



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PADOVA

Dipartimento di Tecnica e Gestione dei Sistemi Industriali

Corso di laurea magistrale in Ingegneria Gestionale

Tesi di Laurea

Metodi e tecniche per aumentare l'efficienza nei sistemi di Mass Customization

Relatore

Prof. Fabio Sgarbossa

Laureanda

Sara Guadagnini

Anno Accademico 2017-2018

Ringraziamenti

Ai miei genitori, che mi hanno sempre sostenuta e incoraggiata, anche quando non gli ho reso questo compito sempre facile. Senza il loro supporto non avrei avuto il coraggio di continuare i miei studi, perdendomi la possibilità di scoprire cosa sono stata capace di costruire in questi anni. Sono per me un esempio di costanza, forza di volontà e di puro amore: non sempre, infatti, è facile andare contro ai propri interessi per il bene di chi si ama.

A mio fratello Simone, con il quale ho condiviso le lunghe giornate in biblioteca degli ultimi anni. È stato la mia forza e il mio modello.

A mio fratello Alessandro, che con una chiacchiera appena tornati a casa o la sera prima di andare a letto ha saputo sempre e sa tuttora come cambiarmi l'umore.

A Giulia e Anna, le mie amiche di sempre, che nonostante la vita ci porti a prendere percorsi differenti, ci sono sempre. La vera amicizia non consiste nell'essere inseparabili, ma nell'essere in grado di separarsi senza che nulla cambi.

A Guido, che ha saputo stare al mio fianco, amandomi incondizionatamente, consigliandomi e sostenendomi. “Quando il cielo viene in aiuto agli esseri umani, li protegge con il dono dell'amore”.

Ai miei compagni di viaggio, Valentina, Daniele, Pietro, Alessandro e Giulia, con i quali ho condiviso gli sforzi di questi anni, gli appunti, le gioie, i successi e le sconfitte, ma sempre con il sorriso e sempre insieme.

A tutta la mia famiglia; a Simone, Maddalena, Edoardo e a tutti i miei amici; a Riccardo, Simone, Poppi, Marco e a tutti i miei compagni di università; perché in modi diversi hanno contribuito tutti a rendere più belli questi anni.

Al professor Sgarbossa, che ha accettato di essere il mio tutor e ha saputo spronarmi a fare del mio meglio.

A Davide Bicego, che ha creduto nelle mie potenzialità fin dall'inizio della mia esperienza in Manni.

A Luca Faccioli, che è stato ed è tuttora il mio supporto e il mio esempio.

Ai miei colleghi della Manni: l'ufficio BID che mi ha accolta, aiutata e ascoltata durante il tirocinio; all'ufficio commerciale che mi ha aiutato nella tesi, con entusiasmo e disponibilità per niente scontati; all'ufficio tecnico, che ha saputo accogliermi e coinvolgermi per il nuovo lavoro; alla produzione, che mi ha insegnato “i trucchi del mestiere” e a guardare sempre le cose con prospettive diverse.

Sommario

“La Mass Customization è un ossimoro”, come afferma Stan Davis, colui che ne ha coniato il termine. Si trova a metà tra due tipologie di produzione completamente opposte, cogliendo i punti di forza di entrambe: la produzione artigianale e la produzione di massa.

La sfida che coglie la Mass Customization è, infatti, quella di soddisfare le richieste di ciascun cliente come farebbe un artigiano, ma gestendo i sistemi produttivi in modo da avere i minori costi possibili, proprio come nella Mass Production.

Il cliente negli anni è diventato sempre più esigente e sempre più aziende decidono di utilizzare la Mass Customization per soddisfare queste esigenze nel modo più efficiente possibile.

Questa tesi si è ispirata al lavoro di Manni Sipre, centro servizi acciaio tra i primi in Italia, in cui ho avuto la possibilità di effettuare il tirocinio formativo. Manni da 50 anni a questa parte offre servizi personalizzati ai propri clienti, che inviano i propri progetti all'azienda ed essa li rifornisce dei prodotti richiesti, gestendo i complicati flussi produttivi legati alle tante lavorazioni fornite e alla diversità delle richieste presentate.

L'obiettivo di aziende come Manni che si addentrano nel mondo della Mass Customization, è quello di fornire prodotti e servizi che rispecchiano esattamente le richieste del cliente, incrementando sempre di più l'efficienza dei propri impianti.

Inoltre ci troviamo in un contesto storico che in molti definiscono “Quarta Rivoluzione Industriale” in cui l'innovazione tecnologica e dei sistemi informativi sono molto incentivate e possono costituire proprio gli strumenti necessari per questo aumento di efficienza.

Il primo capitolo della tesi si pone l'obiettivo di chiarificare il concetto di Mass Customization nelle sue diverse sfumature. Viene spiegata l'evoluzione storica dei mercati e dei sistemi produttivi che ha portato all'affermarsi di questo tipo di produzione, in particolare in confronto alla Mass Production, e di quali svantaggi in termini di costi, tempo e qualità si porta con sé l'aumento di varietà.

Il secondo e il terzo capitolo forniscono soluzioni ai problemi derivanti dalla crescita della varietà rispettivamente tramite metodologie gestionali e l'utilizzo di tecnologie e concetti promossi dall'Industry 4.0.

Il quarto capitolo riguarda il caso studio in Manni Sipre, in cui ho affrontato prima un'analisi della situazione aziendale, del grado di customizzazione dei servizi offerti e, tramite lo strumento dell'Overall Equipment Effectiveness (OEE), dell'efficienza dei macchinari. Ho quindi fornito alcune possibili soluzioni per l'incremento dell'efficienza del sistema produttivo rifacendomi alle logiche dell'Industry 4.0 e per quanto riguarda la complessità della schedulazione di molti cicli produttivi diversi, ho riportato alcune tecniche di schedulazione.

Indice

Introduzione	1
Capitolo 1 - La Mass Customization.....	5
L’Evoluzione dei mercati	6
Dalla Mass Production alla Mass Customization	12
Differenze tra Mass Production e Mass Customization	21
Gli svantaggi legati all’aumento della varietà	29
Capitolo 2 - Metodi gestionali per i sistemi di Mass Customization.....	39
Classificazione del tipo di produzione	39
Analisi dell’Efficienza dei processi.....	41
Analisi della Reattività dei processi	42
Analisi delle prestazioni.....	42
Analisi del grado di customizzazione	43
Metodo qualitativo per la definizione del customization degree	44
Metodo quantitativo per la definizione del customization degree.....	46
Analisi dell’Efficienza degli impianti.....	48
I cinque step di Pine.....	53
Le leve operative per la Mass Customization	58
Capitolo 3 - Nuove tecnologie per gestire i sistemi di Mass Customization.....	67
Industria 4.0.....	68
Total Productive Maintenance TPM	78
Le reti neurali artificiali – la tecnologia del futuro	82
Capitolo 4 – Caso Manni Sipre spa.....	90
Metodi e strategie per la gestione della customizzazione di prodotto	94
Analisi dell’efficienza dei processi.....	96
Analisi della reattività dei processi	97
Analisi del grado di customizzazione	98
Overall Equipment Effectiveness OEE	100
Layout.....	118
Interconnessione.....	123
SAP	124

Lavorazioni in outsourcing con SAP	128
PLM	129
Reti neurali, apporto migliorativo in Manni Sipre	130
Conclusioni.....	133
Bibliografia	135
Sitografia.....	137

Introduzione

La Mass Customization è la strategia di produzione di beni e servizi per la quale l'efficienza dei sistemi produttivi permette di rispondere in modo massivo alle esigenze customizzate dei clienti.

La strategia presuppone che le imprese produttrici siano dotate di una notevole flessibilità nelle fasi di produzione e assemblaggio e interagiscano con i clienti; i quali comunicano le loro specifiche esigenze ovvero scelgono la configurazione di prodotto desiderata tra le numerose alternative possibili.

Il termine Mass Customization è attribuito a Stan Davis, che lo coniò nel 1986 nel saggio *Future Perfect*.

È una metodologia applicabile non solo per la produzione di beni, ma anche per l'erogazione di servizi ed esistono vari metodi per fare Mass Customization, in base al punto d'ingresso del cliente nel processo produttivo.

Nel primo capitolo, viene riportata una spiegazione più dettagliata del concetto di Mass Customization, con degli esempi reali di aziende che hanno adottato questo tipo di produzione, e vengono spiegati gli aspetti che hanno portato a questo tipo di produzione: la deregolamentazione dei mercati, il cambiamento nei bisogni dei clienti e nel potere dei fornitori.

La Mass customization è considerata da alcuni l'evoluzione naturale della Mass Production, della quale presenta aspetti migliorativi, ma anche profondi mutamenti.

Ci si pone l'obiettivo di avere sistemi produttivi efficienti, ma la complessità legata alla grande varietà, però, porta ad aumenti dei costi e dei tempi e per alcuni aspetti alla diminuzione della qualità, rendendo più difficile il raggiungimento dell'obiettivo di efficienza.

Per questo motivo, nel Capitolo 2 vengono riportati una serie di metodi gestionali per governare la complessità. Innanzitutto è fondamentale definire un quadro generale della situazione aziendale, identificando: con la Matrice di Wortmann, la tipologia di azienda in questione (MTS, ATO, MTO, PTO, ETO) e, con la Catena del Valore di Porter, le varie attività delle operations e la loro efficienza tramite il rapporto valore/effort; la reattività dei processi con l'Indice di Flusso; il grado di customizzazione raggiunto.

A carattere più produttivo, sono stati riportate le formule per definire i vari tempi che caratterizzano la produzione, da cui si ricavano gli indici di utilizzo degli asset, fermata, disponibilità, efficienza, qualità. Questi a loro volta costituiscono le basi per l'ottenimento di indici fondamentali per la gestione della produzione: Produttività, Overall Equipment Effectiveness OEE, Fattore di carico, Total Effective Equipment Performance TEEP.

Infine, a livello strategico, sono riportati i cinque step che Joseph Pine indica nel suo libro per passare gradualmente dalla Mass Production alla Mass Customization; mentre a livello operativo, sono descritte le leve della Mass Customization (Group technology, Miglioramento del riattrezzaggio, Configurazione di prodotto supportata da software, Standardizzazione dei componenti, Sviluppo di un nuovo prodotto basato su piattaforme, Modularità di prodotto, Concurrent engineering tridimensionale).

L'uso della tecnologia costituisce un ulteriore punto di partenza, specialmente per nuovi business, poiché forniscono la flessibilità e la reattività richieste dal mondo turbolento d'oggi. È importante considerare però che le tecnologie di per sé non costituiscono da sole il metodo per fare Mass Customization. Le tecnologie permettono di incontrare o anche superare i desideri dei clienti, ma sono solo uno strumento nelle mani delle persone: unendo le due cose, si ottiene la Mass Customization.

Nel Capitolo 3, si è posta l'attenzione in particolare sulle tecnologie proposte dall'Industry 4.0: Advanced Manufacturing Solution; Additive Manufacturing; Augmented reality; Simulation; Horizontal/Vertical Integration; Industrial Internet; Cloud; Cyber-security; Big Data and Analytics. Oltre alla novità di queste nuove tecnologie, che costituiscono nuovi modi di produrre, il grande vantaggio è costituito dallo scambio veloce di informazioni: queste sono fondamentali per la Mass Customization. Combinazione di tanti ordini con richieste diverse, necessita di strumenti validi per gestire il carico di lavoro e di informazioni, provenienti sia dall'esterno sia dall'interno tra le varie funzioni aziendali. L'Industria 4.0 mira ad avere un flusso di informazioni senza errori e a ricevere più feedback possibili dalle macchine che permettono di tenere monitorata l'efficienza e di pianificare eventuali azioni correttive.

Una nuova frontiera della tecnologia che si può prendere in considerazione riguarda le reti neurali artificiali e il machine learning.

Le metodologie gestionali e le nuove tecnologie, se ben gestite, non solo possono garantire l'efficienza prestabilita, ma possono anche fornire le basi per un miglioramento continuo della stessa.

Il quarto capitolo tratta il caso studio di Manni Sipre. Si tratta di un'azienda Make To Order con produzione di tipo job-shop. Viene poi effettuata un'analisi delle attività che compongono le fasi di vendita e di produzione, in cui si verifica con il rapporto valore/effort per quali di queste bisognerebbe intervenire per diminuire i costi o per aumentare la percezione del loro valore ai propri clienti. Viene poi verificato che l'indice di flusso o di reattività supera il livello di accettabilità che per le aziende con produzione job-shop è del 10%. Per completare la fotografia dell'azienda, è stato calcolato il grado di personalizzazione dei servizi offerti.

Si è passato poi alla quantificazione dell'efficienza dei macchinari presenti in azienda; in particolare dei macchinari: per il taglio al plasma; i centri di lavoro su cui si effettuano taglio (sia ossitaglio sia taglio al plasma), forature, filettature, smussature e scribing; le ossitaglio, di cui si effettuato anche il confronto tra macchinari vecchi e nuovi; la granigliatrice.

In riferimento anche alle considerazioni fatte per il miglioramento della granigliatrice, è stata presa in esame, di alcune From-To Chart; la possibilità di modificare il layout in modo da incrementare il grado di automazione e diminuire gli spostamenti.

Gli investimenti pianificati dall'azienda riguardano anche l'aspetto software, fondamentale per raggiungere l'interconnessione: quest'anno è stato introdotto un nuovo PLM e da gennaio 2019 verrà implementato anche SAP.

È stata presa in esame anche la possibilità di utilizzare, per la creazione dei programmi di taglio, le reti neurali artificiali, che costituiscono una realtà non troppo lontana.

Capitolo 1 - La Mass Customization

Mass Customization è un'espressione inglese traducibile con il termine "Personalizzazione di Massa".

È la strategia di produzione di beni e servizi orientata a soddisfare i bisogni individuali dei clienti e contemporaneamente preservare l'efficienza della produzione di massa, in termini di bassi costi di produzione e quindi prezzi di vendita contenuti.

L'uso dell'espressione, attribuita a Stan Davis che la usò per primo nel 1986 nel saggio *Future Perfect*, è comune in diverse discipline, quali il marketing, il management e la gestione della produzione.

Davis sottolinea che la personalizzazione di massa non è limitata alla produzione industriale. È applicabile anche ai servizi. Come la modularità del prodotto può essere utilizzata per aumentare la varietà e ridurre al minimo i costi, allo stesso modo i servizi possono essere personalizzati al meglio.

L'obiettivo della Mass Customization è quello di sviluppare, produrre, vendere e consegnare beni e servizi con sufficiente varietà e personalizzazione perché tutti o quasi possano trovare esattamente ciò che desiderano ad un prezzo accessibile.

Davis, a tal proposito, suggerisce che i nuovi modelli di business dovranno accettare "la coesistenza di fenomeni reciprocamente contraddittori" (Davis, 1989, p.16).

Di conseguenza, per perseguire con successo la Mass Customization sono necessarie tre condizioni essenziali.

In primo luogo, un'azienda che cerca di realizzare la Mass Customization deve saper capire quali sono i bisogni peculiari dei propri clienti. Questo significa che l'azienda deve essere in grado di identificare gli attributi di prodotto relativamente ai quali i bisogni dei clienti si differenziano, così come l'utilità marginale, per clienti diversi, di valori diversi di un certo attributo di prodotto.

In secondo luogo, l'azienda deve poter offrire ai propri clienti ciò che desiderano senza, idealmente, penalizzazioni di costo, tempo o qualità. In altri termini, l'azienda deve poter fornire prodotti e servizi personalizzati e ad un prezzo, una velocità e una qualità paragonabili a quelli delle equivalenti offerte standardizzate.

In terzo luogo, l'azienda deve essere in grado di supportare ogni cliente nell'identificazione della soluzione per lui ottimale minimizzando la complessità di scelta per il cliente stesso. Quando un cliente è esposto a troppe possibilità di scelta, infatti, il costo cognitivo di valutare così tante varianti di prodotto può essere superiore all'aumento di utilità che il cliente percepisce dall'aver a

disposizione più possibilità di scelta. La psicologia dei consumi ha definito questo fenomeno il “paradosso della scelta”: talvolta, avere a disposizione troppe opzioni tra cui scegliere può creare disagio e inibizione nel consumatore, tanto da spingerlo a non scegliere affatto e dunque, a non acquistare.

In letteratura sono state descritte quattro tipologie di Mass Customization che differiscono tra loro in base alla presenza o meno di cambiamenti nella natura del prodotto e nella comunicazione delle sue caratteristiche:

- Collaborative Customization o Personalizzazione Collaborativa.
L'impresa definisce insieme a ciascun cliente le specifiche del prodotto o servizio in grado di soddisfare al meglio i suoi bisogni, e produce il bene personalizzato sulla base delle informazioni ricevute.
- Adaptive Customization o Personalizzazione Adattiva.
L'impresa produce un prodotto standard, che però può essere personalizzato direttamente dai clienti finali, i quali hanno pertanto la possibilità di modificarne le caratteristiche.
- Transparent Customization o Personalizzazione Trasparente.
L'impresa fornisce ai clienti prodotti personalizzati ma non mette in evidenza questo aspetto; in questo caso è fondamentale soddisfare accuratamente i bisogni della clientela.
- Cosmetic Customization o Personalizzazione Cosmetica.
L'impresa produce un unico prodotto standardizzato e ne personalizza esclusivamente la fase di vendita.

Mentre un "prodotto personalizzato di massa è una produzione unica su larga scala", i mercati personalizzati di massa invertono questo paradigma "prendendo prodotti di produzione standardizzata e individuano una particolare selezione che è adattata alle esigenze individuali. "(Davis, 1989).

1.1 L'Evoluzione dei mercati

Nel corso dell'industrializzazione i mercati di massa si sono evoluti offrendo beni standardizzati ad una vasta gamma di clienti a costi molto bassi. Questo, tuttavia, offriva solo un minimo di varietà di prodotto. Pertanto, le aziende hanno cercato di definire segmenti di mercato, al fine di suddividere tutti i potenziali clienti in

ampi gruppi di interesse speciale. Man mano che i segmenti di mercato diventavano sempre più dettagliati, appariva il termine "mercati di nicchia".

In questo contesto Davis ha proposto l'idea di mercati di personalizzazione di massa. Questo diede alla luce il termine "Units of One" (Davis, 1989, p.20). Questo concetto descrive che allo stesso modo sono stati raggiunti segmenti di mercato segmentati e di nicchia, mentre gli individui possono essere indirizzati usando sia un approccio personalizzato che un approccio al mercato di massa allo stesso tempo. Questo processo è illustrato nella Figura 1.

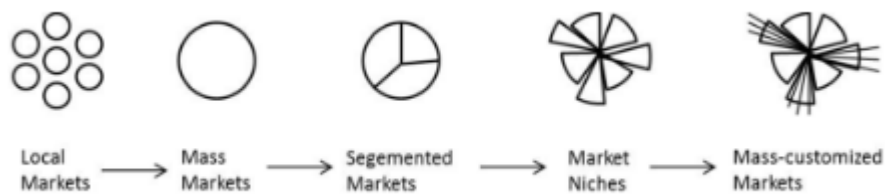


Figura 1 - Market Development, da Davis, "Future Perfect" 1989, pag. 20

Affinando al massimo ogni mercato, risulta che esso è costituito da un solo cliente. Pertanto, soddisfare le esigenze di ogni cliente su base di massa è il passo finale. Riducendo le dimensioni di ogni nicchia in un singolo cliente, l'eterogeneità dei bisogni diventa evidente e viene portata all'estremo (Frank von Hippel, 2003).

Dalle seguenti tabelle, estratte dal libro di Forza e Salvador, "Product Information Management for Mass Customization", viene dimostrato come la varietà, infatti, sia cresciuta in maniera esponenziale in tutti i settori.

Nella prima tabella viene confrontato il numero di tipologie diverse di prodotti appartenenti a settori diversi nel 1970 e nel 1998, da uno studio di Cox e Aim.

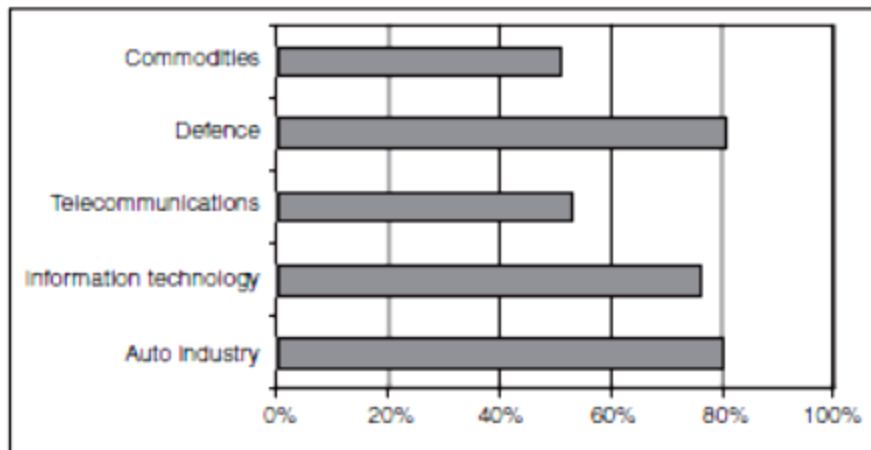
Tabella 1: Trend in product variety (no. Of models) for some products in the USA

Types of product	1970	1998
Automobile models	140	260
Newspapers	339	790
TV screen (size)	5	15
Movies (at the cinema)	267	458
Breakfast cereals	160	340
Types of milk	4	19
Mouthwash	15	66
Sports shoes	5	285
Brands of mineral water	16	50
Types of tights	5	90

Source: Cox and Alm, 1998.

Nella seconda tabella, si ha il grado di incremento nella varietà di prodotto per i settori delle Commodities, della difesa, delle telecomunicazioni, dell'Information Technology e dell'Automotive.

Tabella 2: Increase in product variety, reported by American enterprises management.



La disponibilità di molte tipologie di prodotti, ognuno in numerose varianti, non è un fenomeno nuovo. Gli artigiani hanno da sempre creato i propri prodotti, all'interno di certi vincoli, in accordo con le specifiche dei loro clienti. Anche altre attività economiche hanno generato tradizionalmente prodotti su misura complessi e differenziati, come per cantieri navali, compagnie di costruzioni e grandi officine meccaniche. Il costo della flessibilità però comporta spesso una bassa produttività e lunghi tempi di consegna.

Negli anni la personalizzazione ha toccato anche il mondo dell'informatica, di cui il caso più emblematico è quello dei computer Dell. La singolarità dell'azienda, sin dalla sua costituzione ad opera del fondatore Michael Dell, è stata quella di non proporre modelli prestabiliti, ma lasciare al cliente la più ampia libertà di personalizzazione. Di fatto si tratta di un assemblato di marca. Dovendo assemblare gli elaboratori sulla specifica richiesta del cliente, Dell non ha mai utilizzato una rete di rivenditori, preferendo il contatto diretto con il cliente finale. Se nei primi anni questo si realizzava tramite moduli di ordine via fax nei quali il cliente indicava il prodotto desiderato, a cui seguiva un preventivo da parte della ditta, in tempi più moderni il sito web della ditta ne è diventato il principale snodo. La possibilità di costruire su ordine, inoltre, garantiva a Dell la possibilità di non costituire un magazzino di macchine "standard" eliminando dai bilanci una delle voci più critiche per le aziende di informatica.

Oggi si può affermare che la personalizzazione può riguardare qualsiasi tipo di prodotto. Uno dei casi chiave nel mondo della personalizzazione e forse uno dei più noti è quello di Nike.

Leader mondiale nel segmento delle scarpe sneakers, Nike ha lanciato sul mercato una nuova e rivoluzionaria moda attraverso il servizio web NikeID.

Agli utenti è data la possibilità, a partire dalla classica sneakers, di personalizzare numerosi modelli di scarpe, a seconda dei propri gusti, e di diventare un vero e proprio designer Nike.

Il concetto è semplice: su uno dei numerosi modelli base disponibili, il cliente può aggiungere dei colori e un identificativo personale (ID). Le scarpe personalizzate vengono quindi prodotte su ordinazione e consegnate in circa 3-4 settimane.

(Boaretto, Noci e Pini, Marketing Reloaded, Leve e strumenti per la co-creazione di esperienze multicanale, 2011, p. 150).

L'estensione della linea di produzione è una scelta abbastanza compulsiva di numerose aziende. Questa decisione dipende da molti fattori e dall'intensità della loro influenza. Tra le ragioni principali che influenzano lo sviluppo di un ampio range di prodotti, alcuni di questi sono particolarmente importanti e sono riportati di seguito.

1. La deregolamentazione del mercato.

La deregolamentazione di alcuni mercati e settori industriali, che nel passato erano strettamente regolati da leggi nazionali, sta dando oggi a molte imprese l'opportunità di operare a livello internazionale.

Un prodotto “globale” standardizzato potrebbe essere attrattivo e vantaggioso per tali aziende, soprattutto perché vogliono essere in grado di ridurre costi senza realizzare modifiche ai prodotti per mercati differenti. Sfortunatamente la presenza di fattori di specifici ambienti spesso vincolano le aziende a personalizzare i loro prodotti in accordo con i bisogni dei nuovi mercati in cui stanno tentando di entrare. Allo stesso tempo, la liberalizzazione del mercato significa non solo una chance per altre compagnie di competere in un certo mercato che era prima dominato da un numero limitato di aziende, ma inizia anche un meccanismo di incremento della pressione per prezzi più bassi, tempi di consegna più competitivi, ecc. conseguentemente, le compagnie una volta protette da strette regolamentazioni sono ora incoraggiate a investire in differenziazione di prodotto per scappare dalla trappola della competizione perfetta. È utile ricordare che la deregolamentazione del mercato può riguardare non solo compagnie direttamente operanti nel mercato, ma anche i fornitori di queste compagnie. Per esempio, dopo la deregolamentazione nei servizi di telecomunicazione europei, i fornitori delle attrezzature hanno dovuto rispondere alle richieste di grande personalizzazione dei loro consumatori, come Telecommunication service providers. L'ultimo infatti, spinto dalla grande pressione competitiva del taglio dei costi generali, riduceva lo staff tecnico. Come risultato, questa decisione ha diminuito la loro abilità di adattare i prezzi delle attrezzature alle caratteristiche dei loro specifici network telecomunicativi e perciò spinti per trasferire queste attività di personalizzazione ai fornitori di attrezzature di telecomunicazioni.

2. Bisogni e esperienza del consumatore.

I bisogni delle persone, come è riportato nelle Piramide di Maslow, sono diversi. A partire dalla base della piramide alla cima, si hanno: i bisogni fisiologici, di sicurezza, di affetto, di stima e di autorealizzazione. Negli anni i bisogni primari sono rimasti, ma sono diventati più scontati e l'attenzione si è via via spostata verso quelli che si trovano più in alto. Considerando che il possesso di un bene o il poter permettersi un determinato servizio possono incidere nell'aumento del grado di realizzazione di un individuo, lo spostamento verso l'alto dei bisogni ha impattato anche sulla produzione o sull'erogazione dei prodotti e dei servizi.

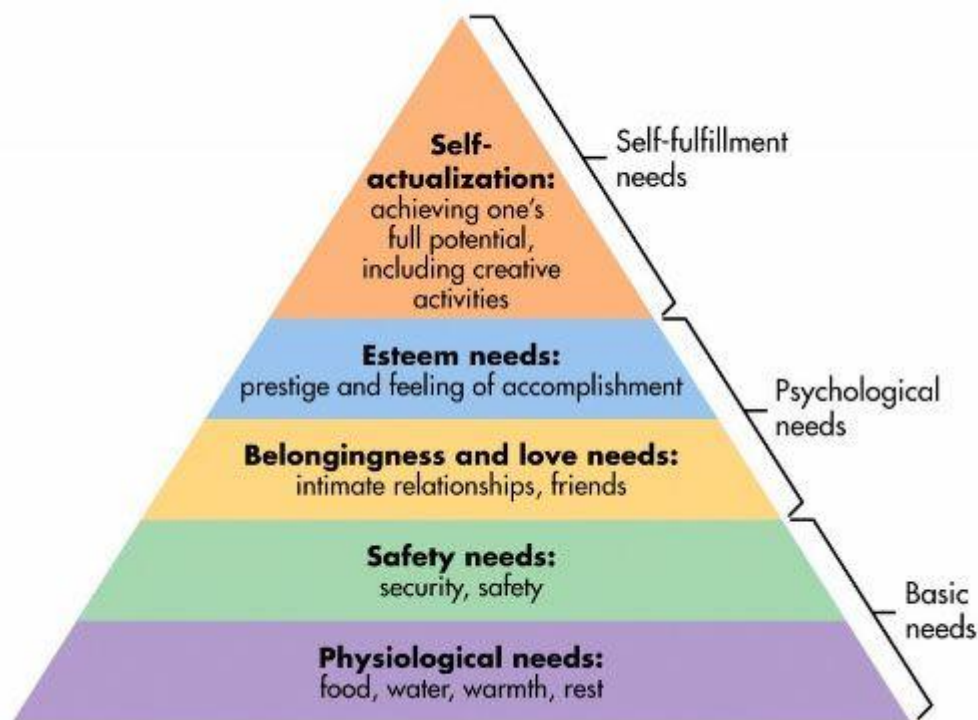


Figura 2 - Piramide dei bisogni di Maslow

I consumatori finali hanno inoltre esercitato negli ultimi anni una sempre maggiore domanda per più scelta sulle caratteristiche di prodotto. Questo è dovuto in parte all'abbondanza di informazioni sul prodotto prontamente disponibili (intensificate dall'uso di internet) che hanno dato ai consumatori l'opportunità di valutare se il prodotto incontrasse le loro specifiche oppure no. Allo stesso tempo, essendo più consapevoli delle multiple alternative disponibili, i clienti sono meno volenterosi di comprare un prodotto che non soddisfa perfettamente i loro bisogni. Per esempio, molti consumatori sono ora consapevoli che possono chiedere dei frigoriferi abbinati al colore e allo stile delle proprie cucine e conseguentemente sono meno disponibili ad accettare un frigorifero bianco standard.

Inoltre, l'esperienza del consumatore guadagnata attraverso l'uso del prodotto è essa stessa un profondo driver per la customizzazione del prodotto. Nelle decisioni riguardanti la produzione di prodotti sostitutivi, i clienti possono usare conoscenze accumulate riguardo i prodotti, le loro funzioni e utilizzo, per stimare le features di differenti prodotti disponibili in relazione all'uso che ne fanno o che vogliono farne. Per esempio, quando sono stati introdotti i primi forni a microonde di prima generazione, i consumatori erano primariamente intenti ad esplorare cosa il prodotto potesse fare. Più tardi, con l'esperienza acquisita nell'utilizzo, l'intero mercato è diventato più segmentato per differenti

consumatori base: quelli che richiede un utilizzo molto basico del forno a microonde per scaldare o scongelare cibo precotto; quelli che vogliono scaldare il cibo con funzioni per avere un effetto “crisp”; quelli che vogliono combinare la funzione del forno a microonde con quelle del forno elettrico tradizionale per cucinare tutti i cibi; e così via.

3. Potere e bisogni dei distributori.

Infine, i canali distributivi devono rappresentare un forte driver che può avere un’influenza sull’enorme varietà dei prodotti richiesta da diverse aziende. Il trend infatti sembra essere verso la consolidazione dei distributori all’interno di una più larga capacità di cercare un più largo range di consumatori finali. Questo incremento offre distributori più forti che guadagnano potere ed opportunità di domandare condizioni di prezzo più vantaggiose e di forzare i suppliers a fornire prodotti differenziati, per i quali hanno diritti di distribuzione esclusivi. Per esempio, molti servizi di telefoni cellulari (es. Ornatly o Tim) sono in grado di chiedere cellulari, tra cui Motorola, per fornire varianti degli stessi cellulari base che sono differenziati in qualche loro features, come il packaging, il software, cover e colori.

Ma anche nel caso di distributori e venditori frammentati, caratterizzati da basso potere contrattuale, loro possono essere motivati a cercare la differenziazione nel prodotto che vendono rispetto a quello che offrono i distributori e dettaglianti concorrenti. Offrendo un prodotto unico per qualche feature, relativamente a ciò che è disponibile nei negozi dei competitors, questi distributori possono ostacolare l’abilità del consumatore di fare un confronto diretto tra i prodotti in competizione. Per esempio, nel frammentato mercato al dettaglio italiano degli elettrodomestici casalinghi, la disponibilità di varianti di prodotto che permettono al negozio di offrire prodotti profondamente differenti da quelli offerti dai vicini competitors, è il fattore chiave in una decisione dei dettaglianti riguardo l’assortimento dei brand che intendono offrire.

1.2 Dalla Mass Production alla Mass Customization

La Produzione di Massa si diffonde nel XX secolo, soprattutto grazie ai cambiamenti apportati dalla rivoluzione industriale: grandi e grandissime imprese iniziano a produrre prodotti standard destinati ad un consumatore medio, attento più al risparmio di costo che alla qualità.

La storia dell’industria moderna ha trovato nella Produzione di Massa un momento di svolta e di trasformazione radicale. Esso non è stato il risultato di una

serie di relazioni di causa-effetto, quanto piuttosto la conseguenza di una serie di circostanze, innovazioni e nuovi paradigmi che si sono reciprocamente rinforzati. Di seguito si riportano i principali avvenimenti che hanno dato origine a quella che sarebbe poi diventato il modello della produzione di massa.

I progressi tecnico-scientifici di fine '800 circa macchine e apparati produttivi permettevano di progredire lungo tre dimensioni fondamentali per una produzione industriale moderna:

La standardizzazione dei prodotti e dei mezzi di produzione, resa a sua volta possibile dal perfezionamento dei mezzi di misurazione;

L'avvio alla produzione sistematica di pezzi intercambiabili sia per prodotti finiti complessi, come le armi, sia per macchine utensili. Il fatto che divenissero disponibili pezzi intercambiabili aumentava enormemente la praticità e l'economicità di uso dei prodotti industriali e insieme alla standardizzazione poneva le basi per una produzione di larga serie;

La tendenziale progressiva specializzazione delle macchine utensili. Tale specializzazione avviava i primi passi sia attraverso la produzione di macchine radicalmente nuove per compiere lavorazioni particolari, sia attraverso il perfezionamento di macchine già esistenti come il tornio polivalente universale.

I progressi tecnologici si accompagnarono al progressivo ingrandimento dei complessi industriali. La concentrazione di manodopera in grandi stabilimenti, se da un lato era destinata ad apparire come la risposta più logica alla esigenza di una produzione su larga scala, dall'altro lato cominciava a porre problemi organizzativi nuovi per i quali non potevano più valere le vecchie soluzioni di origine artigianale.

Offerta di forza lavoro non qualificata e alta mobilità: l'espansione dell'industria richiedeva un reclutamento di manodopera sempre più largo. I figli del proletariato industriale formatosi nei decenni precedenti non erano più sufficienti a soddisfare il crescente bisogno di forza lavoro, e si ricorse quindi al reclutamento di masse di estrazione contadina. Il fenomeno diffuso in tutti i paesi industrializzati, assunse dimensioni imponenti negli Stati Uniti dove a cavallo dei due secoli affluirono milioni di immigrati appartenenti in gran parte agli strati più poveri dei paesi del vecchio mondo. Masse di ex contadini polacchi, irlandesi, italiani, si aggiunsero a neri, portoricani e messicani dando luogo ad una imponente offerta di lavoro, in larga misura dequalificata.

È possibile definire due fondamentali figure “protagoniste” della produzione di massa: Taylor e Ford.

Frederik W. Taylor, che con il suo “Scientific Management” viene considerato il fondatore della prima scuola di pensiero manageriale. Nel suo libro del 1911 intitolato “The Principles of Scientific Management”, esprime l’essenza del suo pensiero, per il quale, come in natura, anche nell’ambiente di lavoro esistono leggi scientifiche: queste leggi governano la produttività.

Taylor focalizzò la propria attenzione su temi quali la razionalizzazione dei metodi di lavoro, la selezione e la formazione del personale, l’utilizzo degli incentivi economici (cottimo), la suddivisione funzionale dei compiti.

Henry Ford, padre del Fordismo e del modello di lavoro a catena, affermava: *“Ogni cliente può ottenere un'auto colorata di qualunque colore desideri, purché sia nero”* (Traduzione letterale di una nota a riguardo del Modello T, nel 1909, pubblicato nella sua autobiografia *My Life and Work* (1922)).

Egli alla fine del 1908 concepì e realizzò un modello di autovettura unico e standardizzato: la Ford T.

Nel 1913 negli Stati Uniti venne introdotta presso la fabbrica della Ford una delle più grandi innovazioni tecnologiche e di organizzazione della produzione di tutti i tempi: la catena di assemblaggio delle automobili. Ciò era reso possibile dai progressi della tecnologia di fine ‘800 descritti in precedenza. La “moving assembly line” è il risultato dell’applicazione simultanea di tre principi basilari della nascente teoria della produzione, di cui due erano già noti.

Il primo è la “divisione del lavoro” introdotto dall’economista Adam Smith nella sua opera “The Wealth of Nations” (1776). La specializzazione delle attività viene correlata, insieme alle politiche salariali, alla produttività del lavoro stesso.

Il secondo principio è il concetto delle “parti intercambiabili”, secondo cui i componenti di un prodotto possono essere utilizzati anche per la realizzazione di un altro prodotto. Già nel XV all’Arsenale di Venezia i timoni delle navi erano realizzati in modo da essere intercambiabili ed essere prontamente sostituiti in caso di danneggiamento durante le battaglie. È solo con Eli Withney che questo concetto venne riformulato, applicato e quindi esteso ad altri prodotti: egli sviluppò questo concetto nel 1798 e lo ingegnerizzò in occasione di un contratto per la fornitura di 10.000 fucili. Il principio delle parti intercambiabili presuppone/comporta a sua volta altri due concetti fondamentali in produzione:

quello di “standard” e quello di “tolleranza”, intesa sia come tolleranza dei componenti che come tolleranza dei processi di produzione.

Il terzo principio , che si può considerare introdotto contestualmente alla linea realizzata da Henry Ford, è la “sincronizzazione” della produzione e della movimentazione. Da questo momento in poi si sviluppa il filone di studi sulla Produzione di Massa e sul controllo dei processi di flusso.

