

LUISS



Dipartimento
di Impresa e Management

Cattedra di Progettazione Organizzativa

Lean Six Sigma: l'utilizzo della Business Transformation per il miglioramento dei processi aziendali

Prof. Sara Lombardi

RELATORE

Prof. Daniele Mascia

CORRELATORE

Gloria Rotundo
Matr.740731

CANDIDATO

Anno Accademico 2021/2022

Sommario

Introduzione	2
CAPITOLO 1:	8
Lean, Six Sigma e digitalizzazione: una triade per l'innovazione	8
1.1 I nuovi imperativi della trasformazione digitale	8
1.1.1 I requisiti della digitalizzazione	9
1.1.2 Il paradigma "Industria 4.0"	14
1.2 L'impatto trasformativo della digitalizzazione sulla progettazione organizzativa	21
1.2.1 L'architettura digitale e la trasformazione organizzativa	25
1.2.2 Una nuova definizione dei sistemi sociotecnici	29
1.3 L'allineamento tra digitalizzazione e la metodologia Lean Six Sigma	34
CAPITOLO 2:	38
LEAN SIX SIGMA, un programma ibrido per il miglioramento delle prestazioni organizzative	38
2.1 L'importanza di una strategia operativa efficiente per una <i>smart factory</i>	38
2.2 Lean management: le origini	43
2.3 Overview della gestione snella	47
2.3.1 Fasi iniziali dell'approccio Lean	49
2.3.2 Gli sprechi in ottica Lean	51
2.3.3 Le tecniche Lean	53
2.3.4 Gli strumenti Lean	58
2.4 Six Sigma: le origini	76
2.5 Overview di Six Sigma	78
2.5.1 Le fasi preliminari di Six Sigma	79
2.5.2 Tecniche e strumenti Six Sigma	81
2.6 Lean Six Sigma	97
2.6.1 Formazione Lean Six Sigma	103
2.6.2 Lean Six Sigma 4.0	105
CAPITOLO 3:	111
Il Caso Sidel	111
3.1 Protocollo e disegno di ricerca	111
3.2 Presentazione del Gruppo Sidel	113
3.3 La fase di indagine	121
3.4 Esiti della ricerca qualitativa	130
CONCLUSIONI	135
FONTI	138

Indice delle Figure

Figura 1	Pilastri delle rivoluzioni industriali (Lokpriya et al., 2019)	8
Figura 2	La struttura a strati della tecnologia digitale (Benkler, 2006; Farrell e Weiser, 2003)	11
Figura 3	Quadro teorico dell'innovazione digitale (Cooper e Zmud, 1990)	13
Figura 4	L'impatto della digitalizzazione (Parviainen et al., 2017)	14
Figura 5	Esempi delle diverse componenti dell'Industria 4.0 (Corte dei conti europea, 2020)	17
Figura 6	Innovation is exponential (FCA Italy Spa, 2017)	19
Figura 7	Il modello della teoria classica dell'organizzazione (Gasparini 1976)	22
Figura 8	Il modello delle contingenze organizzative (Gasparini, 1976)	23
Figura 9	Interacting variable classes within a sociotechnical work system" (Bostrom e Heinen, 1977)	28
Figura 10	Key technology megatrends transforming production (McKinsey&Company, 2018)	35
Figura 11	The impact of digitalization on firms and the business environment (ECLAC, 2021)	40
Figura 12	Digital Factory-Needs (FCA Italy Spa, 2017)	41
Figura 13	Characteristics of lean manufacturing (Drohomeretski et al., 2014)	46
Figura 14	The hierarchical structure of Lean Approach (Tohidi et al., 2012)	48
Figura 15	Logiche Push e Pull (Galgano Group, 2022)	55
Figura 16	Balanced and unbalanced production (Linck e Cochran, 1999)	58
Figura 17	VSM, simboli (www.leanmanufacturing.it)	59
Figura 18	Matrici aggregata prodotto-processo (www.galganogroup.com)	60
Figura 19	Typical VSM Components (Martin, 2014)	61
Figura 20	Esempio di Spaghetti Chart (www.leanmanufacturing.it)	62
Figura 21	Produzione pull con sistema Kanban (Leanmanufacturing.it)	64
Figura 22	Logistica tradizionale e Milk Run (Openmindtech.it)	65
Figura 23	"Gemba" (Kaizen Institute, 2018)	66
Figura 24	Kaizen e Kaikaaku (Leansolutions.it)	68
Figura 25	Le 5S (Make Group, 2020)	69
Figura 26	One piece-flow (Viola, 2014)	75
Figura 27	Traditional quality improvement cycle and ZQC (Kumar e Watt, 1998)	76
Figura 28	Sigma, una misura della variabilità (Galganogroup, 2022)	82
Figura 29	Effetto della variabilità (Galganogroup, 2022)	83
Figura 30	DPMO and Sigma Performance (Tohidi et al., 2012)	84
Figura 31	La metrica Six Sigma (Galganogroup, 2022)	85
Figura 32	Confronto tra tre Sigma e sei Sigma (Operationalexcellence.net, 2022)	86
Figura 33	DMAIC Cycle (Snee e Hoerl, 2003)	88
Figura 34	DMAIC Highlights	89
Figura 35	FMEA Analysis (Mainsim Academy, 2022)	91
Figura 36	Diagramma SIPOC (Twproject, 2022)	93
Figura 37	House of Quality template (Jones, 2022)	94
Figura 38	Fish-bone diagram (Agostinis, 2018)	96
Figura 39	Confronto tra TQM, Six Sigma e Lean	98
Figura 40	Rendimenti decrescenti di Six Sigma e Lean singolarmente (Arnheiter e Maleyeff, 2005)	100
Figura 41	Differenze fondamentali tra Six Sigma e Lean Management (Tohidi e KhedriLiraviasl, 2012)	100
Figura 42	Curva LSS (Arnheiter e Maleyeff, 2005)	101
Figura 43	Integrare Lean e Si Sigma (Festo Academy, 2022)	102
Figura 44	House without waste (Tohidi e KhedriLiravias, 2012)	102
Figura 45	Gerarchia delle certificazioni LSS (www.considi.it)	105
Figura 46	Benefici tangibili e intangibili delle pratiche green (Corso di Management of Circular Economy. De Giovanni Pietro, 2021)	109
Figura 47	Modello di business circolare (Potting et al., 2017)	110
Figura 48	Soluzioni Sidel (www.sidel.com/en)	113
Figura 49	Dipendenti e vendite delle divisioni di Tetra Laval (Sidel Corporate Presentation, 2022)	114

Introduzione

L'esplosione di nuove tecnologie digitali ha rivoluzionato drasticamente le tradizionali strategie di organizzazione e di gestione delle imprese che sono spinte a rivedere la propria fisionomia. La pervasività e l'ubiquità della tecnologia, coadiuvate dalla crescente integrazione di soluzioni di ICT nelle industrie e nella società nel suo complesso, hanno reso possibile la creazione di sistemi sociotecnici interconnessi, in cui gli individui sono posti a stretto contatto con le tecnologie avanzate, interagiscono e collaborano con le stesse. Grazie alla digitalizzazione, le organizzazioni beneficiano di nuove modalità all'avanguardia per lo svolgimento delle attività di routine: persone e tecnologia via via instaurano robuste dipendenze reciproche, co-producono generando congiuntamente risultati di valore più consistente. Progressivamente si sta affermando il concetto di "industria *smart*", anche detta *Industry 4.0* (Sodhi, 2020), unitamente alla subordinata espressione di "produzione *smart*", per indicare l'iniziativa di trasformazione della produzione industriale incentivata dalla digitalizzazione. L'aspetto tecnico più rilevante è l'integrazione tra il mondo fisico e il digitale che si incontrano dando vita a sistemi *cyber*-fisici, caratterizzati dalla proliferazione di sensori e dispositivi atti a creare un ecosistema interconnesso tra attori multipli. Oltre a ciò, le organizzazioni stanno traslando l'attenzione dal prodotto finale a un *focus* sempre più incentrato sul cliente, per comprenderne bisogni e necessità da soddisfare in modo coerente; così, avanzano nuove forme di coinvolgimento dell'utente finale (anch'esso sempre più digitale nelle abitudini di consumo) nei processi di creazione del valore, in cui l'attiva partecipazione riflette la visione "*user*-centrica" propria delle organizzazioni contemporanee. In questo contesto, si assiste ad un'ulteriore trasformazione importante che fa riferimento al fenomeno denominato "*servitization*" (Reis et al., 2020) e che è da intendersi come il principio per il quale il servizio non è semplicemente un'aggiunta alla vendita di un prodotto, bensì diventa parte integrante di questo come un elemento centrale dell'offerta. In altre parole, l'interesse non è esclusivamente rivolto al prodotto in sé, ma all'utilizzo che ne fa il cliente il quale genera una grande quantità di dati e informazioni utili a seguito della fruizione del servizio. La "servitizzazione" richiede quindi alle imprese un mutamento dal punto di vista procedurale e strutturale, al fine di creare un modello operativo capace di erogare in combinazione ai prodotti anche gli annessi servizi, modificando la consueta gamma di prodotti grazie a nuove possibilità di diversificazione.

La novità e la complessità dell'era digitale si scontrano con la capacità delle aziende di comprendere realmente le potenzialità della digitalizzazione e di adeguarsi al processo di transizione che questa comporta; in questa accezione, l'adozione di innovazioni digitali apre un ventaglio di opportunità alle aziende di tutti i settori, a cui si aggiunge il fenomeno della globalizzazione che rende i mercati di tutto il mondo fortemente interconnessi, ampliando così le possibilità di internazionalizzazione per le aziende che ricercano vie inesplorate al fine di generare profitti al di fuori del mercato domestico. Parallelamente ai benefici appena descritti, l'economia

globale pone innumerevoli sfide ai business, tra cui vanno citati la diminuzione della disponibilità di risorse, l'inarrestabile concorrenza di altre realtà imprenditoriali e l'incremento di clienti instancabili in costante ricerca di requisiti di qualità sempre più elevati rispetto a quanto sia già presente sul mercato. Queste sfide sono i presupposti per nuove linee di innovazione che richiedono più propriamente un riorientamento delle tradizionali strategie operative e una maggiore agilità delle aziende nell'adattarsi a diverse contingenze per garantire la sostenibilità del proprio business anche in proiezione futura. I nuovi modelli organizzativi, infatti, si discostano dalla obsoleta visione delle imprese intese come "container" (Winter et al., 2014), concetto secondo il quale il *know-how*, le infrastrutture e le informazioni vengono incapsulate all'interno di perimetri aziendali ben definiti, e cedono il passo a una concezione di innovazione "open".

Oggi, i confini imprenditoriali diventano più "porosi" proprio a causa dell'impatto della digitalizzazione che implica un flusso continuo di informazioni in tutte le direzioni del sistema (fuori e dentro), e vi è la consapevolezza che i contributi esterni al business possono davvero fare la differenza, fornendo competenze e conoscenze utili tali da risultare dirompenti quanto alla portata di innovazione e alla capacità di modificare lo status quo di un mercato.

Le predette considerazioni rendono necessaria una riorganizzazione dei consolidati assetti organizzativi, dove il concetto di gerarchia statica "top-down" viene abbandonato in favore di strutture più adattabili, con livelli di autorità meno stringenti e più flessibili, con responsabilità diffusa nei diversi livelli, in cui la strategia aziendale può essere allineata più volte alle contingenze sia esterne che interne. In una prospettiva di lungo termine, occorre reinterpretare il concetto di valore e ridefinirne il processo di creazione tenendo conto dei limiti di crescita fisici connaturati agli attuali assetti di produzione e dei comportamenti di consumo globale.

Poiché la competizione tra diverse realtà imprenditoriali aumenta sempre più, si accentua la pressione sulle stesse nello sforzo di garantire un'offerta di qualità, mediante cicli di produzione rapidi, obiettivi focalizzati sulla soddisfazione di clienti sempre più esigenti e, allo stesso tempo di coniugare l'abbassamento dei costi con l'innalzamento dell'output prodotto.

L'elaborato che qui si propone ha l'obiettivo di analizzare l'efficacia del Lean Six Sigma (LSS) che è stata definita come una strategia e una metodologia di business per migliorare le prestazioni aziendali e l'efficienza operativa, per aumentare la qualità dei prodotti, per ridurre i costi di produzione e per accrescere la soddisfazione del cliente, soprattutto considerando la crescita dei mercati globali (Albliwi et al., 2014). L'interesse verso Lean Six Sigma è cresciuto molto negli ultimi anni, specie in alcuni settori legati agli alti volumi di produzione, poiché si stanno comprendendo i vantaggi non solo monetari che si possono trarre attraverso l'implementazione di questa metodologia, le cui tecniche, se orchestrate in modo appropriato all'interno dei contesti organizzativi, conducono al successo di lungo termine e all'evoluzione del progetto imprenditoriale. Velocità dei flussi di lavoro, riduzione delle attività a basso valore aggiunto,

minimizzazione della difettosità dell'output, elevati standard qualitativi del prodotto o servizio erogato, tempestività nelle risposte alle richieste di mercato sono solo alcuni dei benefici che si possono trarre a seguito dell'impiego del modello gestionale proposto.

L'obiettivo della discussione è di sostenere che la combinazione della filosofia Lean e la disciplina Six Sigma, e la loro congiunta applicazione in modo estensivo e sistematico, sia una strategia vincente per snellire i cicli di produzione, nonché una leva volta all'oggettiva misurazione delle inefficienze, alla correzione delle stesse e al perfezionamento dei caratteri qualitativi degli output. La tecnica Lean, da un lato, genera valore migliorando il flusso di processo e riducendo il *lead time* attraverso l'identificazione e la riduzione degli sprechi generati nel ciclo di valore dell'organizzazione, garantendo efficienza e flessibilità dei processi produttivi e decisionali, ponendo come obiettivo finale l'eccellenza operativa. Six Sigma, dall'altro lato, crea valore identificando e riducendo la variazione di processo, migliorando inoltre l'affidabilità e la qualità degli standard interni. Pertanto, l'adozione di Lean Six Sigma come approccio metodologico, basato su rigore e metodo, garantisce il raggiungimento di due obiettivi d'impresa strategici, apparentemente antitetici, ossia il miglioramento dei livelli qualitativi dei prodotti e dei servizi erogati assieme a una drastica riduzione dei costi dei processi.

La maggior parte delle implementazioni Six Sigma segue il ciclo DMAIC (acronimo di *Define, Measure, Analyze, Improve e Control*) (Tohidi e KhedriLiraviasl, 2012) che rappresenta un approccio strutturato alle attività di miglioramento ed è un quadro comprovato per ottenere un *upgrade* significativo delle prestazioni, anche grazie al supporto fornito dalle tecnologie digitali di ultima generazione. Entrambi gli approcci sono di per sé efficaci ma se implementati isolatamente o in modalità "*stand-alone*" potrebbero contribuire ad un iniziale miglioramento delle performance aziendali, gradualmente attenuando l'effetto positivo sull'intera organizzazione che tenderebbe a raggiungere un *plateau* per poi registrare rendimenti decrescenti. Ciò è dovuto alle varie limitazioni associate a ciascuno di questi approcci applicati separatamente. Pertanto, è emersa la necessità di esplorare una nuova modalità per un continuo miglioramento della redditività e della produttività dei processi, in modo tale che le debolezze di entrambe le filosofie siano superate dai vantaggi di una strategia integrata come Lean Six Sigma.

Il presente lavoro ha come oggetto lo studio del modello di nuova generazione che unisce i due approcci, sfruttando così le sinergie e la complementarità di entrambi, andando a colmare i deficit dell'uno con i punti di forza dell'altro. Va puntualizzato che tale metodologia non deve essere intesa come un espediente per rimpiazzare piani organizzative e decisionali già radicati, ma vada viceversa ritenuta come un programma da inserire in un assetto già preesistente per il miglioramento dei processi, orientato a un grado superiore di "*customer satisfaction*" e alla riduzione dei costi.

L'analisi e lo sviluppo di tale argomento è frutto di un'intenzione mirata ad indagare la pianificazione, i rischi e i cambiamenti organizzativi che l'adesione al nuovo framework comporta e a investigare quale sia l'atteggiamento che le imprese debbono assumere per rimanere competitive nel quadro della complessità e dell'incertezza odierne. L'allineamento con le priorità e con la cultura aziendale è la chiave per la corretta e graduale adozione di LSS, nonché per assicurare il massimo rendimento dalle sinergie che si instaurano.

Un *trend* da tenere in considerazione nella ricerca è l'attivazione di pratiche sostenibili come parte integrante del processo di produzione, scaturito dalle pressioni esercitate dalle istituzioni riguardo alle tematiche di carattere ambientale. Le imprese vengono poste in prima linea per quanto concerne lo sviluppo e l'attivazione di iniziative volte a ridurre l'impatto ambientale negativo derivante dalle operazioni e vengono ritenute attori esemplari per istruire la popolazione ad intraprendere abitudini di consumo sostenibili. L'ultima parte della trattazione è dedicata all'approfondimento di *Green Lean Six Sigma* (GLSS) che viene descritto come un robusto framework inclusivo che annette il carattere ambientale e sostenibile a LSS, risultando in linea con gli obiettivi preposti dall'Agenda 2030 e i relativi SDG's (*Sustainable Development Goals*) (Adams, 2017). È di grande attualità la crescente sensibilizzazione tra i consumatori riguardo alle politiche "eco-friendly" adottate dalle società; vale a dire che investire sulla responsabilità sociale d'impresa è cruciale per assicurarsi una reputazione che perduri nel tempo e per mantenere una fidelizzazione dei clienti di lungo termine.

Infine, dall'esame degli approcci teorici che giustificano e dibattono la direzionalità proposta di relazione fra le due metodologie, il presente lavoro prende in esame il caso specifico dell'azienda SIDEL di Parma, primaria impresa mondiale che realizza soluzioni destinate al packaging in PET dei liquidi alimentari e che applica in modo integrale l'approccio oggetto di questa tesi, anche con le specifiche certificazioni. Lo scopo della sezione conclusiva dell'elaborato è di suffragare con un esempio concreto i dati forniti dai modelli teorici.

Metodologia di analisi

L'obiettivo di questa ricerca è quello di fornire un quadro dettagliato del modello gestionale emergente denominato Lean Six Sigma, ritenuto come una valida concezione manageriale dotata di collaudati principi e tecniche per lo sviluppo di un piano di miglioramento entro un contesto organizzativo. Per garantire una valutazione aggiornata, si considera pertinente proporre una rappresentazione del fenomeno della digitalizzazione che si sta progressivamente affermando negli scenari aziendali, nel tentativo di porre enfasi sugli effetti che hanno le pratiche digitali in relazione alla progettazione organizzativa. La decisione di analizzare la “trasformazione digitale” come macro-argomento deriva dal fatto che questo funge da guida e da sfondo rispetto all’oggetto di studio che si vuole esaminare in questa tesi. Al fine di raggiungere l’obiettivo, è stata utilizzata una revisione sistematica della letteratura per chiarire, per prima cosa, il concetto di digitalizzazione e le associate implicazioni nel contesto sociotecnico e sulla gestione del lavoro. Successivamente, è stata condotta una comparazione tra i modelli organizzativi che la letteratura passata suggerisce e sono state passate in rassegna le teorie più recenti nel medesimo ambito. Il *corpus* centrale dell’elaborato viene descritto nel capitolo due, in cui viene approfondita e sostenuta l’ipotesi che la metodologia Lean Six Sigma costituisca una vantaggiosa strategia operativa di miglioramento delle prestazioni aziendali, nonché un’effettiva risposta alle complicazioni causate dalla trasformazione digitale in atto. In dettaglio, si è posta l’attenzione sulle origini, sulle tecniche, sul processo e sugli strumenti Lean, e rispettivamente Six Sigma, presentati separatamente al fine di mettere in risalto i vantaggi e i punti di debolezza di ciascuna strategia. La volontà di esporre separatamente le due pratiche di gestione parte dal fatto di descrivere in maniera approfondita ogni aspetto che le caratterizza ma soprattutto di porre enfasi sulla forte complementarità che le unisce, risultando in una strategia vincente per le organizzazioni che mirano a incrementare i propri risultati e a perfezionare i propri modelli operativi.

L’indagine è stata svolta attraverso una revisione della letteratura, ricercando ed esaminando articoli, pubblicazioni e riviste scientifiche (prevalentemente in lingua inglese) attinenti all’area di ricerca per fornirne una descrizione e una valutazione critica, al fine di ottenere una panoramica coesa delle fonti esplorate e ritenute compatibili tra loro. Inoltre, è stata condotta una lettura approfondita di un volume in lingua italiana dedicato al Lean Thinking, argomento di particolare interesse per la sottoscritta, di cui sono state inserite alcune nozioni ritenute particolarmente significative per lo sviluppo della discussione. In questo modo, attraverso uno studio comparato delle diverse fonti è stato possibile individuare eventuali correlazioni tra diversi studi, così come prospettive e interpretazioni divergenti in merito al tema in esame, che dispone di una vasta documentazione più o meno recente e che denota una produzione scientifica in costante sviluppo. Il materiale impiegato per la redazione dell’elaborato è stato reperito da diversi portali e database online che raccolgono la documentazione di celebri e attendibili autori internazionali. In

particolare, sono stati consultati Springer, Elsevier, ResearchGate, Emerald e Perlego, previa sottoscrizione agli archivi. Il criterio di selezione delle fonti è stato basato essenzialmente sul grado di coerenza delle stesse necessario a supportare le tematiche stabilite, così da offrire un contributo significativo al campo di studio. In linea generale, la decisione di riportare un articolo all'interno della trattazione è stata basata su una valutazione qualitativa del contenuto della fonte individuata; inoltre è stato circoscritto il campo di ricerca ai concetti reputati più rilevanti per i fini della discussione, la cui inclusione nella trattazione potesse fornire interessanti spunti e contribuisse a fornire una rappresentazione esaustiva dell'argomento. L'approccio è stato quindi quello di includere molteplici opere e informazioni, prevalentemente rintracciate in lingua inglese, per esporre diverse prospettive e per strutturare un quadro completo dell'argomento in questione. Inoltre, è stato ritenuto opportuno avvalersi del materiale trattato nel corso di Progettazione Organizzativa previsto al secondo anno del percorso di laurea magistrale in Gestione d'Impresa e diretto dalla professoressa Sara Lombardi; l'integrazione di alcune rilevanti tematiche affrontate in ambito accademico ha permesso di articolare un quadro teorico ancor più dettagliato. In sintesi, attraverso una revisione sistematica della letteratura, che spazia dalla produzione sul tema della digitalizzazione, alla progettazione organizzativa, al *Quality Management*, sino all'ambito del *Risk Management*, ci si è prefissati di rispondere alla domanda di ricerca che ha guidato l'ideazione e lo sviluppo della presente tesi: la metodologia Lean Six Sigma, nata dalla conciliazione di due potenti pratiche di gestione, può rappresentare un modello innovativo di supporto alle imprese che vogliono migliorare le proprie prestazioni in vista dello scenario digitalizzato di oggi?

CAPITOLO 1:

Lean, Six Sigma e digitalizzazione: una triade per l'innovazione

1.1 I nuovi imperativi della trasformazione digitale

La storia ci ha insegnato come le rivoluzioni industriali interessino tre categorie principali: persone, processi e tecnologie (Lokpriya et al., 2019), come rappresenta il triangolo di seguito riportato nella Figura 1. Il DNA di una rivoluzione dirompente è costituito da uno stretto rapporto tra elementi “*hard*” (processi, tecnologia, applicativi) e componenti “*soft*” (persone, relazioni motivazioni), la cui metamorfosi, coordinata e sincronizzata, rappresenta il punto di partenza per un cambiamento di successo. Per affrontare una radicale trasformazione che influenza i metodi di lavoro e le modalità di interazione delle parti coinvolte è necessario muoversi in un percorso che consideri in maniera equilibrata le dimensioni illustrate. Oggi, “innovare” significa far funzionare un meccanismo composto da diversi ingranaggi che sono in costante divenire e che fungono da *driver* grazie ai quali si realizza una vera e propria rivoluzione.

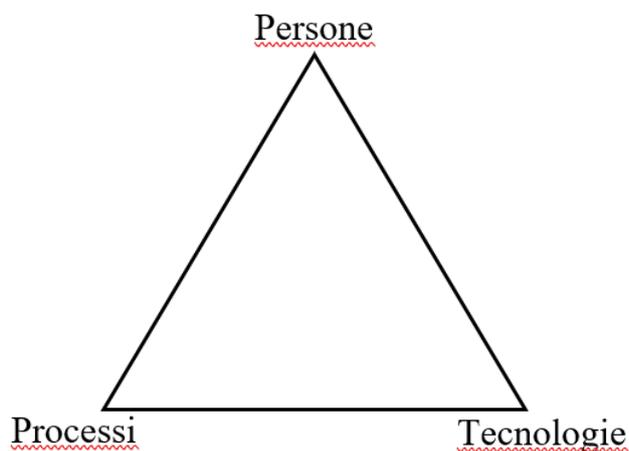


Figura 1 Pilastri delle rivoluzioni industriali (Lokpriya et al., 2019)

Lo scenario attuale, in particolare, si presenta come la manifestazione lampante della diffusione di un nuovo paradigma: i mutamenti tecnologici dirompenti che stiamo osservando hanno apportato profondi cambiamenti al contesto socioeconomico che risente sensibilmente della “trasformazione digitale”. Tuttora, è in corso una significativa rivoluzione che abbraccia molteplici aspetti della società contemporanea, in cui le strutture sociotecniche preesistenti e consolidate da tempo evidenziano la necessità di un profondo rinnovamento e di un nuovo adeguamento in linea al cosiddetto processo di “digitalizzazione”. Il carattere innovativo dell’era digitale si fonda sulla forte pervasività delle recenti tecnologie che si propagano rapidamente su larga scala in tutti gli aspetti della vita quotidiana. L’esito del fenomeno sopra indicato è l’instaurazione di strette sinergie tra umani e tecnologia digitale che risultano altamente interdipendenti.

La digitalizzazione è stata identificata come una tendenza (o “*megatrend*”) tecnologica in esponenziale crescita la cui adesione è ormai globale: ubiquità e connettività continua sono le

caratteristiche distintive di questo fenomeno indotto dall'impiego di massa di nuove soluzioni digitali. Pertanto, la risultante dell'iper-connessione di persone e cose, mediata dalla proliferazione di supporti digitali, è la creazione di un sistema integrato, anche designato come “*network*”, in cui le parti coinvolte interagiscono continuamente e dispongono di informazioni e dati accessibili e interscambiabili con rapidità. Le reti industriali e sociali precedentemente disconnesse o debolmente connesse diventano ora fortemente connesse.

1.1.1 I requisiti della digitalizzazione

In questo contesto, è fondamentale distinguere la “digitizzazione” dal processo di “digitalizzazione”: il primo concetto fa riferimento alle azioni e ai processi concreti di conversione dei flussi di informazione analogici in *bit* (contrazione di “cifre binarie”) digitali; il secondo termine, invece, concerne la tecnologia di digitalizzazione delle informazioni (Srai e Lorentz, 2019) e l'infusione della stessa nelle attività quotidiane che saranno svolte appunto in “simbiosi digitale”. Ringenson et al. (2018) supportano tali definizioni per evidenziare la differenza tra le condizioni tecnologiche necessarie per il cambiamento sociale legato al digitale (digitizzazione) e il cambiamento effettivo (digitalizzazione) nel panorama sociotecnico. Di fatto, l'innovazione digitale non si limita alla codifica di informazioni analogiche in formato digitale, ma abbraccia un significato più ampio. Tuttavia, la *Digitization* è il requisito necessario ma insufficiente (Yoo et al., 2010), nonché il primo passo fondamentale che ha abilitato la digitalizzazione e, più in generale, è da considerarsi il *driver* della *Digital Transformation* dell'economia, delle istituzioni e della società e delle imprese sia private che pubbliche.

Per comprendere la natura dell'innovazione digitale e per dare un'idea dell'impatto che la digitalizzazione può avere a livello strategico e organizzativo è necessario mettere in risalto gli attributi distintivi delle emergenti tecnologie digitali rispetto alle versioni analogiche precedenti: “riprogrammabilità”, omogeneizzazione dei dati e la proprietà autoreferenziale (Yoo et al., 2010) sono le caratteristiche imprescindibili delle innovazioni digitali. Volendo andare più nel dettaglio, i dispositivi di ultima generazione sono in grado di eseguire un'ampia gamma di funzioni, in cui la logica funzionale viene separata dal dispositivo fisico che la esegue; vale a dire che il contenuto viene sganciato dal mezzo. Il distacco tra la componente fisica e quella digitale ha permesso di rilassare alcuni vincoli strutturali e di fattibilità tecnica e ha consentito di elevare il grado di modularità dell'architettura dei prodotti. Ad esempio, un prodotto fisico con architettura modulare, ha il grande vantaggio di avere le interfacce dei componenti standardizzate, permettendo una “riprogrammabilità” dei singoli moduli senza avere un impatto sull'intera architettura di prodotto (Fujita, 2002). In secondo luogo, sebbene i dati digitali provengano da fonti eterogenee, questi vengono mappati in un insieme uniforme di numeri binari che rendono le informazioni accessibili, memorizzabili, trasmettibili e visualizzabili tramite qualsiasi dispositivo digitale incorporato in una rete; parimenti, un componente sviluppato ad hoc per un determinato prodotto, potrà essere

facilmente adattato ad altri prodotti o servizi. Infine, l'autoreferenzialità sottintende che l'innovazione digitale richiede l'uso della tecnologia digitale stessa, andando a creare esternalità di rete positive che accelerano la diffusione e la disponibilità di dispositivi, servizi e contenuti digitali (Hanseth e Lyytinen, 2010). La natura autoreferenziale implica altresì che ogni nuovo artefatto o tecnologia diventa la base su cui progredire (Kallinikos, 2006; Yoo, 2010).

Oltre a quanto già indicato, per tracciare un profilo tecnologico completo, è opportuno accennare alle altre caratteristiche essenziali degli artefatti digitali individuate da Kallinikos et al. (2013), ovvero modificabilità (*editability*), interattività (*interactivity*), apertura (*openness*) e distribuzione (*distributedness*); tramite questi concetti si ribadisce la natura immateriale degli artefatti digitali, i cui componenti sono agnostici dai prodotti fisici, determinando dunque il superamento dei vincoli di materialità imposti dai precedenti prodotti non digitali. In sintesi, avvalendosi della definizione concisa sviluppata da Ekbia (2009), gli artefatti digitali possono essere contemplati come dei “quasi-oggetti” identificati da legami relazionali e processuali. È inoltre possibile aggiornare continuamente i prodotti digitali, scomporli fino alla loro rappresentazione binaria di base, modificarne sia una parte insignificante che una parte sostanziale, grazie alla proprietà della granularità, che attribuisce a essi una significativa flessibilità.

Si può così affermare che la tecnologia digitale abbia “democratizzato” l'innovazione, che è uno degli aspetti più interessanti dell'odierno scenario globale senza frontiere, dal momento che si è acquisita la consapevolezza che l'innovazione non appartiene più soltanto a grandi *player*, ma si moltiplicano le opportunità e le modalità di innovare, anche da parte di realtà di dimensioni minori e perfino per gli utenti. Questo avviene anche in merito “all'architettura a strati”, tradotta in termini anglosassoni come “*layered architecture*” (Adomavicius et al., 2008; Gao e Iyer, 2006) che contraddistingue la tecnologia digitale.

Come illustrato nella Figura 2, l'architettura a più livelli è composta da quattro stadi: dispositivi, reti, servizi e contenuti. Gli strati manifestano due separazioni critiche, ossia quella tra dispositivo e servizio, come conseguenza della ri-programmabilità menzionata anteriormente, e quella tra rete e contenuti, provocata dall'omogeneizzazione dei dati. Il dispositivo può essere ulteriormente scomposto nell'apparato fisico che lo costituisce e nelle funzionalità o capacità logiche correlate che lo collegano agli altri strati. Analogamente, il livello di rete è suddiviso nello strato di trasmissione fisica e di trasmissione logica. Questo stato di flusso e di costante trasfigurazione rende il valore e l'utilità di questi artefatti condizionati dalle mutevoli reti di relazioni funzionali che si creano con altri dispositivi in contesti e organizzazioni specifiche. Allo stesso modo, viene ripartito il controllo sullo sviluppo e sull'uso di questi dispositivi da parte di una vasta gamma di parti interessate disperse (Kallinikos, 2013). L'architettura della tecnologia digitale così esposta denota sostanziali cambiamenti nelle logiche di organizzazione e di innovazione di un'impresa e rende la gestione della stessa un compito tecnico e sociale complesso.

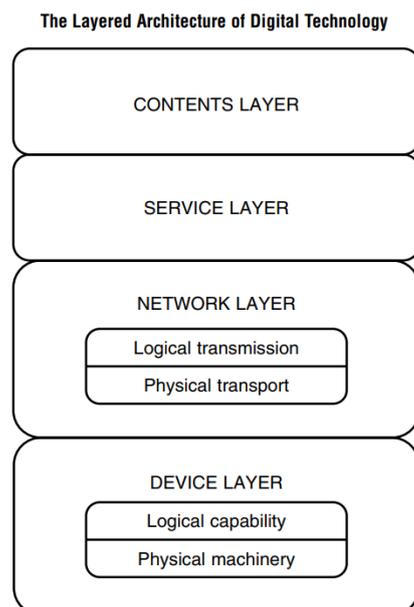


Figura 2 La struttura a strati della tecnologia digitale (Yoo et al., 2010)

Al giorno d’oggi, il digitale non è più concepito come un fenomeno eccezionale dal carattere straordinario, piuttosto è ritenuto un *trend* in crescente sviluppo, con componenti in costante evoluzione, che ha dato vita ad una “nuova normalità”, in cui le tecnologie emergenti sono sempre più presenti, in particolar modo, negli assetti organizzativi. L’economia tradizionale, con i suoi sistemi organizzativi, produttivi e di governo, si sovrappone o si fonde con l’economia digitale, contraddistinta da connotati fortemente innovativi, per quanto concernei modelli di business, di produzione, di organizzazione e di *governance* aziendale.

Tutto questo si traduce in un nuovo sistema intrecciato digitalmente in cui i modelli di entrambe le sfere interagiscono, dando vita a ecosistemi più complessi che, attualmente, sono in fase di trasformazione organizzativa, istituzionale e normativa (ECLAC, 2018).

La trasformazione digitale è definita come “i cambiamenti nelle modalità di lavoro, nei ruoli e nell’offerta aziendale causati dall’adozione di tecnologie digitali in un’organizzazione o nell’ambiente operativo della stessa” (Parviainen et al., 2017). Non si tratta di un evento isolato ma di un mutamento a più stadi, di cui sono individuabili i seguenti macro-livelli:

- livello di processo - prevede l’adozione di nuovi strumenti digitali che comportano la revisione e la razionalizzazione dei processi e dei passaggi operativi;
- livello organizzativo - implica l’offerta di nuovi servizi e l’abbandono di pratiche obsolete, oppure l’offerta di servizi esistenti in modi nuovi;
- livello del dominio aziendale - suggerisce un cambiamento dei ruoli e delle funzioni nelle catene del valore e negli ecosistemi aziendali;
- livello della società - riguarda il cambiamento complessivo della struttura della società nelle abitudini, nei modi di lavorare e nelle interazioni.

In ottica organizzativa, si comprende come la trasformazione digitale non sia una mera iniziativa ambiziosa, piuttosto un iter articolato di transizione, di natura complessa e strutturato su più fasi, nonché un modello scalabile, in vista della capacità di poter gestire in maniera flessibile e dinamica possibili aumenti o diminuzioni di utenti, funzionalità e prestazioni. Va puntualizzato che il processo di digitalizzazione non avviene automaticamente all'interno delle organizzazioni: per questo motivo, è inquadrato come un'iniziativa strategica predisposta e stimolata da funzioni IT, ove la struttura organizzativa esistente, che incorpora visioni aziendali, culture, routine e meccanismi di lavoro, riveste uno sfondo critico per agevolare l'introduzione della stessa.

A tale riguardo, sono state elaborate tre concettualizzazioni dominanti riferite al nesso tra i sistemi informativi e l'innovazione: la prima, "*information technology (IT) innovation*" è stata utilizzata per riferirsi all'adozione e alla diffusione organizzativa di nuovi processi, prodotti e servizi abilitati dall'IT (Fichman, 2004); in questo caso, l'innovazione risiede nell'assimilazione e nella trasmissione di soluzioni digitali. La seconda prospettiva, denominata "*digital innovation*", afferma che l'innovazione digitale è da collocare in una visione incentrata sul prodotto che coinvolge nuove combinazioni di prodotti fisici e digitali (Lee e Berente, 2012; Yoo et al., 2010). In tale accezione, l'innovazione si riferisce al ruolo delle architetture sottostanti agli artefatti IT che hanno implicazioni per la strutturazione e la gestione dell'innovazione all'interno delle aziende, strettamente correlata al design. "*Information System (IS) innovation*" è invece un'ottica più ampia usata per denotare l'applicazione dell'IT all'interno delle configurazioni aziendali che richiedono cambiamenti significativi al fine di sviluppare nuovi prodotti, servizi o processi (Fichman et al., 2014).

Confrontando le tre concettualizzazioni, appare evidente come non vi sia una definizione univoca per descrivere il fenomeno della digitalizzazione ma che i campi di applicazione sono molteplici. In generale, un primo modello si fonda sull'idea che l'innovazione digitale sia racchiusa nei risultati delle imprese che includono prodotti, servizi e processi abilitati dall'IT; in secondo luogo, si delinea la convinzione che la progettazione e lo sviluppo siano un aspetto chiave dell'innovazione, che implica l'adozione, la rielaborazione di nuove soluzioni e la diffusione di queste all'interno dell'organizzazione. Il terzo modello ipotizza una teoria più olistica che descrive l'innovazione digitale come il motore che attiva cambiamenti nella struttura, nella cultura e nei processi dell'organizzazione stessa, dando vita a nuovi modelli di business (Fichman et al., 2014). In sostanza, la digitalizzazione non impatta solo sui processi, ma incide anche sui prodotti e sui servizi. Le opportunità relative ai processi digitali interessano il modo in cui le aziende gestiscono le loro operazioni, ivi incluse quelle di logistica e di produzione. Vengono altresì adoperate apparecchiature connesse e controllate digitalmente (o da remoto), e i dati vengono trasferiti dall'interno e tra gli stabilimenti per ottimizzare i flussi di processo e, infine, l'analisi delle informazioni è volta a migliorare su base continuativa i processi stessi. Comparativamente, le

opportunità riguardanti l'offerta digitale conferiscono le capacità “intelligenti” ai prodotti e ai servizi associati, di cui si possono monitorare le modalità di utilizzo dei clienti e le prestazioni dei prodotti nel post-vendita, quindi sviluppare nuovi tipi di servizi, nuovi modelli di prezzo e, in definitiva, nuovi modelli di business (Porter e Heppelmann, 2014).

Si nota come le iniziative di digitalizzazione siano attività impegnative da gestire, a causa del loro impatto ad ampio raggio sulle strutture organizzative, sui processi di lavoro, sui contenuti del lavoro e sulle dinamiche competitive che possono essere considerevolmente alterate. Inoltre, sono diverse le forze e le componenti che concorrono al processo di transizione, che, in generale, possono essere schematizzati nel “Quadro teorico dell'innovazione digitale”; la suddetta configurazione fornisce una visualizzazione di quelle che sono le fasi fondamentali del processo, sebbene non vi sia un ordine sequenziale prestabilito da seguire e, a seconda delle circostanze, uno o più step possono essere omessi.

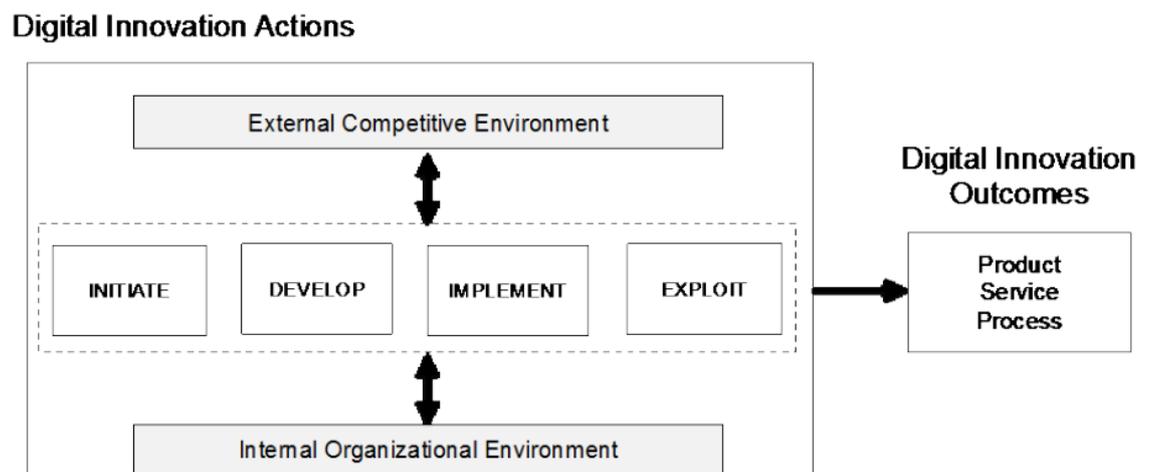


Figura 3 Quadro teorico dell'innovazione digitale (Cooper e Zmud, 1990)

Le attività di iniziazione, sviluppo, implementazione e sfruttamento costituiscono la base dello schema. In breve, secondo questo approccio l'innovazione digitale include attività di avvio (quali l'identificazione di opportunità, l'assimilazione e l'applicazione di valide conoscenze dall'interno e dall'esterno), di sviluppo (la progettazione e l'adozione di nuovi sistemi informativi), di implementazione (installazione e mantenimento del sistema informativo dal punto di vista tecnico e organizzativo, includendo nuovi sistemi di *governance*, di formazione e di processo) e di “sfruttamento” (massimizzazione dei rendimenti e ricombinazione di sistemi/dati esistenti per nuovi scopi) (Cooper e Zmud, 1990). Al contempo, va mantenuto il focus sul contesto organizzativo interno e sull'ambiente competitivo esterno, poiché entrambi possono influenzare ed essere influenzati dall'innovazione digitale.

Sebbene gli innumerevoli benefici che la digitalizzazione possa apportare alle imprese siano stati compresi, sussistono ancora importanti ostacoli che rischiano di frenare o addirittura impedire una

favorevole implementazione dei nuovi regimi digitali: l'imprecisa pianificazione delle risorse aziendali e dei ruoli, l'irrigidimento dei sistemi manageriali e di gestione delle informazioni, ancora influenzati dalle prassi amministrative precedenti, oltre che la selezione di priorità e obiettivi contrastanti, sono condotte che comportano l'insuccesso della trasformazione. Ragion per cui, per evitare tali rischi è necessario che le organizzazioni riprogrammino il loro *mind-set* e l'approccio ai processi, in modo da costruire una cultura che possa favorire il cambiamento.

L'incidenza della digitalizzazione e le finalità ad essa connesse sono state sintetizzate da Parviainen et al. (2017) in tre punti chiave: *in primis*, il potenziamento dell'efficienza interna che consiste nella riprogettazione delle modalità di lavoro e delle funzionalità interne, con l'obiettivo di aumentare coerenza, qualità e precisione dei vari passaggi; secondariamente, nuove opportunità esterne agevolano l'ampliamento e la diversificazione del dominio del business esistente in nuovi mercati; per ultimo, la trasformazione digitale può determinare un cambiamento dirompente, vale a dire una drastica inversione di rotta che include ogni aspetto dell'impresa nella sua totalità, in quanto rende le attività correnti obsolete e ormai superate, se rapportate alle nuove versioni digitali, che implicano invece un modello di business totalmente nuovo.

