

POLITECNICO DI TORINO

Dipartimento di Ingegneria Gestionale e della Produzione

Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea Magistrale

Modellazione e simulazione del processo produttivo di componenti
prototipali stampati a freddo



Relatore:

prof. Franco Lombardi

Candidato:

Gabriele Gnecco

Anno Accademico 2017/2018

Indice

1	Introduzione	11
1.1	Eurodies	11
1.1.1	Difficoltà di Eurodies	13
1.1.2	I Punti di Forza	17
2	Il Settore Automotive	21
2.1	Il Settore	21
2.2	Il Settore Eurodies	27
3	Gestione della Commessa	31
3.0.1	Ricezione Disegno CAD	31
3.0.2	Definizione Ciclo e Disegno Stampi	31
3.0.3	Simulazione del Processo di Stampaggio	35
3.0.4	Produzione degli Stampi	35
3.0.5	Costruzione Struttura per il Taglio Laser 3D	37
3.0.6	Taglio dello Sviluppo	38
3.0.7	Messa a Punto	39
3.0.8	Produzione Dopo la Messa a Punto	43
3.0.9	Collaudo	43
3.0.10	Saldatura Normalizzati	43
3.0.11	Spedizione	45
3.1	La Produzione	45
3.2	I Macchinari	47
3.2.1	Frese	47

3.2.2	Presse	48
3.2.3	Laser	49
3.2.4	Forno	50
3.2.5	Robot per la Aggraffatura	50
4	Metodo di Simulazione	51
4.1	Flexsim	51
4.2	La Simulazione	52
4.3	Modello semplificato	53
4.3.1	La prima simulazione	61
5	Il modello esteso	63
5.1	Definizione delle Famiglie di Prodotto	64
5.2	Caratteristiche del Modello Esteso	67
5.2.1	Simulazione del Modello Esteso	69
5.2.2	Problematiche del Modello Esteso	71
5.3	Risultati	72
5.3.1	Calcolo del Tempo Ideale	72
5.4	Calcolo dell'Intervallo di Simulazione	74
5.5	Calcolo del Tempo nel Sistema	74
5.5.1	Calcolo della Percentuale di Tempo Impiegata in Attività NVA	75
5.6	Commento dei Risultati Ottenuti	76
5.7	Simulazione con Quattro Laser	78
5.8	Simulazione con Sei Presse	80
5.9	Simulazione tra 3000 e 6750 Minuti	82
5.10	Ultime Considerazioni	83
6	Conclusioni	85

Elenco delle figure

1.1	Logo di Eurodies	11
3.1	Diagramma di flusso della commessa (parte 1)	32
3.2	Diagramma di flusso della commessa (parte 2)	33
3.3	Stampo in ghisa	37
3.4	Pallet per il taglio laser 3D	38
3.5	Rottura per scarso scorrimento del materiale	40
3.6	Pezzo imbutito che presenta grinze	41
3.7	Punta di un parafango	42
3.8	Macchina di misura	44
3.9	Linea di assemblaggio robotizzata	44
3.10	Testa della fresa	47
3.11	Fresa a controllo numerico	48
3.12	Reparto presse	49
4.1	Source (FlexSim)	54
4.2	Queue (FlexSim)	55
4.3	Distribuzione beta carico e scarico del muletto	56
4.4	Transporter (FlexSim)	56
4.5	Beta pause operatore	57
4.6	PLC laser 2D	58
4.7	Distribuzione beta imbutitura tetto	60
4.8	Pressa (FlexSim)	62
5.1	Modello di Eurodies	64

5.2	Ciclo di Lavoro	65
5.3	Numeri casuali necessari per generare i mix	70
5.4	Grafico della derivata	75
5.5	MOdello con quattro laser	79
5.6	Modello con sei presse	80
5.7	Time vs WIP	82

Abstract

La tesi è il risultato di un tirocinio durato circa tre mesi presso l'azienda Eurodies. L'azienda si occupa della produzione, mediante processi di stampaggio a freddo, di componenti prototipali per auto.

La tipologia di prodotti dell'azienda rende difficoltosa la programmazione della produzione che è quindi guidata principalmente dalle date di consegna imposte dai clienti. Questa metodologia di programmazione è largamente utilizzata nelle imprese con un'ampia varietà di prodotti.

L'utilizzo di algoritmi di schedulazione più evoluti potrebbe aiutare l'azienda ad aumentare la produttività permettendogli di accrescere la propria competitività sul mercato. Nella tesi si è utilizzato il software di simulazione *FlexSim* per simulare il processo produttivo tipico delle commesse prodotte da Eurodies. In particolare si è provato a vedere quale fosse il mix di prodotti ideale tale da massimizzare la produttività aziendale riducendo al minimo il tempo allocato in attività che non aumentano il valore del semilavorato.

Lo scopo della tesi non è tanto quello di fornire risultati esatti all'azienda quanto quello di fornirle un esempio di un metodo che è possibile sfruttare in più situazioni per aumentare la propria competitività.

Capitolo 1

Introduzione

Nel seguente capitolo si introdurrà Eurodies Italia S.R.L. spiegandone il *core business* e gli elementi caratterizzanti l'attività produttiva e l'organizzazione aziendale.

1.1 Eurodies

Eurodies fabbrica e assembla componenti in lamiera e alluminio per prototipi e piccole serie di automobili e di altri veicoli da strada.

I clienti dell'azienda sono le case automobilistiche più importanti, con particolare rile-



Logo di Eurodies

vanza dei *car-makers* tedeschi. In fase di progetto c'è la necessità da parte dei clienti di Eurodies di avere a disposizione alcuni modelli per eseguire test di assemblaggio e di sicurezza (i cosiddetti *crash-test*). Non avendo nè la convenienza nè la capacità di produrre da soli il numero esiguo di pezzi necessario in questa fase, la strategia che è applicata è, naturalmente, quella di commissionare ad imprese esterne queste attività.

In questo momento del ciclo di vita del prodotto si pone l'attività di Eurodies.

Le difficoltà maggiori in questa tipologia di *business* sono dovute agli strettissimi vincoli di budget e di tempo che ha a disposizione di Eurodies; oltre alla grande flessibilità produttiva necessaria per svolgere questo tipo di attività. Il cliente non pone una *deadline* unica per il soddisfacimento dell'ordine ma richiede che i pezzi siano inviati in lotti più piccoli in diverse date successive.

Nel caso in cui i test a cui il cliente sottopone il modello assemblato non vadano a buon fine, quest'ultimo può richiedere ad Eurodies che siano apportate alcune modifiche al pezzo prodotto sia dal punto di vista del materiale sia dal punto di vista della forma. Risulta ancor più evidente quindi la capacità di rispondere agli imprevisti ed alle modifiche in corso d'opera necessarie per svolgere questo tipo di attività.

Il dovere di Eurodies nei confronti del cliente non termina con la spedizione dell'ultimo lotto di prodotto ma rimane a disposizione per assisterlo in fase di installazione dell'impianto per la produzione di serie. Anche per questo motivo l'azienda ha l'obbligo di conservare gli stampi (che sono di proprietà dell'azienda cliente) per almeno 10 anni.

L'azienda ha più che triplicato le proprie dimensioni negli ultimi vent'anni, passando da avere circa 40 dipendenti nei primi anni 2000 agli oltre 160 attuali. Purtroppo alla crescita delle dimensioni non è seguita una riorganizzazione aziendale che ora risulta assolutamente necessaria. Nell'ultimo periodo l'amministrazione sta cercando di ovviare a queste problematiche introducendo l'utilizzo di un software gestionale al fine di avere un più facile controllo dei margini di commessa, dello stato di avanzamento della produzione ed un maggiore controllo sullo stato del magazzino che sarà in prossimo futuro automatico oltre a permettere una stesura del bilancio di fine anno più agevole.

Una delle problematiche che il sistema informativo di recente installazione ha lo scopo di ovviare è la difficoltà della circolazione dell'informazione tra le varie divisioni aziendali. La mancanza di un sistema comune a tutte le figure aziendali causava una ripetizione delle operazioni oltre ad una drastica perdita di produttività ed ad un aumento dei costi.

1.1.1 Difficoltà di Eurodies

Eurodies svolge un tipo di attività molto complesso.

La produzione di prototipi infatti rende la fase industriale molto più complessa rispetto a quella legata alla produzione in serie, anche all'interno di Eurodies stessa la produzione dei pezzi di serie non crea problemi: gli scarti sono ridottissimi, la produttività degli addetti è elevata ed è facile prevedere l'andamento della produzione.

Nella produzione dei prototipi, invece, nonostante la grande esperienza degli operatori, non è possibile prevedere con precisione l'andamento della produzione e spesso i pezzi scartati sono in numero molto elevato soprattutto nelle prime fasi di produzione.

Il vincolo che è all'origine di molte delle difficoltà che possono essere riscontrate è il tempo. Se si pensa che il tempo necessario alla costruzione dell'attrezzatura, quindi stampi, tasselli per la flangiatura e pallet per il taglio laser è di 21 – 23 giorni mentre il lasso di tempo che intercorre tra la ricezione dell'ordine e data in cui il cliente richiede la spedizione del primo lotto di pezzi prodotti è di 7 – 8 settimane restano poco più di 4 settimane per completare tutte le altre fasi.

La ristrettezza dei tempi non consente al reparto addetto alle simulazioni dei processi di stampaggio di svolgere un lavoro completo e preciso nella fase di verifica della matematica dello stampo, per cui a volte sono approvati degli stampi di cui già durante questa fase sono evidenti alcune problematiche, si ha la necessità infatti di inviare il campione in polistirolo in fonderia evitando di accumulare fin dalle fasi iniziali del ritardo, si confida, infatti, che durante la "messa a punto" l'addetto riesca a trovare degli accorgimenti necessari ad ottenere un pezzo accettabile. Di solito non riuscendo ad ottenere delle forme accettabili si ricorre all'utilizzo dei battilastra per eliminare alcune problematiche.

I problemi in fase produttiva non permettono di ottenere dei dati precisi che potrebbero garantire la possibilità di effettuare una programmazione ed una schedulazione più precisa, diversa da quella che si sta effettuando di giorno in giorno in questo momento in Eurodies. Come in molte delle piccole-medie imprese tipiche del tessuto industriale italiano la programmazione della produzione è guidata essenzialmente dalle date di consegna. In Eurodies, a causa della difficoltà insita nella tipologia di prodotti esegui-

ti, l'adozione di questa metodologia di programmazione è molto accentuata, infatti la quasi totalità delle risorse sono impegnate nella fase produttiva che necessita di una grande attenzione e per questo non sono eseguiti dei test o ipotizzati degli algoritmi che potrebbero portare l'azienda ad aumentare la propria efficienza.

Per permettere all'ufficio simulazione di svolgere la propria attività più rapidamente ottenendo dei risultati attendibili sarebbe necessario che provenissero dalla produzione, in particolare durante la fase di messa a punto, alcune informazioni riguardo la riuscita del processo di stampaggio in modo che, confrontando il risultato della simulazione e quello del processo reale, potrebbero essere apportate delle modifiche nella metodologia di simulazione in modo da renderla più affidabile.

In questo momento ad Eurodies manca questo trasferimento di informazione tra ufficio simulazione e reparto produzione. I risultati ottenuti tramite *Autoform* (il software utilizzato per simulare i processi di stampaggio) sono utilizzati con l'unico scopo di approvare la geometria degli stampi verificando che non siano completamente sbagliati, le immagini ottenute non sono condivise con il reparto presse, gli operatori quindi non sanno cosa aspettarsi dal pezzo ottenuto con il primo colpo di pressa. Gli operatori riescono ad intuire quali potrebbero essere le problematiche che si riscontreranno grazie alla loro grande esperienza in questo ambito.

Il passaggio di informazioni tra questi reparti potrebbe garantire all'azienda una consistente crescita di efficienza. Infatti un aumento dell'affidabilità dei risultati delle simulazioni garantirebbe ad una riduzione dei tempi necessari a questa fase e dei tempi legati alla fase di messa a punto.

Per ridurre gli scarti ed aumentare la propria produttività potrebbe essere utile per l'azienda effettuare una raccolta dati sulle problematiche che si presentano in fase di produzione vera e propria per poter anticipare le difficoltà che potrebbero presentarsi. L'unico dato che è considerato rilevante è il numero di pezzi prodotti alla fine del turno. Non è segnato direttamente il numero di sviluppi scartati che è calcolato dalla differenza tra *output* e numero di sviluppi a disposizione degli operatori addetti alla pressa. Non sono disponibili informazioni sulle problematiche più rilevanti che sono state individuate in corso di lavorazione che potrebbero essere utili per capire come modificare gli stampi di determinate tipologie di pezzi, oltre ad avere informazioni sulla redditività della sin-

gola commessa. Eurodies si sta attivando in tal senso avendo compreso l'importanza di poter creare una statistica sugli errori e sui difetti che si riscontrano in fase produttiva magari per cercare delle correlazioni tra gli errori stessi e i materiali o magari a determinate forme dei pezzi.

Ci si sta interrogando su come raccogliere queste informazioni senza andare ad interrompere o rallentare le attività degli operatori in particolare delle presse. Si sono trovate delle difficoltà nel trovare un metodo automatico di raccolta delle informazioni in quanto non ci sono dei metodi adeguati per individuare i difetti. Si sta decidendo di optare quindi di introdurre o dei fogli che dovranno essere compilati dagli operatori addetti all'operazione che dovranno indicare il numero di pezzi prodotti correttamente, il numero dei pezzi scartati, il motivo degli scarti ovvero indicare il tipo di difetto che si è riscontrato e attraverso l'immagine del pezzo in che zona lo si è riscontrato.

Questa soluzione è sicuramente pratica e di facile implementazione, richiederebbe però che un addetto introducesse tutte le informazioni provenienti dai fogli compilati nel reparto produzione in un *database* informatico. Si è pensato, allora, di adottare, al posto del foglio cartaceo, un tablet che permetterebbe un caricamento automatico delle informazioni sul *database*.

Si sta pensando di optare proprio a questa seconda soluzione che permetterebbe un notevole risparmio di tempo, non essendo necessario l'introduzione di un'operazione pressochè inutile.

L'implementazione dei tablet collegati in rete è tutt'altro che impossibile, la lavorazione di cui sarebbe più utile ed interessante raccogliere questo tipo informazione è sicuramente lo stampaggio sotto pressa. Le presse di ultima generazione presenta di serie un PLC che potrebbe essere facilmente collegabile alla rete ethernet aziendale.

Proprio il calcolo del margine di commessa è uno dei problemi principali che si trova a dover affrontare Eurodies. Il fatto che le decisioni riguardanti il materiale da utilizzare per la produzione dei pezzi e la forma degli sviluppi (il cosiddetto *nesting*) siano prese direttamente in produzione quando ce n'è la necessità o che non si abbiano informazioni sul numero di ore lavoro che il singolo operatore impegna sulla commessa fa sì che le informazioni sui costi diretti relativi al pezzo non siano disponibili. La decisione sulle offerte da fare al cliente sono quindi decise dalla dirigenza sulla base della propria espe-

rienza senza informazioni precise sulla redditività storica di pezzi simili. Informazioni di questo tipo permetterebbe ad Eurodies di essere più competitiva sul mercato conoscendo meglio le possibilità di offerta.

A causa delle difficoltà che presenta la produzione di Eurodies e della necessità per l'azienda di concentrarsi quasi totalmente su questo sta un ritardo nella modifica dell'organizzazione aziendale. Negli ultimi grazie alla fetta di mercato che è riuscita a conquistarsi i dipendenti di Eurodies sono quasi triplicati. L'aumento delle commesse e dei dipendenti non è stato seguito da una necessaria riorganizzazione e da un cambiamento delle metodologie di lavoro.

L'aumento delle commesse ha portato come ovvia conseguenza l'aumento delle materie prime e dei semilavorati stoccati in magazzino. Negli anni non è stato predisposto un metodo automatico di registrazione delle entrate e delle uscite di materiali o pezzi dal magazzino. Per il magazzino materie prime la giacenza e la posizione sono modificate manualmente almeno una volta a settimana tramite un foglio Excel che è aggiornato dal responsabile di magazzino; nei lassi di tempo che intercorrono tra un aggiornamento e l'altro la posizione e le quantità di materiale ovviamente si modificano, questo porta a grosse inefficienze dovute alle perdite di tempo necessarie per trovare le pedane contenenti il materiale di una determinata tipologia, ma la problematica peggiore è legata alla quantità di materiale residuo, non è raro, infatti, che un'errata informazione porti a degli errori sugli ordini o un rallentamento della produzione dovuta alla mancanza di materia prima da cui tagliare gli sviluppi. Per i semilavorati, invece, non esiste un metodo di analogo, la posizione e la quantità di pezzi in magazzino sono ricordati a memoria dai carrellisti o dagli operatori stessi. È facile immaginare i problemi che si possono creare: perdite di tempo dovute alla ricerca dei pezzi, informazioni errate tra operatori responsabili di una fase e di quella successiva (per esempio presse e laser) o necessità di lavorazione perché, in casi estremi, i pezzi possono andare perduti.

La continua necessità di seguire la produzione come già detto in precedenza non ha permesso all'azienda di modificare le proprie metodologie di lavoro, non tanto quelle produttive che sono comunque all'avanguardia, quanto quelle legate all'organizzazione e alla circolazione dell'informazione. L'aumento delle figure aziendali ha portato alla presenza di confini di responsabilità non perfettamente definiti. Alcuni macchinari sono

gestiti da diversi responsabili contemporaneamente e in alcuni casi a dei conflitti. Questa situazione può causare dei conflitti tra i dipendenti oltre ad un'attività produttiva non strutturata. Succede tutt'altro che raramente che ad un operatore sia assegnata un'attività da un superiore in grado salvo poi ricevere un'altra mansione da un'altra seconda figura. Si possono generare quindi conflitti interni all'azienda e perdite di tempo dovute alla continua modifica dei compiti che devono essere eseguiti.

Una migliore circolazione dell'informazione all'interno degli organi aziendali potrebbe essere una soluzione a quest'ultima problematica. Sarebbe necessario una sola piattaforma con la quale poter dare le comunicazioni sull'urgenza o meno di alcune commesse in modo da evitare i *misunderstanding* che si possono generare a causa di comunicazioni frammentate che non giungono a tutte le figure di competenza.

Un problema tipico della piccola-media industria italiana è dovuto al fatto con le competenze sono troppo legate agli individui e non sono messe in circolazione. Eurodies non fa eccezione, anche se la dirigenza si è già attivata negli ultimi per ovviare a questo problema che può provocare il blocco dell'attività nel caso non siano presenti alcune figure fondamentali. Sia facendo crescere nuove figure giovani tramite l'affiancamento ai dipendenti più esperti, sia tramite l'installazione di nuovi software che dovrebbero permettere lo svincolo dalla necessità della presenza di queste figure.

1.1.2 I Punti di Forza

Ovviamente Eurodies non ha solo problemi altrimenti non si spiegherebbe il successo che ha ottenuto negli ultimi anni. La sezione precedente mirava semplicemente ad elencare e sottolineare ciò che potrebbe essere migliorato in azienda per poter competere al meglio sul mercato e non rischiare di perdere lo spazio che è riuscita a guadagnarsi per un'eccessiva resistenza al cambiamento.

Così come sono presenti dei problemi ovviamente non mancano le note positive.

Eurodies nonostante le dimensioni che raggiunge, che la collocano di diritto tra le medie imprese italiane, rimane un'azienda a conduzione familiare. I dirigenti, che sono poi i proprietari della società, la hanno ereditata dalle generazioni precedenti e la hanno aiutata a crescere.

Eurodies è riuscita a ritagliarsi una fetta di mercato così consistente grazie alla competenza ed alla serietà dei propri dirigenti che hanno fatto grossi sacrifici negli anni per riuscire ad ottenere le commesse migliori e a rendere Eurodies *partner* privilegiato delle più importanti case automobilistiche mondiali. Lavorare per commessa richiede ai dirigenti di dedicarsi continuamente alle offerte migliori che si possono effettuare.