L’aspetto caratterizzante della Produzione di Massa era quindi quello di offrire al consumatore un prodotto standardizzato, caratterizzato da volumi molto elevati e da scarsa varietà di scelta; ciò permetteva alle imprese di minimizzare i costi, poiché la produzione in serie consentiva di beneficiare di economie di scala (diminuzione del costo medio unitario di produzione a seguito della crescita delle dimensioni degli impianti) e di economie di specializzazione (riduzione del costo dovuto all’incremento dell’esperienza, che comportava minori errori e maggior velocità di produzione).

Il grande esperto di marketing Philip Kotler, nel manuale “Principi di Marketing” (2015), afferma che un’azienda che propone un prodotto standardizzato tipicamente utilizza una strategia di marketing indifferenziato. Si parla di marketing indifferenziato quando l’azienda decide volutamente di ignorare i diversi bisogni e le diverse caratteristiche del consumatore, decidendo invece di concentrarsi su quelli che sono gli aspetti comuni di quest’ultimo; l’impresa progetta quindi un prodotto o un programma di marketing che risulti attraente per il maggior numero possibile di acquirenti.

È bene sottolineare che la maggior parte delle imprese moderne mette in dubbio le potenzialità di questa strategia, in particolare a causa delle oggettive difficoltà ad individuare degli elementi in grado di soddisfare tutti i consumatori.

Joseph Pine II nel suo libro del 1992 “Mass Customization, the New Frontier in Business Competition” definisce la Mass Production e la Mass Customization rispettivamente Vecchio e Nuovo Paradigma.

Il “Vecchio Paradigma” della Produzione di Massa si focalizzava sull’efficienza ottenuta attraverso stabilità e controllo. L’ambiente in cui si operava però non sarebbe rimasto stabile ancora a lungo, non poteva essere controllato e le operations non potevano più essere efficienti se gestite nella vecchia maniera. Attraverso l’applicazione di tecnologie e nuovi metodi di management, le aziende che prima facevano produzione di massa, hanno trovato la loro strada in un

nuovo paradigma creando varietà e customizzazione attraverso flessibilità e reattività. Quello appena descritto è il focus della Mass Customization, cioè il cosiddetto “Nuovo Paradigma”.

La messa in discussione dei principi di fondo del Taylorismo-Fordismo avviene a partire a metà degli anni Settanta presso la Toyota da parte di Taiichi Ohno, autore del “Toyota Production System” del 1978, che è diventato un classico del management della produzione. Nel suo libro sono descritte le logiche sviluppate in decenni presso l'impresa automobilistica nipponica, riconducibili ai quattro principi riportati in seguito, di cui il primo e il terzo si possono considerare come la continuazione del Fordismo, mentre il secondo e il quarto ne rappresentano una rottura.:

1. Il Principio della Produzione Sincrona

I limiti tecnologici del tempo e la competizione da subito sviluppatasi con la General Motors di Alfred Sloan che portò alla moltiplicazione dei modelli rispetto al mitico modello T, impedirono la realizzazione del sogno fordista di una produzione totalmente sincrona in cui non solo l'assemblaggio doveva avvenire in linea (High Line), ma anche l'intera produzione. La complessità dell'intero ciclo produttivo e la diversificazione dei modelli imposero l'articolazione della produzione in vari reparti di monte disaccoppiati da magazzini intermedi: negli stessi reparti si dovettero prevedere polmoni intermedi tra operazione e operazione e i processi produttivi parziali creavano scorte intermedie che rallentavano il fluire dei prodotti e quindi la produttività.

La sfida persa da Ford venne ripresa da Ohno il quale, disponendo di tecnologie flessibili più avanzate e introducendo modalità organizzative e gestionali innovative, affrontò il problema complesso di rendere ripetitive anche le fabbricazioni intermittenti di monte, oltre che aumentare ovviamente la ripetitività degli assemblaggi di valle, anche se di modelli differenti. Infine col tempo la ricerca del completo sincronismo si estese a tutta la catena di fornitura, coinvolgendo i fornitori considerati integrati nel ciclo produttivo.

2. Il Principio del Sincronismo Adattivo

Introducendo il kanban, ovvero la modalità, ideata da Kiichiro Toyoda, con cui i reparti di valle innescano la produzione di monte in una logica a trazione a seconda del mix della domanda, Ohno capovolge la logica dell'avanzamento di produzione fino a quel momento utilizzata, e cioè a spinta.

Se nel Fordismo è importante produrre mantenendo elevata la cadenza produttiva, nel Toyotismo diventa fondamentale produrre ancora in modo sincrono, ma nelle quantità che il mercato richiede.

Viene superato il concetto che è opportuno disaccoppiare la produzione dalla domanda mediante scorte di prodotti finiti al fine di proteggere la produzione (e con essa l'efficienza) dalla turbolenza del mercato. Non si accetta più come determinante della flessibilità un surplus di scorte, che generano flessibilità ex-ante, bensì si accetta un surplus di capacità produttiva, che comporta flessibilità ex-post. La riduzione delle scorte impone di entrare nella logica del flusso tirato da valle in logica customer-in (Schonberger, 1990), evidenzia inefficienze e incongruenze che le scorte nascondono e questo rappresenta il presupposto necessario per l'attuazione del Miglioramento continuo.

Il nuovo approccio si dimostra non solo capace di reagire positivamente alle variazioni del mercato (Efficienza Statico-Adattiva = Flessibilità di Stato), ma consente anche di anticipare gli stimoli ambientali: le innovazioni organizzative e gestionali del nuovo modello riducono i costi e i tempi per riconfigurare il sistema produttivo e predisporlo ai nuovi prodotti (Efficienza Dinamica = Flessibilità d'Azione).

3. Il Principio del Miglioramento Continuo

Taylor con il suo "one best way" e cioè con l'unico modo ottimale di realizzare un prodotto aveva contribuito a diffondere un concetto fondamentale soprattutto per l'industrializzazione dei primi anni del Novecento: quello di standard. Nella cultura nipponica lo standard si è sviluppato nel concetto di miglioramento continuo, ovvero nella ricerca incessante dell'affinamento di processi e di prodotti. Viene superata l'idea statica che l'analisi scientifica dei tempi e dei metodi sia definitiva, e prende corpo una visione dinamica dei vincoli esistenti: essi si modificano nel tempo, sono cioè mobili e riservano aumenti, anche se incrementali, di produttività. Lo standard non va applicato alla singola operazione, ma all'intero sistema per ottimizzare i flussi operativi.

4. Il Principio dell'Auto-Attivazione della forza lavoro

Da tradizionale antagonista la forza lavoro diventa risorsa.

Bonazzi nel suo libro del 1993 (Il tubo di cristallo. Modello giapponese di fabbrica integrata alla Fiat Auto), l'impresa deve essere come un tubo dove il materiale scorre rapidamente, ma è fragile come un cristallo: l'eliminazione dei polmoni intermedi e di ogni altro slack di risorse sguarnisce le sue difese e la rende vulnerabile. Come il sincronismo adattivo, anche il miglioramento continuo viene realizzato attraverso il coinvolgimento dei lavoratori ad ogni livello, soprattutto gli operatori diretti.

Alla Toyota l'operatore ha la facoltà di interrompere il flusso a fronte di problemi qualitativi; in questo modo la qualità non si controlla a valle, ma si genera a monte

evitando che il prodotto difettoso assorba lavoro e risorse anche dopo la creazione del difetto.

Il Post-Fordismo può essere interpretato come un tentativo di sintesi dei punti di forza delle due modalità di produrre storicamente antitetiche: la produzione artigianale e quella di massa. Con il superamento del Fordismo si è puntato alla Mass Customization, che tenta di coniugare la qualità e la personalizzazione tipica della produzione artigianale con i bassi costi tipici della produzione di massa.

Nel caso di prodotti customizzati, che sia a livello industriale o artigianale, la progettazione, fornitura, produzione e consegna deve in qualche modo soddisfare gli specifici bisogni del cliente. Questa varietà include un enorme carico di lavoro nelle attività di progettazione delle diverse varianti di prodotto e, allo stesso tempo, riduce le operazioni ripetitive all'interno della catena del valore, diminuisce la produttività e estende l'intero processo dell'ordine.

L'evoluzione dei paradigmi produttivi si inserisce in un forte cambiamento dei mercati (globalizzazione, internazionalizzazione della produzione, ecc.) e delle tecnologie (automazione flessibile, tecnologie ICT, ecc.) che sono le due grandi forzanti, rispettivamente Demand Pull e Technology Push, dell'innovazione nelle imprese.

Per far fronte ad un ambiente competitivo sempre più dinamico e per ridurre le disfunzioni derivanti da grandi strutture produttive iniziarono ad avviarsi significativi processi di decentramento produttivo e a diffondersi nuovi modelli organizzativi caratterizzati da un elevato grado di specializzazione su singole attività e volti principalmente alla ricerca di una maggiore flessibilità organizzativa intesa come attitudine dell'impresa ad adattarsi rapidamente a quelle che erano divenute le mutevoli esigenze del mercato.

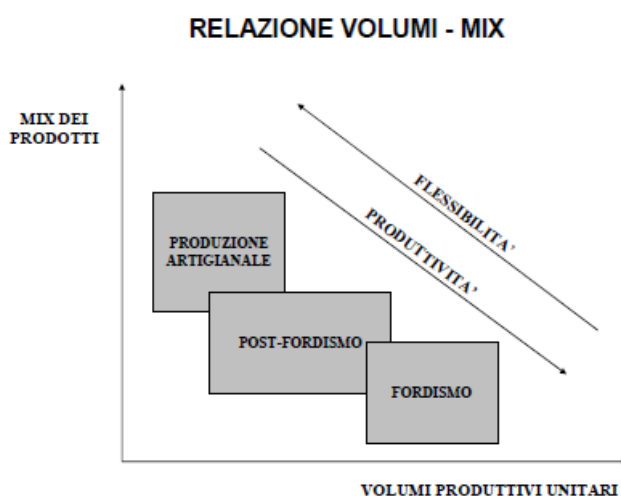


Figura 3 - Relazione volumi-mix, da Gestione della produzione, De Toni, Panizzolo, Villa

Man mano che si acquisisce la consapevolezza che il cambiamento è necessario, deve nascere il desiderio di cambiare. Questa è una condizione fondamentale, ma non sufficiente. Molto spesso è difficile instillare all'interno di un'azienda il desiderio di cambiare ed è quello che viene chiamato "the boiling frog phenomena". Proprio come le rane che, se immerse in una pentola di acqua bollente, saltano subito fuori, ma che, se l'acqua è solo calda, non avvertendo il pericolo restano all'interno fino all'ebollizione; la mancanza di abilità e volontà delle persone, o in questo caso delle aziende, di reagire o di essere consapevoli dei pericoli che gradualmente crescono le fa "bollire", senza che se ne rendino conto. Il ruolo del manager è quello di infondere il desiderio del cambiamento nei propri collaboratori, anche se questo comporterà inizialmente una crisi.

Joseph Pine II nel suo libro afferma che i vecchi metodi della Mass Production non potevano essere utilizzati a lungo in un mercato che è sempre più turbolento. I manager necessitano di comprendere dove si posiziona la propria azienda nel passaggio dal vecchio paradigma della Mass Production al nuovo della Mass Customization e hanno bisogno di un metodo per farlo in modo sistematico: uno degli strumenti utili è la Turbulence Map.

In un ambiente turbolento, la Mass Production non ha le abilità per ridurre gli alti costi fissi che la caratterizzano, per sviluppare velocemente nuovi prodotti o cambiare i modelli di vendita migliori.

Maggiore è la turbolenza del mercato, più è conveniente che un'azienda si muova verso la Mass Customization per restare competitiva. Lo sviluppo della Mass Customization come paradigma per il management spiega perché il ciclo di vita dei prodotti o dei servizi si è accorciato, perché i tempi ciclo di sviluppo e produzione devono venire dopo, perché le aziende stanno riprogettando i propri processi e perché le gerarchie si stanno appiattendendo e trasformando in networked organizations.

"Market Turbulence" è un termine impreciso, ma connota il grado di instabilità, incertezza e mancanza di controllo all'interno del mercato in cui si trova l'azienda. Può essere definito più precisamente come il numero e la magnitudine degli eventi del mercato che richiedono l'attenzione dell'azienda nell'unità di tempo.

I Fattori di Turbolenza del mercato sono riportati nella tabella seguente.

Tabella 3 - Market Turbulence Factor, Mass Customization. The New Frontier in Business Competition, Pine

<i>Low Market Turbulence</i>	<i>High Market Turbulence</i>
<i>Demand Factors</i>	
Livelli di domanda stabili e prevedibili	Livelli di domanda instabili e imprevedibili
Beni necessari	Beni di lusso
Bisogni/Desideri facilmente definibili	Bisogni/Desideri incerti
Desideri omogenei	Desideri disomogenei
Bassa consapevolezza dei prezzi	Alta consapevolezza dei prezzi
Bassa consapevolezza della qualità	Alta consapevolezza della qualità
Bassa consapevolezza dello stile	Alta consapevolezza dello stile
Bassi livelli di servizi pre e post-vendita	Alti livelli di servizi pre e post-vendita
<i>Structural Factors</i>	
Basso potere di acquisto	Alto potere di acquisto
Indipendenza dai cicli economici	Dipendenza dai cicli economici
Bassa competizione	Alta competizione
Alta competizione sul prezzo	Alta differenziazione di prodotto
Medio-Bassi livelli di saturazione	Alti livelli di saturazione
Cicli di vita del prodotto lunghi e prevedibili	Cicli di vita del prodotto corti e imprevedibili
Basso grado di cambiamenti tecnologici	Alto grado di cambiamenti tecnologici

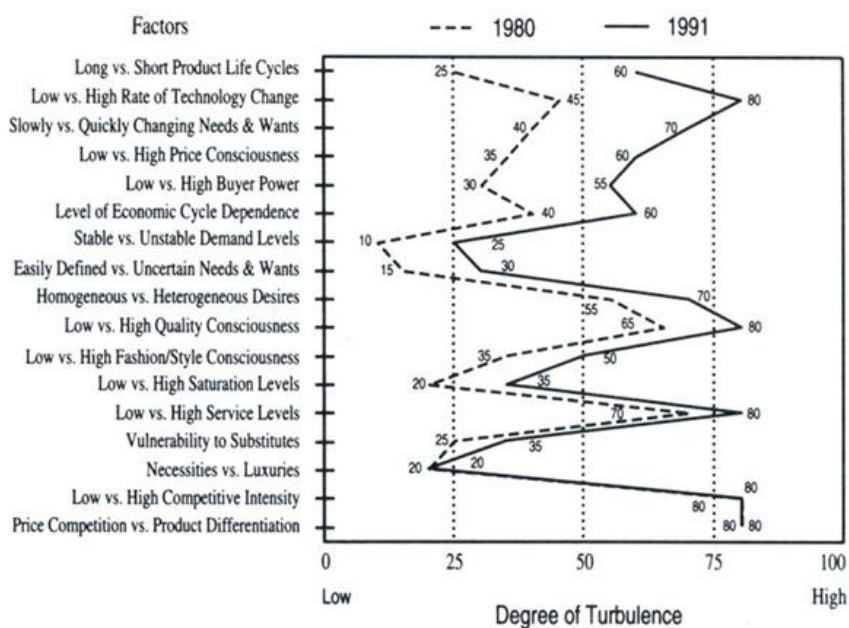


Figura 4 - Market Turbulence Map: Example of a Large High-Technology Company, Mass Customization. The New Frontier in Business Competition, Pine

1.3 Differenze tra Mass Production e Mass Customization

Nella Mass Production, i bassi costi sono ottenuti primariamente attraverso economie di scala – costi unitari più bassi di un singolo prodotto o servizio attraverso un maggior numero di output e processi produttivi più rapidi- e economie di specializzazione – costi unitari più bassi attraverso l’incremento dell’esperienza, che comporta minori errori e maggior velocità di produzione.

Nella Mass Customization, i bassi costi sono ottenuti primariamente attraverso economie di scopo – l’applicazione di un singolo processo per produrre una grande varietà di prodotti o servizi in modo più economico e veloce.

Le aziende spesso raggiungono entrambe: economie di scala per componenti standard possono essere combinati in una miriade di modi per creare varietà nei prodotti finiti con economie di scopo.

Perché lo strumento della Mass Customization sia efficace, è opportuno che i clienti e l’impresa condividano il linguaggio tecnico necessario per una buona comunicazione delle specifiche desiderate per il prodotto o il servizio; ciò spesso costituisce un limite all’adozione della Mass Customization quando i clienti sono consumatori finali.

Mentre i professionisti della Mass Production condividono gli obiettivi comuni di sviluppo, produzione, marketing e servizi di consegna di beni e servizi a prezzi abbastanza bassi che quasi ognuno può permetterseli; i professionisti della Mass Customization condividono gli obiettivi di sviluppo, produzione, marketing e servizi di consegna di beni e servizi con una varietà ampia abbastanza che quasi ognuno può trovare esattamente quello che vuole.

Oggi un’azienda che soddisfa al meglio i desideri e i bisogni dei propri consumatori, avrà le maggiori vendite. Con i profitti più alti e capendo meglio le richieste del cliente, l’azienda può fornire più varietà e personalizzazione, che frammenta profondamente il mercato.

Tabella 4 - Mass Customization Contrasted with Mass Production, Mass Customization. The New Frontier in Business Competition, Pine

	<i>Mass Production</i>	<i>Mass Customization</i>
<i>Focus</i>	Efficienza attraverso stabilità e controllo	Varietà e personalizzazione attraverso flessibilità e reattività
<i>Obiettivo</i>	Sviluppo, Produzione, Marketing e Servizi di Consegna di beni e servizi a prezzi abbastanza bassi che quasi ognuno può permettersi	Sviluppo, Produzione, Marketing e Servizi di Consegna di beni e servizi con una varietà ampia abbastanza che quasi ognuno può trovare esattamente quello che vuole
<i>Caratteristiche chiave</i>	Domanda stabile	Domanda frammentata
	Mercati ampi e omogenei	Nicchie eterogenee
	Bassi costi, qualità costante, beni e servizi standardizzati	Bassi costi, alta qualità, beni e servizi personalizzati
	Lunghi cicli di sviluppo dei prodotti	Corti cicli di sviluppo dei prodotti
	Lunghi cicli di vita dei prodotti	Corti cicli di vita dei prodotti

Nella Produzione di Massa i prodotti vengono sviluppati prima e i processi manifatturieri vengono creati dopo e ogni processo è accoppiato con un prodotto. Nella Customizzazione di Massa i processi sono generalmente creati prima e rimangono disaccoppiati dal flusso di prodotti che varia sempre.

È molto importante tener conto di due punti chiave riguardanti il “Nuovo Paradigma”.

Tabella 5 - The Old Ways Contrasted with the New, Mass Customization. The New Frontier in Business Competition, Pine

<i>The Old Ways of Mass Production</i>	<i>The New Ways of Mass Production</i>
– Bassi costi, qualità costante, prodotti standardizzati	– Prodotti personalizzati convenienti e di alta qualità
– Mercati omogenei	– Mercati disomogenei e segmentati
– Domanda stabile	– Domanda frammentata
– Cicli di vita del prodotto lunghi	– Cicli di vita del prodotto corti
– Cicli di progettazione del prodotto lunghi	– Cicli di progettazione del prodotto corti
– Efficienza delle operations	– Efficienza dell'intero processo
– Economie di scala	– Economie di scopo
– Grandi lotti	– Lotti unitari
– Produzione non flessibile	– Produzione flessibile
– Spese generali elevate	– Spese generali basse
– Alte giacenze	– Nessuna giacenza: MTO
– Alti costi della varietà	– Bassi costi della varietà
– Separazione tra pensare e fare	– Integrazione tra pensare e fare
– Mancanza di investimenti nelle skills degli operatori	– Alto utilizzo e investimenti nelle skills degli operatori
– Poche relazioni tra manager e dipendenti	– Senso di comunità
– Breakthrough innovations	– Breakthrough and Incremental innovations
– Separazione tra innovazione e produzione	– Integrazione tra innovazione e produzione
– Poche relazioni con i fornitori	– Interdipendenza con i fornitori
– Molti bisogni o desideri dei clienti trascurati	– Risposta veloce ai desideri mutevoli dei clienti
– Decisioni manageriali di breve termine	– Decisioni manageriali e dei lavoratori di lungo termine

Il primo punto è che i benefici dei prezzi bassi ottenuti dalle economie di scala e altri vantaggi di costo dei processi della Produzione di Massa vengono mantenuti nella Customizzazione di Massa.

Il secondo punto è che, poiché si ha una quantità di di feedback molto elevata, i mercati di nicchia diventano sempre più piccoli fino a diventare più vicini all'individuo. È un concetto che si avvicina molto alla Produzione Artigianale. Davis diede alla luce il termine "Units of One" nel suo libro del 1989 *Future Perfect* (pag. 20). Questo concetto descrive che allo stesso modo sono stati raggiunti segmenti di mercato segmentati e di nicchia, mentre gli individui possono essere indirizzati usando sia un approccio personalizzato che un approccio al mercato di massa allo stesso tempo.

È assiomatico che ottenere alti livelli di qualità comporta alti costi; ma sappiamo che costruire la qualità nei processi abbassa i costi. Lo stesso vale per la varietà e la personalizzazione: costruirle all'interno dei processi può comportare l'abbassamento dei costi.

La Mass Production è stata da sempre promotrice di grandi lotti di produzione e per questo una grande porzione del ciclo produttivo era occupata dal "changeover time", cioè il periodo di tempo richiesto per preparare una macchina, un processo o un sistema per passare dalla produzione dell'ultimo pezzo di un lotto al primo pezzo del lotto successivo. Un aumento di questo tempo comporta anche un aumento del tempo del ciclo produttivo. Per determinare l'esatta grandezza del lotto, sono stati introdotti i concetti di Economic Order Quantity EOQ e di Economic Batch Quantity EBQ.

Il lotto economico è la quantità di prodotto che deve essere acquistata da fornitori esterni (in questo caso si parla di Lotto Economico di Acquisto o Economic Order Quantity, EOQ) o che deve essere prodotta internamente (in questo caso si parla di Lotto Economico di Produzione o Economic Batch Quantity, EBQ), al fine di minimizzare la somma dei costi di ordine o ordering costs e dei costi di mantenimento delle scorte a magazzino o holding costs.

I costi di ordine sono legati al fatto che l'impresa deve sostenere una serie di spese (trasporto, gestione amministrativa, costi di set up) ogni volta che lancia un ordine di acquisto o di produzione.

I costi di mantenimento dipendono dal fatto che le scorte tenute a magazzino sono gravose per l'impresa, sia per la gestione fisica del magazzino (affitto, spese del personale, luce, assicurazione, rischi di obsolescenza della merce e così via), sia per i costi finanziari (il magazzino rappresenta capitale immobilizzato sul quale l'impresa paga oneri finanziari).

I costi di ordine sono in relazione di trade off con i costi di mantenimento.

Come illustrato nelle seguenti figure, ciò significa che un aumento del lotto economico di acquisto o di produzione fa diminuire i costi di ordine, in quanto

riduce il numero di ordini fatti nell'intervallo di tempo considerato e, contemporaneamente, comporta un incremento dei costi di mantenimento, poiché provoca un innalzamento del livello medio di giacenze nello stesso intervallo di tempo. In base ai costi unitari di ordine e di mantenimento, l'obiettivo dell'azienda è quello di individuare la quantità che minimizza il totale dei costi logistici, dato dalla somma del totale dei costi di ordine e di mantenimento.

Matematicamente, il lotto economico di acquisto è espresso dalla seguente formula:

$$EOQ = \sqrt{\frac{2C_0D}{C_h}}$$

dove C_0 sono i costi unitari di ordine, mentre C_h sono i costi unitari di mantenimento delle scorte.

La formula del lotto economico di produzione è simile alla precedente, a differenza di un fattore che tiene in considerazione il tasso di produzione e di consumo interno del prodotto.

Come illustrato nelle seguenti figure, nel caso in cui il processo di changeover è lento, l'EOQ è il punto in cui la curva dei costi di movimentazione e immagazzinamento, che cresce all'aumentare della grandezza del lotto, si incontra con la curva dei costi di set up e dei costi di gestione, che invece diminuiscono. L'EOQ corrisponde quindi al minimo costo totale unitario.

Invece quando il processo di changeover è veloce e i costi di set up sono quindi drasticamente ridotti, i costi di movimentazione e di immagazzinamento restano gli stessi e l'EOQ di conseguenza abbassa la curva fino ad avere un lotto unitario, comportando molta più varietà a costi più bassi. In particolare, il risparmio di costi nell'eliminazione del changeover time può essere straordinario quando i desideri dei consumatori variano rapidamente o la domanda è incerta.

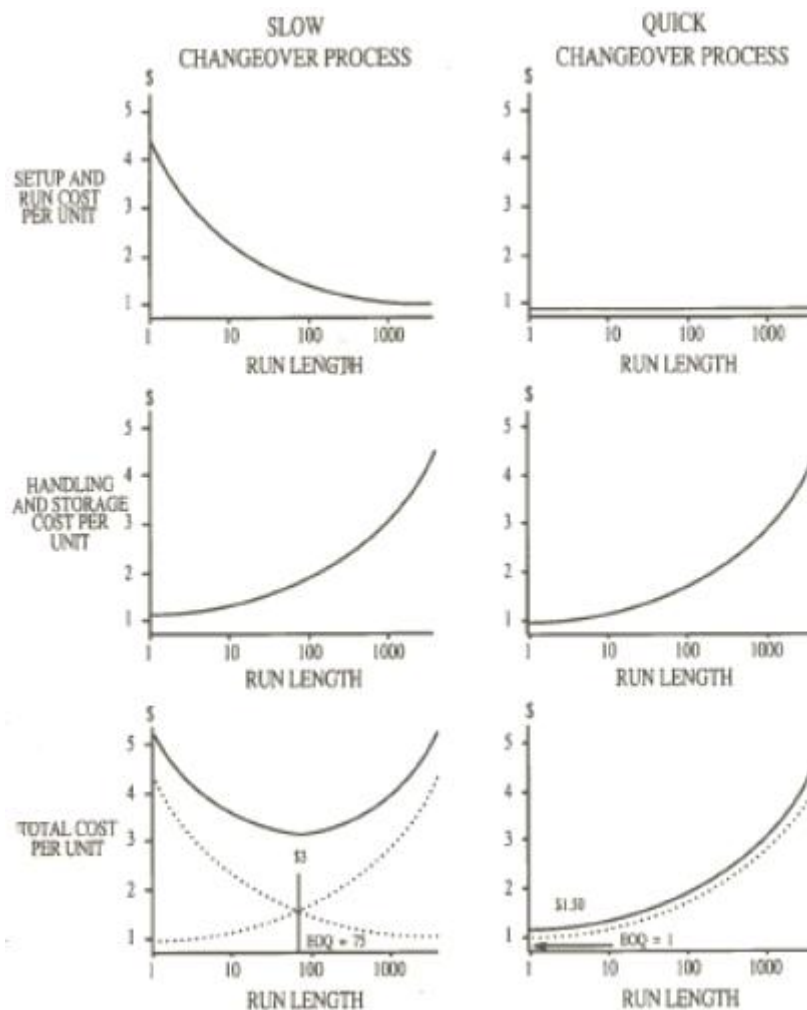


Figura 5 - The Effect of Reducing Changeover Times on Economic Order Quantities, Mass Customization. The New Frontier in Business Competition, Pine

La vera produzione con un lotto unitario è abbastanza inusuale, sia nel settore manifatturiero sia nelle aziende di servizi, ma nuove tecnologie e metodologie di management stanno abbassando i costi unitari di varietà e personalizzazione.

La chiave della Mass Customization sta in come un'azienda può utilizzare efficacemente le tecnologie flessibili esistenti, creare nuovi processi più reattivi e metodi di management e utilizzare l'intrinseca flessibilità dei lavoratori per sviluppare e produrre più velocemente nuovi prodotti e servizi che incontrano meglio i gusti dei clienti.

Come afferma Stan Davis, "Il messaggio generale è che più un'azienda riesce a vendere prodotti personalizzati con i fondamenti della massa, rispetto ai propri competitors, maggiore sarà il suo vantaggio competitivo".

In generale, un vantaggio competitivo può essere acquisito attraverso due tipi fondamentali di strategie: la Leadership di costo e la Differenziazione.

La leadership di costo si traduce essenzialmente nella ricerca di quelle innovazioni che consentono di diminuire i costi relativi a una parte o a tutto il ciclo produttivo/distributivo.

Una politica di differenziazione, invece, ha lo scopo di identificare e conquistare una specifica nicchia di mercato.

Nel caso della Leadership di costo, il vantaggio competitivo ha origine dal modo in cui un'impresa svolge e organizza le proprie attività, assemblando i fattori produttivi e coordinando le diverse fasi del ciclo di produzione e di distribuzione. È questo il caso della Mass Production.

Con riferimento alla Catena del Valore è possibile indicare le diverse attività primarie e di supporto sulle quali l'impresa può agire per migliorare la propria redditività.

Gli enormi progressi delle tecnologie dell'informazione negli ultimi decenni hanno consentito di ridefinire i costi dell'impresa in ogni parte della catena del valore, comprese le attività che implicano trasformazioni fisiche: grazie all'automazione e alla robotica, infatti, anche le operazioni alla catena di montaggio contengono un'ampia componente di elaborazione di informazioni.

Attraverso una strategia di Differenziazione, invece, l'impresa mira a caratterizzare e distinguere i propri prodotti da quelli dei concorrenti. La differenziazione è un fatto complesso che va misurato in base alle molteplici caratteristiche distintive dei prodotti. Le differenze percepite dagli acquirenti, infatti, possono riguardare la qualità, le prestazioni o l'immagine del prodotto. Si genera un vantaggio competitivo quando l'impresa è in grado di cogliere nuove opportunità di mercato o di soddisfare le esigenze di un segmento di mercato ignorato dagli altri.

La Mass Customization mira alla differenziazione di prodotto allo scopo di soddisfare le esigenze di più segmenti di mercato diversi, anche piccoli e di nicchia, fino al raggiungimento del singolo individuo. Per fare questo deve trovare un trade off tra la leadership di costo e la differenziazione.

Il fattore chiave di differenziazione è dato dal contributo dell'impresa e del suo prodotto alla catena del valore del compratore. Gran parte delle attività svolte, al di là della produzione fisica del bene o del servizio, contribuiscono alla differenziazione.

Anche nel campo della Differenziazione l'impatto delle tecnologie dell'informazione è stato tremendo. Le nuove tecniche consentono di personalizzare il prodotto industriale (e, di conseguenza, di far leva sulla fedeltà del cliente). D'altra parte, incorporare sistemi di informazione nei prodotti è un modo sempre più efficace di distinguerli da quelli della concorrenza.



Figura 6 - Differenziazione, Leadership dei costi e Focalizzazione, da Product Information Management fo Mass Customization, di Forza e Salvador (2007)

Joseph Pine nel suo libro si concentrò sulle strategie per le aziende per implementare il nuovo concetto sviluppando tre strategie “Move Incrementally, Transform the Business and Create a New Business” (Pine, 1993, p. 133).

Il movimento incrementale è più appropriato per le società le cui turbolenze di mercato, pur aumentando, sono ancora abbastanza basse e aumentano abbastanza lentamente da essere ancora in grado di essere alquanto efficaci secondo i vecchi modi di fare le cose.

Aziende che si trovano di fronte a grandi e crescenti turbolenze o ad altri competitors avviati verso la Mass Customization, non possono attendere di affermarsi tramite un miglioramento incrementale. Essi devono muoversi rapidamente per liberarsi dai vecchi metodi, aumentare la flessibilità e la reattività in ogni parte dell'intera organizzazione e comprendere come i propri beni e servizi possono essere customizzati in modo massivo. Devono trasformare il loro business.

La terza categoria di aziende che si muovono verso la Mass Customization è composta da quelle che creano un nuovo business specificatamente per ottenere varietà e personalizzazione, mantenendo i prezzi della Mass Production.

1.4 Gli svantaggi legati all'aumento della varietà

L'aumento della varietà di prodotto offerta da un'impresa ha impatto:

- Sui costi sostenuti dall'impresa stessa;
- Sui tempi richiesti dalle attività dell'impresa;
- Sulla qualità dei prodotti.

La seguente è una classifica, in ordine di importanza media nel campione, delle conseguenze negative di una maggior personalizzazione, e quindi varietà, di prodotto:

- 1) Maggiori costi dei materiali
- 2) Maggiori costi di fabbricazione ed assemblaggio
- 3) Minor puntualità nelle consegne dei prodotti
- 4) Peggioramento nelle prestazioni di consegna dei fornitori
- 5) Maggiori tempi di evasione degli ordini
- 6) Minor qualità dei prodotti

In media, dunque, le conseguenze negative di una maggior varietà di prodotto riguardano principalmente i costi, in secondo luogo i tempi e, per ultima, la qualità.

1.4.1 L'impatto sui costi

Al crescere della varietà di prodotto offerta da un'impresa aumenta, in misura maggiore o minore, la varietà di parti che tale impresa deve gestire e, se il volume complessivo di produzione dell'impresa non aumenta di pari passo con la varietà di prodotto, diminuisce, in media, il volume di produzione o di acquisto di ciascuna parte.

Di conseguenza, in misura diversa a seconda dell'eterogeneità dei prodotti dal punto di vista del mercato e della tecnologia, a seconda del grado di integrazione verticale dell'impresa, a seconda che i prodotti siano realizzati per il magazzino o su commessa e a seconda che materiali e componenti vengano o meno gestiti dall'impresa a magazzino, aumentano i costi di tutte le attività della catena del valore.

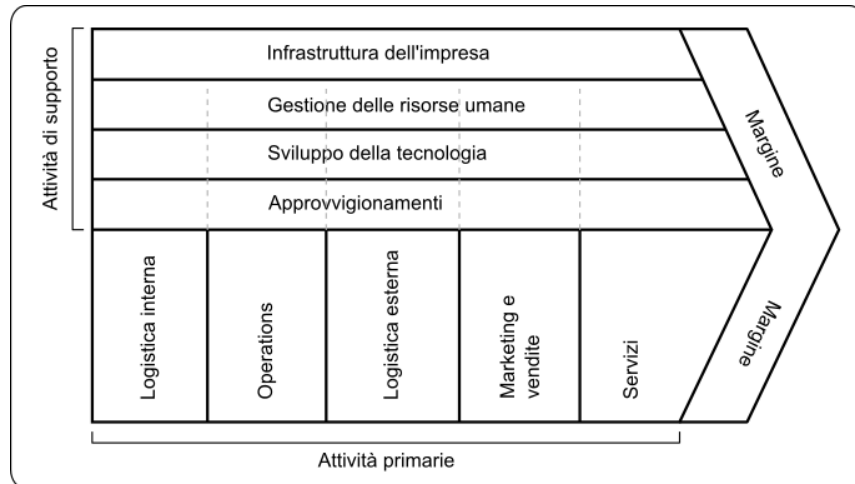


Figura 7 - La Catena del Valore di Porter, da www.wikipedia.org

La Catena del Valore di Porter si distingue per 5 attività primarie. Queste attività permettono alle aziende di applicare il modello e tenere sotto controllo il vantaggio competitivo. Più nello specifico, le attività primarie sono quelle strettamente connesse alla creazione fisica del prodotto, alla commercializzazione, alla consegna e all'assistenza post-vendita.

La logistica in entrata comprende tutti i processi di gestione dei flussi dei beni materiali all'interno dell'organizzazione. I flussi in entrata sono quelli da cui dipendono le attività operative. L'obiettivo principale è rendere veloce ed efficiente il ciclo di distribuzione dei materiali. Più snello sarà il processo migliori saranno i risultati ottenuti dall'azienda.

All'aumentare della varietà: cresce l'onerosità delle attività di programmazione delle consegne dei fornitori e di ricevimento, ispezione e movimentazione della merce; col numero dei fornitori aumentano i costi di trasporto; a parità di livello di servizio, cresce l'entità delle scorte di materiali e componenti d'acquisto, essendo essi più numerosi e i loro fabbisogni mediamente più incerti; il magazzino richiede più spazio.

Con operations si fa riferimento alle attività strettamente legate alla produzione di beni e servizi. Le decisioni prese in questa fase influenzano l'offerta dei prodotti e, di conseguenza, la presenza dell'azienda sul mercato e quindi il vantaggio competitivo stesso.

All'aumentare della varietà: crescono gli investimenti in attrezzature e macchinari aggiuntivi e/o più flessibili; le attività operative richiedono più spazio; aumenta il costo complessivo dei set-up, più frequenti, e aumenta la loro incidenza sul costo unitario dei prodotti, poiché diminuisce l'entità media dei lotti; cresce la complessità delle attività di schedulazione e quindi diventa più difficile usare in modo efficiente la capacità produttiva; aumenta il fabbisogno di manodopera

diretta e indiretta; si perde l'opportunità di beneficiare di economie di scala e di apprendimento in produzione, dal momento che diminuisce il grado di ripetitività delle operazioni.

La logistica in uscita si riferisce alle attività che gestiscono il flusso dei materiali all'esterno dell'organizzazione. Queste attività sono le stesse che permettono di raggiungere il mercato con i risultati prodotti dalle operations.

All'aumentare della varietà: a parità di livello di servizio, cresce l'entità delle scorte di prodotti finiti, dal momento che i codici gestiti a magazzino sono più numerosi e l'incertezza sulle rispettive domande mediamente è maggiore; aumentano, di conseguenza, gli spazi richiesti dai magazzini.

Ora che il prodotto è sul mercato è essenziale pensare alle attività di promozione e di gestione del processo di vendita. In questa fase l'azienda potrà rafforzare l'immagine del prodotto o servizio, aumentando il vantaggio competitivo nei confronti delle altre aziende.

All'aumentare della varietà: aumenta il costo del personale di vendita perché cresce il volume di informazioni scambiate fra cliente, commerciale e ufficio tecnico nel corso del processo di acquisizione dell'ordine; di conseguenza, servono più risorse nell'ufficio vendite per evitare che si allunghino i tempi medi di acquisizione dell'ordine; inoltre, queste risorse devono avere competenze tecniche più elevate; l'inserimento degli ordini nel sistema informativo aziendale diventa più oneroso; cresce lo sforzo richiesto per elaborare le previsioni di vendita e per preparare i cataloghi.