Le prospettive finora esposte, che denotano l'aspetto multidimensionale del paradigma digitale, possono essere schematizzate come mostrato nella figura di seguito.

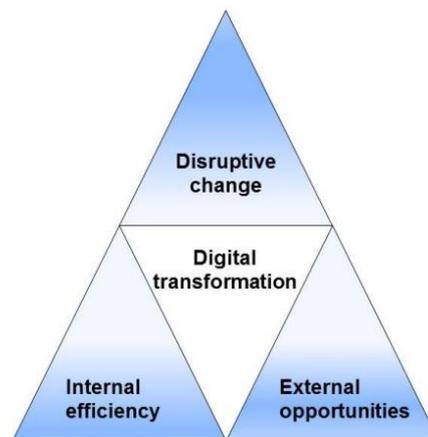


Figura 4 L'impatto della digitalizzazione (Parviainen et al., 2017)

In generale, è possibile distinguere due criteri con cui il fenomeno della trasformazione digitale si manifesta, il primo che assume un carattere "continuo" (o incrementale) quando l'applicazione delle tecnologie e del linguaggio digitale rinnova un business esistente; diversamente, il secondo si verifica quando vi è la necessità di creare un modello di business *ex novo*, che rappresenta l'effetto di una trasformazione radicale, o occasionale.

1.1.2 Il paradigma "Industria 4.0"

La digitalizzazione è ora la principale forza trainante della trasformazione che sta cambiando le regole del gioco nelle industrie: nel 2011 il paradigma "Industria 4.0" è stato presentato per la prima volta dal governo federale tedesco come parte del "*High-Tech Strategy 2020 Action Plan*",

ovvero il piano di promozione di iniziative di lungo termine per la digitalizzazione in particolare del settore manifatturiero. Uno dei concetti tecnologici più di spicco è “*l’Industrial Internet of things*” (IIOT), ovvero un sistema caratterizzato da una stretta combinazione e dal coordinamento tra elementi fisici di applicazione industriale ed elementi computazionali, dove un’infrastruttura di rete fisica di sensori, oggetti o dispositivi (che contengono una tecnologia incorporata) ne permette il rilevamento e il controllo da remoto (Gonzalez et al., 2018). L’IIOT segna il passaggio dai tipici sistemi di supervisione centralizzata ai “sistemi di controllo distribuiti” che, grazie all’alto grado di automazione e di connettività, permettono di collocare funzioni di controllo autonome di impianti o processi lungo tutta la rete; in questo modo, le attività di raccolta, di scambio e di analisi dei dati vengono decentralizzate, rendendo così il monitoraggio dei processi più affidabile e reattivo, con risultati di miglioramento in termini economici, di produttività ed efficienza.

Passando ora a esaminare la trasformazione dell’Industria 4.0 si legge a riguardo: “La principale differenza di questo paradigma con i suoi predecessori è che, invece delle strutture tradizionalmente gerarchiche e centralizzate presenti nei precedenti modelli di produzione, l’Industria 4.0 mostra schemi in cui agenti autonomi interagiscono in architetture decentralizzate” (Rossit et al., 2018).

Un’altra definizione pertinente alla discussione viene avanzata da Hermann et al. (2016) che propone “Industry 4.0” come “*a collective term for technologies and concepts of value chain organization. Within the modular structured Smart Factories of Industry 4.0, Cyber Physical Systems (CPS) monitor physical processes, create a virtual copy of the physical world and make decentralized decisions. Over the Internet of Things (IoT), CPS communicate and cooperate with each other and humans in real time. Via the Internet of Services (IoS), both internal and cross organizational services are offered and utilized by participants of the value chain.*”

“L’Industria 4.0” è stata definita dal World Economic Forum (2016) come l’ultima (per la sua natura innovativa e qualitativa) rivoluzione industriale che si caratterizza di un insieme diversificato di tecnologie di cui si distinguono i seguenti punti salienti:

- l’assimilazione della tecnologia dell’informazione e della comunicazione (ICT o “*Information and communication technology*”), ossia l’insieme dei mezzi digitali i.e. computer e hardware, software, accessori e servizi correlati che hanno la funzione di elaborare e scambiare informazioni al fine di dare origine a sistemi integrati, in cui diversi sottosistemi o componenti vengono collegati tra loro per formare un unico grande sistema;
- l’integrazione del mondo fisico e digitale che convogliano in sistemi “cyber-fisici” (CPS o “*cyber-physical systems*”) caratterizzati da una non più netta separazione tra la dimensione tangibile e il mondo virtuale, resa possibile grazie alla proliferazione di sensori e dispositivi atti a creare un ecosistema interconnesso tra i vari interlocutori. In tale ambito, si ripresenta

il concetto di *Internet of Things* (IoT) che denota una rete distribuita in cui componenti e dispositivi tecnologici vengono inseriti all'interno di oggetti fisici rendendoli così "intelligenti" o "*smart*" ed in grado di comunicare ed interagire tra loro e con il mondo circostante. All'interfaccia macchina-macchina (M2M) viene affiancato un innovativo sistema uomo-macchina in cui la comunicazione è multidirezionale;

- l'introduzione di strumenti avanzati a supporto dei processi produttivi come infrastrutture di rete, robot collaborativi, tecnologie additive (per esempio la stampa 3D), *machine learning*, realtà aumentata e simulazione dell'intelligenza umana nelle macchine, nota come intelligenza artificiale (IA);
- diffusione e implementazione di soluzioni di "*cloud computing*" che si riflettono in un paradigma informatico basato sulla rete Internet che fornisce servizi on-demand grazie ad una stessa infrastruttura condivisa che può supportare grandi quantità di dati da varie fonti. In altre parole, gli strumenti di *cloud computing* possono essere visti come dei centri di raccolta dati (o "*data centers*") virtuali, in cui risorse e informazioni vengono messe a disposizione congiuntamente a servizi di calcolo e spazio di archiviazione. L'utilizzo della tecnologia da remoto e la reperibilità di informazioni in tempo reale, rappresentano dei fondamentali presupposti per le imprese per avere un maggior controllo sui cicli produttivi, potendo conseguentemente adattare e velocizzare le procedure. In parallelo, sorge la necessità di introdurre nuove norme di sicurezza per proteggere i dati sempre più esposti al rischio di alterazioni dovute a interventi imprevisti, sia interni che esterni. La sicurezza informatica (o "*cybersecurity*") indica l'insieme dei processi, prodotti e standard destinati alla protezione dei sistemi informatici da attacchi che possono causare la perdita o compromissione di rilevanti informazioni.
- l'analisi dei "*Big data*", intesi come una grande quantità di dati prodotti molto rapidamente da un gran numero di fonti diverse, i quali possono essere trasmessi, aggregati ed analizzati per fornire una migliore visione d'insieme dei processi e dei comportamenti umani. I *Big data* e l'analisi degli stessi consentono di individuare eventuali inefficienze e correggerle prontamente, concorrono altresì all'attività di perfezionamento delle funzioni più redditizie.
- concepire architetture di controllo decentralizzate che scompongono i processi computazionali in sottoprocessi, comunemente noti come servizi. Per meglio dire, si attribuisce maggior enfasi a strutture di tipo "*Service-oriented*" (SOA o "*Service-oriented architecture*") (Reis et al., 2019), che stabiliscono nuove filosofie progettuali derivanti dalla convergenza tra IoT e i servizi, sempre più onnipresenti; le economie moderne, difatti, stanno intraprendendo strategie organizzative che trasformano le strutture intrinseche dal classico orientamento al prodotto verso l'orientamento al servizio.

Di seguito uno schema che riporta le principali innovazioni della quarta fase dell'evoluzione industriale raffiguranti l'accelerazione del progresso tecnico nel regno digitale:



Figura 5 Esempi delle diverse componenti dell'Industria 4.0 (Corte dei conti europea, 2020)

Gli sviluppi industriali descritti poc'anzi rientrano nel dominio delle “tecnologie abilitanti” (o KET, “*Key Enabling Technologies*”) che, secondo la definizione della Comunità Europea (2009), posseggono le caratteristiche di essere “ad alta intensità di conoscenza e associate a un'elevata intensità di R&S, a cicli di innovazione rapidi, a consistenti spese di investimento e a competenze altamente qualificate”.

L'aspetto più rivoluzionario dei modelli di produzione che si stanno via via affermando è un nuovo livello di automazione della produzione, in grado di scambiare informazioni in modo indipendente attraverso una fitta rete interconnessa, capace di attivare azioni e monitorarle autonomamente, costituendo così un ambiente operativo intelligente. Più in generale, grazie alla digitalizzazione si trae vantaggio in termini di risparmio di tempi e di costi lungo tutto il processo produttivo: la comunicazione rapida e multidirezionale tra i diversi comparti e tra le fasi dei processi è facilitata da dispositivi atti allo scambio di informazioni in tempo reale che contribuiscono ad accelerare il *time-to-market* dell'offerta, di qualità superiore, e ad aumentare la soddisfazione dell'utente finale. Tale risultato si ottiene attraverso una strategia di integrazione verticale che permette all'azienda di rapportarsi con tutti gli attori coinvolti nella catena del valore, dai fornitori ai clienti finali, potendo così determinare standard di lavoro condivisi, che rendono il monitoraggio e la supervisione attività proattive con lo scopo di accelerare gli interventi correttivi e consentendo la raccolta di essenziali feedback utili a garantire un miglioramento continuo delle operazioni. I metodi di produzione avanzata, infatti, grazie all'elaborazione istantanea di dati digitali, sono capaci di suggerire modifiche alle attività produttive e aggiustare i parametri operativi, anticipando anomalie ed eliminando improduttivi tempi di attesa che possono pregiudicare l'efficienza d'impresa. Al tempo stesso, l'integrazione orizzontale supporta la gestione delle informazioni tra le diverse aree e funzioni aziendali che contribuiscono alla definizione del ciclo di vita dell'output,

e che, opportunamente coordinate, rendono possibile l'identificazione, la localizzazione e il rintracciamento di eventuali inefficienze.

È stato definito come *Smart production* o *Smart manufacturing* il nuovo modo di produrre più intelligente, dove l'integrazione tra i sistemi e l'analisi dei dati giocano un ruolo chiave e in cui viene promossa una forte interazione uomo-macchina. *Smart service* fa riferimento alle infrastrutture informatiche che permettono la diffusione delle tecnologie digitali lungo la catena del valore. Le definizioni illustrate sinora convergono nella nozione di "*Smart factory*", termine che si è evoluto in un'etichetta globale per descrivere una nuova era della produzione, diventando una parola d'ordine per il futuro del settore (Lasi et al., 2014; Buer et al., 2018), sempre più flessibile e auto-adattativa.

Per ulteriore completezza, va menzionata in questo contesto la terza componente del nuovo paradigma, ossia *Smart energy* che racchiude le pratiche di transizione e ripensamento della gestione energetica in favore di un consumo di risorse sostenibile in cui gli sprechi vengono ridotti notevolmente. La dimensione dello *smartness* si abbina al mondo dell'energia che diventano compatibili grazie ad applicazioni e soluzioni digitali, incentivi tipici dell'Industria 4.0.

La quarta rivoluzione industriale fa ampio uso della *smart automation*, ossia di applicazioni sempre più contestuali ed efficienti che cambiano realtà di piccole e grandi dimensioni di settori industriali diversi. Fino a qualche tempo fa, il mondo della produzione era basato su cambiamenti incrementali e processi di miglioramento addizionali e sequenziali, oggi invece il ritmo di alcuni cambiamenti tecnologici costringe le aziende a compiere un salto sostanziale rispetto a qualsiasi orizzonte di ragionamento tattico e strategico passato. Questo accade poiché le moderne tecnologie acquisiscono una natura esponenziale, cioè sono capaci di evolvere a una velocità rapidissima rispetto alle tecnologie lineari che hanno ispirato per lungo tempo i modelli di business precedenti. Questi emulavano l'aspetto sequenziale, mediate collegamenti a senso unico tra i vari attori che componevano la catena di valore. Le organizzazioni moderne stanno intraprendendo nuove economie di scala dell'innovazione, basate sulla condivisione e sulla co-creazione che si creano mettendo a fattor comune varie innovazioni appartenenti anche a branche diverse, combinando varie soluzioni e competenze su più ambiti tecnologici. Lo schema successivo offre una chiara rappresentazione visiva della frattura tra la precedente concezione delle tecnologie che seguono una traiettoria lineare e la natura esponenziale delle innovazioni recenti:

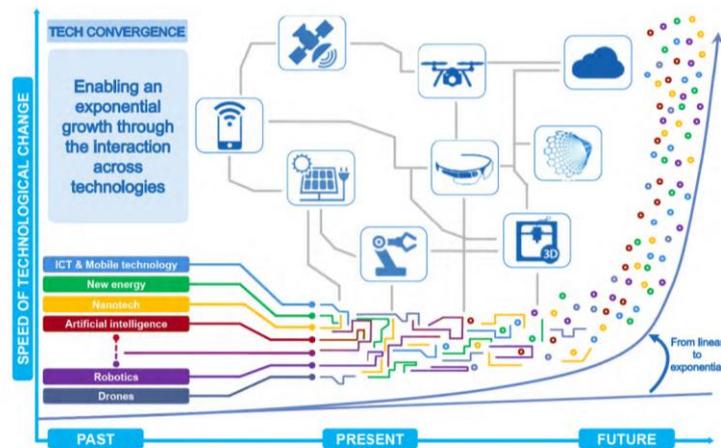


Figura 6 Innovation is exponential (FCA Italy Spa, 2017)

“Oggi il cluster tecnologico associato all’Industria 4.0 evidenzia come ogni business sia, in realtà, un insieme di ecosistemi caratterizzati da relazioni multidirezionali dove le merci di scambio includono informazioni e servizi” (Tenenga, 2019). Rispetto alle tecnologie lineari, possiamo osservare che ogni informazione, prodotto o servizio che sia digitalizzato segue una traiettoria di crescita esponenziale, scandita da un’accelerazione progressiva che, oltre a portare progressi significativi e ridurre i costi operativi, induce i business a riprogrammare il concetto di cambiamento per favorire modelli di innovazione incentrati su una visione di larga scala che abbiano come fine ultimo un “Mtp” (“*Massive transformative purpose*”) (Cerved, 2019). Con l’espressione “scopo trasformativo massivo”, si avanza l’idea che, per avere successo nel mercato, le aziende debbano mettere a punto obiettivi sufficientemente ambiziosi che possano davvero fare la differenza; per meglio dire, le finalità organizzative devono essere adeguatamente audaci, con una chiara motivazione che unisca e stimoli le azioni svolte così da cavalcare il cambiamento in atto, che impone una visione prospettica dell’innovazione. Utilizzando le tecnologie esponenziali, infatti, le aziende optano per una gestione guidata dai dati, a cui si aggiungono nuovi livelli di razionalizzazione ed efficienza associati a una tracciabilità e a una rintracciabilità garantite dall’uso di una sensoristica avanzata. In accordo con Diamandis (2015) si individuano sei dimensioni fondamentali (6Ds) che contrappongono le tecnologie esponenziali a quelle lineari:

1. **Digitized**: la gestione delle informazioni è computerizzata;
2. **Deceptive**: il trend esponenziale è inizialmente difficile da identificare;
3. **Disruptive**: l’impatto sul mercato rende il progresso surclassato in breve tempo;
4. **Dematerialized**: lo sviluppo tende a miniaturizzare e a diventare indipendente dalla tipologia di dispositivo utilizzato;
5. **Demonetized**: vengono abilitate nuove e più favorevoli economie di scala a costi prossimi allo zero;
6. **Democratized**: il concetto di proprietà cambia dal momento che le nuove tecnologie sono sempre più accessibili a una grande parte della popolazione, divenendo più “*user-friendly*”.

Si è già detto che la produzione industriale è oggi guidata dalla concorrenza globale e dalla necessità di rapidità nell'adattamento della produzione alle mutevoli richieste del mercato. Questi requisiti possono essere soddisfatti solo da avanzamenti radicali nell'attuale tecnologia di produzione (Sodhi, 2020). Si prevede che l'avvento dell'Industria 4.0 ottimizzerà il processo di raccolta e di analisi dei dati con elevata precisione e velocità, aumentando le possibilità di miglioramento delle prestazioni aziendali (Agarwal e Brem, 2015). La *smart factory* rappresenta la chiave di volta per il futuro e per la sostenibilità dei business, grazie alla flessibilità che assumono le attività di produzione, oltremodo più accurate per aumentare la qualità del prodotto finale; inoltre, la versatile applicabilità in tutti i tipi di esercizi e settori economici denota l'aspetto onnicomprensivo dell'industria *smart*, che presto è diventata un tema globale. Al contempo, l'integrazione di IT (*Information Technology*) e dell'automazione nei contesti organizzativi si è evoluta in complessi sistemi ad elevatissima intensità di informazioni che hanno costretto le aziende a ripensare ad un nuovo adeguamento delle procedure interne per affrontare nuove sfide e opportunità (Porter e Heppelmann, 2014) legate a nuove frontiere di produzione e per rimanere al passo con la trasformazione digitale. L'IoT può essere utilizzato dalle imprese per raccogliere informazioni da oggetti e persone nel mondo reale attraverso sensori che condividono informazioni tra loro oltre ad essere connessi a Internet. In merito a questo, Clerck (2017), ha fornito una definizione di digitalizzazione che viene presentata come “l'uso di tecnologie digitali e dei dati al fine di creare ricavi, migliorare il business, sostituire o trasformare i processi aziendali e creare un ambiente per il business digitale, per cui l'informazione digitale è al centro”. Dunque, i dati raccolti dall'IoT risulteranno in grandi volumi da filtrare e “snellire” al fine di estrarre informazioni rilevanti a supporto del processo decisionale; ecco che i business sono sempre più urgentemente chiamati a volgere uno sguardo più attento all'efficienza operativa e a tenere in considerazione eventuali investimenti e costi in cui potranno incorrere.

Le implicazioni economiche, sociali e aziendali della digitalizzazione vengono studiate, confrontate, perfino contestate e spesso sollevano seri interrogativi sull'impatto più ampio della trasformazione digitale, in quanto, questa come abbiamo detto non si presenta come un fenomeno statico, ma, al contrario, l'alto tasso di innovazione in costante evoluzione forza le aziende ad adattarsi in maniera fluida ad un contesto profondamente dinamico, che si riflette nella necessità di trovare una nuova “andatura” che consenta loro di navigare nell'incertezza riuscendo a bilanciare nel tempo strategicità ed opportunità di obiettivi nel medio e lungo termine (Lobetti Bodoni et al., 2021). Il futuro sembra essere meno prevedibile per molte industrie e settori, il che minaccia la posizione competitiva acquisita ma viene comunque mantenuta la possibilità per i business di plasmare ed essere plasmati dalla trasformazione digitale.

Come si evince dal Report intitolato “Ericsson Digital Disruption” (2018) che cita: “*The current generation of entrepreneurs is unlike any other. Empowered by digital technologies and*

unencumbered by legacy structures, they are unleashing fundamentally new business practices at a pace that was almost unthinkable just a couple of decades ago... inventing new business models and monetization strategies all along the way”, le tecnologie digitali hanno attivato una frenetica corsa all’innovazione, indispensabile per le aziende che riconoscono l’urgenza di reiventare i propri modelli di business in configurazioni ideali per stare al passo con la nuova realtà.

1.2 L’impatto trasformativo della digitalizzazione sulla progettazione organizzativa

Premesso che l’obiettivo principale di qualsiasi attività imprenditoriale è quello di massimizzare i profitti e di rimanere competitiva sul mercato, appare indispensabile agire nella direzione di alcune priorità: minimizzare i costi di produzione, rendere più veloce il processo produttivo in modo da poter sviluppare una adeguata flessibilità, rispondere efficacemente a precise richieste di mercato, e non da ultimo, raggiungere un elevato livello qualitativo del prodotto o del servizio erogato. Al fine di mantenere una posizione di prestigio, nei confronti dei concorrenti e nel mercato in generale, le organizzazioni moderne sono sollecitate a mettere in atto valide strategie di business alternative per fornire valore al cliente attraverso operazioni efficienti e standard di qualità più elevati. A fronte della crescente complessità attuale in cui una grossa mole di informazioni viene resa disponibile dalle nuove tecnologie, occorre ricorrere a strumenti di gestione che aiutino a semplificare e a dare rilievo alle attività primarie. Scomporre un problema in modo analitico, creare un panorama di dati utili su cui basarsi per intervenire tempestivamente con attività correttive e sviscerare le cause delle inefficienze sin dalla radice sono i presupposti per un miglioramento continuo dei flussi di lavoro. Per fare questo, è necessario un coerente cambiamento dell’assetto organizzativo che deve essere accostato ad una struttura adeguata che permetta di compierlo, gestirlo e supportarlo opportunamente.

Tradizionalmente, l’imprenditorialità è l’attività legata alla combinazione dei fattori di produzione (terra, lavoro, capitale fisico, umano e finanziario) al fine di produrre beni o servizi per un mercato grazie al supporto delle organizzazioni (Resca et al. 2013). Queste, rappresentano le entità sociali guidate da obiettivi, in cui l’insieme dei ruoli e delle relazioni si rispecchiano in una struttura deliberatamente stabilita e coordinata da un management atto al conseguimento di una strategia, in cui sono previste interazioni con l’ambiente esterno. La teoria classica o dello “*Scientific Management*”, elaborata nel 1911 da F.W. Taylor, aveva individuato come cardini imprescindibili innanzitutto il principio gerarchico, ovvero una rigida distinzione di compiti fra direzione e lavoratori, e secondariamente la specializzazione organizzativa, intesa come un criterio di suddivisione delle mansioni standardizzate e parcellizzate. L’organizzazione scientifica del lavoro rappresenta il presupposto di superiorità ai fenomeni e ai processi che hanno luogo nell’organizzazione e influenza i comportamenti organizzativi dei membri, i quali perseguono la massimizzazione dell’efficienza come fine ultimo (Gasparini, 1976). Sussiste quindi una relazione di causa-effetto fra i principi di direzione-organizzazione e una determinata struttura

organizzativa: vi è la convinzione che esista una sola via ottimale (“one best way”) per ogni problema di natura aziendale. Per quanto concerne i comportamenti organizzativi, si segnala una rigida considerazione di ciascun membro come *homo oeconomicus*, le cui azioni sono prevedibili e sono strettamente attinenti ai principi e alla struttura organizzativa che viene imposta da uno *Scientific Management* estremamente centralizzato che detta le norme dal vertice. Non viene indicato nessun fattore contingente o contestuale, come tecnologia e ambiente che, al contrario, vengono implicitamente considerati come dati, quindi non variabili (Gasparini, 1976). Il modello sintetico della teoria appena presentata è riportato di seguito:

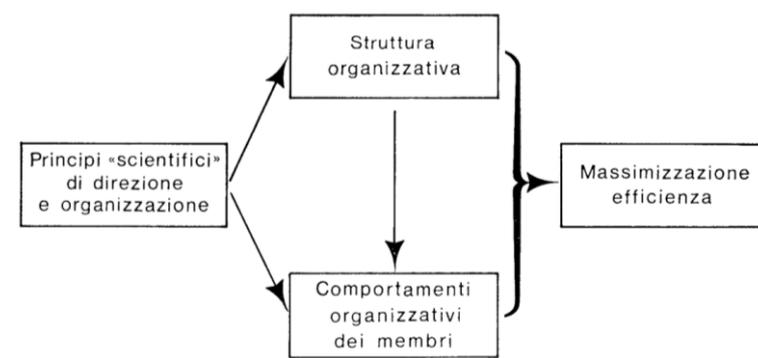


Figura 7 Il modello della teoria classica dell'organizzazione (Gasparini, 1976)

L'adozione delle scelte organizzative avviene in maniera coerente alle caratteristiche tecniche interne alle organizzazioni, che sono concepite come sistemi razionali, definiti da regole e ruoli, e come sistemi chiusi, in quanto i confini aziendali sono definiti chiaramente. Con queste premesse, appare evidente come la configurazione esposta non sia conforme alla realtà, in vista dei limiti della teoria classica che identifica le imprese come entità estremamente statiche, paragonabili a “macchine” che vengono coordinate da prassi manageriali rigorose. Considerazioni sulle eventuali contingenze che possono incidere sul design aziendale, così come la dimensione fisiologica e psicologica dell'uomo, vengono omesse poiché si considera che la realtà sia oggettiva e che l'ambiente sia influente.

Negli studi di progettazione organizzativa successivi, si riconosce una rottura con l'ipotesi della teoria classica secondo cui esiste un unico modello universale di organizzazione, in favore della “teoria della contingenza” (Donaldson e Joffe, 2014) che al contrario mette in rilievo le variabili strutturali di carattere contingente o contestuale che impongono dei vincoli organizzativi determinanti, quali:

- la tecnologia (Woodward, 1965);
- il “compito organizzativo” o “task”, definibile come “un processo in cui una distribuzione di inputs viene trasformata in una distribuzione obbligata di outputs per mezzo dell'applicazione di una data tecnologia” (Abell et al., 1973);

- il “sistema di controllo”, inteso come il “complesso di procedure presenti nell'organizzazione allo scopo di assicurare che le attività in corso producano i risultati previsti” (Woodward, 1970);
- la “variabile dimensionale” o “size”, rappresentata normalmente come il numero di dipendenti (Aston,1976);
- “l'ambiente” o “*environment*”, che si riconosce nel complesso dei fattori esterni all'organizzazione che assumono rilevanza per il suo comportamento e per la struttura interna (Lawrence e Lorsch,1967).

Lo schema seguente riassume i concetti trattati finora:

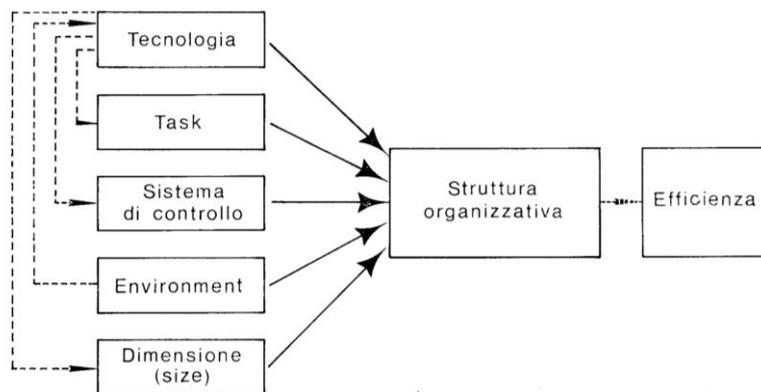


Figura 8 Il modello delle contingenze organizzative (Gasparini, 1976)

Secondo l'analisi condotta da Woodward, in base al livello di complessità tecnica, definita da diversi tipi di tecnologie, corrisponde un certo grado di meccanizzazione del processo di produzione e di routinizzazione del lavoro svolto dalle persone che condizionano le scelte della struttura organizzativa. Mentre i contributi di Woodward, Abell e Aston si concentrano sull'analisi delle variabili interne alle imprese, le ricerche di Lawrence e Lorsch (1967) introducono una novità, che si rintraccia nel considerare l'ambiente esterno in cui opera un'organizzazione, caratterizzato da un certo grado di incertezza. In primo luogo, la teoria della contingenza, applicabile al settore manifatturiero, afferma che al crescere della complessità tecnologica è necessaria una maggiore complessità strutturale per erogare prestazioni efficaci. Inoltre, la struttura aziendale dovrà debitamente variare in relazione al grado di imprevedibilità che si presenta nell'ambiente, tema precedentemente analizzato da Burns e Stalker (1961) nel loro lavoro “*The Management of Innovation*” in cui avevano dedotto che il tasso di cambiamento tecnico (frequenza di scoperte e invenzioni) e di mercato (frequenza di prodotti non richiesti/disponibili) avrebbe contraddistinto un ambiente statico da uno dinamico: quanto più l'ambiente esterno risulta variabile, tanto più l'azienda dovrà essere organizzata in maniera flessibile; al contrario, in condizioni di maggiore certezza è possibile adottare un'organizzazione più gerarchizzata. La

pretesa universalistica suggerita precedentemente viene considerata un paradigma superato da sostituire con una visione più “relativista”, che configura l’organizzazione come un sistema aperto in cui si contrappone un approccio biologico ad uno meccanicistico, in funzione dell’incertezza dell’ambiente e della dipendenza da esso. In generale, in presenza di un ambiente ragionevolmente stabile, un’impresa può optare per una struttura funzionale, dove ogni ASA (Area Strategica di Affari) raggruppa tutte le attività di una particolare funzione aziendale, mirando al contenimento dei costi e ad economie di specializzazione. Alternativamente, qualora il business operi in un ambiente fortemente dinamico, in cui la priorità strategica sia di disporre di un portafoglio esteso di prodotti e di intervenire in mercati distinti con caratteristiche diverse, è raccomandabile l’adozione di una struttura divisionale; ogni comparto è focalizzato autonomamente sull’ottimizzazione e la resa di una specifica attività, perciò, eventuali cambiamenti sono più rapidi dal momento che non viene imposto il passaggio e l’approvazione dal management centrale.

Un terzo modello è la struttura a matrice, versione ibrida delle due forme esposte finora: si tratta di una struttura complessa, dove vengono coniugate le esigenze di una suddivisione per funzione, al requisito di diversificazione circa i prodotti, i servizi, le modalità di produzione, i mercati e le geografie, tipico di una struttura divisionale (Chandler, 1962). Una configurazione così gestita risulta essere notevolmente flessibile e allo stesso modo specializzata poiché le attività sono dirette sia verticalmente che orizzontalmente, ovvero trasversalmente. Tuttavia, la duplice autorità (funzionale e divisionale) cui gli addetti sono sottoposti rende il coordinamento tra le parti complesso e può indurre a compromettenti conflitti tra la direzione e le diverse aree aziendali. In quest’ottica, le imprese reagiscono agli stimoli dell’ambiente modificando le proprie strutture organizzative in modo adattativo e riorganizzando risorse differenti in modalità diverse per raggiungere risultati specifici, approccio noto come “equifinalità”. Mediante la teoria della contingenza, viene sancito il passaggio dalla coerenza interna come priorità a una maggior enfasi sull’allineamento con l’ambiente esterno (“*One best fit*”): non esiste un modello organizzativo più efficace in assoluto ma per sopravvivere ed ottenere risultati un’organizzazione deve adattarsi alle condizioni in cui si trova; in caso contrario, adottare una soluzione incoerente rispetto alle caratteristiche individuali delle contingenze (“*misfit*”) causerebbe performance deludenti. Viene quindi rivalutato il concetto di “situazione” e si ricerca una correlazione tra variabili indipendenti (situazionali) e variabili dipendenti (strutturali). In questo frangente, diversi sono stati i contributi alla teoria della contingenza successivi che hanno approfondito il tema della tecnologia e gli impatti sulla progettazione organizzativa; di questi la classificazione formulata da Perrow (1967) in merito al nesso tra tecnologia e organizzazione sosteneva che il potere decisionale, i gruppi di lavoro e il loro coordinamento dipendessero sia dalla variabilità dei compiti, cioè il numero di eccezioni rispetto alle procedure standard stabilite dall’applicazione di una determinata tecnologia, che dalla “definibilità” e “formalizzabilità” con metodi analitici a priori delle mansioni stesse.

Perrow (1967) identificava quattro possibili tecniche (tecnologie di routine, tecnologie artigianali, tecnologie ingegneristiche e tecnologie non routinarie) che individuavano diversi livelli di complessità e possibilità di standardizzazione da cui conseguentemente dipendono distinte scelte di design organizzativo.

Più tardi, Thompson (1967), teorico contingente di seconda generazione ha ampliato l'applicabilità della tecnologia oltre le organizzazioni manifatturiere e ha mostrato come le scelte organizzative vengano operate in funzione dell'incertezza prodotta dal tipo di tecnologia che l'impresa ha deciso di adottare. Inoltre, ha suggerito il termine di "interdipendenza tecnologica" per indicare la misura in cui le unità aziendali dipendono le une dalle altre per materiali, informazioni o altre risorse, e ha dato priorità all'analisi dei requisiti di coordinamento imposti dai diversi modelli di interdipendenza, concludendo che all'aumentare delle connessioni, cresce il bisogno di coordinamento delle decisioni e delle azioni degli attori all'interno dell'organizzazione. L'ambiente non viene inteso più come variabile preesistente, ma come il risultato mutevole dei processi di scelta degli attori, dei loro percorsi logici e psicologici.

Un altro approccio decisivo viene elaborato da Galbraith (1973) che insiste sull'importanza delle informazioni che a loro volta determinano la prevedibilità delle contingenze, andando così ad influenzare le questioni organizzative. Per una "tecnostuttura", definita così dal teorico per indicare l'insieme di persone e delle loro competenze tecniche che partecipano alle decisioni di gruppo, è fondamentale bilanciare le esigenze e le capacità di elaborare le informazioni, in quanto, a diverse soluzioni organizzative corrispondono modalità diverse di raccogliere, distribuire, interpretare e utilizzare le informazioni. Diverse forme organizzative nascono come una risposta all'incertezza creata dalla differenza tra la quantità di informazioni richieste e il volume di cui un'organizzazione dispone per l'esecuzione di un compito. In genere, "quanto più la funzione da svolgere è caratterizzata da incertezza tanto più è necessario disporre di maggiori informazioni" (Galbraith, 1973). Al fine di stabilire un giusto rapporto tra informazioni disponibili e il grado di incertezza, la tecnologia dell'informazione veniva vista come un utile strumento per migliorare la strutturazione verticale delle informazioni, così come un cruciale sostegno per la realizzazione di un sistema di comunicazione orizzontale efficiente, al fine di dotare le parti di competenze e di informazioni che permettano loro di operare autonomamente.

1.2.1 L'architettura digitale e la trasformazione organizzativa

La portata e l'intensità dei mutamenti indotti dalla moderna realtà *smart* fa scaturire una serie di riflessioni: la fluidità degli attuali processi di comunicazione e il mosaico di tecnologie di nuova generazione sempre più innovative e caratterizzate da una resa crescente impongono una rivisitazione dei modelli organizzativi passati. Le raccomandazioni progettuali della teoria della contingenza e delle versioni ad essa annesse, postulate successivamente, pur essendo un utile punto di partenza, sono insufficienti, alla luce della premessa di fondo comune a questi modelli che

considera che le forme strutturali dell'organizzazione siano definite secondo le gerarchie specifiche in cui le relazioni di autorità determinano i flussi di informazioni e fungono da meccanismo principale per il coordinamento e il controllo delle attività. A questo proposito, critiche alle teorie contingenti segnalano una forma di riduzionismo nello studio delle relazioni tra variabili contingenti, come la tecnologia, e le organizzazioni; pertanto, di fronte alla complessità imputabile alla trasformazione digitale, l'utilità di tale prospettiva viene limitata, considerando che l'ICT sta soppiantando il ruolo della gerarchia nel coordinamento e nelle attività di controllo. Infatti, sotto un profilo più moderno la tecnologia non è più ritenuta come una variabile implicita per le aziende e tantomeno come un semplice elemento a supporto dei processi interni e delle azioni nello scenario competitivo, piuttosto viene riconosciuta la centralità che le tecnologie digitali oggi assumono, in virtù della capacità di abilitare esse stesse nuovi modelli di business. L'elemento di novità più rilevante è che, nella fase in corso, non si tratta più soltanto di affinare e allineare la strategia organizzativa in risposta al digitale, giacché questa assume un carattere onnicomprensivo e multi-scalare, presupponendo quindi un'integrazione tendenzialmente organica del flusso di informazioni e di comunicazioni che attraversa tutte le fasi dei processi produttivi (Salento, 2018). Di conseguenza, la trasformazione digitale non implica un cambiamento isolato in specifici ambiti della struttura organizzativa, ma consiste in un *pool* di mutamenti che coinvolgono tutte le persone e tutti i processi aziendali che impiegano tali tecnologie innovative, andando a generare *loop circolare* che influenza gli aspetti organizzativi nella loro totalità. Dunque, la combinazione delle procedure e le transazioni di un'organizzazione possono essere preconfigurate dalle caratteristiche insite nella tecnologia (Resca et al., 2013). Si aggiunga che l'alto grado di innovazione delle tecnologie digitali, in continua evoluzione, crea frequenti discontinuità tra un nuovo sistema tecnologico, che può emergere in un tempo relativamente breve, e quello precedente. Il rapido deterioramento tecnologico dei sistemi di produzione, causato da uno scenario in costante evoluzione, rappresenta un serio problema per le aziende di qualsiasi settore ed evidenzia come una spinta ad innovare, oggi più che mai, sia una necessità. Per questo motivo, l'approccio determinista delle tecnologie pre-Internet viene abbandonato in riferimento alla trasformazione digitale che viene descritta in termini di "progresso": si assume che la tecnologia siffatta rappresenti una sfera dotata di capacità di autosviluppo. I prodotti, all'improvviso, sono superati e lo stesso destino può coinvolgere i metodi di gestione e i processi produttivi. Un'intera cultura (modelli mentali, competenze, esperienze, tradizioni) e anche la stessa identità organizzativa devono essere abbandonate in quanto legate a una tecnologia obsoleta (Resca et al., 2013). Non risulta più una priorità per le aziende essere strategicamente, strutturalmente e informalmente allineate a contingenze esterne, al fine di raggiungere le prestazioni prestabilite: in questo senso, le organizzazioni che mirano a perseguire e mantenere un "*fit*" si presenterebbero come il frutto della sedimentazione di strutture, processi, routine e transazioni che si sono affermate nel corso

del tempo, risultando incapaci di mettere in atto cambiamenti rapidi al fine di abbracciare una nuova tecnologia. La ricerca di un allineamento adeguato della struttura con le contingenze esterne perde la sua rilevanza, dal momento che richiederebbe un tempo ingente e comporterebbe il rischio per le aziende di perdere lo slancio ad innovare, ripercuotendosi sulla posizione competitiva. In un tale quadro, acquisisce maggiore valenza la capacità di raggiungere un elevato grado di flessibilità nel minor tempo possibile per navigare “in acque sicure” in un ambiente imprevedibile e in costante mutamento, al fine di affrontare prontamente nuove tendenze tecnologiche mediante un approccio resiliente. Il ruolo più significativo che la tecnologia digitale (in particolare l'ICT) assume all'interno degli assetti organizzativi risiede nella possibilità di ricombinare i fattori di produzione. Il livello di concorrenza e di sviluppo tecnologico richiedono una continua riprogettazione degli input di produzione secondo forme organizzative non più guidate dai convenzionali approcci di gestione.

Al contrario degli approcci tradizionali, è stato recentemente promosso un focus sul rapporto tra nuove architetture digitali e la trasformazione organizzativa: in questa prospettiva si sottolinea l'importanza delle prime, previamente descritte, che incidono sulle modalità attraverso le quali le imprese si organizzano per innovare. Il processo di “dematerializzazione” allude, infatti, alla possibilità di generare forme organizzative distinte basate sulla ricombinazione di risorse, routine e transazioni esistenti, considerando che la tecnologia dell'informazione co-evolve nelle organizzazioni. Per questo motivo, la trasformazione organizzativa è intesa come il processo attraverso il quale una struttura viene ripetutamente “riallineata” al suo ambiente, dal momento che le nuove architetture digitali sono più flessibili e scalabili di quelle precedenti e quindi acquisiscono una potenza trasformativa maggiore, che non lascia spazio ad alcuna forma di inerzia organizzativa. “È un cliché dire che le organizzazioni si trovano di fronte ad una serie di sfide senza precedenti. È forse meno ovvio notare che la più urgente e pervasiva tra queste sfide non può che essere affrontata dall'orchestrazione continua e deliberata della progettazione dell'organizzazione su base continuativa” (Greenwood e Miller, 2010). Oggi, si è concretizzato il ruolo della tecnologia nel plasmare la forma e la funzione di un'organizzazione; l'applicazione di ICT nei contesti aziendali ha dato origine al concetto di “sistema informativo”, che denota “l'insieme di risorse, umane e materiali, funzioni, applicazioni, reti tecnologiche e procedure che interagiscono tra loro”. In altre parole, il sistema informativo rappresenta la combinazione di metodi organizzativi finalizzati alla raccolta, all'archiviazione, all'elaborazione e allo scambio di dati necessari alle attività operative, di gestione, di programmazione, di controllo e valutazione. Un sistema informativo può essere quindi descritto come un'infrastruttura deputata alla raccolta e alla gestione di elementi di natura diversa, che interagiscono in modo coordinato, generando flussi informativi atti a rendere disponibili a un soggetto una serie di informazioni nel momento e nel luogo desiderati. Un sistema informatico funge da supporto per la raccolta di dati,

elementi grezzi ed eterogenei che vengono inizialmente acquisiti privi di significato, o per meglio dire senza una finalizzazione precisa, ma che una volta elaborati e contestualizzati, diventano informazioni di valore da fornire a tutti coloro che sono interessati a riceverle. Un'organizzazione così predisposta si realizza mediante uno sforzo congiunto tra persone e macchine che sono coinvolte in attività di gestione delle informazioni, nei processi organizzativi che regolano tali attività, utilizzano strumenti tecnologici per creare, selezionare, modificare e scambiare le informazioni in tempi brevi e con un minor consumo di risorse. L'efficacia di un sistema informativo si valuta in base ai seguenti criteri:

- selettività: proprietà di selezione delle informazioni rilevanti;
- tempestività: fornire risposte rapide e con una certa frequenza;
- affidabilità: comunicare informazioni corrette, verificate, accurate;
- flessibilità: le risposte devono adattarsi a esigenze e circostanze;
- accettabilità: gli strumenti di trasmissione devono essere condivisi dai membri del sistema

In questo quadro, risulta come all'interno di un'impresa operino unitamente persone e mezzi tecnologici, e come l'aspetto tecnologico si presti ad essere declinato e conciliato con le esigenze sociali. In tal senso, concependo i sistemi organizzativi come frutto "dell'accoppiamento strutturale" (Varanini, 2022), in cui sistemi sociali e tecnologici si modellano reciprocamente, i primi possono essere più propriamente definiti come sistemi sociotecnici che funzionano grazie al "Cybork" (Cyber-Work), cioè un accostamento continuativo tra il lavoro umano, le macchine e le tecnologie associate. Un principio fondamentale dei sistemi sociotecnici è che le tecnologie stesse non assumono impatti di tipo deterministico, ma piuttosto questi derivano da complesse interazioni con i contesti industriali e organizzativi (Winter et al. 2014). A tal proposito, è stato proposto un framework analitico formato da quattro classi di variabili, due legate al sistema sociale ("structure" e "people") e due inerenti al sistema tecnico ("technology" e "tasks"), di cui si rimarca il carattere interattivo assunto. La partecipazione di tutti e quattro gli elementi al sistema costituisce un insieme coerente che si raffigura in una rete di reciproche interazioni e mutui adattamenti, che contribuiscono congiuntamente a realizzare risultati.

