. Nonostante questo, necessita di una certificazione apposita, senza la quale gli enti normativi aeronautici (ENAC e ENAV in Italia) non concedono il permesso di volo e, conseguentemente, la possibilità di effettuare le prove richieste.

Le norme richiedono che

- vi siano a bordo non più di 3 occupanti nella cabina

- gli occupanti possono sedersi solo nella prima o nella seconda fila di sedili
- l'equipaggio deve essere composto dal numero minimo di persone necessario alle prove e deve avere a disposizione sedili dedicati dotati di cinture di sicurezza
- il bagagliaio deve essere vuoto

Inoltre, installazioni parziali di componenti possono essere interrotte e certificate fino allo stato attuale, per poter così procedere al volo.

La scheda attualmente in uso prevede l'installazione di un solo sedile passeggeri (oltre a quelli dei piloti) nella seconda fila, al centro e orientato in senso di marcia. I documenti cui ci si riferisce per la certificazione di questa configurazione, però, contemplano una vasta gamma di combinazioni per la sistemazione dei sedili in cabina passeggeri. Sarebbe quindi opportuno completare la scheda con le altre combinazioni che, a seconda dei casi, possono rivelarsi migliori dell'unica finora proposta.

Infine, accanto alla scheda di allestimento configurazione, dovrebbe esserci anche una scheda che descriva la procedura inversa, al termine delle prove di volo. Attualmente l'operazione viene svolta senza che ci si riferisca a una scheda precisa. Sarebbe quindi opportuno aggiungere questa nuova SMC all'interno del flusso operativo in modo che anche il PERT sia completo di tutte le attività da svolgersi.

4.4 Stima risorse ottimali

Come fatto cenno al capitolo 2, la gestione della produzione industriale, oltre alla progettazione e realizzazione dei processi produttivi e alla ottimizzazione dei cicli di lavorazione, comprende anche la gestione delle risorse necessarie ad assolvere quanto definito ai punti precedenti.

Finora si è discusso dei primi due punti, arrivando a definire una sequenza ottimale per le singole operazioni. Si vuole ora procedere analizzando nel dettaglio, anzitutto, come le risorse attuali rispondono al fabbisogno dettato dal flusso definito sopra, per poi procedere con eventuali proposte al fine di una stima ottimale delle risorse necessarie.

Il software utilizzato (MS-OfficeProject®), anche in questo caso è stato essenziale. Esso, infatti, richiedendo la definizione degli orari di lavoro e, permettendo l'assegnazione di risorse ad ogni singola attività, una volta definita la sequenza tecnologica delle operazioni è in grado di fornire indicazioni relative all'utilizzo delle risorse, in base alle quantità assegnate e ai turni di lavoro stabiliti. È inoltre possibile avere un riscontro grafico

della saturazione delle risorse grazie a istogrammi che, in funzione dell'orario di lavoro e in base alle attività che in quel determinato istante vengono svolte, mostrano l'andamento dell'utilizzo della risorsa selezionata. Si consideri, ad esempio, che il giorno X alle ore Y devono svolgersi TOT attività per le quali le risorse richieste sono N. Se in quell'ora le risorse disponibili sono M (con M minore di N), allora si parla di *sovrassaturazione* e si deve procedere modificando i piani operativi. Si parlerà di *sottosaturazione* nel caso in cui M sia maggiore di N e, anche in questo caso, si opererà per occupare le risorse ancora disponibili, facendo in modo che M ed N siano il più possibile uguali.

4.4.1 Analisi utilizzo risorse

Con riferimento alle risorse attualmente utilizzate in reparto (vedi paragrafo 2.2.2), è stata condotta l'analisi di cui sopra, assegnando ad ogni attività le risorse richieste (vedi tabella 4.1). Definito l'orario di lavoro e stabilita la sequenza delle operazioni, assegnando a ciascuna di esse le corrispondenti risorse, si è condotto uno studio sull'utilizzo di tali risorse durante tutte le attività del flusso produttivo relativo al verbale basico.

Tabella 4.1: Fabbisogno risorse e durata micro attività (verb. basico)

Fase	Micro attività	Risorsa		TA ^b
		ID ^a	N ^a	
1° FASE	Pulizia vani per evitare F.O.D.	ME	3	-
	ATP sistema carburante	ME	2	-
	Rifornimento oli lubrificanti	ME	1	-
	Depreservazione motori	ME	2	-
	Completamento e finiture per LIVO	EA	1	-
	Prove elettroavioniche LIVO	EA	2	-
	Installazione pale rotore principale	ME	3	-
	Bonding rotore principale	EA	2	-
	Installazione kit equipment rack	ME	1	-
	Programmazione LCR-100	ME	2	-
	Allestimento config. green	ME	1	-
	Installazione batterie LIVO	EA	1	-

Continua...

...dalla pagina precedente

Fase	Micro attività	Risorsa		TA ^b
		ID ^a	N ^e	
	Applicaz. marche temporanee per PTF	ME	1	-
	Dotazione cablaggi cuffie long nose	EA	1	-
	Inst. temp. piastra ident. eli per PTF	ME	1	-
	Stivaggio connettori P.S.U.	EA	2	-
	Ispezione prima messa in moto	ME	1	-
	Pesata elicottero preliminare	ME	2	-
	Prima messa in moto	ME	1	-
2° FASE	Traino elicottero per MAP voli	ME	2	-
	Flight preparation	MO	1	-
	Airworthiness check -Ispez. giornal.	ME	1	-
	Eliminazione difetti meccanici ^c	ME	?	?
	Test zavorra per max TOW	ME	2	-
	ATP elicottero (ground check)	MO	2	-
	Tracking & Balance M/R & T/R	MO	2	-
	ATP elicottero (rilievo vibrazioni)	MO	2	-
	Procedura compensazione bussola	ME	2	-
	ATP elicottero (flight test)	MO	2	-
	ATP avionic EMC acc. test	MO	2	-
	Eliminazione difetti elett/avionici ^c	EA	?	?
	Ispez./manut. tra le 5 e le 10 ore	ME	2	-
	Smontaggio parti per verniciatura	ME	4	-
3° FASE	Verniciatura ^d	-	-	-
	Reinstallazione per livrea	ME	2	-
4° FASE	Instal. protezioni per attività interni	ME	2	-
	Check list controllo verniciatura	C	1	-
	Reinstallazione parti post-verniciatura	ME	4	-

Continua...

...dalla pagina precedente

Fase	Micro attività	Risorsa		TA ^b
		ID ^a	N ^q	
	Installazione trasparenti	ME	2	-
	Retromod Hinged RH windows	ME	2	-
	Retromod decal finestrini cockpit	ME	1	-
	Instal. bottoni striscie estrazione vetri	ME	1	-
	Installazione rete vano bagagli	ME	1	-
	Installazione Interior markings	ME	1	-
	Installazione tendine parasole	ME	1	-
5° FASE	Passaggio STA arredo - LIVO	ME	2	-
	Rimozione marche provv. e instal. def.	ME	1	-
	Inst. piastra identificativa ass. eli.	ME	1	-
	Collaudo (S.I.)	MO	2	-
	Pesata elicottero (S.I.)	ME	2	-
	Finiture dopo i voli (S.I.)	ME	2	-
	Installazione logo AW139	ME	1	-
	Caricamento batterie 13AH & 44AH	EA	1	-
	Installazione NAV-database	EA	1	-
6° FASE	Eliminazione difetti cliente ^c	ME	?	?
	Materiale a corredo	ME	1	-
	Cuffie H10-13H a corredo	ME	1	-
	Production Flight Test Acceptance proc.	MO	2	-

^a ME: meccanici - EA: elettro/avionici - C: controllo - MO: motoristi

^b TA: tempo assegnato da PO (oscurato per motivi aziendali)

^c Non è possibile assegnare a priori tempo e risorsa

^d Attività di competenza TSM

Per la sequenza del verbale basico definita, con riferimento alle figure 4.1 e 4.2 si osserva che non si ha mai sovrassaturazione delle risorse per

quanto riguarda i meccanici, mentre nel caso degli elettro/avionici, si ha un picco di sovrassaturazione durante le prime attività.