Infine, per assicurare all'azienda un vantaggio competitivo è essenziale impostare i servizi di post-vendita che supportano il cliente in caso di necessità. Si tratta di un servizio che viene spesso sottovalutato ma che permette di valorizzare l'intero processo, di costruire valore per il consumatore e di rafforzare il legame con il cliente.

All'aumentare della varietà: aumentano i costi dell'assistenza post-vendita a causa della maggior varietà di pezzi di ricambio da tenere a magazzino.

Oltre alle attività principali, la catena del valore di Porter è composta da 4 attività di supporto che permettono all'azienda di aumentare il vantaggio competitivo. Si tratta di processi che non contribuiscono in modo diretto alla creazione di output ma sono necessari per la buona riuscita del prodotto/servizio.

I processi di supporto sono: approvvigionamenti, gestione delle risorse umane, sviluppo di tecnologie, attività infrastrutturali.

Gli approvvigionamenti comprendono le attività che permettono di acquistare le risorse necessarie per produrre prodotti/servizi e che consentono il funzionamento dell'azienda.

All'aumentare della varietà: crescono i costi per le attività di selezione e monitoraggio dei fornitori, essendo questi ultimi più numerosi, nonché i costi per le attività di negoziazione; aumentano gli ordini di acquisto e, di conseguenza, i relativi costi di emissione; aumenta il costo di materiali e componenti d'acquisto, essendo ordinati, ciascuno, in quantità mediamente inferiori.

La gestione delle risorse umane è l'insieme di tutte le attività di ricerca, selezione, assunzione, addestramento, formazione e più in generale tutto ciò che ha a che vedere con la gestione dei dipendenti di un'organizzazione.

All'aumentare della varietà: aumentano i costi per la ricerca, assunzione e addestramento di personale di produzione, progettazione, etc. onde far fronte ai maggiori carichi di lavoro in ufficio tecnico, vendite, etc. e per formare personale più polivalente.

Per sviluppo delle tecnologie si intendono i processi indispensabili per migliorare i prodotti e i processi di produzione.

All'aumentare della varietà: aumenta il costo del personale tecnico perché cresce il carico di lavoro dei progettisti per attività di "consulenza" a favore dell'ufficio vendite e per tradurre le richieste del cliente raccolte dal commerciale nella documentazione di prodotto necessaria alla realizzazione del prodotto (distinta base, ciclo di produzione,...); di conseguenza, servono più risorse nell'ufficio tecnico per evitare che si allunghino i tempi medi di evasione dell'ordine; in assenza di un efficace sistema di archiviazione e reperimento della documentazione di prodotto, cresce l'inefficienza dovuta a riprogettazione di prodotti e componenti già realizzati in passato.

Le attività infrastrutturali consistono in: pianificazione, contabilità finanziaria, organizzazione, affari legali e tutte le attività legate all'infrastruttura.

All'aumentare della varietà: cresce la complessità, e quindi l'onerosità, delle attività di pianificazione e controllo nonché di codifica materiali/parti/prodotti/processi; aumenta il carico di lavoro per la determinazione a preventivo/consuntivo del costo di ogni prodotto/commissa.

Per capire come minimizzare l'impatto negativo della varietà di prodotto sui costi sostenuti da un'impresa è utile raggruppare questi ultimi intorno a tre driver o fattori di costo; suddividiamo, dunque, i costi totali (TC) sostenuti da un'impresa per offrire una certa varietà di prodotto in:

- Costi delle funzioni/prestazioni (FC), cioè i costi sostenuti per fornire le funzioni/prestazioni richieste a ciascun prodotto: i costi dei materiali e dei componenti d'acquisto, i costi di fabbricazione e assemblaggio, i costi di imballaggio e spedizione del prodotto;
- Costi della varietà (VC), cioè i costi che derivano dal fatto di realizzare prodotti differenti: i costi dei set-up, gli investimenti in attrezzature e macchinari aggiuntivi e/o più flessibili;
- Costi dei punti di controllo (CC), cioè i costi delle attività di generazione e scambio di informazioni: disegni, cicli produttivi, fornitori selezionati, ordini di acquisto, stime.

Per minimizzare l'impatto della varietà di prodotto sui costi non si può agire su una soltanto delle tre categorie di costo suddette.

I costi della varietà VC e quelli dei punti di controllo CC da un lato, i costi delle funzioni/prestazioni FC dall'altro, hanno andamenti opposti in funzione della varietà di parti gestita da una impresa, come descritto nella figura successiva. La curva dei costi totali, pertanto, ha un andamento ad U e la varietà di parti ottimale, con riferimento a una certa varietà di prodotti, è quella a cui corrisponde il punto di minimo di tale curva.

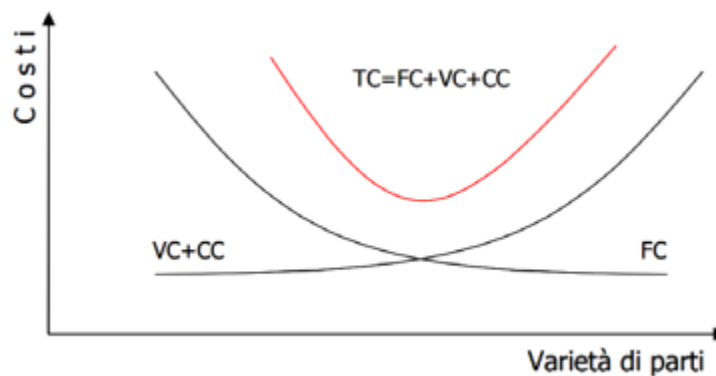


Figura 8 – Varietà ottima dei componenti per ridurre i costi totali TC, da Product Information Management fo Mass Customization, di Forza e Salvador (2007)

L'utilizzo della value chain è utile in due direzioni: l'analisi dei costi e dei ricavi per capire i punti di forza e i margini di miglioramento dell'azienda; e la definizione del vantaggio competitivo rispetto ai concorrenti.

L'interdipendenza tra le attività che compongono la value chain, infatti, non si esaurisce all'interno dell'impresa. La catena del valore dell'impresa è inclusa in un più vasto flusso di attività, chiamato da Porter il "Sistema del Valore", e i collegamenti possono creare interdipendenze tra la catena del valore dell'impresa e

quella del fornitore. Sia l'impresa sia il fornitore possono trarre vantaggio dalla gestione delle interdipendenze.

Si noti che in un sistema di Mass Production, i clienti finali sono alla fine della value chain. A loro viene venduta qualsiasi cosa la produzione abbia prodotto. In un sistema di Mass Customization, i consumatori sono anche all'inizio della value chain, la quale esiste per produrre esattamente quello che il cliente vuole e aggiungere molto più valore di quello del prezzo.

1.4.2 L'impatto sui tempi

Al crescere della varietà di prodotto si allungano e si fanno più incerti i tempi richiesti dalle attività dell'impresa, tanto più quanto meno aumentano le risorse destinate alle varie attività. In particolare, a parità di altre condizioni, si allungano e si fanno più incerti il Time to Market, il Tempo di Acquisizione dell'Ordine e il Tempo di Evasione dell'Ordine.

Il Time to Market, è il tempo intercorrente fra l'ideazione di un prodotto e la sua commercializzazione.

Al crescere della varietà di configurazioni di prodotto offerta da un'impresa aumentano, a parità di risorse destinate all'ufficio tecnico, i carichi di lavoro dei progettisti per attività di "consulenza" a favore dell'ufficio vendite e per tradurre le richieste del cliente raccolte dal commerciale nella documentazione di prodotto necessaria alla realizzazione del prodotto (distinta base, ciclo di produzione, ...). Diminuisce, pertanto, il tempo che i progettisti possono dedicare allo sviluppo di nuovi prodotti e, di conseguenza, si allunga il time to market.

Il Tempo di Acquisizione dell'Ordine è il tempo necessario per la definizione precisa della particolare variante di prodotto desiderata dal cliente.

In questa fase al crescere della varietà di configurazioni di prodotto offerta da un'impresa aumenta il volume di informazioni scambiate fra cliente, commerciale e Ufficio e, di conseguenza, aumenta la durata di tale processo. In particolare, quanto più numerosi sono gli attributi del prodotto che occorre specificare perché possono assumere valori differenti e quanto più numerose sono le interdipendenze fra i valori di tali attributi, tanto più spesso il commerciale deve consultare l'Ufficio Tecnico per acquisire informazioni su fattibilità, prestazioni ed idoneità all'uso della specifica soluzione richiesta dal cliente; tanto più alto, inoltre, è il rischio che i dati raccolti dal commerciale per essere trasmessi all'Ufficio Tecnico siano incompleti o contengano errori. L'una cosa e l'altra cosa provocano un allungamento del processo di acquisizione dell'ordine.

Il Tempo di Evasione dell'Ordine è il tempo intercorrente fra il ricevimento dell'ordine del cliente e la consegna al cliente del prodotto.

A tal proposito, le implicazioni negative di una maggior varietà di prodotto possono essere molteplici:

- Al crescere del numero delle varianti in cui è offerto un prodotto diventa sempre più difficile fare previsioni di vendita accurate per ciascuna variante. Mantenere, per ogni variante, scorte adeguate a garantire il livello di servizio desiderato può diventare troppo costoso e l'impresa può essere costretta a sopportare un maggior rischio di stock-out, con conseguente allungamento del tempo medio di evasione degli ordini;
- Non essendo possibile dedicare alla produzione di ciascun componente e all'assemblaggio di ciascun prodotto un processo (una macchina, una cella, una linea) dedicato, al crescere della varietà di prodotto tendono ad aumentare i tempi e quindi i costi di set-up. La necessità di contenere questi ultimi spinge a ruotare il mix di produzione più lentamente, con conseguenze negative sul tempo di risposta al cliente nel caso di stock-out al magazzino di disaccoppiamento;
- La diminuzione del volume in cui una certa materia prima o un certo componente viene acquistato fa sì che il suo fornitore sia meno incentivato a garantire consegne rapide e puntuali, con possibili conseguenze negative sulla rapidità e puntualità delle consegne dei prodotti finiti ai clienti;
- Al crescere della varietà di parti utilizzate nell'assemblaggio dei prodotti aumenta il rischio di errori nelle fasi di fabbricazione e di assemblaggio, con conseguente necessità di rilavorazioni e relativo allungamento dei tempi;
- Al crescere della varietà di articoli acquistati dai fornitori aumenta il rischio di errori nell'emissione degli ordini di rifornimento da parte dell'Ufficio Acquisti, con conseguente allungamento dei tempi.

1.4.3 L'impatto sulla qualità

Si fa riferimento alle otto dimensioni della qualità di prodotto definite da Garvin (1984):

1. Prestazione, ovvero quanto bene il prodotto implementa le sue funzioni primarie;
2. Caratteristiche secondarie, ovvero le caratteristiche del prodotto che vanno oltre le sue funzioni primarie (optional);

3. Conformità, ovvero il grado di corrispondenza fra prodotto e specifiche di progetto;
4. Affidabilità, ovvero la probabilità di malfunzionamento o rottura del prodotto durante un periodo di tempo prestabilito;
5. Durata, ovvero la quantità d'uso che si può ottenere dal prodotto prima che si deteriori o che la sostituzione sia preferibile a un'ulteriore riparazione;
6. Assistenza, ovvero velocità, cortesia ed efficacia nella riparazione;
7. Estetica, ovvero il livello raggiunto dal prodotto negli aspetti legati ai cinque sensi;
8. Qualità percepita, ovvero la percezione della qualità del prodotto basata su indizi indiretti quali l'immagine dell'azienda, il marchio, la pubblicità.

L'aumento della varietà di prodotto permette di offrire al cliente un prodotto che sia più "su misura", cioè più aderente alle sue specifiche esigenze e, di conseguenza, tende a migliorare la qualità intesa come livello di queste otto dimensioni.

Tuttavia, l'aumento della varietà dei componenti che, in misura maggiore o minore, accompagna la crescita della varietà di prodotto nonché la diminuzione, in media, del volume di produzione/acquisto di ciascun componente possono avere implicazioni negative su tutte le dimensioni della qualità:

- Per effetto del maggior carico di lavoro dell'ufficio tecnico nei processi di acquisizione ed evasione dell'ordine, possono diminuire gli investimenti nello sviluppo e nel miglioramento dei singoli prodotti e componenti, con conseguenze negative su prestazione, caratteristiche secondarie, estetica, affidabilità e durata;
- La conformità alle specifiche può soffrire della scelta di processi produttivi inferiori per capability e del più lento accumularsi dell'esperienza, a causa dei minori volumi di produzione unitari;
- Al crescere della varietà di parti utilizzate nell'assemblaggio dei prodotti può aumentare il rischio che si monti un componente sbagliato; analogamente, possono aumentare gli errori in fase di produzione dei componenti; in entrambi i casi, la conformità alle specifiche peggiora;
- La conformità alle specifiche è penalizzata anche dal fatto che, quanto più la domanda delle singole parti è bassa e sporadica, tanto più difficile da realizzare diventa il controllo statistico di processo;

- L'assistenza al cliente tende a peggiorare a causa della maggior incertezza sulla domanda delle singole parti di ricambio, il cui numero aumenta con la varietà di prodotto, e quindi del maggior rischio di stock-out.

Capitolo 2 - Metodi gestionali per i sistemi di Mass Customization

Una volta definite la vision aziendale e la strategia su cui si vuole puntare, è necessario decidere come intraprendere la produzione a basso costo di prodotti e servizi individualmente personalizzati.

Inoltre, per far fronte alle difficoltà che la varietà dei prodotti personalizzati porta con sé in termini di costi, tempi e qualità, è necessario sfruttare le opportunità offerte dalle nuove tecnologie, utilizzando tecniche gestionali vincenti.

Solo con una gestione manageriale opportuna, sarà possibile sfruttare al massimo le potenzialità dell'azienda e rendere possibile la realizzazione della Mass Customization.

In questo capitolo sono riportati strumenti gestionali, metodologie e leve operative utilizzati dai manager impegnati nella gestione e ottimizzazione dei sistemi di Mass Customization.

2.1 Classificazione del tipo di produzione

Per prima cosa, è necessario definire il modello di produzione a commessa di cui fa parte la propria azienda.

Esistono diverse tipologie di “produzioni su commessa”, differenti anche dal punto di vista organizzativo e, nello specifico, conoscere le caratteristiche del proprio modello produttivo e riuscire a governarlo in chiave strategica è uno dei presupposti fondamentali per intraprendere un percorso di miglioramento dei processi e raggiungere un vantaggio competitivo stabile e duraturo nel tempo.

Esistono tante classifiche delle diverse tipologie di produzione. Tra le più utilizzate, troviamo quella di Wortmann. Era il 1983, quando il professore J.C. Wortmann dell'università di Groningen classificò i modelli produttivi in 5 possibili categorie: Make To Stock (MTS); Assembly To Order (ATO); Make To Order (MTO); Purchase To Order (PTO); Engineering To Order (ETO).

Graficamente, possiamo rappresentare questa classifica come di seguito:

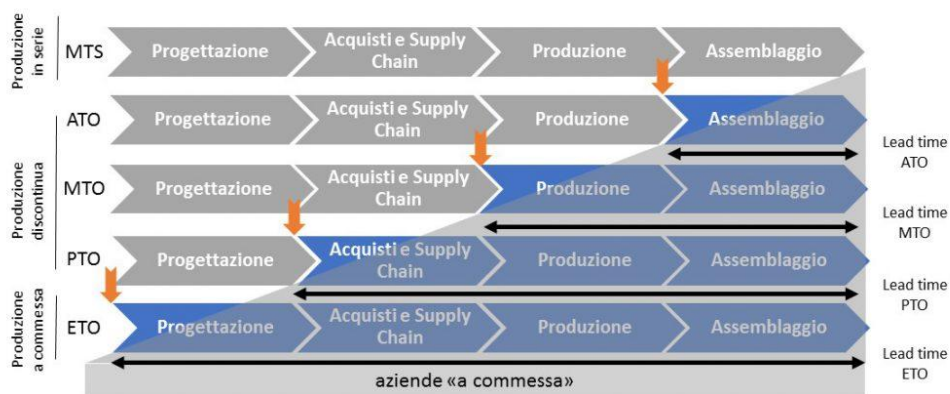


Figura 9 - La Matrice di Wortmann, da www.wepower.com

La freccia di color arancione rappresenta, lungo l'intero processo di realizzazione di un prodotto che va dalla progettazione al suo assemblaggio finale, il punto in cui il cliente fornisce all'azienda una richiesta specifica. Guardando la matrice lungo l'asse verticale, possiamo seguire il comportamento del cliente: è evidente che prima interviene, maggiore è la possibilità che abbia uno specifico prodotto customizzato in tempi brevi. Alle due estremità di questa tipologia di richiesta vi sono, da una parte, i prodotti presenti a scaffale pronti all'acquisto e all'utilizzo e, dall'altra, quelli per i quali il cliente chiede la customizzazione in fase di progettazione.

Guardando, invece, l'immagine lungo l'asse orizzontale, seguiamo il punto di vista dell'azienda produttrice. Qui le possibilità, dall'alto verso il basso, sono: produzione in serie quando l'azienda propone un catalogo di prodotti finiti standard, in un certo numero di varianti, pronti all'acquisto e all'utilizzo; produzione a commessa ripetuta se l'azienda propone un catalogo che riporta i componenti dei prodotti finiti che vengono poi scelti dal cliente e assemblati secondo le sue esigenze; produzione a commessa singola se l'azienda soddisfa tutte le richieste di personalizzazione da parte del cliente.

È evidente, quindi, che la 'produzione a commessa' può presentare sfumature differenti in funzione dello specifico contesto; addirittura all'interno della stessa realtà aziendale, è possibile ritrovare famiglie di prodotto che rispondono a dinamiche diverse. E ancora all'aumentare della complessità di un prodotto, pensiamo alla realizzazione di impianti o di macchine particolari, alcune parti di cui è composto potrebbero essere caratterizzate da un tipo di commessa ripetuta mentre altre da un tipo di commessa singola.

La corretta gestione di questi meccanismi permette di realizzare prodotti con elevati gradi di customizzazione, impedendo che cresca la complessità globale del

processo. Chiaramente, per poter raggiungere questo risultato, è necessario definire specifici assetti in termini di organizzazione, di competenze e di processi. Capire dove collocare i prodotti della propria azienda, o le loro componenti principali, sul modello di Wortmann è il primo step per poter migliorare il modello logistico-produttivo e ottenere così un vantaggio competitivo stabile e duraturo nel tempo. La customizzazione di prodotto diventa la chiave per differenziarti dai competitors.

Da questo momento in poi, saranno necessari una serie di modelli specifici e di tools operativi.

2.2 Analisi dell'Efficienza dei processi

Uno strumento decisamente utile per fare una fotografia della situazione in cui si trova l'azienda e per effettuare un'Analisi dell'Efficienza dei processi è stata descritta in precedenza ed è la Catena del Valore di Porter.

Il modello di Porter si applica perfettamente alle organizzazioni di grandi dimensioni e che si occupano della produzione di beni. È chiaro che per le aziende più piccole che offrono servizi ai propri clienti, l'applicazione della catena del valore è più complessa. In ogni caso può rappresentare uno spunto da cui trarre ispirazione per mantenere il vantaggio competitivo con la propria azienda.

All'interno delle aree primarie e secondarie della value chain, infatti, troviamo l'insieme di processi e di persone che permettono a un'azienda di produrre un determinato prodotto finito.

All'aumentare della personalizzazione, si ha un aumento della complessità in termini di aumento del numero di processi coinvolti, di frequenza di attivazione di tali processi, del numero di interazioni con le catene del valore di clienti e fornitori.

L'identificazione delle attività che compongono l'impresa è il primo passo dell'analisi. Segue il collegamento dei relativi costi e ricavi alle singole attività, in modo tale da mettere in evidenza possibili aree di miglioramento e consentire interventi mirati. Si valuta quindi, per ogni processo, il valore che il cliente ne riconosce e l'effort, cioè lo sforzo in termini economici impiegato per tale processo.

Dal rapporto effort/valore si riuscirà ad individuare:

- I processi che portano valore aggiunto all'azienda: $\frac{\text{valore}}{\text{effort}} > 1$
- I processi che costituiscono una perdita per l'azienda: $\frac{\text{valore}}{\text{effort}} < 1$

Da questi dati si possono trovare le determinanti di costo, ovvero tutte le variabili che rendono i processi più o meno costosi.

2.3 Analisi della Reattività dei processi

Il modello logistico-produttivo rappresenta l'assetto con cui le risorse e le strutture, sia aziendali che extra aziendali, sono correlate operativamente e reagiscono affinché beni e relativi servizi vengano fabbricati, venduti e trasferiti ai clienti.

In questa fase, si considera il modello logistico-produttivo dell'azienda, tenendo conto delle interazioni tra la struttura interna e le strutture esterne.

Un parametro fondamentale per la valutazione dell'efficienza e produttività del sistema produttivo risulta il rapporto tra Tempo a Valore Aggiunto e Tempo Totale, ossia tra il Tempo Medio di Lavorazione per l'esecuzione delle operazioni di un lotto e il Tempo Medio di Attraversamento:

$$\frac{\text{tempo a valore aggiunto}}{\text{tempo totale}} = \frac{\text{tempo medio di lavorazione}}{\text{tempo medio di attraversamento}}$$

Spesso in letteratura si utilizza un indicatore, denominato Indice di Flusso o Indice di Reattività IR, che è il reciproco di quello appena introdotto:

$$IR = \frac{\text{tempo di attraversamento}}{\text{tempo tecnico}} = \frac{\text{tempo di attraversamento}}{\text{tempi di lavorazione} + \text{tempi di attrezzaggio}}$$

È così possibile delineare la Mappa di Reattività dei Processi, che consente di capire quali sono quelli con il maggior tempo di attraversamento, qual è il loro grado di parallelizzazione, se è necessario spostare il Customer Decoupling Point oppure se gli sforzi economici impiegati in un processo sarebbero più utili per un altro processo che crea maggior valore per i clienti.

2.4 Analisi delle prestazioni

L'analisi delle prestazioni permette di individuare, tra le funzioni o caratteristiche possedute da un prodotto o servizio, quelle che massimizzano il rapporto individuato tra la soddisfazione dell'utilizzatore ed il costo. È necessario effettuare un'analisi dei costi e un'analisi delle prestazioni e si ricava il valore della funzione considerata dalla formula:

$$\text{Valore} = \frac{\text{Prestazione}}{\text{Costo}}$$

Dove la Prestazione è la funzione a cui assolve il prodotto e si ottiene da:

$$\text{Prestazione} = \text{Importanza} * \text{Adeguatezza}$$

Dalla combinazione delle due analisi per tutte le funzioni del prodotto, si ottiene il seguente grafico del valore delle diverse funzioni di prodotto o servizio:

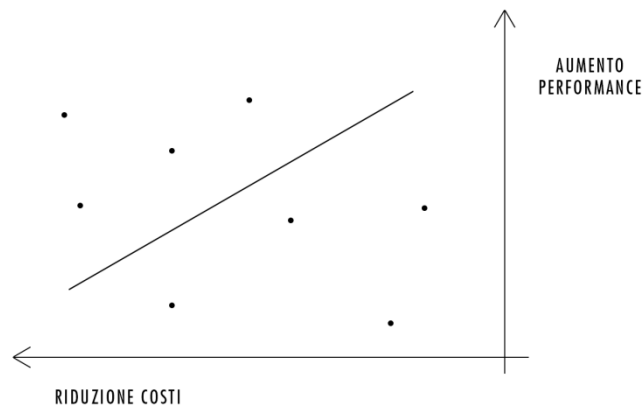


Figura 10 - Analisi delle Prestazioni, da www.wepower.com

Ogni punto rappresenta una funzione del prodotto o del servizio preso in esame. Tutte le funzioni che si trovano sopra alla diagonale creano vantaggio per l'azienda, mentre tutte quelle che si trovano sotto sono quelle per cui è necessario intervenire nel verso delle frecce migliorando la performance, quindi agendo in verticale, o riducendo i costi, quindi in orizzontale.

In questo modo si effettua il Bilanciamento delle Funzioni.

2.5 Analisi del grado di customizzazione

Quantificare il grado di customizzazione è la base line necessaria per un progetto di miglioramento.

È dato dal numero di variabili che il cliente può scegliere e permette all'azienda di stratificare i propri ordini.

Il Customization Degree o grado di customizzazione è molto importante nel campo della Mass Customization. Il suo miglioramento può aumentare la soddisfazione del cliente e incrementare la domanda mentre, corrispondentemente, all'aumento del prezzo del servizio la soddisfazione del cliente diminuisce e quindi la domanda.

I metodi per calcolare il grado di customizzazione si suddividono in qualitativi e quantitativi.

2.5.1 Metodo qualitativo per la definizione del customization degree

Per definire qualitativamente il grado di customizzazione, bisogna considerare l'innovazione, data dal numero di modifiche legate alla personalizzazione che vengono apportate al bene o al servizio e la complessità, in termini di ore impiegate per la progettazione e lo sviluppo delle stesse. Una rappresentazione è data dal seguente grafico.

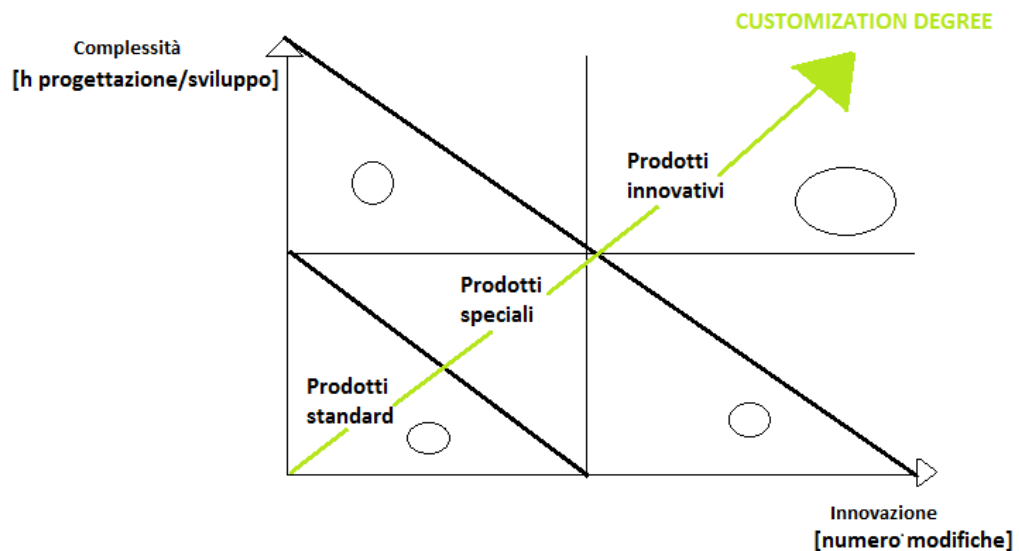


Figura 11 – Analisi del grado di customizzazione in base a ore di progettazione e sviluppo e numero di modifiche, da www.wepower.com

Sull'asse y si trova l'innovazione, espressa in ore di progettazione o di sviluppo; sull'asse x la complessità, cioè il numero di modifiche dei disegni, data dalla presenza di elementi aggiuntivi.

Il grado di customizzazione aumenta andando verso la parte alta del grafico.

I prodotti vengono suddivisi, da sinistra verso destra, in prodotti standard, prodotti speciali e prodotti innovativi.

La dimensione dei cerchi in corrispondenza di ogni prodotto, definisce quanto l'azienda si sposta rispetto a ciò che richiede il cliente.

In “Measuring the Effect of Customization in Influencing the Success of ERP Implementation”, del Conference Paper di Yogyakarta di gennaio 2010, viene fatto uno studio per formulare una matrice della customizzazione per la valutazione della personalizzazione dei software gestionali ERP.

Lo studio raccoglie dei dati da più compagnie riguardo gli oggetti delle loro modifiche e il loro tempo di sviluppo. Gli oggetti modificati sono stati raggruppati in diversi tipi di personalizzazione, mentre i range del tempo di sviluppo sono stati classificati in diverse classi che rappresentano la complessità.

Per ogni classe in ogni tipologia di customizzazione, sono stati calcolati il range di tempo di sviluppo, la media la deviazione standard.

Infine l'indice di complessità è stato definito usando il tempo di sviluppo medio. Tutti gli indici di complessità sono rappresentati nella seguente tabella.

Tabella 6 - Customization Complexity Matrix, da www.researchgate.net (2010)

Customization Types	<i>Simple</i>	<i>Medium Complexity</i>	<i>Complex</i>	<i>Very complex</i>
Reports	$0 < d_t \leq 56$ i = 31	$56 < d_t \leq 84$ i = 66	$84 < d_t \leq 157$ i = 121	$d_t > 157$ i = 292
Interfaces	$0 < d_t \leq 44$ i = 33	$44 < d_t \leq 166$ i = 66	$d_t > 166$ i = 213	-
Extensions	$0 < d_t \leq 44$ i = 31	$44 < d_t \leq 103$ i = 65	$103 < d_t \leq 227$ i = 179	$d_t > 227$ i = 281
Conversions	$0 < d_t \leq 90$ i = 56	$90 < d_t \leq 212$ i = 124	$d_t > 212$ i = 300	-
Workflows	$0 < d_t \leq 57$ i = 49	$57 < d_t \leq 71$ i = 77	$d_t > 71$ i = 77	-

d_t = Development Time, espresso in ore

i = CI = Complexity Index

Per l'analisi sono state selezionate come unità di analisi delle aziende "users" che fanno uso dell'ERP.

L'obiettivo era trovare il grado di customizzazione che è stato raggiunto in ogni singola azienda. Gli step nella misurazione del grado di customizzazione sono:

1. Fare una lista dei Customization Object (O_i);
2. Assegnare O_i a uno dei Customization Types della tabella precedente (Reports, Interfaces, Extensions, Conversions, Workflows);
3. In riferimento alla tabella precedente, determinare la classe dell' O_i in base al d_{ti} ;
4. Convertire O_i in un Complexity Index per l'i-esimo Object (CI_i);
5. Calcolare il grado di customizzazione (Degree Of Customization DOC) per ogni campione, sommando i customization index dei diversi objects dell'azienda in questione.

$$DOC = \sum CI_i$$

2.5.2 Metodo quantitativo per la definizione del customization degree

Un metodo quantitativo per il calcolo del grado di customizzazione è stato trovato dal College of Management & Economics, di Tianjin in Cina. L'ambito dello studio sono i servizi logistici all'interno della supply chain.

Il Customization Degree γ può essere definito con la seguente formula:

$$\gamma = \frac{n}{m}$$

n = numero di servizi personalizzati richiesti dal cliente;

m = numero di servizi totali richiesti dal cliente.

Con $\gamma \in [0,1]$, dove 0 corrisponde ad un servizio di larga scala e 1 un servizio perfettamente customizzato.

Il costo del Logistic Service Integrator (LSI) è dato dalla somma dei costi dei servizi di larga scala e dei servizi customizzati.

Quando il consumatore accetta il servizio customizzato, il costo di produzione del prodotto del cliente P_0 e il prezzo unitario del prodotto P_1 sono costanti.

Generalmente il costo unitario del servizio personalizzato è più alto del costo unitario del servizio in larga scala. Se il costo del servizio personalizzato diventa troppo alto, e di conseguenza anche il prezzo unitario, il cliente non è più disposto a comprare il servizio e la domanda decremента.

Dunque all'incrementare della personalizzazione, aumenta la domanda;

all'incrementare dei costi dovuti alla personalizzazione, diminuisce la domanda.

La funzione economica della domanda Q è:

$$Q = a - b * P$$

$a > 0$, domanda potenziale;

$b > 0$, parametro di sensitività al prezzo.

Definisce la relazione tra la domanda e il prezzo P e si auspica che $Q \geq 0$.

Considerando che con l'incremento del grado di customizzazione crescerà anche la domanda, viene introdotto il fattore del grado di customizzazione t , descritto come di seguito:

$$t = \frac{\gamma}{1 - \gamma}$$

Quindi in riferimento alla funzione della domanda precedente, la funzione della domanda dei servizi dell'intera supply chain Q è:

$$Q = a - b * P + \frac{\gamma}{1 - \gamma} Q_0$$

$b * P$ rappresenta il decremento della domanda causato dall'aumento del prezzo, $\frac{\gamma}{1 - \gamma} Q_0$ rappresenta l'incremento della domanda causato dal grado di customizzazione.

Il costo del Logistic Service Integrator (LSI) è dato dalla somma dei costi dei servizi di larga scala C_1 e dei servizi customizzati C_2 , come mostrato in seguito:

$$C = C_1 + tC_2 = C_1 + \frac{\gamma}{1 - \gamma} C_2$$

Si avrà che l'aumento di costo dovuto alla personalizzazione viene suddiviso in:

- β = quota accettata dal cliente;
- $1 - \beta$ = quota non accettata dal cliente.

Allora il prezzo può essere definito come:

$$P = C_1(1 - \omega) + \beta t C_2$$

ω = rapporto del profitto generato dalla gestione dei servizi in larga scala.

Sostituendo questa funzione nella funzione della domanda dei servizi dell'intera supply chain Q , si ha:

$$Q = a - b * [C_1(1 - \omega) + \beta \frac{\gamma}{1 - \gamma} C_2] + \frac{\gamma}{1 - \gamma} Q_0$$

Per studiare a fondo l'impatto dei servizi customizzati sulla domanda del consumatore, si applica la derivata prima della domanda Q rispetto al fattore del grado di customizzazione t :

$$\frac{\partial Q}{\partial t} = \mu = Q_0 - bC_2\beta$$

μ = quota di cambiamento della domanda causata dalla customizzazione.

μ rappresenta il cambiamento della domanda in relazione al cambiamento del grado di customizzazione.

- Se $\mu > 0$, l'incremento della domanda dovuto alla customizzazione è maggiore del decremento della domanda dovuto all'aumento del prezzo per la customizzazione;
- Se $\mu < 0$, l'incremento della domanda dovuto alla customizzazione è minore del decremento della domanda dovuto all'aumento del prezzo per la customizzazione.

Il customer degree ottimo si ottiene ponendo la derivata prima del profitto π rispetto al fattore del grado di customizzazione t uguale a 0:

$$\frac{\partial \pi}{\partial t} = 0$$

Con $\pi = P*Q - C*Q$

Quindi alla diminuzione dei costi, si avrà un aumento dei profitti e, di conseguenza, un aumento del customer degree ottimo a cui si può tendere.

Alla luce di queste considerazioni, tutte le valutazioni sul miglioramento dell'efficienza dei processi produttivi e organizzativi, volte alla diminuzione dei costi legati alla personalizzazione del servizio, permetteranno di aumentare il grado di customizzazione che l'azienda può raggiungere.

2.6 Analisi dell'Efficienza degli impianti

Per analizzare l'efficienza nell'utilizzo degli impianti produttivi, è necessario individuare sei classi di tempo: solare, disponibile lordo, disponibile netto, effettivo di lavorazione, standard di output lordo, standard di output netto.

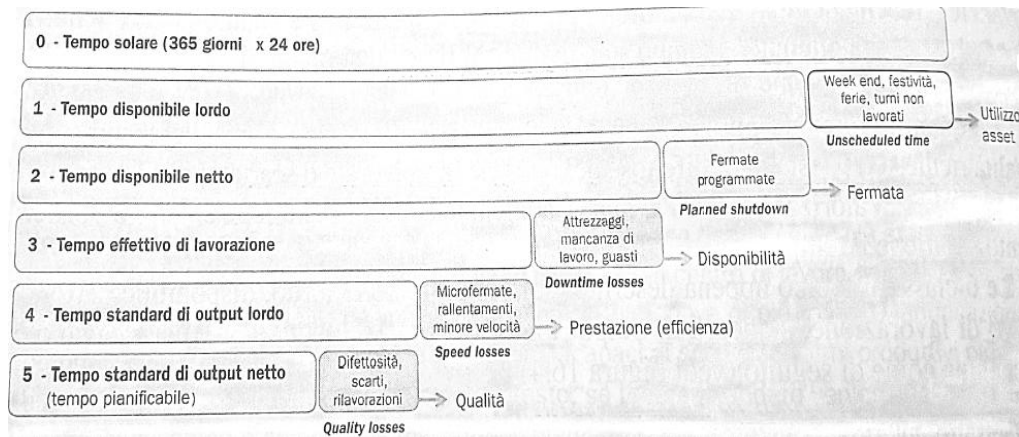


Figura 12 - Tempi e indici da considerare per la pianificazione della capacità produttiva, da Gestione della produzione, De Toni, Panizzolo, Villa

Innanzitutto è necessario definire il numero e la durata dei turni di lavoro, il numero di giorni lavorativi per settimana, le settimane di ferie l'anno e i giorni di festività. In tal modo si definisce il tempo disponibile lordo per la produzione rispetto al tempo solare (nel caso di un anno 24 ore per 365 giorni). La differenza tra il tempo solare e il tempo disponibile lordo è denominato *unscheduled time*.

Una parte del tempo disponibile lordo viene generalmente impiegata per i *planned shutdown*, cioè per delle fermate programmate, durante le quali si eseguono le manutenzioni preventive ordinarie, training del personale, assemblee sindacali. Se si sottrae al tempo disponibile lordo la durata di queste attività programmate, si ottiene il tempo disponibile netto.

Il tempo disponibile netto non viene completamente impiegato per la produzione effettiva in quanto sono da considerare gli attrezzaggi, eventuali guasti, eventuali fermi macchina e attese per mancanza di lavoro. Queste perdite di tempo sono chiamate *downtime losses* o *unplanned downtime*. Sottraendo al tempo disponibile netto la durata di questi eventi, si ottiene il tempo effettivo di lavorazione.