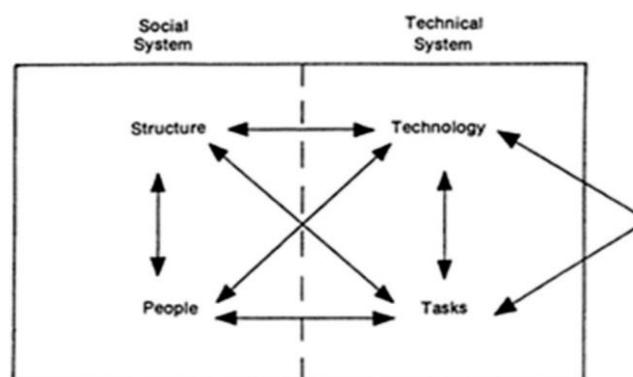


Figura 9 Interacting variable classes within a sociotechnical work system" (Bostrom e Heinen, 1977)

Tradizionalmente, un primo approccio ai sistemi sociotecnici presupponeva una visione di sistemi “nidificati”, in cui il lavoro e l'infrastruttura necessaria per svolgerlo, erano collocati all'interno delle medesime organizzazioni immaginate come “containers” (Winter et al., 2014). Sotto questo profilo, si presume che sia le pratiche di lavoro sia le infrastrutture vengano “incapsulate” (Winter et al., 2014) all'interno di un singolo confine organizzativo tracciato formalmente che funge da luogo di ottimizzazione congiunta tra l'aspetto tecnico e sociale. Il contesto per lo svolgimento delle attività è strutturato come un sistema annidato e sovraordinato, dove i sistemi sottostanti vengono inglobati, ereditando dai livelli superiori elementi della struttura e obiettivi, secondo il principio della causalità verso il basso (“downward causation”). Con tale approccio, le organizzazioni si intendono come gerarchie multilivello in cui i sottosistemi agiscono da supporto per lo scopo formale di un sistema più ampio e che, sebbene siano parte integrante di esso, il loro valore, il loro scopo e gli stessi criteri operativi sono derivati dal sistema superiore (Beer, 1994). Le organizzazioni, in questa concezione, sono trattate come sistemi chiusi, che, mediante relazioni unidirezionali, forniscono gli obiettivi generali, definiscono le routine di lavoro e creano i sistemi tecnici per supportarle: questi aspetti hanno stabilito la base concettuale per gran parte degli studi effettuati nel XX secolo, periodo in cui si stavano affermando i principi dello *Scientific Management* in uno scenario caratterizzato da grandi burocrazie industriali ad alta intensità di capitale. I concetti di incapsulamento organizzativo ed ereditarietà, radicati nel tradizionale approccio sociotecnico, rappresentano un vero e proprio limite per le impostazioni organizzative contemporanee, e la loro applicazione diventa problematica in vista del nuovo panorama orientato alla digitalizzazione. Vi è una crescente consapevolezza che l'approccio sociotecnico tradizionale, il quale caratterizza il lavoro e i sistemi informativi in termini di una gerarchia formale, sia ormai superato, poiché non riflette la necessità di un profondo cambiamento nella progettazione organizzativa che viene innescato dalla trasformazione digitale corrente.

1.2.2 Una nuova definizione dei sistemi sociotecnici

Sebbene tutt'ora molte procedure vengano messe in atto all'interno del limite organizzativo secondo strutture e ruoli formali, diventa sempre più frequente la costituzione di *team* multifunzione, anche detti team cross-funzionali, composti da persone che provengono da diverse funzioni. Il lavoro e le interazioni si incrociano tra le diverse aree aziendali, ma anche al di fuori dei confini di una singola organizzazione, al fine di trarre vantaggio da competenze trasversali provenienti da fonti e profili distinti. In queste circostanze, mantenere una visione delle organizzazioni come silos delimitanti e contenenti in modo esplicito i sistemi di lavoro può risultare fuorviante, dal momento che è crescente l'erosione dei tradizionali vincoli organizzativi. Le nuove tecnologie, come si è detto, alterano il rapporto tra gerarchia formale e lavoro, che non è più costruito e gestito da un'unica organizzazione, ma è abilitato da infrastrutture di natura più ampia, che implicano il superamento dei confini aziendali. L'approccio sociotecnico anteriormente

esposto esige un aggiornamento, in vista del ruolo centrale che acquisiscono le infrastrutture informative trans-organizzative e a fronte delle implicazioni “dell’eredità multidirezionale” (Winter et al., 2014), in sostituzione “dell’eredità unidirezionale”. L’approccio rivisitato dei sistemi “neo-sociotecnici” può essere invece utilizzato in combinazione con la precedente teorizzazione per fornire un quadro più aggiornato atto ad affrontare le tendenze lavorative emergenti, abilitate da una tecnologia di nuova generazione, da cui trascendono i confini organizzativi. Tilson et al. (2010) hanno dichiarato che il processo di digitalizzazione ha comportato un aumento delle capacità delle infrastrutture organizzative, congiuntamente ad una maggiore diffusione di soluzioni IT tra gli utenti finali, esterni ai limiti aziendali (ad es. il *cloud*, l’elaborazione orientata ai servizi, *software-as-a-service* (SaaS)). In questo modo, le infrastrutture assumono un forte connotato evolutivo piuttosto che essere progettate per un particolare scopo organizzativo, acquisendo un potenziale “generativo”, che le fa risultare deliberatamente incomplete o “*in progress*”. Tuttavia, le nuove tecnologie non presuppongono l’eliminazione completa dei perimetri organizzativi, bensì li rimodellano e li ristrutturano coerentemente, tenendo in considerazione le relazioni inter-organizzative che si formano. Crolla la tradizionale presunzione di incapsulamento organizzativo e viene abbandonata la singola ipotesi delle imprese concepite come “*containers*”, in favore di una riconfigurazione dei meccanismi organizzativi composti da uno o più sistemi sociotecnici sovrapposti. Oggi, i diversi contesti organizzativi sono caratterizzati da complessi fenomeni sociotecnici che possono estendersi su una pluralità di “contenitori”, in cui la natura e il sistema del lavoro, le infrastrutture, le risorse, le persone, gli obiettivi e le informazioni sono condizionate dalla potenza trasformativa delle tecnologie digitali, che agiscono come facilitatori per le relazioni trans-organizzative. Il principio secondo cui gli elementi sociali e tecnici debbano necessariamente essere allineati o complementari, prescritto dalla precedente teoria della contingenza va riformulato e aggiornato con riguardo a quanto premesso, e prendendo atto della visione più complessa in cui oggi gli elementi dei sistemi di lavoro possono co-evolvere, infatti “*Work systems have interrelated, possibly complementary, redundant, competing, or conflicting, social and technical elements that may co-exist without ever being fully reconciled*” (Winter et al., 2014). Di conseguenza, un’azienda per essere resiliente e sostenibile deve essere facilmente riconfigurabile e multidisciplinare. Ma per creare un sistema di tale portata è necessario che le imprese si aprano, ampliando la propria rete e creando con essa un ecosistema intersettoriale. Di fatto, i confini organizzativi devono diventare più “porosi”: con il termine “*boundary spanning*” si indica lo sforzo messo in atto da un’organizzazione per stabilire connessioni tra la struttura interna e vantaggiosi contributi provenienti dall’esterno. In contrapposizione alle strategie di “*closed innovation*”, in cui le competenze e il *know-how* vengono sviluppati e mantenuti preziosamente entro i confini organizzativi, si sta progressivamente sviluppando l’idea che “*open innovation*”, approccio strategico in cui un’azienda decide di non

ricorrere esclusivamente alle proprie risorse interne, ma anche di avvalersi di soluzioni e competenze tecnologiche provenienti dall'esterno, rappresenti la chiave di volta per competere meglio sul mercato e per creare valore distintivo. Ciò rende i confini dei settori permeabili, rimodella i mercati e influisce sulle strategie, le strutture e i processi di gestione delle aziende (Yoo et al. 2010).

Alcune delle possibili forze che possono spingere una realtà organizzativa a esplorare nuove strade di innovazione sono la qualità delle risorse, nuove applicazioni della tecnologia e interessanti fonti di conoscenza e competenze distinte rispetto a quelle incontrate e sfruttate nelle iniziative consuete. Con la digitalizzazione vengono attivate dinamiche diverse dal passato, in cui le aziende si impegnano a sfruttare le capacità esistenti (“*exploitation*”) e a esplorare opportunità nuove (“*exploration*”) in prospettiva futura. Il bilanciamento tra *exploration* ed *exploitation* è appunto l'elemento chiave dell'organizzazione “ambidestra” (O'Reilly et al., 2013), in cui la sfida più importante consiste nella capacità di trarre vantaggio dalle attività preesistenti e simultaneamente intraprendere nuove vie che spesso richiedono un'ampia condivisione delle conoscenze e una ricombinazione delle stesse, contemporaneamente a ripetuti cambiamenti negli obiettivi e nelle priorità aziendali. In sintesi, al giorno d'oggi nessuna singola azienda o una piccola rete di imprese può innovare da sola (Dougherty e Dunne, 2011; Williamson e De Meyer, 2012) ma cresce la consapevolezza che proprio i contributi esterni al perimetro imprenditoriale possano portare una vasta gamma di approfondimenti su domini specializzati, diversi mercati applicativi e aree geografiche disperse, che un'azienda faticerebbe a raggiungere isolatamente e a mantenere internamente. Questo, ha portato alla disaggregazione delle imprese in complesse reti che coinvolgono molti partners, dando vita a dei veri e propri ecosistemi organizzativi che venivano precedentemente vincolati dalla dipendenza dall'ubicazione e dai considerevoli costi di coordinamento. Preservare il focus e la specializzazione sulle competenze prioritarie e, parallelamente, fare affidamento a supporti esterni per l'approfondimento di attività complementari, si traduce in movimenti sia di contrazione sia di espansione dei confini d'impresa. Così facendo, le aziende valorizzano il *know-how* internamente e allo stesso tempo ampliano il loro network per includere un più ampio assortimento di relazioni esterne, sfruttando la diversità e le conoscenze di un ricco bacino di innovatori al fine di fronteggiare la crescente complessità di prodotti e servizi che vengono richiesti dal mercato. Per beneficiare della maggiore interdipendenza che si origina tra diversi domini, le organizzazioni devono essere in grado di coordinare e integrare le loro partecipazioni diffuse, gestendo appropriatamente i meccanismi di autorità, di “comando e di controllo” che sono alla base del successo stesso delle aziende convenzionali. Gran parte di ciò che rende efficienti le organizzazioni tradizionali è precisamente ciò che può soffocare l'innovazione delle strutture organizzative moderne. Si sta via, via

consolidando l'idea che l'organizzazione non deve più operare attorno a una struttura gerarchica circoscritta e che i processi di gestione, specie la raccolta, l'archiviazione e la distribuzione delle informazioni, non vengono più svolti come nel caso delle burocrazie di "comando e controllo" del passato. La trasformazione digitale, infatti, ha stravolto il percorso di innovazione e di elaborazione delle informazioni per le imprese, e ha determinato un cambiamento prospettico operativo e mentale all'interno delle entità che decidono di porla in atto. Sulla base di quanto detto, si desume come l'innovazione tecnologica digitale e l'IT portano a sviluppare nuove strategie di business.

Altrettanto degno di nota è il tema di creazione del valore: stando alla definizione di “*open innovation*”, il valore si genera come risultato della costituzione di una serie di relazioni con una serie di attori che si radunano attorno a una specifica azienda per contribuire congiuntamente alla realizzazione degli obiettivi preposti. L'espressione “*value constellation*” viene utilizzata in contrasto con la tradizionale nozione di catena del valore, dove il valore viene aggiunto da ogni fase della produzione; in una accezione più moderna, il valore emerge dai rapporti che si instaurano tra i contribuenti interni ed esterni all'azienda. Questa concezione risulta in netto contrasto con la nozione sequenziale e lineare di creazione di valore del noto modello di catena del valore sviluppato da Porter (Porter, 1985). Va precisato che il decentramento delle catene del valore non è privo di ambiguità, poiché le innovazioni minano la stabilità interrompendo la regolarità dei mercati. Dunque, è fondamentale stabilire un "grado ottimale di apertura", che assicuri un'ampia e virtuosa partecipazione esterna all'ecosistema organizzativo, contemporaneamente mantenendo saldo il controllo sugli elementi *core* del business. Alla base dell'instaurarsi di queste relazioni vi è il superamento di alcuni vincoli rappresentati dal tempo, dal luogo e dagli attori stessi con cui intrecciare le relazioni e le possibili configurazioni di queste ultime, poiché con la digitalizzazione entrano in gioco due fenomeni: *liquification* e *unbundleability*. Il primo fa riferimento alla separazione delle informazioni dal mondo fisico che concorre ad una sorta di mobilitazione dell'informazione, che può essere combinata innumerevoli volte così da generare un'enorme quantità di nuove informazioni. In modo analogo, l'innovazione digitale supporta anche il processo di ri-aggregabilità, cioè quanto era stato liquefatto e disaggregato può essere unificato secondo forme innovative. Ciò implica che le attività produttive possono essere scomposte, rivisitate e aggiornate al fine di attivare attori esterni e nuove competenze, rimescolando i ruoli degli individui, trascendendo così dai cristallizzati confini aziendali. Con *unbundleability*, invece, si riflette la possibilità di riformulare l'attività produttiva nel tempo, la localizzazione e gli attori coinvolti; in altri termini, rappresenta la possibilità fornita dall'IT di sezionare le attività di un business specifico attraverso soluzioni innovative.

Le regole del gioco si trasformano, nascono idee di business innovative che influenzano le strategie, le azioni e le reti di individui appartenenti ad un sistema. Questi cambiamenti non sono il risultato delle tecnologie digitali e dell'informazione in sé, ma della combinazione delle loro caratteristiche con le disposizioni organizzative e con le pratiche che ne supportano l'uso e le funzionalità, svincolandosi dalla dimensione fisica.

La digitalizzazione sostanzialmente consente una migliore performance delle imprese in termini di produttività, pratiche gestionali, innovazione e crescita. Per difendere la posizione competitiva sul mercato diventa impellente per molte imprese attuare la trasformazione digitale in atto, che va oltre la semplice acquisizione di attrezzature e sistemi informatici: significa sfruttare le possibilità offerte dalle nuove tecnologie e poter beneficiare appieno di esse, indipendentemente dal settore, dal luogo in cui un'impresa si trova e dalle sue dimensioni, per creare prodotti di valore più elevato e ottimizzare i propri processi. Il successo dipende dal costante impegno delle organizzazioni ad adeguare i propri modelli imprenditoriali e a ripensare tutti gli aspetti dei processi aziendali. Con l'avvento della trasformazione digitale, gran parte dei processi aziendali che un tempo venivano eseguiti dagli umani, ora vengono svolti da macchine che si auto-organizzano e che risultano più veloci, più prevedibili e più produttive. La capacità di digitalizzare "qualcosa" -un'attività, un processo, un prodotto o un servizio- che in precedenza non era digitalizzato viene definita come "packetization" (Tiwana, 2014), o per meglio dire la facoltà di suddividerlo in "pacchetti" di dati trasmessi via Internet velocemente, a costi prossimi allo zero e su grandi distanze. Pertanto, digitalizzando anche un solo aspetto di un'attività o di un processo, si rompe il consolidato vincolo di dipendenza dalla posizione, aprendo nuove possibilità di divisione del lavoro e di scomposizione dei processi che possono essere eseguiti in luoghi diversi, da soggetti diversi, per poi essere riaggregati quasi istantaneamente. Contestualmente, la "pacchettizzazione" di un prodotto o servizio, liberandosi dai vincoli geografici, espande notevolmente anche il suo mercato potenziale (Anderssen, 2015). In secondo luogo, la "pacchettizzazione" sta approfondendo la specializzazione in tutti i settori e tra le professioni: le aziende sono incoraggiate a concentrarsi maggiormente sull'area di cui possono raggiungere il massimo valore dedicando meno tempo ad attività secondarie che a loro volta possono essere delegate a partner esterni, andando così a costituire un ecosistema organizzativo diversificato. La stessa conseguenza si verifica a livello professionale, in quanto la "pacchettizzazione" consente l'automazione del lavoro meccanico e l'opportunità per gli specialisti di concentrarsi su attività "core", stimolando modalità di lavoro più creativo. Di fatto, la "pacchettizzazione" sta abilitando modelli di business completamente nuovi poiché la complessità di prodotti e servizi in diversi settori è in costante aumento, i clienti richiedono sempre più personalizzazione invece di prodotti omogenei ed è sempre più difficile per un'azienda, indipendentemente dalla dimensione, acquisire le conoscenze necessarie per specializzarsi simultaneamente in diverse aree.

1.3 L'allineamento tra digitalizzazione e la metodologia Lean Six Sigma

Alla luce delle precedenti considerazioni si giunge a tre conclusioni fondamentali: la trasformazione dei prodotti in servizi (“*Product as a service*”), la trasformazione del confine fisico-digitale e la convergenza tra i settori. La domanda guida è la seguente: quali sono le sfide generali, strategiche e manageriali associate alla digitalizzazione? I modelli di business ordinari sono basati su scorte di informazioni in gran parte statiche: le aziende, in genere, seguono un iter ben preciso per il trattamento dei dati in stock, li raccolgono, li selezionano e li analizzano per prendere decisioni aziendali. L'emergere dell'Internet of Things genera grandi volumi di dati che si propongono sottoforma di costanti flussi di informazioni piuttosto che aggregati fissi di materiale a cui le aziende sono state abituate. Una metafora appropriata che paragona questa fattispecie è un confronto tra le cascate del Niagara e uno stagno (Tiwana, 2014), a cui si associa la massima “sapere come nuotare nel secondo non porterà molto lontano nel primo”. Malgrado la trasformazione digitale metta in discussione i tradizionali modelli organizzativi e i loro limiti nel combinare obiettivi di efficienza ed efficacia, l'avvento del nuovo paradigma, di cui si mettono in rilievo gli effetti della digitalizzazione dei processi, ha messo in evidenza l'importanza che acquisisce la semplificazione delle procedure aziendali, ora automatizzate, unitamente alla necessità di snellimento dell'operatività e alla riduzione delle ridondanze e degli errori derivanti da attività non ottimali. Al di là delle innovazioni tecnologiche dirompenti, le soluzioni organizzative devono rimanere coerenti con gli obiettivi di efficacia ed efficienza, cioè la razionalizzazione dei processi, la possibilità di riconfigurazioni rapide, l'anticipazione di errori e la centralizzazione del coordinamento e del controllo anche in contesti remoti. Seppur sia di riflessione comune che con la digitalizzazione la complessità dei processi sia ancora più accentuata, risalta una tendenza alla semplificazione che è, per così dire, nella “filosofia” dell'Industria 4.0. Lo scopo principale del nuovo paradigma 4.0 è quello di raggiungere miglioramenti in termini di automazione, efficienza operativa, nonché di efficacia (Sodhi, 2020). I progressi combinati di connettività, intelligenza e automazione flessibile trasformeranno drasticamente la generazione del valore nella produzione; in futuro si prevede che accelerare l'adozione della tecnologia digitale sarà essenziale per sbloccare la crescita della produttività e dei rendimenti dei profitti.

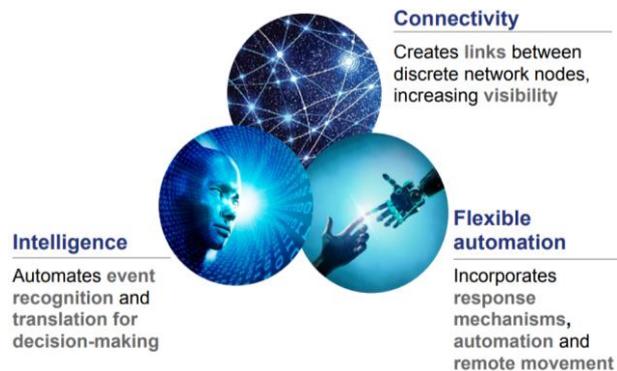


Figura 10 Key technology megatrends transforming production (McKinsey&Company, 2018)

Si tratta di un approccio promettente basato su l'integrazione dei processi aziendali e produttivi, nonché l'integrazione di tutti gli attori dell'azienda coinvolti nella catena del valore. Questo consente alle imprese di avere maggior controllo sui propri prodotti e servizi e di accrescere la possibilità di adeguare meglio i prodotti alle esigenze sempre più personalizzate dei clienti. Questo maggiore controllo riguarda l'intero ciclo di vita del prodotto o servizio, dalla concezione, passando per lo sviluppo e la produzione, fino alla consegna al cliente finale, al servizio di assistenza post-vendita e al riciclaggio finale. Per questa quarta rivoluzione industriale è essenziale disporre in tempo reale di tutte le informazioni pertinenti su tutti gli elementi e i segmenti della produzione. Le imprese possono così adattare e ottimizzare le proprie procedure in base a diversi criteri, come i costi, la disponibilità e il consumo di risorse. Tuttavia, lo scenario che si prospetta è sempre più “*data-driven*”, vale a dire caratterizzato da una grossa mole di dati, la cui raccolta e gestione, se non opportunamente supportata da una buona capacità di analisi e conoscenza del processo, comporterebbe esclusivamente un inutile dispendio di tempo e risorse poiché i dati non verrebbero correttamente utilizzati e valorizzati. In particolare, è sempre più importante che l'azienda si doti di processi in grado di comprendere e sviscerare i dati attraverso metodi statistici e di analisi adeguati. Sviluppare nuovi modi per gestire elevate quantità di dati e trasformarle in flussi di informazioni di valore non è un banale promemoria ma è un utile suggerimento per le aziende che in futuro incorporeranno tecnologie ancor più avanzate in modo da renderle “iper-intelligenti”; padroneggiare le deviazioni e selezionare accuratamente i parametri influenti ai processi, si rivelerà un elemento di vantaggio competitivo per l'adattamento della produzione alle mutevoli richieste del mercato. Questi requisiti possono essere soddisfatti solo da progressi radicali nell'attuale tecnologia di produzione, opportunamente accostati a fondamentali metodologie di sintesi e ottimizzazione delle procedure. In merito a questo aspetto, viene proposto il percorso Lean Six Sigma come metodologia di successo che si concentra su quattro questioni chiave: qualità, produttività, costi e redditività. Questo approccio consente alle aziende di dotarsi di una struttura interna in grado di governare e di diffondere i metodi e gli strumenti per l'analisi, la rappresentazione, la comprensione e la gestione dei dati. Lean Six Sigma rappresenta la fusione di

due sistemi di “*Quality Management*” ed è senza dubbio un insieme di tecniche e strumenti propedeutici allo sviluppo della gestione intelligente via “*Smart Manufacturing*”. Da un lato l’approccio manageriale Lean è attento alla riduzione e all’eliminazione degli sprechi, per poi procedere a risolvere i problemi più complessi con l’analisi dei dati, l’utilizzo della statistica, l’ottimizzazione dei processi e della loro variabilità, proprio della filosofia Six Sigma. Il pensiero Lean (o “*Lean Thinking*”) preso isolatamente non permette di raggiungere target di qualità, e analogamente, considerare il metodo Six Sigma singolarmente non porta alla riduzione degli sprechi nei processi. Per ovviare al rischio di una “rivoluzione miope” (Pepper, 2009), è vantaggioso ricorrere all’integrazione tra i due approcci, vale a dire la creazione di un “modello comune, di compatibilità teorica e di contenuto reciproco” (Pepper, 2009) atto a sfruttare le sinergie che si originano; se le due filosofie vengono implementate separatamente all’interno di una stessa realtà organizzativa emerge la possibilità che si creino sottoculture diverse e un’allocazione errata o sbilanciata di risorse. L’accostamento tra le due metodologie di *problem-solving*, estremamente complementari e compatibili, è stato studiato nelle sue applicazioni per accelerare il processo di estrazione di informazioni chiave dai *Big Data*, utili per ottimizzare e innovare le strategie aziendali. Nel momento in cui tecnologie abilitanti come IoT si allineano alla metodologia LSS, le organizzazioni possono sfruttare al meglio vaste quantità di dati per rendere le operazioni più efficienti e fornire prodotti e servizi migliori ai clienti. Si acquisiscono gli strumenti quantitativi e qualitativi adatti a garantire che le nuove tecnologie siano incorporate nelle operazioni in modo significativo e si riconosce che grandi quantità di dati raccolti dalle tecnologie digitali non serviranno a nulla per un’azienda se non vengono prima selezionati e ordinati. Da un lato, l’applicazione della metodologia Lean mira a comprendere quali siano i reali fattori che incrementano il valore aggiunto per i clienti, per questo, l’analisi e l’elaborazione in dettaglio dei dati verte a ridurre gli sprechi in merito alle attività, ai ritardi o alle risorse, risultando in miglioramenti incrementali nelle procedure che aumentano il valore dell’offerta e garantiscono una maggiore flessibilità dei processi decisionali. Parallelamente, Six Sigma è una strategia di ottimizzazione che si basa sulla forza della misurazione oggettiva per comprendere le cause primarie dei problemi nei processi aziendali e ha l’obiettivo di ridurre gli errori, la variabilità delle operazioni e controllare i risultati (Festo Academy, 2022), irrobustendo l’affidabilità e la qualità dei processi interni, dei prodotti e dei servizi offerti al cliente. Insieme, le due discipline forniscono stabilità e solidità ai processi di ottimizzazione e di cambiamento in tutta l’organizzazione. La crescente trasformazione digitale ha imposto un ripensamento dei processi e ha reso ancora più evidente come il rapporto tra Lean, Six Sigma e digitalizzazione debba procedere di pari passo. D’altronde, se i processi di lavoro di una realtà aziendale risultano snelli, veloci, a variabilità ridotta, allora le nuove tecnologie potranno apportare benefici, ma se la filosofia LSS non entra a far parte del mondo aziendale, il digitale non farà altro che evidenziare le eventuali inefficienze e

le problematiche relative al contesto organizzativo. La digitalizzazione ha prodotto un duplice impulso: l'automazione dei processi operativi ha senza dubbio determinato una riduzione dei costi e un incremento delle prestazioni, contemporaneamente, l'intensità tecnologica ha reso difficile la gestione e l'analisi di ingenti volumi di dati digitali. Oggigiorno, non basta incoraggiare e facilitare l'adozione di nuove tecnologie, bensì l'implementazione di un ecosistema digitale efficace richiede politiche strutturali a supporto della tecnologia, ma anche accuratezza, innovazione e un forte stimolo alla produttività da parte degli aderenti.

In un mondo sempre più *digital*, il rapporto tra Lean, Six Sigma e digitalizzazione appare vincente, ma solo se correttamente gestito e condiviso nella cultura aziendale è in grado di superare le più importanti sfide al cambiamento. Le tecniche Lean e Six Sigma si sono rivelate particolarmente efficaci in una varietà di settori; la loro applicazione non si limita, quindi, all'area manifatturiera in cui avevano riscontrato gran parte del successo iniziale, ma si estende al settore dei servizi e della pubblica amministrazione. Si può quindi asserire che LSS si focalizza su qualsiasi processo che includa il cliente finale, provando la notevole versatilità del già menzionato approccio. L'implementazione di Lean Six Sigma è in continua evoluzione in scenari eterogenei, pertanto è opportuno valutare le potenziali applicazioni future di ciò che definiremo Lean Six Sigma 4.0. Per inciso, il paradigma 4.0 solleciterà le organizzazioni ad assumere sempre di più un atteggiamento proattivo e incoraggerà a introdurre un nuovo schema decisionale, coniato con il termine di *Smart Scheduling* (Rossit et al., 2018). In futuro, le imprese saranno esortate all'utilizzo di tecniche accurate per un'analisi preventiva delle operazioni atte a stabilire le priorità nei processi, intervenire e apportare modifiche tempestive ai programmi e ad affrontare consapevolmente eventi imprevisti che comportano un certo grado di assunzione dei rischi.

CAPITOLO 2:

LEAN SIX SIGMA, un programma ibrido per il miglioramento delle prestazioni organizzative

2.1 L'importanza di una strategia operativa efficiente per una *smart factory*

Dopo aver fatto una panoramica introduttiva sul tema della trasformazione digitale nel primo capitolo, ora l'attenzione viene posta sull'approccio e sugli strumenti gestionali utili a semplificare i flussi dei materiali e i processi di una organizzazione. Per molto tempo si è sostenuta l'idea che i segreti per rafforzare la posizione competitiva di un'azienda fossero un deciso orientamento verso l'azione, una valutazione minuziosa delle esigenze del cliente, l'associazione della produttività alla motivazione del personale e una ponderata combinazione di duttilità e rigore all'interno del disegno operativo. Più recentemente, si tende a ridimensionare l'utilità dei concetti precedenti, non perché siano da rigettare, bensì perché sono da integrare in una visione globale e dinamica della strategia aziendale, che considera l'ambiente esterno nella sua totalità, ivi comprese le sue dimensioni tecnologiche e quelle legate all'informazione, riconoscendo così la centralità dell'elemento umano e della cultura aziendale, dal momento che la partecipazione di tutto il corpo sociale funge da potente trampolino di lancio se viene convenientemente incentivata. Un progetto aziendale vincente è caratterizzato da obiettivi precisi e da una limpida definizione della filosofia aziendale e del suo sistema di valori; a ciò, viene accostata una propensione ad aprirsi sul mondo, per allargare il raggio di comprensione non solo della domanda di mercato, ma anche della tecnologia, della concorrenza, dell'ambiente socioeconomico e socio-politico in cui l'azienda opera. Strutture eccessivamente meccaniche e compatte che trascurano la trasformazione dell'ambiente e gli avanzamenti tecnologici, limitandosi a creare una cultura interna che sottovaluta i fattori psicologici, secondo una "pianificazione tecnocratica" (Mintzberg, 1991), oggi diventano incapaci di rispondere attivamente ai bruschi cambiamenti provenienti dall'esterno, dimostrandosi tecniche ormai inadeguate. Col crescere della turbolenza nello scenario digitale, diventa sempre più conveniente orientarsi verso i sistemi organizzativi dotati di una notevole reattività strutturale che tendano ad una sintesi degli elementi, degli obiettivi e dei valori permanenti verso i quali indirizzare l'azienda in una prospettiva di lungo termine. Se le scuole e i modelli precedenti ponevano enfasi ora su un aspetto ora su un altro della complessa realtà aziendale, dottrine di progettazione organizzativa più recenti hanno adottato una nuova mentalità ("*New Age Attitude*") inquadrata in una visione post-tayloristica, che fa perno su un approccio globale, o per sistemi, che considera congiuntamente tutte le variabili che interagiscono con la struttura organizzativa dell'impresa. Un sistema è un insieme di elementi in interazione che formano un complesso unitario (Bertalanffy, 1968) e tale definizione denota la proprietà olistica dei sistemi stessi, ritenuti entità sociali aperte in relazione dinamica con il mercato, le istituzioni e

il progresso tecnologico. L'approccio per sistemi si è rivelato particolarmente appropriato considerando che l'ambiente è divenuto così dinamico e discontinuo da rendere inadeguati i modelli organizzativi fondati su un concetto di azienda come sistema "chiuso". In campo organizzativo, il livello di apertura sempre più crescente aggiunge una complessità notevole quanto alla pianificazione aziendale, che deve essere predisposta in modo da porre rimedio all'alto grado di entropia che via via si presenta. Per questo, un sistema si deve dotare di un meccanismo di "autoregolazione" o di "*feedback*" idoneo a garantire un equilibrio dinamico, cioè un giusto connubio tra la stabilità interna e l'adeguamento a nuove condizioni che si manifestano nell'ambiente circostante in cui opera. In linea con quanto detto sopra, si prende atto dell'importanza che riveste la strategia operativa per ottenere prestazioni superiori, conformi alle aspettative degli utenti finali e nel rispetto degli obiettivi e della strategia aziendale. Mettere a punto un insieme di pratiche di gestione efficaci consente alle aziende di valutare in modo autonomo la presenza di segnali caratteristici di situazioni che possono danneggiare i processi, di eseguire un'autovalutazione della propria competitività, di aumentare il livello di controllo allo scopo di correggere le eventuali disfunzioni nelle diverse fasi o di ridefinirne gli obiettivi. Hayes e Wheelwright (1984) hanno concettualizzato le diverse fasi di efficacia operativa classificandole in sei categorie che identificano le priorità competitive per le organizzazioni moderne, anche note come dimensioni della performance, insistendo sull'allineamento di queste alla strategia aziendale. Includono quanto segue:

- Qualità: offrire prodotti che soddisfano le specifiche del progetto e i requisiti di mercato;
- Affidabilità: rispettare i tempi prefissati in maniera puntuale;
- Flessibilità: sviluppare la capacità di adattare le operazioni quando necessario e rispondere rapidamente a variazioni inattese;
- Velocità: mirare a raggiungere un intervallo di tempo più breve nei tempi di realizzazione, di introduzione e di diffusione dell'offerta sul mercato;
- Costo: ricercare procedure che permettano un significativo contenimento dei costi al fine di offrire prodotti a un prezzo inferiore rispetto alla concorrenza;
- Innovazione: ideare una proposta diversificata in costante aggiornamento.

Le sei nozioni appena esplicate corrispondono alle opportunità che si possono trarre grazie alla fusione della tecnologia digitale con i sistemi produttivi. Si tratta di un cambiamento che ha un impatto sistemico, cioè che coinvolge l'operatore, il prodotto, i mezzi produttivi e l'industria nel suo complesso e che vede l'urgente necessità di rivisitare le classiche modalità di produzione industriale. La figura inserita nel seguito evidenzia come l'impatto della trasformazione digitale eserciti un'influenza nell'ambito dell'organizzazione interna e, contemporaneamente, al suo esterno:

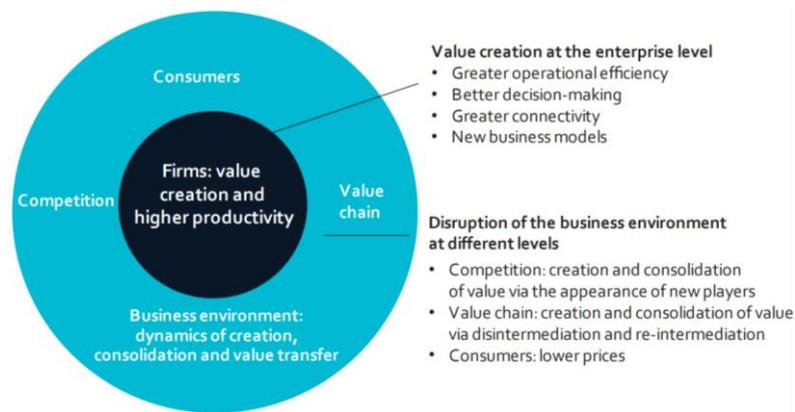


Figura 11 The impact of digitalization on firms and the business environment (ECLAC, 2021)

Tuttavia, nella frenetica corsa a innovare, molte aziende si lanciano a capofitto nell'adesione a nuovi modelli operativi, nell'avvio di progetti *smart* e di cicli di sviluppo di prodotti innovativi senza comprendere davvero le implicazioni che si generano per un'impresa 4.0, espressione che spesso viene utilizzata con una eccessiva disinvoltura. Posto che le tecnologie abilitanti sono capaci di rivitalizzare i sistemi produttivi, di contrastare e potenzialmente invertire il rallentamento della produttività, è importante riconoscere come le prime vadano scrupolosamente supportate, in quanto richiedono risorse economiche più o meno consistenti, impongono un *upgrade* di conoscenze e competenze della forza lavoro altamente qualificata e, infine, differenti approcci culturali al cambiamento digitale stesso.

Tra le tecnologie digitali, i *big data* (Glossario Tecnologie Chiave Abilitanti, 2020) svolgono indubbiamente un ruolo di primo piano, poiché sono abbinati ai processi produttivi, ai macchinari, al flusso di materiali e agli utilizzi che gli utenti fanno dei prodotti o servizi erogati; vengono così generate consistenti quantità di dati che possono essere categorizzati utilizzando le cosiddette "3V" (Piva, 2019):

- Volume: la misura di dati acquisita e conservata;
- Velocità: il ciclo di vita del dato e l'aggiornamento dello stesso;
- Varietà: le diverse tipologie di dati di provenienza eterogenea.

Un flusso di dati si stima tanto più complesso quanto maggiori saranno i valori delle dimensioni sopracitate, le quali condizionano la modalità di acquisizione, di conservazione e la tipologia di analisi attuabile sul set di informazioni reperite. Al giorno d'oggi, è cresciuta la consapevolezza che i *big data* rappresentano una fonte di inestimabile valore, se vengono correttamente valorizzati, mentre, limitarsi a raccogliarli e spartirli senza criteri definiti impedisce di estrapolarne il significativo valore intrinseco, ancorché vengano adoperate le più avanzate tecnologie per la loro gestione. Sulla base di questa considerazione, alle 3V esposte poc'anzi sono state annesse altre variabili volte a definire come i dati debbano essere opportunamente trattati:

- Variabilità: la volatilità, ma anche l'instabilità, del significato è un aspetto da tenere in considerazione per l'interpretazione di molti dati, in diverse versioni e ambiti;

- Veridicità: “*Bad data is worse than no data*” (Piva, 2019). I dati devono essere affidabili e la loro qualità e integrità rappresentano due capisaldi imprescindibili per un’analisi utile e accurata;
- Valore: da un insieme caotico di dati devono poter essere sintetizzate ed estratte informazioni di valore, che sono il risultato del processo di analisi del dato, e conoscenza da mettere in pratica per prendere decisioni e realizzare azioni.

Le realtà aziendali moderne possono essere associate a delle “fabbriche di dati” impegnate su base continuativa a districarsi in un caos di informazioni da riordinare coerentemente mediante tecniche di analisi e di razionalizzazione idonee che permettono di rivelare tendenze, pattern ed elementi di valutazione a supporto della crescita aziendale, basata su decisioni più informate, tempestive e consapevoli, che garantiscano la stabilità del business nel lungo periodo. Vengono designate come “*Digital Masters*” (FCA Italy Spa, 2017) quelle aziende che riescono a sviluppare capacità digitali, intese come l’applicazione delle tecnologie per trasformare l’esperienza del cliente, i processi operativi e i *business models*, in combinazione a competenze di *leadership* volte a gestire la trasformazione digitale che non implica unicamente l’implementazione di nuove tecnologie. Insieme, la struttura produttiva, l’intensità tecnologica dell’organizzazione e le dinamiche aziendali sono fondamentali per determinare se viene sfruttato tutto il potenziale delle tecnologie digitali (ECLAC, 2021). Seguire i nuovi imperativi significa per le imprese investire in una trasformazione di natura “strutturale”, a partire dalla ridefinizione della propria identità, del proprio *purpose*, dell’offerta e del proprio modo di fare impresa. L’obiettivo e la prospettiva finale di tale processo di evoluzione dovranno necessariamente sostanziarsi nella costruzione di modelli sostenibili e che possano scalare, attraverso una trasformazione progressiva e sperimentale della propria *value chain* (Lobetti Bodoni et al., 2021). Quest’ultima si compone di diverse fasi strettamente collegate tra loro che implicano una vasta gamma di fattori, come mostrato nella Figura 12:

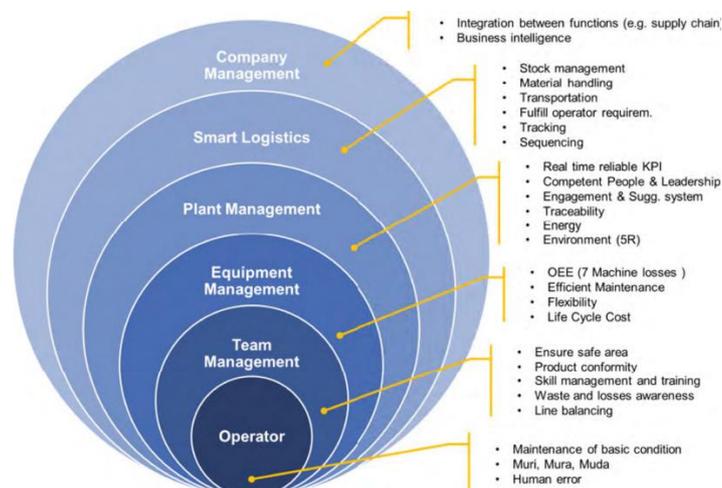


Figura 12 Digital Factory-Needs (FCA Italy Spa, 2017)

Malgrado i processi futuri incorporeranno più tecnologia e diventeranno più intelligenti come risultato della massiva automazione, si evidenzierà maggiormente la necessità di effettuare interventi di miglioramento nelle procedure e nella capacità produttiva e, allo stesso tempo, di introdurre correttivi alle deviazioni e alle attività con minor valore aggiunto, che tenderanno a persistere in qualunque ambiente produttivo. In aggiunta, a causa di un flusso enorme e permanente di dati, la fase più importante sarà rappresentata dalla capacità di analizzarli per rintracciare alla radice le cause dei problemi e per individuare quelle variabili che influiscono considerevolmente sui processi. Oltretutto, la mole di dati da analizzare raramente sarà presentata in forma definita, perciò sarà necessario filtrare il set di dati così da poterlo studiare con il supporto di tecniche statistiche. Concretamente, le organizzazioni saranno chiamate a creare un opportuno kit tecnologico che permetta da un lato di gestire e sostenere l'evoluzione strutturale di modelli operativi e di business, costruiti in un'ottica “*data based*”, che consentano di capitalizzare l'opportunità offerta dai dati come patrimonio in grado di indirizzare e plasmare le operazioni, i processi e le strategie di business. In questo frangente, le nuove occasioni di miglioramento operativo richiedono l'utilizzo degli strumenti Lean Six Sigma che costituiscono una reale leva per gestire la complessità che le organizzazioni affrontano nel percorso di *Business Transformation*, oggi alla base del piano strategico d'impresa. Si tratta di un approccio strutturato di *problem-solving* che evidenzia i benefici ottenibili dall'applicazione delle tecnologie abilitanti di cui viene potenziato l'utilizzo, che aiuta a definire sistemi di raccolta dati e che comprende strumenti quantitativi e qualitativi per l'individuazione delle problematiche aziendali ai fini della loro correzione. In precedenza, ci si interrogava se i principi di Industria 4.0 e la metodologia Lean Six Sigma esponessero le aziende di fronte ad un bivio: oggi si è verificato che ci sono validi requisiti per instaurare strette sinergie tra i due percorsi, inizialmente paralleli, e ora destinati a convergere. In altre parole, Industria 4.0 e i principi di Lean Six Sigma si completano l'un l'altra, diventando un binomio indissolubile, tanto che la prima è a tutti gli effetti un presupposto della seconda. Il modello di gestione proposto servirà a tradurre operativamente gli obiettivi di miglioramento che le fabbriche *smart* mireranno a conseguire, al fine di stabilire una strategia operativa più efficiente ed efficace che supporti la filosofia di “creazione di valore senza sprechi”. Vengono quindi messi in discussione gli elementi strutturali attraverso una disamina dell'intero modello di business, dell'offerta, dell'intero sistema operativo e della catena del valore, sia a monte che a valle.

Il contesto di riferimento in notevole e profonda evoluzione richiede oggi alle aziende un imperativo di trasformazione tempestiva, che vede il suo fattore critico di successo nella capacità di plasmare il proprio percorso evolutivo, sintonizzando il proprio *purpose* e la propria strategia di mercato alla mutata identità valoriale del consumatore finale (Lobetti Bodoni et al., 2021). Per l'appunto, oggi ci troviamo di fronte a una nuova etica dei consumi in cui figurano nuove abitudini

e comportamenti di acquisto che implicano un'attenta valutazione da parte delle aziende alle diverse e più esigenti aspettative del “nuovo consumatore”. Le organizzazioni al fine di crescere, di competere e di innovarsi devono sviluppare la capacità di ascolto rigoroso dei bisogni degli utenti e di profonda conoscenza del set valoriale che li contraddistingue. Il concetto di “*Value Empathy*” precisa come l'allineamento della visione d'impresa debba rispecchiare i valori e le necessità dei consumatori, in modo da agire da ancoraggio in un momento di profonda incertezza e di volubilità come quello moderno. L'alta qualità dei prodotti e dei servizi offerti si rivela uno dei principali requisiti del mercato odierno, aprendo la possibilità di differenziazione rispetto ai *competitors* e funge da discriminante per le attività di *customer acquisition* e di fidelizzazione del cliente. Ancora una volta, il metodo Lean Six Sigma si afferma come uno strumento di successo i cui pilastri sono qualità, produttività, riduzione dei costi e redditività, la cui utilizzazione a livello diagnostico permette di ottimizzare notevolmente le *routine* organizzative per arrivare a livelli di qualità che rasentano la perfezione.