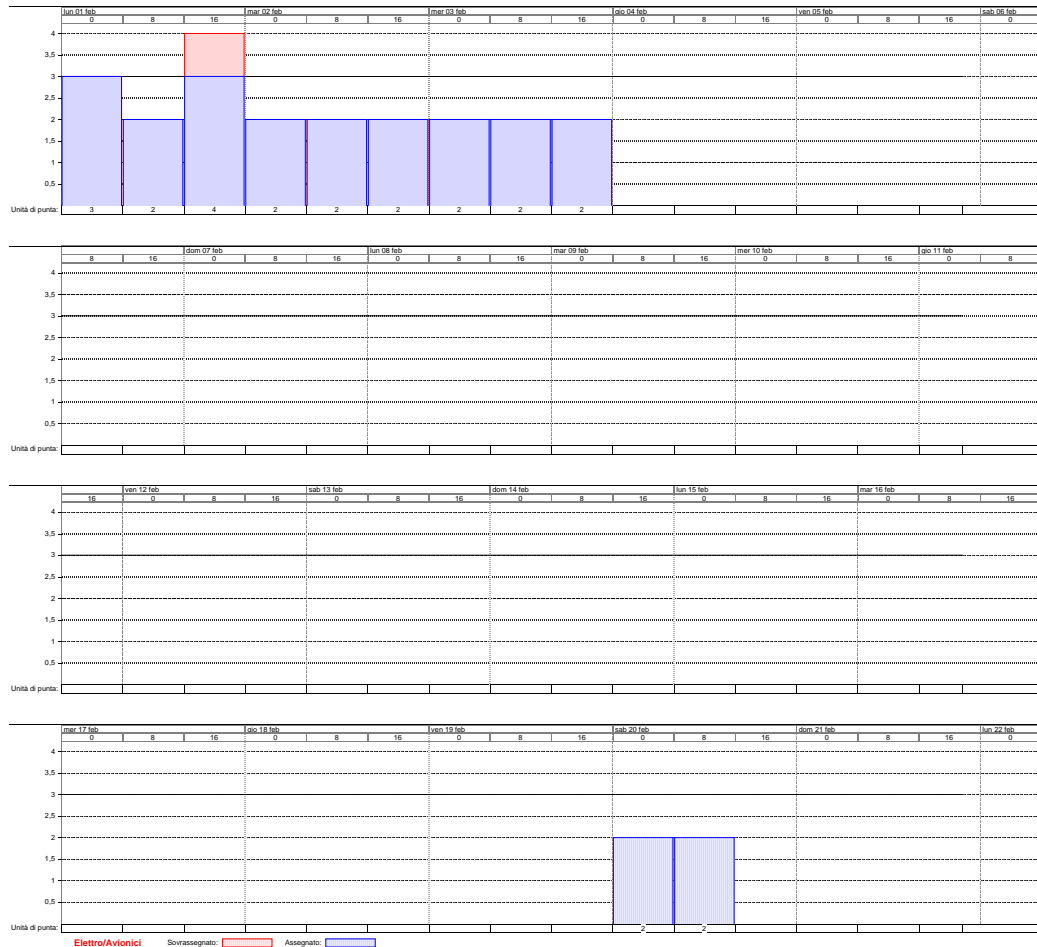


Figura 4.1: Diagramma utilizzo risorse - elettro/avionici

Nel dettaglio, il picco di sovrassaturazione per gli elettro/avionici è contenuto se si considera che richiede una sola unità in più. Inoltre il picco lo si ha in corrispondenza di una sovrapposizione di attività di breve durata e che, di fatto, sono indipendenti l'una dall'altra. Di conseguenza, mettendole in sequenza si elimina la sovrassaturazione della risorsa, senza prolungare la durata complessiva del flusso.

Si può inoltre notare che molti giorni non presentano risorse assegnate. In altri termini, in quei giorni gli elettro/avionici non hanno attività di loro competenza da svolgere. Si tenga conto però che queste considerazioni sono riferite al solo verbale basico di una sola macchina; pertanto, dato che la maggioranza delle attività di competenza degli elettro/avionici sono

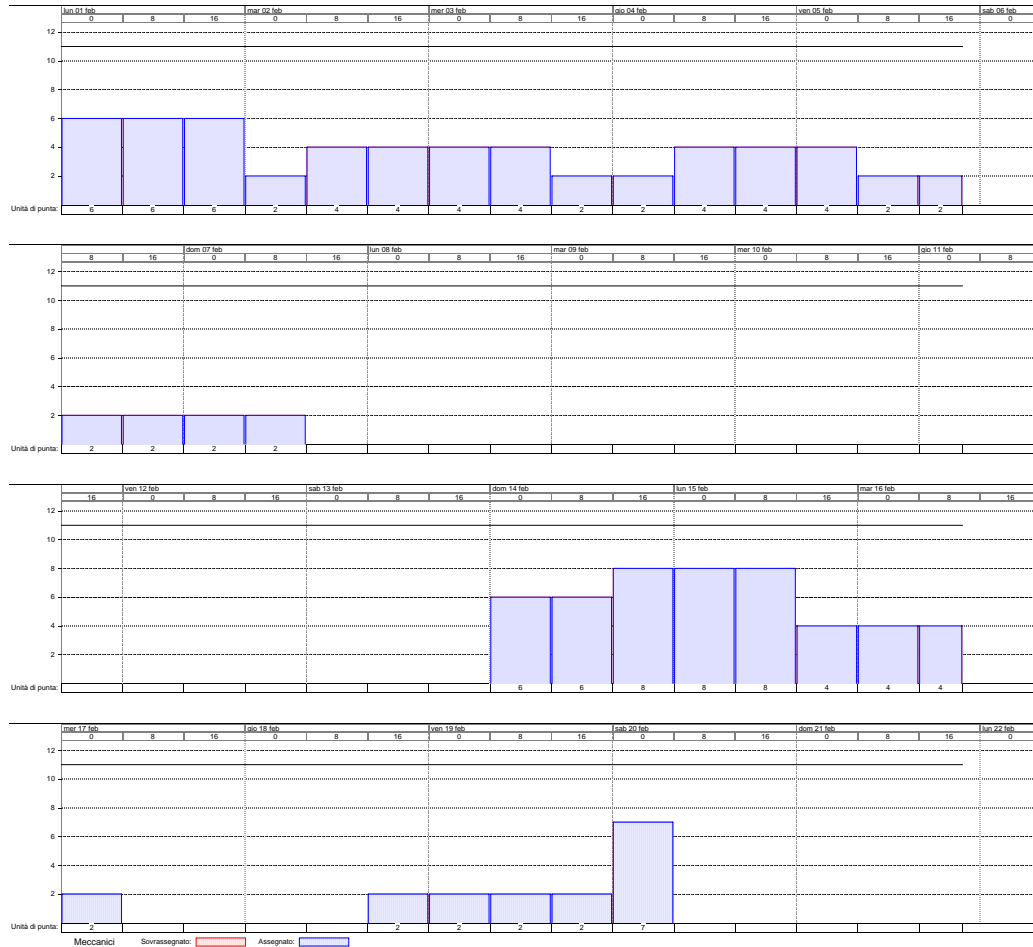


Figura 4.2: Diagramma utilizzo risorse - meccanici

relative alle personalizzazioni della macchina come accennato al capitolo 2, per il verbale personalizzato si vedrà un maggior numero di operazioni loro assegnate.

Per quanto riguarda i meccanici, invece, si ha che durante tutto il periodo di permanenza dell'elicottero in LIVO si ha una sottosaturazione. Questo significa che parte della risorsa non è assegnata ad alcuna attività. Si può pertanto concludere che la risorsa disponibile attuale risulta sovradimensionata rispetto a quanto necessario.

Tutte queste considerazioni sono fatte in relazione alla produzione di una singola macchina (per estensione il ragionamento vale per la produzione di più macchine contemporaneamente) considerando che ogni singola squadra (di cui alla tabella 2.2) lavori su un diverso elicottero.

Di fatto, però, è necessario tener conto di ulteriori aspetti. In particolare, uno degli aspetti che maggiormente complica la gestione delle risorse è il fatto che, qualora operai risultino disponibili perchè in sovrannumero rispetto alla quantità richiesta, questi possano operare su altre macchine.

Se si studiasse una organizzazione che vede una composizione differente delle squadre tale per cui la risorsa presenti un utilizzo quanto più prossimo a saturazione per tutto il processo produttivo, risulterebbe più semplice gestire il personale in base al flusso studiato.

4.4.2 Processo di ottimizzazione

A partire da queste considerazioni, si è studiata quindi una proposta di ottimizzazione dell'utilizzo delle risorse al fine di riuscire a ottenere una maggior saturazione delle stesse durante tutto il processo.

Utilizzando una squadra di lavoro che vede la composizione in tabella 4.2, si ottiene un diagramma delle risorse come in figura 4.3 e 4.4, rispettivamente relativo agli elettro/avionici e ai meccanici.

Tabella 4.2: Composizione squadre di lavoro ottimale

Competenza	Operatori
Meccanici	6
Elettro/avionici	2
Capisquadra	1
TOT.	8 + 1

Si osserva che per gli elettro/avionici si raggiunge la saturazione a 2 unità per l'intero intervallo temporale, tranne che per soli due intervalli temporali di breve durata all'inizio del flusso, in cui le operazioni corrispondenti sono peraltro attività indipendenti e, conseguentemente, eseguibili consequenzialmente piuttosto che in contemporanea a seconda che la risorsa sia o meno disponibile. Per questo è sufficiente variare la sequenza delle attività per desaturare la risorsa.

Osservando invece i diagrammi di figura 4.4 è possibile osservare che sono due i punti in cui si ha sovrassaturazione. Il primo corrisponde a un insieme di attività di competenza dei meccanici tra le quali figura la reinstallazione delle varie parti dopo la verniciatura. Questa attività è piuttosto varia e comprende un numero elevato di interventi di vario genere per una durata globale elevata. Per questo motivo, suddividendo l'attività in modo da prolungarla e desaturare dove necessario, è possibile saturare