Durante la lavorazione possono manifestarsi delle inefficienze dovute a una minore velocità di lavorazione delle macchine rispetto allo standard atteso, rallentamenti legati alla manodopera rispetto ai tempi standard, micro fermate dovute a situazioni non prevedibili, ad esempio la mancanza di un attrezzo, materiali fuori posto, ... Queste inefficienze sono conosciute con il termine di *speed losses*. L'effetto è quello di ottenere in uscita una quantità minore di produzione rispetto allo standard atteso. Valorizzando le quantità ottenute al tempo standard di riferimento si ottiene il tempo standard di output lordo.

Le quantità ottenute possono comunque non essere tutte conformi alle specifiche di qualità richieste. Queste parti difettose devono essere rilavorate o scartate; sono

note come quality losses. Valorizzando solo le quantità ottenute conformi al tempo standard di riferimento si ottiene il tempo standard di output netto.

A partire da queste sei classi di tempo, possibile calcolare cinque indici adimensionali espressi in percentuale di fondamentale importanza per la pianificazione della capacità produttiva disponibile: utilizzo degli asset, fermata, disponibilità, efficienza, qualità.

L'Utilizzo degli asset permette di misurare la percentuale di inattività degli impianti rispetto al tempo solare; misura, cioè, l'unscheduled time.

$$\text{Utilizzo degli asset} = \frac{\text{tempo disponibile lordo}}{\text{tempo solare}}$$

L'indice di Fermata misura l'entità del tempo di non funzionamento dell'impianto a causa di soste programmate per manutenzione o altri motivi; quindi misura il planned shutdown.

$$\text{Fermata} = \frac{\text{tempo disponibile netto}}{\text{tempo disponibile lordo}}$$

La disponibilità (**Availability**) è la frazione del tempo allocato in cui l'impianto è effettivamente disponibile.

$$A = \frac{UT}{UT + DT}$$

UT = Up Time, tempo effettivo di lavorazione.

DT = Down Time, somma dei tempi di set-up e di fermi dovuti a guasti.

L'efficienza (**Performance**) rappresenta la velocità con cui l'impianto sta lavorando come frazione rispetto a quella di progetto.

Per un dato periodo di tempo:

$$PE = \frac{\text{pezzi effettivi prodotti}}{\text{pezzi teorici da produrre}}$$

per un dato periodo di tempo.

Poiché la realtà dell'azienda non è quella della produzione di massa, tutti i pezzi richiesti devono essere prodotti. Quindi ho calcolato la performance in termini di tempo, per un dato numero di pezzi da produrre:

$$PE = \frac{\text{tempo teorico di produzione}}{\text{tempo effettivo di produzione}}$$

Il tasso di qualità (**Quality**) indica la percentuale di unità in specifica rispetto a tutte quelle prodotte.

$$Q = \frac{\text{numero pezzi conformi}}{\text{numero pezzi totali prodotti}}$$

Questi cinque indicatori possono essere combinati tra loro ai fini di calcolare altri quattro indicatori di particolare importanza nella gestione della produzione: Produttività, Overall Equipment Effectiveness OEE, Fattore di carico, Total Effective Equipment Performance TEEP.

La produttività è il rapporto tra output effettivo e input effettivo. In termini temporali può essere calcolata come il rapporto tra il tempo standard di output lordo e il tempo disponibile netto, ovvero come il prodotto degli indici di disponibilità e di performance.

$$\text{Produttività} = A * PE$$

L'Overall Equipment Effectiveness è stato elaborato da Seiichi Nakajima (1988), già direttore tecnico della Toyota. È la misura di efficacia totale di un impianto e indica come lo si sta utilizzando. È un indice espresso in punti percentuali che riassume in sé tre concetti molto importanti dal punto di vista della produzione manifatturiera: la disponibilità, l'efficienza ed il tasso di qualità di un impianto.

Determinare l'OEE per un dato macchinario permette di conoscerne l'efficienza per mezzo dei tre parametri sopra descritti. Questi moltiplicati tra loro danno il valore dell'OEE e, presi singolarmente, permettono di constatare quale dei tre parametri è il più carente e quindi quale dei tre è il primo da migliorare.

L'OEE è utilizzato come strumento di misurazione nel TPM (Total Productive Maintenance) e nei programmi di Lean Manufacturing, dove riesce a fornire un'importante chiave di lettura dell'efficacia delle misure adottate fornendo al tempo stesso un supporto per la misurazione dell'efficienza.

L'OEE, infatti, tiene conto delle sei grandi perdite dell'impianto che la TPM ha l'obiettivo di combattere e ridurre al minimo per raggiungere i propri obiettivi:

1	Guasti	Availability
2	Tempi di attrezzaggio e regolazioni	
3	Microfermate	Performance
4	Perdite di velocità di produzione	
5	Rilavorazioni e fermate	Quality
6	Perdita di resa all'avviamento	

Queste grandi perdite sono considerate a due a due rispettivamente all'interno di Availability A, Performance PE e Quality Q, cioè dei fattori che compongono l'OEE.

$$OEE = A * PE * Q$$

Si tenga conto che nel settore manifatturiero gli indici che compongono l'OEE vengono considerati ottimi quando assumono i seguenti valori:

$$\text{Availability} \geq 90\%$$

$$\text{Performance} \geq 95\%$$

$$\text{Quality} \geq 99\%$$

Di conseguenza, assumendo i tre valori ottimi, moltiplicandoli tra loro, se ne ricava che per l'OEE un valore ottimo in ambito manifatturiero è pari all'85%.

Alcune ricerche hanno individuato per differenti settori industriali sia i valori ottimi che i valori effettivi medi dei rispettivi OEE:

Tabella 7 - OEE ottimi e medi in diversi settori industriali, da Gestione della Produzione, De Toni, Panizzolo, Villa (2013)

Settore	OEE ottimo	OEE medio
Manifatturiero	85%	60%
Processo	90%	70%
Metallurgico	75%	55%
Cartario	95%	70%
Cementifici	80%	60%

Il Fattore di Carico di un centro di lavoro, con riferimento ad un determinato periodo, è definito come il rapporto tra la produzione effettiva conforme espressa in ore standard e le ore lorde disponibili nel periodo. Il Fattore di Carico può essere ricavato come prodotto dell'indice OEE e dell'indice di Fermata.

$$\text{Fattore di Carico} = OEE * \text{Fermata}$$

La conoscenza del Fattore di Carico prevede la misura analitica delle perdite di downtime, speed e quality losses e della perdita di tempo delle fermate programmate. Permette quindi ai responsabili della pianificazione della capacità produttiva di determinare la capacità produttiva effettiva disponibile.

Il Total Effective Equipment Performance è definito come il rapporto del Fattore di Carico per il fattore Utilizzo degli asset.

$$TEEP = \text{Total Effective Equipment Performance} * \text{Utilizzo degli asset}$$

Questo indicatore è pertanto una misura congiunta delle cinque classi di perdite di tempo.

2.7 I cinque step di Pine

Joseph Pine nel suo libro fornisce cinque step che un'azienda può seguire per passare da una Produzione di Massa, e quindi da una strategia di Leadership di Costo, ad una Customizzazione di Massa.

1. Personalizzare i servizi attorno a beni/servizi standardizzati.
2. Creare beni/servizi personalizzabili.
3. Fornire personalizzazione nel punto di distribuzione.
4. Provvedere a una risposta veloce in ogni parte della value chain.
5. Modularizzare i componenti per personalizzare i prodotti finiti/servizi finali.

Seguire l'ordine dato permette di partire dalla metodologia più facile e di fare un cambiamento graduale che trasformi la mentalità delle risorse umane, che è una delle sfide più difficili da affrontare quando si decide di intraprendere un cambiamento. Si procede infatti con tecniche sempre più pervasive e fondamentali che richiedono cambiamenti più drastici e il miglioramento dell'intera organizzazione aziendale, includendo lo sviluppo e la produzione.

Nessuno di questi metodi è mutuamente esclusivo e nella pratica sono spesso sovrapposti; molte aziende ne utilizzano una combinazione di alcuni e occasionalmente tutti.

1. Personalizzare i servizi attorno a beni/servizi standardizzati.

Beni e servizi standardizzati possono essere personalizzati prima di essere consegnati ai clienti nelle fasi di Marketing e di Distribuzione. Queste due funzioni possono cambiare il prodotto, aggiungerne caratteristiche, combinarlo con altri prodotti (anche di altre aziende) e fornire molti servizi che permettono ad ogni consumatore di ricevere l'attenzione individuale che desidera.

È tipico delle compagnie di viaggio, come per esempio la compagnia aerea low-cost Ryanair, dove il servizio di base, cioè volo con un bagaglio a mano, ha tendenzialmente un prezzo molto basso e ogni servizio aggiuntivo comporta l'incremento del prezzo. Oltre all'incremento di prezzo in base all'imbarco di ulteriori bagagli, si ha un aumento di prezzo anche per: la scelta di posti a sedere normali, posti con spazio extra per le gambe, posti nelle prime file, imbarco prioritario, tassa per ristampa carta d'imbarco, tassa di check-in, supplemento neonati, accessori per neonati/bambino, bicicletta, attrezzatura Ingombrante, attrezzatura sportiva, attrezzatura da sci, da golf, strumenti musicali, supplemento per cambio volo in bassa stagione e in alta stagione, supplemento per cambio nome, spesa amministrativa per rimborso tasse governative, costo per

prenotazione effettuata in aeroporto o tramite call center, tassa di prenotazione per ossigeno terapeutico, costo per mancata partenza.

Un esempio, invece, di prodotto fisico i cui componenti sono standardizzati, ma la cui composizione avviene direttamente nel punto vendita, sono le borse componibili O bag. O bag è la borsa realizzata in Materiale XL EXTRALIGHT®, un materiale plastico che le dona leggerezza e morbidezza, un accessorio unico e personalizzabile grazie ai componenti intercambiabili come i manici, gli interni e i bordi. Oggi esiste in diverse versioni e formati ed ha allargato il proprio brand anche su orologi, bracciali, occhiali, calzature e oggetti di design per la casa. Il punto di forza resta comunque la possibilità fornita al cliente di personalizzare il proprio acquisto scegliendo tra una gamma molto vasta di componenti, prodotti però in modo standardizzato.

2. Creare beni/servizi personalizzabili.

In questo caso, in fase di progettazione, vengono ideati prodotti e servizi che sono essenzialmente prodotti in modo massivo, ma che sono personalizzabili da ogni cliente. Le attività primarie della catena del valore coinvolte sono la Progettazione e il Marketing.

Il caso del rasoio Sensor di Gillette, introdotto nel mercato nel 1991, rientra in questa categoria. Esso infatti, come diceva la sua pubblicità, “automatically adjust to the contours of your face”. Gillette aveva, cioè, creato un prodotto che automaticamente si personalizzava. È uno di quei prodotti che sono standardizzati e prodotti in maniera massiva, ma che per la loro vera natura sono personalizzati in base al singolo utilizzatore.

3. Fornire personalizzazione nel punto di distribuzione.

C'è un unico modo per conoscere esattamente quello che vuole il consumatore: essere nel punto vendita per farselo dire o tirarglielo fuori e c'è un unico modo per fornirgli istantaneamente esattamente quello che vuole: produrlo proprio nel punto vendita.

Ad esempio, il Levi's Personal Pair Jeans Program è stato introdotto in America in alcuni Original Levi's Stores, per la produzione di jeans su misura. Vengono prese al cliente quattro misure, vita, fianchi, cavallo e altezza. Le misure sono inserite in un computer e viene realizzato immediatamente un prototipo di prova: una volta verificata la soddisfazione del cliente, l'ordine viene trasmesso alla fabbrica della Levi's e, dopo due settimane il cliente trova il suo paio di jeans presso il Levi's Store.

Un altro esempio è costituito da Paris Miki, una catena giapponese di negozi di ottica che, partendo da una foto digitale del viso del cliente produce, grazie ad un sistema esperto, un paio di occhiali su misura sulla base della conformazione facciale, del colore della pelle e degli occhi, nonché del gusto del cliente, che partecipa alla fase di progettazione. Quando il cliente conferma la sua scelta l'ordine viene trasmesso alla linea di produzione.

In alcuni negozi di abbigliamento italiani è possibile ottenere un abito su misura Corneliani. Il cliente prova tre prototipi di abito, da queste prove viene ricavata una scheda tecnica concernente taglia, altezza e larghezza, il cliente sceglie, quindi, tra 150 tipi di tessuto e 250 disegni. I dati vengono inviati alla Corneliani di Mantova e l'abito su misura è disponibile dopo tre settimane.

Una delle aziende pioniere della Mass Customization è stata, in Giappone, la National Bicycle Manufacturing Company, divisione della Matsushita, che da qualche anno produce con il marchio Panasonic, biciclette sportive su misura. L'azienda si serve del Panasonic Ordering System, un sistema che comprende, tra l'altro, un attrezzo simile a una bicicletta sul quale viene fatto sedere il cliente in modo da prendere, accuratamente, le misure di braccia e gambe. L'ordine è trasmesso elettronicamente alla fabbrica e la bicicletta è pronta in due settimane.

Mentre Andersen, maggior produttore mondiale di finestre, in molti dei suoi negozi negli Stati Uniti permette al cliente di produrre una finestra su misura utilizzando un computer e scegliendo tra quindici stili e 6.000 forme e dimensioni. Il computer trasmette alla fabbrica le specifiche richieste e comunica al cliente il prezzo.

4. Provvedere a una risposta veloce in ogni parte della value chain.

Fornire una risposta veloce, quasi istantanea, alle esigenze del cliente è uno dei modi migliori per spingere l'intera organizzazione verso la Mass Customization. Affidando alla funzione distribuzione il compito di incontrare rapidamente le richieste dei consumatori si dà il via ad una reazione a catena che parte dal punto di distribuzione e torna indietro attraverso il marketing e le vendite, la produzione e infine lo sviluppo dei processi.

La chiave assoluta de successo con questo metodo è l'integrazione elettronica e del personale della value chain attraverso passaggi di informazioni istantanei, database comuni, team multifunzionale.

Attraverso più aziende o attraverso più funzioni della stessa azienda, ogni link nella catena del valore deve conoscere non solo cosa desidera chi è nella fase

successiva, ma qual è la vera domanda, i reali desideri e bisogni del vero consumatore, che si trova in fondo alla catena del valore.

Come visto in precedenza, Amazon è l'esempio più lampante di risposta rapida al cliente con una varietà infinita di prodotti. Dopo alcuni esperimenti senza particolare seguito, Amazon è stata la prima vera azienda a consolidarsi come libreria online. Intorno alla metà degli anni '90 Jeff Bezos, un imprenditore avente tutt'altra formazione e con nessuna esperienza nel settore (laureato in ingegneria elettronica e poi impiegato nel settore finanziario), decise di provare ad applicare al settore librario le allora emergenti tecnologie di commercio elettronico via Web. Alcune intuizioni imprenditoriali di Bezos costituiscono tuttora i punti di forza di Amazon. Dal punto di vista del cliente, la novità più considerevole rispetto alla libreria tradizionale fu la possibilità di acquistare a qualsiasi ora e da qualsiasi posto, con una varietà di scelta enorme, e con un'estrema facilità di reperimento del libro di interesse grazie a un efficiente motore di ricerca. (Ettore Bolisani, *Appunti di Gestione dell'Innovazione e dei Progetti*).

Amazon, portando avanti le intuizioni geniali di Jeff Bezos, ha fatto sì che i tempi di consegna si accorciassero sempre di più. Basti leggere il listino di Amazon Prime: a fronte di un premium price via via crescente, si hanno servizi di consegna in un giorno, spedizione "Mattino" e spedizione "Consegna Oggi".

Inoltre, i tempi di acquisto vengono drasticamente accorciati grazie alla funzione "One click", brevettata e utilizzata da Amazon per acquistare automaticamente il prodotto su cui si clicca.

Un servizio di questo tipo ha comportato un enorme cambiamento nelle esigenze del cliente: il time to market si è drasticamente accorciato e è diventato uno dei parametri su cui il consumatore basa la sua scelta di acquisto.

La riduzione del tempo di percorrenza della catena del valore va di pari passo con la frammentazione del mercato, la proliferazione della varietà e della personalizzazione. Si tratta di Time-Based Competition, che è l'acquisizione di un vantaggio competitivo attraverso una riduzione dei tempi di consegna al cliente o comunque attraverso una reattività più veloce a stimoli esterni rispetto alla concorrenza. Il Quick response è un esempio di questo genere. Letteralmente: risposta veloce (al mercato), è una tecnica di risposta rapida alla domanda del mercato attraverso la raccolta continua di dati dal mercato, una ripianificazione veloce e processi di produzione / distribuzione molto veloci. La tecnica del Quick Response nasce a metà anni '80 nell'industria dell'abbigliamento USA, a seguito di un approccio molto pragmatico: se non sappiamo "creare la moda" come fanno gli stilisti italiani e francesi possiamo però osservare le tendenze dalle sfilate ed

essere più veloci di loro nel realizzare i capi e ad arrivare sul mercato. Si trattava allora di un modello teorico di competizione per "imitazione veloce", che si stimò poteva funzionare a patto di realizzare tutto il ciclo (disegno, produzione, distribuzione) in 1.000 ore. A metà anni '90 alcune aziende americane (GAP, The Limited, ecc.) riuscirono effettivamente a sviluppare questo modello di competizione, raggiungendo le 500 ore di ciclo. L'evoluzione successiva, nel giro di pochi anni, ha portato alcune aziende (Inditex-Zara, H&M, ecc.) a tempi di risposta al mercato di circa una settimana (170 ore). Queste aziende usano però un business model non più di imitazione dei grandi stilisti bensì di "adattamento veloce e continuo alla domanda del cliente": vengono fatte 12-20 collezioni/anno in modo da garantire pochi saldi ed attirare sempre potenziali compratori in negozio (e quindi avere un elevato venduto per metro quadro, riducendo l'incidenza degli affitti sulle spese di vendita). Ogni notte, da ogni punto di vendita, viene rilevato il venduto ed elaborato un nuovo programma di produzione; la produzione e le logistica sono così veloci che un capo venduto è di nuovo sullo scaffale del negozio in una settimana.

5. Modularizzare i componenti per personalizzare i prodotti finiti/servizi finali.

Il metodo migliore per ottenere la Mass Customization, minimizzando i costi e massimizzando la personalizzazione, è creare componenti modulari e intercambiabili che possono essere configurati in un'enorme varietà di prodotti finiti e servizi. Le Economie di Scala vengono ottenute attraverso i componenti e non attraverso i prodotti; mentre la personalizzazione si ottiene dalla miriade di combinazioni di prodotto possibili.

Un esempio di prodotti di questo tipo sono gli smartphone modulari, elaborati per la prima volta nel 2013 da un designer olandese, Dave Hakkens, sotto le ali protettive del progetto Phoneblocks.

Le radici della modularità degli accessori portatili risale a qualche anno prima, precisamente all'epoca dei palmari portatili: quando il touchscreen era ancora ritenuto un'esclusiva delle stylus-pen, la società americana Handspring mise in commercio una serie di palmari compatibili con un sistema di cartucce. A metà strada tra applicazioni antesignane e moduli per l'espansione delle funzionalità del device, le Springboard Expansion Slot permettevano di installare nuovi giochi o software interni così come di aggiungere il supporto alle reti Bluetooth e wireless, registratori vocali o lettori MP3.

Dagli anni '90 la storia degli smartphone modulari compie un balzo sino al 2011, anno in cui la società israeliana Modu presenta uno smartphone modulare: le

vendite non sono entusiasmanti e l'azienda chiude i battenti, ma Google percepisce le potenzialità del progetto e ne acquista i brevetti per 5 milioni di dollari. Uno smartphone modulare permette di ottimizzare i costi, abbattere i consumi ed azzerare la produzione di nuovi modelli di device, concentrandosi piuttosto sulla componentistica – e sono proprio i motivi per cui non vedremo arrivare tanto presto gli smartphone modulari sul mercato Android. Schermo, processore, fotocamera: quando questi diventano troppo vecchi, usurati o persino si rompono, usualmente si rende necessaria la sostituzione con un modello più recente o tutt'al più si deve ricorrere all'assistenza tecnica del produttore o di negozi collegati. Uno smartphone modulare permette invece di staccare l'elemento da cambiare dal corpo del device e di sostituirlo con uno nuovo senza eliminare l'intero corpo macchina. Come una struttura LEGO, un device modulare possiede componenti che si staccano e che si attaccano rapidamente e facilmente, perlomeno nelle intenzioni di Google che intendeva fornire un device il più possibile user-friendly.

Google smantella definitivamente il Project Ara nel tardo 2016, annunciando la chiusura degli sviluppi sul progetto. Gli esempi di smartphone modulari sono stati comunque molti.

Nonostante tanto disfattismo da parte di Google, molte società di primo e secondo piano non si sono rassegnate all'idea di lasciare i progetti di modularità lanciati nel corso degli anni.

Se infatti la popolazione Android non è forse pronta ad un cambiamento tanto radicale quale uno smartphone interamente modulare, l'introduzione progressiva di modelli dotati di aspetti parzialmente aderenti al concept originale può costituire la strada vincente.

2.8 Le leve operative per la Mass Customization

Per rispondere all'incremento della complessità in termini di costi, tempi e qualità dovuto all'aumento della personalizzazione e quindi della varietà, esistono sette leve operative che permettono alle aziende di abbracciare la Mass Customization.

Queste leve operative (best practice) possono essere implementate seguendo un approccio a posteriori o bottom-up, per migliorare le capacità di Mass Customization di un'azienda relativamente a prodotti o famiglie di prodotti esistenti; o secondo un approccio a priori o top-down, per sviluppare nuovi prodotti o nuove famiglie di prodotti che per le loro caratteristiche progettuali si prestino ad essere “mass customized”.

Alcune di queste best practice sono “product-based”, nel senso che si basano essenzialmente sulla progettazione o riprogettazione del prodotto. Altre sono “process-based”, nel senso che si basano essenzialmente sulla progettazione o riprogettazione del processo produttivo e distributivo o di quello di sviluppo nuovo prodotto. Altre, infine, si basano sia sulla progettazione o riprogettazione del prodotto che su quella dei processi.

Le leve operative per la Mass Customization sono:

1. Group technology
2. Miglioramento del riattrezzaggio
3. Configurazione di prodotto supportata da software
4. Standardizzazione dei componenti
5. Sviluppo di un nuovo prodotto basato su piattaforme
6. Modularità di prodotto
7. Concurrent engineering tridimensionale

1. Group technology

La personalizzazione ha un impatto negativo sulle prestazioni di costo, tempo e qualità, dal momento che costringe l'azienda a gestire una maggior varietà. Di conseguenza, per raggiungere capacità di Mass Customization, un'impresa deve ridurre la varietà gestita al proprio interno senza penalizzare la varietà offerta sul mercato. Un aiuto in questa direzione viene dalla Group Technology.

La Group Technology è una filosofia generale che promuove il sistematico riconoscimento e sfruttamento delle similarità.

I principi della Group Technology possono essere applicati in qualsiasi area funzionale dell'azienda, comprese le vendite, gli acquisti o il controllo di gestione. Finora, tuttavia, le principali aree di applicazione della Group Technology sono state la progettazione di prodotto e di processo da un lato e la produzione dall'altro.

Applicare la Group Technology in progettazione significa ricercare sistematicamente, ogni qual volta si pensa di progettare un nuovo pezzo o ciclo di produzione, un progetto esistente di un pezzo già fatto in passato o di un ciclo di produzione già utilizzato in passato che possa essere usato come base per, o addirittura al posto di, un nuovo pezzo o un nuovo ciclo. Questo è reso possibile dai sistemi di classificazione e codifica, che organizzano entità simili in gruppi (classificazione) ed assegnano a queste entità un codice simbolico (codifica) per facilitare il recupero delle informazioni.

Questo si traduce in una riduzione del tempo necessario a creare un nuovo pezzo o ciclo di produzione. D'altro canto, il rischio di applicare la Group Technology in progettazione al fine di evitare un'inutile proliferazione di parti e cicli è quello di ostacolare anche la vitale innovazione di processo e prodotto.

Applicare la Group Technology in produzione significa raggruppare parti che hanno requisiti di lavorazioni simili in famiglie che vengono prodotte separatamente in sottosistemi produttivi chiamati celle.

Una cella di produzione è un insieme di macchine o processi diversi che sono collocati uno vicino all'altro e sono dedicati alla fabbricazione della famiglia di parti. Le celle di produzione sono ibridi che coniugano le caratteristiche più attraenti delle linee di produzione da un lato e dei job-shop dall'altro, cioè efficienza e flessibilità.

Come risultato di tutto ciò, nella maggior parte dei casi i tempi di attraversamento, e quindi le scorte di work-in-progress, diminuiscono. Va detto, tuttavia, che in particolari condizioni questa riduzione nei tempi di set-up, di movimentazione e di lavorazione può essere annullata da un aumento dei tempi di coda. D'altro canto, gli svantaggi della produzione a celle possono includere la duplicazione dei macchinari, che influisce negativamente sul tasso di utilizzo dei macchinari stessi, la necessità di nuovi utensili, i costi di addestramento.

2. Miglioramento del riattrezzaggio

Le operazioni di riattrezzaggio o set-up sono attività non produttive che devono essere eseguite per cambiare il tipo di output di un centro di lavoro. Il riattrezzaggio è una conseguenza inevitabile della varietà di prodotto. Le operazioni di riattrezzaggio consumano risorse ma non aggiungono valore ai prodotti, riducendo così l'efficienza.

Il miglioramento del riattrezzaggio è una delle strade principali che un'azienda può percorrere per aumentare l'efficienza quando offre una grande varietà di prodotti a catalogo o personalizzati fatti in piccoli lotti.

Secondo il metodo tradizionale l'unico modo per ridurre il tempo totale speso per il set-up in un certo arco di tempo è quello di ridurre il numero dei set-up nell'arco di tempo in questione. Questo risultato è ottenuto aumentando la dimensione del lotto di produzione. Per controbilanciare il conseguente aumento nei livelli delle scorte, la dimensione del lotto è fissata in corrispondenza di un valore che minimizza la somma dei costi di mantenimento delle scorte, che aumentano con la dimensione del lotto, e dei costi di set-up, che diminuiscono con la dimensione del lotto, riferiti ad un certo arco temporale.

Il metodo innovativo si focalizza sulla riduzione del tempo necessario per ogni singolo riattrezzaggio. Questa riduzione è ottenuta attraverso cambiamenti organizzativi e la riprogettazione del prodotto e del processo. I cambiamenti organizzativi includono la modifica delle procedure di riattrezzaggio cosicché la maggior parte del lavoro di set-up possa essere svolto mentre la macchina continua a produrre (set-up esterno). Ovviamente, a parità di numero di set-up, se si riduce il tempo richiesto per il singolo set-up si rende disponibile più tempo per le attività produttive. Tuttavia, la riduzione del tempo necessario per ogni set-up offre anche l'opportunità di aumentare il numero dei set-up a parità di volume di produzione, cioè di ridurre la dimensione media dei lotti di produzione. Tale riduzione porta, a sua volta, ad una riduzione dei livelli di scorta e ad un accorciamento dei tempi di consegna.

3. Configurazione di prodotto supportata da software

La configurazione del prodotto implica la generazione di una descrizione valida, completa e coerente, comprendente termini di consegna e prezzo, della variante di prodotto che il cliente è disposto a comprare e che l'azienda concorda di fornire (configurazione commerciale) e, successivamente, la traduzione di tale descrizione nelle istruzioni operative necessarie a costruire quella variante del prodotto (configurazione tecnica).

La configurazione di prodotto richiede lo scambio di informazioni fra clienti, personale di vendita e personale tecnico. All'aumentare della varietà di prodotto aumenta anche il volume di informazioni da scambiare nel processo di configurazione. Il personale di vendita richiede sempre più il supporto dell'ufficio tecnico nel processo di acquisizione dell'ordine e questo porta a ritardi nell'acquisizione dell'ordine. Inoltre, quando la pressione sui tempi spinge il personale di vendita a rinunciare al supporto dell'ufficio tecnico, gli errori di configurazione diventano più probabili.

Ci sono tre alternative di base di processi di configurazione supportati da software, a seconda del livello di automazione del processo. Le alternative vanno da Processi ad Automazione Debole, in cui il software

(denominato configuratore di prodotto) supporta ma non sostituisce completamente l'operatore umano nelle attività di configurazione, a Processi ad Automazione Totale, in cui il configuratore di prodotto effettua tutte le attività di configurazione senza alcun intervento del personale dell'azienda, passando per Processi ad Automazione Forte, in cui una delle due fasi della configurazione

(quella commerciale o quella tecnica) è completamente automatizzato, mentre l'altra è soltanto supportata dal configuratore di prodotto.

L'implementazione di un processo di configurazione supportato da software accelera l'acquisizione dell'ordine, eliminando ogni necessità per il personale di vendita di ricontattare i clienti a causa di errori di configurazione, minimizzando l'esigenza di supporto da parte dell'ufficio tecnico al personale di vendita e riducendo il tempo speso dal personale di vendita per formalizzare le specifiche di prodotto. Di conseguenza, parte del personale di vendita può concentrarsi su compiti a maggiore valore aggiunto. Allo stesso tempo, la produttività dell'ufficio tecnico aumenta. La virtuale eliminazione degli errori di configurazione aumenta l'efficienza e la rapidità di risposta della produzione. D'altro canto, l'introduzione di un configuratore di prodotto può richiedere dolorosi cambiamenti nel modo in cui sono organizzate le attività di acquisizione ed evasione dell'ordine.

4. Standardizzazione dei componenti

Standardizzazione di un componente significa aumentare il livello di comunanza di quel componente all'interno della gamma di prodotti dell'azienda, cioè aumentare il numero di occorrenze di quel componente nelle distinte base di tutti gli articoli finiti prodotti dall'azienda.

La parte che è standardizzata può essere un componente acquistato o prodotto internamente, ma anche una materia prima.

La standardizzazione di un componente può essere fatta all'interno di un singolo prodotto finito così come fra molteplici prodotti finiti differenti. Nel primo caso ciò che aumenta è il numero di volte che una certa parte è usata all'interno di un prodotto, mentre nel secondo caso ciò che aumenta è il numero di distinte base di prodotti finiti differenti che includono una certa parte. Infine, la standardizzazione dei componenti può essere effettuata a posteriori così come a priori. Nel primo caso il livello di comunanza di una certa parte aumenta all'interno di uno o più prodotti finiti attualmente in produzione, il che significa che la standardizzazione del componente è il risultato di una riprogettazione della gamma di prodotti esistente. Nel secondo caso, invece, il livello di comunanza di una certa parte aumenta quando si aggiunge un nuovo prodotto all'offerta dell'azienda. In altri termini, la standardizzazione del componente è il risultato di includere una parte, attualmente usata per i prodotti esistenti, in un nuovo prodotto, invece di sviluppare una nuova parte specifica per il nuovo prodotto.

Una parte standardizzata è acquistata o prodotta in volumi più elevati, quindi consente maggiori economie di scala e di apprendimento. Tuttavia, ci sono alcune

circostanze in cui la standardizzazione porta a costi unitari più alti. Ciò accade quando il componente che viene standardizzato deve essere progettato in modo da fornire prestazioni adeguate quando è utilizzato nel prodotto “più esigente” e il componente risulta sovradimensionato rispetto alle applicazioni di prodotto “meno esigenti”. Le parti standardizzate generalmente sono caratterizzate da una qualità superiore rispetto alle parti che sono utilizzate in un solo prodotto finito. D’altro canto la standardizzazione può agire da forza inerziale che trattiene le aziende dall’adottare una tecnologia migliore. Un altro possibile svantaggio della standardizzazione dei componenti è la perdita di differenziazione del prodotto percepita dai clienti.

5. Sviluppo di un nuovo prodotto basato su piattaforme

Tradizionalmente le aziende progettano i nuovi prodotti uno alla volta. Il risultato finale di questo concentrarsi sul singolo prodotto è la mancanza di comunanze fra prodotti differenti. Al contrario:

Lo sviluppo di un nuovo prodotto basato su piattaforme si fonda sull’idea di sviluppare simultaneamente un’intera famiglia di prodotti che si rivolgono ad un insieme di bisogni di mercato collegati ed hanno la possibilità di condividere componenti, interfacce fra componenti e processi produttivi.

Di conseguenza, anziché avere più team di sviluppo ognuno al lavoro su un singolo prodotto, si crea un unico team addetto allo sviluppo di una piattaforma comune da cui si possano efficientemente ed efficacemente derivare molteplici prodotti nel corso del tempo. Per piattaforma di prodotto, quindi, intendiamo quei valori delle variabili di progettazione, intese come componenti, interfacce fra i componenti e processi produttivi, che sono comuni a tutti i prodotti derivati generati nel corso del tempo a partire dalla piattaforma. Sviluppare una piattaforma di prodotto, quindi, richiede di specificare un insieme di bisogni di mercato collegati: quali prodotti derivati saranno introdotti sul mercato, in quali momenti e per quale target di clienti, così come il modo in cui questi prodotti saranno differenziati l’uno dall’altro.

Una volta che si sono investiti tempo e denaro nello sviluppo della piattaforma, il Time To Market e i costi di progettazione si riducono per i successivi prodotti derivati. Ne consegue che lo sviluppo di un nuovo prodotto basato su piattaforme richiede sistemi di incentivi che premiano i progettisti sulla base di indicatori di prestazione definiti per la famiglia di prodotto nel suo complesso, non per i singoli prodotti. Ogni miglioramento apportato alla piattaforma si estende a tutti i suoi prodotti derivati. Infine, poiché la piattaforma è comune a molti prodotti, lo

sviluppo di un nuovo prodotto basato su piattaforme porta con sé i benefici ed i costi della standardizzazione dei componenti. D'altro canto, i costi unitari possono aumentare quando si rende necessario sovradimensionare il componente per i prodotti derivati di livello più basso onde permettere la condivisione di tale componente con i prodotti derivati di livello più alto.

6. Modularità di prodotto

In generale, un prodotto è progettato per svolgere un certo numero di funzioni. Quando il prodotto è un pezzo unico, tutte le sue funzioni sono svolte dallo stesso componente. Al contrario, la modularità di prodotto richiede che ogni funzione sia svolta da un componente distinto e dedicato, il che significa che esiste una corrispondenza biunivoca tra le funzioni del prodotto ed i componenti del prodotto. Inoltre, la modularità di prodotto richiede che le interfacce fra componenti che interagiscono siano disaccoppiate, il che significa che è possibile apportare cambiamenti ad un qualsiasi componente del prodotto senza dovere modificare quelli con cui interagisce.

Di conseguenza, quando clienti differenti hanno esigenze differenti relativamente a se, o a come il prodotto svolge una certa funzione, un solo componente, cioè quello che svolge la funzione in questione, deve essere realizzato in varianti differenti.

La modularità di prodotto consente di generare molte varianti di prodotto combinando un insieme relativamente piccolo di blocchi costruttivi, i moduli. Poiché ogni blocco costruttivo è comune a molte varianti del prodotto, la modularità di prodotto porta con sé i benefici ed i costi della standardizzazione dei componenti. Inoltre, la modularità del prodotto permette di fare "Form Postponement, con tutti i relativi benefici e costi. Un altro vantaggio della modularità di prodotto è la facilità con cui si possono effettuare cambiamenti del prodotto. I prodotti modulari, infatti, permettono di cambiare ogni funzione del prodotto cambiando solamente il componente corrispondente. D'altro canto, la modularità di prodotto tende ad influenzare negativamente quelle prestazioni di prodotto che sono legate alle dimensioni, alla forma, al peso ed ai materiali del prodotto. La modularità di prodotto, infatti, impedisce di seguire strategie di progettazione tipicamente impiegate per minimizzare il peso o le dimensioni del prodotto, quali la condivisione delle funzioni e l'annidamento, cioè incastrare e disporre i componenti in modo tale che occupino il minimo volume possibile. Infine, la modularità di prodotto rende più facile per i concorrenti il reverse engineering, che è l'analisi dettagliata del funzionamento, la progettazione e lo

sviluppo di un oggetto al fine di produrre un nuovo dispositivo o programma che abbia un funzionamento analogo.

Si noti che quando le esigenze dei clienti relativamente ad un certo numero di funzioni del prodotto variano assieme, la modularità di prodotto è compatibile con la mappatura di tutte queste funzioni in un singolo componente, a patto che le interfacce fra componenti che interagiscono siano disaccoppiate. In altri termini, la modularità permette di soddisfare bisogni diversi, relativamente ad una singola funzionalità del prodotto, utilizzando la minima varietà di singoli componenti. Lo stesso componente quindi è utile per più applicazioni.

7. Concurrent Engineering Tridimensionale

Concurrent engineering tridimensionale significa coordinare la progettazione del prodotto con la progettazione del processo produttivo e la progettazione della catena di fornitura.

La progettazione del prodotto include decisioni di progettazione preliminare e decisioni di progettazione di dettaglio.

La progettazione del processo produttivo include decisioni sul sistema produttivo e decisioni di progettazione di dettaglio.

La progettazione della catena di fornitura include decisioni di architettura e decisioni logistiche e di coordinamento.

Le decisioni di progettazione del prodotto, di progettazione del processo produttivo e di progettazione della catena di fornitura sono interdipendenti, e queste interdipendenze sono più strette quando un'azienda offre varietà e personalizzazione di prodotto. Non riuscire a riconoscere e gestire queste interdipendenze può portare a costose e lunghe ri-progettazioni, così come a profitti inferiori alle attese o addirittura negativi. Ciò che può essere progettato, infatti, può non prestarsi ad essere “realizzato” in maniera efficiente. Analogamente, ciò che può essere progettato può non prestarsi ad essere “esternalizzato” in maniera efficiente. Infine, un sistema produttivo che può essere progettato può non prestarsi ad essere “alimentato” in maniera efficiente. Evidentemente, poiché il Concurrent Engineering Tridimensionale richiede il contributo di diverse competenze e aree funzionali, la sua fattibilità dipende dall'interazione e dalla collaborazione fra diverse persone ed aree dell'azienda.

Capitolo 3 - Nuove tecnologie per gestire i sistemi di Mass Customization

Nel suo libro del 1992, Joseph Pine afferma che le nuove tecnologie giocano un ruolo importante nelle aziende in cui si fa Mass Customization. Con l'aiuto di una nuova tecnologia, infatti, si ottengono velocità e specificità, necessarie per produrre beni, che sono fabbricati individualmente ed economicamente.