2.2 Lean management: le origini

Una delle filosofie organizzative che ha permeato la produzione industriale negli ultimi decenni è “*Lean Production*”, letteralmente produzione snella, che ha fondato le sue radici in Giappone dopo la Seconda guerra mondiale. Lo scenario post-bellico, da cui lo stato giapponese usciva sconfitto, presentava tassi di disoccupazione molto alti, le materie prime e le risorse disponibili utili per supportare le attività produttive erano scarse e limitate e l'intero mercato giapponese aveva risentito profondamente della crisi, trovandosi in ginocchio rispetto ad altre potenze mondiali. Questo difficile momento storico suscitò la necessità di una rinascita industriale e di una rivisitazione del settore nel suo complesso, in un'ottica in cui le prassi organizzative e produttive consentissero una riduzione dei costi a fronte e di un grande aumento di produttività, indispensabile per il sostentamento di una società affollata, sebbene con una disponibilità limitata di capitale. La lotta agli sprechi divenne un principio vitale per la nazione e tale mentalità si tradusse nel sistema produttivo grazie al contributo fornito da Taiichi Ohno, ingegnere giapponese che insieme al suo mentore Kiichiro Toyoda, stabilì nuovi obiettivi di miglioramento per Toyota Motor Company, società fondata nel 1937 e operante nel settore degli autoveicoli e dei mezzi di trasporto.

La visione industriale del tempo era ancora influenzata dal concetto di “produzione di massa” coniato da Henry Ford (1913) e applicato alla propria impresa: secondo Ford, una risposta ai limiti della tecnologia e delle prassi organizzative dei primi decenni del capitalismo era la ricerca di una qualità sempre più elevata della produzione, orientata verso una ristretta gamma di modelli di veicoli concepiti per una lunga durata (Treccani, 2012). La filosofia fordista, incentrata su una visione di massa, anteponeva l'offerta alla domanda e quindi era la produzione a creare il mercato. Inoltre, la standardizzazione, la semplificazione dei processi e le mansioni semplici e ripetitive

assegnate ai lavoratori, tutti fattori agevolati dall'introduzione della catena di montaggio, garantivano la realizzazione di auto con caratteristiche tecnologiche e commerciali in grado di poter essere riprodotte e vendute in grandi quantità; allo stesso tempo, proficue economie di scala erano volte a ridurre progressivamente il costo dei prodotti. La chiave di volta per la produzione di massa non è stata la catena di montaggio, piuttosto l'applicazione sistematica dei principi scientifici alla produzione (lavoro standardizzato, cicli ridotti, continue misurazioni e analisi di processo), nonché la completa intercambiabilità delle parti che ne facilitava l'assemblaggio.

Il paradigma organizzativo nato in Giappone rispecchia la corrente post-fordista caratterizzata dal superamento dell'era della industrialità, intesa come l'ottimizzazione dei processi produttivi estremamente standardizzati allo scopo di perseguire la massima efficienza, in favore di una maggiore flessibilità operativa, resa possibile in particolare dall'avanzamento della tecnologia. Sotto la guida di Ohno (1988) venne definito un nuovo modello di produzione industriale, detto Toyota Production System (TPS), che prende il nome dalla stessa casa automobilistica dove la sua esecuzione ebbe un successo notevole, dapprima presso il singolo comparto dei motori a combustione che è la prima area in cui si sperimenta il processo di rinnovamento in ottica Lean, da cui prende il nome l'espressione più generica di Lean Manufacturing. Dal comparto di produzione dei motori a combustione tale filosofia si estese lungo l'intera *supply chain*. Toyota rappresenta ancora oggi il punto di riferimento per le aziende che vogliono accorciare drasticamente il processo di sviluppo dei prodotti, migliorandone la qualità, l'affidabilità e la capacità di soddisfare appieno le esigenze dei clienti. Toyota non ha meramente inventato la gestione snella, bensì ha compiuto un lavoro superiore di studio e di applicazione di diverse teorie che sono confluite all'interno del Lean Management, inteso come risultato dell'accorpamento di metodi e principi appresi da generazioni di sperimentazione nella gestione aziendale. Il sistema Toyota si basa sui seguenti punti salienti:

- Produttività
- Qualità
- Efficacia
- Velocità
- Redditività

Grazie alle nuove tecnologie, si osservava una generale riduzione dei costi e una contrazione dei tempi di processo, così da permettere alle imprese di essere efficienti anche con volumi di produzione minori e di poter adeguare l'offerta a una domanda sempre più diversificata e volatile. Cambia così la logica produttiva che da "Push" diventa "Pull": le organizzazioni post-fordiste ponevano una forte enfasi sugli stimoli provenienti dal mercato e ricercavano il grado di flessibilità

produttiva consono a garantire un maggior valore aggiunto al cliente finale, contemporaneamente eliminando gli sprechi, snellendo i processi e incentivando a un coinvolgimento emotivo della forza lavoro. Ohno intuì che riprogettare la produzione a “flusso”, vale a dire radunando macchine con caratteristiche tecnologiche diverse in uno stesso spazio, determinava un miglioramento delle prestazioni in termini di costo, velocità e servizio offerto a valle. È importante puntualizzare che il fine ultimo del Lean Management non è far lavorare gli addetti più velocemente, ma far fluire il lavoro più velocemente. Inoltre, si comprese l'importanza della collaborazione tra uomo e macchina per una corretta gestione di un flusso di attività; per inciso, il concetto di “Autonomazione” (“*Jidoka*” in giapponese) corrisponde alla capacità delle attrezzature produttive di fermare la produzione ogni volta che si verifica un'anomalia (Costa et al., 2013).

Sotto un altro punto di vista, il termine fa riferimento alla responsabilità da parte di un operatore di individuare immediatamente anomalie nelle procedure, ricercandone le cause ed eliminando gli effetti negativi (Campanella et al., 2011). A tal riguardo, il modello TPS viene tradotto anche come “*Thinking People System*” (Considi, 2016), in quanto l'essenza del Lean Management è la partecipazione attiva dei lavoratori, parte integrante del processo di miglioramento in cui sono chiamati a pensare, a sperimentare e ad apprendere dai risultati.

Questi cambiamenti determinano il superamento della contrapposizione, tipica del Fordismo, tra efficienza e qualità, che nelle organizzazioni post-fordiste diventano complementari: la qualità si ottiene lungo l'intero processo produttivo e l'efficienza, se non è corredata di un adeguato livello di qualità, rischia di essere compromessa. Con queste premesse, si delinea il concetto di produzione snella, una filosofia che nasce come concettualizzazione dei principi del TPS e che ha cambiato completamente la mentalità aziendale spostando l'attenzione verso il cliente piuttosto che sulla produttività. Non si tratta soltanto di applicazioni a livello esecutivo, ma anche teorico, infatti Lean Management, o gestione snella, è la gestione aziendale condotta secondo i principi Lean, che comportano miglioramenti oggettivi, qualitativi e quantitativi, nelle attività dell'azienda. Il modello viene allargato a ogni componente dell'organizzazione poiché si ritiene che il coinvolgimento sistemico, lo sviluppo e la motivazione delle persone all'interno dell'azienda siano il vero motore del miglioramento.

Il Lean management è molto più di una tecnica, è un vero e proprio modo di pensare e in quanto tale deve essere supportato dal Lean thinking: un processo di apprendimento e miglioramento che interessa non solo gli strumenti e i metodi ma anche la cultura aziendale, l'insieme di regole e valori dell'azienda; si tratta di una vera e propria filosofia, piuttosto che la semplice applicazione di un particolare metodo o tecnica (Considi, 2016). Il Lean Thinking è l'estensione della modalità Lean a tutte le aree d'impresa ed è rivolto a tutti i processi aziendali; dunque, il requisito fondamentale al fine di istituire una “*Lean Company*” è un ripensamento del complesso organismo aziendale e della sua cultura interna.

Si possono riassumere i cinque principi guida della gestione snella, come in Figura 13 (Drohomeretski et al., 2014):

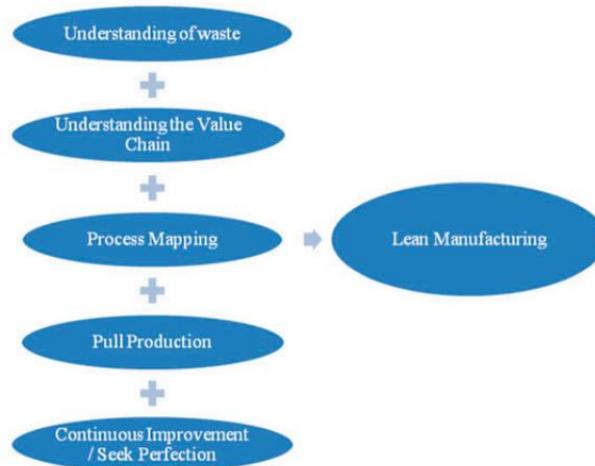


Figura 13 Characteristics of lean manufacturing (Drohomeretski et al., 2014)

Nel dettaglio, le azioni che *Lean Manufacturing* prevede sono le seguenti:

- specificare il valore aziendale considerando il punto di vista del cliente, seguendo una logica PULL (è la domanda a “tirare” il flusso di produzione);
- identificazione e analisi del flusso di valore per evidenziare gli sprechi, le interruzioni e far emergere le opportunità di miglioramento;
- far scorrere il flusso del processo produttivo in modo continuo e nella sequenza corretta, distinguendo le attività che aggiungono valore per il cliente da quelle a minor valore aggiunto, per un miglior impiego delle risorse aziendali;
- ottenere una standardizzazione dei processi attraverso il continuo apprendimento;
- continua ricerca della perfezione che coinvolge tutti i livelli dell’organizzazione.

In breve, Lean affronta il controllo delle risorse in conformità con le esigenze dei clienti e per ridurre gli sprechi inutili; è quindi attinente all’ambito della gestione della qualità. Il concetto di Lean Production ha continuato a evolversi e a svilupparsi nel corso del tempo e, ancora oggi, costituisce un valido modello organizzativo d’eccellenza, dal momento che esiste sempre un margine di miglioramento dei processi vista l’imprevedibilità e l’instabilità della domanda: “Non c’è fine alla riduzione di tempo, costi, spazio, errori e sforzi” (McCurry e McIvor, 2001).

Sebbene i vantaggi che si potevano trarre dalla Lean fossero evidenti, il termine si diffuse solo in seguito alla pubblicazione del libro “*The Machine that changed the World*” (Womack et al., 1990); tale evento, confermò ulteriormente la comprovata efficacia della metodologia spingendo l’adozione della stessa in diversi ambiti della produzione e la sua applicazione si diffuse in distinti settori, interessando non solo quello manifatturiero ma anche il settore amministrativo e dei servizi.

2.3 Overview della gestione snella

Il Lean Manufacturing è, di fatto, un sistema snello, ridotto cioè all'essenziale, poiché mira all'inesorabile abbattimento degli sprechi insiti nelle attività (Lean company, 2022). Sebbene le sue origini risalgono a un periodo storico differente rispetto a quello corrente, l'efficacia dei principi Lean rimarrà sempre attuale perché rappresenta un modello strategico di successo per il miglioramento rapido dei processi logistico-produttivi e per il recupero della competitività. Con il profilarsi del paradigma Industria 4.0 e con l'affermarsi di un mercato sempre più orientato alla qualità, alla flessibilità e alla personalizzazione di prodotti e servizi integrati, appare ancor più vantaggioso disporre di strumenti e metodi Lean, poiché le nuove tecnologie produttive possono portare Lean a un livello superiore, al fine di affrontare al meglio le nuove sfide. Nello scenario digitale, il modello appare talmente rivoluzionario da ridisegnare l'intero flusso di creazione del valore in un'azienda, fornendo risultati cospicui in termini di *cost reduction* a fronte di investimenti circoscritti. L'applicazione della metodologia Lean è da considerarsi a tutti gli effetti una trasformazione dell'assetto organizzativo preesistente di un'azienda: intraprendere un processo di cambiamento di tale portata comporta svariate difficoltà perché come ogni cambiamento presenta delle resistenze. Pertanto, è fondamentale che le organizzazioni abbiano chiara la strategia di implementazione di quello che viene definito da NIST (2000) come "Un approccio sistematico per identificare ed eliminare gli sprechi attraverso il continuo miglioramento, che scorre il prodotto sotto la spinta del cliente alla ricerca della perfezione". I parametri che vanno tenuti sotto controllo al fine di puntare al successo sono in primo luogo la qualità, ovvero la coerenza tra lo sviluppo del prodotto e le richieste del cliente, la precisione, intesa come il rispetto delle specifiche prefissate, l'efficace utilizzo delle risorse, l'innovazione, che si consolida sulla ricerca di nuove funzioni, caratteristiche o prestazioni del prodotto/servizio e la riduzione dei tempi di realizzazione dell'output (*time to market*). La gestione della qualità viene intesa come una rivoluzione manageriale, una filosofia di gestione dal carattere rivoluzionario, un nuovo modo di immaginare la gestione delle organizzazioni, un cambio di paradigma o un meccanismo completo per migliorare le prestazioni organizzative (Foley, 2004). Vinelli e Dal Pont (2011) affermano che Lean non è un semplice pacchetto di miglioramenti implementativi. Per implementare Lean, è necessario adattare le tecniche alle caratteristiche dell'organizzazione, dei clienti e dei fornitori. In altre parole, non è un pacchetto di risorse ma piuttosto un modello che aiuta le organizzazioni ad avere una visione chiara dei miglioramenti. L'impegno continuo per la riduzione degli sprechi e per l'esclusione di attività a non valore per il cliente libera risorse da investire in attività a valore aggiunto, creando così una situazione *win-win*, in cui un'azienda beneficia dell'aumento dei profitti e un maggior valore viene trasferito al cliente. Secondo la logica Lean, un miglioramento si ritiene compiuto qualora i risultati rispetto a una "base di confronto" (Campanella et al., 2011) siano visibilmente positivi. Tale ragionamento

considera gli “standard” metriche di paragone: tipicamente uno standard indica una regola o un modo prestabilito di lavorare, una sequenza statica di movimenti da compiere entro tempistiche fisse, che ogni membro dell’organizzazione dovrebbe seguire puntualmente senza variazioni. Al contrario, l’interpretazione dal punto di vista Lean, vede uno standard come un’entità dinamica che stabilisce il punto di partenza per un continuo miglioramento. Per spiegare meglio, uno standard aziendale decreta il miglior modo per svolgere le attività in un determinato momento e, allo stesso tempo, deve poter essere modificato laddove venga identificato un metodo operativo migliore del precedente. In queste circostanze, si ovvia al rischio che le attività aziendali regrediscano all’esecuzione di pratiche insoddisfacenti, viceversa definendo modi di operare più efficienti, quindi fissando un nuovo standard.

L’attivazione di pratiche Lean implica la capacità di governare tutte le fasi critiche che coinvolgono i vari livelli organizzativi, ma soprattutto, al fine di ottenere risultati tangibili e duraturi, è necessario investire sul capitale umano per costruire una cultura interna compatibile al cambiamento. Infatti, per ambire a una gestione snella è importante che si instauri un’adesione condivisa, compresa e saldamente radicata dei principi Lean nella cultura aziendale, per non correre il rischio che questi siano subordinati a modalità operative già in atto. Retrocedere alle vecchie modalità di lavoro comporta il fallimento di un progetto di transizione Lean e quindi la sua scomparsa. Il primo requisito per effettuare con successo una transizione verso la Lean è avere una visione chiara di ciò che l’azienda vuole diventare, attività che richiede tempo, gradualità e disciplina. La Figura di seguito illustra la struttura gerarchica del piano di implementazione dell’approccio Lean e ne configura i diversi passaggi con annessi gli specifici applicativi e le aree interessate:

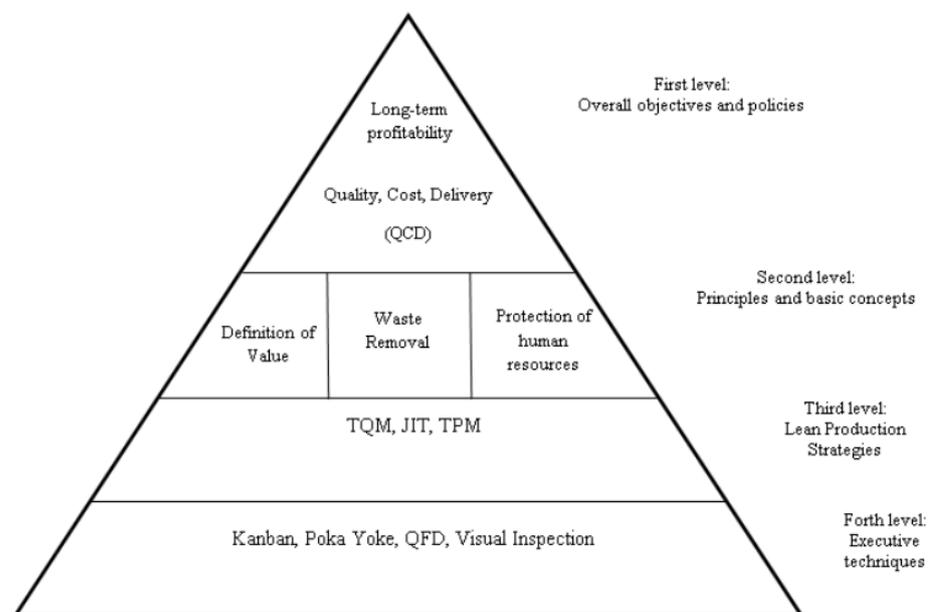


Figura 14 The hierarchical structure of Lean Approach (Tohidi et al., 2012)

Come si evince dall'immagine, l'approccio Lean non è da intendersi come una serie di interventi, di procedure o variazioni isolate relative alle attività produttive, al contrario, si presenta come una strategia che riguarda l'organizzazione nella sua totalità e il corretto funzionamento è assicurato solamente se si trae beneficio dalle sinergie che si instaurano tra gli elementi operanti. Infatti, qualsiasi politica o procedura avente l'obiettivo di ottimizzare le prestazioni di una singola porzione di azienda rischia di violare le regole di Lean Management (Arnheiter e Maleyeff, 2005). Studi recenti hanno dimostrato che la produzione snella può migliorare notevolmente le prestazioni operative, indipendentemente dal settore in cui è viene applicata (Leksic et al., 2020). Ogni organizzazione può disporre di una visione individuale della metodologia snella, ma il suo successo è rigorosamente legato alla cultura lavorativa e agli sforzi da mettere in atto per creare un sistema di valori condiviso e consolidato. In linea di principio, non vi è una procedura unica per mettere in pratica i concetti di Lean Production, in quanto questi possono essere implementati attraverso varie modalità, pur sempre considerando come “*must have*” (Leksic et al., 2020) l'importanza di avere una visione organizzativa coerente, che promuova un senso di collettivismo piuttosto che d'individualismo. Una transizione di successo si compie grazie al contributo dei *leader* d'impresa che devono impegnarsi a sviluppare una profonda comprensione tra le persone coinvolte nell'organizzazione che le iniziative e le attività Lean che svolgono hanno un impatto su se stesse. È necessario che il *Top Management*, l'anello di congiunzione tra i diversi livelli gerarchici dell'organizzazione, esorti i propri dipendenti a cambiare radicalmente mentalità, perché come citava uno slogan Toyota: “Prima di costruire automobili, costruiamo persone” (Leksic et al., 2020).

Successivamente, vengono passati in rassegna gli aspetti più rilevanti della strategia snella in questione al fine di disporre di un quadro completo che funga da guida per un'approfondita comprensione.

2.3.1 Fasi iniziali dell'approccio Lean

Per una corretta attuazione del metodo Lean, volto a produrre il maggior valore possibile, con il minor utilizzo di risorse, mediante la continua ricerca ed eliminazione degli sprechi, risulta utile seguire alcuni passaggi, dal momento che, specialmente nelle fasi iniziali, si tratta di gestire un processo di cambiamento piuttosto che governare l'impiego di strumenti e tecniche Lean. Il primo passo per avviare la strategia è comprendere quale sia il target di riferimento a cui l'azienda intende destinare l'output e quale sia il reale valore che la clientela finale attribuisce ai prodotti o ai servizi. Nella letteratura, il valore è semplicemente definito come ciò che il cliente è disposto a pagare. Senza valore aggiunto le attività sono generalmente intese come sprechi, o attività accessorie che non sono necessarie e non aggiungono valore al prodotto (Tohdi et al., 2012). Un primo criterio con cui un utente assegna il valore ad un prodotto è nell'atto dell'acquisto, che equivale al momento in cui fa un bilancio tra i benefici attesi e i costi sostenuti; in seguito, durante l'utilizzo

confronta le prestazioni dell'articolo o la qualità del servizio con le aspettative preposte. In altre parole, il valore si definisce come la stima che il consumatore assegna alla capacità di un prodotto o servizio di soddisfare i propri bisogni. Segue la definizione del flusso di valore, definito come l'insieme di attività sequenziali o i diversi stadi di lavorazione e di scambio di informazioni che hanno l'obiettivo di convertire gli input in prodotti o servizi per il cliente. In sintesi, identificare il flusso del valore corrisponde a distinguere quali fasi operative contribuiscono ad aggiungere valore al prodotto e quali, viceversa, no. Un passo fondamentale verso l'eccellenza è la collocazione degli elementi del processo nel flusso di valore, che è un problema di layout (Andersson et al., 2006). Le tecniche Lean sono funzionali a diverse aree organizzative in termini di miglioramenti operativi quali: la riduzione del *lead time* o tempo di attraversamento (la metrica principale della Lean Production), così come l'eccesso di lavorazione, oppure l'aumento della capacità e della produttività, la riduzione della presenza statica di giacenze e dei lavori in corso; a livello di miglioramenti amministrativi, si può ottenere la riduzione di errori di elaborazione, la razionalizzazione delle funzioni del servizio clienti per diminuire le attese; e infine in termini di miglioramenti strategici, si realizza la riduzione dei costi (Andersson et al., 2006). L'obiettivo ultimo della metodologia snella è quello di accorciare il tempo che intercorre tra le materie prime grezze e la trasformazione di queste in prodotti finiti (o servizi) di qualità, a un costo minore e con tempi di consegna più brevi. Di conseguenza, dopo aver identificato e messo in evidenza le aree con potenzialità di miglioramento, si considera l'elaborazione di un nuovo flusso atto a ridurre drasticamente la complessità esistente, i tempi persi e gli sprechi, mettendo in risalto le attività che sono strategicamente rilevanti.

Gli autori Black e Hunter (2003), raccomandarono dieci passaggi che costituiscono un riepilogo del processo graduale per ottenere una produzione snella, la cui esecuzione dovrebbe seguire l'ordine illustrato:

1. riprogettare, ristrutturare, riorganizzare la fabbricazione, l'assemblaggio e l'intero sistema di produzione;
2. riduzione ed eliminazione dei tempi interoperativi;
3. integrare il controllo di qualità nella produzione secondo la modalità "*Make-one, check-one*";
4. prevenire i guasti alle apparecchiature e se necessario integrare la manutenzione preventiva alla produzione;
5. livellare, equilibrare, sincronizzare la sequenza delle fasi operative in modo che non ci siano fluttuazioni;
6. rispondere alla domanda del mercato fornendo parti e prodotti solo quando servono o "appena in tempo" ("*just-in-time*");
7. ridurre il lavoro in corso (WIP) e gestire le parti, i materiali, i semilavorati uno alla volta

8. ridurre il numero di fornitori o integrarli per disporre di una fonte unica di approvvigionamento;
9. l'ispezione dovrebbe diventare parte del processo di produzione;
10. per garantire un sistema di produzione privo di sprechi, questo andrebbe integrato ai computer o automatizzato.

Recenti studi sulla effettiva implementazione della strategia snella hanno evidenziato che la transizione dovrebbe essere eseguita adottando un approccio di tipo “*project-based*” (Leksic et al., 2020), quindi basato su un progetto specifico di durata variabile, a cui vengono assegnati precisi strumenti Lean. La scelta dei *tools* Lean appropriati è uno step importante non solo durante il periodo di implementazione ma per l'intero processo, dal momento che ove il modello di selezione di tali strumenti sia impreciso, la strategia verrebbe compromessa integralmente, portando a risultati scarsi o addirittura alla sospensione del progetto intrapreso. Malgrado ciò, ponendo a confronto le aziende che aderiscono ai principi Lean rispetto ad altre, le prime mostrano una migliore integrazione organizzativa, una forte standardizzazione a tutti i livelli e una comunicazione efficace. In uno scenario che si prospetta sempre più digitalizzato, le tecniche *Lean* garantiscono che l'integrazione di macchine e di dati in tempo reale sia limitata alle sole attività a valore aggiunto, così da cogliere appieno i benefici di Industry 4.0 in un ambiente in cui vengono svolte le sole attività essenziali.

2.3.2 Gli sprechi in ottica Lean

Non c'è un significativo miglioramento dell'output se non c'è un continuo miglioramento dei processi che lo generano. Lo spreco viene definito in termini generali come l'impegno di risorse ed energie che non aggiunge valore al prodotto o al servizio, al contrario, causa il prolungamento delle transazioni nell'azienda; malgrado non tutti gli sprechi possano essere evitati, è comunque fondamentale individuarli ed isolarli, per far sì che le operazioni fluiscano velocemente e senza imprevisti. Il principio chiave di Lean è che lo spreco (“*muda*”) è il fattore alla base dell'inefficienza operativa (Tohdi et al., 2012), che impedisce il fluire con continuità dei processi. Sono stati individuati sette tipi di “rifiuti” o elementi di spreco da Toyota lungo il processo di produzione, che generano un aumento dei costi e non aggiungono alcun valore alle attività. I “*muda*” possono verificarsi non solo presso la linea di produzione ma anche nella fase di sviluppo dei prodotti, nella gestione degli ordini e entro la divisione amministrativa. In accordo con quanto sopra esposto, tali sprechi vanno immediatamente rilevati ed eliminati grazie agli strumenti e le modalità Lean:

- Sovrapproduzione
- WIP (materiale in lavorazione)

- Trasporti di materiale
- Sprechi di processo
- Inattività/attese
- Movimenti di persone
- Difetti e rilavorazioni

Ohno ha considerato che lo spreco fondamentale è la sovrapproduzione, ovvero produrre più di quanto la domanda richieda, quando non è necessario o quando non vi sono gli ordini della siffatta merce. Fabbricare articoli in quantità eccessive implica l'utilizzo di materiale, manodopera e risorse; questo porta a un accumulo di scorte a magazzino che crea ingenti spese di stoccaggio e di trasporto, oltre che a generare costi per la retribuzione del personale extra necessarie per produrle. I concetti della Lean Production rimarcano sul fatto che la produzione deve essere strettamente collegata alla domanda, per evitare rimanenze. Un altro punto di vista intende la sovrapproduzione come la fornitura di più informazioni rispetto a quelle realmente necessarie, che causa un sovraccarico di dati al momento sbagliato.

Un secondo spreco deriva dalle scorte non necessarie o materiale in corso di lavorazione, detto WIP (Work In Process), che si può formare in diversi momenti del processo, in entrata, tra le fasi o in uscita. In questo caso, si ammassano grandi volumi di materie prime in attesa di lavorazione, semilavorati non portati a termine, prodotti finiti in attesa di consegna o merce danneggiata che producono tempi di consegna più lunghi e ritardi, obsolescenza e costi elevati sia di stoccaggio dell'inventario che di trasporto. Possedere merce in attesa genera sprechi che si riflettono su tutto il sistema produttivo, comportando addirittura una perdita di valore.

Le prime due tipologie di spreco descritte scaturiscono da cause molto simili che risiedono in uno squilibrio della produzione in cui vi è uno scarso sincronismo tra le diverse parti, ma anche in ritardi nelle spedizioni delle merci ai destinatari, difetti nella manifattura, fermi macchina, tempi di installazione e di attrezzamento eccessivamente lunghi.

Una terza categoria di sprechi è rappresentata dai trasporti, dentro e fuori dal perimetro aziendale. Gli spostamenti inutili di materiali, parti o informazioni su brevi o lunghe distanze che non contribuiscono a creare valore, piuttosto provocano una perdita di tempo e risorse, sono il sintomo di percorsi la cui pianificazione non è stata ottimizzata oppure si sono verificati ostacoli per una movimentazione efficiente.

Gli sprechi cosiddetti di processo derivano dall'esecuzione di passaggi non necessari o errati per elaborare le parti e sono differenti a seconda della categoria produttiva. Le inefficienze all'interno del ciclo di lavoro possono essere ricercate nel carente funzionamento di un processo, nella scadente progettazione di un prodotto, di impianti o di attrezzature che rallentano il flusso di creazione del valore, e al contrario comportano il rilascio di materiale di scarto che equivale a un

incremento dei costi per l'azienda. In questo contesto, è necessario superare la concezione del tradizionale dogma "si è sempre fatto così" relativo alle procedure di lavoro, stimolando il personale a intraprendere pratiche più snelle. Al fine di contenere le attività che consumano uno sproporzionato quantitativo di tempo, spazio, costi e risorse serve un costante monitoraggio e un'analisi accurata delle procedure per identificare i passaggi non essenziali.

La gestione del tempo è cruciale per il corretto funzionamento di un flusso di produzione, dal momento che quando non vi è una sufficiente sincronizzazione tra l'attività dell'operatore e la macchina utilizzata, si verifica lo spreco da inattività o da attesa di persone, attrezzature, informazioni o documenti. Tempi di fermo dilatati sia dei lavoratori che dei macchinari sono il segnale che è opportuno rivedere l'organizzazione del lavoro per stabilire precisamente i tempi strettamente necessari al ciclo di realizzazione del prodotto/servizio.

Non meno importante è lo spreco riconducibile ai movimenti non necessari all'interno del ciclo di lavorazione, cioè non legati al trasporto delle risorse, bensì agli spostamenti superflui rispetto alla postazione di lavoro. L'attività svolta dal personale deve essere pianificata in modo tale che materiali, utensili, attrezzature e macchinari siano disposti secondo una logica idonea a minimizzare i movimenti dell'uomo durante il ciclo di produzione, allo scopo di favorire un sostanziale aumento di produttività.

Infine, l'ultima classe di "muda" è imputabile ai prodotti difettosi che è un caso di distruzione del valore, poiché la produzione di parti guaste, il recupero e la burocrazia connessa determinano significativi costi legati alla non qualità. Un'intensa attività di monitoraggio del funzionamento delle attrezzature, delle manipolazioni compiute da parte degli operatori e della documentazione tecnica fornita, congiuntamente a un'attenta analisi del prodotto finale permette di ottimizzare la produzione, intervenendo direttamente sulla fase del processo in cui si verifica il danneggiamento, potendo così eliminare gli sprechi più comuni.

All'elenco delle sette principali fonti di generazione degli sprechi nei processi produttivi si aggiungono due ulteriori categorie: in primo luogo, i disturbi al lavoro prioritario impediscono di focalizzare l'attenzione sulle attività *core*, considerando che le interruzioni e le discontinuità minano una produttività elevata. Secondariamente, il disallineamento tra le competenze dei lavoratori e le mansioni a loro assegnate comporta una tempistica di apprendimento maggiore e ulteriori costi di addestramento.

2.3.3 Le tecniche Lean

A livello strategico, Lean Production può essere descritta come una filosofia, a livello tattico, è ritenuta un insieme di principi e a livello operativo è considerata un insieme di pratiche e strumenti (Leksic et al., 2020). Alla luce della precedente suddivisione, la sfida per un'organizzazione non è unica ma, innanzitutto, deve optare per gli strumenti Lean adeguati a raggiungere efficacemente gli obiettivi desiderati, deve coinvolgere attivamente le persone nella transizione snella, le quali

devono avere una solida conoscenza e una comprensione approfondita del pensiero Lean; infine il processo di trasformazione deve essere sostenuto per poter essere mantenuto nel tempo.

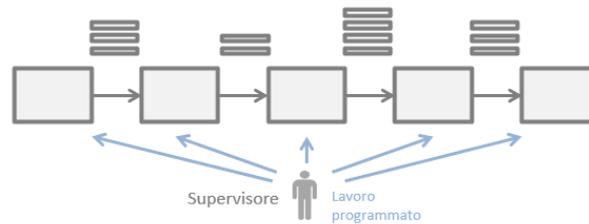
In accordo con il modello delle strategie competitive sviluppato da Michael Porter (1985) si riteneva che un'organizzazione, per consolidare il proprio vantaggio competitivo, potesse orientarsi verso due strategie alternative: da un lato, la strategia di *leadership* di costo consisteva nell'ambire a un drammatico abbattimento dei costi delle materie prime e della mano d'opera e a comprenderne l'andamento, per poter fissare prezzi più bassi rispetto alla concorrenza. Tale visione implica che un'azienda (tipicamente definita come “*product-driven*”) acquisisce un maggior vantaggio competitivo se è in grado di svolgere le attività in maniera più economica rispetto ai *competitors*. Dall'altro lato, la strategia di differenziazione prevedeva che ricercare fonti di differenziazione per introdurre sul mercato prodotti o servizi dalle caratteristiche uniche fosse un approccio imprescindibile per poter applicare un *premium price* e per tutelare la posizione competitiva. La prospettiva su cui verte il Lean Management, si discosta dalle precedenti nozioni in favore di una concezione che pone al centro dell'analisi della catena del valore il consumatore stesso; perciò, rimuovere tutto ciò che non aggiunge valore al cliente finale, risulta la strategia competitiva ottimale. In questo contesto, si individua un elemento di forte discontinuità nella relazione tra impresa e mercato rispetto al passato, infatti, la filosofia Toyota comporta una netta inversione del tipico rapporto “offerta-domanda-concorrenza”, dove è l'offerta a “dominare” la domanda, a una situazione di “concorrenza-domanda-offerta” (Brondoni, 2009). Nel secondo caso, non è più l'impresa a “fare” il mercato, definendo le quantità da produrre e modellando la domanda, ma sono le volubili preferenze del mercato che modificano costantemente la struttura e le scelte produttive, determinandone la programmazione. È qui che si colloca la distinzione, già in precedenza accennata, tra la logica “*push*”, che stabilisce che sono i processi a monte che “spingono” quelli a valle, in contrasto con l'approccio “*pull*”, dove le procedure a monte operano in quanto “tirate” da quelle a valle. Le due versioni impongono due relazioni diverse tra un'impresa e la sua domanda finale: il sistema *pull*, riconoscibile nello *Scientific Management*, gestisce linearmente il flusso informativo e di materiali da monte a valle; vale a dire che sono i vertici dell'impresa che decidono circa i volumi e i tempi produttivi, anticipando il fabbisogno dei clienti secondo previsioni della domanda futura. La pianificazione del fabbisogno, o *Material Requirement Planning* (MRP), “spinge” i materiali all'interno del flusso produttivo prima che vi siano ordini di lavorazione. I principali inconvenienti dei sistemi *push* sono previsioni errate, anticipazioni di materiali squilibrate rispetto al piano di produzione programmato, tempi di approvvigionamento o di produzione non rispettati, guasti, ritardi e problemi di qualità; tutti questi eventi genererebbero scorte inutilizzate in attesa di un loro eventuale futuro utilizzo. Diversamente, in un sistema di tipo *pull*, privilegiato dal Lean Management, l'ingresso dei prodotti in produzione non è anticipato rispetto agli ordini, bensì la produzione è regolata da valle del

processo produttivo; la produzione viene avviata solo dopo che la domanda si è manifestata. La condizione necessaria affinché la logica *pull* funzioni è che il tempo di attraversamento, che, come precedentemente esposto, si riferisce all'intervallo di tempo dal momento in cui gli input sono disponibili fino a quando il prodotto è in uscita, sia inferiore al tempo di consegna. Non vengono svolte previsioni di vendita ma l'avanzamento del flusso produttivo è un'azione su richiesta, incoraggiando la produzione ad andare incontro al mercato. In questo modo, un'organizzazione produrrà esattamente ciò che il cliente finale desidera, incrementando la flessibilità di risposta alle esigenze degli utenti e contestualmente diminuendo le scorte a magazzino e gli scarti.

Da un punto di vista analitico, supponendo che “P” coincida con il tempo totale di produzione, anche chiamato tempo totale di attraversamento, e che “D” rappresenti il tempo di consegna dell'output, allora un sistema produttivo si definisce:

- PUSH se $P/D > 1$, cioè il tempo di produzione è più lungo del portafoglio ordini;
- PULL se $P/D \leq 1$, cioè gli ordini coprono il tempo totale della produzione o si estendono persino oltre il suo orizzonte temporale.

Logica “Push” la quantità prodotta è pianificata ottimizzando la singola attività di processo



Logica “Pull” la quantità prodotta è regolata dalla domanda che “risale” il processo

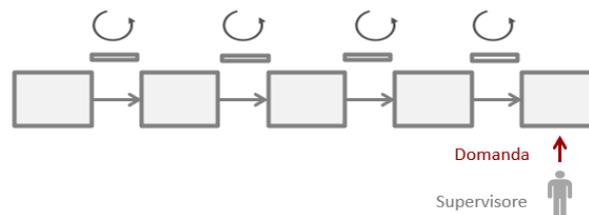


Figura 15 Logiche Push e Pull (Galgano Group, 2022)

Appare chiara la ragione per cui Lean promuova il secondo modello. La differenza tra il tempo di consegna D e il tempo di produzione P , posto che in ottica pull $P < D$, genera un certo grado di libertà nella gestione degli ordini e la corrispondente possibilità di ottimizzare i flussi operativi attraverso una più significativa riduzione del tempo P . Adottando tutti gli accorgimenti necessari a ridurre al minimo il tempo di attraversamento si prevengono i rischi legati all'inattendibilità delle previsioni tipiche del sistema *push*, all'obsolescenza di giacenze inutilizzate e al deterioramento dei materiali.

Per far sì che la produzione sia guidata dalla domanda del cliente si deve mettere in pratica il processo designato come **Just In Time (JIT)** (Arnheiter e Maleyeff 2005), di cui il TPS è considerato il promotore dal momento che tale tecnica di gestione è stata implementata nel 1950 presso la casa automobilistica giapponese Toyota Motor company. Trattasi di attività strettamente legate alla logica *pull* e progettate per realizzare quantità di merci previste, portando al minimo le giacenze a magazzino che sono una delle più ingenti fonti di costo e, pertanto, è necessario ridurle. Grazie alla tecnica JIT la produzione viene avviata appena in tempo per soddisfare la domanda del cliente, senza avere *slack* di tempo o di materiali, poiché tali *slack*, dal punto di vista *lean*, sono considerati sprechi (Womak et al., 1991). Il ritmo del flusso produttivo dell'impresa è dettato dalla domanda del cliente e solo con essa l'intera azienda dà il via ai processi a valle (Ohno et al., 1978). Bisogna tenere in considerazione che la domanda è una variabile estremamente volatile e incerta, ecco perché è fondamentale pianificare una capacità produttiva sufficientemente flessibile e riadattabile alle mutevoli richieste del mercato. In sostanza, non viene prodotto nulla fino a quando non giunge una richiesta dal cliente a valle, concetto che si avvicina di molto alla strategia **Make-To-Order (MTO)**, che oggi è diventata un modello di business diffuso, per cui la produzione di prodotti finiti avviene interamente e puntualmente sulla base delle richieste che giungono dai consumatori a cui è garantito un alto livello di personalizzazione. Se, da un lato, l'MTO è capace di alleviare i problemi di scorte in eccesso comuni a diverse realtà aziendali, **Make to Stock (MTS)**, rappresenta la versione inversa, in quanto le merci sono fabbricate e immagazzinate in inventario anticipatamente, in attesa di un ordine del cliente. Per mettere in pratica il principio JIT enunciato, occorre mettere a punto un flusso operativo ininterrotto e privo di imperfezioni, cercando di mantenere la continuità operativa sotto ogni condizione e sforzarsi a minimizzare l'impatto di potenziali incidenti. Quindi, bisogna eliminare tutte le fonti di spreco seguendo un iter di condizioni come di seguito:

- Zero difetti: non vengono accettati scarti di produzione; anche le scorte a magazzino sono ritenute uno spreco, pertanto vanno eliminate. L'obiettivo è di mirare all'alta qualità;
- Zero tempo di *set-up*: il passaggio da una fase all'altra deve essere rapido; i tempi di attrezzaggio e di predisposizione delle macchine produttive hanno l'obbligo di essere adeguatamente brevi per permettere cambi di produzione veloci e per limitare le interruzioni. È indispensabile fornire precise linee guida agli operatori per orientarli ai migliori metodi di lavoro;
- Zero guasti: effettuare continue ispezioni per prevenire eventuali malfunzionamenti degli impianti e intervenire anticipatamente qualora questi si manifestino; in questo frangente, l'automazione dei processi si rivela un ottimo alleato per un controllo continuo delle operazioni;

- *Zero lead-time*: serve accorpare, ridurre i cicli di sviluppo e semplificare i processi tramite la standardizzazione dei componenti e l'accorciamento dei percorsi di materiali e persone, per rendere il sistema produttivo più reattivo ai cambiamenti, più puntuale, meno costoso e, per l'appunto, più snello;
- *Zero burocrazia*: le interazioni e lo scambio di rilevanti informazioni deve essere agevole, scorrevole, frequente, efficace e si necessita di una struttura adeguata che funga da supporto alla comunicazione tra le varie parti e che stimoli la cooperazione.

Un altro aspetto importante della produzione snella è il *takt time*, un'espressione importata in Giappone ma di origine tedesca che fu introdotta durante la forte espansione industriale che lo stato federale della Germania aveva raggiunto nel periodo precedente alla guerra. Il *takt time* scandisce il ritmo della produzione e collega la domanda del cliente al tempo di produzione disponibile, per accelerarne l'andamento (Linck e Cochran, 1999). Il *Takt time* influenza la progettazione, il design e il funzionamento del sistema di produzione, in quanto è un indice a cui uniformare i processi data la regolarità e il sincronismo conferito. In una fase operativa, è un parametro di riferimento che determina la sequenza di produzione, ossia la velocità di realizzazione dei prodotti che equivale al tempo medio per pezzo su un intervallo preciso di tempo (es. un giorno). Poiché definisce il tempo a disposizione per produrre una parte (Shingo, 1989), dopo aver determinato il cliente la cui domanda deve essere soddisfatta, il *takt time* viene calcolato come il rapporto tra il tempo lavorativo disponibile nel periodo considerato e la domanda media prevista nel medesimo arco di tempo, come evidenziato nella formula sottostante:

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Time Available}}{\text{Average Customer Demand per Time Period}}$$

Dove il Tempo disponibile = Tempo totale - (Manutenzioni + Tempi di attesa) e la domanda media è il volume di vendita medio.

In effetti, il tempo *Takt* è un tempo misurabile utilizzato per stimolare il sistema di produzione, per allocare le risorse in un intervallo di tempo scelto e per livellare la sequenza di produzione (Linck e Cochran, 1999). Il *Takt Time* non è una variabile del processo produttivo ma è il cliente che lo stabilisce ed è compito di chi gestisce la produzione creare le condizioni per seguirlo nel miglior modo possibile (Viola, 2014). Una produzione equilibrata implica che tutte le operazioni e i sottosistemi producano allo stesso tasso. Se il sistema è sbilanciato, materiali e WIP si accumulano tra le operazioni, poiché le fasi sono asincrone. La figura 16 illustra l'equilibrio e lo sbilanciamento di produzione:

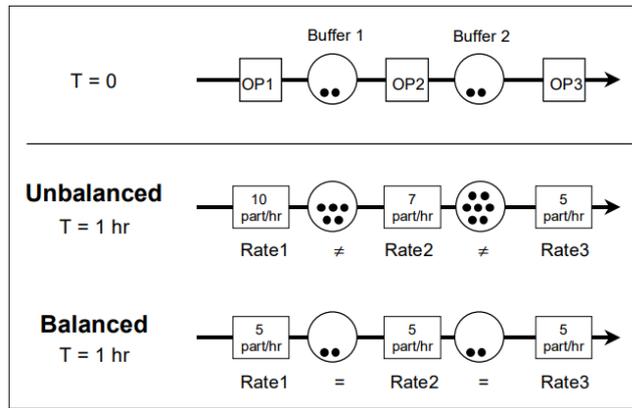


Figura 16 Balanced and unbalanced production (Linck e Cochran, 1999)

Non esiste un *takt time* ideale, dal momento che questo può durare giorni o secondi in relazione alla tipologia e alle caratteristiche del prodotto che un'azienda intende sviluppare. Inoltre, il parametro in questione viene spesso messo in relazione al “tempo del ciclo” che è il tempo richiesto per completare un ciclo di attività, di una funzione, di un lavoro prima di ricominciare uno uguale, ossia il tempo che si impiega per completare due unità di output successive. Il tempo del ciclo può essere semplicemente cronometrato o calcolato come il rapporto tra il tempo lavorativo a disposizione e l'output totale del processo; se il risultato è pari al *takt time*, allora il flusso produttivo risulta sincronizzato.