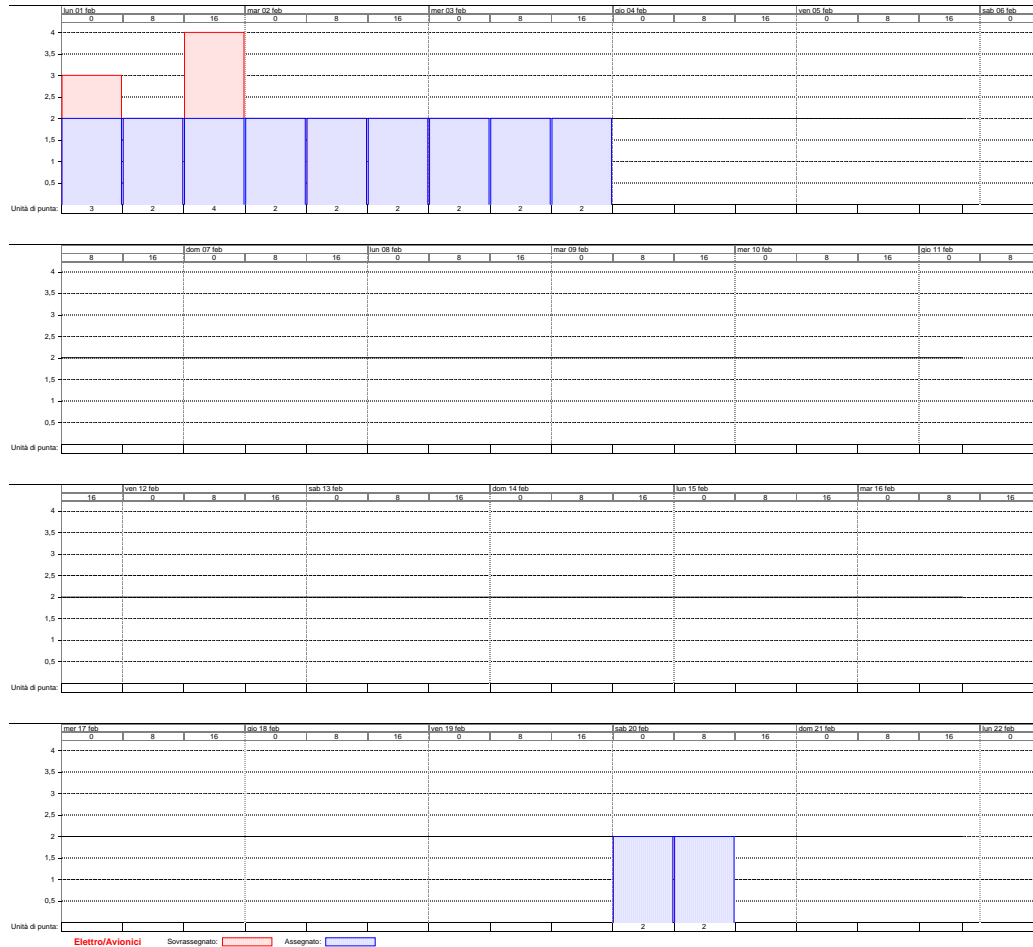


Figura 4.3: Diagramma utilizzo risorse - elettro/avionici [modificato]

la risorsa bilanciando il flusso. Il secondo punto in cui si ha sovrassaturazione è al termine del flusso, dove sono riportate tutte quelle attività a completamento delle installazioni precedentemente alla consegna al cliente. Sono anch'esse attività indipendenti e di breve durata e, per questo, risulta semplice anche qui desaturare la risorsa.

Ancora una volta è bene tener presente che tutte queste considerazioni son riferite al solo verbale basico. Integrando con il verbale personalizzato, è possibile avere una visione più precisa del flusso e affrontare lo studio in modo più dettagliato e completo.



Figura 4.4: Diagramma utilizzo risorse - meccanici [modificato]

4.5 Sequenza tecnologica delle attività personalizzate

Terminato lo studio inerente alle operazioni del verbale basico si è approcciato lo studio relativo alle attività del verbale personalizzato.

Come descritto nel paragrafo 2.3, vi sono varie configurazioni, ognuna delle quali presenta un diverso verbale personalizzato. Inoltre, poichè il cliente può scegliere gli apparati di bordo in funzione delle missioni che desidera svolgere, le configurazioni aumentano notevolmente, insieme ai verbali personalizzati.

Pertanto, dovendo definire la sequenza di assemblaggio che comprende tutte le attività, siano esse basiche o personalizzate, non è possibile riferirsi ad un solo verbale nè definire un flusso diverso per ogni macchina.

Si procede quindi considerando le attività relative alle differenti con-

figurazioni base proposte dall'azienda e alle configurazione degli ultimi elicotteri prodotti, per poi procedere con una valutazione della frequenza con cui le stesse SMC ritornano nei vari verbali e selezionare le schede più frequenti. Delle azioni meno frequenti rimanenti, si scelgono quelle per cui i tempi lavorativi risultano maggiori e, di conseguenza, la loro influenza sulla durata del processo risulta significativa.

Tutte queste schede vengono quindi raggruppate, andando a comporre un verbale speciale completo di tutte le operazioni più frequenti e critiche. Di questo verbale si vuole quindi definire un PERT così da ottenere un modello che possa essere di riferimento per la grande maggioranza delle configurazioni. Nel caso in cui alcune attività non siano contemplate da questo PERT, verranno aggiunte 'in itinere' senza inficiare la sequenza delle operazioni e prolungare il flusso produttivo.

In questa sede, è stato effettuato uno studio preliminare e i risultati sono riportati nell'**Allegato B**

Capitolo 5

Ottimizzazione layout

Nella gestione di un processo industriale, fondamentale risulta lo studio degli spazi e la disposizione degli impianti e delle attrezzature necessarie alla realizzazione del prodotto. La progettazione del layout di una azienda risponde alle seguenti domande:

- qual è la corretta disposizione dei reparti?
- qual è la superficie da assegnare a ciascuna area o reparto?
- qual è la forma geometrica da dare a ciascuna area?

Per poter rispondere a queste domande si devono considerare altri aspetti, che sono fondamentali al fine di ottenere vantaggi di tipo tecnico, economico e finanziario:

- *il prodotto*: per prodotto si intende tutto ciò che concorre alla creazione del prodotto finale. In altri termini si parla di materie prime, semilavorati, grezzi, e forniture in genere.
- *il volume di produzione*: con volume di produzione si intende le quantità di prodotto fabbricate in un anno, espresse in varie unità di misura in funzione della natura del lavorato.
- *il ciclo produttivo*: il ciclo produttivo comprende tutte le operazioni di assemblaggio o trasformazione che concorrono alla realizzazione del prodotto finale.
- *i servizi ausiliari di impianto*: tali servizi includono tutte quelle attività e quelle funzioni a supporto sia del personale che della produzione (magazzino utensili, officine manutenzione e mezzi di trasporto, servizi igienici, pronto soccorso, uffici vendita e via di seguito).

Tutti questi aspetti sono funzione del tempo: il prodotto è infatti in evoluzione durante la sua realizzazione, sia in termini di forma che di dimensione; il volume di produzione varia al variare della domanda e le previsioni che se ne fanno nel tempo possono essere a breve, medio o lungo termine; evolvendosi le tecnologie, i cicli di produzione devono adeguarsi per essere sempre all'avanguardia e competitivi sul mercato; i servizi si evolvono col tempo inseguendo i mutamenti dei sistemi contabili piuttosto

che semplicemente dei magazzini e della loro gestione¹. Questo significa quindi che anche il layout industriale di una azienda è funzione del tempo e necessariamente presenta mutamenti nel corso degli anni. Diverse sono infatti le occasioni per le quali si rende necessaria la progettazione o ridefinizione del layout aziendale:

- riprogettazione completa o parziale del prodotto in lavorazione
- messa in linea di un nuovo prodotto
- carenza di servizi o atmosfera di lavoro insoddisfacente
- obsolescenza degli impianti e delle attrezzature.

Tutte queste sono cause per le quali il layout può vedersi rinnovato completamente, modificato in parte o radicalmente (per approfondimenti si veda [9]).

Nel caso in esame, avendo ridefinito i flussi produttivi come descritto nei capitoli precedenti, risulta necessario valutare l'opportunità di modificare e ottimizzare anche il layout attuale, partendo dalle analisi effettuate e presentate al capitolo 2, al fine di ordinare, standardizzare e semplificare il processo produttivo, così da ottenere notevoli vantaggi in sede d'esercizio dell'impianto.

5.1 Tipi di layout

Il primo passo verso lo studio di un layout consiste nell'analisi delle varie tipologie proposte dalla letteratura. Si possono considerare tre configurazioni impiantistiche principali:

- montaggio 'a postazione fissa'
- montaggio 'per processo' (o 'in parallelo')
- montaggio 'per prodotto' (o 'in linea')

Queste tre classificazioni hanno caratteristiche intrinseche ben distinte e danno luogo a tre disegni di layout differenti [10, cap. 3].

¹Sempre più si punta ad avere una gestione della produzione Just In Time, che permetta di avere magazzini di dimensioni contenute e, soprattutto, consenta di non immobilizzare capitale inutilmente

5.1.1 Montaggio a postazione fissa

Questo tipo di layout è utilizzato nel caso in cui il prodotto presenta grandi dimensioni ed elevati pesi e, per questo rimane fisso nella medesima postazione fino al suo completamento. Gli impianti e le attrezzature necessarie vengono trasferite sul posto di lavoro o, in alternativa, si provvede a dotare ogni postazione di tutti i macchinari occorrenti (vedi figura 5.1).

Si può quindi comprendere come questo tipo di layout sia adottato per l'assemblaggio di velivoli di grandi dimensioni e nei cantieri navali, ove in loco viene iniziato l'assemblaggio del prodotto e in loco viene terminato.

Una particolare variante del layout a postazione fissa è quella così detta del layout 'per progetto'. Si pensi ad esempio ai cantieri di grandi opere civili e industriali (costruzione di fabbricati, stabilimenti, ponti, grandi edifici etc.): sono tutti layout a postazione fissa, aperti per la sola durata del progetto. In essi gli impianti e le varie attrezzature vengono fatti confluire fino al termine dei lavori.

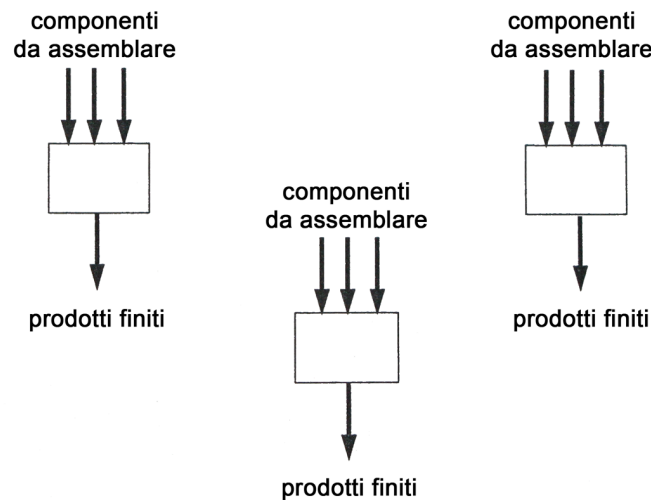


Figura 5.1: Linea di assemblaggio a postazione fissa

Vantaggi

- *Lavoro vario*: ogni operatore compie di fatto l'intero ciclo produttivo o buona parte di esso. Il lavoro è quindi visto come più gratificante proprio per il fatto che differenti sono le operazioni delegate al singolo operaio.
- *Rapido avvio di nuove produzioni*: è un sistema semplice, che richie-

de poche attrezzature e studi elementari per il suo allestimento. Si presta bene al passaggio da un tipo di assemblaggio ad un altro.