La strategia presuppone, quindi, che le imprese produttrici siano dotate di una notevole flessibilità nelle fasi di produzione e assemblaggio e interagiscano con i clienti, i quali comunicano le loro specifiche esigenze ovvero scelgono la configurazione di prodotto desiderata tra le numerose alternative possibili.

Nelle industrie manifatturiere, macchine a controllo numerico, controllo numerico diretto e robot industriali hanno incrementato la flessibilità controllando la produzione dei pezzi attraverso la programmazione dei software. I Flexible Manufacturing Systems FMS estendono questo aspetto a tutti i membri di una famiglia di pezzi che devono essere prodotti volutamente o a random. CAD (Computer-Aided Design) e CAM (Computer-Aided Manufacturing) permettono di sviluppare più velocemente nuovi design o modifiche a design già esistenti con richieste di produzione generate automaticamente da specifiche di progettazione. Infatti il problema legato all'incremento della flessibilità è il conseguente aumento della complessità e quindi dei costi ad essa correlati, ma al centro della Mass Customization c'è, per definizione, un incredibile aumento della varietà e della personalizzazione senza un corrispondente innalzamento dei costi. Questa è la sfida che si deve affrontare quando si decide di intraprendere una produzione di Mass Customization e, insieme alle metodologie gestionali descritte nel capitolo precedente, con le tecnologie adeguate, si può raggiungere questo obiettivo apparentemente utopico.

Queste tecnologie manifatturiere, infatti, devono essere in grado di produrre simultaneamente economie di scala e di scopo: i costi unitari scendono al crescere del numero di pezzi prodotti perché incrementa il volume delle intere operations.

Aumenti di velocità, capacità, efficacia, efficienza e utilizzo delle tecnologie informative e delle telecomunicazioni abbassano costantemente i costi di incremento della differenziazione sia nelle aziende di servizi sia nelle industrie manifatturiere.

Per questo motivo, oggi l'adozione di tale strategia, oltre ai sistemi di Computer-Aided Manufacturing, divenuti ormai una tecnologia dominante, fa ampio ricorso

a tecnologie di informazione e comunicazione basate sul web, che permettono di ridurre il tempo intercorrente tra manifestazione delle esigenze dei clienti e disponibilità del bene da essi richiesto. Unendo nuove scoperte tecnologiche e sistemi informativi avanzati, si assiste a quella che viene definita la Quarta Rivoluzione Industriale o Industry 4.0.

3.1 Industria 4.0

Il tema della fabbrica automatica è ormai una realtà ben compresa dagli operatori del settore. La digitalizzazione dei processi gestionali e la loro integrazione, comprende tutti i partner appartenenti alla catena del valore. Ma non è tutto, la formazione e la considerazione sugli investimenti deliberati sono d'obbligo.

La Prima Rivoluzione Industriale ha utilizzato la forza del vapore per meccanizzare il lavoro manuale; la Seconda Rivoluzione ha utilizzato l'elettricità per sviluppare la produzione di massa; la Terza ha impiegato l'elettronica e le tecnologie informatiche per automatizzare la produzione; la Quarta Rivoluzione o Industria 4.0 prospetta la trasformazione digitale del sistema industriale, grazie a una combinazione di tecnologie che permettono di creare fabbriche caratterizzate da macchine e oggetti capaci di dialogare tra loro e con gli operatori che all'interno di queste fabbriche lavorano.

Le tecnologie abilitanti che possono essere individuate e che sono state evidenziate da Klaus Schwab nel libro "The Fourth Industrial Revolution", 2016, World Economic Forum sono:

- Advanced Manufacturing Solution: utilizzo di robot collaborativi ed interconnessi, rapidamente programmabili;
- Additive Manufacturing: stampanti 3D connesse a software di sviluppo digitali;
- Augmented reality: realtà aumentata a supporto dei processi produttivi;
- Simulation: simulazione tra macchine interconnesse per ottimizzare i processi;
- Horizontal/Vertical Integration: integrazione delle informazioni lungo la value supply chain, dal fornitore al consumatore;
- Industrial Internet: comunicazione multidirezionale con feedback tra processi produttivi e prodotti;
- Cloud: gestione di elevate quantità di dati su sistemi aperti che garantiscano l'integrità e la sicurezza delle informazioni;
- Cyber-security: garanzia di sicurezza durante le operazioni in rete e sui sistemi aperti;
- Big Data and Analytics: analisi di un'ampia base dati per ottimizzare prodotti e processi produttivi.

Alcuni di questi elementi rendono possibili cambiamenti nelle logiche e nei metodi di produzione fino a qualche anno fa inimmaginabili. Altri consentono, da un lato di governare le fabbriche attraverso un'intelligenza distribuita e, dall'altro di dare origine a paradigmi basati sulla reale collaborazione uomo-sistema automatico.

Tramite gli strumenti sopra descritti è possibile raggiungere risultati quali: maggiore flessibilità attraverso la produzione di piccoli lotti ai costi della grande scala; maggiore velocità dal prototipo alla produzione in serie attraverso tecnologie innovative; maggiore produttività attraverso minori tempi di set-up, riduzione degli errori e tempi di fermi macchina; migliore qualità e minori scarti mediante sensori che monitorano la produzione in tempo reale; maggiore competitività del prodotto grazie a maggiori funzionalità derivanti dall'Internet of Things.

La flessibilità produttiva viene garantita tramite l'utilizzo di robot collaborativi, facilmente programmabili da parte degli operatori. I macchinari utilizzati nelle aziende a partire dagli anni '70 garantivano sicuramente una maggiore velocità nella realizzazione dei prodotti rispetto alle operazioni manuali ma essendo pensati per produzioni ripetitive non sempre garantivano una facilità di programmazione e per molte operazioni veniva richiesto l'intervento massivo degli operatori. Ora con questa nuova generazione di robot collaborativi, l'operatore singolo sarà in grado di programmare facilmente il robot rendendo la produzione contemporaneamente flessibile e veloce.

Le tecnologie innovative garantiscono maggior efficienza ed efficacia nella realizzazione di prototipi già industrializzabili poiché vanno a tenere conto delle caratteristiche dei macchinari che possono garantire test e simulazioni in tempo reale per la successiva produzione in serie.

La produttività è un problema gravoso per l'economia europea e particolarmente per quella italiana. Il reparto manifatturiero americano ha registrato tra il 2000 e il 2014 un aumento della produttività annua del 3,2% mentre l'Europa è cresciuta più lentamente (2,1% l'anno). Ancora peggiore è stata la performance italiana con un aumento della produttività pari a 0,25% l'anno.

La presenza di strumenti cyber fisici e di sensori in grado di inviare feedback realtime circa la situazione puntuale degli impianti permette la riduzione di fermi macchina per guasti e di non conformità sui prodotti. Gli interventi di manutenzione possono quindi essere programmati prestando attenzione al feedback che il macchinario fornisce agli operatori garantendo anche interventi in remoto per la soluzione di problemi.

3.1.1 Advanced Manufacturing Solutions

Le Smart Factory prevedono l'utilizzo di robot collaborativi che siano facilmente programmabili e riescano a svolgere in autonomia un numero considerevole di attività, riuscendo quindi a garantire migliore produttività e minori errori. Questo è il concetto base che viene racchiuso dal termine Advanced Manufacturing Solutions (AMS) così come descritto dall'Institute of Electrical and Electronic Engineers IEEE. L'utilizzo di robot collaborativi prevede l'implementazione di un sistema di produzione smart nel quale siano standardizzate le attività, mentre la gestione delle eccezioni viene demandata all'intervento umano tramite la riprogrammazione dei robot da un punto di vista software o il proprio intervento manuale. Le soluzioni di produzione avanzate vanno a creare all'interno degli stabilimenti produttivi delle cosiddette isole robotizzate. Gli usi più comuni che si possono riscontrare per l'uso di isole robotizzate sono stazioni di assemblaggio, sistemi di fine linea per imballaggio oppure in alcuni casi la componente robotica può essere più invasiva andando ad automatizzare intere fasi produttive.

Il vantaggio di questa tipologia di produzione è la possibilità di lavorare 24 ore al giorno, 7 giorni alla settimana senza andare a gravare sui bilanci delle aziende per quel che concerne il costo del personale. Di contro, l'alta presenza di sistemi robotici richiede uno sforzo in fase di implementazione molto importante e necessita di costante manutenzione e controllo dei parametri produttivi per garantire un vantaggio competitivo rispetto ai sistemi produttivi tradizionali. Dal punto di vista della salute e della sicurezza dei lavoratori, l'utilizzo di isole robotizzate può garantire un vantaggio per la riduzione dei rischi degli operai che non sono più costretti ad eseguire operazioni manuali pesanti ma dall'altro lato della medaglia, come emerso da un'indagine Inail sul lavoro nell'era 4.0, la presenza di molti robot può causare ai lavoratori uno stato di stress maggiore dovuto al vedere a rischio la propria posizione lavorativa.

3.1.2 Additive Manufacturing

Additive manufacturing è il processo che permette di creare oggetti e componenti grazie all'utilizzo di stampanti 3D o altri sistemi di creazione o distorsione dei materiali. Questa visione della produzione potrebbe avere effetti straordinari sul mondo delle industrie: attualmente i business sono concentrati sull'asportazione di materiale dal pieno o sulla trasformazione della materia, con la manifattura additiva si può arrivare ad una produzione di modelli realizzati tramite stampa strato dopo strato.

L'input di questo nuovo processo è la realizzazione del modello 3D virtuale dell'oggetto tramite strumenti CAD. La seconda fase è un processo semiautomatico di traduzione del modello software in un formato compatibile con le stampanti industriali che consenta la stampa a strati dell'oggetto. Il vantaggio peculiare delle stampanti 3D è quello di riuscire a realizzare oggetti o componenti in un unico processo rispetto ai processi tradizionali che prevedono processi di assemblaggio di diversi componenti singoli.

Secondo un articolo de Il Sole 24 ore, il settore delle stampanti 3D dal 2015 è in forte crescita, aiutato dal termine di periodo di protezione dei primi brevetti degli anni '80 sulle tecnologie di stampa; ciò è quanto rivela il trend del massimo produttore internazionale di stampanti per il settore industriale Gartner che prevede per il 2019 una vendita di 5,6 milioni di stampanti contro le 500.000 vendute nel 2016. Il research vice president di Gartner sostiene che: *“La rapida introduzione di novità e le innovazioni a livello di tecnologia che si stanno riscontrando nel settore permetteranno tassi di crescita significativi, passando sia a livello enterprise sia customer da mercato di nicchia a mercato di massa”*.

Gli scogli principali che avevano impedito il diffondersi della tecnologia fino ad oggi si possono riscontrare nell'onerosità dell'investimento per l'acquisto, che grazie agli incentivi di Industria 4.0 ora possono essere abbattuti, e ai tempi di stampa, che sono stati velocizzati grazie alle recenti attività di ricerca e sviluppo sia a livello accademico che nel mondo aziendale.

3.1.3 Augmented Reality

L'utilizzo della realtà aumentata per le aziende può segnare un punto di svolta fondamentale. La realtà aumentata può avere notevoli applicazioni nei vari business. Una prima applicazione può collegarsi direttamente alle fasi di design e modeling. È il caso, ad esempio, di un'azienda di costruzioni che può analizzare quale sarà il risultato della progettazione di un edificio non solo tramite simulazioni con strumenti già presenti, quali ad esempio AutoCAD, ma anche tramite strumenti che consentano di anticipare l'esperienza che l'inquilino proverà nell'edificio. Dimostrazione di ciò è l'azienda Enderle Group che ha sviluppato sistemi di realtà virtuale per la modellizzazione di edifici in grado di tenere in considerazione fattori quali il cambio di effetti luminosi a seconda della luce per ridurre possibili problemi successivi all'effettiva realizzazione. Un altro campo di applicazione chiave può essere nei settori nei quali effettuare dei test o esercitazioni è rischioso o addirittura impossibile da praticare. Questo può essere il caso della medicina, con i giovani specializzandi che possono simulare un

intervento come fosse reale senza rischiare di compromettere la vita di un paziente. Un ultimo esempio può essere l'applicazione della realtà virtuale per predire le performance dei processi aziendali. Nel ramo delle industrie manifatturiere, la realtà aumentata permette di accelerare e migliorare i processi di decision making.

Secondo un articolo de La Stampa, solo nel 2020 si avrà un vero boom di diffusione mondiale della realtà aumentata per le aziende ma questa innovazione risconterà già nel 2017 un primo sviluppo grazie alle tecnologie ICT legate ad Industria 4.0.

3.1.4 Simulation

La simulazione delle fasi di progettazione e dei sistemi produttivi permette alle aziende di rispondere alla continua riduzione del ciclo di vita del prodotto, conseguente ai sempre più stringenti vincoli di costo e riduzione del Time to Market. Gli strumenti per riuscire a raggiungere performance di simulazione soddisfacenti sono i sistemi meccatronici che permettono la gestione dell'intero ciclo di vita del prodotto, dalla sua progettazione fino allo smaltimento.

La simulazione in fase di produzione prevede l'interconnessione tra le macchine andando ad analizzare la simulazione numerica che viene generata dalla comunicazione tra gli impianti. Si può assimilare la produzione in un laboratorio virtuale che permette una migliore gestione delle modifiche e delle eccezioni ma anche di ridurre i costi di ricerca e sviluppo che andrebbero realizzati in laboratori reali.

Lo scopo è quello di ottenere modelli simulativi per effettuare analisi predittive del comportamento di sistemi, macchine e impianti. Le modalità di simulazione prevedono la replica di ogni oggetto fisico in un suo gemello virtuale e i dati che vengono collezionati dall'oggetto fisico possono essere applicati anche alla copia virtuale e viceversa arrivando al miglioramento continuo dei processi.

Alcuni esempi di simulazione sono:

- Tecnologie di simulazione finalizzate al supporto del decision making
 - Decision Support Sysyem DSS: prevedono l'utilizzo di modelli matematici per avere degli indicatori futuri che indirizzino le decisioni del presente;
- Tecnologie per la simulazione nelle fasi di progettazione e sviluppo di prodotti
 - Modellazione Multicorpo MBS;
- Tecnologie a supporto della simulazione dei processi produttivi e dell'analisi legata ai flussi operativi: tra cui il CAM (Computer Aided Manufacturing).

3.1.5 Horizontal/Vertical Integration

Anche la supply chain verrà coinvolta nelle innovazioni di Industria 4.0. Pensare ad una smart factory in un qualsiasi settore industriale non inserita in una supply chain all'altezza della propria produttività e delle proprie esigenze risulta sicuramente limitante.

L'Industria 4.0 permette, a livello di software, di utilizzare delle piattaforme condivise tramite le quali gestire sia i fornitori che i clienti. Da un punto di vista dei fornitori, gli incentivi dell'Industria 4.0 ricadono anche su piattaforme di Supplier Relationship Management SRM e di sistemi di logistica integrata dall'accettazione fino alla spedizione finale. Lo sviluppo di una relazione forte coi fornitori può permettere una crescita bidirezionale che va a sviluppare una supply chain con ottica win-win. I grandi player in questo caso devono assumere il ruolo di promotori andando a fare da traino anche per le realtà più piccole della supply chain. Un esempio di questo supporto può ritrovarsi in attività di ricerca e sviluppo condivise che permettano al fornitore di stare al passo con l'intera catena di fornitore a ai players più avanzati di non risentire di una supply chain debole che limiti lo sviluppo del proprio business.

Questo tipo di integrazione è necessario che avvenga anche a valle, soprattutto nei contesti Business To Business B2B. Il valore aggiunto determinato dalle tecnologie 4.0 deve essere condiviso anche coi clienti i quali riconoscono le capacità del fornitore. I clienti forniscono informazioni preziose ai fornitori che spesso vanno perse causa difficoltà di elaborazione dei dati e una scarsa conoscenza dei clienti. Uno strumento che può essere utile per una condivisione bidirezionale coi clienti è l'uso di un Customer Relationship Management CRM che metta al centro il cliente e le informazioni che esso scambia, anche involontariamente, con il fornitore. Viene così a crearsi una base dati solida e continuamente alimentata tramite la quale possano essere prese decisioni strategiche finalizzate ad una soddisfazione dei clienti sempre più garantita.

Sulla componente dei fornitori in una supply chain, l'elemento fondamentale è la condivisione soprattutto dei dati produttivi e legati ai singoli prodotti. Anche la possibilità di tracciare real time la situazione relativa alle spedizioni permette di snellire notevolmente la relazione coi fornitori andando ad agevolare l'intera filiera.

3.1.6 Industrial Internet

L'Industrial Internet è spesso conosciuto con la sigla IIoT che sta per Industrial Internet of Things che riprende i concetti dell'Internet of Things IoT applicandoli alle realtà industriali che utilizzano strumenti 4.0. Il principio su cui si basa l'IIoT è

quello di collezionare dati real time in arrivo da diverse fonti (sistemi di produzione, macchinari, clienti, fornitori, prodotti, ecc.) ed elaborarli per avere informazioni complete su produttività, prestazioni e qualità.

La grande sfida, così come emerge da un'analisi degli Osservatori di Digital Innovation del Politecnico di Milano, è legata alla capacità di valorizzazione dei dati generati dagli strumenti di Industrial Internet of Things. Le strategie delle aziende devono essere guidate dai dati ma il continuo generarsi di dati rischia di compromettere le capacità discrezionali dei manager che non sanno più a quale dato fare affidamento. Uno strumento importante per riuscire a gestire al meglio questo flusso di dati è sicuramente costituito dalla grande flessibilità degli strumenti dotati di Industrial Internet. È possibile applicare personalizzazioni e filtri in modo da saper intercettare in modo mirato e produttivo i bisogni della clientela. Lo studio del Politecnico di Milano evidenzia anche come molte aziende siano al momento riluttanti ad utilizzare tecnologie IoT poiché non vogliono cedere i propri dati personali a fronte di un vantaggio che al momento non è così concreto. Infatti mancano a molte aziende figure di Internet Security che siano garanti della privacy e dell'integrità delle informazioni. Come si è visto dai recenti scandali che hanno coinvolto il colosso dei social network Facebook, anche i consumatori finali risultano spaventati dall'idea che i propri comportamenti e le proprie azioni quotidiane siano registrate da oggetti dotati di internet industriale che fornisce informazioni al produttore.

3.1.7 Cloud

Il Cloud Computing è una tecnologia che permette di sfruttare risorse da server remoti per l'archiviazione e la manipolazione di dati. La mole di dati che le aziende si trovano a gestire è sempre maggiore anche grazie agli strumenti 4.0 da cui vengono generati. Una ricerca di Oracle dal titolo "Cloud: Opening Up the Road to Industry 4.0" pubblicata nel 2016 evidenzia come le tecnologie 4.0 necessitino di piattaforme Cloud per espandersi e diffondersi in tutti i settori. Questa indagine è stata condotta su un campione di 1200 manager di importanti realtà industriali ed ha evidenziato come per il 60% del campione sia necessaria un'infrastruttura Cloud Enterprise radicata per le realtà industriali in modo da capitalizzare gli investimenti sull'innovazione. Inoltre il tipo di Cloud che secondo i manager è il migliore da implementare è quello integrato che permetta di trasferire tutti i dati aziendali in un'unica piattaforma condivisa e sempre accessibile. Fabio Spoletini, country manager di Oracle, sostiene che le

infrastrutture cloud integrate permettano alle aziende italiane di essere competitive in un modo più economico, facile, veloce e sicuro.

3.1.8 Cyber-Security

Le innovazioni circa le strutture di connettività tra enti intra e inter-aziendali richiedono componenti di sicurezza elevate. I vari componenti fisici e software, grazie alla sensoristica tipica di Industria 4.0, saranno connessi tramite condivisione di Indirizzi IP.

La Cyber-security si inserisce in questo contesto e si può definire come tutto ciò che concerne la sicurezza durante le operazioni in rete e su sistemi aperti.

I tre pilastri fondamentali tradizionali della sicurezza su internet sono i criteri RID acronimo per Riservatezza, Integrità e Disponibilità. Con Internet che entra nelle fabbriche e che diventa un vero e proprio generatore per tutti i processi, si modifica il concetto di RID poiché i due concetti più importanti da gestire e garantire restano la disponibilità e l'integrità. In sostanza un processo che funziona tramite l'interconnessione dovrà prevedere un utilizzo di internet "always on", garantendo la continuità alla produzione e una copertura minima anche in caso di guasti alla rete. L'integrità del dato deve essere tutelata tramite il controllo dell'intera catena dalla quale proviene il dato: tutto il percorso dal sensore allo schermo del computer fino alla condivisione tra più utenti deve essere univoco e controllato.

I sistemi di Cyber-security dovranno essere quindi predittivi e reattivi: predittivi per riuscire a limitare il più possibile il presentarsi di situazioni di rischio nocive per i processi produttivi e reattivi per poter intervenire tempestivamente per risolvere eventuali bug o intrusioni che vadano a distorcere l'integrità delle informazioni.

3.1.9 Big Data and Analytics

Il dato può essere individuato come elemento comune per tutte le pratiche di Industria 4.0 che sono descritte nel presente capitolo. Il concetto base è che qualsiasi decisione sia guidata da dati reali che supportino una scelta rispetto ad un'altra. L'Industria 4.0 prevede l'analisi dei cosiddetti big data che possono essere considerati un'evoluzione dei dati tradizionalmente conosciuti. I big data consistono in una mole elevata di dati provenienti da diverse fonti e che sono funzionali a supportare il business. L'attività di questo numero elevato di dati permette l'estrapolazione di informazioni nascoste. Le fonti da cui possono provenire questi dati sono le più varie: social networks, macchinari, oggetti fisici dotati di IoT, ecc. Il patrimonio che questi dati portano è davvero elevato e la

necessità di tecnologie adeguate per riuscire a gestirlo è evidente. I big data vanno di pari passo con il Cloud poiché, avendo a disposizione basi dati enormi e necessitando di una loro archiviazione, si possono così creare degli archivi dai quali attingere per creare trend e scenari futuri.

La fase di Analytics permette di conoscere a diversi livelli il dato che ci si trova ad analizzare.

È possibile identificare quattro categorie principali:

- **Descriptive Analytics:** permette di utilizzare i dati per arrivare a statistiche, grafici e situazioni dell'azienda in un determinato momento e ne fornisce una fotografia per descriverne al meglio la situazione;
- **Predictive Analytics:** ha la finalità di prevedere scenari futuri tramite attività di forecasting ed incrocio di modelli simulativi;
- **Prescriptive Analytics:** permettono oltre allo studio puntuale dei dati di avere un supporto con proposte per decisioni da prendere e le relative conseguenze;
- **Automated Analytics:** prendono in automatico l'iniziativa e decidono come comportarsi in completa autonomia.

Secondo uno studio dell'Osservatorio Big Data Analytics & Business Intelligence del Politecnico di Milano, nelle grandi imprese (organizzazioni con più di 249 addetti) la diffusione di Descriptive Analytics è ormai un dato di fatto, presente nell'89% delle organizzazioni coinvolte, dove nell'82% dei casi l'utilizzo è ormai a regime almeno su alcuni ambiti applicativi. I Predictive Analytics risultano attualmente la situazione di più veloce sviluppo nell'ambito della gestione dei big data, con una diffusione al 59%, sebbene ancora confinata ad alcuni ambiti applicativi (30%) o in fase di pilota (28%). Ancora molto indietro Prescriptive e Automated Analytics, presenti rispettivamente nel 23% e nel 10% delle organizzazioni ma che grazie ad Industria 4.0 si prevede che si svilupperanno molto velocemente nei prossimi anni. Discorso completamente diverso è quello per le piccole e medie aziende, organizzazioni con un numero di addetti compreso tra 10 e 249. La sensibilità all'utilizzo dei dati, rispetto alle grandi imprese dove tutte hanno in atto iniziative, si mostra molto più bassa: solo un'azienda su tre adotta modelli di Descriptive Analytics (34%), con percentuali più alte nelle organizzazioni di medie dimensioni (39%), rispetto a quelle piccole (33%). L'utilizzo di modelli di Predictive è ancora limitato a poche organizzazioni (16%), mentre Prescriptive e Automated Analytics sono ancora scarsamente conosciuti mentre in alcuni casi non se ne conosce proprio l'esistenza. Anche in questo caso, le iniziative di Industria 4.0 che coinvolgeranno anche le PMI permetteranno un passo avanti dal punto di vista culturale per molte aziende.

I benefici attesi dall'adozione di Industria 4.0 sono molteplici e si possono manifestare a livello sia di singola impresa, sia di supply chain. Tuttavia, al fine di poter decidere come effettivamente applicare i diversi elementi del paradigma Industria 4.0 che possono fornire un reale vantaggio competitivo, ci sono almeno due temi assolutamente rilevanti da affrontare perché sono i reali vincoli del processo di scelta e implementazione effettiva del paradigma.

Il primo è l'identificazione delle best practice per tipo di Industria. Lo sviluppo di modelli per la corretta identificazione e selezione degli elementi che un'azienda deve prioritariamente adottare (in funzione, per esempio, delle caratteristiche del processo produttivo, della dotazione tecnologica di partenza, delle risorse organizzative disponibili ecc.) e per la loro successiva implementazione (piani di progetto differenziati in funzione delle possibili combinazioni tecnologiche). Almeno in questo primo stadio del percorso evolutivo di Industria 4.0, è opportuno che le aziende si focalizzino su un numero limitato di applicazioni piuttosto che cercare di coprire l'intero spettro delle soluzioni possibili. Tale focalizzazione dovrebbe permettere di ottenere più velocemente dei risultati tangibili in modo da giustificare i primi investimenti deliberati.

Il secondo è l'identificazione dei best provider per tipo di Industria. La revisione dei criteri per la ricerca e la selezione dei fornitori tecnologici, al fine di orientare le decisioni di collaborazione e di acquisto verso "Integrated Solution Provider", anziché verso "Single Technology Provider". In relazione alla complessità associata all'identificazione di una proposta tecnologica adatta a soddisfare specifici fabbisogni aziendali, appare opportuno privilegiare la scelta di un fornitore dotato delle competenze necessarie per progettare e implementare una soluzione che vada a integrare le migliori e più appropriate tecnologie presenti sul mercato.

Infine se spostiamo l'attenzione dalla struttura hard del sistema di produzione al livello del sistema industriale, ci sono altri tre fattori soft che meritano un'attenta riflessione per poter effettivamente realizzare una struttura digitale delle operation. L'interconnessione tra impianti, prodotti, materiali e persone richiede la definizione di nuovi standard a livello internazionale che stabiliscano modalità univoche di interazione nelle fabbriche digitali del prossimo futuro; lo sviluppo di soluzioni idonee per gestire il tema della Cyber-Security. L'innalzamento dei livelli di sicurezza nei sistemi già attivi potrebbe risultare molto costoso e poco efficace poiché non sono stati progettati per operare in un contesto di totale connettività;

inoltre diventa fondamentale la disponibilità di figure adeguatamente preparate a guidare l'evoluzione delle fabbriche tradizionali verso la digitalizzazione dei processi produttivi. Sono temi meno “visibili” delle tecnologie additive, ma sono egualmente importanti per realizzare una trasformazione di successo degli attuali processi e delle attuali culture aziendali.

Il tema dello scambio di informazioni è fondamentale per la Mass Customization: questi sistemi produttivi per loro natura, infatti, sono caratterizzati da grandi flussi di informazioni dall'esterno che si traducono in complicati flussi informativi anche all'interno dell'azienda tra le diverse funzioni e i diversi uffici. Avere degli strumenti capaci di gestire la complessità di questi flussi, come quelli proposti dall'Industry 4.0, è fondamentale.

Un altro aspetto importante da considerare è costituito dai dati in uscita dai macchinari: avere a disposizione queste informazioni permette di analizzare la produttività e l'efficienza degli impianti in modo veloce e con una certa frequenza. I due aspetti fondamentali della Mass Customization, cioè la personalizzazione e l'efficienza degli impianti, grazie a questi sistemi vengono salvaguardati e potenzialmente ottimizzati.

3.2 Total Productive Maintenance TPM

Il Total Productive Maintenance o TPM è ritenuto uno dei fondamentali dell'approccio Lean e si occupa del miglioramento continuo delle prestazioni di impianto, comprendendo obiettivi di disponibilità, regolarità di funzionamento, facile manutenibilità, ecc.

Il TPM è stato definito nel 1984 da Seiichi Nakajima come: *“La manutenzione produttiva realizzata da tutti gli addetti attraverso piccoli gruppi di attività per azzerare guasti e difetti.”* (Introduction to TPM. Productivity Press, Portland, Oregon)

Il TPM è, quindi, un approccio al miglioramento aziendale che persegue fino all'estremo limite la massima efficienza del sistema produttivo. L'accezione di “sistema produttivo” è ampia e comprende la fabbricazione, gli uffici tecnici, amministrativi e ogni servizio presente in azienda: è il concetto di efficienza globale.

Basandosi sugli ambienti di lavoro e sugli oggetti fisici che lo compongono realizza un sistema che previene ogni tipo di perdita, tendendo a “zero incidenti”, “zero difetti”, “zero guasti”... e ha per oggetto l'intero ciclo di vita del sistema produttivo.

Attraversa tutti gli enti aziendali, a cominciare da quello della produzione per continuare in quello dello sviluppo, delle attività commerciali dell'amministrazione.

Prevede la partecipazione personale di tutti a cominciare dal vertice aziendale fino al personale di prima linea.

Raggiunge il traguardo di "zero perdite" mediante la molteplice attività dei piccoli gruppi.

Il termine "Total" in "Total Productive Maintenance" ha tre significati che descrivono le principali caratteristiche della TPM: efficienza totale, cioè ricerca di redditività dell'intero sistema di produzione; sistema totale di manutenzione, ovvero l'implementazione di un mix completo di tecniche, che vanno dalle politiche manutentive alla gestione dei ricambi, fino alla pianificazione degli interventi; coinvolgimento totale degli operatori, quindi la partecipazione al TPM di tutti i dipendenti (dalla dirigenza agli operatori in linea), esplicitata sul piano operativo soprattutto con la manutenzione autonoma, eseguita dagli operatori direttamente impiegati sulle attrezzature produttive, organizzati in piccoli gruppi.

Nella sua impostazione il TPM è strutturato secondo i seguenti "8 pilastri":

1. Manutenzione autonoma;
2. Miglioramento focalizzato;
3. Manutenzione programmata;
4. Qualità;
5. Addestramento e Formazione;
6. Management del progetto;
7. Sicurezza, Salute e Ambiente;
8. Amministrazione e Supporto

Per Manutenzione Autonoma si intende la cura giornaliera dell'impianto da parte dei tecnici di produzione per prevenire il deterioramento forzato delle attrezzature e avere macchine la cui durata dipenda solo dal deterioramento naturale e coincida con quello di progetto.

Gli obiettivi che ci si prefigge con l'implementazione di programma di manutenzione autonoma sono quelli di: prevenire il deterioramento forzato delle macchine e rallentare quello naturale attraverso controlli e piccoli interventi di manutenzione giornalieri; riportare le macchine al loro stato ideale mediante la sostituzione dei componenti deteriorati; stabilire le condizioni necessarie a mantenere la macchina in buono stato. Gli step operativi sono composti da pulizia, ispezioni e manutenzione autonoma vera e propria. La pulizia è composta

da: I) Ispezioni e pulizia iniziali; II) Eliminazione di fonti di contaminazione e luoghi di difficile accesso; III) Standardizzazione dei processi di pulizia e lubrificazione. Le ispezioni consistono in: IV) Condurre ispezioni generali dei macchinari, per le quali vengono preparati dalla direzione il manuale di ispezione generale e le schede di controllo; V) Sviluppare ispezioni generali dei macchinari, a seguito delle quali si valutano le revisioni e i miglioramenti per mezzo delle liste di controllo. Seguono: VI) la sistematicizzazione della Manutenzione Autonoma, standardizzando gli aspetti da gestire e creando un sistema per la gestione della manutenzione; VII) la completa realizzazione della Manutenzione Autonoma, grazie alla registrazione del Mean Time Before Failure (MTBF) e l'analisi e il miglioramento dell'impianto.

Se si manifestano perdite croniche ed è difficile individuarne le cause, il Miglioramento Focalizzato è una soluzione valida per eliminare le sei grandi perdite (guasti, riattrezzaggio, perdite di velocità, micro fermate, rilavorazioni e perdita di resa all'avviamento. Questa metodologia suggerisce di indagare direttamente gli input (cioè le 4 m's: men, machines, materials, methods) della produzione per individuare le possibili cause dei problemi e/o difetti.

La Manutenzione Programmata consiste nel realizzare un'integrazione delle politiche di gestione per ottimizzare l'efficienza e l'efficacia delle attività manutentive. Lo scopo è quello di definire un mix ottimale di manutenzione correttiva, programmata e predittiva, in maniera tale da ridurre il numero di guasti, i costi di gestione della manutenzione, l'MTBF e l'MTTR. Uno dei fattori di successo della manutenzione programmata è il coordinamento con le attività della manutenzione autonoma svolte dai reparti produttivi.

Affinché la manutenzione programmata sia applicata con successo, è indispensabile prima di tutto riportare le macchine alle condizioni di base. È evidente che, se le condizioni di base non sono rispettate, si assiste al fenomeno dell'usura forzata e non è possibile definire intervalli corretti di sostituzione, per cui l'intero sistema di manutenzione programmata risulterebbe inutile.

Gli step per raggiungere la Manutenzione Autonoma sono: I) Valutare le macchine e capire la situazione attuale; II) Opporsi al deterioramento e correggere le debolezze; III) Costruire un sistema di gestione delle informazioni computerizzato; IV) Costruire un sistema di manutenzione periodica.

Gestire la manutenzione in un'ottica di qualità, significa operare in modo da prevenire problemi e difetti attraverso la corretta gestione dei processi e delle attrezzature. Dato che essa dipende generalmente da quattro fattori – uomini, materiali, macchine e metodi – affinché si ottengano i risultati desiderati dall'implementazione di questo pilastro, è necessario aver già correttamente sviluppato i pilastri della manutenzione autonoma, dell'addestramento, della manutenzione progressiva e del miglioramento focalizzato.

Una corretta ed efficace implementazione del TPM necessita di personale istruito, motivato e partecipe agli eventi aziendali, in grado di attuare in modo efficace ed efficiente le azioni previste dal piano di introduzione e sviluppo della TPM. In tal senso assume un ruolo fondamentale l'addestramento del personale, che deve essere svolto in modo rigoroso e sistematico.

L'implementazione della TPM richiede il coinvolgimento dei vertici aziendali. Il Management di Progetto deve non soltanto dimostrare un serio interesse nei confronti della sua introduzione, ma essere capace di fornire gli stimoli e le motivazioni necessari a tutto il resto del personale; deve in altri termini definire in modo opportuno gli obiettivi, comunicarli e diffonderli, gestire i gruppi operativi, analizzare e sviluppare le competenze ed allocare correttamente le risorse. A livello organizzativo la TPM richiede la creazione di un team che ne supporti l'implementazione, la predisposizione di team operativi istruiti ed addestrati all'esecuzione degli interventi di manutenzione autonoma; è inoltre necessaria la creazione di gruppi di lavoro per la manutenzione autonoma ed il miglioramento focalizzato.

Il pilastro della Gestione per la Sicurezza e l'Ambiente sviluppa attività, promosse attraverso audit direttamente sul posto di lavoro, che ricalcano nelle idee e anche nell'attuazione pratica concetti già espressi nei pilastri precedenti, solo opportunamente specializzati per le nuove finalità; è per questo motivo che tali attività vengono di fatto identificate con quelle proprie della Manutenzione Autonoma, della Manutenzione Pianificata, del Miglioramento Mirato e della Formazione ed Addestramento.

Le attività fondamentali che il sistema amministrativo è chiamato ad assolvere sono le seguenti: motivare e sostenere i team di implementazione della TPM;

supportare il management e diffondere la strategia aziendale; raccogliere i dati; processare i dati; distribuire informazioni.

3.3 Le reti neurali artificiali

Il futuro della tecnologia è rappresentato dalle reti neurali artificiali.

Nel campo dell'apprendimento automatico, una rete neurale artificiale (in inglese Artificial Neural Network, ANN) è un modello matematico composto di "neuroni" artificiali, ispirato vagamente dalla semplificazione di una rete neurale biologica.

Questi modelli matematici sono troppo semplici per ottenere una comprensione delle reti neurali biologiche, ma sono utilizzati per tentare di risolvere problemi ingegneristici di intelligenza artificiale come quelli che si pongono in diversi ambiti tecnologici: elettronica, informatica, simulazione, e altre discipline.

Una rete neurale artificiale può essere realizzata sia da programmi software che da hardware dedicato (DSP, *Digital Signal Processing*).

L'implementazione delle reti neurali risultava impensabile fino a pochi decenni fa. I circuiti neurali artificiali sono la base di sofisticate forme di intelligenza artificiale, sempre più evolute, in grado di apprendere sfruttando meccanismi simili (almeno in parte) a quelli dell'intelligenza umana.

Le reti neurali artificiali riescono oggi a risolvere determinate categorie di problemi avvicinandosi sempre più all'efficienza del nostro cervello, e trovando perfino soluzioni inaccessibili alla mente umana. Dalla nascita del concetto di neurone artificiale ad oggi è stata fatta molta strada. In moltissimi ed eterogenei settori scientifici, dalla biomedicina al data mining, le reti neurali hanno ormai un impiego quotidiano.

Si tratta di un trend in crescita. I continui progressi permettono di ottenere circuiti sempre più sofisticati. Tutto lascia prevedere, insomma, che le reti neurali e il machine learning saranno parte notevole delle fondamenta del mondo ipertecnologico in cui ci stiamo addentrando.

Come visto sopra, il prototipo di riferimento delle reti neurali artificiali sono quelle biologiche. Le reti neurali del cervello umano sono la sede della nostra capacità di comprendere l'ambiente e i suoi mutamenti, e di fornire quindi risposte adattive calibrate sulle esigenze che si presentano.