2.3.4 Gli strumenti Lean

Per una corretta implementazione del processo snello, gli strumenti Lean costituiscono l'elemento fondante della nuova filosofia, poiché se quest'ultima rappresenta il punto di partenza per rinnovare un modello di business, sono proprio gli strumenti che ne permettono il funzionamento e traducono la teoria in azioni concrete. Inoltre, per trarre benefici a lungo termine dalla produzione snella, le organizzazioni dovrebbero concentrarsi sulla costruzione di una cultura adeguata, rappresentata dai valori, dalle tradizioni e dai modi di pensare che modellano l'identità dell'organizzazione (Leksic et al., 2020). La produzione snella è un insieme completo di tecniche che, se usate congiuntamente e progressivamente maturate, permetterà di ridurre e poi eliminare gli sprechi di un'azienda (Apreutesei et al., 2010). Toyota riuscì a minimizzare ingenti costi operativi grazie all'abbattimento e allo snellimento delle attività superflue, unitamente all'utilizzo degli strumenti descritti di seguito che hanno rivoluzionato l'intera logica della produzione.

Uno degli strumenti di partenza per implementare il modello Lean è il *Value Stream Mapping* (VSM) o mappatura dei processi; dopo aver chiarito il concetto di flusso e averne definito le componenti rilevanti, seguono l'analisi e il collegamento delle varie fasi proprio come vengono svolte nella realtà, al fine di rendere possibile l'identificazione dei punti di miglioramento. Il VSM è uno strumento di visualizzazione grafica che, tramite semplici simboli e icone, mostra il legame tra il flusso del materiale e il flusso delle informazioni entro una singola divisione, in tutta

l'organizzazione e nell'intera catena produttiva. Di seguito viene suggerito uno schema con le principali icone e la simbologia convenzionale usata per la redazione del VSM:

SIMBOLI RELATIVI AL FLUSSO (FISICO, INFORMATIVO, TEMPORALE):		SIMBOLI RELATIVI AL MIGLIORAMENTO DEI PROCESSI:	
	Flusso fisico		Obiettivo kaizen
	Informazione elettronica		"Supermarket"
	Informazione manuale		Postazione kanban
	Flusso fisico in ingresso/uscita dall'azienda		Flusso kanban
	Time Line		Kanban "ordine di produzione" (Production)
SIMBOLI RELATIVI AI PROCESSI INTERNI ED ESTERNI:			Kanban "prelievo" (Withdrawal)
	Process Box		Kanban "segnale" (Signal)
	Process Box (processi multipli)		"corsia FIFO"
	Process Box (generico)		Cella produttiva a forma di "U"
	Fornitore esterno, cliente esterno		Magazzino "buffer"
	Informazioni relative al Process Box		Scorte di sicurezza
	Magazzino		
	Operatore		
	Processo assistito da computer (MRP)		

Figura 17 VSM, simboli (www.leanmanufacturing.it)

Si tratta di un tool per la localizzazione dei punti di raccolta e per la valutazione dell'ammontare quantitativo delle aree di accumulo di scorte che interrompono il flusso del materiale; facilita altresì il monitoraggio delle tempistiche delle operazioni. Descrivere e riportare tutti i dati necessari alla valutazione dei singoli processi e delle informazioni serve a fornire un'elaborazione fedele dei dati critici dell'organizzazione, dimostrandosi una potente formula per abbattere i costi produttivi e migliorare le performance. Infatti, diagnosticare zone e spazi problematici in termini di giacenze permette di arginare i costi dei materiali e le spese di gestione, oltre a prevenire il rischio di obsolescenza ad esse correlate.

Le mappe sono sempre duplici. In un primo momento si sviluppa la *Current State Map* ("As is") o Mappa Attuale del valore che è una fotografia che ritrae lo stato corrente delle attività operative. Successivamente, si andrà a delineare la *Future State Map* ("To be") o Mappa Futura del valore, in cui verranno indicate le modifiche apportate al processo e le aree interessate per l'eliminazione

degli sprechi segnalati nello step precedente. Grazie a questa rappresentazione grafica si può disporre di una panoramica macro e schematizzata del flusso complessivo di creazione del valore ma i valori e i dati riportati in corrispondenza delle singole attività permettono di condurre un'analisi empirica dettagliata. A supporto della VSM può essere impiegata la **Matrice Prodotto-Processo** che incrocia un prodotto o una famiglia di prodotti in funzione delle fasi di lavorazione e degli impianti utilizzati e ne illustra le correlazioni esistenti, mettendo in risalto ipotetiche discontinuità o squilibri operativi. Nelle colonne della matrice si inseriscono le tecnologie di processo impiegate nella produzione e nelle righe i componenti o prodotti fabbricati. Al fine di costruire una matrice aggregata prodotto-processo come viene esibita nella Figura 18, occorre raggruppare i prodotti in conformità a processi simili, evidenziando con colori diversi le aree o le famiglie di prodotti che concorrono alla stessa fase di processo.

		Fasi di Processo							
		1	2	3	4	5	6	7	8
Prodotti	A	X	X	X		X	X		
	B	X		X		X	X		
	C	X		X			X		
	D		X	X	X			X	X
	E		X	X	X			X	X
	F	X		X		X	X		
	G	X		X		X	X	X	

		Fasi di Processo							
		3	5	6	1	2	7	8	4
Prodotti	A	X	X	X	X	X			
	B	X	X	X	X				
	C	X		X	X				
	F	X	X	X	X				
	G	X	X	X	X		X		
	D	X				X	X	X	X
	E	X				X	X	X	X

Figura 18 Matrice aggregata prodotto-processo (www.galganogroup.com)

Nel caso di organizzazioni molto diversificate, la matrice appena rappresentata mostra un grado di complessità estremamente elevato dimostrando ancora di più la validità di questo strumento atto a semplificare e razionalizzare i flussi produttivi.

In questo modo, diventa più facile quantificare il *lead time*, cioè il tempo necessario per un prodotto ad attraversare l'intero processo produttivo o, per meglio dire, l'intervallo di tempo da quando un input è disponibile a quando viene trasformato in output. In prospettiva Lean, il *lead time* è la grandezza dominante, in quanto rappresenta il parametro che decreta la sostenibilità di un business e quindi la capacità di generare profitti. Il tempo di attraversamento totale di un'organizzazione è dato dalla somma dei *lead time* dei singoli processi in serie. Inoltre, il tempo a valore aggiunto si riferisce alla durata che impiega un articolo o servizio a diventare un prodotto vendibile sul mercato. La relazione che sussiste tra queste due grandezze in ottica Lean è la seguente:

$$\text{tempo a valore aggiunto} < \text{lead time}$$

Alcuni dei principali indicatori che vengono riportati nella VSM e che consentono di misurare la performance direttamente sul campo sono (Campanella et al., 2011):

- Tempo del Ciclo: il tempo che impiega un operatore a completare la sua mansione prima di ripeterla (è un indicatore importante per l'azienda)
- Tempo a valore aggiunto: il tempo che impiegano gli elementi a trasformarsi in un prodotto che un cliente è disposto a pagare (è un indicatore importante per il cliente)
- Affidabilità: percentuale di tempo in cui le macchine lavorano rispetto al totale del tempo disponibile
- Tempo disponibile: il tempo a disposizione per lavorare

Sussiste una relazione fondamentale tra tempo del ciclo e *lead time* che è formulata dall'indice di flusso, ossia la capacità di un processo di avvicinarsi al flusso, dato dal rapporto tra i due fattori:

$$I_F = \frac{\sum TC}{LT}$$

La VSM va strutturata prima di applicare qualsiasi altro strumento Lean, in quanto funge da filtro logico schematizzando dove, quando e in che passaggio il prodotto acquista valore, a partire dal momento di creazione dello stesso, alle trasformazioni che esso subisce fino al raggiungimento del cliente. Solo dopo aver indagato e stabilito la localizzazione delle attività a non valore aggiunto si valuta la decisione di snellirla o alternativamente di eliminare completamente il passaggio dalla sequenza. Di sotto, si propone un esempio di VSM:

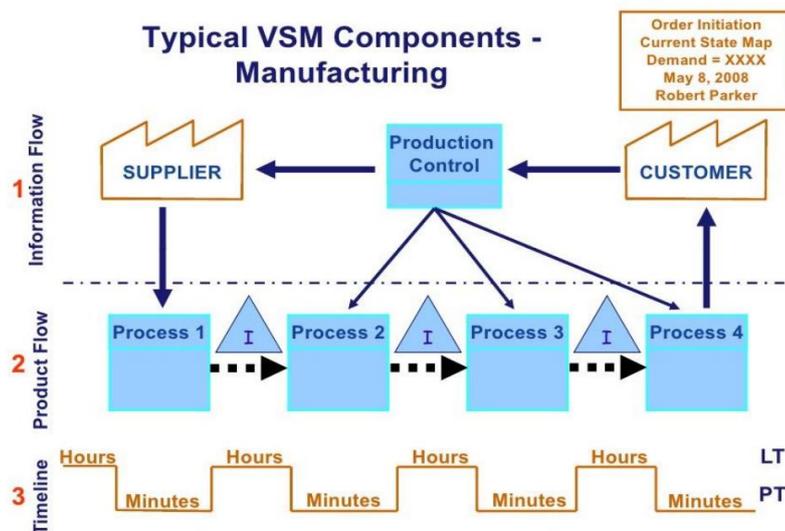


Figura 19 Typical VSM Components (Martin et al., 2014)

L'approccio sistemico della rappresentazione grafica fornita dalla mappatura del valore garantisce una visione d'insieme del contesto organizzativo più generale, senza mai perdere di vista i dettagli. Un punto di forza del modello è la semplicità con cui i dati e le informazioni vengono procurate, in maniera ben definita ed essenziale, evitando ridondanze e considerando sia elementi di natura qualitativa che quantitativa. Quanto agli obiettivi del VSM, in primo piano si colloca la volontà di realizzare un flusso scorrevole e continuo che è garantito qualora venga seguito l'iter sintetizzato di seguito:

- Vedere lo stato del *workflow* aziendale nella sua globalità
- Riconoscere gli sprechi e determinarne le cause
- Esibire il legame tra il flusso di materiale e lo scambio di informazioni e le interazioni tra l'elemento umano e quello tecnologico
- Escogitare un chiaro piano di azione per non intervenire casualmente o erroneamente
- Rendere visibili gli effetti dei miglioramenti successivamente alla modifica del flusso di partenza, quindi validare il piano di implementazione sviluppato al punto precedente

Un'alternativa al VSM è la **Spaghetti Chart** che illustra visivamente in maniera semplificata il percorso di trasferimento del materiale e gli spostamenti del personale nell'area presa in considerazione o tra diversi reparti. Con questo diagramma, che si basa su un'analisi logistica, è possibile comprendere immediatamente dove si celano le attività prive di valore, poiché le linee disegnate in scala indicano la distanza e il tempo impiegato nei diversi trasferimenti; pertanto, la numerosità, la lunghezza, l'addensamento e il numero d'incroci che le linee subiscono sottolineano percorsi tortuosi e di conseguenza difficili da gestire data la scarsa fluidità.

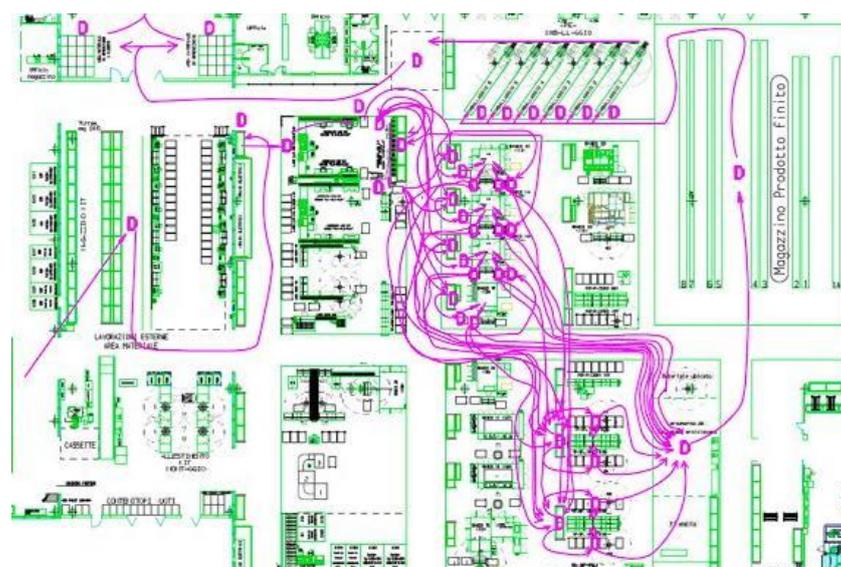


Figura 20 Esempio di Spaghetti Chart (www.leanmanufacturing.it)

Lo Spaghetti Chart fornisce spunti indispensabili per risparmiare sui tempi di attraversamento, sui tratti che vengono percorsi più volte e sugli spazi occupati inutilmente, perché agevola un isolamento visivo dell'intero flusso di valore e rende più semplice l'osservazione di possibili colli di bottiglia che compromettono l'ottimizzazione degli spostamenti.

Proseguendo, un altro criterio di gestione snella è individuabile nel *Visual Management* (o gestione a vista), che, mediante un approccio visivo immediato, consente di comunicare efficacemente un'ampia gamma di rilevanti informazioni agli operatori. È utilizzabile in qualsiasi area di uno stabilimento produttivo poiché segnali colorati, cartellini, schemi e altri elementi ben visibili e identificabili attirano l'attenzione degli addetti, che, a loro volta contribuiscono a organizzare l'ambiente di lavoro in modo ordinato, sicuro ed efficiente. Grazie al *visual management* vengono create e mantenute le condizioni per un continuo miglioramento, per una crescente produttività e per contrastare gli sprechi.

In sintonia sia con i criteri del JIT che con il *Visual Management*, la Lean Production fa ampio uso di uno strumento operativo definito *Kanban* che tradotto dal giapponese allude al termine di "cartellino". Taiichi Ohno, il padre del sistema in oggetto, ha formulato un metodo semplice ma efficace che consiste nell'applicazione di targhette fisiche su appositi contenitori destinati alla custodia di specifiche quantità di componenti o di merci, di cui è precisata l'origine e l'allocazione. In questo modo, vengono rese immediatamente disponibili e formalizzate le informazioni necessarie agli operatori per quanto riguarda la produzione, l'acquisto e la movimentazione di componenti e materiali nel sistema produttivo, potendo così gestire più agevolmente le priorità di avanzamento tra le diverse fasi di processo. Si tratta di una tecnica molto semplice che permette di autoregolare e controllare il lavoro in un sistema *pull*, a fronte di variazioni del ritmo e delle tempistiche produttive. Anche tramite il *Kanban* si rovescia il punto d'osservazione, dal momento che si concepisce il processo produttivo come un'operazione che va da valle a monte e che lavora i pezzi necessari solo nella circostanza in cui ce n'è bisogno. Con questo metodo viene stabilita la quantità e la tipologia da produrre quando gli ordini vengono commissionati, in maniera armonica con la domanda del cliente. Regolando manualmente i flussi di materiale, il *Kanban* consente di evitare *buffer* intermedi tra le lavorazioni creando il minor numero di scorte ed evitando la sovrapproduzione, che è lo spreco più impattante sulle performance di un sistema produttivo. Le informazioni circolano in modo sistematizzato all'interno dell'azienda o tra l'azienda e fornitori eliminando la necessità di servirsi di sistemi complessi di programmazione della produzione. Per questo motivo, il *Kanban* rappresenta il motore dell'attività organizzativa e della gestione della quotidianità degli ordini di lavoro, consentendo ai responsabili di occuparsi di risolvere le criticità e di sviluppare i miglioramenti del sistema. In particolar modo, l'operatore può produrre solamente quando è disponibile un segnale *Kanban*, altrimenti deve fermarsi e, una volta stabilita, la quantità di segnali, questa non può mai aumentare, anzi si deve mirare a una riduzione dei *Kanban*. Le

informazioni che generalmente si possono reperire su un cartellino *Kanban* sono ad esempio sigle del componente interessato, il fornitore di quel pezzo, il cliente che lo richiede e altri codici personalizzati. L'operatore della cella preleva il contenitore con i prodotti da lavorare, stacca il Kanban-prelievo che evidenzia la quantità e tipologia di prodotti di cui approvvigionarsi per allestire la scorta di prodotti da lavorare. I contenitori delle scorte di prodotti già lavorati, invece, presentano un Kanban-produzione, che autorizza il processo a monte a produrre un certo componente per un processo a valle. Di seguito uno schema riassuntivo:

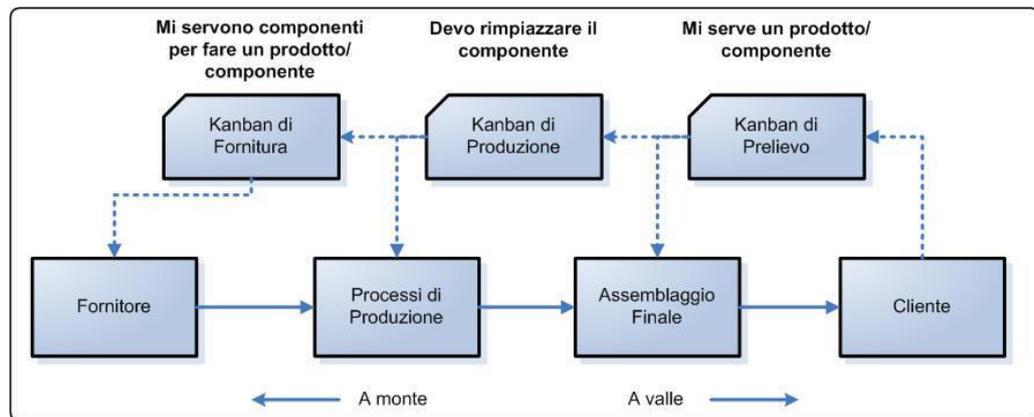


Figura 21 Produzione pull con sistema Kanban (Leanmanufacturing.it)

Si nota come al vertice d'impresa compete la definizione delle linee strategiche, ma i flussi informativi e quelli di natura operativa, hanno origine dal mercato e poi vengono trasferiti retroattivamente all'interno dell'organizzazione. I benefici che si possono trarre dal metodo *Kanban*, riguardanti la riduzione degli stock e della documentazione, seguono un iter di regole precise:

- Non vanno inviati pezzi difettosi alle fasi successive, al fine di non mischiare componenti buone con quelle imperfette;
- Le fasi successive devono prelevare solo il materiale strettamente necessario e prestabilito, per non alterare la capacità produttiva;
- Bisogna produrre solamente ciò che viene richiesto, quindi occorre disporre uniformemente la produzione allo scopo di non verificare stravolgimenti;
- La gestione del metodo *Kanban* deve essere condotta accuratamente, in quanto, la perdita anche di un solo cartellino compromette il funzionamento dell'intero sistema;
- Il ruolo dei fornitori è cruciale per il raggiungimento degli obiettivi *Kanban*, quindi è necessario avviare una selezione accurata dei primi, nonché integrarli lungo la *supply chain* al fine di beneficiare dalle sinergie che si creano;

- Il sistema, affinché funzioni correttamente, necessita di un forte coinvolgimento del personale che va motivato, formato e informato;

I trasporti e le movimentazioni vanno circoscritte a distanze con raggio limitato. Il **Milk Run**, nome che si ispira al furgone del latte comune in USA, è un metodo di alimentazione dei materiali che vengono frequentemente trasportati in piccole quantità lungo dei tragitti ristretti e determinati a priori. Si può applicare tra gli stadi interni di produzione o alla catena di fornitura, posto che vengano prelevati e trasferiti i materiali strettamente necessari. Così facendo, le movimentazioni dei materiali non avvengono casualmente e su base occasionale, bensì il flusso regolare e standardizzato del *milk run* garantisce un rifornimento assicurato su base periodica. Nella figura che segue viene confrontata la logistica tradizionale con il processo di *milk run* appena descritto:

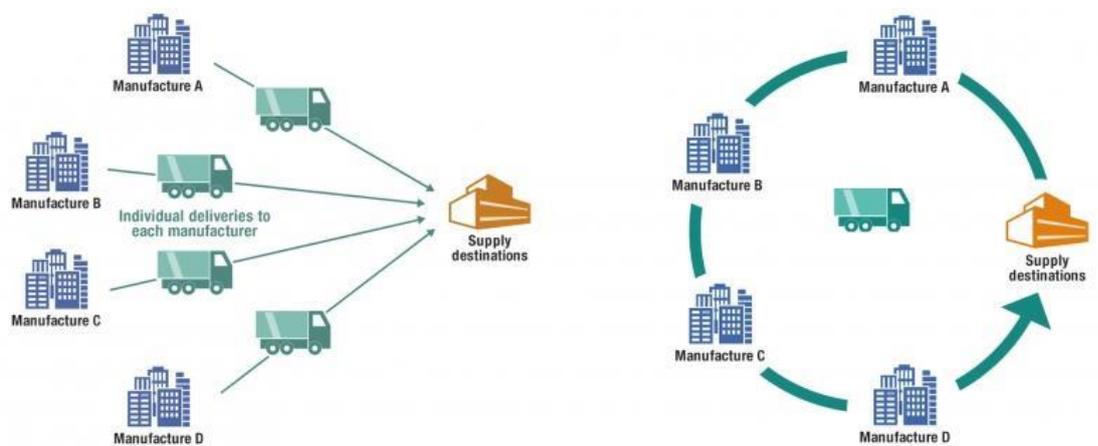


Figura 22 Logistica tradizionale e Milk Run (Openmindtech.it)

L'applicazione delle tecniche Lean elencate fino a questo punto può essere avviata con entusiasmo ma in breve tempo si può affievolire, trasformandosi in un fallimento per l'intera organizzazione. La vera sfida per le aziende è, infatti, il mantenimento di un miglioramento continuo volto all'azzeramento dei "muda". Entra in gioco **Kaizen**, una filosofia che permette alle aziende di far fronte ai problemi operativi quotidiani grazie all'assunzione di un atteggiamento incline al miglioramento lento ma costante delle modalità di lavoro. *Kaizen* è la composizione di due termini giapponesi, "Kai" viene tradotto con "cambiamento" o "rinnovamento", e "Zen" significa "verso il meglio". La creazione dell'espressione si attribuisce a Masaaki Imai (Tokyo, 1930), un economista giapponese che ha pubblicato il libro sulla gestione aziendale intitolato "*Kaizen: lo spirito giapponese del miglioramento*". Quest'ultimo sosteneva che *Kaizen* fosse una metodologia di crescita che coinvolge l'intera struttura delle aziende e che si oppone all'idea classica di innovazione, caratterizzata invece da uno sviluppo rapido e radicale, prevedendo una rottura completa rispetto il passato (Andreani, 2015). Il *Kaizen* indica il miglioramento graduale delle attività di un'organizzazione al fine di generare meno sprechi, creare più valore e ricercare la

perfezione; una riflessione significativa è formulata da Caffyn (1999) relativamente al miglioramento continuo, che viene concepito come un ampio processo centrato sull'innovazione incrementale che coinvolge l'intera organizzazione ed è semplice, di facile comprensione e richiede un investimento contenuto. Da un lato si punta a mantenere gli standard esistenti di qualsiasi natura, dall'altro i miglioramenti si riferiscono alle attività che mirano a elevare gli standard esistenti. Il risultato complessivo dell'adozione di *Kaizen* è quello di permettere a tutti i membri dell'azienda di affrontare diverse situazioni che si presentano nello svolgimento delle attività con uno spirito incline al potenziamento dei metodi e delle procedure usate. Inoltre, siccome in un'organizzazione le difficoltà sono molteplici e le problematiche da risolvere, inerenti a diversi ambiti aziendali, sono vastissime, *Kaizen* suggerisce di mantenere il focus su alcuni aspetti prioritari piuttosto che disperdere preziose energie e tempo su trascurabili disturbi alle attività. Ciò che ne consegue, è un salto culturale che tutta l'azienda deve affrontare per una continua ricerca di una qualità superiore dell'output, distaccandosi dai vecchi paradigmi e dalle consuete abitudini, mettendo invece l'accento sui processi piuttosto che sui prodotti. Un altro aspetto che viene messo in rilievo dal metodo *Kaizen* è che per raggiungere un livello qualitativo delle procedure crescente è importante effettuare una forte prevenzione a priori di eventuali difetti, imperfezioni o interruzioni; eseguire controlli e verifiche a posteriori non garantisce considerevoli margini di miglioramento e comporta un dispendio di tempo. In questo contesto, si delinea un forte distacco dalle regole e dai modelli organizzativi passati, specialmente perché *Kaizen* prevede una diversa interpretazione del valore. Ponendo enfasi sui clienti ("*gemba*" in giapponese), il vero motore di un'azienda, la classica concezione organizzativa piramidale, che colloca al vertice la direzione, viene rivista e modificata in una piramide rovesciata dove le persone creano valore per altre persone, ovvero i clienti.



Figura 23 "Gemba" (Kaizen Institute, 2018)

“La forza di un'organizzazione è la sua capacità di cambiare” (Kaizen Institute, 2018). Sottinteso alla figura, si ritiene che la struttura aziendale e il *Top Management* fungano da supporto al *gemba*, un gruppo di persone qualificate, coinvolte e motivate che mira a comprendere esattamente ciò che il cliente vuole. Inoltre, gli operatori sono incaricati a ricercare le soluzioni migliori ai

problemi, velocemente e “senza fronzoli”, nel senso che le opportunità di miglioramento sono basate su fatti oggettivi.

Tale approccio si fonda su cinque regole (Andreani, 2015) che, se seguite pedissequamente, servono da leva per migliorare le performance dell’azienda e la sua competitività. Con questa disciplina è possibile aumentare la produttività in azienda poiché le risorse vengono rese disponibili grazie alla semplificazione dei processi e possono quindi essere impiegate nelle attività di miglioramento continuo:

- Regola 1: L’errore più comune degli imprenditori è quello di pensare a strategie da poter applicare rapidamente e in grado di produrre risultati immediati. Imai (1930) spiega invece che «applicare il *Kaizen* significa cambiare il sistema operativo delle aziende tradizionali. È un percorso a lungo termine»;
- Regola 2: è comune pensare che spetti al middle management aziendale avviare nuovi approcci alla gestione. Tuttavia, le decisioni su nuovi progetti devono partire dal top management, i cui amministratori delegati e direttori generali devono non solo partecipare attivamente, ma essere veri e propri motivatori di un percorso di riorganizzazione orientato al miglioramento continuo;
- Regola 3: Resta fondamentale dare responsabilità e coinvolgere i lavoratori a tutti i livelli aziendali, anche quelli considerati erroneamente più bassi, che spesso offrono le migliori soluzioni;
- Regola 4: emulare la flessibilità tipica delle piccole e medie imprese rappresenta un eccezionale punto di forza per una grande impresa, su cui può fare leva per la crescita. «Piccole e medie imprese – esordisce Imai (1930) – dovrebbero avere molte più possibilità di successo grazie alla loro struttura interna e all’allineamento più veloce in ogni area dell’azienda»;
- Regola 5: con *Kaizen* si ottiene un notevole miglioramento sia dal punto di vista operativo che economico, senza aver bisogno di grandi investimenti. Piuttosto che focalizzarsi su una ristrutturazione di tipo finanziario è auspicabile una riprogettazione operativa che mette in primo piano il *know how* interno all’azienda, il vero motore che governa l’eccellenza produttiva. Ogni volta che la situazione diventa critica, – sostiene Imai (1930) – la maggior parte delle aziende sceglie una ristrutturazione finanziaria, mentre la riorganizzazione operativa è molto più importante».

Se *Kaizen* si basa su piccoli miglioramenti applicati però con elevata frequenza, si contrappone totalmente a quello che è spesso l’approccio di preferire grandi miglioramenti realizzati più raramente (noto come *kaikaku*). Il grafico sotto riportato raffigura le traiettorie dei due diversi modelli espresse in termini di miglioramento dell’output sull’asse delle ordinate e in funzione del tempo t.

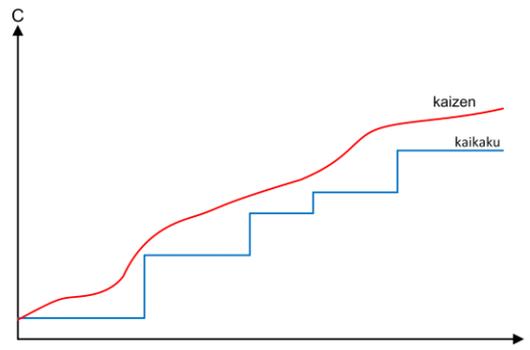


Figura 24 Kaizen e Kaikaaku (Leansolutions.it)

Come emerge dall'illustrazione, *Kaizen* implica modifiche incrementalmente frutto del contributo di tutti i dipendenti e del forte coinvolgimento di essi nelle attività; invece, *Kaikaaku* prevede una trasformazione, una riforma, un'innovazione che esige un cambiamento radicale nel modo di pensare. *Kaikaaku* è utile per elaborare nuove strategie, creare un sistema ex-novo, ristrutturare la propria organizzazione, tutte attività che si possono realizzare a lunga distanza di tempo l'una dall'altra e che necessitano di un grande sforzo per essere preservate, poiché risulta arduo mantenere un livello di prestazioni elevate sino al cambio successivo. *Kaikaku* infrange gli standard e lo status quo in un'organizzazione, diversamente dall'effetto di piccoli ma costanti miglioramenti che si sommano l'un l'altro permettendo di ottenere standard più elevati dei precedenti. Pertanto, le differenze tra i due sistemi sono la dimensione dell'azione intrapresa per raggiungere gli obiettivi Lean e il tempo necessario affinché l'intervento abbia un effetto evidente. Per uno studio approfondito delle criticità connesse ai processi e per agevolare l'avvio e il mantenimento di una strategia incentrata sulla riduzione degli sprechi all'interno dell'azienda, la filosofia Lean propone un'addizionale metodologia di miglioramento denominata “5S” (Tohdi et al., 2012). Il nome deriva da cinque parole giapponesi la cui lettera iniziale è la “S” e che corrispondono a cinque attività che contribuiscono allo scorrimento più fluido del flusso del valore. Tramite l'applicazione di questo iter guidato, vengono rimossi tutti i passaggi che non sono strettamente funzionali alle attività operative, ispezionando attentamente le varie fasi, riordinando, accorpando e semplificando le operazioni che non aggiungono valore, infine identificando le inefficienze. Di seguito si riporta una rappresentazione grafica delle “5S”:



Figura 25 Le 5S (Make Group, 2020)

Il percorso delle 5S si compone dei seguenti stadi:

- *Straitening* (“*seiri*” in giapponese): i processi debbono essere il più lineari possibile, sia dal punto di vista logico che da quello logistico. Sintetizzare le procedure, i materiali e le attrezzature di lavoro è fondamentale per evitare problematiche come l’ingombro o l’inaccessibilità;
- *Sorting* (“*seiton*” in giapponese): è indispensabile catalogare, organizzare e ordinare la disposizione dei materiali, delle persone e delle attrezzature al fine di ottimizzare gli spazi a disposizione per eseguire le attività in maniera più regolare. Gli elementi critici debbono essere valutati in base all’utilità e devono essere collocati in prossimità della destinazione d’uso, per ridurre il tempo di ricerca a carico degli operatori. In questo modo, si potranno comprendere più profondamente e soprattutto molto più velocemente le problematiche che stanno sorgendo o che potrebbero sorgere e ideare coerentemente strategie risolutive con maggiore immediatezza. L’intervento risolutivo contro una problematica, se viene attuato tempestivamente, evita il rischio che vengano prese decisioni incongruenti o inapplicabili nella situazione contingente;
- *Shining* (“*seiso*” in giapponese): un’ambiente di lavoro pulito rende i percorsi praticabili velocemente e consente di mantenere fruibili tutte le attrezzature di cui si necessita regolarmente. Inoltre, se la visione d’insieme delle diverse aree operative è più “limpida” appare più immediata l’identificazione di possibili anomalie;
- *Standardizing* (“*seiketsu*” in giapponese): il termine suggerisce di creare processi di routine standardizzati per rendere facilmente visibile ciò che si svolge. Fornire agli

operatori linee guida precise ed esplicite, abbracciando tutti i livelli di produzione, scongiura il rischio di ritornare alle tradizionali modalità di lavoro;

- *Sustaining* (“*shitsuke*” in giapponese): una volta che viene definito un nuovo standard, occorre verificare che questo sia rispettato scrupolosamente e che le modifiche apportate al sistema rimangano attive anche dopo la fase iniziale di implementazione. Il consolidamento degli standard garantisce una visione organizzativa orientata al continuo miglioramento e al mantenimento dello stesso. Si deve diffondere l’idea tra i dipendenti che le “5S” siano uno strumento per stimolare l’autodisciplina, che implica seguire le procedure di lavoro meticolosamente, con puntualità e con dedizione all’organizzazione.

L’applicazione della tecnica delle 5S è da considerarsi come uno strumento per l’eliminazione dei *muda* dai processi, e per comprendere da dove questi hanno origine, al fine di rendere il flusso operativo più snello e di garantire vantaggi in termini economici. Preliminarmente all’implementazione delle 5S, per uno studio dei *muda* più minuzioso, è possibile ricorrere al metodo delle “5W”, specificatamente *what, when, where, who, why*. Con l’ausilio delle 5 domande, si può approfondire la natura di ogni problema individuato, scindendo, all’interno dello stesso, cause, conseguenze, modalità di avvenimento e soprattutto responsabilità (Jugraj Singh Randhawa et al., 2017). In questo modo, vengono identificate e attuate solamente le azioni e gli investimenti convenienti a rendere la gestione d’impresa più ordinata, standardizzata, basata su una maggiore sicurezza della postazione di lavoro, sulla riduzione del tempo di ricerca degli oggetti e degli utensili, su un utilizzo ottimale degli spazi che implica una migliore visione d’insieme dei processi, finanche facilitando la comunicazione.

La globalizzazione e l’urgente necessità di creare prodotti ed esperienze per il cliente sempre più customizzate hanno incentivato le aziende ad aumentare la propria flessibilità produttiva, conseguibile tramite la riduzione dei tempi di attrezzaggio (*set-up time*) delle macchine e rendendo i lotti di produzione di entità sempre più piccola. Pertanto, la capacità di eseguire processi di configurazione rapidi, aumentando significativamente la frequenza di impostazione e di installazione, è ampiamente riconosciuta come il requisito essenziale per la flessibilità e per la produzione in piccoli lotti (McIntosh et al., 2000). La metodologia **SMED** (*Single Minute Exchange of Die*) consiste in un insieme di tecniche che consentono di eseguire processi di *setup* in meno di dieci minuti (Shingo, 1985). L’espressione allude all’intenzione di limitare i tempi di configurazione a una cifra esprimibile con una sola cifra in minuti, quindi inferiore a 10. Applicando l’approccio SMED ideato da Shigeo Shingo alla società Toyota significa rimuovere una fonte importante di attività che non apportano alcun valore aggiunto al prodotto e per ultimo al cliente. Gli effetti positivi di SMED sono molteplici e sono osservabili specialmente in termini di flessibilità, poiché la ridotta dimensione dei lotti garantisce di produrre una grande quantità e

varietà di prodotti in un tempo minore, permettendo a un'azienda di reagire rapidamente alle variabili esigenze dei clienti; secondariamente, purché la sistemazione delle attrezzature sia ottimizzata, la capacità disponibile per la produzione viene massimizzata; in ultima analisi, grazie alle tecniche SMED si assiste a un aumento della produttività, considerando il fatto che vengono eliminati dei tempi indiretti che non aggiungono valore alle operazioni, minimizzando così i costi di produzione che sono direttamente correlati alle prestazioni delle apparecchiature. Con la riduzione del tempo di attrezzaggio, le macchine si fermano per meno tempo, riducendo così i costi di produzione.

L'esecuzione di SMED richiede un'analisi a priori per comprendere chiaramente i passaggi di processo, al fine di conoscere nel dettaglio ogni operazione di configurazione (Costa et al., 2013) e di mappare accuratamente le attività e i materiali ausiliari allo svolgimento del ciclo di attrezzaggio. In questo contesto, le operazioni di *setup* vengono suddivise in due tipologie: le operazioni interne (IED o *Inside Exchange Die*) che sono le attività eseguite a macchina ferma e le operazioni esterne (OED o *Outside Exchange Die*) che sono quelle eseguite mentre la macchina è in funzione. L'obiettivo di questo pacchetto di tecniche è quello di analizzare criticamente le attività interne cercando di raggiungere un elevato tasso di conversione di procedure esterne, allo scopo di limitare quelle operazioni che forzano a fermare i macchinari. Si può riassumere l'implementazione della metodologia SMED attraverso le quattro fasi che seguono:

- Fase Preliminare – Osservazione dell'organizzazione delle attività interne ed esterne non differenziate;
- Fase 1 – Configurazione interna ed esterna separata;
- Fase 2 – Conversione interna in configurazione esterna;
- Fase 3 – Razionalizzare la configurazione interna ed esterna.

Quanto all'ultimo stadio, si propende alla semplificazione delle operazioni, per numero e per durata, analogamente si punta a ridurre i tempi di installazione, lo *stock*, il WIP, le dimensioni del lotto e i movimenti, per ottenere risultati riguardo alle modalità di intervento ma soprattutto in termini di miglioramento della qualità e della flessibilità di produzione.

Nel mondo odierno, la produzione è resa altamente informatizzata e automatizzata, intensificando la complessità dei mezzi produttivi di nuova generazione e oltre che rendendo difficile il loro corretto funzionamento. Date le circostanze, mantenere a un buon livello il funzionamento delle macchine e degli impianti è indubbiamente un'attività prioritaria, a fronte di un numero sempre maggiore di parametri da monitorare e di modalità di utilizzo da supervisionare. Una soluzione che Lean Manufacturing ha proposto al problema è il **TPM** (*Total Productive Maintenance*), un approccio basato sul principio del miglioramento continuo, che raccomanda la massima efficienza del comparto produttivo con gli annessi mezzi, auspicando ad azzerare i guasti, gli incidenti e i difetti. La moderna manutenzione non può essere più concepita come una reazione episodica a

guasti, malfunzionamenti e inconvenienti che pregiudicano le prestazioni degli impianti; non bastano riparazioni *ex post* per ripristinare la funzionalità di impianti inefficienti (Mella, 2021). Un'organizzazione, invece, deve formulare una politica di prevenzione che, per quanto possibile, eviti l'insorgere di difetti o il funzionamento anomalo delle macchine e che concepisca la manutenzione come un'attività o un servizio esteso a tutte le funzioni aziendali. Macchinari a cui viene dedicata una scarsa manutenzione possono comportare tempi di fermo macchina più o meno prolungati a causa di rotture e di altri incidenti, rallentamenti dei processi di lavorazione, di stoccaggio e di consegna con conseguenti costi significativi per manodopera improduttiva, per il mancato rispetto dei termini di consegna e, nelle peggiori delle ipotesi, possono causare il decadimento nel tempo degli *standard* qualitativi dei prodotti e dei servizi. In questo senso, la manutenzione costituisce una delle colonne portanti della “sostenibilità” aziendale perché in mancanza di una corretta, tempestiva e appropriata manutenzione in tutti i processi aziendali, l'organizzazione rischierebbe di avviarsi verso un periodo di progressivo declino produttivo di costi sempre più elevati, di produttività in calo e di mercato, poiché la qualità si riduce con diminuzione della soddisfazione del consumatore o dell'utente (Mella, 2021).

I diversi tipi di interventi manutentivi possono essere suddivisi come viene suggerito dalla seguente classificazione. Entrando più nello specifico, laddove vengano intraprese azioni correttive su singoli impianti o su una specifica funzione si fa riferimento alla manutenzione individuale; la manutenzione collettiva ha invece per oggetto impianti simili che svolgono lavorazioni equivalenti, infine, la manutenzione sistemica interessa macchinari diversi che funzionano congiuntamente.

- Manutenzione ordinaria di riparazione: è di tipo “reattivo” cioè viene eseguita dopo che si sono generate inefficienze e guasti.
- Manutenzione migliorativa: la verifica dell'idoneità e il miglioramento degli impianti avviene su base continuativa, per comprovarne l'affidabilità; inoltre, vengono annesse ai macchinari nuove funzionalità e modifiche tecniche appositamente ideate per consentire di svolgere le lavorazioni anche in presenza di nuovi materiali utili a comporre nuovi prodotti.
- Manutenzione preventiva: è eseguita prima che un guasto si sia verificato, proprio per evitarne la manifestazione e può essere programmata a intervalli regolari, a prescindere dallo stato dell'impianto, o seguendo periodi prestabiliti sulla base dello studio di precisi parametri, facendo ampio ricorso a modelli statistici. In merito al tema esaminato è stato dichiarato che “*Scheduled restoration tasks and replacement tasks are examples of preventive maintenance tasks* (Gulati et al. 2010). *Maintenance prevention often functions using the learning from earlier equipment failures, product malfunctioning, feedback from production areas, customers and marketing functions to ensure the hassle-free operation for the existing or new production systems*” (Jugraj et al., 2017). La manutenzione

preventiva rientra nella manutenzione programmata, o manutenzione sistematica, che viene svolta a intervalli regolari (o “*Time-based Maintenance*”) (Sharma et al., 2012) sotto forma di ispezioni quotidiane, mensili o annuali;

- Manutenzione “predittiva” (*Predictive maintenance*), implica l’impiego di tecniche di intelligenza artificiale e il monitoraggio è garantito da una sofisticata “sensoristica” che rileva in *real time* lo stato dell’impianto; un intervento manutentivo viene avviato anche solo in presenza di un’avaria potenziale, autonomamente rispetto ai piani di manutenzione programmata. Attraverso l’analisi e l’elaborazione dei *big data* e grazie all’interpretazione di eventuali segnali di allerta emessi dalle macchine, premonitori di un guasto, viene resa possibile la prevenzione degli stessi e si abbassa la probabilità che si verifichino. Questa strategia contrasta la tipica visione di “*if it’s not broke, don’t fix it*”;
- In queste situazioni, per garantire la funzionalità/funzionamento dell’intero sistema, è necessario prevedere una manutenzione che intervenga su tutti gli impianti contemporaneamente operanti, per evitare che il malfunzionamento di uno abbia come conseguenza, l’arresto del sistema stesso (il malfunzionamento di una pressa blocca le lavorazioni successive dei materiali che derivano dalla sua attività, un danno a un macchinario in una sala operatoria compromette un intervento, il malfunzionamento dell’elica, oppure delle caldaie o dell’impianto elettrico può bloccare l’operatività di una nave intera, ecc.).