- *Investimento ridotto*: è una diretta conseguenza della semplicità relativa che caratterizza questo sistema. L'unico aspetto che incide maggiormente sull'investimento è il costo legato alle attrezzature utilizzate.

Svantaggi

- *Flusso intrecciato delle parti*: tutte le tipologie di componenti necessarie al prodotto devono confluire in una unica stazione e, in presenza di più stazioni, i flussi dei materiali risultano tanto più intrecciati quanto maggiore è il numero dei centri di lavoro.
- *Elevato Work In Progress (WIP)*: in ogni stazione ci saranno componenti in attesa di essere montati e pezzi montati che devono essere portati via. Si ha quindi una stagnazione dei materiali e un conseguente aumento del WIP.
- *Difficile addestramento della manodopera*: poiché l'operatore è chiamato a svolgere differenti attività, deve avere una formazione completa e meno specializzata. Questo comporta anche costi maggiori relativamente alla manodopera.

5.1.2 Montaggio per processo

Il layout per processo, altrimenti detto 'in parallelo', prevede che tutte le macchine atte allo svolgimento delle operazioni relative ad una certa fase del processo produttivo siano sistemate in una determinata area, chiamata centro di lavoro. L'organizzazione del lavoro risulta pertanto snella e porta a una grande flessibilità operativa. Tuttavia si richiede la movimentazione dei prodotti in lavorazione in funzione di quanto richiesto dai cicli di produzione.

È quindi un sistema di montaggio formato da un insieme di stazioni indipendenti in ognuna delle quali vengono svolte operazioni secondo una sequenza preassegnata che determina l'ordine in cui il prodotto in corso di assemblaggio vi transita (uno schema è riportato in figura 5.2).

Si può dire, in altri termini, che presso le singole stazioni vengono prodotti semilavorati che andranno a completare il prodotto finale. A titolo esemplificativo, si considerino le officine meccaniche per l'allestimento del trave di coda degli elicotteri presso l'azienda *AgustaWestland*, oppure le aree a lato delle flow-line del reparto MF per l'allestimento di motori e altri componenti.

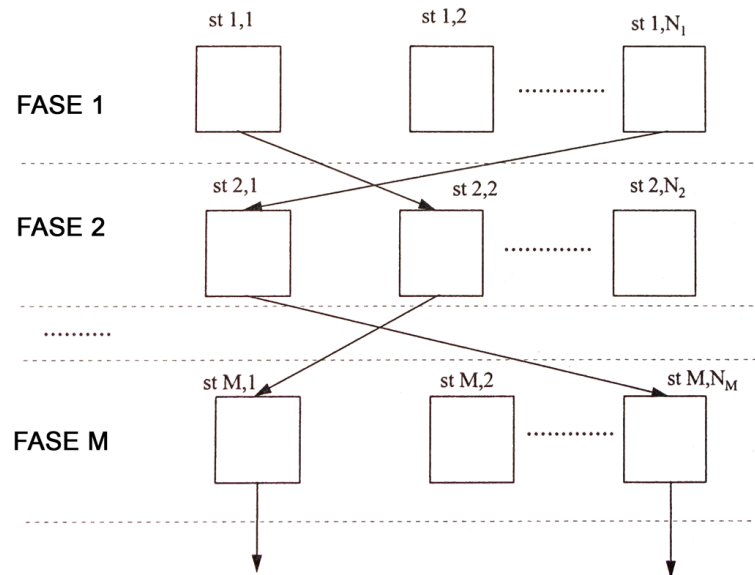


Figura 5.2: Linea di assemblaggio per processo (in parallelo)

Nel layout in parallelo non si riesce a identificare un flusso univoco dei materiali, in quanto le stazioni sono indipendenti una dall'altra. La movimentazione dei pezzi è quindi demandata ad attrezzature dedicate, quali trans-pallets, carrelli e via di seguito.

Questo tipo di layout è evidentemente adatto a tutte quelle aziende in cui viene adottato un tipo di fabbricazione 'job shop', dove ogni prodotto è realizzato in quantità limitate e secondo cicli di assemblaggio di volta in volta differenti.

Vantaggi

- *Stazioni indipendenti:* viene eliminato il vincolo del rispetto sistematico del tempo di ciclo da parte degli operatori in quanto le stazioni sono tra loro disaccoppiate e indipendenti.
- *Notevole flessibilità:* il sistema presenta una grande flessibilità, particolarmente utile nel caso in cui vi siano mix produttivi molto variabili nel tempo in termini di tipologia e di volume produttivo. Risulta possibile, infatti, ridefinire all'interno di una determinata stazione le operazioni da eseguire, aggiungendo o togliendo stazioni in parallelo in funzione delle esigenze (è possibile farlo perchè sono indipendenti).

Svantaggi

- *Costi elevati*: in genere questo schema di montaggio presenta costi elevati, soprattutto se si adottano sistemi di movimentazione automatica dei prodotti all'interno dell'impianto. Inoltre, rispetto all'assemblaggio in linea (discusso in seguito) richiede uno spazio maggiore.
- *Difficoltà di programmazione operativa*: la gestione operativa, dei flussi dei componenti e dei sottosistemi in corso di assemblaggio diviene più complessa. Questo modello si presta molto bene a realizzare sistemi di montaggio misti, in cui a fianco di una linea di flusso sono sistemate isole di montaggio organizzate per processo.

5.1.3 Montaggio per prodotto

Detta anche 'in linea', in questa configurazione impiantistica le varie operazioni di montaggio vengono suddivise in più stazioni in serie, in ciascuna delle quali viene svolta da uno o più operatori solo parte della sequenza di assemblaggio globale. Il prodotto in corso di assemblaggio procede quindi lungo le stazioni della linea (da qui la denominazione di questa tipologia di layout) fino a giungere completo al termine della catena (figura 5.3).

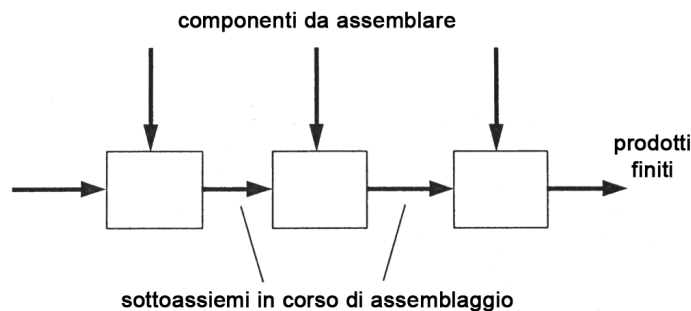


Figura 5.3: Linea di assemblaggio per prodotto (in linea)

È un tipo di layout che viene adottato in aziende in cui i processi produttivi siano di tipo continuo o a flusso, che richiedono un elevato numero di operazioni elementari. Si pensi, per capire, alle catene di montaggio. In questi casi l'efficienza dell'impianto produttivo è decisamente maggiore che negli altri casi. Basti pensare ad esempio che, a differenza del layout a processo, in questo caso i flussi di materiale sono ben definiti e vanno da una stazione alla successiva mediante sistemi fissi ed automatici di movimentazione. Ciò mostra come questo layout sia molto meno flessibile

(risulta infatti strettamente legato al prodotto che si va fabbricando) in relazione a quello in parallelo. Tuttavia presenta una efficienza decisamente maggiore.

Le attrezzature in questa configurazione vengono posizionate presso le diverse stazioni in base a quanto in quella stazione deve essere svolto. La duplicazione di macchinari viene quindi presa in considerazione solo nel caso in cui sia strettamente necessario, oppure nel caso in cui si voglia duplicare la linea di produzione.

Un esempio eloquente di questo tipo di schema di montaggio è la linea di assemblaggio degli elicotteri nel reparto MF presso *AgustaWestland*. Altri esempi si riscontrano nelle aziende automobilistiche in cui, a partire dal semplice telaio, la macchina viene assemblata e terminata su una unica catena di montaggio.

Vantaggi

- *Flusso razionale del materiale*: i sottosistemi in corso di assemblaggio vengono movimentati lungo la linea e i componenti vengono introdotti nella linea alle stazioni in cui essi stessi vengono utilizzati. Questo è il contrario di quanto succede nel modello di montaggio a posto fisso, in cui tutti i componenti vengono convogliati in una unica stazione.
- *WIP e spazi ridotti*: per quanto detto sopra e per linee a cadenza, in assenza di zone buffer, non vi è accumulo di materiale in corso di assemblaggio. Questo comporta anche una minor richiesta di spazio.
- *Facile addestramento della manodopera*: gli operatori devono saper svolgere poche azioni. Pertanto la formazione risulta più specializzata e i costi relativi sono decisamente inferiori rispetto al caso del montaggio a posto fisso.

Svantaggi

- *Lavoro ripetitivo*: A differenza degli altri due schemi sopra riportati, in questo caso l'operatore si trova a dover svolgere poche azioni in modo ripetitivo, perchè in genere si tratta di mansioni di breve durata.
- *Elevato avvio di nuove produzioni*: nel caso in cui si debba avviare un nuovo ciclo produttivo, è necessario studiare e allestire una nuova linea dedicata, con un notevole impiego di tempo.