In azienda c'è la volontà di diventare sempre più importanti effettuando gli investimenti necessari al miglioramento delle prestazioni aziendali. Una volta intuìta la necessità di modificare le proprie metodologie di lavoro cercando di rendere più snella la produzione, la dirigenza ha subito deciso di agire per migliorare la competitività aziendale.

La sede è stata trasferita da Nichelino (TO) ad Avigliana (TO) in un capannone di dimensioni molto maggiori che hanno permesso di effettuare le lavorazioni degli stampi e la produzione dei pezzi nella stessa sede, cosa che in precedenza avveniva in due siti separati. Non sono mancati gli investimenti in attrezzatura. Sono state acquistate due nuove presse di ultima generazione per aumentare la capacità produttiva, permettendo così all'azienda di lanciarsi nel mercato della produzione di pezzi di serie. Sono, inoltre, stati acquistati due robot antropomorfi che saranno posizionati tra due presse consecutive con lo scopo di automatizzare ed accelerare il passaggio tra due operazioni successive. Gli investimenti non sono limitati solamente ad *asset* prettamente produttivi ma ci si sta muovendo anche con l'obiettivo di aumentare i mezzi di controllo della produzione al fine di renderla più organizzata e meno, sotto certi aspetti, casuale: si sta provvedendo ad installare un nuovo software gestionale ed un PLM che potrebbero far fare ad Eurodies un grosso passo in avanti sotto questo punto di vista.

L'impegno dimostrato dai proprietari e l'energia che questi mettono per far sì che l'azienda continui ad eccellere nel proprio campo non passa inosservata ai dipendenti che hanno coltivato un grande senso di appartenenza nei confronti dell'azienda oltre al grande rispetto per i dirigenti. Questo li spinge a lavorare nel miglior modo possibile e a sacrificarsi per il bene di Eurodies.

Le innovazioni che si stanno introducendo potrebbero essere accolte con forte resistenza da parte dei lavoratori più anziani ormai abituati ad un certo metodo di lavoro e che spesso presentano una certa diffidenza nei confronti delle novità, è risultato evidente che non appena si rendono conto dell'importanza che l'introduzione delle novità potrebbe

aiutare l'azienda mettono da parte qualsiasi dubbio.

Il personale è sicuramente un'ulteriore marcia in più dell'azienda. La grande esperienza e specializzazione di alcuni elementi all'interno della compagine aziendale garantisce un vantaggio importante per Eurodies. Dipendenti con anni di esperienza nel settore permettono di superare molte delle difficoltà produttive che sono state elencate nel paragrafo precedente. Le fasi più delicate della produzione ovvero la cosiddetta messa a punto (paragrafo 3.0.7) sono responsabilità di operatori specializzati che consentono di superare le difficoltà legate alla scarsa affidabilità delle simulazioni.

Ovviamente che la conoscenza sia legata ai singoli elementi non è di per sé un fatto positivo, proprio per quanto spiegato nel capitolo precedente, la presenza di questi elementi dovrà essere sfruttata a dovere per far crescere all'interno dell'apparato aziendale i dipendenti che garantiranno il successo futuro di Eurodies.

Nell'introdurre sistemi di raccolta dati ed informazione sarebbe di primaria importanza confrontarsi con gli operatori al fine di comprendere quali sono ai fini della produzione gli elementi più importanti dei quali tenere conto.

Capitolo 2

Il Settore Automotive

Non è possibile parlare di Eurodies senza prima spendere alcune parole sul settore in cui opera; in un primo momento si eseguirà un'analisi del settore *automotive* in modo generale e poi ci si concentrerà sul ruolo che detiene Eurodies nel settore e come il ruolo sia cambiato nel corso degli anni.

2.1 Il Settore

Sembra corretto iniziare da un'analisi esaustiva del settore industriale in cui si colloca l'azienda presa in esame ovvero Eurodies.

Il settore *automotive* non si riferisce alla sola fase produttiva, ma il termine ha una connotazione più ampia comprendendo progettazione, componentistica, produzione, distribuzione senza dimenticare i servizi relativi come quelli finanziari e di officina. Tutto l'insieme del settore generava, nel 2012, il 4,6% del valore aggiunto italiano, circa 65 miliardi di Euro. Le attività manifatturiere (comprendenti quindi progettazione, componentistica e produzione) dipendono dall'iniziativa imprenditoriale e dalla politica industriale potendo trovare sbocchi nell'*export*, al contrario la distribuzione è ovviamente strettamente legato alla domanda interna del Paese.

Nel corso degli anni il peso del settore nell'economia italiana ha subito importanti variazioni, nel 1990 le attività industriali dell'*Automotive* davano un contributo pari al 3% al valore aggiunto del Paese, 17 anni dopo si era ridotta al 2,4%, per attestarsi al

2% nel 2012. È diminuito anche il ruolo della distribuzione scendendo dal 3,7 al 2,7% nello stesso lasso temporale.

Il *trend* rilevato in Italia non è stato quello seguito, per esempio, dalla Germania dove il contributo delle attività industriali è aumentato al 9% del valore aggiunto con distribuzione che è rimasta stabile intorno al 2%.

Questi dati permettono di far notare come il settore auto europeo non è entrato in una fase di declino senza via di uscita come è spesso affermato.

La crisi finanziaria globale che ha afflitto l'economia di pressochè tutti i paesi del mondo ha causato una costrizione del mercato ma, nonostante ciò, il settore *automotive* è riuscito a mantenere un peso preponderante nell'economia dei paesi occidentali. Concentrandosi sull'Italia l'intero settore (fase industriale e distributiva), genera quasi il 5% del PIL nazionale, una quota simile la si può riscontrare nelle altre economie avanzate, ad eccezione della Germania, unico Paese, per altro, in cui si è riscontrato un aumento della rilevanza del settore negli ultimi quindici anni. In Italia, secondo i dati dell'ANFIA (Associazione Nazionale Filiera Industria Automobilistica), i lavoratori complessivi della filiera *automotive* sono 1,2 milioni di unità, da questi numeri è facile comprendere l'importanza del settore in Italia ed in Europa, con rilevante impatto sul benessere di intere regioni.

La domanda del settore (nuove immatricolazioni) a livello europeo ha subito negli ultimi anni un rilevante ridimensionamento, dovuto non solo alla crisi finanziaria ma anche al ruolo ormai di secondo piano che è conferito all'auto dalle nuove generazioni. Nonostante la riduzione della domanda la filiera *automotive* incide ancora notevolmente sull'economia europea. La sola fase industriale (escludendo quindi la distribuzione) contribuisce al PIL dei vari paesi dall'1,7% in Francia al 9,2% della Germania. La fase distributiva, invece, passa dall'1,9% in Spagna al 3,3% in Gran Bretagna. Sempre parlando dell'economia italiana la sola fase industriale del settore impiega più di 500 mila occupati, generando circa 28 miliardi di valore aggiunto, con una del PIL nazionale pari a circa il 2%.

Si tratta quindi di un settore ancora strategicamente molto importante per l'economia e l'industria di tutti i paesi dell'Europa occidentale (e non solo) che, oltre a contribuire in maniera importante al Prodotto Interno Lordo dei vari stati, ha anche una notevole

capacità di attivazione di domanda ed occupazione: in media ogni euro di valore aggiunto nella fase industriale del settore auto sostiene circa 1,6-2,6 euro aggiuntivi in altri settori, inoltre ogni lavoratore di questa fase ne sostiene circa 2 di altri settori economici. L'*automotive* riveste quindi un ruolo chiave per i più importanti paesi europei non solo per il ruolo in sé ma anche per le relazioni che ha con il resto dell'economia, avendo un forte impatto sulla produzione e sull'occupazione in altri settori industriali e non.

Come già accennato in precedenza la crisi economica globale ha colpito duramente il settore che però negli ultimi anni ha visto un'intensa ripresa e, ad oggi, la domanda dell'*automotive* presenta un *trend* in crescita a livello globale, spinto soprattutto dall'economie emergenti, Il rischio per i paesi europei è che l'avvicinamento dei siti produttivi alle zone con una maggiore domanda, riduca sempre di più la base produttiva sita nel Vecchio Continente.

La filiera ha subito una intensa trasformazione dovuta principalmente a due fattori: l'aumento dell'apertura nei confronti degli scambi internazionali e l'affermarsi di nuovi *competitors* ha aumentato la competizione all'interno del settore portando ad una ridefinizione della geografia della produzione e il modo in cui il lavoro è diviso a livello internazionale.

Questo ha portato ad un aumento del commercio di beni intermedi e ad una deverticalizzazione del settore con conseguente frammentazione produttiva. La deverticalizzazione del settore è dovuta alla necessità di diminuire i costi della struttura ed aumentare la flessibilità, fattore sempre più importante per rispondere ad una domanda sempre più frammentata e segmentata.

Concentriamoci adesso su quali sono le prospettive future della domanda e dell'offerta del settore che si sta analizzando. I fattori che caratterizzeranno il settore saranno principalmente:

- *La domanda continuerà ad essere trainata dai mercati emergenti:*

La crescita della domanda del mercato cinese continuerà a mantenere la stessa intensità che si è registrata recentemente.

Cause fondamentali di questa crescita sono lo sviluppo della *middle-class* e l'aumento della domanda proveniente dalle città di dimensione inferiore alle megalopoli.

poli ma comunque con diversi milioni di abitanti.

- *Le scelte dei car-makers saranno condizionate da diversi fattori*

La domanda è sempre più esigente e richiede, non solo per i modelli di classe premium, ma anche per quelli standard diverse versioni dello stesso modello tra le quali scegliere.

La segmentazione della domanda spinge le case automobilistiche ad aumentare la propria flessibilità produttiva al fine di poter soddisfare tutti i segmenti differenti.

- *Sicurezza ed inquinamento*

Le politiche globali riguardanti inquinamento e sicurezza si fanno sempre più stringenti. Vi è quindi la continua necessità di innovare sia dal punto di vista dei materiali per la sicurezza sia sulla tecnologia dei motori cercando di costruire propulsori sempre più efficienti e *green* oltre alla continua ricerca di fonti alternative ai combustibili fossili. Le leggi che impongono limitazioni nella circolazione di auto potrebbero però in qualche modo aumentare la domanda del settore.

- *Eccesso di capacità produttiva*

La crisi ha mostrato il problema dovuto all'eccesso di capacità produttiva. L'*utilization* degli impianti produttivi si è ridotto tra il 2005 ed il 2013 in tutti i paesi dell'Europa occidentale e la situazione non sembra essere in procinto di cambiare, anche se nel lungo periodo ci sarà un aumento della domanda che contribuirà all'aumentare il grado di utilizzo degli impianti.

Gli stati in cui il problema dell'*utilization* si è mostrato in maniera più preponderante sono stati Francia ed Italia.

Invece gli impianti installati nei paesi delle economie emergenti, in cui la domanda è più vivace, non dovrebbero presentare alcun problema in termini di utilizzo della capacità produttiva.

Il *trend* degli ultimi anni che ha evidenziato una contrazione della domanda nelle economie mature ed un andamento contrario invece nei paesi emergenti, era stato ravvivato anche negli anni immediatamente precedenti all'inizio della crisi del 2005. Questa

tendenza non ha fatto altro che inasprirsi nel periodo di difficoltà finanziaria. I paesi occidentali hanno difficoltà a migliorare la propria situazione anche nel periodo post-recessione con la contrazione della domanda che si attesta intorno al 40-50% in Spagna ed Italia rispetto ai livelli precedenti al 2005, tale riduzione è ravvisabile, seppur in misura molto minore, anche in Gran Bretagna, Germania e Francia. La differenza tra i due stati dell'Europa meridionale e gli altri stati sopra-citati è dovuta anche alla riduzione della spesa delle famiglie in questi due paesi che è stata maggiore rispetto agli altri.

Lasciando per un momento l'Europa ed andando ad analizzare rapidamente il mercato nordamericano è possibile ravvisare una contrazione del mercato di Stati Uniti e Canada negli periodo tra il 2008 ed il 2011, ma già dal 2015 si era tornati ad i livelli precedenti alla recessione. Tale situazione si è manifestata anche in Giappone.

Discorso a parte è quello relativo al mercato cinese, che merita una trattazione a sè stante. Nel 2009 ha sottratto agli USA il ruolo di più importante mercato dell'auto. Nel 2013 il mercato dell'auto della Cina ha raggiunto una quota del 29% di quello globale; tale cifra appare ancor più incredibile se si pensa che otto anni prima arrivava ad appena il 9%. I fattori alla base di questa incredibile trasformazione sono l'ampliamento della *middle-class*, la crescente urbanizzazione che sta vivendo lo stato asiatico e gli incentivi all'acquisto di prodotti del settore *automotive* (non solo auto e moto ma anche furgoni, mezzi per il lavoro ecc.) proposti dal governo.

Una crescita simile non si è avuta solamente in Cina ma in molti altri paesi le cui economie sono in forte espansione come Brasile, Russia e India. Proprio quest'ultimo stato ha raggiunto il quinto posto come dimensione di mercato nel 2013 alle spalle proprio della Cina, degli Stati Uniti, del Giappone e della Germania.

Per comprendere meglio quanto questi nuovi mercati saranno importanti in futuro basta andare a vedere il livello di motorizzazione che si è raggiunto nei suddetti stati. In Cina ci sono poco più di 60 auto ogni 1000 abitanti, in India si scende addirittura a 14, il confronto con le 400 auto ogni 1000 abitanti che si trovano nelle economie occidentali fa capire quanto questi paesi siano mercati tutt'altro che saturi, con grosse possibilità di espansione che le imprese del Vecchio Continente non devono lasciarsi sfuggire.

Alcuni studi affermano che l'aumento della domanda in Paesi emergenti sarà il *driver* primario della crescita del settore nei prossimi 10 anni.

È necessario non considerare nell'*automotive* solo i grandi *car-makers* ma anche tutte le piccole-medie imprese che compongono l'universo di *supplier* collegato.

Il settore ha subito notevoli cambiamenti negli ultimi decenni, in particolare l'aumento della domanda a livello globale e la conseguente maggiore apertura agli scambi internazionali.

L'avvento di nuovi *players* e di nuove tecnologie ha contribuito ad aumentare la competizione all'interno di un settore che già di per sé era uno dei più competitivi, questa situazione del mercato ha, però, spinto i *car-makers* ad essere alcuni dei principale driver dell'innovazione tecnologica a livello globale. La forte spinta verso tecnologie più rispettose dell'ambiente per la propulsione (macchine ibride, elettriche, motore ad idrogeno oltre ad una sempre maggiore efficienza con conseguente diminuzione dei consumi), lo sviluppo delle tecnologie legate alla guida autonoma che nei prossimi decenni potrebbero modificare radicalmente la nostra vita oltre allo sviluppo di nuovi materiali sempre più leggeri e resistenti che sono studiati per l'industria *automotive* ma che trovano poi applicazione nei settori più variegati.

Oltre allo sviluppo tecnologico l'elevata competizione del settore spinge le aziende ad aumentare la propria efficienza produttiva con nuovi metodi di lavoro e spingendo allo sviluppo di nuove tecnologie di *manufacturing*, importante è inoltre la modifica delle tecniche di progettazione che ha investito il settore negli ultimi anni per ridurre il più possibile il *time-to-market*. In particolare è incrementato in maniera esponenziale l'utilizzo di *software* di simulazione sia in fase di progettazione del veicolo, sia in fase di produzione, questo permette, ovviamente, un più rapido sviluppo dei nuovi veicoli e, soprattutto una più facile modifica del design. Inoltre, la grande affidabilità dei *software* di ultima generazione permette di simulare e di ottenere quindi informazioni attendibili su alcune caratteristiche fondamentali del veicolo, senza avere la necessità di avere un prototipo fisico.

Alcuni *software* arrivano a permettere di simulare il crash test dell'auto completa ottenendo risultati che hanno sufficiente riscontro con quanto succede realmente. Esistono programmi che permettono di simulare la saldatura permettendo di prevedere, oltre ad un corretto *join* degli elementi oggetto di *welding* anche la necessità di inserire all'interno del ciclo produttivo alcune operazioni supplementari atte a ridurre le sollecitazioni

residue dovute al ciclo termico al quale i pezzi sono stati sottoposti.

Ci sono anche software che permettono di simulare il processo produttivo nel suo complesso e non visualizzare i risultati dei singoli *step*.

L'utilizzo così intenso della tecnologia è necessario per ridurre al minimo il *time-to-market*. Il 68% dei produttori di autoveicoli necessita di un tempo al di sotto dei due anni tra l'accettazione del progetto e il lancio del nuovo modello sul mercato. Il 32 % afferma di volerlo ulteriormente ridurre ad periodo compreso tra i 18 ed i 24 mesi.

La necessità di avere un *go-to-market time* così risicato è dovuta sia a motivi prettamente legali come, per esempio, il continuo cambiamento delle leggi sulla sicurezza e sulle emissioni che possono costringere i *car-makers* a dover effettuare dei cambiamenti in corso d'opera; sia a motivazioni legate prettamente all'estrema competitività del mercato dell'auto, gli OEMs si trovano infatti a dover affrontare una domanda in continuo cambiamento sempre più affamata di novità sia dal punto dello stile che da quello tecnologico. La domanda, inoltre, è sempre più segmentata soprattutto dal punto di vista geografico e c'è quindi la necessità da parte dei produttori di adattarsi ad essa differenziando i propri prodotti su base regionale.

Le tendenze non sono le medesime in tutte le parti del mondo, in Cina, per esempio, avere un'auto grande è simbolo di ricchezza e di importanza per questo i principali *player* hanno iniziato a produrre auto più lunghe espressamente per il mercato cinese. L'esempio della Cina non è stato casuale, infatti essa rappresenta il 30% della domanda globale e sono proprio le economie emergenti ad essere la principale fonte di guadagno per gli OEMs, circa il 60% dei profitti sono fatti nei paesi BRICS (Brasile, Russia; India, Cina, Sudafrica).

2.2 Il Settore Eurodies

In Italia le attività industriali del settore *automotive* contribuiscono all'economia per una percentuale pari al 5% del PIL.

Eurodies è parte di quel gruppo di piccole-medie imprese che compongono la filiera del settore industriale auto in Italia. L'azienda trova il suo ruolo all'interno della filiera del

settore *automotive*.

In Italia le imprese delle fasi a monte della filiera sono quelle che hanno ottenuto i migliori risultati ed hanno subito anche le minori ripercussioni dalla crisi economica, data, anche, la capacità di questa tipologia di aziende di competere all'interno di mercati internazionali. Eurodies in particolare ha un grande respiro internazionale; la clientela che garantisce il maggior numero di commesse proviene da OEMs tedesche, cosa che ha spinto l'azienda ad aprire una sede in Germania. La sede tedesca non si occupa di produzione ma ha il compito di mantenere i rapporti con le case automobilistiche teutoniche, che rappresentano la principale fonte di reddito.

Con l'avvento delle tecnologie di simulazione ed il loro graduale aumento in termini di affidabilità si può pensare che il ruolo di Eurodies sia destinato a scomparire lentamente. Invece, negli ultimi anni, la domanda per l'azienda non ha fatto altro che aumentare. I motivi sono molteplici, in primo luogo l'abilità e la credibilità che si è guadagnata l'azienda nel proprio settore avendo seguito una crescita progressiva avendo aumentato negli ultimi anni non solo la capacità produttiva con l'acquisto nel 2015 e nel 2016 di due nuove presse di ultima generazione ma avendo anche dimostrato una certa determinazione nel cercare di aumentare la tecnologia a disposizione dei propri dipendenti con l'intento di aumentare la qualità dei propri prodotti e la produttività degli operatori oltre alla redditività delle commesse.

In secondo luogo gli OEMs, come spiegato in precedenza, hanno anche la necessità, di fronteggiare una segmentazione della domanda sempre maggiore e c'è quindi un aumento delle commesse dei prototipi.

Inoltre con la fine della crisi finanziaria che ha colpito il mondo nell'ultimo decennio, ed in particolare il mondo dell'auto, e la conseguente uscita di nuovi numerosi modelli da parte di tutti i grandi marchi del settore ha aumentato la domanda per Eurodies che ha visto un aumento esponenziale delle commesse negli ultimi 3-4 anni.