Attraverso il TPM, la filosofia Lean esorta a focalizzarsi insistentemente sui miglioramenti delle operazioni produttive e sulla creazione di un accurato sistema di manutenzione preventiva di macchinari e impianti, per fare in modo che problemi o malfunzionamenti non avvengano o non si ripresentino più.

In aggiunta all’approccio SMED, l’ingegnere Shigeo Shingo aveva introdotto nel 1961 presso la società Toyota Motor il metodo denominato ***Poka-Yoke***, che deriva dal giapponese e si traduce con “a prova di errore”. In ciascuna fase del ciclo di vita del prodotto e in ogni processo c’è la possibilità che vengano commessi errori che si ripercuotono sulla qualità del prodotto finale, quindi sul grado di soddisfazione dei clienti. La suddetta logica si basa sulla resistenza (da “*yoker*”, evitare) alle imperfezioni e agli errori (da “*poka*” errore risultante dalla disattenzione) (Dudek-Burlikowska e Szewieczek, 2009) che possono verificarsi nel corso dello svolgimento delle attività e propone soluzioni operative, prototipi e dispositivi atti a intercettare l’immissione di prodotti non conformi al processo produttivo, per frenare la fabbricazione di output difformi e per impedirne il passaggio nei processi successivi. Shigeo Shingo suggeriva di esercitare un’analisi in dettaglio dell’eventuale processo di formazione di difetti ed errori, a partire dalla fonte sino all’effetto, poiché un banale sbaglio umano o un’imprecisione causata da un macchinario difettoso trasferisce

direttamente l'errore all'utente. I difetti sorgono principalmente a causa di errori umani e sono stati distinti in (Dudek-Burlikowska e Szewieczek, 2009):

- Sebbene il lavoratore sia consapevole dell'errore commesso, continua a commetterlo ugualmente;
- Gli errori sono dovuti a un malinteso;
- L'errore è stato identificato impropriamente;
- L'errore è causa di dimenticanze dei lavoratori;
- La mancanza di formazione dello staff causa l'errore,
- Il personale ha buone intenzioni ma vengono attuate in modo improprio.

L'aspetto tecnico del metodo *Poka-Yoke* si declina in due forme: da un lato il metodo può essere applicato per rilevare un errore e renderlo immediatamente visibile (*poka-yoke* di attenzione) quando questo si è già manifestato, attraverso ispezioni rigorose delle operazioni e dei materiali ottenuti; dall'altro previene le cause di errore per impedirle anticipatamente, ammesso che vi siano le condizioni di pianificazione dell'errore che potrebbe verificarsi, grazie all'avvertimento fornito da appositi segnali che garantiscono una reazione il prima possibile. In conclusione, l'uso di *Poka-Yoke* fa sì che la frequenza degli errori sia inferiore, si tratta di uno strumento economico, le tecniche utilizzate sono semplici e adeguatamente specifiche per ogni evenienza cosicché ogni addetto possa svilupparle in funzione della natura e dell'obiettivo dell'attività.

Compatibile con il metodo presentato pocanzi, ***Andon***, parola giapponese che si traduce con "lanterne di carta", delinea un sistema usato dal personale per segnalare e avvertire di un problema inerente a una procedura operativa o un macchinario. Avvisi di natura visiva o acustica sono pratici per scovare l'errore, chiarire lo spazio di pertinenza, fornire una stima delle tempistiche danneggiate e attribuire una causa al problema, al fine di ricavare rilevanti informazioni per svolgere analisi specifiche sulla difettosità del luogo di lavoro e per stabilirne degli standard di soluzione costantemente aggiornati. Affidare e delegare questi sistemi direttamente agli operatori accresce il loro grado di responsabilità e di autonomia rispetto all'esecuzione delle mansioni e li rende costantemente a conoscenza delle rispettive problematiche.

Uno dei vitali capisaldi su cui si fonda Lean Production è il metodo denominato "***One piece flow***" che si fonda sulla convinzione che gli stock di materiale da impiegare nella produzione dovrebbero diminuire o addirittura essere sostituiti da un lotto a dimensione unitaria. Il flusso a pezzo unico è il modo più veloce per far muovere un pezzo da un punto a un altro, con il più breve *lead time* e con il minimo volume di materiale tra le diverse fasi. Anziché organizzare una produzione a lotti, con questa modalità l'avanzamento del materiale al ritmo di un pezzo alla volta crea un flusso continuo che impedisce lo stazionarsi o l'accumularsi di materiale negli stadi intermedi. Tale approccio, si discosta dal tradizionale processo chiamato "*stop and go*" che sottintende soste e attese, cospicui volumi di WIP e frequenti movimentazioni e trasporti di

materiale. In accordo con la nuova visione, una volta che l'input viene immesso nel processo di produzione, il suo percorso di trasformazione non dovrebbe prevedere fermate o scorte intermedie; per fare questo è necessario eliminare gli sprechi. *One piece-flow* comporta che le fasi siano tutte sincronizzate senza creare impedimenti, vuoti o eccessi, predisponendo le attività una vicina all'altra, nella sequenza che garantisca il più elevato livello di fluidità, dove ogni fase lavora una singola unità. Il modello prospetta quattro condizioni imprescindibili:

- le quantità di risorse devono essere bilanciate;
- il passaggio (*set-up*) da una fase di lavorazione alla successiva deve essere rapido;
- il risultato finale delle operazioni deve essere caratterizzato da una qualità eccellente;
- le risorse umane e materiali devono essere disponibili ed efficienti.

Le precedenti considerazioni contrastano con il tradizionale sistema di produzione statunitense basato sul concetto di "*batch-and-queue*" (Arnheiter e Maleyeff, 2005): elevati volumi di produzione, lotti di grandi dimensioni e lunghi "tempi di coda" senza valore aggiunto tra le operazioni caratterizzavano il modello passato. La produzione "per lotti e code" risale ai tempi in cui la strategia di *mass production* era comune tra le aziende, dove economie di scala, alti livelli di *work-in-process* e di sovrapproduzione presupponevano penalità di configurazione dei processi che si traducevano in una qualità inferiore dell'output, visto che i difetti erano resi espliciti solo quando il prodotto era ormai finito. Di seguito viene proposta un'immagine semplificata che illustra la diversa impostazione dei due metodi di produzione appena descritti:

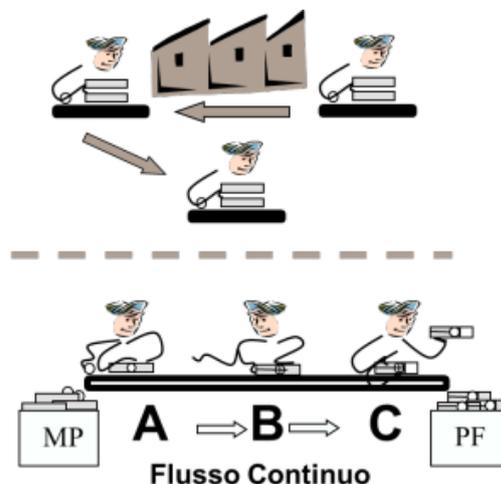


Figura 26 *One piece-flow* (Viola, 2014)

Di conseguenza, lavorare su un unico prodotto alla volta mette in moto l'immediato riconoscimento degli errori e delle azioni correttive da intraprendere, migliorando nettamente la flessibilità di risposta del sistema produttivo e ponendo le basi per un miglioramento continuo in linea con i principi Lean.

Le pratiche di gestione della qualità nella produzione snella, attraverso gli strumenti e le tecniche esposte nei paragrafi precedenti, enfatizzano il concetto di **Zero Quality Control (ZQC)**, di cui Shigeo Shingo è accreditato di aver avviato il sistema nel 1950 (Kumar e Watt, 1998). Si tratta di un approccio di controllo della qualità per ottenere zero difetti e per evitare che vengano commessi errori sia dalle macchine che da operatori umani. La maggior parte dei difetti che sorgono all'interno dei processi operativi provengono dalle cosiddette “quattro M” (Materiali, Macchinari, Manodopera, Metodi), a cui si aggiunge I (Informazioni) (Kumar e Watt, 1998). Inizialmente, l'analisi che Shingo metteva in atto per valutare il livello di qualità dell'output era basata sul campionamento statistico che ometteva tassativamente alcuni prodotti dai test, con il risultato che una certa percentuale di difetti raggiungeva sempre il cliente. In risposta a ciò, ZQC, mediante ripetute ispezioni dei luoghi di lavori e attraverso la rapida interpretazione dei feedback raccolti, fa in modo che i problemi possano essere corretti prima che si verifichino difetti, assistendo così un'organizzazione nell'implementazione di una strategia Lean. Il tradizionale ciclo di miglioramento della qualità proponeva come slogan “*Plan, Do, Check*”, con conseguente individuazione e correzione dei difetti a seguito della loro comparsa; parallelamente, il modello ZQC integra le fasi “*Check*” e “*Do*”, rendendo possibile il riconoscimento e la rettifica dei difetti in anticipo. In successione, è stata inserita un'illustrazione che mostra schematicamente il concetto di fusione tra le due fasi esplicate previamente:

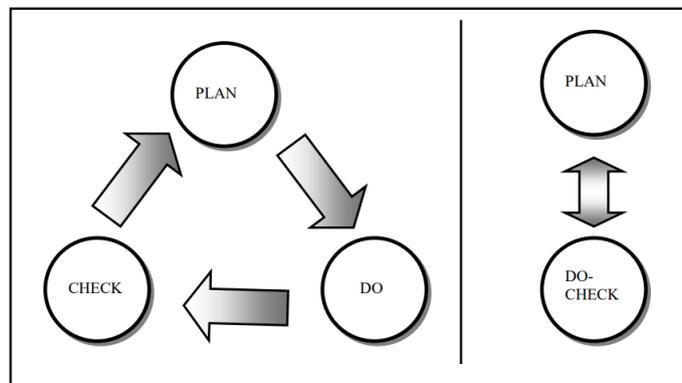


Figura 27 Traditional quality improvement cycle and ZQC (Kumar e Watt, 1998)

2.4 Six Sigma: le origini

Motorola, nota azienda statunitense appartenente al settore delle telecomunicazioni, è stata la prima azienda a intraprendere un programma Six Sigma nel 1987, proposto dall'ingegnere William Smith al CEO Robert Galvin che decise di diffondere l'approccio su larga scala nell'area operativa dell'azienda. Inizialmente, Motorola, *top leader* nel suo settore, non aveva un unico programma di qualità, bensì diversi, ma gli standard qualitativi dei suoi prodotti rimanevano ugualmente scarsi. Un anno dopo l'adesione al nuovo programma, l'azienda è stata premiata per l'eccellenza delle proprie prestazioni, ricevendo il premio “*Malcolm Baldrige National Quality Award*”. Nei dieci

anni successivi, Motorola registrava un incremento dei profitti pari al 20% annuo e si calcolavano *savings* di 14 miliardi di dollari; si riteneva che la ragione di tale successo, risiedesse nell'applicazione di Six Sigma, che da quell'evento in poi, riscosse un maggior interesse anche in altre organizzazioni. Il successo iniziale di Six Sigma l'ha portato a diventare un elemento permanente delle operazioni di Motorola, poiché si era compreso che l'applicazione di Six Sigma poteva generare una drastica riduzione dei costi di un'azienda, oltre che elevare notevolmente la qualità dei processi. È importante notare che Motorola aveva aperto la strada a Six Sigma al colosso statunitense General Electric (GE), che grazie alla spinta del CEO Jack Welch aveva ottenuto un risparmio di 2 miliardi di dollari nel 1999, dopo aver aderito a 200 progetti innovativi (che negli anni successivi incrementarono ulteriormente) e dopo aver avviato un intenso programma di *training* dedicato a Six Sigma nel 1995 (SixSigma.us, 2017). L'adozione della metodologia Six Sigma da parte di General Electric ha decretato l'inizio di una nuova rinascita per il miglioramento dei processi, anche grazie al contributo di Jack Welch, che esortava a costruire una nuova politica organizzativa per l'azienda, la cui forza trainante erano i principi Six Sigma, supportando così lo sviluppo della reputazione del modello. La portata del successo di Six Sigma è dovuta al fatto che Welch sarebbe diventato un sostenitore per tutta la durata della metodologia Six Sigma, confermandone l'efficacia nelle aziende, indipendentemente dalla dimensione; in altre parole, il successo odierno della metodologia in analisi è radicato in quello di Jack Welch e della General Electric. Le condizioni dell'azienda che hanno reso necessaria l'impostazione sul percorso delle pratiche Six Sigma, sebbene GE fosse fermamente concentrata sulla garanzia di una qualità eccellente, erano grandi quantità di difetti che passavano inosservati lungo i processi di produzione e che, a loro volta, causavano un accumulo di scarti tra le diverse fasi operative, rallentando la produzione. Date le circostanze, Welch aveva riconosciuto che GE richiedeva una revisione completa di tutte le sue operazioni fondamentali e di un'analisi dei problemi basata sui dati, al fine di trovare una soluzione alle problematiche non risolte in precedenza. In aggiunta, durante la fase di implementazione della metodologia era stata posta una forte enfasi sull'importanza della formazione dei dipendenti. Il programma di *training* degli operatori era stato affiancato da un regime di tutoraggio in cui vennero assunte in azienda delle figure a tempo pieno per aiutare a implementare Six Sigma, per guidare al cambiamento del processo e per formare l'intero personale. Questa dedizione alla formazione e al tutoraggio ha consentito GE di creare rapidamente *teams* di alto livello per avviare con successo innumerevoli progetti (SixSigma.us, 2017). A ciò si affianca la necessità di una leadership efficace, capace di dirigere e supportare la transizione a un nuovo modello operativo e che rivolga una grande attenzione al coinvolgimento di tutti i membri appartenenti a diversi livelli organizzativi, al fine di mettere sullo stesso piano gli interessi dei dipendenti con gli obiettivi di Six Sigma. Lo stesso CEO di GE aveva dichiarato: “Six

Sigma has spread like wildfire across the company, and it is transforming everything we do” (John Welch, 1998).

Osservando il trionfo riscontrato da Welch presso la sua azienda, alla fine degli anni '90, alcune delle più grandi società, come Samsung, Ford, Boeing, Amazon si cimentavano nell'applicazione di Six Sigma. Il modello in oggetto viene definito come una strategia di miglioramento aziendale che cerca di identificare ed eliminare le cause di difetti o errori nei processi aziendali, concentrandosi sulle attività rilevanti per i clienti (Snee, 2000). Six sigma potrebbe anche essere descritto come un programma di miglioramento per la riduzione della variazione di processo, che si concentra sui miglioramenti continui e rivoluzionari. I progetti di miglioramento sono guidati in un'ampia gamma di aree e a diversi livelli di complessità, al fine di ridurre la variazione dei flussi di realizzazione di prodotti e servizi, ponendo come fine ultimo la soddisfazione dei clienti (Drohomeretskia, 2013). Una volta rese note le potenti prestazioni di Six Sigma dimostrate in Motorola e GE, si è constatato come il metodo in esame rappresenti un utile alleato per le aziende che puntano a ridurre i costi, ad aumentare profitti, a mantenere i clienti attuali e ad ampliare la loro *customer base*.

La metodologia racchiude collaudati principi e tecniche per il miglioramento della gestione della qualità dei processi in azienda e in generale delle performance aziendali. Si basa sull'applicazione del metodo scientifico e su un percorso di analisi di tipo *Data driven*, il cui obiettivo è di tendere ad un livello di qualità dell'output intermedio e finale privo di difetti. L'impegno del top management, la predisposizione di una consona infrastruttura di supporto, l'intensa formazione al tema e strumenti statistici sofisticati sono i componenti chiave per il successo dell'implementazione del Six Sigma che consente di progettare e monitorare le attività aziendali quotidiane. Nel 1997 anche Ericsson, multinazionale svedese appartenente al settore delle telecomunicazioni e dei servizi tecnologici correlati, ha iniziato il percorso di miglioramento con Six Sigma, definendolo come una metodologia per la risoluzione dei problemi. Oggi, si è compreso il reale valore di Six Sigma, cioè un modello di eccellenza aziendale che facilita il raggiungimento degli obiettivi di business.

2.5 Overview di Six Sigma

Il mercato globale di oggi, tende a privilegiare le aziende che sono capaci di garantire livelli di eccellenza superiori e che allo stesso tempo si dimostrano all'altezza di massimizzare il rapporto tra qualità e costi dei prodotti o servizi offerti dal business. Attualmente, è il cliente che detta le regole del mercato in materia di qualità, in tempi precisi, nella giusta quantità e a un costo contenuto. In questo contesto si inserisce il bisogno di indirizzare la strategia organizzativa verso l'eccellenza operativa, volta alla ricerca della perfezione nell'output che non tollera difetti o sprechi, orientata a processi estremamente affidabili e in stretta vicinanza alle richieste dei consumatori finali. Oggigiorno, la gestione della qualità è diventato un tema centrale da inserire

necessariamente nel quadro organizzativo di un'impresa che si pone come obiettivo quello di soddisfare i bisogni dei clienti. Juran (2009) stabilisce tre processi universali per la gestione della qualità: la pianificazione della qualità, il controllo della qualità e il miglioramento della qualità. In questo quadro si inserisce Six Sigma, un approccio rigoroso e strutturato, anche descritto come un "sistema manageriale" di successo, che ha l'obiettivo di migliorare la soddisfazione dei clienti, aumentare il fatturato e contemporaneamente diminuire i costi della non-qualità derivanti da difetti, scarti, sprechi, ossia tutte le operazioni che consumano tempo e risorse, ma che non aggiungono valore al prodotto (Gorla e Maisano, 2014). Tale modello si rivela utile a migliorare i processi aziendali poiché insiste sulla approfondita definizione dei problemi prima di eseguire qualsiasi azione; inoltre, è basato su misurazioni puramente oggettive atte a identificare le relazioni causa-effetto dei fenomeni aziendali. Tramite gli strumenti e le tecniche di Six Sigma vengono selezionate le azioni migliorative più idonee alle procedure aziendali solo dopo un'analisi logica e tecnica del problema, in cui vengono valutate le alternative in base all'efficacia, alla fattibilità, ai rischi e ai costi. L'approccio implica un cambiamento durevole nel tempo, che va sostenuto attraverso il potenziamento del monitoraggio e del piano di controllo. Il profondo valore di Six Sigma risiede nel coinvolgimento totale del management verso la filosofia dell'eccellenza, nonché verso la massima soddisfazione del cliente e del miglioramento dei processi.

Il metodo Six Sigma è una strategia di miglioramento che si basa sulla forza della misurazione oggettiva (Festo Academy, 2022). Non si limita a essere un mero approccio metodologico, piuttosto è ritenuto come una nuova "forma mentis" per la gestione del miglioramento e dei progetti di cui si vuole incrementare il livello qualitativo. Oltretutto, Six Sigma è un programma altamente versatile, dal momento che può essere applicato con successo a tutte le aree di organizzazioni di diverse dimensioni e con specificità distinte in base al contesto, a partire dal comparto logistico-produttivo sino all'area commerciale-amministrativa.

2.5.1 Le fasi preliminari di Six Sigma

Per Näslund (2008), l'implementazione di Six Sigma contempla i seguenti requisiti:

- una comprensione delle aspettative del progetto;
- una risoluta leadership del top management;
- l'applicazione disciplinata del DMAIC, una delle metodologie più conosciute;
- la rapida applicazione del progetto (dai 3 ai 6 mesi);
- una chiara definizione dei risultati da raggiungere;
- infrastrutture adatte a implementare miglioramenti;
- una forte attenzione incentrata sul consumatore ma anche sul processo;
- sfruttare strumenti statistici per la strategia di miglioramento.

Un'alternativa alle indicazioni sopra esposte viene formulata da Chakravorty (2009) che afferma che il primo passo per introdurre Six Sigma in un contesto aziendale è quello di condurre un'analisi approfondita della strategia di mercato, successivamente occorre stabilire un team per l'implementazione dei miglioramenti, segue la selezione degli strumenti allineati alle circostanze, poi vanno identificate le opportunità per il miglioramento e, per ultimo, si mettono in pratica gli interventi prefissati e si monitorano regolarmente i risultati raggiunti. L'assimilazione e il sostegno dei miglioramenti ottenuti con Six Sigma dipendono da una cultura incentrata sulla qualità nell'organizzazione nel suo insieme (Iwaarden et al., 2008). Henderson ed Evans (2000) affermano che le azioni da porre in essere per un'implementazione di Six Sigma di successo sono il coinvolgimento della direzione, l'organizzazione delle attività, la corretta pianificazione delle infrastrutture, l'intensa formazione del personale e l'impiego di strumenti statistici per un'analisi accurata degli eventi. Eckes (2001) sottolinea l'importanza di avere un'infrastruttura organizzativa robusta prima di sperimentare il programma di miglioramento Six sigma, in cui i ruoli e le responsabilità degli operatori devono essere definiti rigorosamente. Questa considerazione viene fatta perché bisogna contrastare le strutture organizzative che inibiscono la collaborazione e che incorporano comportamenti di *fire-fighting*. Con questo termine, che tradotto dall'inglese corrisponde a "lotta antincendio", si fa riferimento alla situazione tipica delle aziende contraddistinte da complessi processi di produzione, in cui sussistono più problemi di quanti le persone abbiano il tempo di affrontare (Bohn, 2000). In definitiva, questo comporta che i problemi minori vengono ignorati e che la lotta cronica a innumerevoli problematiche aziendali consuma le risorse di un'operazione, oberandole di lavoro e impegnandole ad applicare sforzi sovraumani per la risoluzione dei problemi che degenerano in soluzioni incomplete, dagli effetti superficiali che non fissano precisamente le cause sottostanti ai problemi. In questi termini, si comprende come il *fire-fighting* sia una vera e propria sindrome organizzativa (Bohn, 2000): tempo insufficiente a risolvere tutti i problemi, numero insufficiente di risolutori di problemi, ripetibilità dei problemi e dispersione di questi all'interno dell'organizzazione, interruzioni e rinvii di provvedimenti risolutivi, fanno sì che specifici problemi dalla natura insidiosa divampino in una crisi organizzativa in cui le prestazioni calano e che vengano perse molte opportunità. Il pericolo è che quanto più intensa diventa la lotta antincendio, tanto più difficile è scappare (Bohn, 2000). Per ovviare a questa situazione occorre predisporre in un contesto organizzativo una forte cultura della risoluzione dei problemi, fondata su una rigorosa comprensione delle cause principali di inefficienze a cui si aspira di trovare una soluzione valida. Il motivo centrale per cui Six Sigma si concentra sulla riduzione della variabilità di processo è che operazioni estremamente mutevoli e imprevedibili occultano inefficienze di natura diversa che vanno a inficiare sulle performance complessive aziendali generando ingenti COPQ (*Costs Of Poor Quality*).

2.5.2 Tecniche e strumenti Six Sigma

Six Sigma è conosciuto come un metodo caratterizzato da principi forti e da potenti strumenti statistici per scoprire le cause profonde che provocano gli sprechi nelle attività produttive, per poi eliminarli e per ridurre la variazione di processo. Infatti, il fulcro della strategia Six Sigma è il controllo della variabilità e di eventuali dispersioni nei processi aziendali, al fine di ridurre costi e inefficienze, partendo dalla comprensione degli elementi di criticità per il cliente, relativamente alla qualità dell'offerta. La variazione di processo è la tendenza a presentare risultati non prevedibili, che presentano anomalie, alterazioni o difformità tipiche di tutti processi. Inoltre, si tratta di un fenomeno additivo, dal momento che variazioni negli inputs del processo generano variazioni nell'output prodotto. La classificazione secondo il criterio delle 6M elenca le possibili fonti da cui scaturisce tale variabilità:

- Manodopera
- Materiali
- Macchine
- Metodo
- Misure
- Madre Natura

Grazie a Six Sigma, un'impresa viene dotata di strumenti adeguati a eliminare errori o difformità che comportano dannosi rallentamenti nei cicli di lavorazione. Tramite l'impiego di dati statisticamente significativi è possibile acquisire una conoscenza chiara e approfondita dei processi, identificare gli aspetti critici che li caratterizzano e analizzarli per interpretare le cause che interferiscono con il corretto funzionamento dei processi in analisi. In questo senso, Six Sigma si rivela come un efficace supporto per analizzare e verificare le condizioni che determinano la variabilità di processo, con lo scopo di prevederne l'andamento e intervenire su di esso in tempo reale secondo l'ottica del miglioramento continuo. Per avere una garanzia sui risultati raggiunti grazie a Six Sigma è opportuno che i dati su cui viene basata l'analisi siano oltremodo attendibili, affinché si possa risalire alle cause scatenanti la variazione di processo indesiderata, per poi intraprendere azioni di rettifica e di modifica delle condizioni di svolgimento del processo. Al fine di migliorare il livello qualitativo dei prodotti o servizi erogati è opportuno distinguere le cause delle anomalie che si possono manifestare durante le attività operative in due categorie principali (Gmsl, 2021):

- Le cause comuni, o normali, si presentano in ogni processo produttivo per il fatto che questo possiede un certo grado di variabilità intrinseca (detta anche variabilità naturale) che non dipende da cause esterne, bensì insorge casualmente durante il normale

svolgimento delle attività, determinandone la fluttuazione. I fattori che generano tali variazioni sono imputabili a numerose piccole cause che operano casualmente all'interno del sistema di produzione, come l'alterazione dei materiali grezzi, la mancanza di supervisione, i cambiamenti nelle condizioni lavorative. Un processo che presenta le caratteristiche elencate deve essere modificato in toto ed è prevedibile, vale a dire che può essere descritto mediante leggi statistiche e quindi risulta "sotto controllo statistico";

- Le cause speciali sorgono da fattori esterni che comportano il disturbo della normale conduzione delle operazioni; esse influiscono in maniera indesiderata e quindi presentano un andamento non prevedibile, pertanto, possono essere definite come la porzione eccezionale della variabilità del processo. Esse possono derivare dall'uso errato delle attrezzature, da sbagli compiuti dagli operatori o da malfunzionamenti dei macchinari. L'intervento atto all'eliminazione di tali fluttuazioni definite "fuori controllo statistico" deve essere mirato e specifico a seconda della causa che le ha generate.

Six Sigma permette di analizzare e misurare la capacità dei processi, che è rappresentata dalla potenzialità di un'operazione di soddisfare le aspettative del cliente nel tempo, cioè di non produrre difetti (Gorla e Maisano, 2014). Più specificatamente, è un programma di gestione della qualità basato sul controllo della deviazione standard, (anche chiamata scarto quadratico medio o scostamento quadratico medio) indicata con la lettera greca " σ " sigma che ha lo scopo di elevare la qualità di un prodotto o di un servizio a un certo livello favorevole per il consumatore. In termini statistici, la deviazione standard esprime la dispersione di un certo campione di dati (o *sample*) intorno a un indice di posizione, tendenzialmente posto al centro rispetto agli altri dati della distribuzione, come ad esempio la media aritmetica. Assumendo una prospettiva diversa, lo scarto quadratico medio può essere definito come il livello di "precisione" di un insieme di dati che permette di fare confronti in modo oggettivo rispetto ad altri parametri analitici.

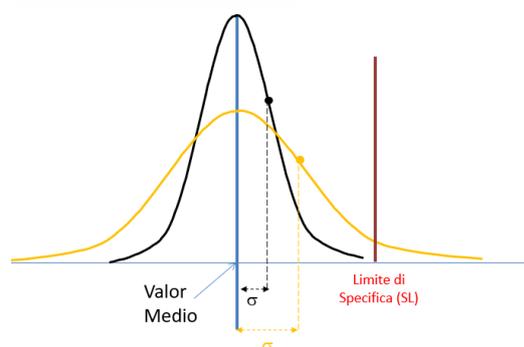


Figura 28 Sigma, una misura della variabilità (Galganogroup, 2022)

Come emerge dal grafico precedente, si desume che la variabilità di processo segua quella che in statistica viene definita una Distribuzione Normale, o Gaussiana, ossia la curva delle frequenze

della distribuzione dei dati in esame, caratterizzata da una forma simile a una campana. Il valore medio si trova esattamente al centro della distribuzione e la curva è simmetrica rispetto ad esso: quindi valor medio, mediana e moda coincidono (Capiluppi, 2007). A fronte di variazioni del valore della varianza, calcolata come il quadrato della deviazione standard, la medesima forma a campana propria della distribuzione normale può divenire più stretta e appuntita, oppure più larga e piatta. Diversamente, in relazione a variazioni della media, l'asse di simmetria della curva si sposta orizzontalmente come mostrato in figura:

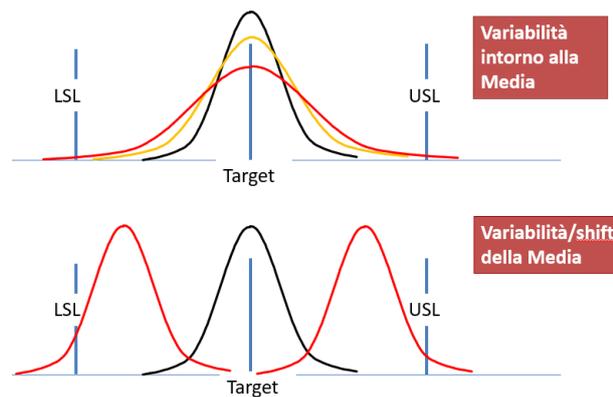


Figura 29 Effetto della variabilità (Galganogroup, 2022)

Il sigma è un eccezionale indicatore della variabilità del processo rispetto al valore di tendenza, o valor medio, che oscilla da 1 a 6, in proporzione all'aumento della qualità del processo e alla capacità dello stesso; infatti, più sigma ci sono e più il processo è stabile, quindi, meno soggetto alla varianza. Contestualmente, Six Sigma è una metodologia volta a ridurre la variazione di ogni processo per raggiungere un livello qualitativo molto elevato. In teoria statistica, sei sigma (6σ) è un valore ideale, poiché indica un processo virtualmente perfetto: al cospetto di una distribuzione normale riferita a un processo o prodotto in osservazione, la probabilità che un attributo specifico si sposti dal valore della media di sei deviazioni standard, in positivo o in negativo, è di 0,002 parti per milioni (ppm) (Tohidi et al., 2012). In altre parole, lo spostamento del campione dal centro della distribuzione di sei sigma produce 3,4 DPMO, ossia la probabilità dello 0,00034% di produrre difetti per milione di opportunità (o operazioni), con un rendimento pari al 99,9997 %, equivalente al tasso di precisione. Viene segnalato come difetto ciò che non risponde ai desideri del cliente; in ambito Six Sigma, piuttosto che focalizzarsi sul numero di difetti che possono verificarsi, si misurano le “opportunità intrinseche del processo di non commettere errori” (Gorla e Maisano, 2014). Per l'appunto, l'unità di misura di riferimento DPMO (difetti per milioni d'opportunità di commettere errori) consente una valutazione immediata in merito alla dispersione di un processo e si calcola come:

$$\text{DPMO} = [\text{n}^\circ \text{ totale difetti misurati} / (\text{n}^\circ \text{ totale pezzi} * \text{n}^\circ \text{ opportunità difetti})] * 1.000.000$$

La prossima tabella fornisce un quadro completo dell'evoluzione degli standard e della performance del parametro Sigma, in relazione al periodo storico di riferimento. Si evince come vi sia una correlazione diretta tra il numero dei sigma e il rendimento, infatti all'aumentare di sigma, il rendimento cresce; viceversa, il numero di sigma e DPMO sono inversamente proporzionali, poiché all'aumentare di sigma, diminuisce il numero di difetti per milione di opportunità, come si deduce dalla tabella:

Yield	DPMO	Shift from Mean	Popular Age
6.68 %	933200	$\pm 0\sigma$	
30.9 %	690000	$\pm 1\sigma$	
69.2 %	308000	$\pm 2\sigma$	1970s
93.3 %	66800	$\pm 3\sigma$	1980s
99.4 %	6210	$\pm 4\sigma$	Early 1990s
99.98 %	320	$\pm 5\sigma$	Mid 1990s
99.9997 %	3.4	$\pm 6\sigma$	2000s

Figura 30 DPMO and Sigma Performance (Tohidi et al., 2012)

In accordo con quanto detto, Six Sigma prende il nome dal processo che ha sei deviazioni standard su ciascun lato rispetto alla media. L'obiettivo del metodo è di raggiungere un controllo del processo sufficientemente adeguato da avere 3,4 parti difettose per milione di opportunità (Arnheiter e Maleyeff, 2005), limitando notevolmente la variabilità delle attività produttive, tant'è vero che in precedenza si riteneva che solo una strategia a tre sigma potesse essere attuabile. Quest'ultima ipotesi era supportata perché tradizionalmente veniva applicata la regola dei "tre sigma" per valutare se la percentuale di componenti fabbricati fosse stata accettabile e in grado di soddisfare le tolleranze imposte dai clienti. Più tardi, la metrica Six Sigma è stata introdotta da Motorola nel 1987, in risposta agli standard di qualità inferiori del prodotto che proponevano sul mercato (Arnheiter e Maleyeff, 2005), emergendo come un nuovo orizzonte di eccellenza. Man mano che i prodotti diventavano più complessi, così come i processi per realizzarli, le parti difettose diventavano più comuni, malgrado i clienti pretendessero prodotti di una qualità ancor più superiore. Fissando Six Sigma come parametro di riferimento, le parti non conformi alle tolleranze, o NCPPM (*Non Conforming Part Per Million*), vengono drammaticamente ridotte, in relazione alle OFD (*Opportunity for Defects*) che crescono a seconda del livello di complessità del prodotto in questione. A titolo di esempio, le aziende di automobili, motori, medicinali ed elettronica sviluppano prodotti con un alto potenziale di OFD, data la complessità di progettazione dell'output; pertanto, in questi casi sarà ancor più significativo che i prodotti siano esenti da difetti, poiché errori sul campo possono causare danni irreparabili. Va però precisato, che anche per le aziende appartenenti a settori in cui i prodotti sono meno complessi ma richiedono volumi di produzione molto grandi, il raggiungimento di una qualità che rasenti la perfezione è altrettanto preponderante.

Prendendo come riferimento il grafico riportato di seguito, se si considerano i punti del grafico indicati con “Limite inferiore e superiore” come la riflessione delle aspettative del cliente, calcolare la capacità di un processo significa considerare quanti fenomeni fuoriescono dai limiti fissati e che quindi sono causa di difetti nell’output.

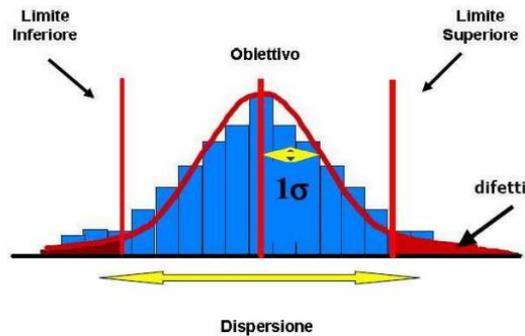


Figura 31 La metrica Six Sigma (Galganogroup, 2022)

Dal grafico di evince che il livello Sigma è la misura della distanza della media, espressa in unità di sigma, dal limite di specifica sia superiore che inferiore. Coerentemente, un processo di qualità Six Sigma presenta una media che dista sei volte da tale limite che viene fissato in base alle richieste dei consumatori. Appare evidente come questa metodologia dia spazio alla voce dei destinatari finali del prodotto o del servizio erogato, concetto noto come VOC (*Voice Of Customers*), ma anche a tutti coloro che risentono degli effetti delle operazioni aziendali. Graficamente, VOC è collocabile nell’area rappresentata dall’intervallo tra il limite di specifica superiore e tra l’estremo inferiore, anche definito *target*. Al fine di avvalorare le attività che aggiungono valore e, viceversa, per rimuovere quelle che non aggiungono valore alle operazioni, è fondamentale indagare sulle preferenze dei consumatori e raccogliere informazioni utili per identificare e dare priorità agli attributi chiave di un prodotto o servizio, anche chiamati CTQ (*Critical To Quality*).

Come già detto, Six Sigma costituisce un programma di gestione della qualità basato sul controllo dello scarto quadratico medio. Il diagramma seguente mostra un’approssimazione della variabilità 3 sigma rispetto a 6 sigma. Facendo un confronto tra i limiti di accettazione e l’area di rifiuto per tre sigma, e rispettivamente per sei sigma, si conferma come sei sigma sia nettamente più preciso rispetto alla prima disciplina. Infatti, 3 Sigma comporta 66.800 errori per milione, con una percentuale di precisione del 93.3%, mentre con 6 Sigma il numero di errori per milione viene ridotto a 3.4 con un tasso di precisione del 99.999997%, riducendo così la variabilità nell’output prodotto e non superando i limiti di specifica che rappresentano la soglia oltre la quale vengono commessi difetti nei processi. L’obiettivo è quello di avere 6 deviazioni standard tra il limite superiore di specifica, il centro della produzione e altrettante 6 deviazioni standard tra questo e il

limite inferiore. Secondo tale teoria, la produzione non deve avere una deviazione standard superiore a un dodicesimo della larghezza delle specifiche. Per questi motivi, Six Sigma viene considerata una disciplina che ha rivoluzionato molte aziende il cui obiettivo è ottimizzare i processi esistenti migliorandone contestualmente qualità ed efficienza.

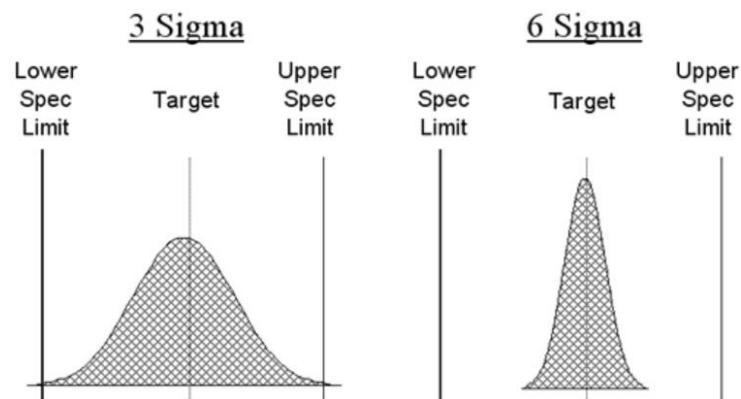


Figura 32 Confronto tra tre Sigma e sei Sigma (Operationalexcellence.net, 2022)

Tra le metodologie ampiamente applicate durante la fase di implementazione del Six Sigma la più conosciuta è **DMAIC**, un metodo di *problem-solving* strutturato atto a migliorare un processo operativo esistente. Si compone di cinque passaggi, definire, misurare, analizzare, migliorare, controllare (Magnusson et al., 2003), che forniscono una guida logica per la definizione di un problema e propongono le migliori soluzioni ed elementi di razionalizzazione del processo produttivo, assicurandosi che le pratiche permangano a lungo termine. Le fasi costitutive sono:

- Definire (*Define*): in questa fase iniziale, introdotta solo successivamente alle altre da General Electric, occorre determinare quale processo o prodotto deve essere migliorato, definendone lo scenario di riferimento, le problematiche, convalidandone le cause e facendo una stima delle tempistiche del progetto di miglioramento che si vuole avviare. È essenziale chiarire l'ambito del progetto, gli elementi del processo su cui lavorerà il team prescelto e lo scopo del progetto, ossia un obiettivo tangibile da raggiungere e sostenere nel futuro (Zasadzień, 2017). Inoltre, viene definita una squadra costituita dai membri idonei a operare in ottica di miglioramento che sarà responsabile dell'attuazione del metodo. Bisogna dichiarare il *target* di riferimento, comprendere le esigenze e i requisiti dei clienti, anche grazie all'ausilio di una mappatura del processo che dovrebbe essere migliorato. Segue lo sviluppo della pianificazione del progetto, la creazione di un piano di comunicazione ad hoc e la valutazione dei vantaggi finanziari che si ottengono a posteriori;
- Misurare (*Measure*): grazie al contributo visivo fornito dal *Value Stream Map* redatto nello step precedente, si ottiene una comprensione più approfondita delle operazioni, rendendo possibile la selezione dei parametri e delle aree pertinenti al dominio di misurazione per

identificare i fattori chiave che hanno la maggiore influenza sul processo. La scelta delle metriche chiave, assieme allo sviluppo di un piano di raccolta dei dati, permette di fare delle riflessioni ponderate sui costi generati dalle procedure allo stato attuale e di stabilire le proiezioni di miglioramento. Le tecniche di misurazione possono essere di natura descrittiva, statistica, grafica o seguire un processo di campionamenti di dati rilevanti;

- **Analizzare (*Analyze*):** questa fase si fonda sulla considerazione che ogni attività sia misurabile (Gorla e Maisano, 2014); solo dopo aver individuato il *range* di CTQ sulle quali si vuole intervenire per ottenere il miglioramento, si procede alla individuazione degli indicatori più rappresentativi e alla raccolta dei dati, si analizzano i parametri del processo relativi ai fattori che necessitano di provvedimenti migliorativi. In questo stadio si inquadrano gli input critici, si isolano le cause potenziali dei problemi o delle anomalie e si riduce l'elenco dando priorità alle cause principali. Inoltre, si indaga la correlazione tra le cause dei difetti e le fonti di variabilità di processo.
- **Migliorare (*Improve*):** condurre un'analisi dei costi e dei benefici del progetto in corso è conveniente per identificare, progettare e implementare la soluzione migliore. Il miglioramento può essere inteso come l'impegno a ottimizzare il processo produttivo, fondato sulla riduzione del tasso di difetto dell'output. Allo scopo di raggiungere i risultati e gli standard qualitativi desiderati è opportuno valutare attentamente quale tra le soluzioni migliorative risulta più efficace per poter essere implementata all'interno dell'organizzazione come metodo risolutivo pilota su larga scala;
- **Controllare (*Control*):** la fase di controllo avviene dopo il completamento del modello in esame. La progettazione di un piano di controllo è l'obiettivo fondamentale di Six Sigma, in quanto verificare che l'implementazione abbia avuto successo, monitorare costantemente la transizione al nuovo processo, unitamente alla ripetuta osservazione dei miglioramenti indotti, consente di mantenere il livello desiderato di qualità e assicura che il cambiamento perduri nel tempo.

Uno schema del ciclo DMAIC è presentato nella figura successiva:

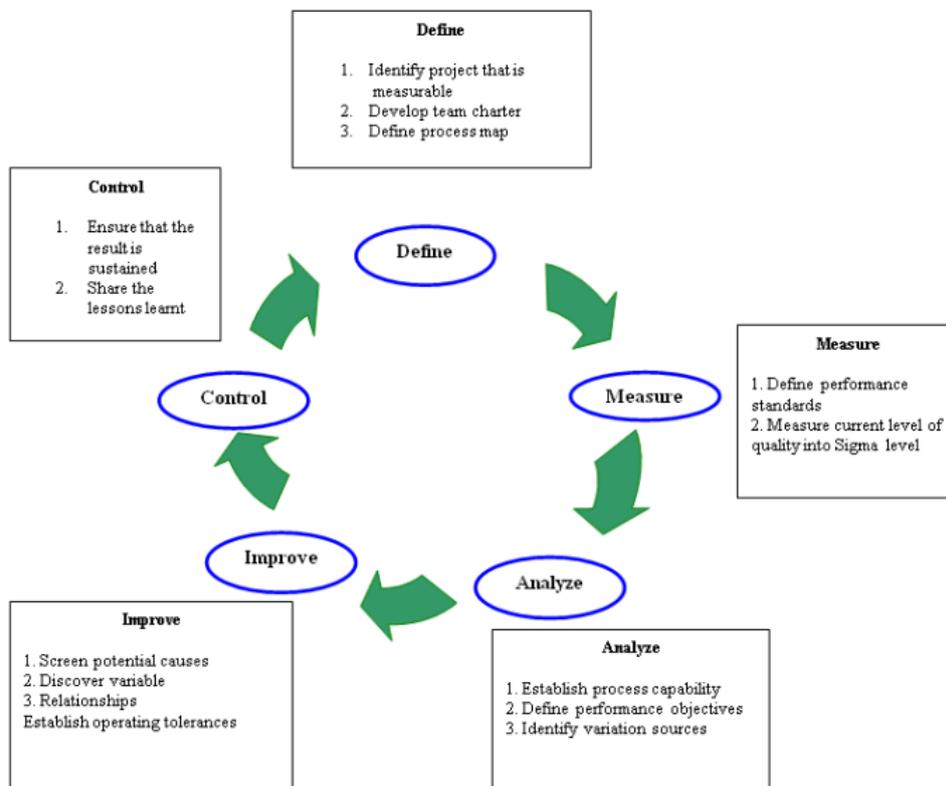


Figura 33 DMAIC Cycle (Snee e Hoerl, 2003)

In definitiva, la metodologia DMAIC viene utilizzata per migliorare processi produttivi, contribuendo con successo alla riduzione del numero dei prodotti non conformi e riducendo i costi di produzione (Zasadzień, 2017).