Sono costituite da insiemi di cellule nervose fittamente interconnesse fra loro. Al loro interno troviamo: i somi neuronali, ossia i corpi dei neuroni che ricevono e processano le informazioni; i neurotrasmettitori, sintetizzati nei somi e responsabili della modulazione degli impulsi nervosi; gli assoni o neuriti, cioè

l'unica via di comunicazione in uscita del neurone; i dendriti, cioè la principale via di comunicazione in ingresso che sono multipli per ogni neurone; le sinapsi o giunzioni sinaitiche, che sono migliaia di siti funzionali ad alta specializzazione del neurone nei quali avviene il passaggio delle informazioni fra esso e altri neuroni.

Un singolo neurone può ricevere simultaneamente segnali da diverse sinapsi. Una sua capacità intrinseca è quella di misurare il potenziale elettrico di tali segnali in modo globale, stabilendo quindi se è stata raggiunta la soglia di attivazione per generare a sua volta un impulso nervoso. Tale proprietà è implementata anche nelle reti artificiali.

La configurazione sinaptica all'interno di ogni rete neurale biologica è dinamica e si tratta di un fattore determinante per la loro efficienza. Il numero di sinapsi può incrementare o diminuire a seconda degli stimoli che riceve la rete. Più sono numerosi, maggiori connessioni sinaptiche vengono create, e viceversa.

In questo modo, la risposta adattiva fornita dai circuiti neurali è più calibrata, e anche questa è una peculiarità implementata nelle reti neurali artificiali.

Il primo modello teorico di un rudimentale neurone artificiale vide la luce nel 1943 e a proporlo fu una coppia di scienziati, McCulloch e Pitts. I due descrissero un apparato in grado di ricevere n dati binari in ingresso in ognuno dei suoi elementi, a cui segue un singolo dato in uscita per ciascuno. Tale macchina è in grado di lavorare su funzioni booleane elementari, e solo su quelle. Nel 1949 D. O. Hebb ipotizzò la possibilità di istruire le macchine con un apprendimento che emuli quello alla base dell'intelligenza umana.

Nel 1958 venne proposta da Rosenblatt la prima rete neurale chiamata "Perceptron" e le basi dell'apprendimento automatico diventarono realtà. Perceptron di Rosenblatt possiede uno strato di nodi (neuroni artificiali) di input e un nodo di output.

I pesi sinaptici indicano la forza di una connessione fra due nodi e sono dinamici e pertanto permettono alla macchina di apprendere, in un modo sommariamente simile ma molto più elementare a quello delle reti neurali biologiche. Il modello è feedforward: gli impulsi si propagano in un'unica direzione, in avanti. Il suo campo di applicazione è molto limitato e consiste nel riconoscere forme, classificandole in due gruppi separati, e nel calcolare semplici funzioni.

Il passo successivo fu il Perceptron Multistrato (MLP): al suo interno, fra i nodi di input e quello di output si trova uno strato hidden, dove avviene l'elaborazione delle informazioni provenienti dallo strato di input, che poi vengono inviate al nodo di output. È una rete feedforward non lineare: le connessioni in ingresso e

in uscita da ogni singolo nodo sono multiple. A merito di tale architettura, il Perceptron Multistrato può computare qualsiasi funzione.

Werbos, nel 1974, descrisse nella sua tesi di dottorato come impostare l'apprendimento di un Perceptron Multistrato. Il suo lavoro venne poi ripreso e perfezionato da Rumelhart, Hinton e Williams, che nel 1986 elaborano il celebre Error Back-Propagation. Con l'algoritmo di retro-propagazione dell'errore entriamo nel presente, essendo tuttora utilizzato. L'Error Back-Propagation permette di perfezionare in stadi successivi l'apprendimento automatico di una rete neurale. Si implementa modificando i pesi delle connessioni fra nodi che non producono l'output ottimale, finché non si ottiene quest'ultimo.

Non meno importante, in tal senso, risulta il precedente lavoro di Hebb, relativo alle connessioni reciproche fra neuroni. Hebb postulò che il loro peso deve incrementare unicamente in caso di convergenza fra i due valori pre e post-sinaptico.

Negli anni '90 con i Perceptron Multistrato e l'Error Back-Propagation, il Machine Learning trovò, così, alcuni campi di applicazione pratica. Intanto vennero implementate anche reti neurali con architetture feedback: le reti Hopfield, dal nome del fisico che nel 1982 ne propone il modello. In tali architetture, le informazioni fra nodi viaggiano in qualunque direzione: in avanti, all'indietro e fra nodi di una stessa fila.

Il campo delle applicazioni si ampliò ulteriormente: sempre in quegli anni venne progettata la rete neurale proposta da Elman nel 1990. Anche questo è un modello di rete ricorrente o bidirezionale, ma con la variante che alla classica struttura Perceptron Multistrato viene aggiunto un gruppo di nodi aventi lo scopo di conservare le informazioni della precedente configurazione di valori della rete. Grazie a tale modifica, la rete di Elman si rivelò vantaggiosa nel calcolo delle sequenze temporali.

Nel 1982, invece, Kohonen progettò un tipo di rete neurale dall'architettura sia feedforward che feedback. Sua caratteristica peculiare è la capacità di modificare la configurazione (mappa) dei propri nodi in base al peso che assumono man mano che vengono forniti gli input. I nodi con pesi simili si avvicinano, quelli con pesi molto diversi si allontanano. La rete di Kohonen è anche conosciuta come rete SOM, Self-Organizing Maps.

L'evoluzione delle reti neurali prosegue con la recente tecnologia adottata da IBM, tramite la quale è stata sviluppata una rete neurale basata su materiali a cambiamento di fase. Nei neuroni a cambiamento di fase, gli impulsi elettrici sono in grado di provocare una cristallizzazione del materiale, innescandone infine il

firing, cioè l'attivazione. Ebbene, questo è analogo a quello che avviene nelle cellule nervose. Per ora il neurone artificiale di IBM permette di scrivervi informazioni ma non le memorizza stabilmente, però è certo che il suo funzionamento è quanto di più simile esista all'emulazione di un cervello umano.

Nelle reti artificiali ovviamente il processo di apprendimento automatico è semplificato rispetto a quello delle reti biologiche. Non esistono analoghi dei neurotrasmettitori, ma lo schema di funzionamento è simile: i nodi ricevono dati in input, li processano e sono in grado di inviare le informazioni ad altri neuroni. Attraverso cicli più o meno numerosi di input-elaborazione-output, in cui gli input presentano variabili differenti, diventano in grado di generalizzare e fornire output corretti associati ad input non facenti parte del training set.

Gli algoritmi di apprendimento utilizzati per istruire le reti neurali sono divisi in 3 categorie e la scelta di quale usare dipende dal campo di applicazione per cui la rete è progettata e dalla sua tipologia (feedforward o feedback). Gli algoritmi sono: supervisionato, non supervisionato e di rinforzo.

Nell'Apprendimento Supervisionato si fornisce alla rete un insieme di input ai quali corrispondono output noti (training set). Analizzandoli, la rete apprende il nesso che li unisce e in tal modo impara a generalizzare, ossia a calcolare nuove associazioni corrette input-output processando input esterni al training set.

Man mano che la macchina elabora output, si procede a correggerla per migliorarne le risposte variando i pesi. Ovviamente, aumentano i pesi che determinano gli output corretti e diminuiscono quelli che generano valori non validi. Il meccanismo di apprendimento supervisionato impiega quindi l'Error Back-Propagation, ma è molto importante l'esperienza dell'operatore che istruisce la rete. Il motivo risiede nel non facile compito di trovare un rapporto adeguato fra le dimensioni del training set, quelle della rete e l'abilità a generalizzare che si tenta di ottenere.

Un numero eccessivo di parametri in ingresso e una troppo potente capacità di elaborazione, paradossalmente, rendono difficile alla rete neurale imparare a generalizzare, perché gli input esterni al training set vengono valutati dalla rete come troppo dissimili ai sofisticati e dettagliati modelli che conosce.

D'altro canto, un training set con variabili scarse porta per la via opposta alla stessa conclusione: la rete, in questo caso, non ha sufficienti parametri per apprendere a generalizzare.

Il giusto compromesso, insomma, è un compito che necessita di molta preparazione ed esperienza.

Le reti feedforward come il Perceptron Multistrato utilizzano l'apprendimento supervisionato.

In una rete neurale ad Apprendimento Non Supervisionato, la medesima riceve solo un insieme di variabili di input. Analizzandole, la rete deve creare dei cluster rappresentativi per categorizzarle. Anche in questo caso i valori dei pesi è dinamico, ma sono i nodi stessi a modificarli.

Esempi di reti ad apprendimento supervisionato sono Self-Organizing Maps SOM e la rete di Hopfield.

Nelle reti neurali che apprendono mediante l'Algoritmo di Rinforzo, non esistono né associazioni input-output di esempi, né un aggiustamento esplicito degli output da ottimizzare: i circuiti neurali imparano esclusivamente dall'interazione con l'ambiente e su di esso, eseguono una serie di azioni.

Dato un risultato da ottenere, è considerato rinforzo l'azione che avvicina al risultato; viceversa, la rete apprende ad eliminare le azioni negative, ossia foriere di errore.

Detto in altri termini, un algoritmo di apprendimento per rinforzo mira a indirizzare la rete neurale verso il risultato sperato con una politica di incentivi (azioni positive) e disincentivi (azioni negative).

Usando tale algoritmo, una macchina impara a trovare soluzioni che non è esagerato definire creative. Una rete neurale così implementata, per esempio, è stata utilizzata per giocare ad Arcade Breakout. In questo videogioco lo scopo del giocatore è abbattere un muro di mattoni posto nella parte superiore dello schermo, mentre in quella inferiore c'è solamente una piccola barra che può essere mossa a destra e sinistra: con questa bisogna colpire una palla che rimbalza, in modo che distrugga tutti i mattoni che compongono il muro. Se il giocatore non riesce a colpire la palla con la propria barra, questa esce dalla schermata ed è eliminata dal gruppo delle 3 a disposizione: una volta esaurite tutte le palle, la partita termina. Il risultato dell'utilizzo della rete neurale per giocare a tale gioco è stato che dopo sole 4 ore di continuo miglioramento, i circuiti hanno individuato una strategia di gioco mai ideata da un essere umano in questo videogame.

L'utilizzo delle varie tipologie di reti neurali nasce dagli importanti vantaggi che presentano:

- elevato parallelismo, grazie al quale possono processare in tempi relativamente rapidi grandi moli di dati;
- tolleranza ai guasti, anche questo grazie all'architettura parallela;
- tolleranza al rumore, ossia la capacità di operare, in molti casi, in modo corretto nonostante input imprecisi o incompleti;
- in alcune categorie di problemi costituiscono lo strumento migliore per gestirlo. Data mining, optimization, elaborazione di modelli predittivi e simulativi e classificazione sono i campi di impiego preferenziali per le reti neurali;
- evoluzione adattiva: una rete neurale ben implementata è in grado di autoaggiornarsi in presenza di modifiche ambientali.

Le reti neurali artificiali hanno comunque dei limiti, ed è difficile prevedere se col tempo potranno essere eliminati o attenuati.

I più importanti sono:

- funzionamento a black box. Un handicap rimarchevole delle reti neurali artificiali è il fatto che la loro computazione non è analizzabile in modo completo. Con questo si intende dire che sono in grado di fornire output corretti, o sufficientemente corretti, ma non permettono di esaminare i singoli stadi di elaborazione che li determinano;
- non è possibile avere la certezza a priori che un problema sarà risolto;
- gli output forniti spesso non rappresentano la soluzione perfetta, anche se in molti casi questo non è necessario;
- il periodo di learning è più o meno lungo. Le iterazioni necessarie dipendono da fattori quali numero e complessità delle variabili di input, algoritmo utilizzato, etc. In realtà, in tale ambito sono stati fatti importanti progressi, ed è ragionevole ipotizzare che in futuro il periodo di learning potrà ulteriormente ridursi;
- le reti neurali non sono idonee a risolvere determinate categorie di problemi. Un esempio è un tipo di input costituito da un numero elevato di variabili categoriche.

I settori in cui l'utilizzo delle reti neurali rappresenta una realtà affermata sono comunque numerosi ed ormai è quasi impossibile elencarli tutti. I principali sono:

- finanza, con numerose applicazioni: previsioni sull'andamento dei mercati inclusi quelli valutari, analisi del rischio di credito, analisi del portafoglio, etc;
- riconoscimento ed elaborazione delle immagini;

- analisi del parlato e riconoscimento vocale;
- simulazione di sistemi biologici, da quelli intracellulari alle reti neurali;
- diagnosi mediche, inclusi i referti di TAC e risonanze magnetiche;
- robot steering, utilizzati per i test ingegneristici sui veicoli;
- controllo di qualità su scala industriale;
- data mining;
- simulazioni di varia natura, anche comprendenti un fattore temporale.

Le reti ricorrenti (ad esempio SOM, Hopfield) si prestano meglio per simulazioni e classificazioni, mentre le reti feedforward (MLP) sono valide in applicazioni quali l'OCR (Optical Character Recognition), cioè i sistemi di riconoscimento ottico dei caratteri contenuti in un documento e al loro trasferimento in testo digitale leggibile da una macchina.

Negli ultimi tre anni, le reti neurali artificiali rappresentano la nuova frontiera anche per le assicurazioni, che le utilizzano per il calcolo del premio assicurativo dei propri clienti. Le reti artificiali sono in grado di elaborare un insieme molto grande di dati diversi e di elaborare da questi la soluzione ottima.

L'utilizzo di queste reti permettono alle assicurazioni di fornire servizi come: denuncia del sinistro tramite smartphone e tablet, supportata da assistente virtuale e Intelligenza Artificiale; motore antifrode di analisi delle immagini e quantificazione dei danni attraverso fotografia; preventivazione e assunzione smart e web multi-ramo, per presentare ai propri clienti una protezione a 360 gradi ; motore di workflow che osserva ed impara comportamenti ed azioni ricorrenti, analizza i pattern ed elabora best practices sulla base delle esperienze rivelatesi vincenti.

Nelle visioni di qualche decennio fa costituivano uno degli scenari possibili, oggi si rivelano come realtà le auto con pilota automatico. Nell'immaginario collettivo di qualche tempo fa le auto dotate di pilota automatico erano una delle fantasie più accreditate. Ma con il passare degli anni c'è chi non ha mai pensato che si trattasse di fantasia e l'ha resa in qualche modo realtà.

Il primo in assoluto a diffondere in rete foto e video di un'auto che in pratica guidava da sola è stato il costruttore americano Tesla. Il video ha creato un notevole scalpore, specie perché non è un semplice frutto della mania 'virale' che ormai impera nella società moderna votata ai social, ma accompagnato da dichiarazioni ufficiali della nota casa americana. Da quel video in poi è stato tutto

un continuo parlare della possibilità di produrre in serie auto dotate di pilota automatico.

Il Pilota Automatico avanzato aggiunge queste nuove funzionalità all'esperienza di guida Tesla Autopilot. L'auto Tesla è in grado di aumentare la sua velocità alle condizioni del traffico, restare all'interno di una corsia, cambiare automaticamente corsia senza l'intervento del conducente, cambiare da un'autostrada all'altra, uscire dall'autostrada all'approssimarsi della destinazione, parcheggiare da sola in prossimità di uno spazio libero ed entrare o uscire autonomamente dal garage.

Tesla sta procedendo ad installare, tramite aggiornamenti via internet, la tecnologia del Pilota automatico avanzato. Tutte le funzionalità continueranno ad essere aggiunte man mano che ricevono l'approvazione dalle autorità competenti. Durante l'utilizzo dell'Autopilot, è comunque responsabilità del conducente rimanere vigile e attivo, pronto a intervenire in qualsiasi momento.

Grazie alle nuove telecamere, ai sensori e alla potenza di calcolo del sistema Tesla Vision, la tua Tesla affronterà strade più strette e complesse. Sviluppato da Tesla su una rete neurale profonda, Tesla Vision decostruisce l'ambiente circostante, tramite un set di strumenti di elaborazione delle immagini, garantendo ottimi livelli di affidabilità rispetto a quelli raggiunti dalle classiche tecniche di elaborazione delle immagini.

Con la funzione di chiamata intelligente, la vettura può affrontare ambienti e parcheggi più complessi, effettuando manovre tra gli oggetti per venire a prendere il proprio pilota.

Sfrutta il pilota automatico avanzato e ordina la funzionalità di guida autonoma per la tua Tesla. Questo aggiornamento raddoppia il numero di telecamere attive da quattro a otto rendendo possibile la guida autonoma in quasi tutte le condizioni e, riteniamo, con una sicurezza almeno due volte superiore al guidatore medio. Il sistema è creato per condurre l'auto per tragitti brevi o lunghi senza che il guidatore debba intervenire. Per le stazioni Supercharger dotate di connessione di ricarica migliorata non sarà necessario neanche collegare l'auto.

Non c'è altro da fare che salire a bordo e dire all'auto dove si vuole andare. Se non si dice niente, l'auto cercherà nel calendario l'ubicazione del prossimo appuntamento e vi si recherà. In assenza di appuntamenti si dirigerà verso casa. La tua Tesla calcolerà l'itinerario ottimale, percorrerà le strade urbane (anche quelle senza riferimenti di corsia), attraverserà gli incroci complessi con semafori, segnali di stop e rotatorie, destreggiandosi anche sulle autostrade trafficate in mezzo alle auto che viaggiano a forte velocità. “Quando arrivi a destinazione, esci dall'auto di fronte alla porta e la tua Tesla inserirà la modalità di ricerca parcheggio, cercando

automaticamente un posto ed entrandoci da sola. Un semplice clic sul telefono la fa ritornare da te”, viene scritto sul sito di Tesla.

Le tecnologie di sicurezza attiva, quali il sistema anticollisione e la frenata d'emergenza automatica, sono disponibili a partire da dicembre 2016 e saranno implementate con gli aggiornamenti del software via etere

La frenata d'emergenza automatica è progettata per rilevare gli oggetti contro cui può urtare la vettura e inserisce i freni di conseguenza

L'avviso urto laterale avvisa il conducente in caso di potenziali collisioni con ostacoli su tutto il perimetro dell'auto. L'avviso urto frontale aiuta a mettere in guardia in caso di collisioni imminenti con auto ferme o che si spostano lentamente.

L'auto inserisce gli abbaglianti o gli anabbaglianti quando necessario.

Capitolo 4 – Caso Manni Sipre spa

Manni Sipre è azienda leader nel settore della prelavazione di elementi strutturali in acciaio. È presente in Italia dal 1960 con sei stabilimenti produttivi situati a Mozzecane (VR), Crema (CR), Campoformido (UD) e Montepreandone (AP).



Figura 13 - Brand appartenenti a Manni Group, www.mannigroup.com

Manni Sipre è una società controllata al 100% da Manni Group S.p.a. Oggi il Gruppo è organizzato come una piramide che vede al vertice la holding industriale veronese, Gruppo Manni Hp, dalla quale dipendono, oltre a Manni Sipre, le altre società principali, fra cui Isopan che si occupa di produzione di pannelli isolanti per pareti e coperture sia civili che industriali, Icom Engineering nota società di ingegneria e costruzioni che opera in campo internazionale e Manni Energy che progetta e realizza impianti eolici, fotovoltaici, biogas, impianti di cogenerazione, studi di efficienza energetica e il Solar Pumping System.

Manni Sipre si rivolge al mercato delle grandi costruzioni come valido partner delle aziende impegnate nella realizzazione di opere con struttura metallica. Inoltre, i continui investimenti in risorse e tecnologie permettono di offrire una gamma di prodotti e servizi innovativi in grado di rispondere alle più diverse esigenze provenienti da settori in continua crescita, quali gli impianti oil & gas, l'offshore, l'impiantistica leggera e pesante, nonché le costruzioni meccaniche, la carpenteria pesante, il movimento terra, le scaffalature e i magazzini automatici.

Nell'Unione Europea, la domanda di acciaio dipende dalla situazione economico-finanziaria di pochi settori industriali chiave che utilizzano l'acciaio: le costruzioni e l'industria automobilistica, ad esempio, rappresentano insieme una quota pari a circa il 40% della domanda di acciaio. Dal lato della domanda, la costruzione di parchi eolici onshore e offshore, la trasmissione di energia elettrica, l'edilizia abitativa e i trasporti continueranno a creare finestre di opportunità per i prodotti siderurgici innovativi (come riportato nell'analisi Piano d'azione per una siderurgia europea competitiva e sostenibile).

La produzione di materiali di alta qualità sono fondamentali per gran parte dell'industria manifatturiera e delle costruzioni, essenziali, fra l'altro, anche per la dotazione infrastrutturale materiale; qualità e innovazione risultano punti di forza in un settore fortemente concatenato con quello edile.

Cambia la percezione dell'acciaio da parte degli attori del settore che, in questi dieci anni, hanno compiuto un'evoluzione culturale nelle qualità progettistica e costruttive, riconoscendo oggi all'acciaio i suoi indiscussi vantaggi: sicurezza, flessibilità nella destinazione d'uso, rapidità costruttiva, resistenza sismica,

durabilità, leggerezza, bellezza e riciclabilità. La percezione della vulnerabilità al fuoco, considerata, un tempo, un tallone d'Achille, si è ridotta della metà grazie ad una maggiore e più estesa conoscenza della risposta delle strutture al fuoco e allo sviluppo normativo in linea con l'Europa. L'utilizzo dell'acciaio in progetti di grande rilievo architettonico probabilmente contribuisce a farlo percepire come materiale che richiede una progettazione specialistica.

Negli ultimi dieci anni in Italia l'utilizzo dell'acciaio nelle strutture è passato dal 18% al 33% di quota di mercato (indagine "Promozione Acciaio" nel periodo 2005-2015), affermando la sua importanza quale materiale strategico nella realizzazione di architetture e infrastrutture innovative e di qualità, sia per quanto concerne le nuove opere che negli interventi di riqualificazione, consolidamento e recupero del costruito. Questo trend è da considerarsi ancor più significativo all'interno di un mercato delle costruzioni che vede una contrazione degli investimenti del 44%.

La scommessa dei prossimi anni si gioca sulla riqualificazione rispettando i vincoli costruttivi e architettonici, a fronte della crescente sensibilità ai temi legati alla conservazione del suolo e dell'ambiente; ulteriori elementi che richiede il mercato oggi sono:

- risparmio energetico: l'acciaio sfrutta la luce naturale e consente di realizzare edifici ad alta efficienza energetica grazie a sistemi di rivestimento con alte prestazioni isolanti; inoltre, la realizzazione di facciate attive migliora il comfort microclimatico, riducendo il fabbisogno di elettricità e riscaldamento.
- riciclo dei materiali: l'acciaio è riciclabile al 100%, senza perdere alcuna proprietà e contribuisce così, direttamente e indirettamente, alla conservazione delle risorse naturali.

Manni Sipre distribuisce 400 mila tonnellate di acciaio servendo sia il mercato retail e di dettaglio che per le grandi commesse internazionali. Il mercato di destinazione prevede il 90% quello Italiano e il restante 10% il mercato europeo includendo alcune grandi commesse destinate al mercato Nord Africano.

La produzione avviene secondo una logica Make-To-Order, tenendo presente che Manni Sipre si differenzia principalmente per la grande capacità produttiva e disponibilità del materiale nei propri magazzini riuscendo a garantire tempi di consegna, anche per ordini di grandi quantitativi, minori rispetto ai propri competitors.

I dati 2017 hanno evidenziato un trend positivo per Manni Group che ha chiuso l'esercizio con un fatturato aggregato di 571,7 milioni di euro, a fronte dei 516,3 milioni di euro del 2016, in crescita del 9,7% rispetto al 2016. Ben il 38% del fatturato è stato generato dall'export. L'EBITDA (Earnings Before Interest, Taxes, Depreciation and Amortization) è stato di 21,2 milioni di euro, mentre la posizione finanziaria netta sale a 109,5 milioni di euro a fronte di un patrimonio netto consolidato di 108 milioni.

Tra le singole business unit, Manni Sipre, quella con la maggior vocazione siderurgica, nel 2017 ha realizzato un fatturato di 205,3 milioni di euro a fronte dei 196,09 del 2016, con un EBITDA di oltre 4 milioni di euro.

Il tutto nonostante il mercato dell'edilizia fatichi ancora molto a ritrovare i livelli pre-crisi. A consentire la crescita, secondo Francesco Manni, è stato soprattutto «il livello di assistenza tecnica nelle varie fasi di realizzazione dei progetti sotto il profilo della tempistica e della qualità: caratteristica peculiare di Manni Sipre, che di fatto la rende unica nel settore e le consente di affrancarsi almeno parzialmente dalla dinamica di andamento dei costi delle materie prime».

Tre le direttrici su cui il gruppo veronese vuole orientare il futuro: innovazione, internazionalizzazione e sostenibilità. Futuro di cui il primo passo è rappresentato dall'avviamento di un centro di ricerca e sviluppo interno, nato per poter generare attraverso l'innovazione un ulteriore vantaggio competitivo verso la concorrenza.

Nel corso dell'annuale presentazione ufficiale dell'esercizio passato, il CEO Enrico Frizzera ha spiegato che l'aspettativa di sviluppo delle attività del gruppo è positiva, sia per gli investimenti fatti negli ultimi anni sia per gli interventi organizzativi in corso. Questo nonostante i business di Manni Group impattino su mercati maturi che non lasciano spazio alle giuste marginalità. L'obiettivo del gruppo è di consolidare la leadership di mercato, contribuendo attraverso prodotti innovativi e dalle elevate performance socio-ambientali a una evoluzione della domanda di prodotti e servizi sostenibili.

Durante la mia esperienza di tirocinio in Manni Sipre, ho analizzato l'efficienza dei macchinari, allo scopo di dimostrare che una gestione migliore del ciclo produttivo permette di rispondere meglio alle esigenze di tempo e qualità del cliente, diminuendo i costi per l'azienda.

4.1 Metodi e strategie per la gestione della customizzazione di prodotto

I principali processi svolti direttamente da Manni Sipre sono ricondotti a commerciale e produzione; per le altre funzioni di supporto (amministrazione, acquisti, logistica, gestione personale, controllo di gestione, IT) Manni Sipre SpA fa riferimento alla Capo Gruppo, in un ottica di filosofia comune e ottimizzazione dei costi, tempi e opportunità. Le esigenze vengono individuate da Manni Sipre e successivamente vengono sottoposte all'attenzione di Manni Group in relazione aspetti economico e decisionali per trovare le migliori soluzioni comuni; la gestione operativa nelle varie Divisioni Manni Sipre è poi gestita in totale autonomia.

Manni Sipre è leader nel mercato degli elementi strutturali in acciaio prelavorati. Da oltre 50 anni mette a disposizione dei costruttori i vantaggi offerti dalle più avanzate tecnologie utilizzate nei propri Centri Servizi, accrescendo in modo determinante la competitività delle soluzioni in acciaio.

Tabella 8 - Manni Sipre: Prodotti e Servizi

PRODOTTI	SERVIZI
<ul style="list-style-type: none"> • Travi tipo IPE-HEA/B/M standard, alleggerite e speciali da 80 a 1000 mm • Travi saldate con impianti automatici qualificati da Enti di Controllo Internazionali • Rotaie Burbach • Laminati mercantili • Profili normali INP e UNP • Profili aperti e angolari • Piastre per giunti o per rinforzi saldati • Tubi strutturali a caldo e a freddo, quadri e rettangolari - prelavorati • Trafilati tondi e quadri • Lamiera da coils nere, decapate, lucide, zincate, striate, bugnate • Lamiera in acciaio non legato per recipienti a pressione e caldaie • Lamiera in qualità da costruzione • Lamiera acciaio speciale altoresistenziale / antiusura. 	<ul style="list-style-type: none"> • Assistenza tecnica • Fornitura dal pronto e su programma • Taglio a misura esecutiva al plasma o ossitaglio • Marcatura ad incisione • Foratura a controllo numerico • Taglio termico a robot • Taglio plasma HD • Piegatura robotizzata lamiera • Saldatura • Cesoiatura e punzonatura di piastre e angolari • Smussatura meccanica • Raddrizzatura • Applicazione di pioli su travi saldate • Saldatura a robot di elementi accessori • Sabbiatura con graniglia metallica • Sabbiatura + verniciatura primer • Sabbiatura + zincanti organici/inorganici • Zincatura a caldo in outsourcing • Prove e collaudi

Manni Sipre da 50 anni a questa parte, customizza i propri servizi. Come visto dalla tabella precedente, dispone di una vasta gamma di acciaio in diverse forme (travi, rotaie Burbach, laminati, profili, tubi e lamiere), e di diversi servizi. Essendo tra le prime aziende nazionali come centro servizi acciaio, dispone di impianti produttivi per diverse lavorazioni e di grande potere su terzisti e clienti. Infatti da un'Analisi delle cinque forze di Porter, che è stata effettuata in azienda, per quanto riguarda terzisti e clienti, risulta che Manni Sipre è una potenza all'interno del suo ambiente competitivo:

- Non ci sono fornitori esclusivi; la scelta dei fornitori è variabile in funzione di: prezzo, qualità/tipologia, disponibilità della materia prima. L'unico problema ricade sulla scelta principale di fornitori Europei (Cina), unito alla volatilità delle quotazioni delle materie prime sul mercato. Il potere contrattuale dei fornitori tende ad aumentare se hanno la capacità di integrarsi verso il basso.
- Il cliente di Manni Sipre è l'utilizzatore finale, quindi non vi è la possibilità di integrarsi verticalmente producendo autonomamente il bene in oggetto. Il volume di acquisti generato dallo stesso cliente non è mai una parte notevole del fatturato sul totale annuale; vi è pertanto un portafoglio clienti piuttosto diversificato. Il potere contrattuale degli acquirenti aumenta quando l'offerta è rivolta a un consumatore di "basso" profilo, ovvero quando i costi di passaggio ad un altro fornitore sono bassi perché si tratta di richieste di prodotti "generici" o lavorazioni non complesse (carpenterie, piccoli distributori); viceversa diminuisce quanto ricercano prodotti eccellenti, di qualità, ad alti volumi e servizi di altissimo livello.

Per capire come agire ai fini del raggiungimento della Mass Customization, è necessario definire una fotografia della situazione attuale.

L'analisi che ho seguito a tale scopo è stata proposta da Carlo Marrasso, consulente Wepower esperto in Mass Customization, ed è composto da quattro livelli:

1. Analisi dell'efficienza dei processi
2. Analisi della reattività dei processi
3. Analisi delle prestazioni del prodotto
4. Analisi del customization degree

Poiché Manni Sipre si occupa direttamente solo delle funzioni di Vendita e Produzione, ho concentrato la mia attenzione solo su queste.

4.1.1 Analisi dell'efficienza dei processi

Per l'analisi dell'efficienza dei processi, ho utilizzato il rapporto valore/effort per ogni fase del processo che va dalla ricezione dell'ordine alla realizzazione del prodotto finito.

Considero che l'effort economico sia un valore proporzionale alla forza lavoro coinvolta. Al costo del personale andrebbero aggiunti i costi di affitto della struttura, di assicurazioni di macchinari, di energia e smaltimento, costi amministrativi e informatici, ammortamenti e costi finanziari. Essendo dati riservati dell'azienda, considero la somma di questi costi come una costante da aggiungere al costo del lavoro. Per tale costo, per ogni fase viene considerato il numero di lavoratori coinvolti e le ore totali a settimana. Ho ricavato che il numero di ore totali a settimana è pari a 2134,25 e ho diviso le ore di ogni fase per questo numero. Quindi ho stabilito l'effort di ciascuna attività con la seguente logica:

da 20 a 25 %	5
da 15 a 20 %	4
da 10 a 15%	3
da 5 a 10 %	2
da 0 a 5 %	1

Tramite interviste ai capi area dell'Ufficio Commerciale, ho poi raccolto i dati sul valore che i clienti danno alle diverse fasi del ciclo considerato, utilizzando una scala da 1 a 5, dove 1 è poco importante e 5 molto importante. Le attività che hanno più valore sono quelle che pochi concorrenti riescono a fare e che quindi aumentano la competitività dell'azienda.

Attività	Numero personale	Ore / giorno	Ore / settim	%costo	Effort	Valore	Valore / Effort
Commerciale	10	8	400	18,74%	4	3	0,75
Inserim. Ordini	4	8	160	7,50%	2	1	0,5
Certificazione	1	8	40	1,87%	1	2	2
Nesting	4	8	160	7,50%	2	1	0,5
Gestione terzisti	1	8	40	1,87%	1	5	5
Magazzino	4	10	204	9,56%	2	1	0,5
Movimentazione	9	7,5	341,5	16,00%	4	1	0,25
Sabbiatura	1,5	7,5	60,25	2,82%	1	2	2
Taglio	13	7,5	491,5	23,03%	5	4	0,6
Marcatura	1	7,5	41,5	1,94%	1	4	4
Foratura	3	7,5	116,5	5,46%	2	5	2,5
Piegatura	2	7,5	79	3,70%	1	3	3

Da questa analisi si ricava, quindi che alcune attività hanno un effort troppo elevato in confronto al valore che gli viene dato.

Queste attività sono: il lavoro dei commerciali; l'inserimento degli ordini a gestionale; la creazione dei nesting, cioè dei programmi di taglio; lo stockaggio e il prelievo da magazzino; la movimentazione; il taglio.

Il ridimensionamento dell'effort impiegato per tali attività verrà affrontato di seguito all'interno di altre analisi.

4.1.2 Analisi della reattività dei processi

Manni Sipre è un'azienda Make To Order: tutto il ciclo produttivo si attiva nel momento in cui arriva l'ordine dal cliente.

Il reparto produttivo di Manni Sipre si può definire organizzato per reparti o job-shop. In tale contesto produttivo ogni tipo di particolare ha un ciclo di produzione diverso dagli altri. Le varie operazioni che compongono il ciclo produttivo sono svolte ciascuna presso un reparto costituito da un insieme di macchinari omogenei per tipo di lavorazione. La varietà di cicli di lavorazione è molto grande perché è grande il numero di oggetti differenti che possono essere prodotti, mentre le macchine operatrici sono di tipo universale (general purpose machines), cioè macchine capaci di operare su differenti codici previo diversi tipi di attrezzaggi e parametri di lavorazione.

L'ordine di produzione normalmente è relativo ad un certo quantitativo di pezzi dello stesso tipo da produrre (lotto). La produzione a lotti è connessa al contenimento dei costi fissi di attrezzaggio che si sostengono ogni qualvolta le macchine vengono predisposte per le lavorazioni di particolari di tipo diverso. In questo caso, per le macchine di taglio, il set-up viene fatto in base a range diversi di spessore della lamiera. Terminata un'operazione, il lotto viene trasferito ad un altro centro per l'operazione successiva. Una caratteristica di tali sistemi è la presenza di semilavorati (wip) in attesa di lavorazione presso i vari reparti.

Per motivi di urgenza e in presenza di lotti di numerosità molto grande, è possibile ricorrere al cosiddetto "lot splitting", ovvero alla suddivisione del lotto originale in due o più gruppi di entità minore (overlapping o sovrapposizione delle fasi del ciclo). L'obiettivo è di ridurre i tempi di attraversamento del sistema produttivo.

Si definisce tempo di attraversamento o Lead Time di un sistema produttivo la somma di quattro componenti di tempo: il tempo di attesa in coda, il tempo di attrezzaggio, il tempo di lavorazione e il tempo di movimentazione.

$$LT = T_{CODA} + T_{ATTR} + T_{LAV} + T_{MOV}$$

Un valore dei tempi di attesa in coda e movimentazione pari al 90% del tempo di attraversamento è considerato un buon valore di attraversamento del job-shop.

Un parametro fondamentale per la valutazione dell'efficienza e produttività del sistema produttivo job-shop risulta il rapporto tra il tempo medio di lavorazione per l'esecuzione delle operazioni di un lotto e il tempo medio di attraversamento:

$$\frac{\text{Value added time}}{\text{Total time}} = \frac{\text{tempo medio di lavorazione}}{\text{tempo medio di attraversamento}}$$

Come sopra indicato, un buon valore di funzionamento del job-shop è quando questo rapporto assume valori oltre il 10%.

Considero un tempo di attraversamento medio, prendendo in esame gli ordini per cui sono richieste tutte o la maggior parte della lavorazioni, che risulta essere di 6 giorni lavorativi, cioè 90 ore, considerando due turni lavorativi da 7,5ore ogni giorno.

I tempi di lavorazione medi di ogni attività sono:

1. Sabbiatura: 15 minuti;
2. Marcatura: 15 minuti;
3. Ossitaglio: 5 ore;
4. Taglio plasma: 1,5 ore;
5. Foratura: 8 ore;
6. Piegatura: 3 ore.

Per un tempo di lavorazione medio totale di 18 ore.

Dividendo, quindi, questo tempo per il tempo di attraversamento medio, si ottiene un rapporto value added time/total time pari al 20% : molto positivo per il job-shop.

4.1.3 Analisi del grado di customizzazione

Il customer degree di Manni Sipre è stato calcolato seguendo la formula:

$$\gamma = \frac{n}{m}$$

n = numero di servizi personalizzati richiesti dal cliente;

m = numero di servizi totali richiesti dal cliente.

I servizi offerti da Manni Sipre sono riportati nella prima colonna della tabella seguente.

Ognuno di questi servizi però è richiesto in quantità diverse dai clienti. Le lavorazioni più richieste sono quelle da considerare meno personalizzate, mentre quelle poco richieste risultano più personalizzate.

È quindi più corretto utilizzare la formula precedente, dando un peso diverso alle richieste più o meno personalizzate dei clienti. Ho associato ad ogni servizio n il suo peso.

Ho calcolato il peso dei diversi servizi, $Peso_i$, utilizzando la formula seguente:

$$Peso_i = 1 - \frac{O_i}{O_{tot}}$$

O_i = numero di ordini che richiedono il servizio i ;

O_{tot} = numero di ordini totali.

Per il primo semestre del 2018, il numero di ordini totali è stato di 4348.

Moltiplicando ogni servizio per il suo peso, la formula del customer degree diventa:

$$\gamma = \frac{\sum_i^m Peso_i}{m}$$

Con i = servizi, m = numero di servizi totali offerti.