L'aumento della capacità produttiva e delle competenze degli operatori ha spinto l'azienda ad iniziare ad occuparsi anche della produzione di serie, di questa tipologia di prodotti varie commesse negli anni, l'ultima nel 2017 e la produzione continuerà fino almeno al 2020, di parti di auto di categoria *premium* con volumi quindi ridotti che garantiscono ad Eurodies un'entrata sicura nel lungo periodo.

Il *core business* della società rimane in ogni caso la produzione prototipale ed è quella che garantisce i margini di commessa più elevati.

I doveri di Eurodies nei confronti dei propri clienti non terminano con l'ultima consegna dei prototipi ma collabora con il cliente per l'industrializzazione del processo produttivo del veicolo, possono, per esempio, essere fornite le matematiche degli stampi che sono stati utilizzati nelle fasi di produzione.

Gli stampi, anche se una volta che è terminata la commessa sono conservati per gli anni concordati con il cliente nei capannoni di proprietà di Eurodies, sono di proprietà dell'azienda cliente che li può richiedere in qualsiasi momento. Può non risultare subito immediata la necessità di una conservazione così lunga degli stampi (può durare anche più di 10 anni), in realtà è spiegata da due motivi:

- Il cliente potrebbe voler lanciare una nuova versione del modello prodotto con il suddetto stampo che quindi potrebbe poter essere riutilizzato effettuando qualche modifica ottenibile semplicemente da una nuova fresatura.
- Il cliente per vari motivi potrebbe avere la necessità che sia Eurodies ad occuparsi della produzione di una parte per un determinato periodo di tempo. Per esempio potrebbe rompersi lo stampo della produzione di serie per cui il cliente può chiedere ad Eurodies, che immaginiamo si sia occupata della fase prototipale del pezzo, di produrlo aspettando che lo stampo di serie sia riparato o sostituito senza dover interrompere la produzione che avrebbe costi enormi per il cliente.

Capitolo 3

Gestione della Commessa

Come si può facilmente intuire ogni commessa è differente e presenta le proprie caratteristiche e difficoltà. È però possibile riconoscere un percorso tipo che è seguito da ogni commessa dal momento dell' accettazione dell'ordine al completamento della stessa come è appunto esemplificato dal diagramma di flusso qui riportato.

La fabbrica può essere suddivisa in due parti, una addetta alla produzione dell'attrezzatura, quindi alla costruzione degli stampi e dei tasselli, ed una alla produzione delle componenti in lamiera e alluminio. Questa suddivisione è utile per rendere più semplice la descrizione dell'azienda. Deve essere comunque precisato che entrambe lavorano sinergicamente una con l'altra e non come enti indipendenti.

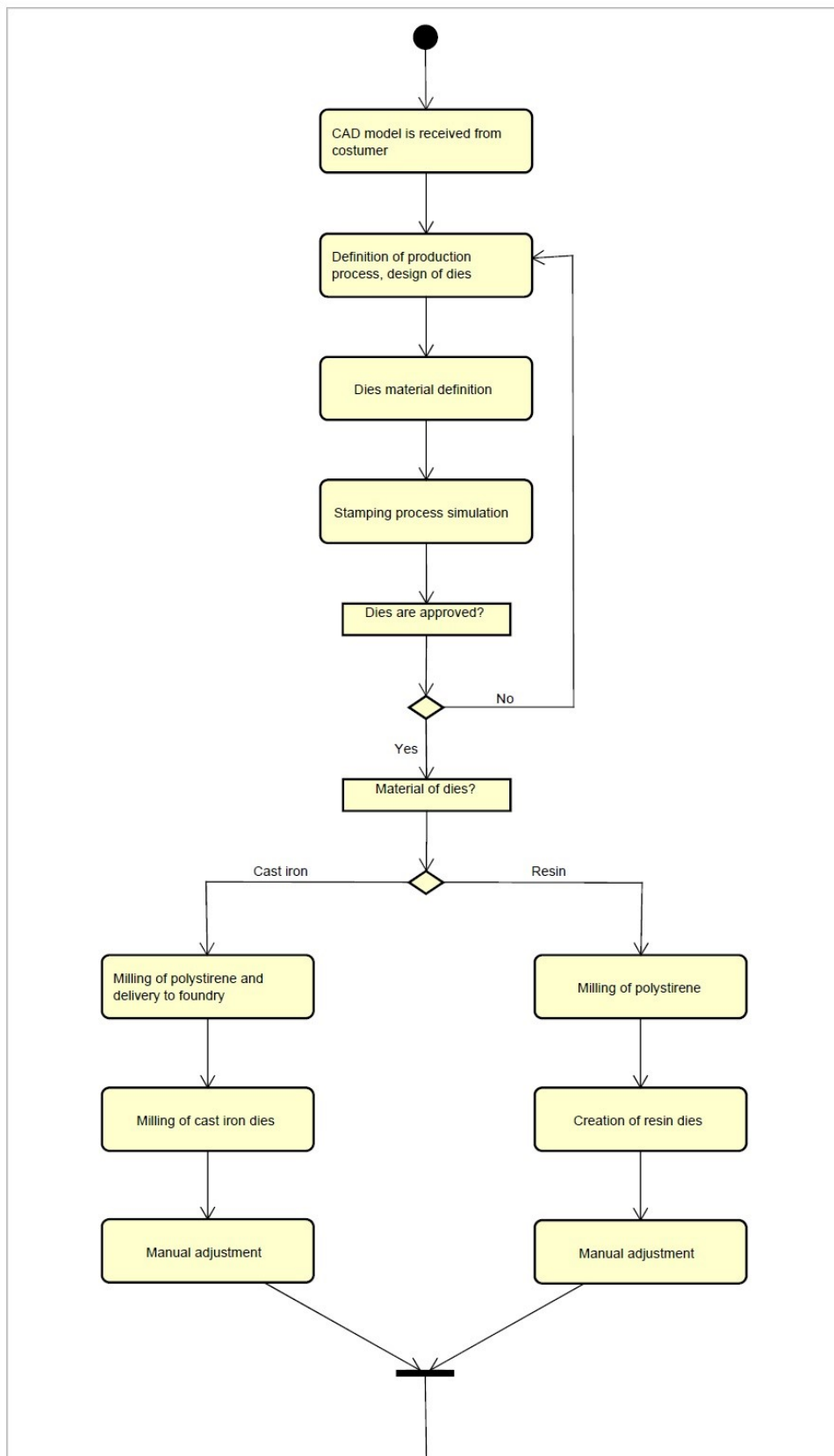
Si procede quindi alla descrizione delle singole fasi descritte nel diagramma.

3.0.1 Ricezione Disegno CAD

Quando Eurodies accetta una nuova commessa riceve dal cliente i disegni del pezzo che dovrà essere prodotto. È quindi questo l'input dell'intero il processo. Dal solo disegno si dovranno ricavare tutte le informazioni necessarie alla costruzione degli utensili per produrre il pezzo finale.

3.0.2 Definizione Ciclo e Disegno Stampi

Ricevuti i disegni dei pezzi commessionati gla addetti del reparto CAD iniziano ad ipotizzare le operazioni che andranno a comporre il ciclo necessario alla produzione del pezzo. Le lavorazioni che andranno a comporre il ciclo produttivo della commessa presa

*Diagramma di flusso della commessa (parte 1)*

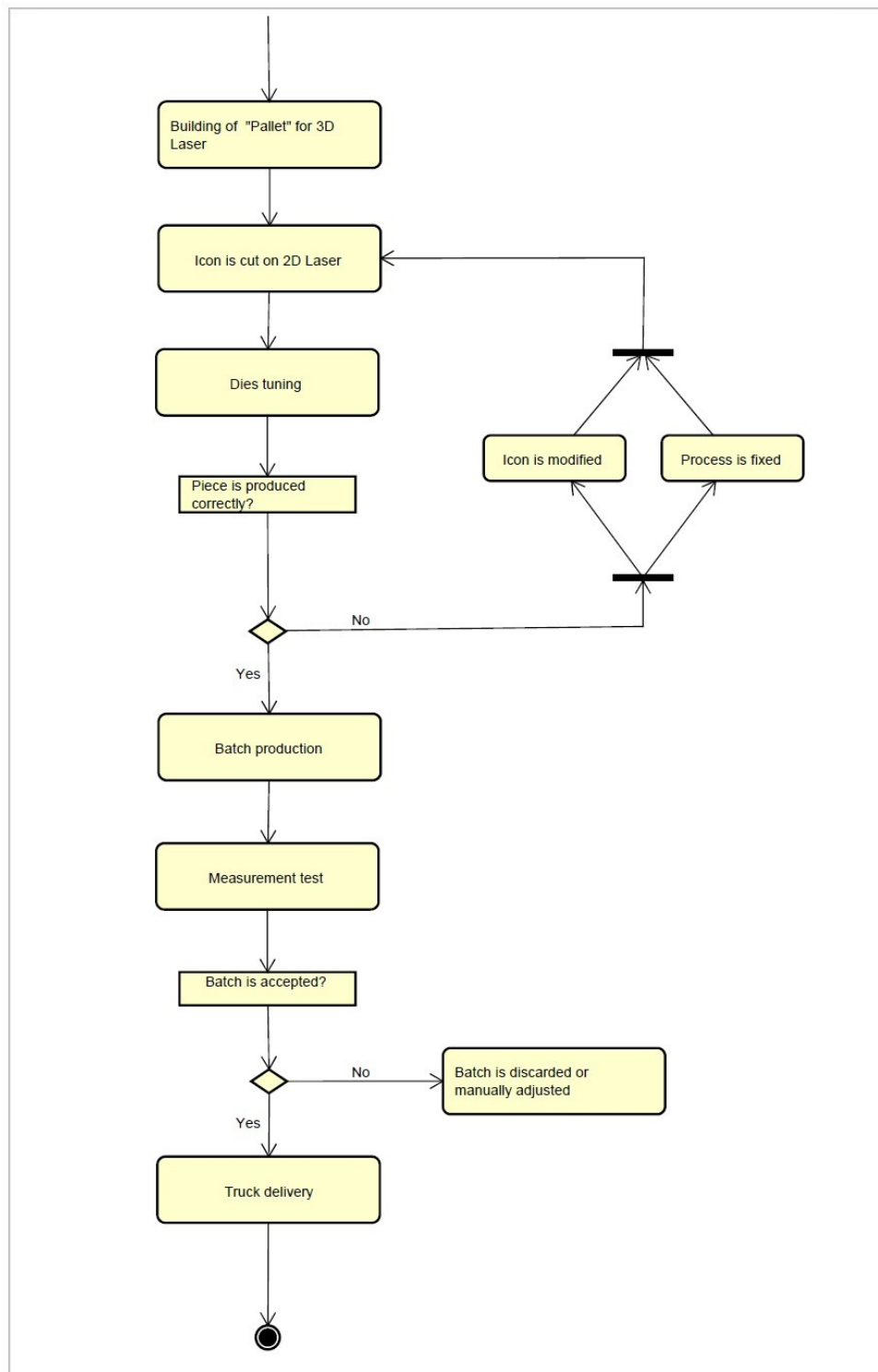


Diagramma di flusso della commessa (parte 2)

in esame possono essere eseguite da macchinari, tipicamente presse e laser, oppure essere manuali eseguite da operai specializzati (battilastra). Le operazioni che sono eseguite sotto pressa sono:

- Imbutitura: è tipicamente la prima operazione ad essere eseguita. Permette di ottenere forme concave, convesse o anche più complesse a partire da un foglio di lamiera piano. I bordi del foglio metallico sono trattenuti da un premilamiera, si esercita una pressione sul punzone fino a far combaciare la lamiera perfettamente con il fondo della matrice. La lavorazione è eseguita correttamente se non sono presenti sul prodotto finito pieghe o strappi. L'utilizzo di presse oleodinamiche permette di lavorare prodotti con rapporti di imbutitura più elevati rispetto all'utilizzo di alternative meccaniche.

Nel caso non sia utilizzato il premilamiera è chiamata 'imbutitura a secco'.

- Assestamento: è eseguito solo in alcune commesse principalmente su parti di grandi dimensioni o con forme particolarmente complesse, permette di ottenere una forma più simile a quella desiderata quando l'imbutitura non è stata sufficiente. Non è utilizzato il premilamiera per questo a volte è chiamato semplicemente imbutitura a secco. Oltre a permettere di ottenere una forma più fedele a quella definita dalla matematica del pezzo può essere utile per stampare particolari che non era possibile eseguire dall'imbutitura, per esempio dei contorni dei fori.
- Flangiatura: questo tipo di lavorazione permette di ottenere alette o è utilizzata per piegare alcuni elementi. Spesso per questo tipo di operazione sono utilizzati dei tasselli rimovibili che sono montati sugli stampi per ottenere la *shape* definitiva.
- Tranciatura: è un processo che avviene solamente nel ciclo dei prodotti di serie poiché è sostituito nella produzione di prototipi dal taglio laser 3D. La tranciatura permette di avere un taglio molto più netto rispetto a quello che si otterrebbe mediante l'utilizzo di un laser ed è anche estremamente preciso sulla posizione della tranciatura stessa. Lo stampo di tranciatura presenta delle vere e proprie lame che permettono di tagliare lo sfrido con un singolo colpo di pressa.

Una volta definito il ciclo produttivo mediante l'utilizzo del software CAD *Catia* è disegnata la geometria degli stampi.

Al contempo è anche deciso il materiale con cui saranno realizzati gli stampi stessi.

3.0.3 Simulazione del Processo di Stampaggio

Definita la matematica degli stampi, il software *Autoform* permette di simulare le operazioni che avverranno in fase di produzione sotto le presse. Nel caso in cui l'esito della simulazione sia positivo il *design* dell'attrezzatura è approvato e si può procedere alla fase successiva. In caso contrario è modificata la matematica degli stampi in modo da ottenerne una più idonea alla produzione della componente o se ciò non è sufficiente è modificato il ciclo che si era ipotizzato nella fase precedente ed è ridisegnata da zero l'attrezzatura.

3.0.4 Produzione degli Stampi

È la fase dal punto di vista delle tempistiche sicuramente più lunga di tutta la commessa infatti, oltre a dover attendere che la fonderia invii lo stampo grezzo ad Eurodies, devono anche essere eseguite numerose fresature che hanno durate decisamente lunghe (dalle 16 alle 48 ore di lavoro sotto macchina). Le fasi che sono svolte dalla fresatrice sono tre:

- Spianatura: è la prima fase ad essere eseguita. Il piano inferiore dello stampo è fresato per ottenere una base piana (in bolla) per consentire un processo di stampaggio più regolare e simile a quello simulato con *Autoform*.
- Sgrossatura: durante la seconda fase è asportata una grande quantità di materiale ad ogni passaggio. Per questo motivo è necessaria la costante presenza di un operatore durante tutta questa fase; infatti possono avvenire dei blocchi dell'utensile causati dal troppo materiale che deve essere asportato.
- Finitura: la terza ed ultima fase è anche la più lunga. L'utensile deve eseguire numerosi passaggi asportando una quantità di materiale inferiore rispetto a alla fase precedente. La velocità di avanzamento dell'utensile è inferiore rispetto a quella

della sgrossatura. Questa operazione ha il vantaggio di non richiedere la presenza di un operatore per cui può essere eseguita durante la notte con un grosso vantaggio in termini di aumento dell'efficienza e di costi legati al consumo di energia elettrica.

I materiali utilizzati per produrre le attrezzature sono tre:

- Ghisa: è il materiale con cui sono realizzati la maggior parte degli stampi. La realizzazione è affidata ad una fonderia che garantisce un vantaggio , in termini di tempo, all'azienda nei confronti dei principali *competitors* tedeschi. Lo stampo grezzo è consegnato, pronto per essere lavorato, in meno di una settimana. In Germania le fonderie richiedono molto più tempo per consegnare il prodotto semilavorato.

Il primo *step* della produzione è la fresatura del polistirolo al quale è data la forma dello stampo finito. Sono poi incollati alla figura così ottenuta le lettere e i numeri necessari all'identificazione dello stampo. Il polistirolo è poi inviato in fonderia dove ne è eseguita una copia in ghisa in circa una settimana.

Lo stampo grezzo dopo essere giunto in Eurodies è lavorato tramite delle frese a controllo numerico. La superfinitura non è eseguita perché richiederebbe tempi troppo lunghi che l'azienda non ha a disposizione oltre a non essere necessaria nella produzione di prototipi. I punti che necessitano di una superficie con una rugosità minore sono trattati manualmente da degli operatori denominati in gergo aziendale 'aggiustatori'. L'attenzione è focalizzata sui raccordi e sugli spigoli vivi che potrebbero causare notevoli problemi in fase di produzione.

- Resina: nel caso i prodotti da consegnare siano di numero molto esiguo e in una fase ancora embrionale del progetto per cui non è richiesta un'elevata qualità del prodotto. É solamente la matrice (*die*) dello stampo ad essere costruita in resina. I costi di produzione si riducono enormemente per cui quando è possibile questa tecnica è preferita, anche se le occasioni che permettono l'utilizzo di questo materiale non sono molte. Un ulteriore problema legato a questa tecnica è costituito dai costi di smaltimento.



Stampo in ghisa sollevato per mezzo di un carroponte

La fase di produzione di punzone e premilamiera segue quanto descritto per gli stampi in ghisa. Ci si concentrerà quindi sulla descrizione del processo di produzione della matrice in resina: il punzone è utilizzato come negativo, la resina liquida è versata sul punzone ed è fatta solidificare per permetterle di prendere la forma desiderata. Le lavorazioni successive ripercorrono quelle degli stampi in ghisa: i raccordi e gli spigoli vivi infatti, sono lavorati dagli aggiustatori per evitare problemi in fase di produzione.

- Acciaio: è il materiale utilizzato per la produzione di attrezzature di piccole dimensioni. Sono ordinati dei solidi di acciaio che poi sono fresati al fine di ottenere la forma desiderata.

Anche in questo caso la superfinitura non è eseguita e sono gli aggiustatori a terminare il lavoro.

3.0.5 Costruzione Struttura per il Taglio Laser 3D

La struttura che deve sostenere il pezzo durante le operazioni di taglio laser è chiamata comunemente dagli operatori di Eurodies '*pallet*' per cui questa denominazione potrà



Pallet per il taglio laser 3D

essere utilizzata anche all'interno di questa tesi.

Questa fase si svolge all'interno del reparto carpenteria, sono saldate delle barre di acciaio al fine di costruire una struttura stabile che permetta di sostenere il pezzo durante le operazioni di taglio laser. Dopo aver creato lo scheletro del pallet, questo è appoggiato sulla matrice dello stampo, utilizzando poi della resina fusa è data al sostegno la forma adatta in modo che sia stabile ma rimanga allo stesso tempo semplice e veloce da costruire.

Ogni commessa necessita di un pallet differente per cui quando è possibile i profilati dei vecchi sostegni sono recuperati.

3.0.6 Taglio dello Sviluppo

Lo sviluppo è la figura che è ricavata dal foglio di lamiera intero per iniziare la prima fase di produzione. Questa fase è eseguita per mezzo di un laser 2D collegato ad un magazzino automatico.

Questo utensile sarebbe in grado di garantire un grande automazione della produzione ma le difficoltà organizzative legata alla necessità di schedare la produzione di una così grande gamma di prodotti differenti non consente di sfruttare totalmente le potenzialità della macchina. Bisogna dire che le continue richieste di cambiamenti provenienti dal reparto presse non consentirebbe in ogni caso di programmare nel dettaglio il lavoro di questo laser.

3.0.7 Messa a Punto

É la fase centrale del processo produttivo dei prototipi.

A causa dell'approssimazione in fase di simulazione e di lavorazione degli stampi, dovuta ai vincoli stringenti per tempi e costi, il risultato che si ottiene sotto pressa può essere abbastanza dissimile da quello previsto. Per questo prima di procedere alla fase di produzione vera e propria si effettua la 'Messa a Punto'. É un'attività effettuata da alcuni degli operai più esperti in cui l'operatore a cui è assegnata la commessa decide quali accorgimenti adottare per riuscire ad ottenere il risultato richiesto dal cliente finale.