- *Difficile bilanciamento*: i problemi maggiori si hanno sia in fase di progettazione della linea che in fase di gestione, in quanto ottenere stazioni bilanciate dai punti di vista delle ore di lavoro e del carico di lavoro risulta particolarmente complesso. In particolare, si rende necessario, con una certa frequenza, un ribilanciamento della linea a causa, ad esempio, di variazioni nel ciclo produttivo piuttosto che modifiche al prodotto stesso.
- *Minor flessibilità*: Rispetto alle altre configurazioni presenta una maggiore rigidità, in quanto il modello di assemblaggio è studiato per un certo prodotto e un certo ciclo produttivo: un progetto su misura. Risulta quindi particolarmente difficile inserire nuovi pezzi da assemblare o apportare modifiche alla linea stessa.

Come si può intuire, spesso nelle aziende non si predilige un solo modello, ma in base alle tipologie di prodotti che si vogliono fabbricare viene disegnato un layout misto che prevede schemi diversi per reparto o per centri di lavoro. Dagli esempi riportati, è facile comprendere come anche *AgustaWestland* abbia adottato differenti configurazioni in funzione del reparto e dei prodotti.

5.2 Layout ottimale

Note le varie tipologie di layout proposte dalla letteratura, si è valutata l'opportunità di modificare il layout attuale del reparto.

Partendo dalla definizione della sequenza delle singole attività e, quindi, dalla progettazione dei flussi produttivi, si sono fatte le seguenti considerazioni, in base alle quali ci si è poi mossi per una proposta di layout ottimale:

- Le attività di competenza LIVO sono di carattere decisamente vario e, in particolare, di natura completamente differente rispetto a quelle del reparto MF. Se, infatti, per il montaggio finale vi sono una quantità di operazioni semplici e veloci che devono essere eseguite secondo un determinato ordine, in linea volo sono poche le azioni che necessitano una sequenza ben definita. La maggior parte delle attività è composta da schede indipendenti, che possono di conseguenza essere svolte parallelamente, senza che alcun vincolo tecnologico ne definisca l'ordine.
- Come si è visto nei capitoli precedenti, il livello di personalizzazione della macchina è molto rilevante e, in funzione di questo, il nu-

mero di attività che ogni singola configurazione comporta varia significativamente (si veda a titolo esemplificativo la tabella 2.5). Di conseguenza, pur definendo un PERT ideale e standardizzato come descritto al paragrafo 4.5 (caso esemplificativo relativo alle attività sull'*AW139*), risulta difficile prevedere una linea di assemblaggio come quella del reparto MF. Infatti, essendoci numerose configurazioni, ognuna delle quali prevede un numero molto variabile di operazioni caratterizzate da tempi lavorativi differenti, studiare una linea di flusso in cui si susseguano macchine con piani operativi non confrontabili in termini di ore di lavoro, risulta sostanzialmente impossibile.

- Molte operazioni, per motivi di sicurezza, come accennato al capitolo 2 vengono svolte all'esterno del capannone LIVO. Questo comporta una frequente movimentazione della macchina e, data la disposizione su due file all'interno del fabbricato (vedi figure 2.2 e 2.4), emerge una complicazione ulteriore nel caso l'elicottero da spostare si trovi in posizione posteriore rispetto ad un altro. Si potrebbe pensare di disporre i velivoli su una singola fila, ma questo comporterebbe un dimezzamento delle postazioni e, quindi, delle macchine in reparto, nonché una eccessiva quantità di spazio inutilizzato.
- Tra le numerose operazioni, come emerge anche dal capitolo 3, alcune sono demandate ad aziende esterne: ci si riferisce, in particolare, alle aziende di verniciatura (TSM) e di arredo (SEI). Con riferimento alle definizioni di layout sopra riportate, queste aziende possono considerarsi come stazioni di lavoro, indipendenti dal resto delle attività del reparto, appartenenti ad un layout a processo. Tuttavia, se da una parte le attività di SEI e, in generale, di arredamento possono essere incluse nel flusso produttivo del reparto in quanto sono operazioni che avvengono nel capannone LIVO, d'altra parte questo non vale per la verniciatura. TSM infatti lavora per *AgustaWestland* ma in un fabbricato esterno al reparto. Ciò implica che la macchina debba essere spostata da un edificio ad un altro, tra loro disaccoppiati. Ai fini della progettazione del PERT LIVO è quindi opportuno rappresentare la verniciatura come un singolo blocco comprendente tutte le attività spettanti a TSM. Il controllo poi sulla durata di tale blocco, che non deve eccedere quanto definito dai piani operativi, e sull'esecuzione delle singole azioni di cui è composto, spetta a SEI.
- Le attività principe del reparto linea volo, come evidente, sono le prove in volo, necessarie alla certificazione della macchina e di ogni

suo componente. In quanto tali, queste operazioni sono influenzate significativamente dalle condizioni meteorologiche. Se infatti si presentano condizioni meteo difficili, risulta impossibile effettuare i voli; questo comporta un ritardo nel flusso operativo che verrebbe colmato, o quantomeno diminuito, prevedendo nel flusso una sequenza alternativa di attività. Pertanto, la variabile meteo è una variabile importante da considerare, nonostante di fatto, essendo completamente aleatoria, non si rende possibile una sua modellazione matematica o statistica attendibile.

- La suddivisione a squadre, allo stato attuale delle cose (vedi capitolo 4), non risulta efficiente o quantomeno complica la gestione del personale e l'organizzazione del lavoro. Le squadre sono composte da un numero elevato di operatori e, per questo, è immediato osservare che questi ultimi non possono operare tutti su una stessa macchina e, di conseguenza, devono essere suddivisi su più elicotteri. Disponendo invece di gruppi ridotti, è plausibile assegnare ad ogni macchina una singola squadra e l'organizzazione del lavoro risulterebbe semplificata.

A fronte di queste considerazioni, si propone quindi un modello di layout differente da quello attuale.

Con riferimento alle tipologie di layout di cui al paragrafo 5.1, viene così scartato il modello di montaggio per prodotto, o 'in linea'. Rimangono da considerare la configurazione di assemblaggio per processo e quella a posto fisso. La prima non soddisfa le richieste in quanto le attività del reparto LIVO sono tipicamente attività di installazione di componenti già lavorati direttamente sulla macchina. Non vengono richiesti montaggi di componenti o quant'altro richieda una area di lavoro indipendente, ma tutto concorre al completamento dello stesso prodotto. Pertanto la terza tipologia, ossia montaggio a postazione fissa, rimane quella che più di tutte assolve ai bisogni del reparto. Ad essa, però, è necessario apportare delle modifiche ad hoc, di seguito discusse.

Un layout a postazione fissa permette di posizionare un elicottero, che giunge dal reparto MF, in una postazione e lì lasciarlo fino al suo completamento. Assegnando ad ogni macchina una determinata squadra, poi, la gestione del personale viene a semplificarsi e soprattutto si hanno vantaggi che vengono dal fatto che la continuità operativa su una data macchina permette una miglior conoscenza della stessa e delle problematiche che ad essa sono connesse. Questo porta ad avere anche una diminuzione (se non una eliminazione) dei tempi attualmente necessari ai responsabili per

istruire le squadre entranti in servizio, circa le operazioni da effettuare sui diversi velivoli.

Per quanto riguarda gli spostamenti delle macchine, si è detto essere un aspetto molto frequente a causa della conformazione del layout attuale. Molte operazioni devono essere fatte all'esterno del capannone e, di conseguenza, è necessario trasportare l'elicottero dove necessario. L'unico modo per risolvere questo problema risiede nel cercare di effettuare tutte le prove da svolgere all'esterno in un blocco unico di attività (come sopra descritto per i trattamenti di verniciatura), in modo da limitare al minimo il numero di movimenti macchina.

Inoltre, un layout di questo genere richiede di poter svolgere tutte le attività in tutte le postazioni. Per questo motivo è richiesta l'installazione di ulteriori carroponi, sia nel fabbricato LIVO 139 che LIVO 109, per riuscire a coprire le piazzole attualmente sprovviste di questo sistema di sollevamento dei carichi.

La configurazione che si propone quindi per il reparto LIVO prevede:

- un modello di assemblaggio a postazione fissa in cui, in ogni postazione, si possano svolgere tutte le attività relative ad una stessa macchina, dal suo passaggio MF-LIVO, fino al suo completamento
- un flusso operativo in cui le operazioni che avvengono al di fuori del fabbricato LIVO si possano raggruppare nel minor numero possibile di blocchi di attività (a titolo esemplificativo si può avere un blocco per la verniciatura, un blocco per le attività relative all'impianto fuel, un blocco per le prove in volo...) così da minimizzare i movimenti delle macchine
- un maggior numero di squadre composte da meno operatori rispetto allo schema attuale, in modo da poter assegnare ad ogni macchina una squadra e seguire con più continuità le operazioni sui vari velivoli.

Globalmente si può quindi dire che il layout proposto è una variante del modello a postazione fissa. Infatti la configurazione proposta è una configurazione in cui il prodotto ha un solo posto di riferimento ma, poichè è necessaria la sua movimentazione al di fuori del capannone (sia per la verniciatura che per attività non eseguibili all'interno), il prodotto stesso è condotto presso altre aree di lavoro in cui viene lavorato e assemblato. Vi saranno quindi più stazioni in cui l'elicottero dovrà passare, una delle

quali (quella all'interno del capannone LIVO presso la quale il tempo di permanenza è molto maggiore) è presa come base di stazionamento.

I vantaggi e gli svantaggi di questo nuovo modello, sono riportati di seguito.