<i>n</i>	<i>Servizi</i>	<i>O_i</i>	<i>Peso</i>
1	Vendita della materia prima (lamiera in acciaio);	4348	0
2	Sabbiatura	981	0,774379
3	Taglio	2640	0,392824
4	Controllo a ultrasuoni	177	0,959292
5	Piegatura	197	0,954692
6	Smussatura	58	0,986661
7	Filettatura / Fresatura	97	0,977691
8	Foratura	182	0,958142
9	Raddrizzatura	374	0,913983
10	Pulizia e Imbancaleamento	2653	0,389834
11	Collaudi (prove di resilienza o prove di trazione)	154	0,964581
12	Lavorazioni in outsourcing	266	0,938822
13	Servizio di reportistica per il grado di planarità del pezzo.	40	0,9908

Il grado di customizzazione di Manni Sipre risulta essere molto elevato:

$$\gamma = \frac{\sum_i^m \text{Peso}_i}{m} = \frac{10,20}{13} = 78,47 \%$$

4.2 Overall Equipment Effectiveness OEE

Per aumentare l'efficienza dei processi, ho iniziato a verificare l'efficienza dei singoli macchinari.

Lo strumento di cui mi sono servita è l'Overall Equipment Effectiveness OEE.

Come visto nel secondo capitolo, per il settore metallurgico l'OEE ottimo è pari al 75%, mentre quello medio è pari al 55%.

Vengono riportati di seguito gli indici di Overall Equipment Effectiveness OEE per alcuni dei macchinari presenti in Manni Sipre - Divisione Centro Servizi Prodotti Piani. Tali dati provengono dall'osservazione dei macchinari che ho effettuato durante il periodo di tirocinio in azienda.

Per tali macchinari vengono riportate:

- una tabella con la somma delle durate delle attività sul tempo totale di osservazione dedicato per ogni macchinario;
- una tabella con i fattori per il calcolo dell'OEE.

4.2.1 Centri di lavoro

I centri di lavoro sono due macchinari, che effettuano foratura, filettatura, marcatura, taglio al plasma e ossitaglio e sono serviti da un unico operatore per turno.

<i>Attività</i>	<i>Tempi [s]</i>
0 Macchina	6434
Arrivo operatore	269
Attesa operatore	74
Attesa operatore impegnato in GB	34
Attesa per scarico	531
Blocco grafica	60
Cambio consumabili	3100
Cambio punte	499
Cambio sacco aspirazione	900
Cambio utensile	9358

Caricamento database	110
Carico lamiera	856
Collisione torcia	149
Compilazione rapportino	91
Controllo allineamento lamiera	68
Controllo filetti	395
Controllo fori	335
Fermo	8833
Fermo senza segnalazione	1786
Filettatura	3486
Foratura	17916
Inserimento dati	954
Inserimento dati per taglio	30
Inserimento programma	658
Marcatura	10855
Palpatura	2114
Pulizia banco da pezzi restanti	370
Pulizia lamiera	1910
Pulizia torcia	188
Rapido	17908
Refilling lubrificante	49
Riavvio	737
Risoluzione problema	40
Scarico	1983
Spostamento	12485
Taglio plasma	16506
Taglio pre-scarico	534

L'Up Time UT è dato dalla somma dei tempi effettivi di lavorazione (foratura, filettatura, marcatura e taglio), dei tempi dovuti agli spostamenti dell'utensile (rapidi e spostamenti) e del laser per il rilievo della lamiera permette di eliminare il problema della squadratura prima della lavorazione (palpatura). I tempi di rapido, spostamento e misurazione con laser non sono tempi a valore aggiunto, ma rientrano comunque nell'Up Time, in quanto necessari ai fini della lavorazione; ovviamente una loro diminuzione creerebbe vantaggio in termini di riduzione del tempo totale di lavorazione.

I tempi di Set-up riguardano: il tempo per la determinazione dello zero assi o zero macchina; i tempi di carico/scarico, attesa per lo scarico e controllo dell'allineamento della lamiera caricata sul banco; tutti i tempi per il cambio di punte, sacchi di aspirazione, cambio utensile da parte della macchina; la fase di inserimento dei dati relativi alla lavorazione da eseguire e il caricamento del programma; l'attesa per il caricamento dei dati presenti nel database; la compilazione del rapportino da consegnare al capoturno, in cui vengono riportate le tempistiche relative a lavorazione effettiva, guasti e fermi di diversa natura; il taglio della lamiera in due o tre sezioni, per facilitare lo scarico con carroponete; la pulizia della lamiera, del banco e degli utensili.

Il Mean Time To Repair (MTTR) comprende i fermi, che sono frequenti e dovuti il più delle volte a problemi legati al software, vista la complessità dei macchinari; dal momento che vi è un unico operatore per i due macchinari, accade spesso che, quando si presenta un fermo, l'operatore non se ne accorga o non arrivi immediatamente, perché impegnato con l'altro macchinario (GB); nell'MTTR è compreso anche il tempo di risoluzione del problema: Riavvio e Risoluzione problema.

Il Down Time DT è dato dalla somma dei tempi di set up e del MTTR.

Le micro fermate sono date dalla collisione della torcia per il taglio a plasma e tutti i controlli di fori e filetti.

I pezzi non conformi sono dati da imperfezioni nel taglio oppure da spostamenti della lamiera, per un problema che si è verificato al sistema di blocco della lamiera al banco durante le lavorazioni, e quindi dal posizionamento sbagliato dei fori.

UT	81270
Set-up	28593
MTTR	11833
DT	40426
Availability A	66,78%
Micro fermate	879
Performance PE	98,93%
Pezzi tot	368
Pezzi non conformi	11
Quality	97,01%
OEE	64,09%

L'indice più basso è l'Availability, infatti ci sono frequenti allarmi legati al software e l'operatore non sempre è pronto a risolvere il problema, in quanto impegnato contemporaneamente nella supervisione dei due macchinari. Lo stesso operatore deve inoltre occuparsi anche del carico e dello scarico delle lamiere.

Sicuramente i fermi di sistema devono essere ridotti il più possibile tramite la collaborazione con il produttore dei macchinari.

Più dei due terzi del Down Time, però, è costituito dai tempi di Set-Up.

Caso A.

Si potrebbe pensare che il problema sia legato al fatto di avere un unico operatore impegnato in entrambi i macchinari e nelle operazioni di carico/scarico. In realtà, l'incremento di un operatore eliminerebbe solo i tempi di attesa, di arrivo dell'operatore e dei fermi non segnalati, di cui l'operatore impegnato altrove difficilmente si accorge. L'aumento di produttività non giustifica il costo dell'aggiunta di un operatore.

La produttività del 2017 con 3 operatori impiegati in 3 turni lavorativi è stata di 560 kg/h.

Si considera che:

- I turni sono di 7,5 h/turno;
- I giorni lavorativi sono 225 gg/anno;
- Il costo lordo annuo dell'azienda per un operatore è di 40000€/anno;
- Nel 2017 il prezzo dell'acciaio era di 1,26 €/kg.

Il risultato è il seguente:

	Numero operatori	Numero turni	Produttività [kg/gg]	Produttività [ton/anno]	Produttività [€/kg*anno]	Costo operatori annuo
Situazione attuale	3	3	12600	2835	3572100	120000
Situazione prevista (A)	4	2	8769,6	1973,16	2486182	160000
			Δ	-861,84	-1085918	40000

L'aumento di operatori e la diminuzione dei turni, non porterebbe ad un aumento significativo della produttività.

Caso B.

Mantenendo lo stesso numero di turni e raddoppiando il numero di operatori, si avrebbe un guadagno descritto nella seguente tabella:

	Numero operatori	Numero turni	Produttività [kg/gg]	Produttività [ton/anno]	Produttività [€/kg*anno]	Costo operatori annuo
Situazione attuale	3	3	12600	2835	3572100	120000
Situazione prevista (B)	6	3	13154,4	2959,74	3729272	240000
			Δ	124,74	157172,4	120000

I ricavi dati dall'aumento di produttività superano di 37172,4 € il costo dell'incremento degli operatori.

Caso C.

Per quanto riguarda l'ottimizzazione dei tempi di Set-up, però, l'idea iniziale all'acquisto dei centri di lavoro era quella di posizionare sul banco tre lamiere contemporaneamente, visto che le macchine hanno la possibilità di lavorare con la funzione "tandem". Questo sistema permette ai due macchinari di conoscere il programma e lo stato di avanzamento l'uno dell'altro. Il vantaggio si può ritrovare nell'aggiunta di una terza lamiera in posizione centrale su cui la lavorazione può iniziare da parte di una macchina e proseguire con l'altra. Si sfrutterebbe così il tempo della lavorazione della terza lamiera per il carico, lo scarico e la pulizia del banco.

La funzione tandem non è ancora stata utilizzata per un problema di aspirazione nel punto centrale del banco. Risolvendo questo problema, si avrebbe:

- Eliminazione dei tempi di carico/scarico, di attesa per lo scarico e di pulizia del banco, perché tali operazioni verrebbero effettuate a macchina funzionante (set-up esterno);
- Riduzione dei tempi di set-up di 1 ora (3,12% del tempo totale) per ogni macchina;
- Riduzione del Down Time di 1 ora per ogni macchina;
- Incremento dell'Availability al 69%;
- Incremento dell'OEE fino a 66,12%.

Poiché le macchine sono associate, una riduzione dei tempi di set-up del 3,12% del tempo totale su un macchinario, corrisponde ad una riduzione del 6,24% sui due macchinari.

Si considera la produttività dei due macchinari nell'anno 2017:

560 kg/h per 3 turni/giorno da 7,5 h/turno in 225 giorni lavorativi.

La produttività annua dei due macchinari nel 2017 corrisponde a 2835 ton/anno. Considerando che il risparmio di tempo nei due macchinari del 6,24% coincide ad un aumento della produttività dello stesso valore:

$$\% \text{ risparmio tempo} = \% \text{ aumento produttività} = 6,24\%$$

Si raggiunge una produttività pari a 3012 ton/anno, con un aumento di circa 200 ton/anno, come descritto di seguito:

	Numero operatori	Numero turni	Produttività [kg/gg]	Produttività [ton/anno]	Produttività [€/kg*anno]	Costo operatori annuo
Situazione attuale	3	3	12600	2835	3572100	120000
Situazione prevista (C)	3	3	13386,24	3011,904	3794999	120000
			Δ	176,904	222899	0

I ricavi dati dalla maggiore produttività sono pari a 222.899 €; mentre i costi relativi a tale scelta riguarderebbero solo il Mean Time To Repair legato alla sistemazione del sistema di aspirazione nel banco.

I ricavi del terzo caso sono molto maggiori rispetto a quelli del secondo caso.

4.2.2 Ossitaglio.

L'ossitaglio è un procedimento per il taglio delle lamiere o dei profilati metallici che utilizza la fiamma ossiacetilenica ed un getto di ossigeno puro. Si basa sul principio che i materiali ferrosi contenenti abbastanza Carbonio, portati ad incandescenza, bruciano se si trovano in un'atmosfera di ossigeno. L'ossitaglio, quindi, è utilizzabile solo con gli acciai al carbonio e si presta meglio al taglio degli acciai dolci (0,12%-0,25% di carbonio).

Si effettua attraverso l'uso di uno speciale cannello dal quale escono due flussi di gas concentrici:

- un getto esterno per la somministrazione del combustibile, disposto ad anello, per produrre una fiamma simile a quella usata nella saldatura ossiacetilenica, e che serve per arroventare il metallo;
- un getto centrale di Ossigeno sotto pressione che realizza la fiamma sovraossigenata e il taglio, mediante un processo di combustione del Carbonio contenuto nella lega metallica e la conseguente fusione del metallo, la sua pressione asporta le scorie dovute al taglio.

Le operazioni che precedono il taglio sono quindi: accensione delle torce; regolazione delle altezze e posizionamento; riscaldamento del materiale e sfondamento dello stesso. Ho considerato lo sfondamento coincidente con l'inizio del taglio.

In ogni macchinario ci sono più cannelli di taglio e per ottimizzare i tempi, si posizionano sagome uguali vicine in modo che, dato il programma di taglio della torcia master, le altre effettuino la stessa operazione e quindi taglino contemporaneamente tanti pezzi quante sono le torce accese. Per fare questo bisogna provvedere all'apertura dei cannelli.

All'interno della mia analisi, ho effettuato il confronto tra questo macchinario e le ossitaglio nuove, che riducono i tempi di accensione e di apertura delle torce automatizzando tali processi, finora manuali. Inoltre perdite di velocità e micro fermate legate al passaggio della torcia sulle scorie dovute allo sfondamento di sagome attigue e precedentemente tagliate verranno eliminati migliorando la progettazione dei nesting di taglio, poiché il macchinario, essendo automatico e non avendo più un operatore affiancato come con le ossitaglio vecchie, non ammetterà più la presenza di scorie sui profili di taglio.

L'idea dell'azienda, infatti, è stata quella di acquistare due macchinari ad alto grado di automazione a livello di software, in modo di permettere la gestione contemporanea di due macchinari da un unico operatore. Uno dei due macchinari è stato installato da poco e devono essere effettuati vari test prima del suo utilizzo. Quando si potrà utilizzare anche il secondo macchinario, l'automatizzazione sarà raggiunta grazie all'uso di sensori capacitivi all'estremità delle punte di taglio e di uno schermo remoto che permetterà all'operatore impegnato in un macchinario di monitorare anche l'altro e, in caso di errore, di bloccare l'operazione grazie ad un pulsante di emergenza. I sensori permetteranno di effettuare il controllo capacitivo di altezza della torcia, facendo sì che in presenza di scorie il sensori si alzi automaticamente, evitando collisioni.

Un altro vantaggio delle nuove ossitaglio riguarda la pre-foratura. Infatti lo sfondamento di lamiera con spessore alto è difficile e prevede lunghi tempi di riscaldamento e la possibilità che nel momento dello sfondamento, l'impatto sia tale da generare un getto in uscita che sporca la punta della torcia. Per rimediare a tale problema, si effettuano dei "pre-fori" da cui si può partire con il taglio, eliminando le fasi di riscaldamento e sfondamento. Per fare ciò, però, bisogna effettuare due operazioni aggiuntive, con annessi i relativi spostamenti della lamiera: tracciatura e foratura. La tracciatura viene fatta manualmente per lamiera di spessore superiore ai 100 mm e la foratura viene effettuata per mezzo di un trapano radiale. Con le nuove macchine, il pre-foro sarà necessario per spessori a

partire dai 150 mm ed è in via di progettazione una testa forante per permettere la pre-foratura direttamente sul banco di taglio, evitando ulteriori spostamenti ed evitando due intere fasi a valore non aggiunto.

Si procede con la prima analisi riguardante le ossitaglio vecchie.

<i>Attività</i>	<i>Tempi [s]</i>
0 macchina	1071
Accensione	130
Apertura cannelli	364
Controllo fiamma	08
Fermo per collisione punta	120
Fermo per scoria	576
Inserimento dati	156
Inserimento programma	131
Spostamento macchina alla partenza	292
Posizionamento cannelli	522
Pulizia scorie	88
Raddrizzamento lamiera	291
Raddrizzamento cannelli	62
Riscaldamento	9103
Rapidi	3027
Taglio	71242
Verifica allineamento cannelli	105

L'ossitaglio ha il grande vantaggio di avere dei banchi lunghi che permettono le operazioni di carico e scarico finché la macchina lavora (set-up esterno). Infatti l'Availability ha un valore alto.

Ho considerato come Up Time i tempi per il taglio vero e proprio, per il posizionamento dei cannelli in altezza, per il riscaldamento e i rapidi da un profilo di taglio a un altro.

I tempi di set-up sono: procedura di zero macchina, accensione delle torce, apertura delle torce per fare il taglio con cannelli multipli, inserimento del programma e di dati aggiuntivi sulla macchina, spostamento della macchina in posizione iniziale, raddrizzamento della lamiera e dei cannelli, verifica dell'allineamento dei cannelli.

I fermi sono stati, dall'inizio dell'anno, il 5% del tempo di funzionamento della macchina e sono stati calcolati sulla base di questo dato, poiché non rilevati direttamente durante l'osservazione.

Per quanto riguarda la Performance, sono frequenti, invece, le perdite di velocità legate al problema delle scorie che si formano nel momento in cui la torcia sfonda il materiale. Tali scorie possono invadere l'area di taglio di una sagoma attigua e, per questo motivo, l'operatore deve alzare la torcia e abbassare la velocità. Se la torcia dovesse andare in collisione con la scoria, la punta si sporcherebbe e perderebbe la precisione nel taglio. Le micro fermate sono: controllo della fiamma; fermo per collisione della punta con la scoria; verifica dell'allineamento dei cannelli; pulizia delle scorie presenti sulla lamiera (operazione alternativa alla diminuzione di velocità nel passaggio sulla scoria).

Per ovviare a tali problemi, bisogna migliorare i programmi di taglio attualmente non ottimizzati.

1. Innanzitutto, in linea con la visione dell'Industry 4.0 di attenzione alla sicurezza degli operatori, poiché al momento dello sfondamento si generano una serie di scintille incandescenti in direzione opposta a quella di taglio, si deve fare in modo che la partenza vada verso la postazione dell'operatore per avere le scintille dalla parte opposta.
2. Ottimizzare i tempi, limitando il più possibile il numero di aperture dei cannelli. Si deve, quindi, mettere in sequenza sagome che utilizzano lo stesso numero di cannelli.
3. Per evitare che si tagli sopra alla scoria, si è pensato di porre nei software dedicati ai nesting un vincolo dimensionale per il quale non si possa avere il taglio in una determinata zona. L'ufficio tecnico deve inserire nei programmi di taglio il punto in cui avverrà lo sfondamento, ma non conosce quale effetto produrrà questa scelta sulla lamiera. Ora, quando si crea un nesting, se con la partenza si tocca il perimetro della sagoma vicina, il programma segnala la presenza di un errore. Si vuole che l'errore venga dato ancora prima di arrivare a toccare la sagoma.

Dall'esperienza degli operatori e a seguito di misurazioni a campione delle scorie prodotte su lamiere di spessori diversi, è emerso che in media:

$$\textit{Lunghezza scoria} = \textit{Spessore lamiera}$$

Per scelte di carattere cautelativo, si è pensato di porre:

$$\textit{Lunghezza scoria} = 1,5 * \textit{Spessore lamiera}$$

E, assumendo che la scoria abbia forma circolare, si dovrà considerare che la distanza minima tra una sagoma e la partenza del taglio della sagoma attigua sia maggiore del raggio della scoria del dato spessore.

La Performance è stata calcolata come rapporto tra il tempo teorico di taglio e il tempo effettivo.

Il tempo teorico di taglio è dato dal rapporto tra il perimetro totale tagliato nel periodo di osservazione e la velocità che avrebbe dovuto avere la macchina. La velocità nei macchinari di ossitaglio viene data in base alle punte applicate alle torce, che si suddividono in diverse categorie in base allo spessore che deve essere tagliato: punte 15-25, 25-40, 40-60, 60-100, 100-200, 200-250, 250-300. Le lamiere che ho preso in esame avevano spessore 80 mm, 60 mm e 30 mm e le velocità nominali relative sono rispettivamente 6 mm/s, 6,2 mm/s e 8 mm/s.

Il tempo effettivo di taglio è stato calcolato nello stesso modo, ma con le velocità effettivamente utilizzate durante il taglio. A questo tempo sono stati aggiunti anche i tempi delle micro fermate.

In entrambi i casi sono stati addizionati i tempi di riscaldamento e spostamento tra i profili di taglio.

$$PE = \frac{t \text{ riscaldamento} + t \text{ spostamenti} + \sum t \text{ nom taglio}}{t \text{ riscaldamento} + t \text{ spostamenti} + t \text{ microfermate} + \sum t \text{ eff taglio} * (1 + 0,025)}$$

Il fattore (1+0,025) è stato moltiplicato al tempo effettivo di taglio allo scopo di ridurre la variabilità legata alle condizioni al contorno nelle due diverse osservazioni. Infatti gli operatori scelti per utilizzare i nuovi macchinari non sono gli stessi dell'analisi effettuata sui vecchi macchinari: i primi sono risultati più cautelativi e hanno utilizzato velocità di taglio inferiori rispetto ai secondi. Rapportando nei due casi le velocità di taglio nominali a quelle effettive e quindi i tempi effettivi di taglio a quelli nominali, si ricava che nel primo caso (ossitaglio vecchie) i tempi effettivi sono superiori a quelli nominali del 18%, mentre nel secondo caso (ossitaglio nuove) sono superiori del 23%. Questo significa che gli operatori osservati nell'analisi delle ossitaglio vecchie utilizzano velocità più elevate del 5% rispetto a quelle utilizzate dagli operatori delle ossitaglio nuove. Ipotizzando di analizzare un operaio medio, quindi, ho diminuito la velocità effettiva dei macchinari vecchi e quindi aumentato i tempi di taglio del 2,5%, mentre per quelli nuovi ho aumentato la velocità e diminuito i tempi di taglio del 2,5%, come si vedrà in seguito.

La Quality è buona perché l'operazione di taglio è lenta e l'operatore il più delle volte è in grado di prevenire i problemi. Nel periodo di osservazione, ho rilevato solo un pezzo sbagliato, in cui il taglio non era preciso a causa di una punta sporca.

UT	83894
Set-up	2602
MTTR	4364
DT	6966
Availability A	92,33%
Micro fermate	897
Performance PE	84,13%
Quality Q	99%
OEE	76,90%

La seconda analisi riguardante le ossitaglio nuove è riportata di seguito.

Attività	Tempi [s]
0 Macchina	1424
Accensione torce	713
Apertura torce	1006
Cambio punte	373
Cancellazione programma precedente	94
Compilazione rapportino	125
Controllo punte	428
Fermo	121
Fermo per accensione sbagliata	58
Fermo per perdita taglio	24
Fermo per punta sporca	218
Fermo per mancata partenza di 1 cannello	65
Problema spegnimento fiamma	13
Impacchettamento	1262
Marcatura	184
Microfermata	28
Misurazione lamiera	454
Posizionamento altezza torce	677
Taglio pre-scarico	1245
Problema cannello alzato	226

Prova accensione per vedere stato fiamma	74
Pulizia macchina	189
Pulizia punte	792
Pulizia scorie	138
Rapido	7175
Regolazione cannelli	18
Rilavorazione	1151
Riscaldamento	15184
Simulazione taglio pre-scarico	35
Spegnimento torce	07
Spessorazione	117
Spostamento macchina	931
Taglio	103120

I tempi di carico e scarico rilevati per i nuovi macchinari non vengono presi in considerazione, poiché al momento della rilevazione dei tempi il banco di taglio non era stato ancora completato, mentre nella quotidianità operativa quando il banco sarà completo, come per le ossitaglie vecchie, i tempi di carico e scarico saranno concettualmente nulli perché effettuati a macchina funzionante.

L'Up Time è composto dai tempi per il taglio vero e proprio, il posizionamento dei cannelli in altezza, il riscaldamento e i rapidi da un profilo di taglio a un altro.

I tempi di set-up sono: procedura di zero macchina, accensione delle torce, apertura delle torce per fare il taglio con cannelli multipli, inserimento del programma, spostamento della macchina in posizione iniziale, il cambio e il controllo delle punte, la compilazione del rapportino giornaliero, , l'impacchettamento (cioè il raggruppamento delle torce a bordo macchina che precede l'apertura delle stesse), la marcatura delle sagome, la misurazione della lamiera, il taglio per facilitare lo scarico, le prove per l'accensione della fiamma, la pulizia della macchina e delle punte, la rimozione delle scorie dalla lamiera, la regolazione dei cannelli; le simulazioni, lo spegnimento delle torce e la spessorazione della lamiera.

Durante l'osservazione sono avvenuti alcuni fermi legati a problemi di software, ma tutti di piccola entità.

Le micro fermate che si sono verificate sono: spegnimento errato della fiamma, fermo per innalzamento di una torcia durante il taglio e pulizia delle scorie presenti sulla lamiera per evitare collisioni.

La Performance è stata calcolata come rapporto tra il tempo teorico di taglio e il tempo effettivo.

Come per le ossitaglio vecchie, la velocità varia in base alle punte e il tempo teorico di taglio è stato calcolato dal rapporto tra il perimetro totale tagliato nel periodo di osservazione e la velocità che avrebbe dovuto avere la macchina. Il tempo effettivo di taglio è stato calcolato nello stesso modo, ma con le velocità effettivamente utilizzate durante il taglio. A questo tempo sono stati aggiunti anche i tempi delle micro fermate.

In entrambi i casi sono stati addizionati i tempi di riscaldamento e spostamento tra i profili di taglio.

$$PE = \frac{t \text{ riscaldamento} + t \text{ spostamenti} + \sum t \text{ nom taglio}}{t \text{ riscaldamento} + t \text{ spostamenti} + t \text{ microfermate} + \sum t \text{ eff taglio} * (1 - 0,025)}$$

In questo caso il fattore dato dalle velocità scelte dall'operatore medio é (1-0,025): ho aumentato la velocità e diminuito i tempi di taglio del 2,5%.

La Quality è buona, anche se nel periodo di osservazione, ho rilevato un pezzo sbagliato, al quale è stato necessario apportare una rilavorazione, a causa di un innalzamento improvviso di una torcia. Si tratta comunque di un solo pezzo su 393.

UT	126156
Set-up	11161
MTTR	186
DT	11347
Availability A	91,75%
Micro fermate	705
Performance PE	85,77%
Quality Q	99,74%
OEE	78,49%

L'OEE dei nuovi macchinari risulta superiore a quello dei vecchi macchinari dell'1,6%. Con gli ulteriori miglioramenti che verranno con l'implementazione di tutte le funzionalità della macchina e con l'esperienza che acquisiranno gli operatori, si prevede che l'efficienza aumenti ulteriormente. Questo aumento previsto dell'efficienza, associato al dimezzamento del numero di operatori necessari per ogni turno, porterà notevoli vantaggi economici all'azienda.

4.2.3 Taglio plasma

Il taglio al plasma deriva da una diversa applicazione di una lavorazione già esistente, ovvero la saldatura attraverso il getto di plasma. Il principio con cui si realizza il taglio è il medesimo: sfruttamento dell'energia e del calore.

Nel caso di taglio al plasma da un ugello viene emesso un gas che diventa plasma grazie all'interazione elettrica con un elettrodo (attraverso la generazione di un corto circuito) e, sfruttando il calore prodotto taglia il metallo rompendone la continuità a livello molecolare.

La tecnologia di taglio al plasma viene utilizzato per lavorare lastre di metallo di vari spessori. Per il taglio al plasma di lamiere di acciaio al carbonio, si preferisce limitare il taglio a spessori ridotti ed effettuati manualmente perché in caso di taglio automatico verrebbe meno la precisione del prodotto finale. In Manni Sipre viene utilizzata per una gamma di spessori che va dai coils di 4 mm a lamiere di 25 mm.

Attività	Tempi [s]
0 Macchina	939
Cambio consumabili	640
Carico	1166
Fermo	100
Fermo per collisione torcia	121
Fine lavorazione	24
Inserimento dati	293
Inserimento programma	352
Lubrificazione punta	50
Misurazione spessore	96
Misurazione lamiera	32
Posizionamento torce	159
Preparazione macchina	130
Rapidi	4159
Scarico lamiere	1175
Simulazione	132
Sistemazione lamiere affiancate	123
Spostamento carroponete verso marcatrice	232
Spostamento macchina	199
Spostamento tenda	400

Spostamento torce	199
Taglio	15707
Vuoti d'acqua	30

L'Up Time è dato dalla somma dei tempi di taglio e di rapido.

I tempi di set-up contemplano: zero macchina, cambio dei consumabili, inserimento del programma in macchina, lubrificazione della punta, misurazione dello spessore della lamiera con calibro, misurazione di lunghezza e larghezza della lamiera, settaggio iniziale della macchina.

Si è verificato un fermo di 1,40 minuti (MTTR).

Il Down Time è la somma dei due tempi precedenti.

Le macchine di taglio al plasma sono svantaggiate nelle fasi di carico e scarico per la presenza di banchi corti che non permettono di effettuare il set-up esterno, cioè carico/scarico di lamiera a macchina funzionante, e per la vicinanza al braccio antropomorfo per la marcatura che rischia di trovarsi nella traiettoria del carroponte e quindi di essere guastato.

Per quanto riguarda la Performance, le micro fermate nei macchinari che sfruttano il taglio al plasma sono dovute a collisioni tra la torcia e le sagome già tagliate, che potrebbero alzarsi sul banco, oppure a perdite d'acqua dalla punta di taglio.

È stato rilevato, inoltre, un problema alla cremagliera: a causa dell'usura dei denti, viene a mancare la solidità del meccanismo. Si è osservato che se per i rapidi si utilizza la velocità al 100%, si presenta il rischio che la cremagliera salti in avanti di un dente, quindi di circa 2-3 mm, andando fuori tolleranza (± 1 mm). Per evitare questo problema, la velocità dei rapidi è stata portata al 60%, provocando conseguentemente una perdita di Performance.

I tempi di rapido totali osservati risultano essere pari a 4159 secondi, anziché di 1386 secondi.

La Performance viene calcolata come di seguito:

$$PE = \frac{t \text{ taglio} + t \text{ nom rapidi}}{t \text{ taglio} + t \text{ eff rapidi} + t \text{ microfermate}}$$

Per quanto riguarda la Quality, non ho rilevato alcun pezzo non conforme.

In alcuni casi, la superficie di taglio risultava leggermente seghettata se il consumabile si trovava a fine vita; ma non avendo rilevato alcun reclamo da parte dei clienti a riguardo, la qualità si può ritenere accettabile.

UT	6844
Set-up	1514
MTTR	30
DT	1544
Availability	81,59%
Performance PE	85,39%
Micro fermate	151
Quality Q	100%
OEE	65,06%

Sicuramente la prima azione correttiva da fare è la sostituzione della cremagliera. L'aumento della velocità dei rapidi fino al 100%, porta ad un valore della Performance tendente al 100% e ad un OEE pari a 81,59% (pari all'Availability). Il valore raggiunto supera l'ottimo del settore ed è molto vicino al valore di uno dei più grandi gruppi cantieristici al mondo, leader nella progettazione e costruzione di tutte le tipologie di mezzi navali a elevata complessità, il cui livello di Availability delle macchine per il taglio al plasma è ritenuto accettabile quando raggiunge l'85%.

Per migliorare ancora di più l'efficienza si è pensato ad un cambiamento di layout che prevede lo spostamento della marcatrice vicino alla sabbiatrice permettendo tra i vari vantaggi di avere operazioni di carico/scarico più agevoli.

L'idea sarebbe quella di utilizzare un braccio antropomorfo anche per lo scarico, la rifinitura del perimetro di taglio e la pallettizzazione dei pezzi tagliati.

Attualmente, una volta tagliati i pezzi, vengono estratti dallo scheletro, rifiniti e pallettizzati in base agli ordini dei clienti tramite il lavoro di una cooperativa. Per ridurre i costi e i tempi legati all'outsourcing di queste fasi, si è pensato di sostituire il lavoro della cooperativa con un braccio antropomorfo dedicato allo scarico dei banchi del taglio al plasma. Alping Italia ha sviluppato un sistema che prevede l'utilizzo di un braccio che, tramite la lettura del nesting di taglio, è in grado di estrarre i pezzi, rifinirli tramite un utensile apposito e pallettizzarli, abbinando con un sistema di sensoristica ottica la sagoma all'ordine in base alla posizione sulla lamiera.

Per ottimizzare le fasi di carico/scarico che sono le più influenti nel Down Time, quando si investirà su delle nuove macchine di taglio al plasma, che ora hanno quindici e dieci anni, sarà opportuno investire anche su dei banchi che permettano di avere carico e scarico a macchina funzionante. A questo scopo si è pensato di

suddividere i banchi di taglio in 4 zone: una per il carico, una per la lamiera in attesa di essere tagliata, una per la lamiera in fase di taglio e una per lo scarico.

In questo modo il portale, una volta tagliata la lamiera, si sposterà direttamente sulla lamiera successiva, eliminando tutti i tempi di fermo macchina per l'attesa del carico o dello scarico.

Assumendo di partire da una situazione coincidente alla precedente, con cremagliera in condizioni ottimali, si avrebbe:

- Eliminazione dei tempi di carico e scarico (2341 s);
- Riduzione del tempo di set up a 3759 s;
- Riduzione del Down Time a 3868 s;
- Aumento dell'Availability a 83,7%
- Aumento dell'OEE a 83,7%.

4.2.4 Granigliatrice

La granigliatura (o più comunemente, sabbiatura) è un processo meccanico di trattamento di finitura superficiale che consente di ottenere il miglioramento estetico e funzionale dei pezzi trattati. In Manni Sipre la granigliatrice è a rulli: le lamiere o le sagome vengono posizionate su di essi e passando all'interno della macchina vengono colpite da piccole sfere in piombo, che migliorano la qualità superficiale togliendo calamina, ruggine e altre materie estranee sulla superficie del metallo.

<i>Attività</i>	<i>Tempi [s]</i>
Fissaggio ganci per carico/scarico	159
Carico	570
Chiusura bilancino carroponete	61
Fermo	1427
Marcatura	43
Riapertura bilancino	40
Arrivo carroponete	33
Arrivo operatore	198
Rulli in ingresso	1144
Rulli in uscita	533
Sabbiatura	23940
Scarico appoggi da Rulli uscita	66
Scarico lamiera	1716

Scarico su mezzo di trasporto	979
Spegnimento macchina	265

Per il calcolo dell'Availability:

- L'Up Time è dato dal solo tempo dedicato alla sabbiatura;
- Il tempo di set-up riguarda il fissaggio dei ganci per il carico e lo scarico delle lamiere, il carico e lo scarico delle lamiere sui rulli, l'apertura e la chiusura del bilancino del carroponete per consentire l'operazione di scarico dei fogli di coils da 5 mm, i fermi dovuti a problemi nello scarico e interferenza con altri carroponeti, la marcatura della lamiera con pennarello prima dello scarico, l'attesa per l'arrivo dell'operatore con o senza carroponete, il tempo di trasporto delle lamiere o delle sagome sui rulli, lo scarico degli appoggi su cui sono state posizionate le sagome, lo scarico delle lamiere sul mezzo di trasporto che le porta ai vari macchinari;
- I fermi sono l'1,5% del tempo totale.

I tempi di sabbiatura sono stati analizzati sia per la lavorazione effettuata sulle lamiere ancora da tagliare sia sulle sagome già tagliate e raddrizzate. Per le prime, la velocità nominale è di 2 m/min; per le seconde, la velocità raggiungibile è di 2,5 m/min. Tali velocità sono state utilizzate per il calcolo del tempo nominale di sabbiatura. Il tempo effettivo, invece, è stato rilevato durante l'osservazione. Ho considerato come micro fermate il tempo dovuto alla sistemazione del carroponete (apertura e chiusura bilancino) per lo scarico di lamiere particolarmente sottili.

Con questi dati ho effettuato il calcolo della Performance, come di seguito:

$$PE = \frac{\sum t \text{ nom sabbiatura}}{t \text{ microfermate} + \sum t \text{ eff sabbiatura}}$$

Le velocità effettive sono diverse da quelle nominali, poiché, se l'operatore è da solo, non sempre riesce a caricare e scaricare i rulli in entrata e in uscita alle velocità di regime.

Il valore della Quality si può considerare massimo; infatti, il controllo è puramente visivo. La superficie che si ottiene non deve essere necessariamente uniforme sia per quanto concerne il grado di pulizia sia per quanto riguarda l'aspetto e questo perché eventuali differenze nelle condizioni iniziali della superficie influiscono sul risultato finale.

UT	23940
Set-up	6225
MTTR	453
DT	6708
Availability A	78,11%
Performance PE	87,92%
Quality Q	100%
OEE	68,67%

Per migliorare l'OEE della sabbiatrice, si è pensato di installare delle linee automatiche di sabbiatura e marcatura: operazioni nella maggior parte dei casi consecutive. In questo modo si avrebbe:

- Eliminazione dei tempi di set-up, grazie alla presenza di un buffer in entrata e uno in uscita;
- Eliminazione delle perdite di velocità, in quanto la velocità non dipenderà più dalla presenza o meno di due operatori.

Grazie alla presenza dei buffer, si ridurrebbero i tempi di set up, permettendo la sabbiatura continua senza interruzioni o perdite di velocità legate al set-up: fissaggio dei ganci per carico/scarico, carico, chiusura e apertura del bilancino del carroponete, marcatura della lamiera sabbiata, arrivo dell'operatore e del carroponete, scarico degli appoggi, scarico della lamiera. Il risparmio di tempo legato all'eliminazione di queste attività è pari a 2126 s e comporta:

- Riduzione dei tempi di set-up a 4129 s;
- Riduzione del Down Time a 4582;
- Aumento dell'Availability a 83,94%;
- Aumento della Performance al 100%;
- Aumento dell'OEE a 83,94%.

4.2.5 Layout

Applicando le considerazioni riportate in precedenza per ogni macchinario e per il cambio di layout, si vuole dimostrare che i tempi, e conseguentemente i costi, possono essere ridotti. Come dimostrato nel Capitolo 2, la diminuzione dei costi permetterà all'azienda di raggiungere un grado di customizzazione maggiore.

Un'ulteriore considerazione, doverosa ai fini del miglioramento del processo produttivo, riguarda il layout di stabilimento. Anche il miglioramento dei trasporti

all'interno del ciclo produttivo, porta ad una diminuzione dei costi a valore non aggiunto.

Di seguito viene riportato:

-in Figura 11 il layout attuale dello stabilimento Manni 1 – Divisione Centro Servizi Prodotti Piani.,

-in Figura 12 il layout revisionato, con alcune modifiche per il miglioramento dei flussi di materiale.

Allo stato attuale, il flusso di lamiera tra i diversi macchinari è spesso incrociato e la marcatrice è distante dalla sabbiatrice, dalla quale provengono il più delle lamiere, ed è molto vicina al plasma, vincolando un carico/scarico rapido del vicino taglio al plasma.

Il layout revisionato contempla:

- sistemi di trasporto automatici;
- spostamento della pressa raddrizzatrice al posto della marcatrice;
- sistema automatizzato di sabbiatura e marcatura;
- punto di stoccaggio delle lamiere sabbiate e/o marcate al posto della raddrizzatrice.