I difetti che sono riscontrati in questa fase sono riconducibili a due cause opposte. É possibile che il premilamiera eserciti una pressione eccessiva sullo sviluppo impedendo così lo scorrimento della lamiera provocando quindi delle rotture oppure al contrario il materiale può scorrere con troppa facilità provocando delle grinze e delle pieghe. Altre cause di difetti possono essere i raccordi e gli spigoli vivi che potrebbero richiedere, quindi, un'ulteriore lavorazione dei battilastra o direttamente da parte degli operatori sotto pressa.

Si descrivono di seguito le correzioni che sono messe in atto dagli operatori in fase di messa a seconda del tipo di problematica riscontrata.

- *Rottura per Scarso Scorrimento del Materiale*

Questo tipo di problematica è caratterizzata da squarci nella lamiera, le zone più soggette a rotture sono gli spigoli e la zona di separazione tra fuori figura e pezzo. L'intervento consiste nel cercare di facilitare lo scorrimento del materiale; sono quindi utilizzati vari tipi di liquidi per lubrificare la lamiera (olio o addirittura grasso), dei fogli di *nylon* sono posizionati nei punti di maggior criticità (sono utilizzate diverse tipologie di *nylon* a seconda della difficoltà dello scorrimento della lamiera), possono essere posizionati dei piccoli compensatori tra premilamiera e matrice per non permettere un totale accoppiamento tra le due parti e in questo modo facilitare lo scorrimento del materiale. Per aumentare lo scorrimento del materiale spesso è modificato lo sviluppo di lamiera da cui si parte riducendo la porzione che è trattenuta tra premilamiera e matrice riducendo così la forza

verticale agente sullo sviluppo stesso. Essendo questa una delle operazioni che è eseguita più frequentemente nella fase di messa a punto all'inizio sono fatti tagliare dal laser pochi sviluppi per volta in modo che sia ridotta al minimo la quantità di materiale sprecato.

Quando risultano evidenti dei problemi strutturali nello stampo che non possono essere risolti tramite lavorazioni manuali o altri piccoli accorgimenti effettuabili sotto pressa, questo può essere nuovamente lavorato dalle macchine fresatrici; è un'eventualità che è evitata il più possibile in azienda a causa del notevole aumento dei costi e del tempo che ne conseguono.



Rottura per scarso scorrimento del materiale

- *Grinze e Ondulazioni per Eccessivo Scorrimento del Materiale*

È la problematica opposta quella descritta al punto precedente. Nel caso in cui la fase di fresatura abbia asportato un'eccessiva quantità di materiale dal premilamiera e dalla matrice causando un gioco troppo elevato tra le due parti dello stampo, l'attrito tra le facce dello stampo e foglio di metallo provoca un eccessivo scorrimento di materiale causando delle grinze o delle ondulazioni. L'operatore deve quindi adottare degli accorgimenti in modo da aumentare l'attrito tra lamiera

e stampo.

Spesso si modifica lo sviluppo per aumentare la superficie dello sviluppo in modo che la porzione di materiale su cui matrice e premilamiera esercitano pressione è maggiore con il conseguente aumento della difficoltà dello scorrimento del materiale.



Pezzo imbutito che presenta grinze

- *Altre Problematiche*

Possono essere riscontrate altre problematiche in fase di messa a punto che però sono considerate di minore importanza e spesso trascurate dagli operatori. Le altre problematiche sono lo scorrimento di una linea di stile, le linee di stile sono quelle che contribuiscono a dare la forma ed il *design* desiderati al pezzo. Nella produzione di parti di serie queste devono essere assolutamente nette mentre in fase prototipale è comunemente accettato che ci possa essere un leggero spostamento di materiale da quella zona.

Un altro difetto che può avvenire è la presenza in figura di parti di lamiera che sono passati attraverso i rompigrinza (*drawbeads*), il materiale presenterà quindi delle tensioni residue e delle possibili deformazioni, una soluzione che comunemente applicata in questo caso è equivalente a quella che è adoperata in caso di eccessivo scorrimento: si prova a diminuire lo scorrimento della lamiera aumento l'area della zona su cui è esercitata la pressione dello stampo.

È anche accettato il dover ricorrere all'opera dei battilastra nel caso in cui non si

riesca ad ottenere una *shape* del pezzo accettabile. L'utilizzo della battitura manuale non è assolutamente permesso nei pezzi di serie ed è da ridurre al minimo anche nella produzione prototipale in quanto il costo del lavoro di questi operai specializzati è elevato. Risulta necessario ricorrere al loro operato quando le forme da ottenere sono particolarmente ostiche come, per esempio, delle punte molto strette o negli spigoli in generale dove sovente c'è una sovrapposizione di lamiera.



Punta di un parafango che necessita dell'intervento dei battilastra

È durante la fase di messa a punto che si concentrano gli scarti proprio per la natura di *trial and error* tipica di questa fase; è però anche una fase centrale del processo produttivo in quanto se ciò che viene effettuato in questo momento è eseguito correttamente e con attenzione la fase di produzione dei pezzi risulterà molto più semplice e rapida, molto simile ad una produzione di serie qualsiasi.

3.0.8 Produzione Dopo la Messa a Punto

La semplicità e la velocità di questa fase dipendono estremamente da ciò che è stato fatto durante la messa a punto. Se la fase precedente è stata eseguita con attenzione l'operatore addetto alla produzione avrà a disposizione tutte le informazioni necessarie per ottenere un pezzo corretto, in caso contrario la fase di produzione sarà molto simile a quella di messa a punto con eccessivi sprechi e rotture ed una produzione che avanzerà a singhiozzo.

Durante questa fase sono, nella quasi totalità dei casi utilizzati sia le presse, sia i laser 3D e 2D, Oltre ad essere necessario il lavoro dei battilastra.

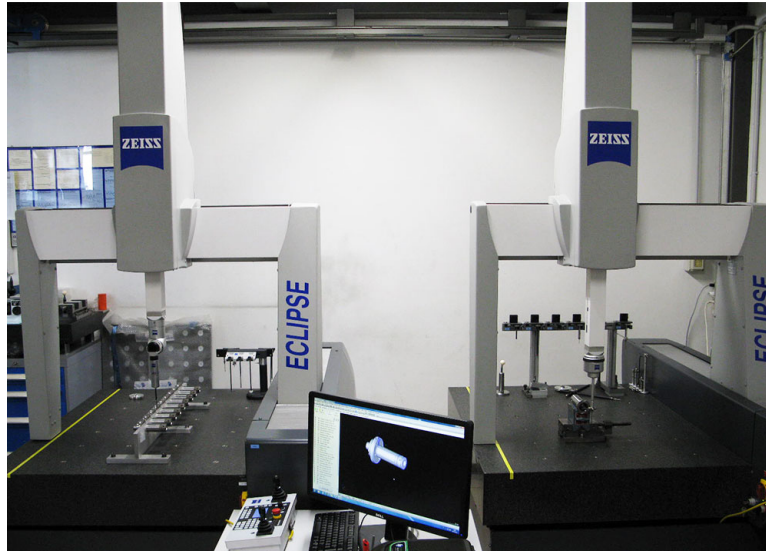
3.0.9 Collaudo

È il termine utilizzato in azienda per il controllo qualità. Prima che arrivi il cliente in visita per visionare i pezzi o prima che gli stessi siano spediti, è effettuato un controllo su un campione di un pezzo per lotto. Si controlla che il pezzo rispetti le tolleranze di forma e dimensione, che, in ogni caso, sono abbastanza larghe quando si parla di prototipi. Soprattutto nei primi lotti il cliente accetta degli errori abbastanza marcati anche se nei successivi la qualità richiesta cresce.

Il collaudo serve anche per tarare il laser 3D che deve operare il taglio laser di finitura: è tagliato un pezzo di prova che è poi portato nel reparto di collaudo, il pezzo è posizionato sul punzone dello stampo su cui sono state fresate in precedenza le linee che identificano i confini del pezzo, sono quindi misurate le differenze tra la posizioni teoriche (disegnate sullo stampo) e quelle reali, in modo da modificare il percorso della testa del laser per ottenere la forma ideale.

3.0.10 Saldatura Normalizzati

Eurodies dispone anche di un settore di saldatura che impiega utensili di ultima generazione oltre ad una linea di saldatura completamente automatizzata con due robot antropomorfi da Comau.



Macchina di misura che permette di collaudare due pezzi contemporaneamente

La linea automatizzata è stata acquistata recentissimamente vista la volontà della dirigenza di espandere ulteriormente il mercato dell'azienda. Si è infatti deciso di acquisire commesse costituite solamente dall'assemblaggio di parti costruite da aziende terze oppure di integrarsi a valle e di assemblare le parti prodotte direttamente in Eurodies. Oltre alla linea automatica il reparto si completa con una serie di postazioni manuali comprendenti delle pistole per la saldatura con cui sono assemblate le viti, i bulloni o qualsiasi parte normalizzata sia necessaria per il completamento della lavorazione.



Linea di assemblaggio robotizzata

3.0.11 Spedizione

L'ultima fase della commessa è la spedizione dei pezzi finiti. La responsabilità di Eurodies sui pezzi termina una volta che questi sono caricati sul camion diretto alla fabbrica del cliente.

3.1 La Produzione

Dopo aver descritto rapidamente tutte le fasi che caratterizzano il percorso della commessa in Eurodies è necessario descrivere con maggior attenzione come avviene il processo produttivo vero e proprio, in particolare quello dei prototipi (ovvero con il taglio laser al posto della tranciatura sotto pressa).

Dopo aver eseguito la messa a punto ed aver quindi compreso quali accorgimenti sono necessari per ottenere un pezzo corretto si procede con la produzione del lotto; a seconda del numero di operazioni sotto pressa necessarie, il percorso della commessa subisce dei piccoli cambiamenti; solitamente dopo ogni fase sotto pressa è effettuato un taglio laser. La prima operazione ad essere eseguita è il taglio dello sviluppo, è utilizzato un laser 2D collegato ad un magazzino automatico, in questa fase le potenzialità di questa macchina utensile possono essere sfruttate al massimo, a differenza di quanto può avvenire nella fase di messa a punto, perché dopo aver caricato sul PLC del laser il percorso che la testa dovrà seguire e aver definito quali fogli dovranno essere tagliati, la macchina potrà eseguire le lavorazioni automaticamente senza necessitare di nessun controllo dall'esterno. È possibile quindi far lavorare la macchina in notturna senza la necessità di aver un operatore impegnato nel controllo del laser.

La seconda operazione è l'imbutitura che, come spiegato precedentemente, è un'operazione che avviene sotto pressa. Dopo l'imbutitura se è necessaria un'ulteriore operazione sotto pressa il pezzo è portato al laser 3D per essere tagliato una prima volta per essere sgrossato, altrimenti si deve eseguire sempre un'operazione al laser ma al posto di un taglio di sgrossatura si esegue un taglio di finitura (che sarà spiegato successivamente). Durante questa fase è asportato lo sfrido, ovvero la porzione di materiale del cosiddetto fuori-figura. Il fatto di eliminare una porzione di lamiera provoca elimina ciò che mante-

neva la *shape* del pezzo. Provando a spiegarmi meglio, le tensioni residue che rimangono all'interno del materiale non hanno la possibilità di provocare delle deformazioni nel pezzo perché lo sfrido non consente al materiale di cambiare la propria forma, la sua asportazione elimina il freno e le tensioni residue provocano delle deformazioni.

Questo effetto è chiamato ritorno elastico, *springback*. Quando è modificata la forma di un materiale che ha comportamento elastico, questo immagazzina l'energia elastica al suo interno, quando il carico è rimosso l'energia elastica è liberata e il materiale tende a tornare alla forma originale. Lo *springback* è una delle condizioni che devono essere tenute maggiormente sotto controllo in fase di simulazione.

È di primaria importanza la conoscenza del materiale del pezzo che si sta stampando, materiali differenti si comportano in modi diversi, in linea generale i materiali più resistenti hanno maggiore ritorno elastico e, ovviamente, bisogna tenere conto di questo. I pezzi che necessitano di avere un materiale resistente, come, ad esempio, le barre antintrusione delle fiancate o della parte anteriore e posteriore e in ogni caso tutto ciò che deve fornire alla vettura resistenza in caso di urto, devono essere ottenuti per mezzo di stampi con una viziatura degli angoli e dei raccordi per ottenere la forma desiderata una volta che sarà tolto lo sfrido e ci sarà quindi il ritorno elastico.

Dopo il taglio laser di sgrossatura si eseguono le ulteriori operazioni sotto pressa che sono necessarie, nel caso in cui si debba effettuare sia l'assestamento sia la flangiatura solitamente il primo è eseguito subito dopo il taglio e solo in un secondo momento si esegue la flangiatura.

A questo punto deve essere effettuata un'altra operazione di taglio, stavolta di finitura, in cui è asportato il rimanente sfrido e sono praticati i fori. Il tempo mediamente impiegato nel taglio di finitura è superiore a quello necessario per la sgrossatura, la precisione richiesta in questa fase comporta una velocità di avanzamento sicuramente inferiore oltre ad avere solitamente un percorso più lungo necessario per praticare i fori ed altri particolari.

L'ultima fase della produzione è costituita dalle lavorazioni manuali che sono necessarie per ottenere il pezzo finito. Sono spianate le zone dove si sono formate delle pieghe, sono lavorati i vertici dove si possono riscontrare problemi legati alla sovrapposizione di materiale, un'altra zona dove è necessaria l'opera dei battilastra è quella delle punte

solitamente presenti nei parafanghi. I battilastra sono utilizzati anche per diminuire gli effetti dello *springback*.



Testa della fresa in funzione durante la fase di semifinitura

3.2 I Macchinari

Nella seguente tabella sono riportati i macchinari presenti all'interno dello stabilimento di Avigliana di Eurodies.

Non sono quindi presenti le frese che sono utilizzate per la lavorazione dei polistiroli che si trovano in un altro capannone a Rivoli.

Qui di seguito si descriveranno le caratteristiche tipiche dei vari gruppi di macchine utensili.

3.2.1 Frese

Nel solo stabilimento di Avigliana sono presenti 20 frese a controllo numerico anche se non tutte sono funzionanti. Tutti i macchinari appartenenti a questa classe sono collegati in rete permettendo quindi di caricare direttamente sulla macchina il percorso che deve essere seguito dall'utensile. I macchinari più grandi sono anche quelli più moderni in grado di lavorare su 5 assi con grande precisione. Sono utilizzate per fresare stampi di grandi dimensioni come per esempio quelli delle fiancate, dei tetti e dei parafanghi. Spesso di questi pezzi è doppio consentendo di stampare due elementi (uno destro ed

uno sinistro) con un singolo colpo di pressa.

Le frese più piccole sono anche più obsolete, anche se comunque sono CNC e collegate alla rete, sono utilizzati per la fresatura degli stampi di minor dimensione o per la lavorazione dei tasselli di acciaio utilizzati per la flangiatura.



Fresa a controllo numerico

3.2.2 Presse

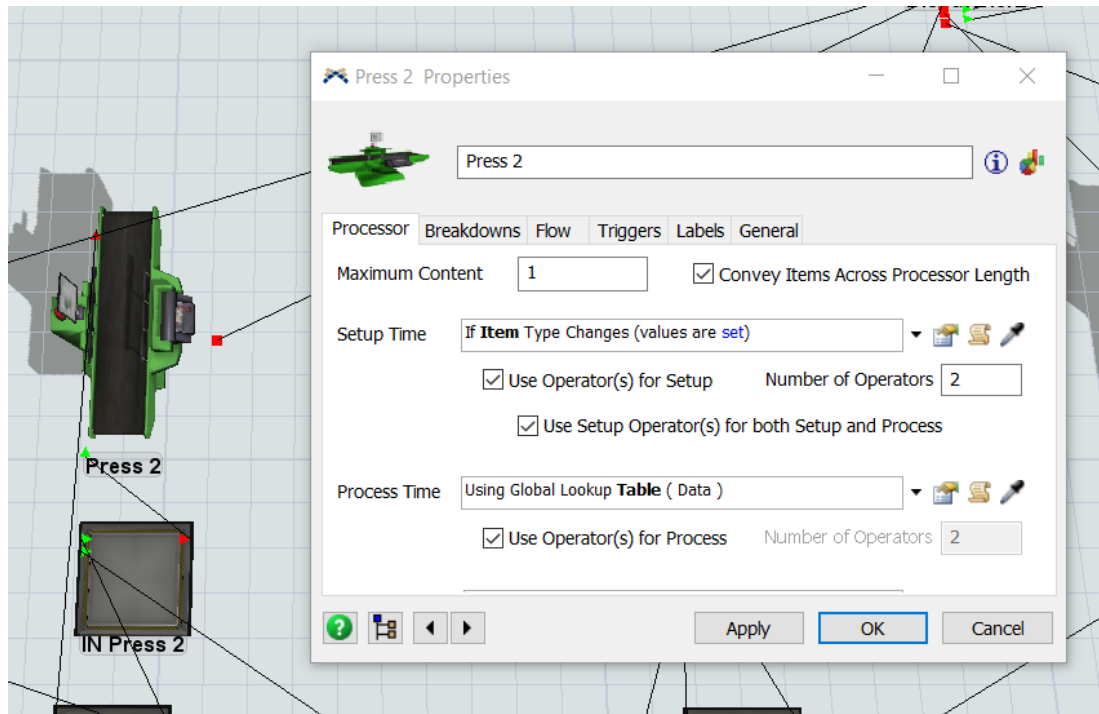
Nello stabilimento di Avigliana si possono contare 19 presse alcune non funzionanti o utilizzate solamente per la prova degli stampi (per controllare accoppiamento tra matrice e punzone cercando di evitare le interferenze o l'eccessivo gioco).

Le presse del capannone A sono di grandi dimensioni e tecnologicamente avanzate, alcune presentano un PLC moderno rendendo così possibile un collegamento in rete per avere accesso ai dati; tutto questo non è ancora fatto ma si sta cercando di intervenire in tal senso all'interno di un progetto per l'industria 4.0 chiamato *Progetto Home*.

Si sta anche lavorando all'installazione di due robot antropomorfi che saranno utilizzati per mettere in comunicazione 2 presse di questa batteria al fine di automatizzare il passaggio tra 2 fasi di lavorazione successive.

Le presse presenti nel capannone C sono di dimensione più ridotta e sono utilizzati

per produrre parti semplici e di ridotta dimensione. Sono macchinari di costruzione più datata che non utilizzano PLC.



Reparto presse del capannone di Avigliana

3.2.3 Laser

Come già descritto in precedenza la caratteristica principale che differenzia i vari tipi di laser sono i gradi di libertà della fonte del raggio. In Eurodies i laser a 2 e 3 gradi di libertà hanno proprio impieghi differenti.

- *Laser 2D*: è utilizzato per tagliare gli sviluppi. Il laser utilizzato maggiormente per questo tipo di operazione è anche il macchinario più tecnologicamente avanzato di Eurodies.
- *Laser 3D*: sono utilizzati per il taglio di sgrossatura e di finitura dei semilavorati.

In ogni caso tutti i laser di Eurodies presentano un PLC e permettono il caricamento dei percorsi utensile tramite una penna USB.

Il laser 2D tiene anche lo storico delle lavorazioni.

3.2.4 Forno

Il forno è utilizzato nelle operazioni di assemblaggio di parti che richiedono l'utilizzo di una speciale resina oltre alla semplice saldatura a punti.

Nel caso in cui si debbano saldare tra di loro parti di grosse dimensioni e non delle semplici parti normalizzate è necessario l'impiego di una particolare resina.

Dopo che gli operatori hanno saldato le parti con le pistole è iniettata tra i due pezzi la resina liquida, l'assemblato è quindi messo nel forno a temperature molto elevate (ma non sufficienti a modificare la forma dei pezzi stampati) in modo che il collante si espanda andando ad occupare tutti gli interstizi e in secondo momento si solidifichi. Questa operazione permette di ottenere assemblati molto più resistenti e di qualità decisamente più elevata.

3.2.5 Robot per la Aggraffatura

La graffatura è un metodo di assemblaggio meccanico. È un tipo di giunzione non smontabile, come d'altro canto la saldatura; consente di assemblare parti anche molto grandi semplicemente tramite la deformazione del materiale andando a sovrapporre delle porzioni di materiale.

Questa tecnica è utilizzata per assemblare ossature con i pannelli esterni di porte o tetti.