Di seguito viene esposta una *roadmap* che evidenzia i punti salienti del ciclo DMAIC, in cui vengono suggeriti alcuni strumenti da accompagnare nell'esecuzione dei 5 steps:

FASE	ATTIVITÀ	TOOLS
DEFINIRE <ul style="list-style-type: none"> Definire il problema (<i>Problem Statement</i>) Definire il campo di indagine e il perimetro di processo da esaminare Definire il progetto e l'applicazione Organizzare il <i>team</i> di lavoro 	<ul style="list-style-type: none"> Determinare il problema (<i>Problem Statement</i>) Indagare la VOC Identificare i requisiti CTQ Definire i <i>goals</i> del progetto Stabilire chiare linee guida per l'esecuzione del progetto Stimare i vantaggi economici e le opportunità dell'iniziativa Creare un <i>team</i> di progetto e definirne i ruoli Valutare le tempistiche di realizzazione del programma Approvazione del <i>Project Charter</i> 	<ul style="list-style-type: none"> Diagramma ad albero o di affinità Diagramma di flusso Diagramma di Gant Diagramma SIPOC (<i>Suppliers, Inputs, Process, Output, Customers</i>) QFD (<i>Quality Function Deployment</i>) <i>Stakeholder Analysis</i> Project Charter
MISURARE	<ul style="list-style-type: none"> Visualizzare il processo tramite Value Stream Mapping 	<ul style="list-style-type: none"> VSM Piano di raccolta dati Analisi statistica

<ul style="list-style-type: none"> ● Esaminare i processi cruciali al fine di misurarne le criticità e l'impatto economico ● Stimare il livello di <i>performance</i> attuale del processo (VOP, <i>Voice Of Process</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> ● Stabilire i parametri e le metriche di misurazione dei dati ● Valutare la qualità dei dati e delle informazioni disponibili ● Raccogliere ordinatamente le informazioni ● Identificare sprechi o errori e quantificare la variabilità di processo ● Aggiornare il Project Charter 	<ul style="list-style-type: none"> ● Calcolo dei rendimenti ● Calcolo della capacità di processo
<p>ANALIZZARE</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Individuare le fonti da cui si originano i difetti ● Comprendere le cause degli errori che consumano risorse e non aggiungono valore al prodotto o servizio ● Analizzare le relazioni causa-effetto 	<ul style="list-style-type: none"> ● Evidenziare i dati critici ● Analizzare le cause potenziali ● Dare priorità alle cause prioritarie 	<ul style="list-style-type: none"> ● Diagramma causa-effetto (Pareto) ● 5Ws ● PFMEA ● Test delle ipotesi ● Analisi di processo e del valore ● Diagramma di Ishikawa (<i>Fish-bone diagram</i>)
<p>MIGLIORARE</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Migliorare il processo ● Porre in essere azioni atte a minimizzare o eliminare le cause di errore 	<ul style="list-style-type: none"> ● Valutare le soluzioni correttive ● Condurre un'analisi dei rischi (Risk Analysis) ● Selezionare interventi correttivi pilota ● Eseguire le azioni correttive su ampia scala ● Comprovare l'efficacia delle soluzioni ● Valutare i benefici economici 	<ul style="list-style-type: none"> ● Diagramma del flusso ● Analisi del valore ● Metodi di riduzione delle variabilità, degli errori e degli sprechi ● DOE (Design of Experiments) ● SOP (<i>Standard Operating Procedure</i>)
<p>CONTROLLARE</p> <ul style="list-style-type: none"> ● Valutare quantitativamente e qualitativamente le performance post attuazione dei miglioramenti ● Garantire la stabilità del processo e la sua sostenibilità nel tempo 	<ul style="list-style-type: none"> ● Istituire un nuovo piano di controllo e di governance aziendale ● Standardizzare i processi e definire un chiaro piano di comunicazione ● Convalidare i miglioramenti ottenuti in relazione ai requisiti CTQ ● Quantificare i benefici economici conseguiti 	<ul style="list-style-type: none"> ● Sistema di Controllo ● Standardizzazione ● <i>Visual Control System</i>

Figura 34 DMAIC Highlights

Come si desume dalla tabella, sono numerosi gli strumenti e le tecniche che vengono utilizzati durante un progetto Six Sigma e che fungono da supporto per lo sviluppo delle diverse fasi dell'approccio DMAIC: mappe di processo, matrici di causa ed effetto, analisi delle capacità, test

d'ipotesi, piani di controllo, per citarne alcuni molto comuni. Più nello specifico, in ausilio alla fase di avvio della metodologia di miglioramento DMAIC è vantaggioso filtrare e dare priorità alle cause alla base delle inefficienze e alle relative soluzioni proposte. Una matrice di priorità (**Priority Matrix**) è uno strumento utilizzato per determinare le priorità di questioni complesse, valutate secondo criteri diversi. Questa matrice consente di assegnare dei punteggi ai criteri o ai problemi in base alla loro importanza e urgenza; così facendo, un'organizzazione sarà in grado di gestire il tempo in modo più efficiente, di scegliere le aree chiave su cui concentrarsi immediatamente e di intervenire nelle attività dando la precedenza alle questioni cruciali. Una volta che le priorità vengono identificate e sia il management che i team preposti confermano l'approvazione della iniziativa avanzata, si procede con la stesura del **Project Charter**, un documento aziendale con il quale si ufficializza formalmente l'avvio di un progetto dandone comunicazione all'intera organizzazione aziendale coinvolta (Unicusano, 2018). È l'atto formale con il quale tutte le parti interessate al progetto vengono informate di tutte le caratteristiche, gli incarichi, le responsabilità e i ruoli coinvolti nel progetto stesso, sintetizzandone i punti salienti e autorizzando ufficialmente l'avanzare delle iniziative progettuali. In codesto rapporto, che può essere concepito come un agreement fra il team e il management aziendale, vengono chiariti i campi di applicazione e di analisi, le risorse necessarie, la sequenza delle azioni da mettere in atto, il *timeline* del progetto, i vantaggi espressi in termini economici e le aspettative generali riguardo al programma. In un secondo momento, è opportuno sviluppare il **diagramma di Gantt**, che acquista il nome da Henry Lawrence Gantt (1917), utile a pianificare un insieme di attività in un certo periodo di tempo (Santucci, 2003). Il diagramma cartesiano in questione si costruisce inserendo nell'asse delle ascisse la scala temporale dall'inizio alla fine del progetto, e nelle ordinate le attività e i compiti da svolgere. Visivamente, nel grafico risultano delle barre di lunghezza variabile riferite al tempo necessario per svolgere una mansione. Grazie a questo strumento, che viene corredato di un insieme di informazioni rilevanti ai fini del progetto, vengono scandite le scadenze, si stabiliscono i membri coinvolti nelle attività e si mantiene un costante monitoraggio delle operazioni.

Uno strumento analitico strutturato che risulta di fondamentale supporto a un'organizzazione per la corretta applicazione del ciclo DMAIC è **PFMEA** (*Process Failure Modes and Effects Analysis*). Il suddetto approccio consiste nel condurre un'analisi della modalità di errore dei processi e degli effetti a esso annessi, come il nome stesso suggerisce. Grazie alla sua applicazione metodica, PFMEA è una potente tecnica di *risk analysis*, inerente all'area del *risk management*, e in quanto tale è legata al concetto di prevenzione del rischio (Nicoletta, 2006). Per questo motivo, la sua applicazione deve essere avviata all'inizio di un processo produttivo ed essere mantenuta durante tutto il ciclo di sviluppo dell'output, al fine di verificare l'adeguatezza di un componente e del processo necessario a rispettare le sue specifiche prestazionali. Essendo PFMEA disciplinata

da standard veri e propri adattabili a diversi ambiti organizzativi, aiuta a stabilire e quantificare l'impatto degli errori e a dare priorità alle azioni che limitano la propagazione degli errori nelle fasi di progettazione.

Attraverso un attento esame di ogni fase del processo, vengono identificate le cause e i meccanismi della modalità di guasto che si generano da fonti diverse, infatti, ciascun guasto può avere più effetti ed ogni effetto può avere più cause di guasto. Dato che si tratta di un modello previsionale incentrato sulla stima del rischio di non funzionamento dell'organo produttivo e strutturale, il diagramma del flusso di processo è un pre-requisito di PFMEA poiché l'analisi preliminare di un processo, di un sistema o del ciclo di vita di un prodotto permette di valutarne l'affidabilità che questi siano in grado di garantire.

Esiste un'altra tipologia di analisi, sempre attinente al campo di *Failure Mode and Effects Analysis* (FMEA), che differisce da quella in oggetto poiché il campo applicativo e la categoria di indagine sono diverse. DFMEA, che propriamente si riferisce alla sigla *Design Failure Mode and Effects Analysis*, è un particolare studio di progetto, vale a dire che si concentra sugli aspetti di progettazione di un prodotto o di un servizio. In particolare, il metodo viene applicato a monte del processo, per testare nuove idee di prodotto e prototipi di esso prima che vengano immessi sul mercato (Mainsim Academy, 2022). Dunque, FMEA di processo differisce da quella di design nella misura in cui esamina processi e procedure già in atto all'interno di un'azienda, per supportarla ad affrontare potenziali criticità che possono avere effetti sulle normali operazioni. La tabella riportata di seguito fornisce una guida schematica e un esempio di strumento di *brainstorming* per un'analisi FMEA preliminare, nonché un'utile mappatura per continuare a monitorare e tenere aggiornata l'analisi:

FMEA Failure Mode and Effect Analysis								
Prodotto:		Team:		FMEA N°:		Revisione 1:		
Progetto:		Ingegnere:		Data:		Revisione 2:		
Processo	Funzioni	Modalità di guasto	Cause	Probabilità di guasto (Occurrence)	Rilevabilità (Detection)	Gravità (Severity)	RPN (Risk Priority Number)	Azioni raccomandate

Figura 35 FMEA Analysis (Mainsim Academy, 2022)

PFMEA consente quindi di individuare le cause fondamentali di tutti i possibili guasti e di intervenire preventivamente con azioni correttive, ponendo in essere soluzioni per evitarne il riprodursi. Questa metodologia analizza un progetto prima che questo venga portato in attuazione e tradotto in pratica, per prevenire il concretizzarsi di difetti strutturali, in funzione della probabilità che si verifichino o meno, della gravità dei loro effetti ed anche della diagnosticabilità di questi. Gli obiettivi principali dell'analisi sono riassumibili come segue (Nicolella, 2006):

- 1) identificare le potenziali modalità di guasto negli input di progettazione, nel design e durante il ciclo di vita di un prodotto;
- 2) definire gli approfondimenti e le verifiche da effettuare;
- 3) fissare le priorità degli interventi;
- 4) individuare le azioni correttive e gli interventi con le relative responsabilità;
- 5) documentare le scelte eseguite.

Le informazioni inerenti alle fasi di processo vengono raccolte successivamente all'esecuzione di un'analisi qualitativa di tutti i potenziali modi di guasto, associati alle loro cause ed effetti, e di una analisi quantitativa, in cui al modo di guasto, alla sua causa ed effetto viene associato un giudizio rispetto ad un valore attribuito in base a criteri predefiniti. La matrice PFME, anche detta *Criticality Matrix*, viene realizzata utilizzando l'indice di priorità del rischio (RPN, *Risk Priority Number*), ossia uno standard che assume valori su una scala da 1 a 5 e che permette di calcolare la criticità complessiva di un errore e di stimarne l'importanza per il processo. Tale indice si compone dei seguenti fattori (Nicolella, 2006):

- *Occurrence*: frequenza con cui una determinata causa di guasto si manifesta, cioè la probabilità che ha di verificarsi;
- *Severity*: gravità della peggiore conseguenza potenziale;
- *Detection*: facilità con cui un guasto può essere rilevato o diagnosticato.

Ne deriva che l'indice RPN è dato dal prodotto tra: *Severity (of the event) × probability (of the event occurring) × detection (probability that the event would not be detected before the user was aware of it)*.

Laddove venga rilevata un'alta criticità di errore, caratterizzata da massimi punteggi dei parametri sopraindicati in relazione al parametro RPN è necessario che vengano stabilite le azioni correttive al fine di permettere un maggiore controllo e investigazione delle cause di guasto in esame. In aggiunta, PFMEA si dimostra una vantaggiosa tecnica per fare un confronto tra i valori RPN iniziali e quelli rilevati successivamente, dal momento che tiene traccia dei miglioramenti attuati nel corso del processo.

Un altro strumento pratico da poter sfruttare nella fase iniziale di definizione del ciclo DMAIC è **SIPOC**, una rappresentazione grafica atta a selezionare gli elementi rilevanti di un processo per disporre di un quadro dettagliato delle operazioni. Attraverso la mappatura fornita SIPOC vengono sintetizzati gli input e gli output di produzione per valutare lo stato corrente dell'organizzazione e

dei processi in questione (Vendor, 2020). L'utilizzo del suddetto diagramma permette di identificare le aree aziendali che presentano inefficienze, fornire dei punti di riferimento comuni relativamente al progetto che il *team* preposto mira a intraprendere, al fine di ottenere operazioni aziendali più efficienti e meno dispendiose, nel rispetto dei requisiti del cliente finale. Per comprendere quali possono essere le strategie di miglioramento da mettere in atto SIPOC suggerisce cinque fasi sequenziali (Vendor, 2020):

- *Supplier*: elencare i fornitori interni ed esterni del processo, cioè coloro che forniscono gli input per il processo;
- *Input*: sviluppare una lista dettagliata degli input di produzione;
- *Process*: classificare l'insieme delle attività che costituiscono i processi;
- *Output*: quantificare i risultati delle operazioni;
- *Customer*: definire il target a cui indirizzare i prodotti e i servizi che risultano dal processo

La visualizzazione grafica di un diagramma SIPOC come mostrato nella figura successiva, semplifica la comprensione dei processi aziendali, identificando le componenti chiave dei processi di un'organizzazione di qualsiasi settore:



Figura 36 Diagramma SIPOC (Twproject, 2022)

Proseguendo, per rimanere competitiva e per adattare meglio l'offerta al mercato, un'organizzazione deve focalizzarsi su una qualità superiore del proprio output e deve attuare un'analisi sistematica delle esigenze del cliente.

Il **Quality Function Deployment (QFD)**, metodo di origine giapponese e intensamente impiegato da Toyota, consiste in un'analisi della gestione della qualità altamente specifica volta a esaminare attentamente le esigenze del cliente, le caratteristiche e le prestazioni dei prodotti, mettendoli in

Il principio di Pareto viene anche chiamato Legge 80/20 (o “principio della scarsità dei fattori”) poiché afferma che circa il 20% delle cause provoca l’80% degli effetti, cioè che la maggior parte degli effetti è dovuta a un numero ristretto di cause. Tali percentuali rappresentano delle approssimazioni che possono essere riadattate a seconda della situazione e dell’entità dei dati in esame, divenendo 70/30 o 90/10. Il **Diagramma di Pareto** è uno strumento di *problem-solving* che evidenzia quali, tra una serie di cause, incidono maggiormente sul fenomeno in esame. È un potente metodo visivo e di analisi immediata per una visualizzazione dei dati atta a mettere in luce gli aspetti più rilevanti e a comprendere le dinamiche delle cause di non conformità in un sistema di produzione e accorpale secondo gli effetti osservati. Per la costruzione del grafico, occorre definire il campione di dati che si vogliono analizzare, elencare le diverse casistiche associate a varie anomalie e calcolare l’incidenza o il numero di volte in cui le cause si verificano rispetto al totale delle casistiche. Sull’asse delle ascisse si riportano le cause individuate e sull’asse delle ordinate la loro incidenza in percentuale (espressa talvolta in termini di frequenza cumulata); la risultante distribuzione rappresenta l’andamento della curva di Pareto.

Sulla stessa linea, il **diagramma di Ishikawa**, o diagramma a lisca di pesce (*Fish-bone*) è uno strumento alternativo a quello precedentemente esposto che indaga le relazioni di causa-effetto di un fenomeno organizzativo. Graficamente, si osserva come la struttura del modello imiti lo scheletro di un pesce, dove nella testa del pesce si colloca il problema e lungo le spine si posizionano le cause che potrebbero averlo creato (Agostinis, 2018). Basato sulla ricerca del problema e della sua causa originaria, il diagramma di Ishikawa rappresenta il flusso di processo secondo la struttura cosiddetta a 5M, che va interpretato da sinistra verso destra, cioè dalla rappresentazione della situazione iniziale fino al problema. Le 5M corrispondono ai fattori che contribuiscono allo svolgimento delle attività e che potenzialmente possono essere fonte di errore:

- *man* (persone, manodopera)
- *machine* (strumenti di lavoro e di misura)
- *materials* (materie prime e ausiliarie)
- *methods* (procedure o prassi operative)
- *mother nature* (l’ambiente)

A queste cinque è possibile annettere una sesta M rappresentate da “*measurement*” (misurazione). Tale metodo rientra nell’ambito del controllo di qualità per individuare le cause più probabili che scatenano uno o più effetti. L’immagine seguente raffigura la logica del diagramma, dove le frecce rosse collegano i cluster di diverse categorie di cause principali alla lisca, cioè il processo; le frecce che si diramano ulteriormente rappresentano le cause specifiche o sotto-cause:

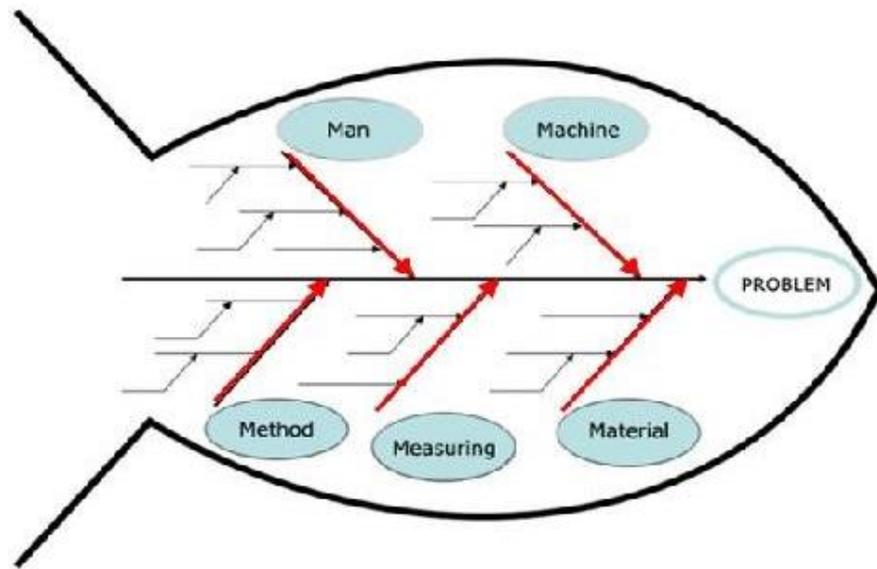


Figura 38 Fish-bone diagram (Agostinis, 2018)

Parte della variabilità di un processo può risiedere nella variabilità delle misure e negli strumenti e nelle procedure che queste includono. A tal proposito, **Gage Repeatability and Reproducibility (Gage R&R)** è un metodo per il miglioramento del sistema aziendale di misurazione e di rilevazione dati (Quality-one, 2022). In tale dottrina la ripetibilità è dovuta alla variazione dell'apparecchiatura usata nella misurazione e la riproducibilità è dovuta alla variazione dell'ispettore o dell'operatore. Attraverso particolari indici viene calcolato il livello di precisione e di affidabilità degli strumenti di misura e la quantità di variabilità indotta dall'influenza dell'operatore. L'accuratezza del sistema di misurazione si ricava confrontando la variabilità totale osservata con la variazione di misura stessa. Il presente *tool*, rientra nell'ambito dell'analisi del sistema di misura (*MSA, Measurement System Analysis*), fondata sul principio che un sistema di misura impreciso produce dati errati e non attendibili, andando a compromettere i tentativi di miglioramento dei processi.

Nella fase successiva agli interventi di miglioramento attuati, la tecnica **DOE (Design of Experiments)**, o Progettazione degli esperimenti, basata sull'analisi statistica ha lo scopo di definire le relazioni esistenti tra un set di variabili in ingresso al processo (x) e una o più variabili in uscita (y) (Crossnova, 2022). Sostanzialmente, è un metodo di progettazione ed esecuzione di esperimenti volti a individuare i valori ottimali degli inputs che garantiscono un alto livello di outputs. Grazie a DOE, si riesce a indagare in maniera approfondita le relazioni causa-effetto e le correlazioni tra variabili in ingresso e variabili in uscita, potendo così sviluppare modelli previsionali a supporto della strategia organizzativa. Tale approccio differisce dalla tradizionale nozione di "*Trial and Error*", anche nota come OFAT (*One Factor At A Time*), in cui nella fase di sperimentazione vengono svolte innumerevoli prove sperimentali studiando "un fattore alla volta", ignorando così le interazioni tra i fattori. Diversamente, tramite le procedure "matematiche" previste da DOE è possibile segnalare la relazione fra le cause (inputs) e gli effetti (outputs), cioè

selezionare le variabili puntuali che maggiormente influenzano le risposte (*vital few*), al fine di ridurre le prove sperimentali, impiegare più efficacemente le risorse, rendere i processi più affidabili.

2.6 Lean Six Sigma

L'argomento centrale del presente elaborato è quello di sostenere che Lean Six Sigma rappresenta per certo un approccio innovativo ed efficace in materia di eccellenza operativa, poiché si avvale delle sinergie di due ormai diffuse metodologie di ottimizzazione aziendale, Lean e Six Sigma, sfruttandone le opportunità che si generano dall'integrazione delle stesse. Come già sottolineato in precedenza, la Lean Production è intesa come una mentalità organizzativa che punta a valorizzare le risorse disponibili, andando ad aggredire in maniera radicale qualsiasi tipo di spreco per l'azienda e rendendo più veloce il processo produttivo, attraverso lo snellimento delle attività operative e transazionali. Di pari passo, Six Sigma rappresenta una cultura, unitamente a un metodo e a una strategia, che ha come obiettivo l'ottimizzazione dei rendimenti aziendali, ottenuta grazie a interventi mirati sulla variabilità dei processi. Va puntualizzato che Lean Management e Six Sigma hanno radici diverse: la forza trainante dello sviluppo del primo sistema di gestione di matrice giapponese è stata la eliminazione dei "rifiuti" dai processi di produzione e la radicale semplificazione degli stessi. Il punto di partenza che ha guidato lo sviluppo di Six Sigma è stata la necessità di un miglioramento della qualità dei prodotti o servizi erogati, al fine di ridurre la probabilità di difetto. Sebbene nei paragrafi precedenti le origini di Six Sigma siano state ricondotte alla metrica statistica Six-Sigma introdotta dalla società Motorola, la metodologia in oggetto si ricollega a un'altra fonte primaria, cioè il **TQM** (*Total Quality Management*) (Arnheiter e Maleyeff, 2005). Il TQM rimanda a una filosofia di gestione che cerca di integrare tutte le funzioni di un'organizzazione, con un focus sui requisiti dei clienti e sugli obiettivi organizzativi (Hashmi, 2016) e che mira a una maggiore efficacia ed efficienza dei processi, migliorando le prestazioni dell'organizzazione in termini di qualità, produttività, soddisfazione del cliente e redditività. La metodologia in esame sostiene che il ciclo di miglioramento sia composto da quattro fasi: pianificare, fare, studiare e agire (PDSA). Altri autori definiscono **TQM** come "un sistema di gestione in continua evoluzione fatto di valori, metodologie e strumenti, il cui obiettivo è aumentare la soddisfazione dei clienti esterni e interni con a quantità ridotta di risorse" (Hellsten e Klefsjo, 2000), oppure come "una cultura aziendale caratterizzata da una maggiore soddisfazione del cliente attraverso il continuo miglioramento, a cui partecipano attivamente tutti i dipendenti dell'azienda" (Dahlgaard et al., 1998). Malgrado le definizioni di TQM e Six Sigma differiscano, lo scopo dei diversi concetti sembrano essere simili. Alla luce delle precedenti definizioni, appare evidente come la strategia aziendale decisionale a lungo termine Six Sigma abbia ereditato da TQM diverse nozioni: la convinzione che la qualità sia la priorità nelle operazioni, la centralità di un'attiva partecipazione al programma da parte di tutti i livelli aziendali, i cui membri sono

responsabili in egual misura della qualità dei prodotti finiti e debbono dimostrarsi altamente qualificati, il costante focus rivolto al cliente e la valenza di un'analisi puntigliosa delle cause di inefficienze per adottare le soluzioni migliori. Ciò che accomuna TQM e Six Sigma sono alcuni strumenti che i due modelli includono per l'analisi dei processi, come ad esempio i grafici di dispersione, i diagrammi di causa ed effetto, di flusso, di Pareto, di affinità e ad albero e le matrici di priorità (Sower et al., 1999). Dal momento che Six Sigma ha preservato diversi aspetti del TQM può essere considerato come un modello nato dalla combinazione della metrica statistica e di rilevanti nozioni tipiche del TQM.

Per disporre di una visione onnicomprensiva di TQM, Six Sigma e Lean viene suggerita una tabella che riporta i punti principali di ciascuna delle strategie considerate, permettendo di osservare quali siano i punti di contatto tra esse e quali, invece, siano le discordanze:

	TQM	SIX SIGMA	LEAN
ORIGINI	L'evoluzione della qualità in Giappone	L'evoluzione della qualità in Giappone con Motorola	L'evoluzione della qualità in Giappone con Toyota
TEORIA	Focus sul cliente	Zero difetti	Zero scarti
VISIONE DEL PROCESSO	Migliorare e uniformare	Migliorare e ridurre la variabilità	Migliorare il flusso
APPROCCIO	Coinvolgimento attivo di tutto il personale	Applicazione per progetto	Applicazione per progetto
METODOLOGIA	PDSA	DMAIC	Comprendere il valore per il consumatore
STRUMENTI	Analitici e statistici	Statistica avanzata	Analitici
EFFETTI	Maggiore soddisfazione del cliente, fidelizzazione dei clienti, migliore performance	Riduzione dei costi operativi, raggiungimento degli obiettivi organizzativi, miglioramento della performance finanziaria	Riduzione del <i>lead time</i> e delle scorte, incremento della produttività e della soddisfazione dei clienti

Figura 39 Confronto tra TQM, Six Sigma e Lean

Ciò che emerge dallo schema è che al contrario di Six Sigma e Lean Production, il cui successo ha avuto origine da un'azienda precisa, la provenienza e la diffusione del TQM non viene identificata con nessuna organizzazione primaria. Mentre Six Sigma e Lean si concentrano sui miglioramenti delle prestazioni implementando una strategia per progetto, TQM sottolinea l'importanza dell'impegno e del coinvolgimento di tutti i dipendenti. La metodologia prevista dal TQM, e conformemente quella di Six Sigma, è ciclica e consiste in fasi pressoché simili; contrariamente, i principi Lean non sono di natura ciclica. In linea generale, gli strumenti del

concetto snello sono di natura più analitica rispetto agli strumenti statistici utilizzati in TQM, che in Six Sigma divengono ancor più avanzati (Andersson et al., 2006). Con il programma di gestione TQM si era osservato che esisteva una correlazione positiva tra la soddisfazione del cliente e risultati economici delle imprese. Considerando invece la prospettiva di Six Sigma si constata che i progetti sono selezionati in modo tale da essere strettamente legati agli obiettivi aziendali e i miglioramenti sono economicamente giustificati, cioè prima di iniziare un progetto Six Sigma, bisogna provare che il miglioramento si tradurrà in risparmi economici per l'azienda (Andersson et al., 2006). Infine, un progetto snello incentrato sulla riduzione delle tempistiche, con particolare interesse verso il *lead time*, e sulla minimizzazione delle scorte attribuisce un notevole valore alla necessità di soddisfare il cliente.

Un altro aspetto che si evince dalla tabella precedente è che ponendo a confronto le nozioni Six Sigma con i concetti Lean, questi risultano complementari tra loro. Per questo motivo, è utile interrogarsi su quali vantaggi possono trarre le organizzazioni Lean da Six Sigma e, similmente, quali benefici possono ottenere le organizzazioni che adottano Six Sigma da una gestione snella. L'utilizzo combinato dei due modelli può essere fatto risalire a General Electric, la prima organizzazione che si era resa conto che i due concetti si completavano a vicenda. Esaminando un puro approccio Six Sigma, si rileva che non possiede un focus diretto sul miglioramento della velocità dei processi, sulla riduzione della quantità di scorte e dei costi a esse correlati e che non permette di registrare un guadagno immediato o nel breve termine, ma i risultati economici si registrano solo dopo un certo periodo di tempo. Comparativamente, i limiti della strategia Lean derivano dal fatto che i processi non sono sottoposti a controllo statistico, non viene effettuata una valutazione delle variazioni di processo e non vengono messi in pratica strumenti matematici avanzati per diagnosticare i problemi nelle operazioni. Non va però sottovalutato che Six Sigma e Lean Management, sono strategie efficaci se prese a una a una, limitatamente ai vantaggi che si propongono di produrre; tuttavia, le organizzazioni che implementano singolarmente Six Sigma o la gestione snella potrebbero riscontrare degli effetti positivi nelle prestazioni aziendali di breve periodo ma che poi si traducono in rendimenti decrescenti a lungo termine. In altre parole, dopo aver riprogettato il funzionamento dei sistemi di supporto al miglioramento e una volta corrette le inefficienze chiave, ulteriori miglioramenti non sono facilmente generati (Arnheiter e Maleyeff, 2005), come illustrato nella Figura di seguito:

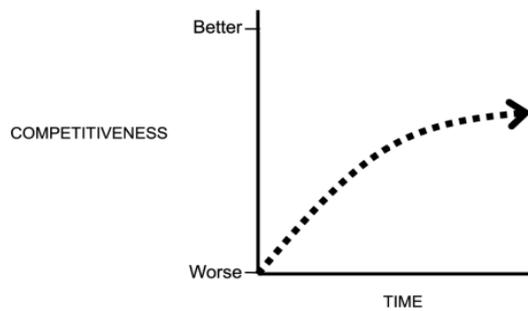


Figura 40 Rendimenti decrescenti di Six Sigma e Lean singolarmente (Arnheiter e Maleyeff, 2005)

Date le ultime considerazioni, le organizzazioni che aderiscono ai principi snelli sentono l'esigenza di esplorare le tecniche Six Sigma e viceversa. Il termine Lean Six Sigma (LSS) è stato recentemente utilizzato per descrivere un sistema di gestione che combina i due approcci (Sheridan, 2000), i quali interagiscono e colmano le carenze di uno con i benefici dell'altro. Lean Six Sigma coniuga due potenti metodologie attinenti all'ambito dell'ottimizzazione aziendale, che risultano in un approccio innovativo ed efficace in materia di eccellenza operativa. Questa nuova prospettiva sollecita le organizzazioni ad ampliare il *know-how* aziendale rispettivamente ai concetti Lean o Six Sigma, per ricreare un connubio vincente per la strategia aziendale. Le proprietà caratterizzanti la complementarità dei due sistemi di gestione può essere meglio giustificata dalla tabella mostrata successivamente che espone le principali differenze tra le due metodologie in questione:

Issues/problems/objectives	Six Sigma	Lean Production
Focuses on customer value stream	No	Yes
Focuses on creating a visual workplace	No	Yes
Creates standard work sheets	No	Yes
Attacks work-in-process inventory	No	Yes
Focuses on good house keeping	No	Yes
Process control planning and monitoring	Yes	No
Focuses on reducing variation and achieve uniform process outputs	Yes	No
Focuses heavily on the application of statistical tools and techniques	Yes	No
Employs a structured, rigorous and well planned problem solving methodology	Yes	No
Attacks waste due to waiting, over processing, motion, over production, etc.	No	Yes

Figura 41 Differenze fondamentali tra Six Sigma e Lean Management (Tohidi e KhedriLiraviasl, 2012)

Pertanto, Lean Six Sigma si presenta come una disciplina rigorosa che trae vantaggio dalle sinergie che si creano integrando due approcci di gestione apparentemente antitetici, massimizzando così il valore per gli azionisti e la soddisfazione del cliente riguardo ai costi, alla qualità e alla velocità di processo. L'accuratezza dell'analisi oggettiva dei processi, principio su cui si fonda Six Sigma, sommata alla maggiore velocità delle operazioni garantita dalla gestione snella, risulta in performance operative di qualità superiore e nel miglioramento continuo dei processi dell'azienda. Adottando un programma ibrido come LSS, in cui gli obiettivi Lean e Six Sigma sono allineati, è possibile superare i limiti delle due logiche coinvolte e raggiungere tassi di miglioramento più

elevati rispetto a quelli ottenibili impiegando i due approcci isolatamente. Di conseguenza, le organizzazioni non rileveranno più rendimenti decrescenti, al contrario traggono vantaggio dagli effetti positivi costanti del miglioramento continuo garantito da LSS. Annettendo la curva che caratterizza l'andamento della metodologia LSS al grafico presentato precedentemente, si osservano chiaramente i benefici del nuovo *modus operandi* del modello integrato:

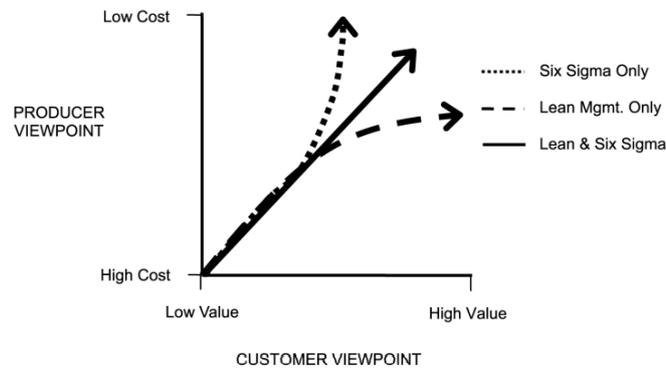


Figura 42 Curva LSS (Arnheiter e Maleyeff, 2005)

Come già precedentemente dichiarato nel paragrafo dedicato a Six Sigma, questo consente di aumentare la produttività e la redditività di un'azienda poiché uniforma il processo di realizzazione dell'output, aumenta il valore aggiunto delle attività e abbatte la difettosità e gli sprechi, minimizza i costi di non qualità e la variabilità dei processi, aumenta l'efficienza produttiva e mantiene il focus sulla qualità e sulle reali necessità dei clienti. Grazie a un personale altamente formato, Six Sigma tende a orientare la cultura aziendale verso il miglioramento e a guidare la diffusione interna dell'approccio con rigore e razionalità. Simmetricamente, le tecniche Lean permettono di ridurre i tempi dei cicli di produzione, minimizzare i WIP e i costi che essi generano, ridurre i tempi di consegna, ottimizzare gli spazi negli stabilimenti produttivi e diminuire il bisogno di apparecchiature e strumenti, unitamente a un minore sforzo richiesto dal personale. L'illustrazione esibita serve per fornire un resoconto di tutti i concetti esposti sinora e conferma come l'interazione che si instaura tra i due modelli esaminati sia un elemento di successo per il business:

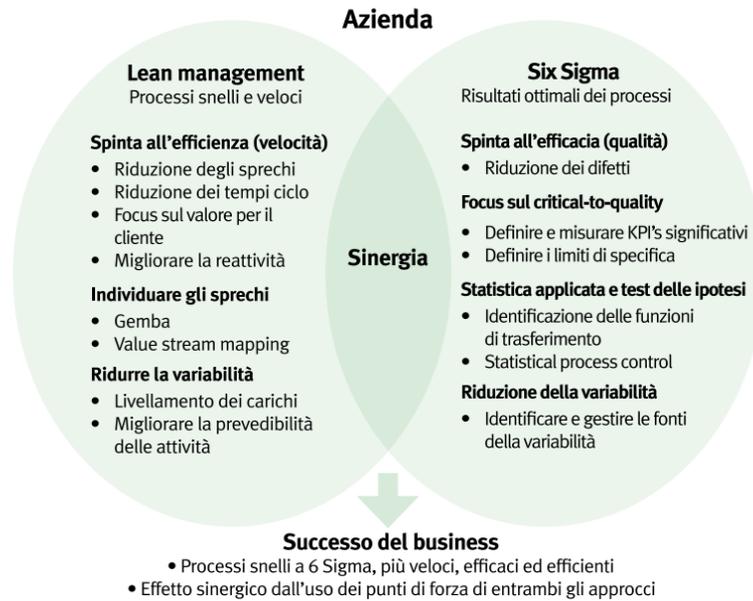


Figura 43 Integrare Lean e Si Sigma (Festo Academy, 2022)

Mettendo a fattor comune le tecniche e gli strumenti rispettivamente di Lean e di Six Sigma che sono stati descritti nel *corpus* centrale di questo elaborato, si giunge alla conclusione che un'organizzazione che implementa LSS come filosofia operativa e come approccio culturale risulta siffatta:

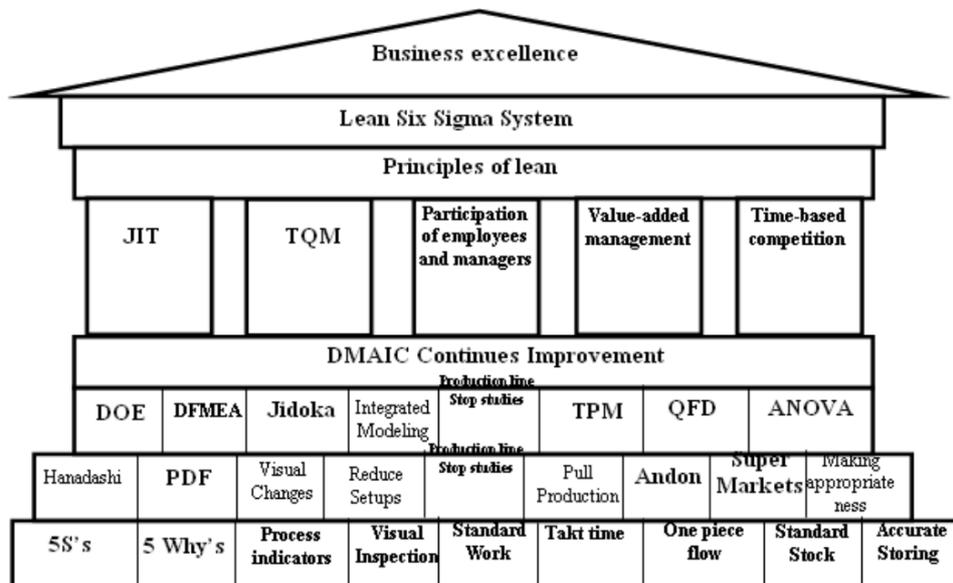


Figura 44 House without waste (Tohidi e KhedriLiravias, 2012)

La metodologia esposta, di cui si sostiene fermamente l'efficacia, risulta estremamente versatile e adattabile ad aree aziendali diverse da quella di produzione: LSS applicata in chiave commerciale serve per aumentare il tasso di conversione tra l'offerta e gli ordini richiesti, piuttosto che ridurre il tempo di emissione dell'offerta; in chiave acquisti o per l'approvvigionamento di materie prime LSS è utile a migliorare la qualità e la puntualità dei fornitori; in ambito di manutenzione LSS permette di migliorare la disponibilità e la capacità degli impianti, ottimizzando la frequenza delle

attività manutentive, prolungando la vita utile dei macchinari, influenzando sul calcolo dell'ammortamento e, di conseguenza, avendo un impatto positivo sui costi complessivi d'impresa; applicato al comparto delle risorse umane, LSS può agevolare la creazione di una matrice delle competenze del personale e l'ottimizzazione del percorso formativo più adeguato alle skills dei dipendenti; in ambito amministrativo, il modello può essere utilizzato per diminuire gli errori durante i processi di fatturazione, contabili e di *budget* e *forecasting*.

In definitiva, l'integrazione di Six Sigma, metodologia focalizzata sulla riduzione e sulla standardizzazione della variabilità dei processi, con Lean Thinking, approccio che mira a ridurre gli sprechi, ha dato vita al rivoluzionario approccio di gestione Lean Six Sigma. Posto che le due discipline hanno dimostrato di essere particolarmente efficaci quando attuate in sincronia, LSS ha riscosso un grande successo in una varietà di settori, andando oltre all'area manifatturiera, bensì estendendosi al settore dei servizi, al pubblico e all'amministrazione.

2.6.1 Formazione Lean Six Sigma

I progetti LSS hanno una durata media dai tre ai sei mesi. Per adottare correttamente questo metodo innovativo è necessario prima di tutto acquisire un'approfondita conoscenza dei principi e degli strumenti, per poterli applicare concretamente: risulta quindi vantaggiosa la scelta di attivare percorsi formativi che permettono un maggior coinvolgimento del personale nel raggiungimento degli obiettivi dichiarati. Sviluppare tra gli operatori un'attitudine positiva al cambiamento in azienda è fondamentale, in quanto accresce la consapevolezza degli stessi di possedere una maggiore autonomia in relazione agli interventi operativi rendendo più solido il processo di miglioramento continuo. Per non incontrare ostacoli nell'implementazione di LSS e per far sì che il cambiamento organizzativo avvenga senza resistenza è stata istituita una guida per il completamento del progetto con successo. Il programma di formazione LSS è organizzato secondo diversi livelli di certificazione rivolti al personale in azienda denominati secondo una logica simile al karate (Crossnova, 2022):

- *Sponsor*: è un dirigente aziendale di alto livello che si impegna a promuovere l'adozione di Six Sigma, conduce una valutazione approfondita dei dati finanziari e dei costi previsti e stanziava le risorse e i fondi necessari per l'attuazione del progetto di eccellenza aziendale. Le sue responsabilità sono l'articolazione e la dichiarazione del problema, la definizione degli obiettivi, l'esposizione chiara di questi al team e la convalida del *business case* nella *Project Charter*. Gli sponsor hanno una grande influenza sulle diverse unità organizzative, in quanto sono l'anello di congiunzione tra il team e l'alta dirigenza e quindi assumono un ruolo fondamentale per il successo del progetto. Sono figure di riferimento per l'approvazione di diversi provvedimenti relativi alle diverse fasi e ai momenti critici del ciclo DMAIC;

- *Champion*: è un dirigente intermedio o *senior* che sponsorizza e promuove le iniziative di miglioramento continuo all'interno della propria organizzazione. L'obiettivo che si propone di raggiungere è quello di selezionare progetti strategicamente allineati alla strategia e alle aspettative organizzative, in modo da evitare eventuali atteggiamenti di riluttanza o di inerzia al cambiamento tra i dipendenti. Assicura la formazione e il tutoraggio dei dipendenti, interviene nella risoluzione di eventuali problemi internazionali tra i team
- *Yellow Belt*: figura professionale che riceve una formazione LSS di base e che svolge mansioni prettamente operative. Gli *Yellow belt* sono dotati di una preparazione sufficiente sulla metodologia DMAIC e conoscono i capisaldi su cui si fonda il concetto di miglioramento continuo. Non disponendo di competenze analitiche, questa figura si occupa della risoluzione di problemi di medio-bassa complessità. Spesso, questo livello di formazione è rivolto ai responsabili aziendali che vogliono valutare l'applicabilità del processo presso la propria organizzazione, attribuendo un peso notevole ai benefici che possono essere raggiunti espressi in termini economici;
- *Green Belt*: sono figure che partecipano attivamente, ma per un tempo limitato, allo svolgimento dei progetti di miglioramento continuo, per questo vengono definiti *Project Sponsor*; sviluppano una conoscenza approfondita di DMAIC, il livello di competenze di cui dispongono è tale da risolvere problematiche di complessità medio-alta e sono in grado di usufruire di strumenti quantitativi appartenenti all'ambito dell'eccellenza aziendale;
- *Black belt*: sono risorse responsabili dei progetti LSS, per questo vengono indicati con il termine di *Project Leader*; possiedono un ampio pacchetto di conoscenze sulle tecniche statistiche tipiche di LSS e la loro formazione è avanzata quanto al ciclo DMAIC. Lavorano a tempo pieno sullo sviluppo dei progetti e sono incaricati di coordinare i membri appartenenti ai livelli precedenti.