Vantaggi

- maggiore semplicità in termini di gestione del personale (squadre piccole assegnate ognuna ad ogni macchina)
- minor movimentazione delle macchine che comporta
 - . una minor possibilità di danneggiamento di parti di struttura legata a spostamenti in ambienti di dimensioni relativamente ridotte o collisione tra elicotteri, nonché danni a carrelli o altri componenti
 - . un guadagno in termini di tempo per i trasferimenti del velivolo
- l'organizzazione del lavoro viene agevolata dal fatto che la squadra che entra in servizio sa già su che macchina operare e, grazie alla continuità nelle operazioni che viene a crearsi in questo modo, ogni operatore sa quali sono le problematiche di ciascuna macchina e questo permette di intervenire in modo mirato e subitaneo per risolvere eventuali complicazioni.

Svantaggi

- rimane il problema della movimentazione della macchina legato al fatto che negli hangar son previste due file di elicotteri. Se però, come suggerito sopra, il numero degli spostamenti viene limitato e le movimentazioni studiate a tavolino in base ai piani operativi di reparto, questo problema passa in secondo piano
- è necessario dotare le piazzole di tutte le attrezzature necessarie allo svolgimento delle operazioni richieste dai verbali delle macchine. Questo richiede un impegno finanziario notevole, ma a lungo termine permetterà all'azienda di avere un ritorno economico significativo.

Il modello proposto, per ora rimane tale, in quanto non è stato possibile approfondire lo studio ed effettuare simulazioni nei sei mesi di stage

in cui si è operato. Sono quindi aperte ancora molte questioni circa l'ottimizzazione della Linea VOlo, sia dal punto di vista della gestione delle risorse che dal punto di vista del layout.

Capitolo 6

Industrializzazione

Originariamente, il termine 'industrializzazione' stava ad indicare il processo di trasformazione della società da un tipo di vita ad economia rurale ad un tipo di vita ad economia industriale. Prendeva vita in Europa nel XVII secolo e, in particolare, in Gran Bretagna ed in Germania e, solo in un secondo tempo, giungerà anche in Italia.

In questo contesto è utilizzato con l'accezione di fenomeno che porta avanti il concetto di modernizzazione, di miglioramento di una società e, nello specifico, di una azienda. Il miglioramento nell'ambito della industrializzazione è inteso come aumento delle comodità, dei servizi, della mobilità, della sicurezza e diminuzione dei tempi necessari allo svolgimento delle operazioni di competenza.

Si capisce, quindi, come l'industrializzazione cammini di pari passo con l'evoluzione tecnologica. Nei secoli scorsi vi sono state scoperte e invenzioni che hanno letteralmente cambiato il modo di pensare la vita quotidiana e, come allora, così anche oggi questo fenomeno porta con sé, come ogni trasformazione sociale, degli aspetti collaterali, uno dei quali è la difficoltà di accettazione, da parte di alcuni, del nuovo panorama che si presenta. Tuttavia, una azienda all'avanguardia non può permettersi di disattendere questo tipo di innovazione.

Nell'ultimo anno sono state avviate diverse iniziative per lo Stabilimento di Vergiate di *AgustaWestland*, sia sulla linea *AW109* che *AW139*, per i reparti MF, LIVO, Logistica e Manufacturing Engineering.

In questa sede, a completamento del lavoro di ottimizzazione dei flussi produttivi svolto e presentato ai capitoli precedenti, è stato affrontato uno studio di industrializzazione in riferimento ad alcune attrezzature, con l'obiettivo di massimizzare l'efficienza del reparto e di minimizzare i tempi, offrendo nuove modalità per la gestione dei materiali e dei componenti, oltre a comodità, ergonomia, ordine e maggiore sicurezza. Nello specifico ci si è occupati della riprogettazione di carrelli (vedi figura 6.1) atti allo stivaggio di parti rimovibili, quali coperture di vani di ispezione, carenature e quant'altro venga rimosso dalla macchina per potervi operare in comodità e sicurezza, in riferimento alla macchina *AW139*.

La necessità di modificare tali attrezzature è conseguenza prima del passaggio dell'*AW139* dalla versione 'a naso corto' alla versione 'a naso lungo'. Molteplici sono le differenze tra le due configurazioni, ma, come da definizione, se nella prima versione il muso del velivolo era di di-

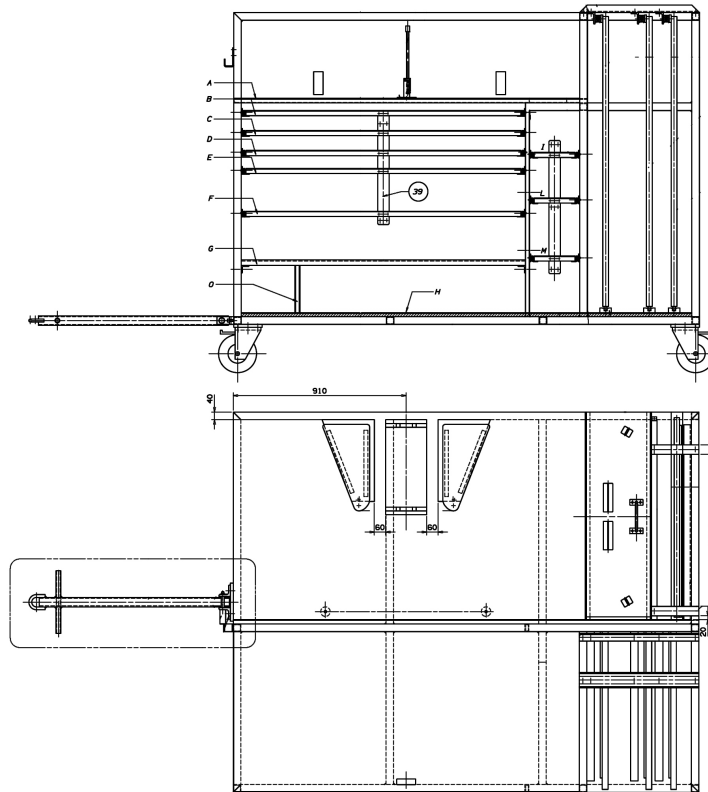


Figura 6.1: Carrello porta carenature originale (in alto: vista laterale - in basso: vista dall'alto)

mensioni inferiori, in quanto molti apparati avionici erano stivati in baie dedicate nel bagagliaio della macchina, la presente configurazione vede tali apparati installati nel nuovo muso dell'elicottero, che quindi presenta dimensioni differenti. Diversi sono i motivi che hanno portato a questa sostanziale modifica. Fra tutti, i principali sono legati a problematiche di pesi e centraggi della macchina e alla necessità di ricavare maggior spazio nel bagagliaio per poter così aumentare quello che, in gergo, è detto carico pagante.

Ulteriori modifiche sono poi state apportate alla struttura dell'elicottero. In particolare, una sostanziale modifica ha riguardato le carenature dei motori e degli scarichi, per le quali è stato affrontato uno studio dedicato in quanto, nella versione precedente, oltre ad avere un disegno diverso, era possibile lasciarle installate sulla macchina.

Un ultimo aspetto da considerare è legato strettamente al layout di reparto. Per capire cosa si intende con questa affermazione è necessario un excursus in riferimento ad alcune attività di reparto che vedono l'utilizzo diretto delle attrezzature in questione. Si consideri il percorso che la macchina compie, dal suo arrivo allo Stabilimento di Vergiate sino alla consegna al cliente:

- la struttura dell'elicottero giunge presso il reparto MF completa di tutti i pezzi su di essa montati¹
- prima di entrare nella linea di montaggio, tutte le parti amovibili vengono rimosse per permettere l'installazione di cablaggi, componenti di bordo, motori, trasmissione e tutto quanto di competenza del reparto MF
- tutte queste parti rimosse vengono alloggiare su appositi carrelli (sono le attrezzature di cui si sta discutendo in questo capitolo)
- questi carrelli vengono poi stivati in un'area apposita prevista a layout, in quanto i componenti rimossi vengono reinstallati dopo un certo periodo di tempo.

Il problema di cui sopra, è relativo proprio a questo ultimo punto: lo stivaggio dei carrelli. L'area dedicata si sviluppa in altezza sufficientemente ad accogliere le parti mobili della vecchia versione a naso corto. Attualmente, l'alloggiamento dei componenti della nuova versione sui vecchi carrelli prevede un ingombro verticale maggiore e, in particolare, eccessivo rispetto all'altezza disponibile nell'area dedicata. La soluzione vede quindi una duplice proposta: da una parte l'innalzamento del soffitto dell'area di stoccaggio e dall'altra il ridimensionamento dei carrelli, con lo studio di un nuovo carrello dedicato. Poichè la prima risulta impossibile, visto il disegno del fabbricato, non si può che agire sulla seconda.

Tutti questi aspetti hanno portato, così, alla necessità di rivedere le attrezzature di reparto attuali, in quanto non più in grado di ospitare tutti i componenti mobili della nuova versione (si è infatti in presenza di un aumento delle parti da rimuovere e, conseguentemente, da stivare) oppure, vista la sola modifica di alcuni componenti, non più in grado di permetterne uno stivaggio sicuro e ordinato.

¹La macchina viene trasportata completa di tutti i suoi componenti, in quanto ogni pezzo presenta un part number (p/n) associato ad una determinata macchina e una certa quantità di pezzi di minuteria dedicata. Di conseguenza, si comprende come il trasporto delle singole parti potrebbe comportare il rischio di smarrimento delle stesse.

6.1 Modifica al progetto

La soluzione al problema sopra esposto è stata ottenuta mediante una modifica al progetto esistente del carrello parti rimovibili.