Capitolo 4

Metodo di Simulazione

In questo capitolo sarà descritto il metodo che è stato utilizzato per simulare il processo produttivo di Eurodies. Il *software* di simulazione utilizzato è stato Flexsim di cui di seguito sarà data una breve descrizione.

Come si è capito il problema principale di Eurodies è la scarsa produttività e la presenza di eccessive inefficienze.

4.1 Flexsim

Flexsim è un software di simulazione 3D che permette di modellare, predire, simulare e anche visualizzare sistemi in diversi ambiti come per esempio il *manufacturing*, che sarà l'ambito di primario interesse per questo lavoro di tesi, nella gestione dei materiali e dei magazzini, può essere addirittura utilizzato in ambito medico e del *mining*.

Flexsim permette di ottimizzare, pianificare i processi e a minimizzare gli sprechi.

Il *software* permette di simulare un intero sistema produttivo reale attraverso i principi della simulazione ad eventi discreti.

L'utilizzo di questa tipologia di programmi permette alle aziende di testare attraverso un'analisi strutturata i propri processi sia produttivi che logistici in un ambiente virtuale, permettendo un ingente risparmio in termini di tempi e costi.

È sempre più importante la produttività dell'azienda appurato il fatto che il lavoro è uno dei fattori di costo principali e che la sua quota sia in continua ascesa. La necessità dell'aumentare l'efficienza è importante non solo per Eurodies ma in generale per tutte

le piccole-medie imprese italiane.

La simulazione permette di testare qualsiasi variazione del sistema produttivo riducendo al massimo i rischi legati alle modifiche, lavorando in un ambiente virtuale abbassando così i costi. In caso di errore di progettazione è infatti sufficiente la modifica dei parametri di simulazione.

FlexSim può essere utilizzato anche per simulare il trasporto del gas naturale e del petrolio, il modulo che permette ciò è denominato *FloWorks*. Attraverso questo modulo è possibile integrare accuratamente processi anche di tipo continuo in Flexsim.

Flexsim offre un prodotto all'avanguardia anche per il settore sanitario. FlexSim HC è il *software* più evoluto e all'avanguardia in questo ambiente ed è stato progettato proprio per le strutture sanitarie odierne. Le simulazioni in questo ambiente permettono di trovare soluzioni accurate in grado di aiutare l'organizzazione sanitaria tendendo al massimo dell'efficienza senza sperimentare nulla direttamente nel mondo reale.

Le immagini 3D di cui dispone FlexSim permettono alle simulazioni eseguite con questo *software* di essere molto più convincenti rispetto a semplici grafici e tabelle. Con FlexSim si possono infatti simulare per intero gli ambienti di lavoro introducendo il mobilio, nel caso in cui si stia simulando un ospedale, oppure introducendo i percorsi sicuri che gli operatori di un impianto produttivo devono seguire trasportando il materiale.

4.2 La Simulazione

Si è deciso di simulare il processo produttivo in modo da controllare che le possibili modifiche proposte siano corrette. Come è stato spiegato approfonditamente nei capitoli precedenti uno dei problemi principali che deve affrontare Eurodies è costituito dalla difficoltà nello sfruttare al meglio le proprie risorse dovute alla tipologia di produzione. Questo è dovuto oltre a tutte le problematiche legate alla ridotta schedulazione delle attività ed organizzazione delle risorse anche ai grossi tempi morti che intercorrono tra la produzione di un pezzo ed il successivo, oltre al lungo tempo che i pezzi rimangono in coda attendendo di essere lavorati.

4.3 Modello semplificato

In un primo momento si è deciso di simulare un processo semplificato con una sola macchina utensile per tipologia. In questo modo è stato possibile prendere confidenza con FlexSim oltre ad aiutarci a comprendere di quali dati avremmo avuto bisogno. Gli oggetti presenti nel modello sono sette e rimarranno lo stesso numero anche nella simulazione con il modello completo aumenteranno solamente il numero di oggetti per tipologia. I sette *model object* sono:

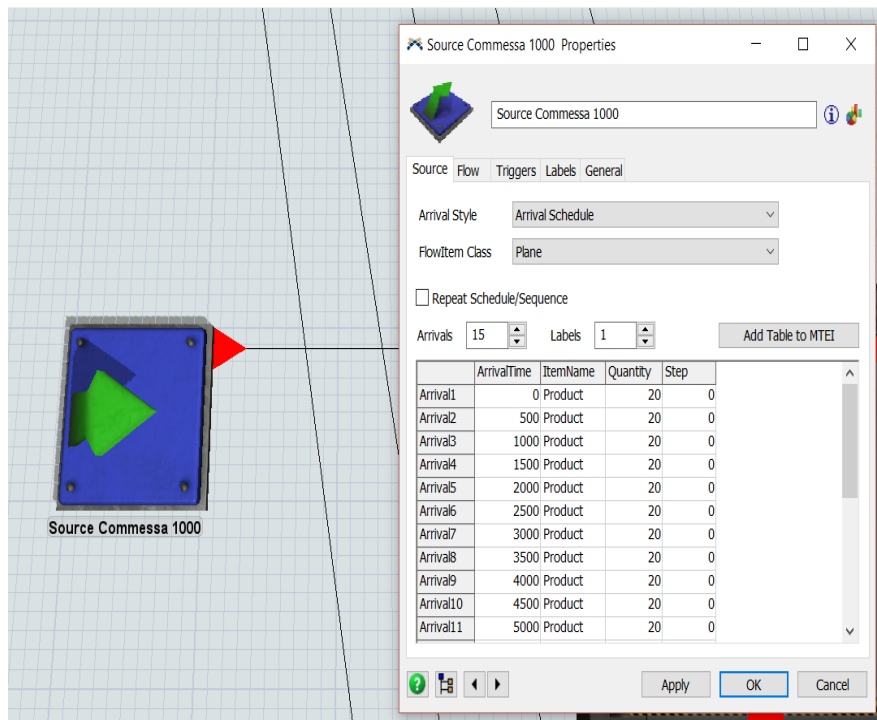
- *Source*
- *Queue*
- *Processor*
- *Sink*
- *Dispatcher*
- *Operator*
- *Transporter*

Di seguito è fornita una breve panoramica sugli elementi introdotti nel modello.

Source

É la sorgente dei pezzi, il *model object* che introduce i pezzi nel sistema. É possibile generare sia materia prima che semilavorati. Nel modello di Eurodies ad essere generati sono i fogli di lamiera e alluminio.

Si possono definire diversi parametri in modo da rendere il modello virtuale il più possibile simile alla realtà. L'*Arrival Style* può essere programmato secondo diverse modalità: può essere parametrizzato il tempo tra due arrivi successivi, in modo deterministico o statistico, oppure possono essere definiti gli istanti di arrivo dei pezzi; nel modellizzare Eurodies si è deciso di utilizzare l'ultima modalità descritta perché permetteva di formare dei lotti indicando quanti elementi far arrivare in contemporanea. Si sono definiti lotti da 20 pezzi poiché dopo una lunga osservazione si è notato che è questo il numero di pezzi che è richiesto dai clienti in ogni spedizione.



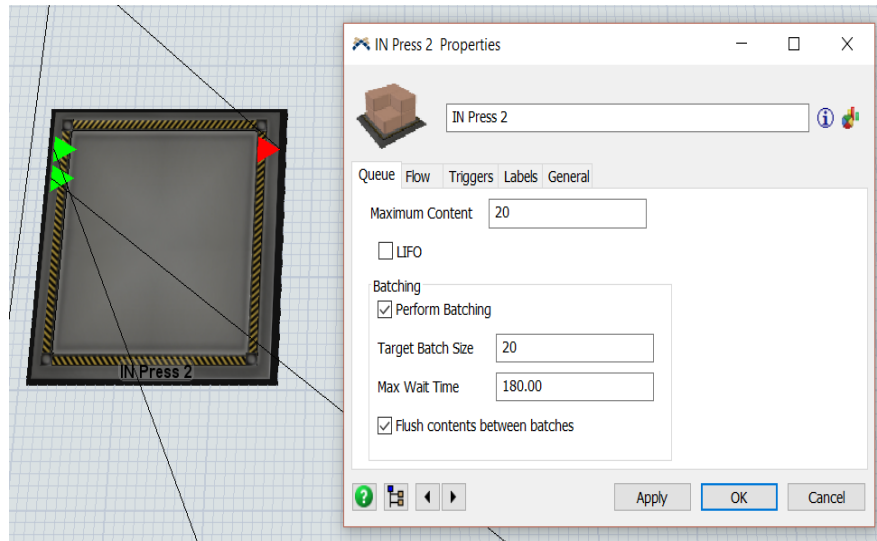
Elemento source, gli elementi caratterizzanti nel modello esteso

Sink

È l'elemento finale del processo. Una volta giunti in questo elemento i pezzi sono eliminati dal modello.

Queue

Sono i *model object* in cui gli elementi generati dalla *source* attendono per essere lavorati o per essere semplicemente trasportati. Avendo definito la numerosità del lotto come pari a 20 pezzi si è deciso di definire la capacità delle code al massimo pari proprio a 20. Al fine di evitare che i lotti di pezzi differenti si mischiassero tra di loro, attraverso l'opzione '*Flush content between batches*' si è eliminata di fatto la possibilità che la coda accetti nuovi elementi prima che il lotto precedente non sia stato completamente lavorato o trasportato.



Elemento queue, gli elementi caratterizzanti nel modello esteso

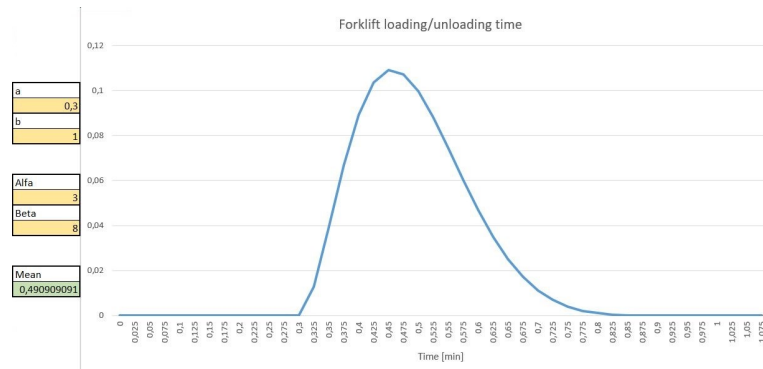
Trasporter

È la riproduzione virtuale del muletto utilizzato in azienda. I parametri da definire sono quelli relativi ad accelerazione e velocità. La velocità massima consentita in azienda è pari a 6 km/h, ovvero 100 m/s.

Poiché i pezzi da trasportare o sono appoggiati su pallet di legno oppure stoccati in contenitori appositi, i tempi di carico e scarico sono stati parametrizzati secondo la logica '*Batch processing*', quindi il tempo di carico è applicato solo una volta a lotto e non per ogni pezzo. Al tempo di carico/scarico non è stato assegnato un valore deterministico ma attraverso numerose misurazioni, effettuate ad Eurodies, che sono state successivamente interpolate con *Microsoft Excel* per comprendere quale distribuzione statistica rispecchiasse al meglio i tempi di processo. La distribuzione scelta è stata una beta con i seguenti parametri:

- $a = 0,3 \text{ min}$
- $b = 1 \text{ min}$
- $\alpha = 3 \text{ min}$
- $\beta = 8 \text{ min}$

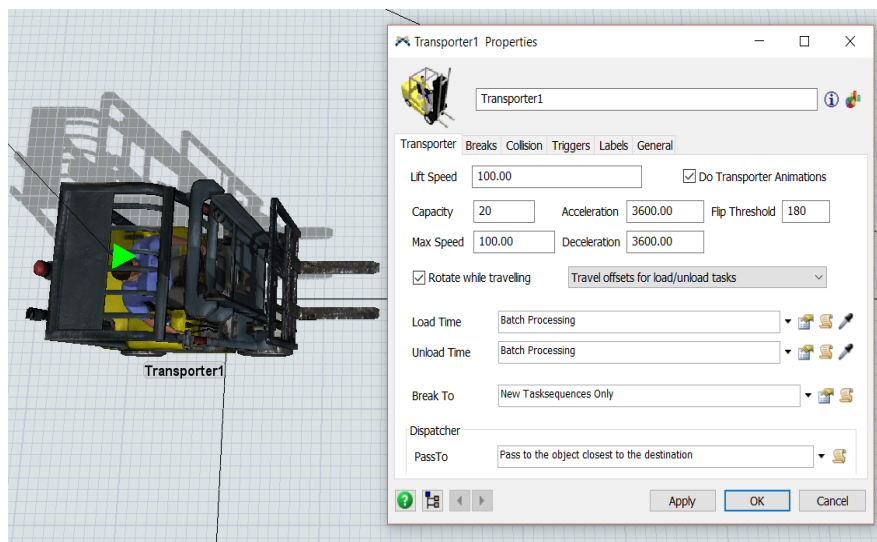
La distribuzione beta (chiamata anche distribuzione B) è una distribuzione di probabilità continua definita da due parametri alfa e beta su un intervallo a e b. La limitatezza



Distribuzione beta che descrive il carico e lo scarico del transporter

della distribuzione è una delle caratteristiche che ci ha spinto al suo utilizzo.

Il valore 'a' rappresenta la durata ottimistica del processo, il valore 'b' quella pessimistica.



Elemento transporter, gli elementi caratterizzanti nel modello esteso

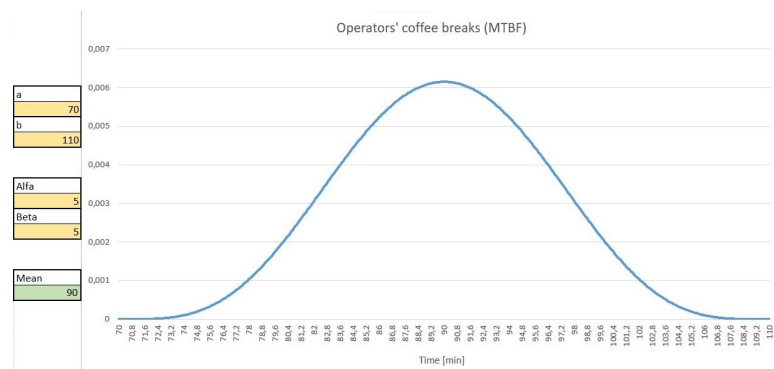
Operator

Gli operatori sono necessari per guidare il muletto e lavorare alla pressa e ai laser 3D. In particolare sono necessari due operatori per ogni pressa durante la produzione di pezzi prototipali. Per cui alla voce '*Use operators for process/setup: number of operators*' presente nella finestra delle impostazioni del *processor* si è assegnato il valore 2. Il software permette di settare anche altezza media e velocità di movimento degli operatori parametri che però sono stati trascurati. Per assegnare un valore alle pause si sono

utilizzati i parametri MTBF/MTTR. I dipendenti non hanno orari fissi di pause caffè ma possono interrompere il lavoro più volte per turno. Con il parametro MTBF (*Mean Time Between Failure*) si indica il tempo che intercorre tra due pause, con il parametro MTTR (*Mean Time Through Repair*) la durata della stessa.

Per descrivere la durata del lavoro tra due pause successive si è usata, anche in questo caso, la distribuzione una beta con parametri:

- $a = 70$ min
- $b = 110$ min
- $\alpha = 5$
- $\beta = 5$



Distribuzione beta che descrive la durata delle pause dell'operatore

Utilizzando alfa e beta uguali si ottiene una distribuzione simmetrica con media pari a 90.

Per la durata della pausa si è considerato corretto utilizzare una distribuzione uniforme di estremi 5 e 8 minuti.

Dispatcher

É semplicemente l'elemento che permette di assegnare gli operatori ed il *trasporter* alle proprie mansioni.

Processor

È l'elemento che rappresenta una macchina utensile. Sono due i parametri che devono essere definiti per ognuno di questi *model object*: il *processing time* ed il *set-up time*. Nel modello sono presenti tre tipologie diverse di macchine utensili in parte già descritte in precedenza:

- *Laser 2D*

Come già descritto il precedenza, essendo collegato ad un magazzino automatico, può lavorare in completa autonomia non è richiesto di conseguenza la presenza di nessun operatore che non è stato quindi inserito nel modello. Il PLC collegato alla macchina laser contiene lo storico della produzione memorizzando tempo di inizio e di fine di ogni lavorazione permettendo di calcolare rapidamente il tempo di ciclo di ogni lavorazione.

Vista la scarsità dei dati acquisibili si è deciso di utilizzare uno strumento statistico di FlexSim chiamato '*continuous empirical distribution*' che permette di interpolare le classi dei dati, fornite per mezzo di un istogramma, fornendo come output un numero distribuito in maniera continua tra il limite inferiore ed il limite superiore di ogni classe.

TOWER MANAGER

TASK LOG

Showing rows from 1 to 56 (Total rows 691)

Show: 50 rows starting from record # 1

Order by:

Date worked

Repeat headers every 50 cells.

Search text: 3681

On the column selected in Order by

Page number: 1

Export to EXCEL [This page](#) [All](#)

Index	Order ID	Order ID	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref	Ref
1	77145	33681_368102_07_2300_1500_ALL_140.ISO	3681	2018-07-11 11:01:40	3681	1.4	2300	1500		WORKED	2018-07-11 11:03:02		
1	77144	33681_368102_07_2300_1500_ALL_140.ISO	3681	2018-07-11 10:57:48	3681	1.4	2300	1500		WORKED	2018-07-11 10:59:10		
1	77143	33681_368102_07_2300_1500_ALL_140.ISO	3681	2018-07-11 10:53:02	3681	1.4	2300	1500		WORKED	2018-07-11 10:54:44		
1	77142	33681_368102_07_2300_1500_ALL_140.ISO	3681	2018-07-11 10:49:30	3681	1.4	2300	1500		WORKED	2018-07-11 10:50:53		
1	77141	33681_368102_07_2300_1500_ALL_140.ISO	3681	2018-07-11 10:44:37	3681	1.4	2300	1500		WORKED	2018-07-11 10:46:00		
1	77140	33681_368102_07_2300_1500_ALL_140.ISO	3681	2018-07-11 10:40:43	3681	1.4	2300	1500		WORKED	2018-07-11 10:42:06		
1	77139	33681_368102_07_2300_1500_ALL_140.ISO	3681	2018-07-11 10:36:50	3681	1.4	2300	1500		WORKED	2018-07-11 10:38:13		
1	77138	33681_368102_07_2300_1500_ALL_140.ISO	3681	2018-07-11 10:31:48	3681	1.4	2300	1500		WORKED	2018-07-11 10:33:10		
1	77137	33681_368102_07_2300_1500_ALL_140.ISO	3681	2018-07-11 10:27:02	3681	1.4	2300	1500		WORKED	2018-07-11 10:29:42		
1	77136	33681_368102_07_2300_1500_ALL_140.ISO	3681	2018-07-11 10:23:59	3681	1.4	2300	1500		WORKED	2018-07-11 10:26:12		
1	77135	33681_368102_07_2300_1500_ALL_140.ISO	3681	2018-07-11 10:17:56	3681	1.4	2300	1500		WORKED	2018-07-11 10:19:19		
1	77134	33681_368102_07_2300_1500_ALL_140.ISO	3681	2018-07-11 10:14:45	3681	1.4	2300	1500		WORKED	2018-07-11 10:17:25		
1	77126	33681_368102_07_2300_1500_ALL_140.ISO	3681_F	2018-07-07 08:53:34	3681	1.4	2300	1500		WORKED	2018-07-07 08:54:56		
1	77125	33681_368102_07_2300_1500_ALL_140.ISO	3681_F	2018-07-07 08:49:47	3681	1.4	2300	1500		WORKED	2018-07-07 08:51:08		

Schermata del PLC del Laser 2D

- *Laser 3D*

Eurodies ha a disposizione tre laser di precisione per il taglio laser 3D.

A differenza di quella precedente questa macchina utensile necessita di due operatori per essere operativa.