Lo spostamento della pressa raddrizzatrice può essere studiato in modo che non ci siano più problemi di accatastamento delle sagome semilavorate in ingresso nel centro di lavoro e quelle già raddrizzate in uscita.

Il sistema automatizzato di sabbiatura e marcatura annullerebbe il collo di bottiglia che ora viene creato dalla sabbiatrice e non ci sarebbe più la necessità di due operatori per ogni turno.

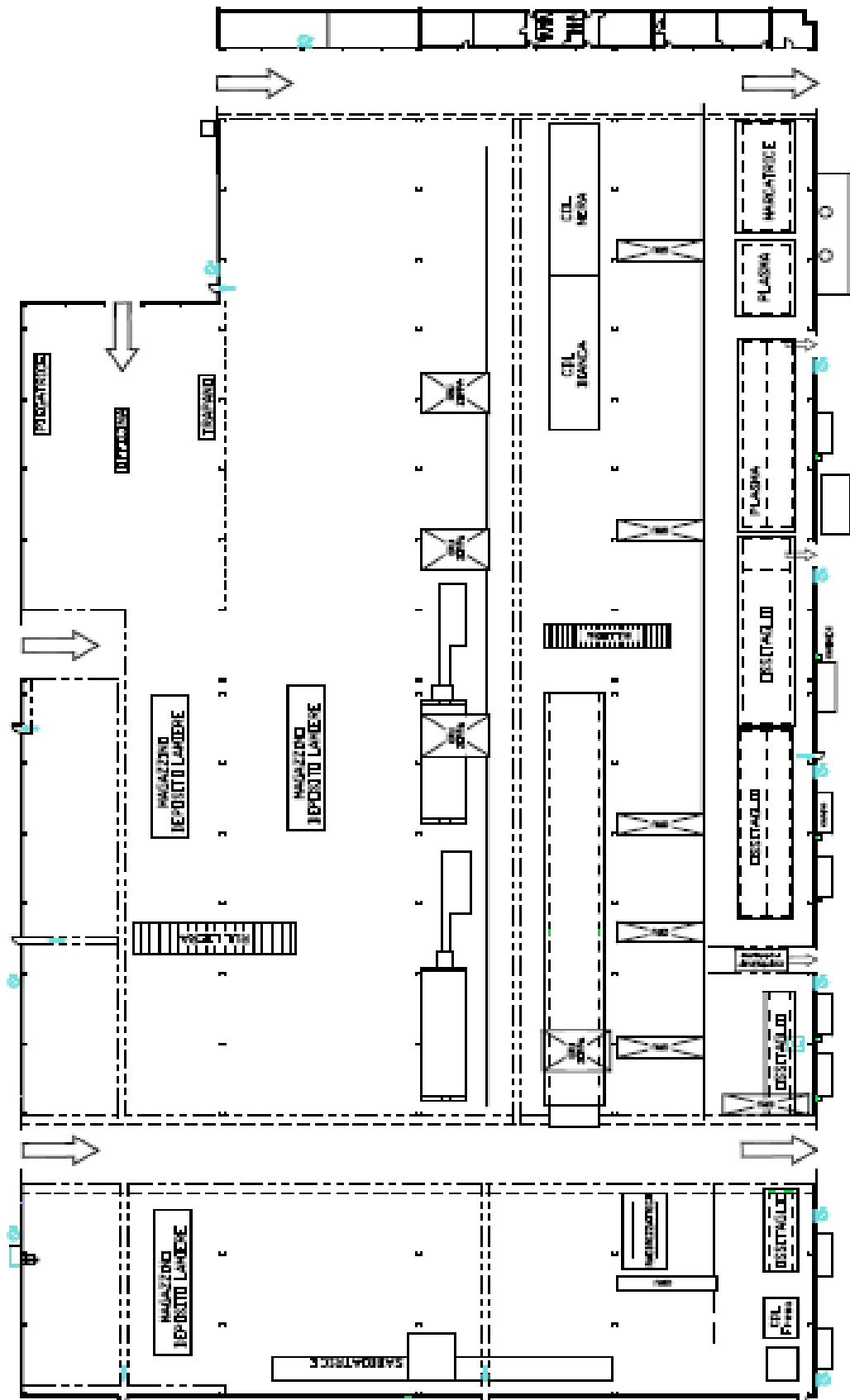


Figura 14 -Layout attuale

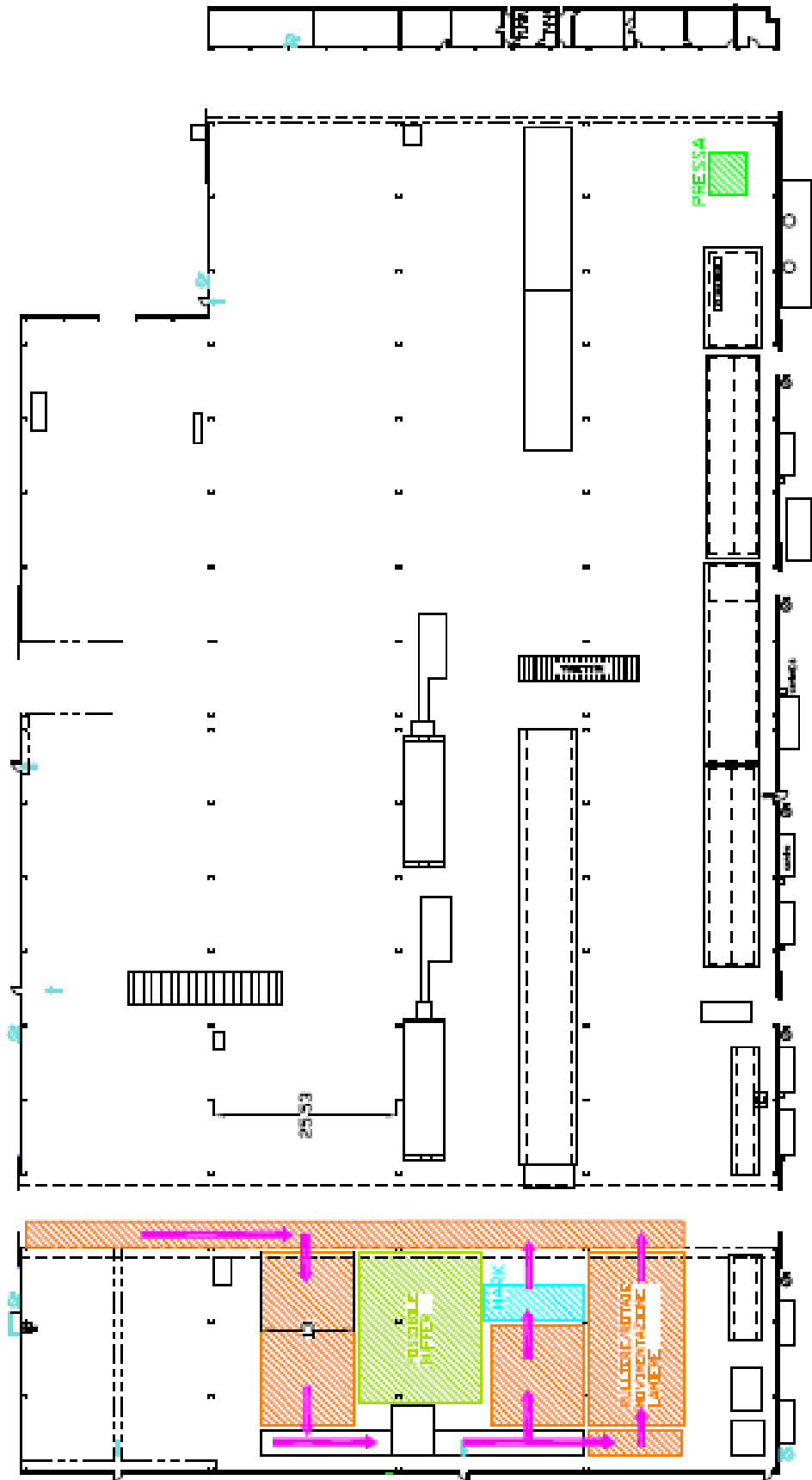


Figura 15 - Layout revisionato

La necessità della vicinanza di sabbiatrice e raddrizzatrice è descritta dalle seguenti From-To Chart.

Delle 162 lamiera prelevate da magazzino in una settimana, il 70% vengono sabbiate, e di queste la metà va in marcatura. La marcatura viene fatta per praticamente tutte le lamiera che verranno tagliate al plasma.

From-To Chart lamiera/settimana

FROM/TO	Magazzino	Sabbiatura	Marcatura	Plasma	Ossitaglio	Osstaglio (striscie)	Gemini
Magazzino		114	13	10	22		3
Sabbiatura			58	10	43	16	4
Marcatura				53			
Plasma							
Oxi							
Oxi striscie							
Gemini							

Tutti gli spostamenti vengono effettuati tramite un trattore industriale, sul cui rimorchio possono essere posizionate fino a circa una decina di lamiera alla volta; fatta eccezione per il passaggio tra marcatura e plasma e tra sabbiatrice e ossitaglio dedicato alle strisce, che si trovano a due a due nella stessa campata e il trasporto viene effettuato tramite carroponete, con portata tendenzialmente di una lamiera per viaggio.

From-To Chart viaggi/settimana

FROM/TO	Magazzino	Sabbiatura	Marcatura	Plasma	Ossitaglio	Osstaglio (striscie)	Gemini
Magazzino		12	1	1	3		1
Sabbiatura			6	10	3	16	1
Marcatura				53			
Plasma							
Oxi							
Oxi striscie							
Gemini							

From-To Chart tempo trasporto medio [s]

FROM/TO	Magazzino	Sabbiatura	Marcatura	Plasma	Ossitaglio	Osstaglio (striscie)	Gemini
Magazzino		2	5	2	3		3,3
Sabbiatura			3	3	2	2	4
Marcatura				1			
Plasma							
Oxi							
Oxi striscie							
Gemini							

From-To Chart lunghezza percorso media [m]

FROM/TO	Magazzino	Sabbiatura	Marcatura	Plasma	Ossitaglio	Osstaglio (striscie)	Gemini
Magazzino		155	80	100	195		53
Sabbiatura			210	220	27	31	235
Marcatura				20			
Plasma							
Oxi							
Oxi striscie							
Gemini							

4.3 Interconnessione

Manni Sipre ritiene di essere ad un livello di maturazione dei processi interni tale da poter accogliere la sfida di automazione e innovazione prevista dall'Industria 4.0 per arrivare ad un cambiamento epocale nella propria storia. Gli incentivi avvengono in un momento di ripresa economica che a livello europeo stenta a decollare e sicuramente il riuscire a cogliere questa opportunità garantirebbe la possibilità di differenziarsi rispetto ai competitors tradizionali che non possiedono le capacità finanziarie per gli investimenti di Manni Sipre. Gli interventi che si stanno analizzando, come visto sopra, prevedono in alcuni casi la sostituzione di impianti obsoleti che in ogni caso sarebbero stati dismessi fra qualche anno visti i

crescenti costi di manutenzione e gestione collegati. Le nuove tecnologie costituite dai nuovi macchinari di ossitaglio, l'idea delle linee di sabbiatura e marcatura automatiche, dell'utilizzo dei centri di lavoro con la funzione "tandem", il sistema di rotazione dei banchi del taglio a plasma e il robot antropomorfo per lo scarico delle sagome sono tutti esempi di Industry 4.0. Infatti: il grado di automazione è elevato, i macchinari sono in grado di interfacciarsi tra loro e di fornire dati utili per il monitoraggio e la reportistica, mentre i lavori ripetitivi senza valore aggiunto degli operatori vengono sostituiti dai macchinari.

Il buon andamento degli ultimi anni di tutti i business dell'azienda permette anche investimenti "coperti" garantendo in ogni caso al gruppo liquidità e costanti buoni risultati nel bilancio aziendale. L'obiettivo del management, sponsorizzato in prima persona dall'amministratore delegato, è quello di sfruttare l'inserimento di questi nuovi impianti per sviluppare nelle persone anche un cambiamento di pensiero privilegiando il lavoro snello e a maggior valore per l'azienda.

Gli investimenti saranno sia finalizzati all'inserimento di nuovi macchinari e impianti fisici, sia ad un miglioramento del flusso informativo aziendale. Sono in corso di inserimento due nuovi sistemi gestionali: SAP per quanto riguarda la parte ERP e SteelProject come PLM per la gestione operativa della produzione. Questi due software coordineranno le procedure aziendali e saranno completamente integrabili tra loro.

4.3.1 SAP

SAP (Systems, Applications and Products in data processing) è un software ERP nato in Germania per andare incontro alle esigenze gestionali e di organizzazione dei dati delle aziende. Il portafoglio applicativo di un'azienda prevede, infatti, una complessa gestione di tutti i processi che vanno dalla pianificazione delle operazioni alla loro esecuzione, passando per la gestione dei dati tecnici. I vantaggi di utilizzare SAP come ERP aziendale sono numerosi.

I sistemi ERP (Enterprise Resource Planning), per le loro caratteristiche progettuali ed informatiche, consentono di razionalizzare le risorse ed ottimizzare la gestione di tutti gli aspetti legati al funzionamento generale di un'impresa. SAP è una configurazione tra le più utilizzate ed efficienti al mondo. Essa prevede la gestione:

- della pianificazione attraverso l'analisi strategica e lo scheduling
- del supporto a flussi informativi e fisici (ordini, scorte, gestione magazzino)

- la gestione dei dati tecnici (distinte, cataloghi, cicli di lavorazione, contabilità).

In questo modo vengono tenute sotto controllo tutte le attività del business, ottenendo un notevole risparmio per quanto riguarda i costi di gestione e gli investimenti.

SAP, in quanto ERP, è un software gestionale che presenta diversi vantaggi: permette di centralizzare le operazioni informatiche tramite un unico database comune a tutte le applicazioni; consente la scalabilità verticale ed orizzontale del sistema; presenta una struttura modulare ed integrata per andare incontro a tutte le esigenze produttive.

Poiché i sistemi ERP hanno tassi di utilizzo in continua crescita e sono installati in oltre il 50% delle aziende europee, è fondamentale conoscerne le diverse funzioni. A questo proposito esistono consulenti funzionali SAP che, grazie alle loro skills in ambito di tecnologia informatica, sono in grado di indirizzare un'organizzazione verso la scelta della migliore soluzione e svolgono assistenza specifica sui moduli durante l'utilizzo di SAP nelle diverse operazioni aziendali.

Un altro dei vantaggi dell'uso dei moduli SAP riguarda l'enorme opportunità di personalizzazione del sistema, che viene sviluppato per la gestione di specifiche aree aziendali. Grazie al SAP è possibile per ogni impresa customizzare il modello gestionale più indicato. Nell'ambito della gestione contabile e logistico-commerciale, ad esempio, si può optare per l'installazione dei moduli:

- FI (Financial Accounting, Finanza e Contabilità)
- CO (Controlling, Controllo di Gestione)
- PP (Production Planning)
- MM (Materials Management, Gestione Materiali-Logistica)
- SD (Sales and Distribution, Vendite e Distribuzione).

La conoscenza del funzionamento di questi moduli è una competenza richiesta a chi lavora nel settore amministrativo oppure agli ingegneri o professionisti dell'area logistica. Un aspetto che rende SAP altamente competitivo è l'offerta di industry solutions, cioè soluzioni verticali altamente predefinite a seconda dello specifico settore industriale.

In Molti molti dei problemi del passaggio di informazioni saranno risolti grazie all'implementazione di SAP. La comunicazione del software gestionale con PLM permetterà di raggiungere l'interconnessione tra i macchinari e una migliore comunicazione tra officina e uffici, ottenendo più feedback dalla produzione e quindi più dati per le analisi di miglioramento.

Ora si utilizzano software diversi e gli svantaggi sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 9 - Svantaggi nell'utilizzo di software diversi e confronto con l'utilizzo di un'unica piattaforma

<i>Piattaforme IT differenti e obsolete</i>	<i>Unica piattaforma IT (SAP)</i>
Attività e processi frammentati, non omogenei e ridondanti	Processi integrati omogenei ed efficienti
Molteplici strumenti non integrati Utilizzo limitato di best practices	Sinergie e intercambiabilità Miglioramento efficienza ed efficacia operativa
Laboriosità nel reperire informazioni	Maggiore rapidità nel reperimento di informazioni
Informazioni difficili da certificare Lentezza decisionale Lentezza nel rispondere al mercato	Decisioni più rapide e qualificate Più rapida risposta al mercato Certificazione, allineamento ed integrità dei dati gestionali
Governance per azienda	Governance strategica di gruppo
Limiti nell'internazionalizzazione	Rapidità e flessibilità nell'estensione di soluzioni IT verso nuovi mercati

Gestione degli Ordini con SAP

Ad oggi il caricamento degli ordini costituisce un grave collo di bottiglia nel processo che va dalla ricezione dell'ordine alla consegna al cliente.

Il caricamento degli ordini è composto da due fasi: inserimento dei dati a gestionale e “pulizia dei disegni” dei clienti per il passaggio al PLM.

L'idea sarebbe quella di acquistare il pacchetto per preventivi di SAP oppure la cosa migliore sarebbe quella di creare un'interfaccia per i clienti in cui possano inserire essi stessi gli ordini direttamente a sistema, eliminando la prima fase e mantenendo solo la pulizia dei disegni. In questo modo si potrebbe migliorare il rapporto valore/effort analizzato all'inizio del capitolo e risultante minore di 1 per l'attività dei commerciali e degli addetti al caricamento degli ordini.

SAP permette anche di costruire una reportistica degli ordini persi con le motivazioni che hanno spinto il cliente a non accettare l'offerta.

Magazzino con SAP

Nella situazione attuale, le informazioni del materiale a magazzino sono poco precise e si perde molto tempo nella ricerca del materiale, soprattutto per i residui riutilizzabili di lamiera .

Insieme ad un Software OCR e un sistema di etichettatura delle lamiere in entrata, SAP tratterà tutte le lamiere dal momento in cui entrano nello stabilimento. Questa fase comporterà un aumento del tempo in ingresso del materiale rispetto a prima, ma diminuirà il tempo richiesto per la ricerca di informazioni sul materiale o per la ricerca del materiale stesso oppure sulla risoluzione dei problemi a valle.

Il vantaggio è che i residui verranno rimessi a magazzino, considerando solo le dimensioni effettivamente riutilizzabili e le caratteristiche del materiale in entrata verranno trasferite al residuo.

Sarà utile anche ai commerciali avere tutte le informazioni da subito, che adesso invece devono richiedere a terzi. In particolare la logica di SAP, sarà utile anche per il problema attuale di "impegno delle lamiere". Oggi quando il cliente ordina lamiera in lunghezza commerciale l'addetto alle vendite deve "impegnare la lamiera" da vendere al cliente; mentre se il consumatore ordina delle sagome tagliate, l'"impegno della lamiera" da utilizzare viene fatto dall'impiegato dell'ufficio tecnico che prepara il nesting per il taglio. Con il gestionale attuale, il commerciale non riesce a vedere se la lamiera che sta per impegnare è già destinata al nesting che sta preparando l'ufficio tecnico. SAP, invece, evidenzia in tempo reale il problema, nel momento dell'esportazione del nesting dal PLM a SAP, controllando che le lamiere nestate siano ancora disponibili.

Certificazione con SAP

Il processo di certificazione è fondamentale nel settore siderurgico e costituisce tuttora una fase critica del flusso informativo aziendale.

Il cliente deve ricevere i certificati dell'acciaio acquistato, sulla base del fatto che ogni colata di acciaio ha una composizione chimica diversa e quindi anche proprietà meccaniche diverse e deve essere attestata la qualità del materiale venduto. I certificati di qualità richiesti alla Manni rientrano nella normativa UNI EN 10204 3.1: documento con il quale il produttore attesta la conformità del materiale sulla base di test eseguiti su campioni della stessa colata e dello stesso lotto (specific inspection). Il documento è rilasciato da un addetto del controllo qualità interno dell'acciaieria all'azienda.

Quando il materiale arriva in Manni verrà applicata un'etichetta su ogni lamiera, la quale riporterà la partita con molte delle caratteristiche del materiale, tra cui la

colata. Grazie all'informazione sulla colata, Abbyy, il software dedicato alla lettura e all'invio dei certificati, allegnerà su SAP il certificato alla partita corrispondente e, con l'invio del documento di trasporto, avverrà in automatico anche l'invio dei certificati di qualità, se richiesti dal cliente. Il processo verrà quindi snellito e si eviteranno ritardi nell'invio dei certificati.

Ordini di produzione con SAP

Ad oggi gli ordini di produzione non esistono e viene gestita la produzione attraverso gli ordini di vendita.

SAP, quando viene rilasciato l'ordine di vendita, lo sigilla e genera direttamente l'ordine di produzione in base alle lavorazioni di centri di lavoro generici.

Attualmente i sistemi informativi non riescono ad evidenziare in maniera precisa lo stato di avanzamento di un ordine, poiché, ragionando per ordine di vendita, non esiste un ciclo produttivo formale e poiché gli avanzamenti delle fasi sono previsti solo per le operazioni per cui è richiesto l'utilizzo di PLM.

Il beneficio che porterà SAP riguarda:

- Formalizzazione dell'ordine di produzione;
- Formalizzazione del ciclo produttivo;
- Avanzamento di tutte le fasi di tale ciclo.

Di conseguenza può essere gestita anche l'informazione del carico di lavoro di ogni macchinario, in modo che si possa pianificare la produzione con uno strumento adeguato, assegnando l'ordine di produzione al macchinario con disponibilità maggiore.

Con ordini di produzione combinati, come quelli che si generano con il nestaggio dove vengono congiunti ordini diversi nella stessa lamiera, si genera un'informazione su come organizzare il prelievo e lo spostamento delle lamiere per i singoli ordini di produzione in base alle possibili lavorazioni antecedenti al taglio.

Lavorazioni in outsourcing con SAP

Adesso l'informazione sullo stato del materiale affidato ad aziende esterne è molto scarsa; con SAP si potranno conoscere anche queste informazioni, visto che anche le aziende esterne rientreranno nel ciclo di lavorazione.

4.3.2 PLM

La gestione del ciclo di vita del prodotto, o Product Lifecycle Management (PLM) è un approccio strategico alla gestione delle informazioni, dei processi e delle risorse a supporto del ciclo di vita di prodotti e servizi, dalla loro ideazione, allo sviluppo, al lancio sul mercato, al ritiro. Il PLM non è solo una tecnologia informatica, ma piuttosto un approccio integrato, basato su un insieme di tecnologie, su metodologie di organizzazione del lavoro collaborativo e sulla definizione di processi.

L'obiettivo del PLM è ottimizzare lo sviluppo, il lancio, la modifica e il ritiro di prodotti o servizi dal mercato, in termini di minor tempo, minori costi, maggiore qualità, minori rischi. Si basa sull'accesso condiviso a una fonte comune da cui attingere dati, informazioni e processi relativi al prodotto. È una strategia di business che consente all'impresa estesa di apportare innovazione di prodotto o servizio durante tutto il ciclo di vita, dalla fase di concezione all'obsolescenza, come se a operare fosse un'unica entità e creando un archivio di prezioso capitale intellettuale riutilizzabile in qualsiasi momento. In breve, il PLM è un supporto all'innovazione. Ad esempio, nel settore automobilistico, l'applicazione delle metodologie e dei sistemi di PLM permettono lo scambio di informazioni, mentre queste sono ancora in divenire, tra progettisti della scocca dell'auto, progettisti degli stampi con cui verrà prodotta la scocca e progettisti dei componenti (ad. es. fanali) che verranno montati sulla scocca. Scambiarsi informazioni tra membri del team esteso - che include diverse risorse di differenti reparti aziendali, oltre a clienti e partner esterni - è la base della collaborazione.

Il PLM è utilizzato, o è in corso di valutazione, nelle industrie manifatturiere, energetiche, della difesa, farmaceutiche e chimiche, alimentari, tessile e abbigliamento e altre.

Viene frequentemente messo sullo stesso piano di altri approcci di business con cui è complementare e per alcuni aspetti in sovrapposizione come l'Enterprise Resource Planning (ERP), il Customer Relationship Management (CRM) e il Supplier Relationship Management (SRM).

Il PLM è composto da una serie di moduli che concorrono e collaborano allo sviluppo del prodotto; questi possono essere categorizzati come segue:

- **Product Data Management:** gestione della documentazione tecnica (CAD/CAM/CAE) e di progetto (documenti legati al materiale tecnico relativo ai prodotti); comprende spesso una gestione del ciclo di vita dei documenti in parallelo con la definizione dei principali processi di lavoro relativi alla produzione degli stessi (vedi Workflow management).

- Product Structure Management: gestione della configurazione di prodotto (Struttura, BOM).
- Configuration management: gestione delle varianti e dei lotti di produzione.
- Change management: gestione dei cambiamenti di una o più entità che descrivono il prodotto.
- Workflow management: strumento di gestione del flusso aziendale dei dati.
- Catalog Library: gestioni dei componenti normalizzati e delle parti standard (viti bulloni, resistenze).
- Supply Chain Management: gestione dello scambio dati con i subfornitori.

In alcuni casi, per sineddoche, si considerano comprensivi della famiglia delle tecnologie PLM anche agli strumenti di produzione del dato tecnico stesso (CAD/CAM/CAE)

L'implementazione di uno o più moduli in un sistema PLM dipende dal grado di integrazione che si vuole dare al processo produttivo.

Il PLM è maggiormente diffuso nel settore industriale manifatturiero discreto e sta iniziando ad essere considerato e utilizzato nel settore delle telecomunicazioni, dell'energia e dei servizi: in generale in tutte quelle attività o settori dove esiste un focus e un ciclo di vita di sviluppo di nuovi prodotti o servizi. La spesa totale stimata annua in prodotti e servizi di PLM, nel 2005, è di oltre 15 miliardi di \$, con una crescita di circa il 10% all'anno.

Manni Sipre ha deciso di effettuare l'acquisto di Steel Projects PLM come software per la gestione della produzione, con lo scopo di avere: un unico gestionale PLM per tutte le divisioni Manni Sipre, aggiornamenti real time sull'avanzamento degli ordini e sullo stato e la produttività degli impianti e un'Automatic Interface & Data Exchange con l'ERP.

4.4 Reti neurali, apporto migliorativo in Manni Sipre

Sistemi come le reti neurali potranno essere molto utili anche in azienda per automatizzare operazioni ripetitive di ottimizzazione del materiale.

Nel caso delle lamiere, una delle operazioni da eseguire prima di effettuare il taglio è quella di decidere la posizione sul foglio di metallo dello spessore desiderato dei pezzi da tagliare, questo in modo da ottimizzare il materiale riducendo di conseguenza lo scarto e facendo rendere al massimo il taglio. Questa operazione è il nesting e viene realizzata appunto prima del taglio delle lamiere prendendo attraverso un programma computerizzato le forme in scala reale dei pezzi da tagliare e ruotandole opportunamente, metterle sulla superficie virtuale del foglio di lamiera per vedere poi che percentuale di sfrido uscirà dopo aver eseguito il lavoro.

Questa operazione permette anche di calcolare a tavolino il tempo necessario per il taglio lamiera in modo da poter programmare il lavoro ed ottimizzare i cicli della macchina che se dotata di carico e scarico automatico dei pezzi può lavorare anche la notte senza bisogno che ci sia un operatore a controllarla.

Inoltre possiamo controllare prima del taglio delle lamiere vero e proprio in modo visivo il percorso ed eventualmente modificarlo. I programmi più evoluti infatti permettono, dopo aver deciso i parametri che la macchina deve utilizzare, di creare una disposizione ed un percorso automaticamente ottimizzati.

Come nel settore dell'automotive, il pilota automatico è in grado di operare automaticamente grazie all'apprendimento fatto su una serie molto ampia di esempi, dati in input, così anche per i nesting si può operare nello stesso modo.

I vantaggi dell'utilizzo di tale strumento sarebbero molteplici:

Sulla base di una serie di dati in entrata, la rete riuscirebbe ad elaborare un algoritmo in grado di ottimizzare il più possibile lo spazio disponibile della lamiera. Si ipotizza che molto probabilmente la percentuale di sfrido, oggi considerata accettabile al 30%, venga diminuita di molto.

Sarà ottimizzata anche la scelta delle commesse da inserire nella stessa operazione di taglio, togliendo un onere importante anche alla fase di pianificazione della produzione. Questa scelta infatti, ad oggi, viene fatta dal pianificatore, ma la decisione è complessa in quanto le variabili in gioco sono molte e devono essere coerenti all'interno dello stesso nesting: spessore e qualità della lamiera, date di consegna, richieste di trattamenti superficiali e collaudi in fasi precedenti, ecc.

Le risorse umane necessarie per le operazioni di nesting sarebbero ridotte e si ridurrebbe anche l'effort impiegato dall'azienda per questa fase che, come visto a inizio capitolo, supera il valore riconosciuto dai clienti.

Conclusioni

L'obiettivo di questa tesi è stato quello di descrivere, la Mass Customization, che ormai è un sistema produttivo molto utilizzato nella nostra epoca, e di affrontarlo utilizzando gli strumenti gestionali, studiati in questi anni.

I prodotti e i servizi personalizzati sono sempre più richiesti, ma la loro gestione a livello aziendale non è semplice.

Come conclusione del mio percorso di studi in Ingegneria Gestionale, ho voluto analizzare questo sistema complesso, diverso da quelli affrontati in questi anni.

Per prima cosa, mi sono focalizzata sulla spiegazione teorica di quella che è la Mass Customization in letteratura. Ho fatto riferimento principalmente al libro di Joseph Pine II "Mass Customization, The new frontier in Business Competition", e di alcuni articoli universitari.

Ho trattato poi l'evoluzione dei mercati, con le motivazioni che hanno portato a questo cambiamento nei bisogni dei consumatori, e l'evoluzione della produzione da Mass Production a Mass Customization.

Inoltre ho voluto elencare alcuni metodi gestionali e delle tecniche utili per gestire la complessità legata a questo tipo di produzione, collegando il tema attuale dell'Industry 4.0 come possibile soluzione al problema. Quella che viene definita "Quarta Rivoluzione Industriale", infatti, propone tecnologie, ma soprattutto idee, come l'interconnessione e l'utilizzo dei Big Data, che permettono di semplificare processi e flussi informativi altrimenti sempre più complessi.

Per il caso studio ho preso in esame l'azienda Manni Sipre spa, nella quale ho effettuato il tirocinio, presso il Business Unit Department.

Manni Sipre è un centro servizi acciaio, in cui il cliente può acquistare materiale in lunghezza commerciale o mandare i propri progetti per realizzare prodotti tagliati, in una logica di Make To Order.

Nel corso del mio tirocinio, mi sono concentrata sulla Divisione Prodotti Piani (lamiere), effettuando a bordo macchina le misurazioni dei tempi di quasi tutti i macchinari per il calcolo dell'Overall Equipment Effectiveness (OEE).

Dall'analisi in Manni è emerso che l'azienda fornisce un alto livello di personalizzazione (78,47%), un indice di reattività molto buono (20%) e l'OEE di tutti i macchinari analizzati supera il 55%, che è il valore medio dell'indice per il settore metallurgico.

Per aumentare l'efficienza degli impianti, sono stati suggeriti ulteriori miglioramenti per quanto riguarda: la gestione dei macchinari, alcune attività all'interno della catena del valore e il layout.

Il calcolo dell'OEE ha permesso di stabilire quantitativamente l'incremento di efficienza apportato dal miglioramento della gestione dei macchinari:

Macchina	OEE attuale	OEE migliorato	Δ OEE
Centri di lavoro	64,09%	66,12%	2,03%
Ossitaglio	76,90%	84,69%	7,79%
Taglio Plasma	65,06%	83,70%	18,64%
Granigliatrice	68,67%	83,94%	15,27%

Se si considera la dimostrazione del secondo Capitolo, nella sezione dell'Analisi Quantitativa del grado di customizzazione, si ha che l'incremento dell'efficienza, che si può ipotizzare implichi una diminuzione dei costi C dello stesso valore, porta di conseguenza ad un aumento proporzionale della domanda Q di prodotti personalizzati.

Si possono così incrementare il numero di ordini per i servizi di sabbiatura (da 981 a 1131), ossitaglio (da 2112 a 2277), taglio al plasma (da 528 a 626), filettatura e fresatura (da 97 a 99) e foratura (da 182 a 186); per un totale di 418 ordini in più (da 4348 a 4766).

Questo aumento di ordini ha implicato un cambiamento dei pesi del grado di personalizzazione offerti che sono diventati: per la sabbiatura da 76,27% a 77,44%, per il taglio da 39,28% a 79,73%, per la filettatura e fresatura da 97,77% a 97,92% e per la foratura da 95,81% a 96,10%; per un totale complessivo dei pesi dei servizi personalizzati di 10,60 (contro il 10,20 di partenza).

Questo aumento dei pesi, ha portato ad un aumento del grado di customizzazione dal 78,47% all'81,54%.

Per finire, è stato trattato anche l'aspetto software, dal momento che l'azienda sta investendo in ERP e PLM nuovi e che questi avranno un ruolo fondamentale nello scambio di informazioni e nella semplificazione dei processi.

Un altro tema di cui ho trattato è stato quello delle reti neurali artificiali, che ormai costituiscono una realtà sempre più concreta e che sono sicuramente spunto per ulteriori approfondimenti. Sicuramente saranno molto utili nelle fasi di creazione di programmi di taglio ottimali, in Manni Sipre.

La migliorata gestione del flusso informativo e il raggiungimento delle soluzioni ottime per la creazione dei programmi di taglio, permette di incrementare ulteriormente l'efficienza dei sistemi produttivi; infatti in questo modo si avrà che: la riduzione degli errori nel passaggio di informazioni implica una riduzione delle non conformità, mentre l'ottimizzazione dei programmi di taglio permette di accorciare i tempi complessivi di lavorazione.

Un aspetto che non è stato approfondito, ma sarà oggetto dell'analisi che affronterò nel mio futuro lavorativo più prossimo, è la pianificazione della produzione. La gestione della produzione è fondamentale nei sistemi produttivi di Mass Customization, in cui i flussi per la realizzazione dei prodotti sono il più delle volte diversi tra loro e una pianificazione corretta è indispensabile nella riduzione degli sprechi e quindi nell'aumento dell'efficienza.

Alla luce delle ricerche effettuate sul tema e dall'esperienza in azienda, posso affermare che la Mass Customization è un tipo di produzione sempre più importante per i nostri tempi. Saperla gestire con gli strumenti e le tecniche adatte e in un'ottica di miglioramento continuo è la strategia vincente per affrontare il mercato che caratterizza la nostra epoca.

Bibliografia

- "A 'mass custom design' approach to upgrading conventional housing development in Mexico", di Noguchi, M.; Hernández-Velasco, C.R. (2005)
- Auction-based Variety Formation and Steering for Mass Customization, in: Electronic Markets , di Blecker, T.; Abdelkafi, N.; Kreutler, G.; Kaluza, B (2004)
- “Cloud: Opening Up the Road to Industry 4.0”, Oracle (2016)
- "Customizing Mass Housing: a discursive grammar for Siza's houses at Malagueira", di Duarte, J.P. (2001)
- Gestione della Produzione, di Alberto F. De Toni, Roberto Panizzolo, Agostino Villa (2013)
- “Industria 4.0, la rivoluzione nelle operation”, di L. Battazzati e T. Rossi, R. Secchi (2017)
- Industry 4.0 Implies Lean Manufacturing: Research Activities in Industry 4.0 Function as Enablers for Lean Manufacturing, di Adam Sanders (2016)
- La Configurazione di Prodotto, di Forza e Salvador (2004)
- Mass Customization: An Exploration of European Characteristics , di Coletti e Aichner (2011)
- "Mass Customization as a Collaborative Engineering Effort", di Chen, Songlin; Wang, Yue; Tseng, Mitchell (2009). International Journal of Collaborative Engineering.
- Mass Customization, in: Handbook of Industrial Engineering, Technology and Operation Management, di Tseng, M.M.; Jiao, J. (2001)
- Mass customization: Literature review and research direction, International Journal of Production Economics, di Silveira, Borenstein e Fogliatto (2001)
- Mass Customisation – Overview Archived 2012-09-07 at Archive.is
- Mass Customization: The new frontier in business competition, di Joseph Pine II (1993)
- Measuring the Effect of Customization in Influencing the Success of ERP Implementation, Conference Paper · (January 2010)

Operations Management for Competitive Advantage, di Chase, Jacobs e Aquilano (2006)

“Piano d'azione per una siderurgia europea competitiva e sostenibile”, Parlamento Europeo, (2015), Full Report

Product Information Management fo Mass Customization, di Forza e Salvador (2007)

"Special issue editorial: the what, why and how of mass customization", di McCarthy, I.P. (2004)

Technological Forms and Ecological Communication: A Theoretical Heuristic, di Mathur, Piyush (2017)

"The Four Faces of Mass Customization". Harvard Business Review.

"The Manufacturing Process Of Custom Neckties". Shop4Ties. Retrieved 4 January 2015.

The Fourth Industrial Revolution , di Klaus Schwab (2016)

Toward a parsimonious definition of traditional and electronic mass customization , di Kaplan, A.M; Haenlein, M (2006). Journal of product innovation management

Toyota Production System, di Taiichi Ohno, (1988)

TPM, Gestione della Manutenzione, Prof. Sgarbossa Fabio - Universita' Di Padova

Using an attribute-based DSS for user-customized products online: An experimental investigation, di Kamis, Koufaris, Stern (March 2008)

Sitografia

www.dizionariologistica.com

www.economia.it

www.amazon.it

www.research-chapter.it

www.treccani.it

www.digilander.libero.it

www.businessdictionary.com

www.sapere.it

www.keynesiano.wordpress.com

www.ryanair.com

www.corporate.obag.it

www.impresaoggi.com

www.appelmo.com

www.intelligenzaartificiale.it

www.icgnet.it

www.mannigroup.com

www.siderweb.com

www.ilprogettistaindustriale.it

www.tesla.com

www.fbifbi.it

www.hindawi.com

www.omsg.it

www.gasparisrl.it

www.mckn.eu

www.agendadigitale.eu

www.mannisipre.com

www.casadei-industria.com