Come da figura 6.1 nella vista dall'alto, si nota che il carrello è diviso in due parti principali, in una delle quali vi è sistemata una cassettera e nell'altra sono stati installati appositi sostegni per le parti più ingombranti. Il piano superiore della cassettera è adibito all'alloggiamento del radome dell'elicottero che, da quanto detto sopra, risulta uno dei componenti critici nel passaggio dalla versione a naso corto a quella a naso lungo. La parte del carrello posteriore ai cassetti, invece, è impiegato per la sistemazione delle carenature dei motori, degli scarichi, dei fari, degli sponson e altre coperture di dimensioni significative. Qui i pezzi critici risultano essere invece le carene degli scarichi e degli sponson. I primi, nella nuova versione presentano una forma completamente rinnovata; i secondi, invece, in funzione della configurazione della macchina presentano forme differenti. Da ultimo, si sono riscontrati alcuni problemi nei sistemi di sostegno di alcune parti sulle ante verticali presenti sul carrello: in particolare, in presenza di foam insonorizzante, i ganci attuali non assolvono alla loro funzione in modo elegante e sicuro.

Si sono pertanto identificati in modo dettagliato tutti i componenti da stivare e le problematiche ad essi relative al momento presente e si è valutato quali, fra i tanti, possano essere considerati critici, vale a dire che più di tutti necessitano di una nuova sistemazione. La decisione circa quali componenti da stivare sul presente carrello è stata presa anche in base all'utilizzo degli stessi durante il flusso produttivo. In altri termini, si è cercato di sistemare su uno stesso carrello tutte quelle parti che, rimosse inizialmente, vengono poi reinstallate nelle ultime stazioni della linea. In questo modo, anche il flusso dei materiali all'interno del reparto, risulta più ordinato ed efficiente.

Mediante simulazione con programmi di modellazione 3D messi a disposizione dall'azienda, si è poi potuta stimare una ipotetica allocazione dei vari pezzi, prima di procedere al dimensionamento del nuovo attrezzo.

Il passo successivo è quindi stato quello di mettere mano operativamente al disegno dell'attrezzo attuale per modificarne le dimensioni e la configurazione. In particolare:

- è stata modificata la cassettera, eliminandone un ripiano, per abbassare il piano superiore e permettere quindi lo stoccaggio del carrello nell'area dedicata a layout, senza apportare danni al radome della macchina

- è stato tolto uno dei quattro cassettei piccoli sulla parte destra della cassetiera, ridimensionando i tre rimasti
- nella parte posteriore sono stati rimossi i vecchi sistemi di alloggiamento e ne sono stati installati di nuovi
- sulle ante sono stati installati nuovi sistemi di sostegno studiati in modo da poter ospitare i pezzi sia insonorizzati che privi di foam.

Il disegno del carrello modificato, completo delle modifiche è riportato in figura 6.2.

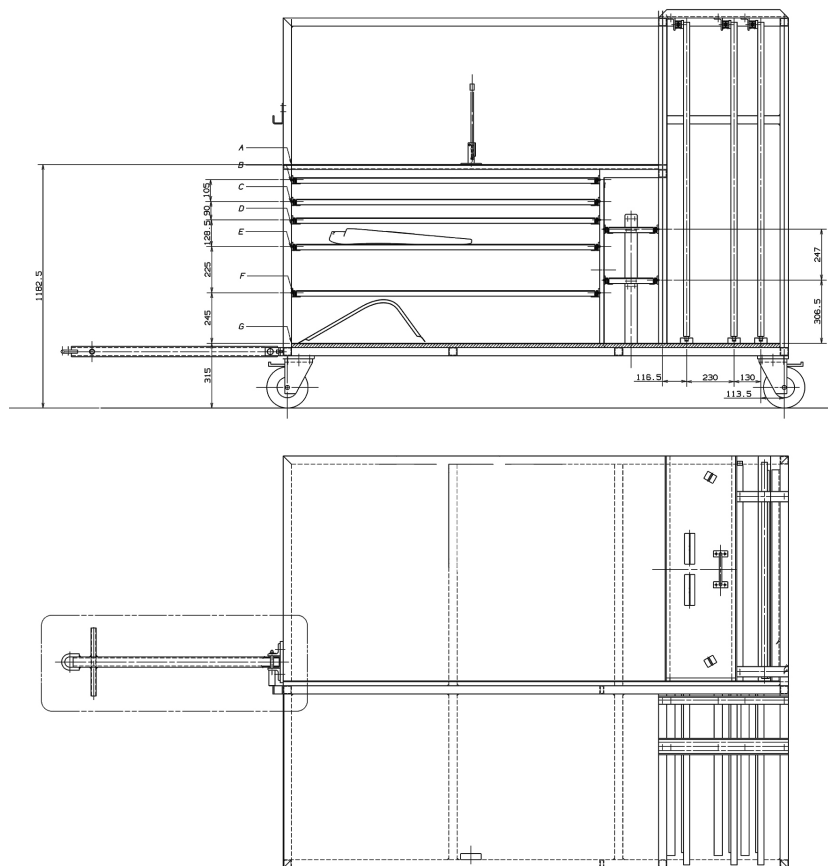


Figura 6.2: Carrello porta carenatura modificato (in alto: vista laterale - in basso: vista dall'alto)

Capitolo 7

Conclusioni e sviluppi futuri

L'esperienza maturata dall'azienda nella gestione delle risorse e dei flussi produttivi in questi ultimi anni presso il reparto Montaggi Finali, ha portato alla scelta di operare nella medesima direzione anche per il reparto Linea Volo, dove la complessità della macchina e la varietà delle operazioni ivi svolte caratterizzano profondamente le dinamiche operative.

I primi passi di questo studio si sono mossi verso una attenta e dettagliata analisi dello stato del reparto, al momento attuale, in termini generali: dal layout all'organizzazione del personale, dalla gestione delle risorse alla sequenziazione delle singole attività, alla identificazione e classificazione dei ritardi. La complessità e la varietà degli argomenti trattati hanno implicato un difficile lavoro di reperimento dei dati necessari alla conduzione dello studio in questione. La mancanza di uno storico significativamente ricco di informazioni, ha aggiunto una ulteriore difficoltà all'analisi dei ritardi e delle relative causali. Nonostante questo, è stato conseguito l'obiettivo principe di proporre nuovi modelli di gestione della produzione, sia in termini di risorse, che di personale, che di layout.

Una più immediata analisi, nel primo periodo di lavoro, ha riguardato l'organizzazione fisica degli spazi a disposizione del reparto LIVO, identificando un layout di tipologia quasi 'a postazione fissa'¹ che si è rilevato essere una soluzione interessante, benchè carente di alcuni aspetti che porterebbero a una configurazione più ordinata ed efficiente. Questa mancanza ha portato alla proposta di un nuovo modello che può essere assimilato a una variante del layout a postazione fissa (vedi capitolo 5).

Parallelamente a queste indagini, si sono reperiti tutti gli altri dati necessari alla comprensione di come, allo stato attuale, vengano gestite le risorse, il personale, i materiali e i flussi produttivi. Particolare attenzione è stata dedicata all'analisi dei ritardi che, in modo significativo, incidono sull'economia dell'azienda e che, a causa della complessità della macchina e dell'elevata personalizzazione della stessa che *AgustaWestland* vuole concedere ai suoi Clienti, risultano essere una delle problematiche preponderanti e di entità, a volte, molto importante. L'analisi di Pareto ha permesso, in aggiunta, di identificare quei fattori essenziali che, più di tutti,

¹Il termine 'quasi' è relativo al fatto che, in realtà, l'organizzazione non risponde esattamente alla definizione di 'layout a postazione fissa', per le motivazioni di cui ai capitoli 2 e 5

incidono sul ritardo globale, limitando l'area di intervento a queste poche cause.

A fronte di una costante necessità di minimizzazione dei costi e di massimizzazione del rendimento del lavoro, a valle di queste analisi di reparto, si è proposto un diagramma PERT per la sequenziazione delle attività in gioco. Questo strumento vuole essere, quanto più possibile, una standardizzazione dei flussi produttivi, in modo da poter gestire nel modo migliore ogni tipologia di risorsa, pianificare e programmare le attività di stabilimento nel modo più efficiente, quantificare e classificare i ritardi sulle catene di assemblaggio.

È stata fatta, inoltre, una stima delle risorse ottimali necessarie allo svolgimento delle operazioni di competenza LIVO, sulla base dei dati reperiti durante la prima fase del lavoro. Da una analisi dell'utilizzo e della saturazione delle risorse attuali, si è giunti a definire una compagine differente per il personale al fine di ottenere una maggiore saturazione durante tutto il ciclo produttivo.

A coronamento dell'attività e con l'obiettivo di migliorare l'efficienza e il rendimento del lavoro nei reparti, è stata avviata una attività di industrializzazione riguardante la progettazione di alcune attrezzature e la modifica di altre già presenti. In particolare, è stato riveduto il disegno di un carrello dedicato allo stivaggio e al trasporto di carenature e parti mobili dell'elicottero, rimosse in fase di smontaggio all'inizio della catena di assemblaggio in MF. Tale modifica ha dato il via a una serie di altri interventi di questo genere che danno ad *AgustaWestland* la possibilità di risultare, ogni giorno di più, una azienda all'avanguardia.

7.1 Sviluppi futuri

Lo studio fin qui svolto, come già accennato, è solo la prima parte di un progetto che coinvolgerà ancora molto il reparto, sia in termini di tempo che di risorse. In questa fase, infatti, ci si è dedicati al reperimento di tutti i dati indicatori dello stato dell'arte, conducendo una analisi il più dettagliata possibile per la finestra di tempo a disposizione, fino a giungere alle prime proposte di ottimizzazione in diversi ambiti.

Sulla base dei risultati ottenuti, si sta ora avviando una attività di analisi di dettaglio dei flussi nel reparto verniciatura, dove si sono peraltro riscontrati ritardi significativi (vedi capitolo 3), avanzando anche proposte per la verniciatura robotizzata.

Potendo inoltre generalizzare le metodologie qui adottate - che interessano, di fatto, tutte le tematiche che ricoprono l'intero panorama della gestione della produzione industriale - si stanno ampliando gli studi ad

ambiti diversi da quello della sola Linea Volo: il reparto di trattamenti chimici (reparto Galvanica), in particolare, sta adottando un metodo analogo per una analisi sulle parti produttive.