Il software installato sul PLC della macchina inoltre non permette di conoscere i tempi di ciclo che sono stati di conseguenza raccolti manualmente con tutte le problematiche e le approssimazioni che ne conseguono. I dati così ottenuti sono stati caricati su Microsoft Excel per essere organizzati in un istogramma. Si è nuovamente cercata una distribuzione che approssimasse al meglio la struttura dei dati raccolti. La distribuzione migliore è stata una beta caratterizzata dai seguenti parametri:

- $a = 5 \text{ min}$
- $b = 7 \text{ min}$
- $\alpha = 2,3$
- $\beta = 8,5$

Il *set-up time* è necessario nel caso in cui si debba cambiare il pezzo da produrre ed è necessario al fine di sostituire il pallet del pezzo vecchio con quello nuovo e caricare il nuovo programma di taglio. Il tempo necessario a questa tipologia di operazioni non è eccessivo. I tempi necessari a questa tipologia di operazioni non erano disponibili si sono eseguite delle interviste agli operatori e sulla base di queste la distribuzione dei tempi si ipotizzata uniforme tra i 10 ed i 25 minuti; tra gli elementi dello stesso lotto il tempo di *set-up* è invece nullo.

Si è quindi inserito quanto definito nelle proprietà del laser 3D:

$$\begin{cases} 0 & \text{se la tipologia non cambia} \\ duniform(10, 25) & \text{se la tipologia cambia} \end{cases} \quad (4.1)$$

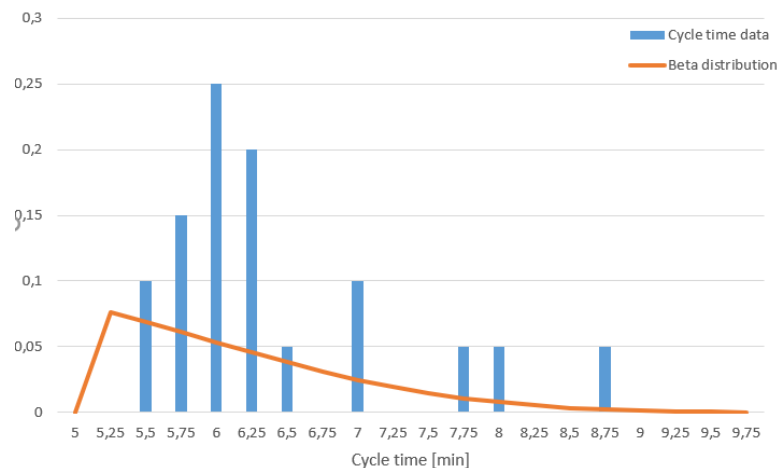
- *Presse*

Nonostante le presse più moderne a disposizione degli operatori di Eurodies siano dotate di PLC, nessuno di questi ha la capacità di misurare i tempi di ciclo. Al massimo hanno una funzione che permette di contare il numero dei colpi eseguiti dalla mazza in un turno. Le misurazioni sono quindi state eseguito mediante dei

cronometri, aumentando così la probabilità degli errori umani. Dopo aver misurato i tempi cicli di un lotto questi sono stati inseriti in un foglio di lavoro di Microsoft Excel per essere arrangiati in un istogramma e descritti tramite una distribuzione statistica. Per il calcolo dei parametri della distribuzione beta che minimizzasse la differenza tra i dati raccolti e la distribuzione stessa è stato utilizzato il risolutore di Microsoft Excel. Deciso di utilizzare come distribuzione una beta per la sua grande versatilità e la limitatezza del dominio sia inferiore sia superiore. Sono stati assegnati dei valori iniziali di a , b , α e β , si è calcolata la differenza quadratica tra il valore assunto dalla beta e i dati raccolti normalizzati tra 0 e 1 grazie al rapporto tra il valore delle occorrenze e il numero delle misurazioni effettuate. Si è definito come obiettivo del risolutore quello di minimizzare il valore della somma degli errori quadratici modificando i parametri caratteristici della beta.

I dati così ottenuti per la tipologia di pezzi utilizzati per questo modello semplificato sono descritti dalla beta con i seguenti parametri:

- $a = 5,4$ min
- $b = 11$ min
- $\alpha = 1,9$
- $\beta = 8$



Distribuzione beta che descrive il tempo necessario per imbutire il tetto

Anche in questo caso è molto influente rispetto ai tempi di lavoro il tempo di set-up necessario per cambiare lo stampo quando si cambia *item* su cui si sta

lavorando. I tempi sono ancora più lunghi di quelli necessari alla preparazione del laser 3D.

Gli stampi pesano fino a centinaia di tonnellate e trasportarli attraverso il caponnone richiede molta prudenza ed attenzione oltre ad essere un'operazione decisamente lenta. Dopo aver posizionato lo stampo sul *plateau* della pressa, lo si deve 'staffare' ovvero fissarlo per mezzo di staffe evitando quindi che si muova rischiando di provocare seri incidenti, rompersi e non permettere una corretta lavorazione della lamiera. Punzone e premilamiera sono fissati al *plateau* e la matrice alla mazza della pressa.

A causa dell'elevata flessibilità richiesta per il tipo di lavorazioni di Eurodies e per i ridotti volumi che contraddistinguono le commesse dell'azienda, non si è investito in tecnologie per accelerare i tempi di preparazione delle presse.

A causa dell'indisponibilità dei dati a disposizione ci si è basati nuovamente su interviste degli operatori addetti a queste operazioni ottenendo risposte sufficientemente coerenti. Si è quindi ipotizzato che i tempi necessari al set-up delle presse siano distribuiti uniformemente tra i 45ed i 90 minuti.

Si è quindi inserita questa informazione nelle proprietà della pressa del modello di FlexSim:

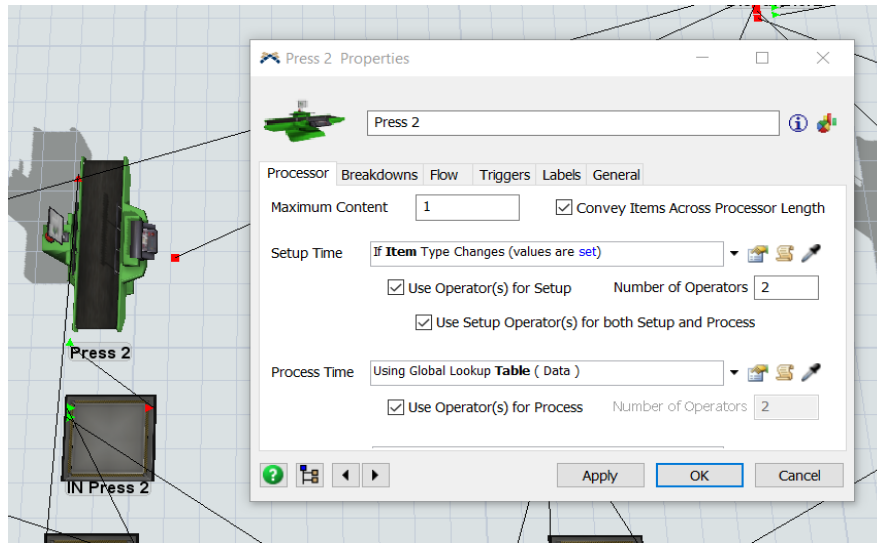
$$\begin{cases} 0 & \text{se la tipologia non cambia} \\ \text{duniform}(45, 90) & \text{se la tipologia cambia} \end{cases} \quad (4.2)$$

Non è quindi necessario nessun tempo di *set-up* per lavorare due pezzi appartenenti allo stesso lotto.

4.3.1 La prima simulazione

La simulazione del modello semplificato non fornisce dati di rilevanti per l'impresa. Permette di conoscere per esempio il tempo necessario alla produzione di un singolo *item* o di un lotto.

L'*experimenter* è uno strumento molto utile presente in FlexSim. Permette di effettuare



Elemento pressa (Processor), gli elementi caratterizzanti nel modello esteso

numerose simulazioni in maniera sequenziale in modo da semplificare la raccolta di una mole di dati sufficiente per ottenere un campione significativo.

Si è quindi effettuata la simulazione del modello con i parametri descritti nei paragrafi precedenti, sono state eseguite 400 simulazioni consecutive di un lotto da 20 pezzi proprio mediante l'*experimenter*. Si è voluto misurare il *time in system* del lotto. I risultati ottenuti dalle simulazioni sono:

- media = 243,42 min
- deviazione standard= 3,29 min
- valore minimo= 235,23 min
- valore massimo= 253,21 min

Aumento il numero di pezzi per lotto la produzione oraria aumenta in quanto il set-up è eseguito per un numero di lavorazioni maggiore. In ogni caso 20 è un numero che ben rappresenta la domanda tipica dei clienti di Eurodies.

Capitolo 5

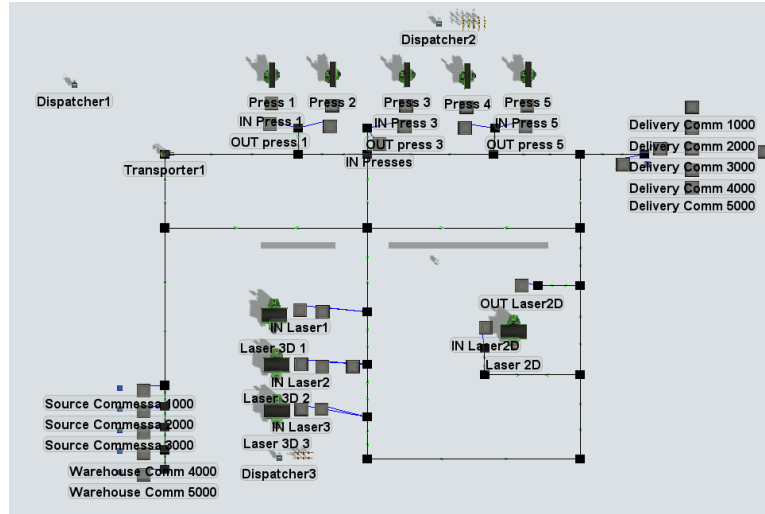
Il modello esteso

Il modello semplificato con una sola macchina per lavorazione ed una sola tipologia di pezzi in circolo nel sistema permetteva di calcolare il tempo ciclo eliminando il tempo passato in coda, le uniche attività eseguite che non aumentavano il valore del semilavorato erano i *set-up time* e il trasporto mediante il muletto.

Il modello così descritto, però, non rappresenta in nessun modo la sede di Avigliana di Eurodies dove i macchinari sono in numero decisamente maggiore ed i pezzi lavorati contemporaneamente sono diversi.

Per simulare un sistema così complesso è stato quindi necessario modificare l'ambiente di simulazione precedente introducendo nuovi macchinari, nuove sorgenti e nuovi operatori. Per rendere il modello più simile alla realtà le dimensioni e le distanze dell'impianto di Avigliana sono state riportate fedelmente in modo da rendere i dati di *output* delle simulazioni più realistici. Avendo replicato nell'ambiente virtuale il capannone industriale il tempo necessario per esempio al muletto per andare dal magazzino al laser 2D sarà simile a quello impiegato nella realtà.

Il modello definitivo è rappresentato in 5.1. Procediamo quindi con una rapida descrizione dei movimenti del materiale all'interno del sistema. Il ciclo è visibile in 5.2. Si è dovuto trovare un modo per permettere al software di riconoscere quale operazione dovesse essere eseguita, indicare quindi dove dovessero essere trasportati i pezzi una volta completata un'operazione, si è deciso di assegnare ad ogni pezzo, nel momento cui esso è generato, un'etichetta (*label*) inizializzata a 0 che aumenta di un'unità il proprio valore ogni volta che è eseguita sul pezzo un'operazione in questo modo il software è sempre



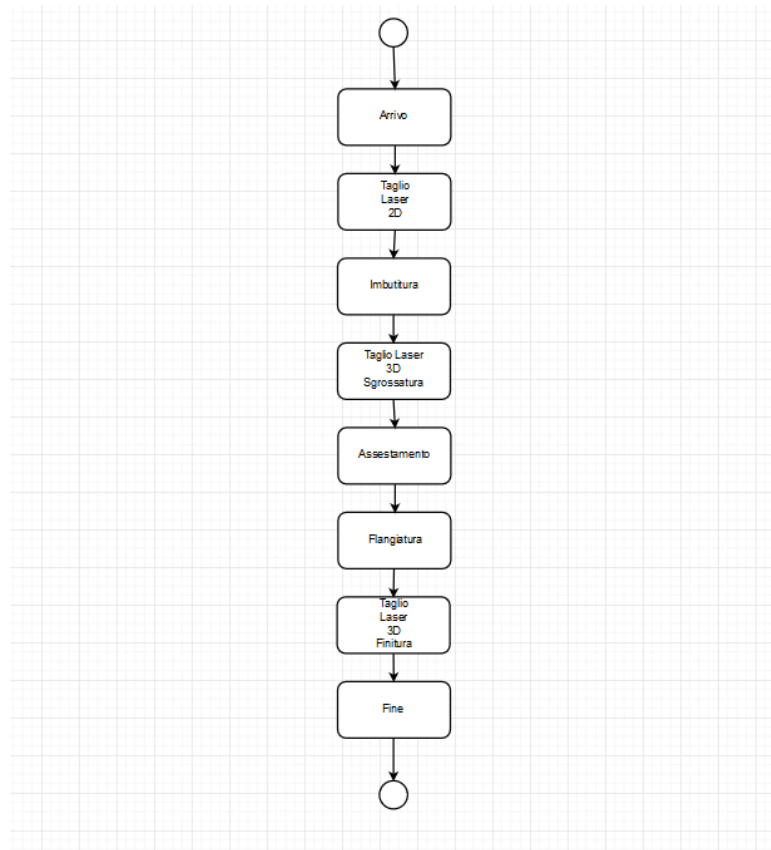
Modello di Eurodies

a conoscenza dell'ultima operazione eseguita e capisce qual è la prossima destinazione del lotto.

A sinistra si trova il magazzino, dove sono generati i pezzi. Una volta che è stato generato l'intero lotto il muletto lo trasporta al laser 2D dove sono tagliati gli sviluppi a partire dai fogli di materia prima, successivamente il muletto porta il semilavorato così ottenuto alla coda di input delle presse. Da qui i pezzi sono indirizzati verso la prima pressa libera pronti per subire la prima lavorazione vera e propria (imbutitura). Una volta che tutti i 20 pezzi sono stati imbutiti, sempre per mezzo del carrello elevatore, sono portati alla coda centrale dei laser 3D che ha la stessa funzione di quella descritta precedentemente ovvero inviare il lotto al primo macchinario libero. Eseguito il taglio di sgrossatura i pezzi sono trasportati nuovamente alle presse dove subiscono due nuove operazioni di stampaggio: l'assestamento e la flangiatura. L'ultima operazione ad essere eseguita è il taglio laser di finitura eseguito sempre sui macchinari 3D. Il pezzo finito è trasportato poi nell'area di stoccaggio da cui poi sarà spedito.

5.1 Definizione delle Famiglie di Prodotto

Come già ampiamente discusso la produzione di Eurodies è decisamente varia comprendendo una varietà di prodotti differenti molto grande. Come primo step si è quindi

*Ciclo di Lavoro*

deciso di analizzare la produzione al fine di raggruppare i pezzi in famiglie per poi decidere quali analizzare. Si è quindi parlato con alcune delle figure presenti in officina per comprendere quale classificazione fosse la più idonea. La prima differenziazione che si è eseguita è stata quindi quella tra pannelleria e pezzi interni. Dal punto di vista dell'iter di lavorazione le differenze sono notevoli infatti i pezzi esterni necessitano, anche se si tratta di prototipi, di una qualità della superficie maggiore, per questo questa tipologia di pezzi necessita di maggiori attenzioni durante le lavorazioni. I pezzi interni solitamente possono presentare una superficie più grezza ma hanno numerosi particolari che devono essere asportati durante le fasi di taglio laser.

Un'ulteriore differenza tra pezzi interni e pezzi esterni sono i materiali di cui sono fatti. La pannelleria è solitamente fatta in alluminio, sicuramente più morbido dell'acciaio delle lamiere e quindi più facilmente stampabile ma che necessita maggiore accortezza nel trasporto e nella manipolazione e dopo sei mesi dal processo di laminazione scade e diventa molto difficile da lavorare, generando quindi dei vincoli nell'utilizzo. Le parti

interne sono solitamente composte di lamiera in acciaio che non rischia di graffiarsi durante il trasporto ma è di più ardua stampabilità.

La pannelleria può essere a sua volta suddivisa in varie tipologie tra cui fiancate, portiere, tetti, parafanghi e altri elementi esterni. Ognuna di queste tipologie si differenzia principalmente per la lunghezze delle lavorazioni a cui sono sottoposte. Tra queste le più complesse sono sicuramente le fiancate, in ogni fase presentano tempi lunghi a causa delle dimensioni e dei particolari che presentano. I paranghi presentano alcuni particolari che rendono spesso necessario l'intervento dei battilastra, come per esempio la punta della zona posteriore per cui sarebbe opportuna nella produzione di serie l'utilizzo di uno stampo apposito la cui costruzione non sarebbe conveniente per Eurodies. Le caratteristiche tipiche dei tetti saranno sottolineate nei capitoli successivi.

I pezzi interni sono costituiti essenzialmente dai pavimenti dell'abitacolo e dai rinforzi. I pavimenti non presentano rapporti di imbutitura elevati per cui la prima operazione sotto pressa è solitamente abbastanza agevole, le forme sono spesso abbastanza complesse e richiedono solitamente un assestamento; i numerosi punti di collegamento con altre parti richiedono una precisa e lunghe operazioni al laser per garantire la possibilità di un corretto assemblamento del prototipo finale. I rinforzi, invece, sono una tipologia di pezzi decisamente ampia e varia: le ossature delle portiere e dei tetti, i dispositivi di sicurezza come le barre antintrusione e i rinforzi dei montanti sono solo alcuni dei pezzi appartenenti a questa famiglia. Nonostante le differenze estetiche si è deciso di raggrupparli sotto una singola tipologia poiché presentano caratteristiche comuni. Il materiale di cui sono fatti è solitamente una lamiera molto resistente il cui stampaggio necessita di particolari accortezze, lo spessore del foglio di materiale è solitamente elevato (intorno ai 3 mm) e i particolari di sfrido sono numerosi. La loro forma è però semplice e le operazioni sotto pressa sono sufficientemente rapide, lo spessore della lamiera e la resistenza del materiale stesso oltre ai numerosi particolari da eliminare provocano però un allungamento dei processi di taglio laser per tutti i pezzi che compongono questa famiglia.

5.2 Caratteristiche del Modello Esteso

Per rappresentare la complessità delle lavorazioni eseguite da Eurodies era necessario introdurre contemporaneamente all'interno del sistema un maggior numero di pezzi differenti. Si è quindi deciso di introdurre cinque differenti *item type* nel sistema corrispondenti a cinque pezzi che hanno quindi tempi di lavorazione differenti.

Si è deciso di prendere come rappresentative tre tipologie di pezzi: le fiancate (*side*), i tetti (*roof*) e i rinforzi (*reinforcement*). Per ogni tipologia sono stati selezionati cinque pezzi per un totale di quindici prodotti.

Sono stati misurati i tempi di lavorazione di ogni *step* di ogni prodotto secondo le stesse metodologie descritte nel modello semplificato. Le distribuzioni che descrivono le lavorazioni sono tutte delle beta e sono riportate nella tabella:

Si è deciso di paragonare le prestazioni dell'impianto produttivo con differenti tipologie

	Drawing	Roughing 3D laser	Redrawing	Flanging
Side frame 1	beta(5, 10, 2.3, 8)	beta(8, 13, 3.3, 7.0)	beta(3, 7, 2.3, 8.0)	beta(5, 9, 2.3, 8.0)
Side frame 2	beta(12, 16, 2.5, 5)	beta(10, 16, 2.3, 8.0)	beta(5, 10, 2.5, 5.0)	beta(7, 12, 3, 8.0)
Side frame 3	beta(7, 13, 1.3, 5.0)	beta(7, 14, 2.5, 6.5)	beta(4, 8, 2.8, 7.0)	beta(6, 11, 2.3, 6.0)
Side frame 4	beta(9, 14, 3, 6.0)	beta(9, 15, 2.7, 8.5)	beta(5, 9, 2.3, 6.5)	beta(7, 11, 2.3, 8.0)
Side frame 5	beta(8, 12, 2.0, 5.0)	beta(8, 12, 2.0, 7.5)	beta(4, 9, 2.5, 6.0)	beta(6, 10, 2.3, 4.0)
Roof panel 1	beta(5.4, 11, 1.9, 8)	beta(3, 5, 2.3, 7.5)	beta(4, 6, 2.3, 8.0)	beta(4, 8, 3, 7.0)
Roof panel 2	beta(7, 11, 2.3, 7.0)	beta(6, 9, 2.0, 7.0)	beta(5, 9, 2.5, 7.0)	beta(6, 9, 3.3, 8.0)
Roof panel 3	beta(5, 10, 2.0, 8.0)	beta(4, 7, 2.3, 6.5)	beta(4, 7, 2.7, 7.0)	beta(4, 8, 2.3, 8.0)
Roof panel 4	beta(3, 7, 2.3, 8.0)	beta(3, 7, 3.0, 7.0)	beta(3, 7, 2.5, 6.0)	beta(3, 7, 3, 7.0)
Roof panel 5	beta(7, 12, 2.3, 5.0)	beta(4, 7, 2.3, 8.0)	beta(6, 9, 2.7, 7.0)	beta(6, 10, 3, 8.0)
Reinforcement 1	beta(2, 6, 2.3, 8.0)	beta(2, 4, 2.5, 6.0)	beta(2, 5, 2.2, 7.0)	beta(3, 7, 2.3, 8.0)
Reinforcement 2	beta(3, 7, 2.0, 7.0)	beta(4, 8, 2.5, 7.0)	beta(3, 6, 2.3, 8.0)	beta(1, 7, 2.3, 8.0)
Reinforcement 3	beta(3, 5, 2.5, 8.0)	beta(3, 7, 2.7, 8.0)	beta(2, 4, 2.3, 6.0)	beta(3, 6, 2.3, 8.0)
Reinforcement 4	beta(1, 5, 2.1, 6.0)	beta(2, 5, 2.7, 6.5)	beta(1, 3, 2.3, 8.0)	beta(1, 5, 2.3, 8.0)
Reinforcement 5	beta(2, 8, 2.3, 7.5)	beta(4, 7, 3.3, 7.5)	beta(2, 6, 2.7, 7.5)	beta(2, 5, 2.3, 8.0)

di prodotti al suo interno. Sono stati selezionati cinque mix di tipologie di prodotti composti come descritto nella ??.

Si è deciso di introdurre in ogni mix di prodotti una fiancata (*side*) poiché è da questa tipologia di *item* che l'azienda trae maggior guadagno, e per questo una è sempre in produzione. A causa della difficoltà e della complessità di questa tipologia di prodotto non se ne producono diverse in contemporanea. Si possono produrre allo stesso momento diversi prodotti delle altre tipologie: nel mix 1 sono presenti due tipologie differenti

Mix 1	Side	Roof	Roof	Reinforcement	Reinforcement
Mix 2	Side	Roof	Reinforcement	Reinforcement	Reinforcement
Mix 3	Side	Roof	Roof	Roof	Reinforcement
Mix 4	Side	Roof	Roof	Roof	Roof
Mix 5	Side	Reinforcement	Reinforcement	Reinforcement	Reinforcement

di tetti (*roof*) e di rinforzi (*reinforce*), nel 2 tre rinforzi ed un tetto, nel 3 tre tetti ed un solo rinforzo, i mix 4 e 5 sono diversi dai primi tre in quanto sono presenti è presenti una sola tipologia di prodotto oltre alla fiancata nel mix 4 sono presenti quattro tetti e nel 5 quattro rinforzi.

Sono stati scelti questi tipi di prodotti perché sono i più frequenti nelle commesse di Eurodies; si potevano tranquillamente sostituire alla fiancata i parafanghi poiché le difficoltà connesse a questi due *item* sono comparabili.

Le fiancate con le loro forme sia concave che convesse e le dimensioni elevate richiedono accortezza nella lavorazione, nel trasporto e nel posizionamento del pezzo sul punzone. I tempi di lavorazione del singolo pezzo sono quindi abbastanza lunghi, anche perché oltre alle difficoltà descritte precedentemente è bene ricordare che gli operatori tendono a non far muovere velocemente la mazza nello stampaggio delle fiancate ma spesso procedono in due step differenti. Molto lunghi sono i tempi necessari al taglio laser di questi item a causa dei lunghi percorsi che la testa deve percorrere e i particolari che devono essere eliminati.

I tetti hanno solitamente rapporti di imbutitura ridotti rispetto alle fiancate per cui la prima lavorazione alla pressa è mediamente più rapida. I tempi dei tagli laser sono dovuti alle dimensioni del pezzo, i particolari di sfrido sono in numero ridotto.

I rinforzi non parti univoche come i tetti e le fiancate, sono tutti quei pezzi che vanno a comporre i dispositivi di sicurezza delle auto e dei furgoni; possono essere semplici barre anti-intrusione, rinforzi del paraurti, sostegni delle cinture di sicurezza. La variabilità di questa tipologia di pezzi è ovviamente elevata a causa delle diverse forme che possono assumere. Ci sono però delle caratteristiche comuni che permettono di accumulare queste parti in un'unica famiglia. La forma è abbastanza semplice e le lavorazioni sotto pressa sono quindi rapide, le difficoltà principali sono dovute alla durezza del materiale di cui sono solitamente fatti questi pezzi; la durata del taglio laser dipende dalla resi-

stenza che il materiale oppone al taglio stesso oltre al numero di particolari che devono essere rimossi dal pezzo semilavorato.

La tabella riporta il valore atteso del tempo impiegato per ogni operazione per ogni tipologia di prodotto

	Fiancate	Tetti	Rinforzi
Imbutitura	9,50	6,59	4,14
Taglio Laser (Sgrossatura)	9,83	3,96	4,88
Assestamento	5,44	4,47	3,69
Flangiatura	7,40	5,85	3,89
Taglio Laser (Finitura)	10,90	5,02	7,79

Dai valori (in minuti) presenti in tabella si può notare come le fiancate siano la tipologia di pezzo che richiede più tempo per essere lavorato, i tetti hanno tutte le operazioni più lunghe rispetto ai rinforzi tranne per quanto riguarda il taglio laser di finitura a causa dei numerosi particolari che devono essere eliminati e per lo spessore e la resistenza del materiale con cui sono solitamente fatti.

5.2.1 Simulazione del Modello Esteso

Come spiegato nel paragrafo 1.1.1 uno delle principali fonti di problemi di Eurodies è la difficoltà di programmare in maniera precisa la produzione.

L'ordine di produzione è deciso quotidianamente dal responsabile del reparto basandosi essenzialmente sulle scadenze degli ordini non tenendo in conto quale sia il mix di prodotti potrebbe aumentare l'efficienza dell'azienda.

Con questa tesi si vorrebbe dare all'impresa un metodo per renderla più produttiva e farle comprendere come le cose potrebbero migliorare semplicemente tramite un'organizzazione maggiore. Mediante l'uso di FlexSim e dei suoi *tool* si vuole cercare di capire quale sia il mix di prodotti più efficiente da produrre.

Lo strumento *Experimenter* ci ha permesso di simulare la produzione con diversi pezzi. In particolare ci ha permesso di simulare cento scenari per ogni mix di prodotti, ogni scenario è composto da cinque prodotti delle tipologie del mix che si sta prendendo in considerazione, per esempio se si sta simulando la produzione del mix 1 sicuramente i

pezzi saranno una fiancata, due tetti e due rinforzi. Ogni scenario simulato presentava un mix di prodotti differente da quelli precedenti in modo da ottenere un risultato il più attendibile possibile.

Per generare 100 scenari differenti si sono assegnati alle 5 fiancate i numeri da 1 a 5, ai tetti i numeri da 6 a 10 e ai rinforzi i numeri da 11 a 15, successivamente tramite Microsoft Excel si generavano cento *set* di cinque numeri ciascuno presi negli intervalli corretti a seconda del mix preso in considerazione: se si volevano creare gli scenari del mix 1 che, ricordiamo, è costituito da 1 fiancata, 2 tetti e 2 rinforzi si generava un numero compreso tra 1 e 5, 2 numeri tra 6 e 10 e 2 numeri tra 11 e 15. Per randomizzare l'ordine di ingresso dei lotti nel sistema si randomizzava anche l'ordine di questi numeri. In figura 5.3 si può notare il foglio di lavoro in cui sono presenti i gruppi di numeri casuali.

I *set* di 5 numeri sono letti dall'*Experimenter* di FlaxSim e usati per generare i cento

1	side	11	9	9	6	5	8	15	5	6	2	5	12	4	15	6	3	3	8	2
2	roof	6	13	15	13	10	1	8	9	11	10	6	8	7	9	12	11	10	5	15
2	reinf	4	11	10	9	11	12	7	12	15	14	11	14	10	6	8	8	9	10	14
		15	7	12	3	7	6	2	10	10	15	9	10	14	12	14	14	15	13	6
		7	2	1	15	14	13	12	14	4	7	15	2	13	2	1	7	11	12	7
3	1 side	5	1	4	3	11	8	15	8	1	9	1	12	5	8	13	10	3	9	14
1	1 roof	15	6	7	12	1	3	10	4	13	15	15	5	11	12	7	5	10	14	2
2	3 reinf	11	14	12	11	12	14	13	13	11	12	9	10	10	5	14	13	11	13	13
3		10	12	15	13	10	12	5	12	7	2	12	14	15	13	1	11	14	12	12
4		13	11	14	10	14	11	11	11	15	13	13	13	13	14	15	12	12	1	9
5																				
5																				
7	1 side	10	8	3	14	7	9	4	7	1	6	9	10	3	6	14	8	3	7	7
3	3 roof	4	7	9	8	8	3	14	3	8	7	6	14	9	8	8	2	6	5	6
3	1 reinf	8	10	7	10	3	8	9	12	10	2	1	9	10	2	10	11	14	6	3
0		6	15	6	4	10	14	6	6	9	13	7	8	8	7	3	6	9	13	15
1		15	1	14	7	11	7	10	9	15	9	15	3	13	14	7	7	10	10	9
2																				
3																				
3																				
4	1 side	6	8	9	9	8	4	1	2	6	3	8	8	8	7	7	9	6	2	9
5	4 roof	10	9	10	7	3	7	10	6	3	8	4	9	2	10	8	3	9	6	7
5		8	5	7	8	6	10	6	7	7	9	10	10	7	2	9	7	8	7	2
7		9	6	5	1	10	9	8	9	8	6	6	5	9	9	10	10	5	9	10
3		2	10	6	10	9	8	7	10	10	10	9	6	10	8	3	6	7	10	8
3																				
0																				
1	1 side	11	15	15	11	13	13	13	2	3	14	2	13	11	13	2	15	13	13	11
2	4 reinf	15	12	4	15	12	12	11	11	14	15	11	14	3	14	13	12	12	15	15
3		13	2	13	13	11	15	12	14	15	11	15	3	14	12	12	14	11	11	3
4		14	13	14	12	15	3	2	12	12	5	13	11	15	3	15	4	15	12	12
5		1	11	12	2	5	11	15	15	13	13	12	12	13	15	11	13	3	4	13

Numeri casuali necessari per generare i mix

scenari da simulare. In ogni simulazione ogni macchina vede quale prodotto sta producendo e, attraverso il numero di riga, legge il tempo di lavorazione.

5.2.2 Problematiche del Modello Esteso

Il modello implementato in FlexSim presenta alcune problematiche:

- *Nessun dato sui pezzi difettosi*

I dati sui pezzi difettosi prodotti non erano disponibili e si è deciso di non implementarli nella simulazione. I difettosi infatti si concentrano nelle prime fasi della produzione, ovvero nella 'messa a punto', mentre la nostra simulazione prende in considerazione la produzione in serie dove i difetti sono molto rari. É possibile quindi affermare che omettendo questo dato la simulazione continui in ogni caso ad avere valore.

- *Tempi dei set-up ipotizzati*

I tempi dei *set-up* sono stati ottenuti mediante alcune interviste ai dipendenti poiché è eccessivamente lunghi da registrare. Sia le informazioni fornite dagli addetti alle presse sia quelle degli addetti ai laser erano sufficientemente coerenti per cui sono state considerate attendibili.

- *I pezzi possono richiedere numero di step differenti*

Nella realtà per la produzione di determinati pezzi non sono necessari tutti gli step produttivi, nel modello invece ogni elemento necessita di attraversare tutti e tre gli step.

- *Laser 2D può lavorare di notte*

Il laser per il taglio degli sviluppi ha la possibilità di lavorare di notte potendosi quindi portare avanti con il lavoro. Nel modello sui cui sono state svolte le simulazioni questa possibilità non è stata contemplata.

- *Distribuzioni ipotizzate su un numero di misure insufficienti*

Le misurazioni su cui sono state calcolate le distribuzioni sono state circa 15 per ciascuna di esse.

5.3 Risultati

Lo scopo delle simulazioni è quello di scoprire quale mix permette di avere la minor percentuale di tempo sprecato, tempo perso in attività che non aggiungono valore al prodotto (trasporto e tempo passato in coda) sul tempo di lavoro totale. Per indicare il tempo impiegato in questo tipo di attività sarà da qui in avanti utilizzata la sigla NVA (*non value added*).

Per ottenere questo risultato sono stati eseguiti 3 passaggi:

- si è determinato il tempo di lavorazione ideale di ogni mix, senza tempo passato in coda e di trasporto.
- si sono simulati i 100 scenari per ogni mix e si è calcolato il tempo medio necessario nel sistema per ogni pezzo.
- si è calcolata la percentuale di tempo impiegato in attività senza valore aggiunto tramite la formula:

$$\%t_{NVA} = 100 * (1 - \frac{t_{ideal}}{t_{insystem}})$$

Si spiegheranno adesso i tre passaggi più dettagliatamente.

5.3.1 Calcolo del Tempo Ideale

Il tempo ideale di lavorazione di ogni tipologia di pezzo è stato calcolato come la media dei valori attesi delle distribuzioni delle lavorazioni dei singoli pezzi della tipologia. Nella tabella sono indicati i valori attesi della durata dell'imbutitura di tutti i cinque pezzi.

Nell'ultima riga è stato inserito il valore atteso del pezzo corrispondente alla colonna, il valore atteso della lavorazione è stato calcolato come la media dei valori attesi delle cinque distribuzioni. In particolare per l'imbutitura dei tetti il valore atteso del tempo di lavorazione è pari a 6,5865 min.

	Roof 1 drawing	Roof 2 drawing	Roof 3 drawing	Roof 4 drawing	Roof 5 drawing
a	5,4	7	5	3	7
b	11	11	10	7	12
alfa	1,9	2,3	2	2,3	2,3
beta	8	7	8	8	5
Expected value	6,47475	7,98925	6,00000	3,89320	8,57534

Lo stesso calcolo è stato ripetuto per tutte le lavorazioni di tutte le tipologie di pezzi ottenendo i valori riportati in tabella. I tempi presenti nella tabella sono quelli necessari

	Drawing	Roughing	Redrawing	Flanging	Finishing	Total time
Sides	9,499	9,835	5,444	7,399	10,901	43,078 min
Roofs	6,587	3,958	4,469	5,852	5,023	25,889 min
Reinf.	4,140	4,889	3,689	3,893	7,789	24,402 min

alla lavorazione di ogni singolo pezzo; per ottenere il tempo di lavorazione di un lotto sarà sufficiente moltiplicare il tempo di lavorazione per 20.

Per calcolare il tempo ideale necessario al completamento del mix 1 basterà applicare la formula:

$$t_{ideal1} = 20 \cdot \frac{1 \cdot t_{idealside} + 2 \cdot t_{idealroof} + 2 \cdot t_{idealreinf}}{5} = 574,64min$$

Nuovamente ripetendo il calcolo per i cinque mix presi in considerazione si ottengono i valori di tempo ideale necessari alla lavorazione di ciascun mix. I tempi così calcolati sono riportati in tabella.

	Composition	tideal
Mix 1	1 side, 2 roofs, 2 reinforcements	573,04 min
Mix 2	1 side, 1 roof, 3 reinforcements	527,89 min
Mix 3	1 side, 3 roofs, 1 reinforcement	618,19 min
Mix 4	1 side, 4 roofs	663,34 min
Mix 5	1 side, 4 reinforcements	482,74 min

5.4 Calcolo dell'Intervallo di Simulazione

Per calcolare i limiti dell'intervallo di simulazione all'interno dei quali la fase di *rump-up* e quella di svuotamento del sistema. Si è quindi eseguita la simulazione di uno scenario preso in maniera casuale per ogni mix preso come rappresentativo per ottenere come *output* il *Work in Process* all'interno del sistema ed il minuto in cui tale valore varia.

Si è calcolata la regressione polinomiale di ogni WIP per trovare i punti stazionari della funzione. Il programma ha quindi fornito i coefficienti di un polinomio di grado 4 capace di interpolare correttamente la funzione. Il grado pari non sorprende poiché il WIP ha una crescita iniziale ed una decrescita finale simile al comportamento di una funzione di grado pari.

Si è notato che per il punto stazionario più elevato aveva valore maggiore di 6000 minuti. Per quanto riguarda i valori del primo punto stazionario, invece, per il mix 3 ed il mix 4 presentavano 2 radici complesse coniugate. I rimanenti tre mix (1, 2 e 5) presentano un punto stazionario in valori di poco superiori ai 2000 minuti. Per comprendere il momento in cui la fase di crescita iniziale per i mix 3 e 4 termina si è deciso di calcolare la derivata seconda del polinomio di regressione per trovare il punto di flesso.

Dopo aver calcolato il punto di flesso si è deciso di prendere come intervallo in cui raccogliere i dati quello compreso tra 3000 e 5000 minuti.

L'utilizzo un intervallo di tempo di 2000 minuti è stato deciso anche perché a Eurodies è difficile che gli stessi pezzi siano prodotti per più di 4 turni di lavoro.

5.5 Calcolo del Tempo nel Sistema

Durante questa fase si è calcolato il tempo reale necessario a produrre un lotto.

Per raggiungere i nostri scopi si è utilizzato il *tool* di FlexSim denominato *Time in System* che misura il tempo trascorso tra la generazione del lotto da parte della sorgente ed il suo arrivo nel *sink*.

Si tratta del tempo effettivo tenendo conto anche della permanenza in coda ed il tempo necessario al trasporto.

Il software mediante l'uso dell'*Experimenter* è in grado di tenere in memoria il tempo

medio di ogni pezzo prodotto.

Nella figura 5.4 si può vedere l'andamento della derivata della funzione di regressione. Sono identificabili i punti in cui assume il valore nullo. È trascurabile la prima parte del grafico dove l'andamento della curva assume valori errati.

Dai risultati così ottenuti si è potuta calcolare il tempo di ciclo medio per ogni mix

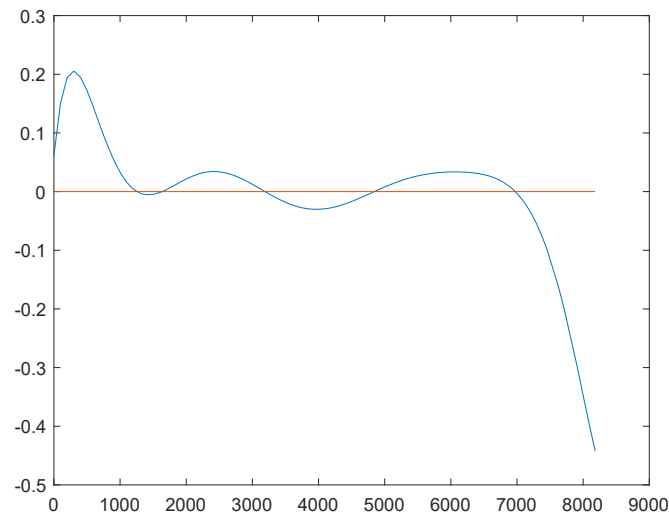


Grafico della derivata

calcolando la media della media dei tempi di ciclo di ogni scenario.

Si è giunti quindi ai risultati riportati in tabella.