Come evidente, quindi, il lavoro svolto si è mostrato un incipit ad un progetto che deve essere ripercorso in modo più settoriale e mirato, intervenendo specificatamente, qualora si presentassero delle problematiche, nei vari reparti.

Procedendo per affinamenti successivi, è pertanto possibile, e lo sarà in forma sempre maggiore, definire nuove proposte nell'ambito della programmazione della produzione, dell'organizzazione dei layout e dell'industrializzazione. Quest'ultimo aspetto, inoltre, sta prendendo piede in modo significativo non solo nel reparto LIVO, ma anche nel reparto MF e caratterizzerà sempre più i vari settori, con l'obiettivo di mantenere l'azienda ai più alti livelli nel panorama elicotteristico e commerciale mondiale.

Appendice A

Outsourcing

AgustaWestland, come molte altre grosse aziende, ha adottato la tecnica dell'*outsourcing*. I vantaggi che questa forma di organizzazione porta con sè, sono notevoli soprattutto se si tratta di lavorazioni di prodotti che presentano un numero molto elevato di componenti. Fra tutti questi componenti, vi sono alcuni con caratteristiche ormai standardizzate sul mercato, per i quali esistono ormai mercati strutturati e, quindi, prezzi di mercato ben definiti. Ad una azienda, pertanto, conviene demandare all'esterno alcune attività per le quali non ha l'esclusiva, in modo da diminuire i costi di produzione e la richiesta di risorse.

Nel caso in esame, con riferimento alle operazioni di competenza del solo reparto LIVO, si ricorre ad altre aziende per quanto concerne attività di cui non esiste alcuna esclusiva *AgustaWestland*.

Nello specifico ci si riferisce alle seguenti imprese:

- ISOPRAM - ISOtermici Plastici Rinforzati Alto Milanese
- SEI - Servizi Elicotteristici Italiani
- TSM - Trattamenti Superficiali dei Materiali

A.1 ISOPRAM

Nata nel 1968 a Busto Arsizio, dopo pochi anni si trasferisce a Gallarate dove sviluppa l'attività di produzione di vasche e serbatoi in PVC, vetroresina e derivati plastici. Dal 2002 si è specializzata in attività elicotteristica per i maggiori produttori del settore aeronautico, tra cui *AgustaWestland*.

Le principali attività di ISOPRAM nel mondo elicotteristico, comprendono la produzione di pannelli incollati e di rivestimenti sperimentali su misura per sedili e accessori, il taglio e la fustellatura di componenti plastici e lattoneria leggera aeronautica, il taglio di lamiere con tecniche di ultima generazione, tra cui il water-jet, e, da ultimo, la produzione delle protezioni 'remove before flight', necessarie durante la movimentazione degli elicotteri per evitare danneggiamenti alle parti più fragili e delicate.

Grazie alle competenze dei tecnici dell'azienda, occupandosi di attività di vario genere, è presente in tutti i reparti *AgustaWestland* e il suo ruolo diviene, quindi, fondamentale.

A.2 SEI

Basandosi sul suo spirito imprenditoriale e sulla sua dinamica e robusta stabilità finanziaria, SEI Servizi Elicotteristici Italiani si è impegnata a guidare e sostenere la continua crescita del gruppo MAG (Mecaer Aviation Group) nel mercato globale.

La passione per il design curato, l'avanguardia nelle tecnologie e il costante aggiornamento del team di ingegneri al suo servizio, sono i punti di forza del successo che SEI e il Gruppo MAG hanno conquistato sul mercato internazionale.

Firmando una serie di accordi con i più rinomati centri di design a livello mondiale, permette di offrire una vasta gamma di soluzioni per velivoli VIP, Corporate e per altre configurazioni. Tali soluzioni prendono vita, prima della loro produzione, nei sofisticati simulatori di calcolo e rendering 3D grazie ai quali il cliente può vedere come saranno gli interni una volta installati sull'elicottero.

Il reparto di ingegneria gioca un ruolo fondamentale nella progettazione e nella simulazione di funzionamento di diversi impianti e sistemi di integrazione per l'avionica in generale. Il Know-How industriale che in questi ultimi anni SEI ha maturato, offre anche competenze di elevato livello in campo manifatturiero. Presso gli Stabilimenti di *AgustaWestland*, infatti, SEI si occupa anche della manutenzione di componenti strutturali delle macchine oltre che di particolari trattamenti di materiali aeronautici.

La continua ricerca di nuove tecnologie e di nuovi materiali, fa dell'azienda una società all'avanguardia a livello internazionale.

A.3 TSM

L'azienda è specializzata nelle attività di trattamenti superficiali e rivestimenti speciali dei metalli e si propone, attraverso l'elevata qualità del servizio, alla clientela istituzionale e privata in contesti ad alto contenuto tecnologico. Nel corso degli anni ha potenziato le capacità operative nel proprio business core ed ha contestualmente acquisito nuovi Know-How in settori diversi, diventando una delle realtà di punta del panorama nazionale.

La ricerca di attività sempre più specialistiche e l'esigenza di offrire una elevata qualità del servizio, si concretizzano con la proposta al cliente di un servizio di global service, che va dalla progettazione all'applicazione del ciclo di lavorazione.

Presente nello Stabilimento di *AgustaWestland* a Vergiate dal 1999, TSM si accosta alle attività aeronautiche attraverso la gestione preliminare del-

l'intero processo di verniciatura delle macchine prodotte, che va dal riesame della documentazione all'esecuzione del lavoro. Dall'esperienza maturata e dalla approfondita conoscenza dei dettagli scaturisce l'approccio all'attività, quale processo speciale, regolato da tempistiche e controlli predefiniti necessari all'ottenimento dell'eccellenza.

In una prima fase la documentazione tecnica assume un ruolo fondamentale in quanto consente di individuare ed eseguire le attività in conformità ai requisiti stabiliti dal cliente finale, attraverso l'applicazione di specifici cicli di lavorazione, frutto di numerosi test a cui i prodotti sono sottoposti in fase di progettazione e che rappresentano, quindi, le linee guida per l'elaborazione della documentazione interna.

In una seconda fase, quella applicativa, diventano preponderanti la formazione e l'abilità delle risorse, la pianificazione e la puntualità nei controlli, la capacità di prevenire e gestire gli imprevisti, che garantiscono la qualità del prodotto finale.

Particolare attenzione, inoltre, viene posta alla selezione dei materiali e delle attrezzature utilizzate; un nastro con particolari requisiti di adesione al supporto, infatti, può rendere meno evidenti infiltrazioni dei fumi di vernice nelle zone protette o al contrario l'utilizzo di una carta di mascheratura piuttosto che un'altra può inficiare il buon esito dell'intera attività.

La capacità di gestire il 'processo', nella fattispecie, la cultura, i valori, i comportamenti, il sistema organizzativo, le risorse umane, i prodotti, gli impianti e le attrezzature, rappresenta, quindi, il mezzo che consente all'azienda di ottenere i risultati attesi e la conseguente soddisfazione del Cliente.

Acronimi

AFCS	Automatic Flight Control System
ATP	Acceptance Test Procedure
CAPP	Computer - Aided Process Planning
EFIS	Electronic Flight Instrument System
EM	Elicotteri Meridionali
EMS	Emergency Medical Services
FADEC	Full Authority Digital Engine Control
IFR	Instrument Flight Rules
ISOPRAM	ISolanti Plastici Rinforzati Alto Milanese
LCD	Liquid Crystal Display
LIVO	LInea VOlo
MAG	Mecaer Aviation Group
MAP	Messa A Punto
MF	Montaggi Finali
MPS	Master Production Schedule
M/R	Main Rotor
MV	Meccanica Verghera
NC	Numero macchina
PERT	Program Evaluation and Review Technique
PO	Piano Operativo
PTF	Permit To Fly
RRL	Registro Ritardi Lavoro
SAR	Search And Rescue
SEI	Servizi Elicotteristici Italiani
SIAI	Società Idrovolanti Alta Italia
T/R	Tail Rotor
TSM	Trattamenti Superficiali dei Materiali
VIP	Very Important Person
WIP	Work In Progress

Bibliografia

- [1] James M. Moore. *Progettazione e layout degli impianti*. Franco Angeli, Milano, ed. 1995.
- [2] A. Brandolese, A. Pozzetti, and A. Sianesi. *Gestione della produzione industriale - principi, metodologie, applicazioni e misure di prestazioni*. Hoepli, Milano, ed. 1991.
- [3] F. Giacomazzi. *Manuale di gestione della produzione*. Isedi, Milano, ed. 1975.
- [4] G. Azzone and U. Bertelè. *L'impresa: sistemi di governo, valutazione e controllo*. Etas, ed. 2005.
- [5] W. Iannaccone. *Il management di produzione - La gestione delle risorse umane, tecniche, economiche*. Hoepli, Milano, ed. 2003.
- [6] D. Falcone and F. De Felice. *Il diagramma di pareto*. Dispensa del corso, 2002.
- [7] L. Yu Chuen-Tao. *Applicazioni pratiche del PERT e del CPM - Nuovi metodi di direzione per la pianificazione, la programmazione e il controllo dei progetti*. Franco Angeli, Milano, ed. 2008.
- [8] S. G. Zaderenko. *Sistemi di programmazione per cammino critico - PERT, CPM, MAN SCHEDULING, RAMPS, ed altri sistemi di elaborazione, valutazione e controllo di programmi*. World Science & Technology, Milano, ed. 1966.
- [9] D. Falcone, F. De Felice, and G. Di Bona. *Impianti industriali*. Dispensa del corso, 2003.
- [10] A. Portioli Staudacher and A. Pozzetti. *Progettazione dei sistemi produttivi. Criteri e metodologie*. Hoepli, Milano, ed. 2003.