	Composition	tinsystem
Mix 1	1 side, 2 roofs, 2 reinforcements	1383,04 min
Mix 2	1 side, 1 roof, 3 reinforcements	1342,30 min
Mix 3	1 side, 3 roofs, 1 reinforcement	1395,16 min
Mix 4	1 side, 4 roofs	1395,16 min
Mix 5	1 side, 4 reinforcements	1280,74 min

5.5.1 Calcolo della Percentuale di Tempo Impiegata in Attività NVA

I tempi raccolti nella tabella di per sè hanno scarso significato poiché, avendo i tempi di lavorazione lunghezze diverse, era assolutamente prevedibile che il tempo di ciclo del mix con più rinforzi fosse quello con più breve. Infatti il mix 5 è quello con *cycle time*

decisamente più breve.

Il dato realmente interessante è quanto pesano le attività NVA sul tempo di ciclo totale.

Le attività di questo tipo nel nostro modello sono:

- *set-up*
- trasporto
- code
- pause degli operatori

Per calcolare la percentuale di tempo speso in attività NVA sul totale si applica la formula:

$$\%t_{NVA} = 100 * (1 - \frac{t_{ideal}}{t_{insystem}})$$

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella sottostante:

	Ideal time	Time in System	%tNVA
Mix 1	573,04 min	1383,10 min	58,57%
Mix 2	527,89 min	1342,30 min	60,67%
Mix 3	618,19 min	1395,16 min	55,69%
Mix 4	663,34 min	1433,50 min	53,73%
Mix 5	482,75 min	1280,74 min	62,31%

5.6 Commento dei Risultati Ottenuti

Tramite i risultati ottenuti i mix possono essere messi in un sorta di classifica da quello in cui la percentuale di tempo ad NVA *activities* è minore a quello in cui le stesse attività hanno peso maggiore.

1. Mix 4
2. Mix 3
3. Mix 1
4. Mix 2
5. Mix 5

La prima considerazione che si può eseguire è anche quella più evidente, infatti maggiore è il numero di rinforzi presenti maggiore è la quantità di tempo che è sprecata in attività che non aggiungono valore al prodotto. I rinforzi, oltretutto, sono la tipologia di pezzi che garantisce ad Eurodies il minor margine tra tutte le tipologie lavorate in azienda. Una delle cause per cui all'aumento del numero di rinforzi presenti nel mix aumenta il peso del tempo sprecato potrebbe essere il maggior tempo per il taglio laser di finitura richiesto da questa tipologia di elementi. I macchinari che sono in grado di assolvere a questa lavorazione sono solamente tre all'interno dello stabilimento di Avigliana e questa ristrettezza delle risorse potrebbe provocare un eccessivo stazionamento in coda dei pezzi che devono essere lavorati. Questa considerazione sarà trattata successivamente nel paragrafo ??.

Si potrebbe pensare quindi che sia sufficiente per Eurodies evitare di produrre commesse riguardanti rinforzi e concentrarsi sulle altre tipologie di pezzi. Le motivazioni che spingerebbero verso una soluzione di questo tipo sono due: oltre alla riduzione di produttività dovuta alle lavorazioni di questi pezzi, i rinforzi sono anche le commesse su cui Eurodies riesce ad ottenere un margine inferiore.

Una soluzione di questo tipo, tuttavia, non è applicabile in quanto Eurodies non conclude con il cliente contratti per singole commesse ma per progetti, per cui per ottenere la commessa di una fiancata, quindi un contratto potenzialmente molto redditizio, è necessario acquisire anche alcune commesse collegate tra cui figurano nella pressoché totalità dei casi anche dei rinforzi.

Una soluzione che si potrebbe applicare è un'altra. Nella zona della provincia di Torino sono presenti altre aziende che si occupano della stessa tipologia di lavoro di Eurodies, ma di dimensioni più piccole e con una tecnologia a disposizione decisamente inferiore,

la cui capacità di competere sul mercato è ridotta non avendo ottenuto la stessa credibilità della società di Avigliana. Sono imprese che si concentrano sul mercato interno e hanno una mole di lavoro decisamente inferiore.

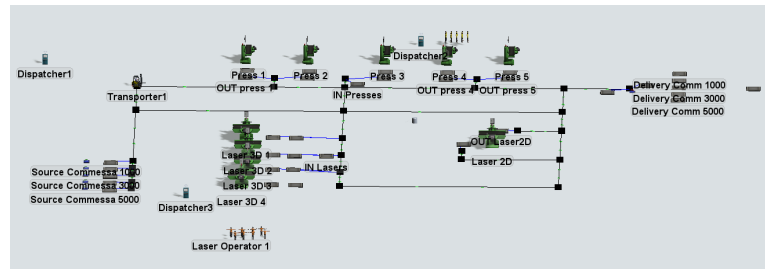
Eurodies potrebbe quindi acquisire i progetti in sinergia con queste aziende creando una sorta di *partnership* occupandosi poi della lavorazione delle commesse più efficienti e più redditizie per l'azienda. Questo tipo di procedura potrebbe aiutare l'impresa ad ottenere un maggior numero di progetti potendo sfruttare al massimo la sua capacità produttiva; potrebbe inoltre espandere la propria influenza sul territorio. Una strategia di questo tipo garantirebbe a tutte le compagini interessate dall'alleanza di aumentare i propri guadagni e la propria produzione. Infatti oltre agli indiscutibili vantaggi che otterrebbe Eurodies che potrebbe in questo modo concentrarsi su pezzi in cui le proprie *capabilities* sarebbero sfruttate al massimo, senza utilizzare risorse finanziarie e di tempo su parti a minore valore aggiunto che oltretutto riducono anche la sua efficienza produttiva. Eurodies potrebbe anche aumentare i legami con i *car-maker* che già rappresentano i suoi clienti principali potendo acquisire un maggior numero di contratti anche di dimensioni maggiori potendo sfruttare i vantaggi che l'aumento di efficienza comporterebbero. Le aziende subappaltatrici potrebbero slegarsi dalla dipendenza dai produttori locali affacciandosi su di un mercato più ampio che gli garantirebbe un aumento dei contatti con realtà fino a questo momento irraggiungibili date le dimensioni e la poca conoscenza del proprio nome all'esterno del mercato su cui si sono concentrati per ovvi motivi fino a questo momento.

5.7 Simulazione con Quattro Laser

Per verificare se la maggiore incidenza del tempo dedicato ad attività non atte ad aumentare il valore del semilavorato nei mix con un numero maggiore di rinforzi si è modificato il *layout* della simulazione aggiungendo un laser 3D oltre ovviamente agli, ovviamente, ai due operatori necessari per la sua lavorazione.

Il nuovo ambiente di simulazione è presentato nella figura 5.5.

Sono stati eseguiti nuovamente le simulazioni come spiegato in precedenza ottenendo



Modello con quattro laser

i risultati mostrati in tabella. Come era agevolmente pronosticabile, grazie all'aggiunta

	Ideal time	Actual time	%tNVA
Mix 1	573,0403947	1152,36584	50,27%
Mix 2	527,8927926	1113,19084	52,58%
Mix 3	618,1879968	1149,01852	46,20%
Mix 4	663,3355989	1178,29366	43,70%
Mix 5	482,7451905	1059,11324	54,42%

di un laser 3D, il tempo impiegato per attività NVA, in particolare nella coda per tale tipo di macchinario, è diminuito riducendo il peso di tali attività sul tempo di ciclo totale.

È rimasta invariata invece l'ordine di efficienza dei mix. Il più efficiente è rimasto il mix 4 (1 fiancata e 4 tetti) ed il meno efficiente il mix 5 (1 fiancata e 4 rinforzi). È rimasto invariato anche l'andamento per cui all'aumentare di numero di rinforzi presenti nel mix il peso delle attività NVA aumenta.

Per vedere quanto abbia influito sull'efficienza nella produzione dei vari mix l'aggiunta di un macchinario per il taglio dei semilavorati si è calcolata la differenza del peso delle NVA *activities* nel primo e nel secondo modello. Il risultato di tale operazione è riportato in tabella.

	Mod. 1	Mod. 2	Differenza
Mix 1	58,57%	50,27%	8,30%
Mix 2	60,67%	52,58%	8,09%
Mix 3	55,69%	46,20%	9,49%
Mix 4	53,73%	43,70%	10,02%
Mix 5	62,31%	54,42%	7,89%

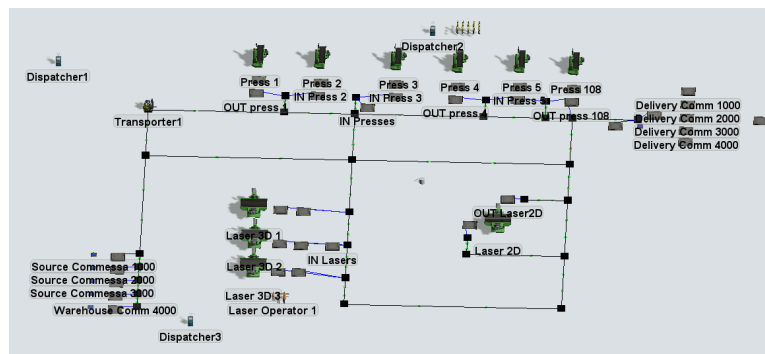
Soprendentemente il mix che ha tratto il maggior beneficio dalla modifica del *layout* è stato il mix 4 che ha visto ridursi il tempo speso in attività inutili del 10%. Anche in

questo caso continua a presentarsi la stessa situazione vista in precedenza, i mix che presentano il maggior numero di pezzi appartenenti alla tipologia rinforzi hanno visto la propria efficienza aumentare in maniera minore.

Alla luce di questi risultati non si può imputare alla coda dei laser 3D la minore efficienza della lavorazione dei rinforzi.

5.8 Simulazione con Sei Presse

Si è deciso di misurare le prestazioni del sistema con tre laser 3D ma aggiungendo una pressa. Il layout del sistema è quello presente in figura 5.6.



Modello con sei presse

Si è deciso di effettuare questa ulteriore simulazione in modo poiché ogni pezzo deve subire tre lavorazioni sotto pressa che quindi è il macchinario più sollecitato, visti anche i tempi lunghi richiesti da queste operazioni.

Si sono effettuate nuovamente cinque simulazioni per ogni scenario di ogni mix ottenendo, quindi, i risultati riportati in tabella.

	Ideal time	Actual time	%tNVA
Mix 1	573,0403947	1015,76016	43,59%
Mix 2	527,8927926	982,37672	46,26%
Mix 3	618,1879968	1005,1068	38,50%
Mix 4	663,3355989	1019,40044	34,93%
Mix 5	482,7451905	948,87252	49,12%

Non si notano cambiamenti evidenti rispetto alle situazioni precedenti. Il mix in cui la percentuale di tempo impiegato per attività NVA è il mix 4 mentre quello peggiore da questo punto di vista è il 5. Al crescere degli elementi di tipologia rinforzo aumenta anche il peso delle *non-value added activities*.

Il miglioramento rispetto alla situazione originale è riportato in tabella.

	Mod. 1	Mod. 3	Differenza
Mix 1	58,57%	43,59%	14,98%
Mix 2	60,67%	46,26%	14,41%
Mix 3	55,69%	38,50%	17,20%
Mix 4	53,73%	34,93%	18,80%
Mix 5	62,31%	49,12%	13,18%

Il *layout* con sei presse è decisamente migliore rispetto a quello con quattro laser. Il miglioramento maggiore si ottiene implementando questa soluzione nella produzione del mix 4 con aumento della produttività del 8,77%, con il mix 3 il miglioramento ottenuto è del 7,70%, con l'1 del 6,69%, con il 2 del 6,31% mentre il miglioramento peggiore si ottiene sempre con il mix 5 durante la cui lavorazione il miglioramento ottenuto è soltanto del 5,30%.

Nel caso Eurodies avesse la possibilità investire in nuovi macchinari dovrebbe preferire l'acquisto di una nuova nuova pressa piuttosto che acquistare un nuovo laser 3D perché come si può notare dai risultati delle simulazioni il guadagno dal punto di vista dell'aumento di efficienza si ha nel terzo modello.

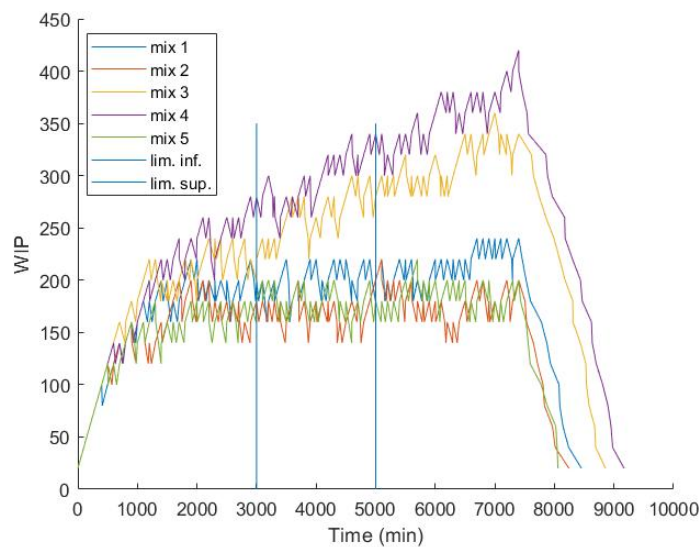
Per capire se ad Eurodies convenisse acquistare un nuovo macchinario sarebbe necessario avere informazioni sui ricavi relativi ad ogni pezzo e i costi propri delle commesse in modo da poter capire il risparmio che si potrebbe ottenere dall'aumento dell'efficienza sul singolo pezzo e dopo quanto tempo l'investimento sarebbe ripagato.

Questi dati non sono stati resi disponibili dall'azienda per cui non è possibile effettuare un calcolo rigoroso di questo tipo.

Grazie al nuovo software gestionale che è stato installato negli ultimi mesi da Eurodies reperire i dati necessari sarebbe molto semplice e permetterebbe di prendere le decisioni riguardanti gli investimenti in maniera più sicura e non basandosi solamente sulle conoscenze e le capacità dei dirigenti aziendali.

5.9 Simulazione tra 3000 e 6750 Minuti

I risultati così ottenuti erano frutto, come ampiamente spiegato nei capitoli precedenti, di simulazioni condotte su 2000 minuti. Come è facilmente visibile dalla figura 5.7 il WIP dei mix 3 e 4 non è stabile all'interno dell'intervallo compreso tra 3000 e 5000 minuti. Si potrebbe pensare che la crescita delle code dovuto all'aumento del numero



Andamento del WIP durante la simulazione

dei pezzi all'interno del sistema aumenti il peso del tempo impiegato in attività che non aggiungono valore. Si è deciso di eseguire nuovamente la simulazione dei cento scenari in un intervallo di tempo maggiore.

L'intervallo di tempo qui considerato è tra 3000, lasciato invariato per evitare di ricadere nel periodo di crescita iniziale, e 6750 minuti. Effettuando poi il calcolo del tempo necessario alla lavorazione di un pezzo medio come fatto per le simulazioni precedenti si sono ottenuti i risultati riportati in tabella ??.

Si può notare che la percentuale di tempo impegnato in attività NVA cresce sempre con l'aumentare del numero di rinforzi presenti all'interno del mix.

Interessante è però il valore assunto da questa percentuale se confrontato con quello

	Ideal time	Actual time	% t NVA
Mix 1	573,04	1422,07	59,70%
Mix 2	527,89	1326,47	60,20%
Mix 3	618,18	1430,72	56,79%
Mix 4	663,33	1470,77	54,90%
Mix 5	482,74	1227,29	60,67%

ottenuto nella simulazione eseguita negli intervalli di tempo ristretti.

In tabella sono evidenziate queste variazioni.

	Mod. 1	Mod. 2	Differenza
Mix 1	59,70%	58,57%	1,14%
Mix 2	60,20%	60,67%	-0,47%
Mix 3	56,79%	55,69%	1,10%
Mix 4	54,90%	53,73%	1,17%
Mix 5	60,67%	62,31%	-1,64%

Durante le lavorazioni dei mix con uno e due rinforzi la percentuale di tempo impiegata per *non value added activities* diminuisce in un intervallo di tempo maggiore. Come era pronosticabile a lungo andare il tempo passato nelle code durante la lavorazione di mix contenenti un maggior numero di tetti aumenta il proprio peso. Per i mix 1, 3 e 4 contenenti rispettivamente due, tre e quattro tetti l'efficienza diminuisce.

5.10 Ultime Considerazioni

Come si è visto in tutte e tre le simulazioni che sono state effettuate l'andamento dei tempi dedicati alle attività NVA è sempre pressochè il medesimo. Il fatto che mix 4 sia sempre il più efficiente da produrre mentre in generale all'aumentare dei rinforzi presenti nel mix il peso delle *non-value added activities* aumenti nonostante i cambi di *layout* che sono stati effettuati; si ritiene in conclusione che ciò avvenga a causa della maggior incidenza che hanno i tempi di trasporto, che sono ovviamente uguali per tutti i pezzi dovendo percorrere lo stesso tragitto, su i mix con cycle time più breve.

In ogni caso le considerazioni che sono state effettuate nei paragrafi 5.6, 5.7 e 5.8 rimangono inalterate. Il fatto che i rinforzi siano parti prodotte da Eurodies ma che producano guadagni inferiori rispetto alle altre tipologie non cambia per cui una strategia atta a

subappaltare questa tipologia di commessa per permettere di lavorare un maggior numero di pezzi a più elevato valore aggiunto in cui le *capabilities* aziendali siano sfruttate al massimo sarebbe da attuare.

Inoltre il *layout* a sei presse a dimostrato di poter garantire un aumento delle prestazioni elevato per cui sarebbe preferibile rispetto ad un aumento del numero dei laser.

Capitolo 6

Conclusioni

Le approssimazioni del modello simulato non permettono di ottenere risultati troppo realistici, l'idea generale è sicuramente esatta e permette di fare le considerazioni che sono state eseguite nel capitolo 4.

Si è voluto far vedere quanto possono essere utili i software di simulazione, in particolare FlexSim, anche per realtà industriali medio-piccole. Attraverso il maggior numero di dati a disposizione, uno strumento come questo potrebbe permettere ad Eurodies di pianificare più correttamente la produzione potendo decidere quali parti lavorare in contemporanea per ridurre i tempi morti.

Altro utilizzo molto importante dei software di simulazione come FlexSim è la possibilità di ottenere informazioni sui cambiamenti e l'aumento delle *performance* derivanti da un determinato investimento prima che questo sia effettuato e quindi poter decidere in maniera maggiormente ponderata e con una quantità di dati superiore in quale modo allocare le risorse.

Eurodies ha trasferito recentemente le proprie attività produttive nel capanno di Avigliana, il *layout* della linea è stato deciso sulla base dell'esperienza, effettuare una serie di simulazioni prima di posizionare le macchine avrebbe potuto garantire una maggiore efficienza negli spostamenti del materiale e dei semilavorati solo per fare un'esempio.

L'obiettivo della tesi non è quello di fornire dati certi e dare ad Eurodies un nuovo metodo di lavoro, ma fornire all'azienda un metodo, una base da cui partire per migliorare il proprio *decision-making* e fargli comprendere le potenzialità di questa tipologia di strumenti in una condizione di lavoro estremamente varia quale è quella che si trova ad

affrontare l'azienda.

Bibliografia

- ACEA, 2018. Statistics Key Figures. (<https://www.acea.be/statistics/tag/category/key-figures>)
- Cattell, D., 2008. Stamping 101: Anatomy of a Mechanical Press. Stamping Journal.
- Draghi, M., 2007. Dalla ricerca all'innovazione per la crescita economica. Camigliatello Silano, Scuola Normale Superiore di Pisa.
- Fan, J. et al., 2006. 3D finite element simulation of deep drawing with damage development.
International Journal of Machine Tools & Manufacture, Volume 46, pp. 1035-1044.
- FlexSim Software Products Inc, 2014. FlexSim Brochure. (<https://www.flexsim.com/wp-content/uploads/2014/06/FlexSimBrochure.pdf>)
- Groover, M. P., 2010. Fundamentals of Modern Manufacturing. IV a cura di Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, Inc.
- Unioncamere & Prometeia S.p.a., 2015. Il settore automotive nei principali paesi europei, Roma: Commissione Industria, Commercio, Turismo del Senato della Repubblica italiana.