La gerarchia delle certificazioni Lean Six Sigma appena esposta si presenta come nella figura che ivi si riporta:

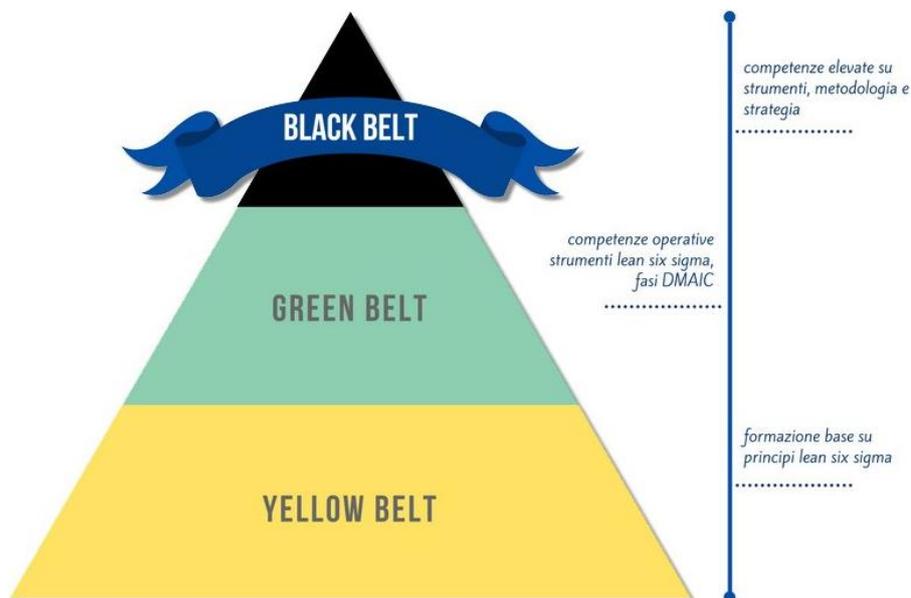


Figura 45 Gerarchia delle certificazioni LSS (www.considi.it)

Affinché la formazione sulla metodologia Lean Six Sigma si concretizzi in un progetto di cambiamento e di miglioramento effettivo è necessario che si crei in azienda la consapevolezza dell'importanza di un nuovo modo di operare, di pensare e di progredire verso l'idea che un'alta qualità deve essere fissata in ciascuna fase del processo aziendale. Ne segue che ogni area aziendale a tutti i livelli è coinvolta nella trasformazione, perciò è fondamentale un *corretto flusso di informazioni* tra i formatori, le risorse formate e il personale; così sarà possibile ridurre qualsiasi forma di *resistenza al cambiamento* e una *collaborazione attiva* per il raggiungimento di un *obiettivo condiviso*. Attraverso il coinvolgimento del personale nell'attività di formazione sui principi LSS, le aziende traggono numerosi benefici poiché disporre di persone all'interno dell'organizzazione capaci di sviluppare e istruire altri membri del personale al miglioramento continuo, è vantaggioso per disseminare gli strumenti e metodi di LSS, stimolando una cultura aziendale orientata al cambiamento. L'alta qualificazione dei dipendenti in materia di LSS attribuisce loro le competenze necessarie a informare e consigliare il management nella formulazione e nella conseguente implementazione dei piani di miglioramento; agendo da agenti del cambiamento, gli operatori acquisiscono un maggiore livello di responsabilità in merito alle decisioni organizzative, di conseguenza sentendosi più coinvolti e stimolati a intervenire nelle fasi decisionali dei macro-obiettivi aziendali.

2.6.2 Lean Six Sigma 4.0

La maggior parte degli strumenti di Lean Six Sigma si basa sui dati per conoscere le cause alla radice delle non conformità operative: in linea generale, i dati sono necessari per guidare qualsiasi processo di miglioramento. I dispositivi IoT, come rimarcato nel capitolo primo del presente lavoro, sono in grado di raccogliere e condividere dati direttamente con altri dispositivi tramite

l'ambiente in “*cloud*”, fornendo un'enorme quantità di informazioni da raccogliere, archiviare e analizzare (Arcidiacono e Pieroni, 2018). È stato riconosciuto che Lean Six Sigma è in grado di accelerare il processo di estrazione di informazioni chiave dai Big Data e come l'elaborazione di questi ultimi può aiutare le imprese a innovare. Le tecnologie digitali dell'Industria 4.0 consentono la pianificazione in tempo reale dei piani di produzione; il requisito imprescindibile è l'integrità dei dati che vengono collezionati durante i processi e nelle transazioni. La questione chiave di Lean Six Sigma è di conoscere a fondo i processi per poter evidenziare le cause che influenzano le variazioni degli standard e che devono essere rimosse affinché il processo sia ottimizzato. Nei paragrafi precedenti, è stato svolto un excursus sugli strumenti connessi al ciclo DMAIC, le cui fasi fungono da filtri logici per sviscerare le fonti di inefficienze nelle operazioni. Questi filtri logici utilizzati per identificare e risolvere qualsiasi tipo di problema sono rafforzati attraverso gli strumenti offerti da Industria 4.0 (Arcidiacono e Pieroni, 2018). La potenza di analisi avanzata tipica dei dispositivi digitali migliora la realizzazione di progetti Lean Six Sigma: ad esempio, la raccolta dei dati e della relativa analisi, fase fondamentale di LSS, viene resa più veloce tramite appositi strumenti digitali di visualizzazione dei dati che ne permettono l'identificazione precoce. In quest'ottica, l'importanza dell'IoT risiede nel fatto che i dati possono essere tempestivamente trasmessi da dispositivi distinti per monitorare le deviazioni nei processi o prodotti. Nella fase di Misurazione la raccolta dei dati e l'analisi dei dati sono i punti chiave. I dati che devono essere oggetto di analisi devono soddisfare il requisito di integrità, vale a dire che devono fornire una rappresentazione fedele dello scenario studiato, in cui non sono ammesse distorsioni od omissioni di informazioni rilevanti. Consistentemente, le tecnologie riconducibili all'Industria 4.0 aiutano a rimuovere gli errori nella raccolta e nella analisi dei dati. A titolo esemplificativo, tecnologie digitali come l'analisi predittiva, la simulazione dell'inventario, della logistica e dei trasporti permettono di sapere in anticipo lo stato di un impianto e le possibili relazioni di causa-effetto di fenomeni che possono manifestarsi, potendo così adottare le necessarie contromisure per arginare i problemi e per non incorrere in costi a non-valore aggiunto. Accostando le nozioni caratteristiche di Industria 4.0 a Lean Six Sigma, i processi produttivi risultano positivamente influenzati e il processo di erogazione dei prodotti o dei servizi verrebbe ottimizzato. Considerati questi presupposti, Lean Six Sigma 4.0 è l'espressione che allude alla convinzione che Lean Six Sigma e Industry 4.0 si rinforzino reciprocamente. Inoltre, i *big data* consentono di superare i limiti dei tradizionali strumenti di analisi del cliente fornendo informazioni sull'intera "*customer experience*" e rendono più immediata la comprensione di VOC (*Voice of Customer*). Pertanto, l'introduzione di tecnologie intelligenti consente a clienti, fornitori e dipendenti di contribuire in tempo reale all'esercizio di raccolta dei dati, riducendo la necessità di controlli continui (Arcidiacono e Pieroni, 2018). Il coinvolgimento del cliente diventa ancora più rilevante dato il continuo flusso di feedback facilitato dall'IoT. Gli input dei clienti vengono raccolti velocemente e hanno un profondo impatto

nell'adeguamento in tempo reale della produzione, nella personalizzazione del *design* del prodotto e nel fornire feedback post-vendita. Questo dimostra come i produttori tradizionali sono chiamati ad adattarsi a una nuova condizione in cui il servizio diventa un elemento *core* del prodotto fisico. Alla luce dei punti di contatto tra Lean Six Sigma e le tecnologie digitali, si suggerisce che la simbiosi tra le tecnologie I4.0 e le pratiche di eccellenza operativa, costituisce una prospettiva innovativa delineata come Digital Lean Six Sigma (DLSS) (Sordan et al., 2021). In questo quadro, si aprono nuove opportunità per futuri progetti di miglioramento dei processi e di eccellenza operativa sempre più orientati alla digitalizzazione

2.6.3 Green Lean Six Sigma

La sostenibilità e la transizione verso un'economia a basso contenuto di carbonio, più efficiente in termini di risorse e circolare, sono elementi fondamentali per garantire la competitività a lungo termine dell'economia (Corporate Reporting Forum, 2020). Se da un lato la diffusione del paradigma 4.0 con gli annessi fattori abilitanti sta rimodellando i moderni modelli di produzione sotto il profilo di raccolta, accessibilità ed elaborazione dei dati, all'interno dei contesti organizzativi acquisisce altrettanta importanza il tema della sostenibilità. Ai macro-obiettivi di sostenibilità operativa ed economica che le aziende odierne si prefiggono per rimanere competitive sul mercato si affianca il crescente interesse alle tematiche di carattere ambientale. Oggi, quello che viene definito come "sviluppo sostenibile" è un "*hot topic*" per l'intera società a livello mondiale. È crescente la consapevolezza dell'impatto che le attività industriali hanno sull'ambiente e degli esiti negativi che queste arrecano alla popolazione. Diventa sempre più urgente la necessità di un cambio di rotta delle consuete modalità di produzione, altamente inquinanti e che implicano un ingente utilizzo di risorse naturali. In questo quadro, le organizzazioni sono poste in prima linea ad agire secondo principi etici e sostenibili, al fine di essere un esempio da seguire per i consumatori, i quali devono essere indotti a loro volta ad adottare pratiche di consumo responsabili. La sfida a cui le aziende, e più in generale l'intero pianeta sono sottoposti è quella di soddisfare i bisogni della generazione presente senza compromettere la possibilità delle generazioni future di realizzare i propri (ONU, 1967). Al fine di ottemperare a tale intento è doveroso mettere in atto le *best practices* che contribuiscano a equilibrare economia ed ecologia, nella direzione di abitudini di produzione e di consumo etiche.

Le organizzazioni sono tenute a rivedere i tradizionali modi di "fare impresa" in favore di nuove modalità di sviluppo e di crescita che presuppongono un forte senso di responsabilità verso l'ambiente. Coerentemente, le *mission* aziendali devono includere e integrare in maniera sempre più pervasiva, i principi e le azioni di sostenibilità a livello strategico e nelle attività quotidiane. L'abilità di conciliare la salvaguardia dell'ambiente e delle limitate risorse disponibili con gli

obiettivi e la vitalità economica si traduce in un sistema organizzativo resiliente nel lungo periodo. Mettere in pratica modalità di lavoro sostenibili non è un'attività che riguarda unicamente le risorse aziendali interne, ma interessa tutti gli stakeholder e tutti i partner coinvolti nella filiera produttiva. Devono essere coinvolti tutti gli operatori nel rafforzamento delle performance di business e nel miglioramento continuo delle prestazioni, al fine di puntare al raggiungimento di obiettivi virtuosi in campo ambientale e sociale. A questo proposito, il 25 settembre 2015 è stata sottoscritta l'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile dai governi dei 193 Paesi membri delle Nazioni Unite e approvata dall'Assemblea Generale dell'ONU. Si tratta di un programma d'azione il cui completamento è previsto entro il 2030 costituito da 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile (*Sustainable Development Goals, SDGs*) (Adams, 2017): attraverso questi target si richiede una risposta urgente da parte delle imprese che devono impegnarsi ad accelerare la transizione verso una più prospera e sostenibile economia. La seguente dichiarazione espone al meglio ciò che l'iniziativa 2030 mira a ottenere, ovvero porre le basi per costruire un mondo diverso e dare a tutti la possibilità di vivere in un mondo sostenibile dal punto di vista ambientale, sociale, economico: “*We must have the courage to strike out in new directions and embrace an economic model which is not only low-carbon and environmentally sustainable, but also turns poverty, inequality and lack of financial access into new market opportunities for smart, progressive, profit-oriented companies* (Business and Sustainable Development Commission, 2017). I 17 *Goals* fanno riferimento a un insieme di questioni importanti per lo sviluppo di matrice economica, sociale ed ecologica, ponendo particolare attenzione a porre fine alla povertà, a lottare contro l'ineguaglianza, ad affrontare i cambiamenti climatici, a costruire società pacifiche che rispettino i diritti umani. Allineare gli approcci aziendali agli SDGs significa per le imprese reindirizzare i flussi degli investimenti per massimizzare la creazione di valore e per validare l'impatto delle attività aziendali sullo sviluppo sostenibile, e nell'eventualità aggiustarle. In questo modo, le organizzazioni sono avvantaggiate nell'identificazione di opportunità proficue, dispongono dei mezzi per ridurre il rischio delle operazioni e sono in grado di ampliare il raggio di innovazione sviluppando soluzioni e tecnologie che concorrano allo sviluppo sostenibile. In questo contesto, per valutare il livello di *Corporate Social Responsibility (CSR)*, o Responsabilità d'Impresa, è stato sviluppato l'approccio ESG (*Environmental, Social, Governance*) costituito da una serie di criteri che forniscono una metrica (*standard, rating e benchmark*) atta a valutare le logiche e le strategie che le aziende attuano tenendo in considerazione aspetti di natura ambientale, sociale e di governance. Attualmente, integrare nelle analisi aziendali i criteri ESG è diventato un esercizio centrale, per stimolare le imprese a ridurre l'impatto negativo sull'ambiente e sulla società e per attuare forme di governance aziendale ispirate a criteri etici. Misurare e monitorare le performance di sostenibilità rappresenta per le imprese un modo per sostenere le scelte compatibili con la salvaguardia dell'ambiente e con le pressioni esercitate dalle istituzioni in

materia di inquinamento. Alla luce di quanto detto, attivare pratiche sostenibili in tutti gli aspetti del business non è più un'opzione per le imprese di oggi, bensì una necessità e un vero e proprio imperativo strategico per il mantenimento della competitività aziendale. Inoltre, molteplici i benefici di natura tangibile e intangibile che si possono ottenere dall'implementazione di pratiche sostenibili, come ad esempio la crescita delle vendite, l'ampliamento del portfolio prodotti, la valorizzazione del *Brand Equity* e della reputazione aziendale, la diminuzione dei costi legati alle operazioni e alla mano d'opera e la riduzione dei rischi d'impresa. Gli aspetti elencati sono più precisamente descritti nello schema seguente:

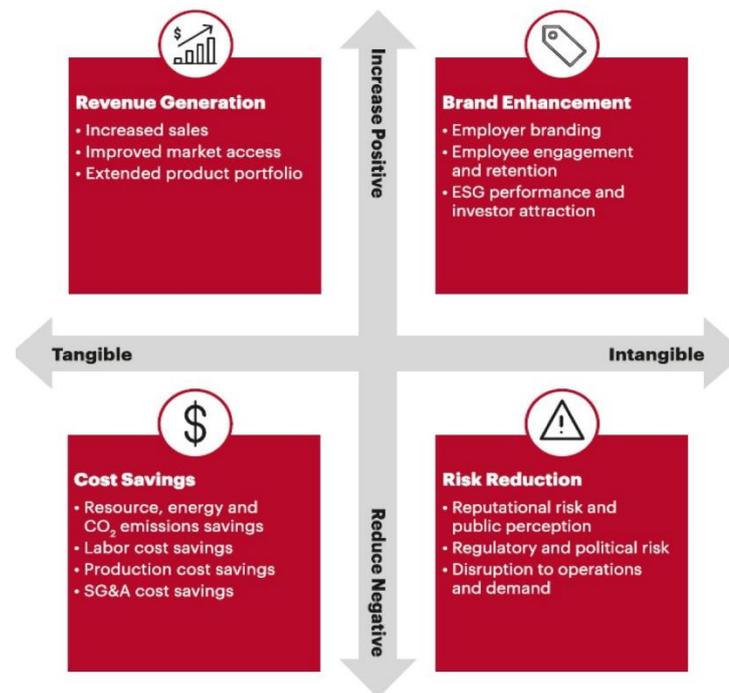


Figure 46 Benefici tangibili e intangibili delle pratiche green (Corso di Management of Circular Economy. De Giovanni Pietro, 2021)

Il termine *green manufacturing* è stato coniato per riferirsi ai metodi e alle strategie di produzione volte ad allocare grandi sforzi per la riduzione degli impatti ambientali delle operazioni. Si considerano “*green*”, o ecologici, i processi produttivi che minimizzano l’impiego di risorse naturali, sfruttano fonti di approvvigionamento alternative, riducono l’inquinamento e i rifiuti, riciclano e riutilizzano i materiali, mirano ad allungare la vita utile dei prodotti e a moderare le emissioni che si generano dalle attività. Quindi, un processo è considerato sostenibile se implica una transizione a forme energetiche sostenibili, se adotta nuovi metodi, materiali e tecnologie per estendere la vita dei prodotti e se sfrutta al massimo grado la capacità produttiva, portando al minimo gli sprechi. In sostanza, l’obiettivo è quello di transitare dai tradizionali modelli lineari di produzione basati su una concezione di creazione del valore di tipo “*take-make-dispose*” verso sistemi circolari, che prevedono un cambiamento del modo in cui il valore viene creato e

mantenuto. Per meglio dire, l'approccio classico "prendere-fare-smaltire", in cui le materie prime vengono impiegate, trasformate e infine gettate via dopo l'uso, in un'economia circolare viene sostituito da un più alto livello di circolarità dei materiali che rimangono nella catena del valore per un periodo più lungo, al fine di creare cicli di tipo "closed loop". Pertanto, è necessario un cambiamento dei modelli di business che in ottica circolare seguono la regola delle 10R:

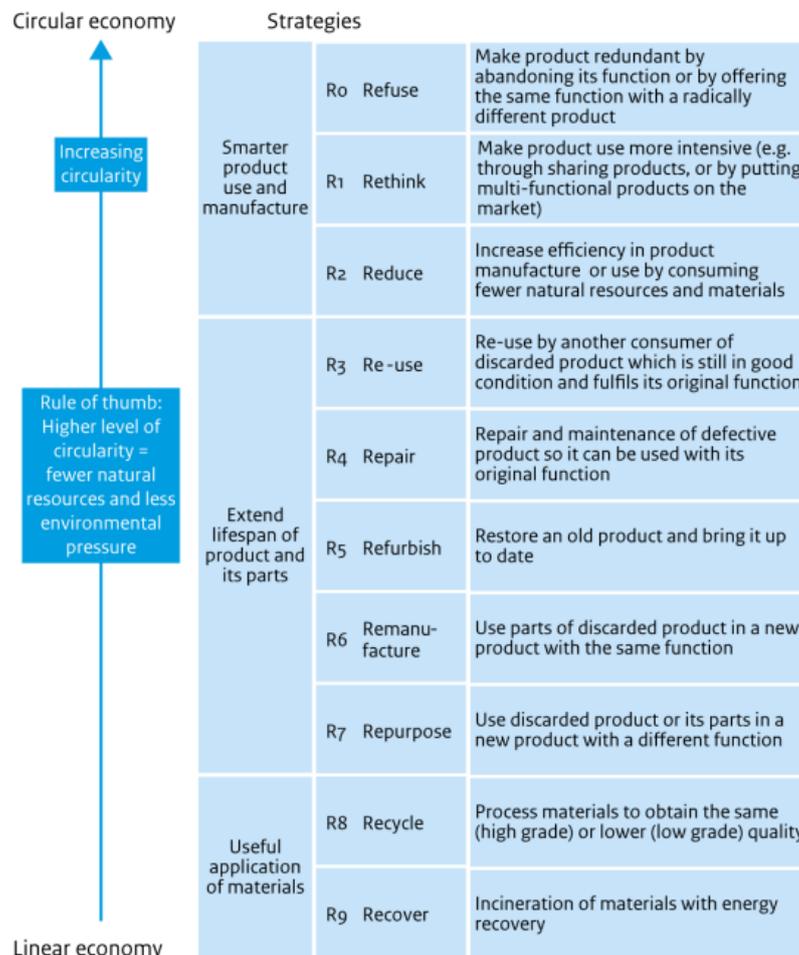


Figure 47 Modello di business circolare (Potting et al., 2017)

Sebbene Lean e Six Sigma non siano stati originariamente introdotti per scopi di natura ambientale ma piuttosto per stimolare la produttività e ridurre i costi, emergono significative sovrapposizioni tra le due filosofie e gli obiettivi di sostenibilità. Si è validata l'idea che armonizzare e incorporare obiettivi *green* in progetti di miglioramento continuo della produttività, della qualità, della logistica e basati sullo snellimento delle operazioni aziendali o sulla riduzione dei costi, come si propongono di fare le tecniche Lean e Six Sigma, possa risultare una strategia completa e favorevole per un'organizzazione che intende operare efficientemente ed eticamente. L'espressione Green Lean Six Sigma (GLSS) (Mohan et al., 2021) è stata coniata per indicare l'approccio inclusivo volto a ridurre l'impatto ambientale negativo, gli sprechi derivanti dalle operazioni, la riduzione delle variazioni di processo, i prodotti difettosi al fine di aumentare le

prestazioni aziendali senza compromettere l'ambiente esterno. Per raggiungere i requisiti sostenibili, di efficienza e di qualità preposti dall'approccio comprensivo di Green Lean Six Sigma i fattori abilitanti propri di Industria 4.0 consentono di accelerare la transizione a un modello di business sostenibile e capace di trasmettere al consumatore il massimo valore aggiunto desiderabile.

CAPITOLO 3: Il Caso Sidel

3.1 Protocollo e disegno di ricerca

L'esposizione dei contenuti dell'elaborato sviluppata nel capitolo 1 e 2 prosegue ora con la corrente sezione dedicata all'analisi del caso studio dell'azienda Sidel. Si è deciso di includere nel presente elaborato un caso pratico al fine di rendere più tangibile la teoria sinora esibita, per concretizzare la tesi sostenuta dandone una prova di efficacia e per fornire uno spunto di riflessione ad altre aziende intenzionate a sperimentare l'approccio LSS.

La società oggetto del caso studio è stata identificata grazie al network di conoscenze personali che mi hanno permesso di entrare in contatto in prima persona con l'azienda Sidel di Parma. È stato sviluppato un questionario semi-strutturato e comprensivo di un numero sufficiente di domande atte a toccare le questioni chiave per una ricerca esplorativa completa. Grazie al supporto di Diego Grazioli, *Industrial Engineering Director* presso Sidel, sono stata aggiornata su alcuni importanti aspetti dell'impresa e mi è stato offerto un quadro dettagliato delle strategie organizzative che vengono messe in atto per lo svolgimento delle attività. In particolare, il referente con cui sono entrata in stretto contatto si occupa dell'allineamento dei processi di industrializzazione tra i siti del gruppo Sidel, principalmente in Italia e Francia, continuando a fornire a tutti gli stabilimenti le competenze tecnologiche e produttive necessarie; ha la responsabilità di valutare la strategia *make or buy*, con particolare attenzione al miglioramento continuo di sicurezza, qualità, costi, consegna e ha in carico di monitorare i risultati aziendali derivanti dall'implementazione di nuove tecnologie 4.0 nella catena di approvvigionamento, come la produzione additiva, la robotica snella e l'intelligenza artificiale. Ho avuto l'opportunità di rivolgermi ad altre due figure di spicco coinvolte a livello apicale nell'organizzazione che hanno contribuito alla presente ricerca qualitativa rilasciando due interviste strutturate secondo un questionario formulato precedentemente e sottoposto virtualmente tramite Microsoft Teams. Si è optato per un'indagine di tipo qualitativo in quanto più adatta al contenuto esposto nel presente elaborato piuttosto che per una ricerca rigorosamente strutturata e volta alla raccolta e all'elaborazione di dati empirici. Per questo motivo, le domande sottoposte agli interlocutori non sono state formulate per essere oltremodo chiuse e specifiche, ma sono stati proposti dei quesiti

aperti per lasciare spazio agli intervistati di esporre i propri concetti e le proprie prospettive personali e con un certo grado di libertà. Infatti, sebbene sia stata seguita la medesima struttura di intervista per entrambi gli interlocutori, le domande sono state via via adeguate in base all'andamento e al ritmo con cui il confronto avanzava. In linea generale, il punto di partenza è stato quello di verificare il grado di automazione e di digitalizzazione delle operazioni presso gli stabilimenti Sidel, per poi esplorare sui vantaggi e sulle sfide che caratterizzano la nuova dimensione digitale in cui i dati generati da una sensoristica avanzata sono una fonte di inestimabile valore per le attività aziendali e per il loro corretto svolgimento. La conversazione è poi proseguita declinando le domande in ottica Lean per il primo intervistato e successivamente in ottica Six Sigma per il secondo intervistato, andando ad approfondire come queste due metodologie possano contribuire a migliorare le prestazioni del gruppo, quali sono gli ostacoli durante l'implementazione dei modelli e come poterli ovviare e affrontare.

In un primo momento ho avuto l'occasione di incontrare Augusto Angel in qualità di *Global Continuous Improvement Director* presso Sidel: si occupa dell'implementazione del sistema di miglioramento continuo in azienda a livello globale, è responsabile della *Lean Academy* per il gruppo, si dedica allo sviluppo della cultura del lavoro orientata ai risultati. In aggiunta, è incaricato di dirigere il processo di digitalizzazione della produzione, di monitorare il miglioramento delle prestazioni della catena di fornitura attraverso lo sviluppo di piani di CI (*Continuous Integration*), è istruttore di Lean TPM (*Total Productive Maintenance*) e gestisce i piani industriali di Sidel anno dopo anno. Dopo aver sottoposto i quesiti, che verranno esposti nel dettaglio in seguito, le dichiarazioni rilasciate sono state annotate fedelmente per fornire un'analisi veritiera e trasparente. Successivamente, è stato intervistato Luca Di Costanzo in qualità di *Continuous Improvement Master Black Belt Director* in Sidel: è incaricato di riportare direttamente al *Senior Vice President (SVP) Supply-Chain e Sourcing* dell'azienda, è responsabile della pianificazione, della distribuzione ed esecuzione del programma Six Sigma all'interno dell'organizzazione e promuove attività di miglioramento della qualità nell'ambito della fornitura e dell'approvvigionamento di prodotti. Inoltre, dirige alcuni progetti pilota come l'*Iniziativa Zero defects quality*, atta a migliorare la qualità delle apparecchiature *On-Time & In-Full* (puntuale e completa) utilizzando la metodologia Six-Sigma, con l'obiettivo di potenziare i fattori critici del successo aziendale riflessi nei KPI (*Key Performance Indicators*). In più, coordina le attività di selezione, formazione e *coaching* delle figure professionali Six Sigma *Black* e *Green Belts*, identifica e definisce le priorità dei progetti e delle iniziative chiave da intraprendere, forma al corretto uso dei *tools* analitici e strategici, facendo riferimento ai KPI del gruppo e alla *scorecard* (scheda di valutazione bilanciata) di bilancio locale. Lavora a stretto contatto con i team di

leadership locali di ciascun sito, supportando su base continuativa l'esecuzione e il *follow-up* dei progetti per cui è previsto un uso estensivo del *Visual management*.

Le interviste, per cui non è stato imposto alcun limite di tempo, sono state registrate, riascoltate e le dichiarazioni sono state successivamente trascritte. I quesiti con le relative domande sono riportati nei paragrafi di seguito.

3.2 Presentazione del Gruppo Sidel

Sidel è un leader a livello mondiale nella fornitura di soluzioni e attrezzature destinate al packaging principalmente in PET (Poilietilene Tereftalato) dei liquidi alimentari ma è anche un propulsore di innovazione nel settore del confezionamento in vetro e lattina (e altri materiali di imballaggio), nonché un partner affidabile per la fornitura di prodotti a basso impatto ambientale destinati all'industria delle bevande. Attingendo dal sito ufficiale del gruppo si considera opportuno riportare l'immagine seguente che fornisce un quadro dettagliato di tutte le soluzioni che Sidel offre:

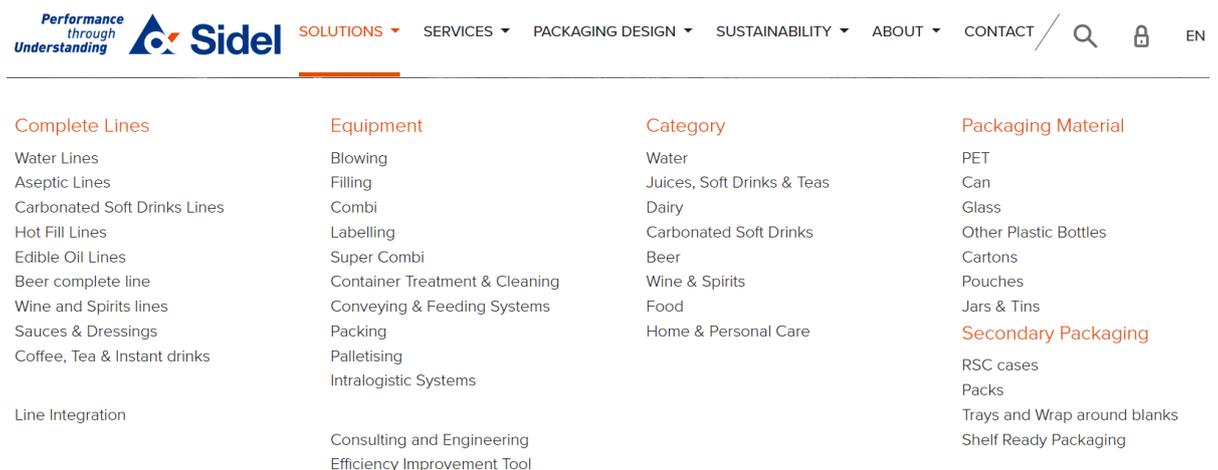


Figura 48 Soluzioni Sidel (www.sidel.com/en)

Fondata a Parma nel 1850 da Pompeo Simonazzi sotto il nome di “Simonazzi Workshops”, l'azienda inizialmente offriva attrezzature meccaniche agli agricoltori locali per poi estendere progressivamente le proprie capacità al riempimento e all'imbottigliamento delle bevande. Nel 1964 venne costituita la sussidiaria Gebo a Reichstett, in Francia, specializzata in ingegneria e trasporti e un anno dopo Le Havre, società industriale di imballaggio leggero. Più tardi, nel 1974 venne fondata Cermex a Corcelles lès Cîteaux, in Francia, che ben presto divenne leader nel confezionamento e nella pallettizzazione di casse. Solo nel 2003 Sidel, il cui slogan ricorrente è “*Preformance through Understanding*” (Rapporto Annuale Tetra Laval, 2021/2022), assieme alle controllate Gebo e Cermex, entra a far parte del Gruppo Tetra Laval, insieme ai gruppi industriali

Tetra Pak e DeLaval: sebbene l'organizzazione sia decentrata, ciascun gruppo è orientato da regole chiare e linee guida precise e hanno in comune il focus sulle tecnologie e sui servizi per la produzione, la lavorazione, il confezionamento e la distribuzione di alimenti. Per fornire alcuni dati rappresentativi, la figura di seguito riporta il numero di dipendenti e le vendite espresse in milioni di euro relative all'anno 2022. È importante notare che Sidel, l'azienda oggetto di analisi, si posiziona al secondo posto rispetto al resto delle divisioni di Tetra Laval, come si desume dai dati riportati nella figura successiva:



Figura 49 Dipendenti e vendite delle divisioni di Tetra Laval (Sidel Corporate presentation, 2022)

Più nel dettaglio, Tetra Laval è un gruppo industriale privato di origine svedese, il cui quartier generale è in Svizzera, e conta di numerosi siti produttivi dislocati in 13 paesi, con circa 35,557 dipendenti in tutto il mondo e che nel 2022 ha registrato 13,200 milioni di euro in termini di vendite. Tetra Pak è l'azienda leader mondiale di soluzioni per la lavorazione, per l'imballaggio e per la distribuzione di un vasto portfolio di alimenti; opera a stretto contatto con clienti in oltre 160 paesi fornendo materiali per il *packaging* di numerosi prodotti (lattiero-caseari, bevande, preparati alimentari, formaggi, gelati, vini, liquori e prodotti in polvere), tecnologie (apparecchiature per il trattamento e la distribuzione, attrezzature per l'imballaggio, soluzioni di automazione) e servizi innovativi. Come si evince dal Report Annuale Tetra Laval 2021/2022, considerando le vendite nette di Tetra Pak per geografia nel 2021, l'Asia è la regione che si classifica al primo posto con il 37% delle vendite nette e i latticini liquidi costituiscono la quota maggiore delle vendite nette di materiale di imballaggio per categoria nel 2021. Con un'esperienza di ormai 70 anni, Tetra Pak ha come obiettivo quello di contribuire a rendere gli alimenti sicuri, disponibili e accessibili ovunque ed è attrezzato in modo unico per fornire soluzioni che soddisfano tutte le esigenze dei clienti. Al fine di perseguire la strategia prefissata, cioè l'impegno a tutelare il cibo, le persone e il pianeta, l'azienda mira a innovare continuamente le attività di lavorazione, confezionamento e di erogazione di servizi. La *mission* principale è quella di fornire cibo con la massima qualità per garantire la sicurezza delle persone, ovunque e in qualsiasi momento e per qualunque necessità. A questo, si affianca l'impegno a ridurre l'impronta ambientale dei prodotti e servizi offerti, dimostrando come il tema della sostenibilità sia posto in primo piano per il gruppo. Infatti, l'obiettivo è quello di ridurre al minimo il consumo di materie prime e di energia durante i processi di produzione e di distribuzione per massimizzare le prestazioni operative e ambientali,

tramite prodotti sempre più riciclabili, dotati di nuove funzionalità e realizzati con materiali rinnovabili. Una delle sfide che Tetra Pak sta affrontando è lo sviluppo di tappi uniti alle confezioni, cioè conformi alla direttiva UE sulle materie plastiche monouso (SUP, *Single Use Plastic*) entro il 2024. Sebbene questo provvedimento possa davvero contribuire a ridurre i rifiuti, risulta allo stesso tempo una scelta ardua e difficile da attuare, data la portata del cambiamento che ricade lungo tutta la catena del valore e la maggiore complessità del processo di sviluppo rispetto ai consueti standard di prestazione e di qualità dell'output.

Il secondo gruppo industriale DeLaval, è un leader di mercato e un partner fidato per migliaia di agricoltori e allevatori in oltre 100 paesi. Il gruppo fornisce soluzioni di mungitura integrate e progettate per migliorare la produzione nel settore lattiero-caseario, nonché il benessere degli animali e la loro qualità complessiva della vita. Offrendo servizi completi per gli allevatori di latte, sviluppando, producendo e commercializzando attrezzature e impianti, promuove la visione principale di rendere possibile una produzione alimentare sostenibile. È un'azienda basata sull'innovazione, per questo offre soluzioni a elevata efficienza per il sistema di mungitura, per l'allevamento, per il controllo del traffico animale e per l'alimentazione. I clienti DeLaval possono anche scegliere tra una vasta gamma di servizi e di materiali di consumo, per garantire un'alta qualità del latte e per creare le migliori condizioni per la salute e per la longevità degli animali, allo stesso tempo incrementando la redditività aziendale. DeLaval serve fattorie familiari e aziendali con migliaia di mucche, sostenendole in ogni fase del processo. La regione dell'EMEA (Europa, Medio Oriente e Africa) ricopre la parte più consistente delle vendite nette dell'azienda che ammontano al 56% (Report Annuale Tetra Laval 2021/2022) rispetto al totale globale; di queste il 39% è ottenuto dalle vendite nette nel settore della mungitura del latte. DeLaval si sta dedicando alla transizione dei propri servizi al digitale. Grazie alla digitalizzazione e all'automazione dei servizi, l'azienda può supportare in maniera ancor più efficiente agricoltori e rivenditori a ottimizzare e gestire le proprie operazioni. In questo contesto, nel 2021 è stata lanciata una piattaforma *in-cloud* che raccoglie e gestisce grandi quantità di dati riguardanti diverse fattorie, consentendo di monitorare da remoto le attività.

La terza e ultima divisione di Tetra Laval è Sidel che vanta 170 anni di comprovata esperienza e competenze nei campi del confezionamento e dell'imballaggio: offre sistemi avanzati, apparecchiature, servizi personalizzati, ingegneria di linea, soluzioni digitalizzate ed ecologiche e altre tipologie di innovazioni, parti e accessori in oltre 90 paesi. Sidel possiede oltre 40.000 macchine installate e in funzione in più di 190 paesi, più di 5.000 dipendenti in tutto il mondo, 17 impianti di produzione, 14 centri di formazione risultando un centro di eccellenza mondiale per la fornitura di attrezzature con un esteso portfolio di soluzioni innovative progettate per soddisfare

ogni esigenza del cliente. Attraverso la configurazione decentralizzata del mercato, Sidel è in grado di combinare le competenze globali con la vicinanza alle realtà locali in tutto il mondo, assicurando un servizio clienti altamente affidabile e di reattivo supporto. La presenza geografica e la struttura organizzativa siffatte sono progettate per soddisfare e persino anticipare le esigenze e le richieste dei clienti dislocati in diverse aree del mondo; l'innovazione è la base per il successo a lungo termine del gruppo nei settori in cui opera, pertanto, sviluppare ed espandere il portafoglio di prodotti da introdurre sul mercato crea una situazione *win-win* tra l'azienda e i clienti stessi. La strategia del gruppo è fortemente incentrata sul consumatore, di cui si tendono a comprendere le esigenze e le sfide per trasferirle nel processo di produzione, allo scopo di conferirne un valore aggiunto, unitamente a garantire una drastica riduzione dei costi cui deve far fronte. Sidel si dimostra un partner esperto del settore in cui opera, poiché grazie alla notevole conoscenza tecnica di lunga data, all'applicazione dell'analisi intelligente dei dati e alla capacità di innovare rapidamente è in grado di individuare le problematiche che intaccano le attività condotte dagli utenti e di ottimizzarne le prestazioni.

Che si tratti della fase di lancio di un nuovo prodotto o del processo di riprogettazione di un prodotto esistente, Sidel applica la propria esperienza e il *know-how* in ogni fase del percorso, dal design iniziale al miglioramento delle prestazioni di confezionamento finale, per fornire assistenza ai clienti nel comunicare l'identità del *brand*, per garantire l'integrità del prodotto, migliorandone l'efficienza e velocizzando il *time-to-market*. Il mercato a cui Sidel rivolge la propria offerta comprende *brand owners*, produttori, *co-packers*, clienti appartenenti al settore delle bevande, del cibo, della cura della casa e della persona. L'azienda primeggia nelle attività di soffiaggio, nel riempimento asettico, nell'etichettatura, nella movimentazione del materiale e nelle soluzioni ingegneristiche *end-of-line* con molteplici applicazioni. Grazie al supporto di Tetra Pak e di due partner del gruppo, Elettroc80 e la sussidiaria indipendente specialista nella progettazione e nell'iniezione di tappi di plastica e di chiusure per alimenti liquidi Novemba, l'azienda offre servizi di consegna di attrezzature, di imballaggio terziario, nonché soluzioni di immagazzinaggio automatizzato e di manutenzione delle apparecchiature. Nel 2021, l'Asia, l'Oceania e l'Africa sono state le aree che più hanno contribuito a incrementare le vendite nette, raggiungendo il 46% (Report Annuale Tetra Laval 2021/2022) sul totale mondiale; il segmento di mercato che ha generato più vendite nel medesimo anno è stato quello delle bevande alcoliche. Analizzando attentamente il mercato, l'azienda si è resa conto di come le richieste dei consumatori si stiano evolvendo velocemente, soprattutto in seguito allo scenario pandemico provocato dall'emergenza Coronavirus che ha visto coinvolta l'intera popolazione mondiale: di conseguenza, la mentalità e le abitudini di consumo delle persone hanno assunto una nuova dimensione basata su una maggiore attenzione alla salute e alla nutrizione, alla comodità e allo stile di vita, alla sensibilità riguardo

alle tematiche ambientali ed etiche. Coerentemente, i consumatori considerano essenziale il contenuto delle bevande e l'associato valore nutritivo, ed è in base a questi parametri che sono disposti a pagare dei prezzi premium, in cambio di affidabilità, autenticità, riciclabilità del prodotto e in vista della sostenibilità di tutta la catena di approvvigionamento necessaria a realizzarlo. In particolar modo, il consumo responsabile è diventato la forza trainante delle aspirazioni e del comportamento dei consumatori che esigono che i materiali usati per la realizzazione dei prodotti, così come il design e i processi produttivi, siano rispettosi nei confronti dell'ambiente. In questa nuova ottica di consumo, Sidel ha dato la prova di essere una realtà organizzativa agile e capace di evolversi e adattarsi a ogni esigenza del mercato, ponendo il cliente al centro dei processi. A titolo di esempio, l'azienda ha da poco presentato Aseptic Predis X4 (Report Annuale Tetra Laval 2021/2022), una soluzione tecnologica integrata che implica il trattamento tramite macchine per l'imballaggio asettico delle confezioni con UHT (Ultra High Temperature) prima di essere riempite con alimenti; una volta sterilizzati, gli alimenti vengono mantenuti sicuri e gustosi per almeno sei mesi senza necessità di refrigerazione né di conservanti. Tale tecnologia fu per la prima volta sperimentata nel 1973 e applicata ai prodotti caseari, il cui riempimento asettico veniva effettuato ad altissima temperatura in bottiglie di polietilene ad alta densità. Oggi, Sidel comprende come l'automazione e i dati generati dai dispositivi di ultima generazione aprano un ventaglio di opportunità per fornire maggiori livelli di servizio. In accordo con quanto detto, l'azienda sta avviando importanti investimenti per la digitalizzazione delle attività organizzative e per dotare i prodotti e le attrezzature offerte di nuove tecnologie digitali. Ad esempio, digitalizzando il processo condotto dalle aziende lattiero-caseari, Sidel è capace di monitorare le prestazioni delle operazioni, migliorandone l'efficienza in termini di utilizzo di risorse ed emissione di CO₂, potendo così fornire i più elevati standard di qualità ai consumatori. In breve, una maggiore automazione e digitalizzazione aumenta la produzione e la sostenibilità del latte, aiutando i produttori a misurare diversi parametri che forniscono informazioni sia sul benessere degli animali che sulla qualità del latte. A conferma di ciò, l'azienda riconosce che l'aumento della digitalizzazione e l'adozione di soluzioni intelligenti entro il perimetro organizzativo consente di migliorare notevolmente le prestazioni aziendali. La connessione continua, un elevato grado di flessibilità e reattività, il crescente utilizzo dell'automazione, apparecchiature cyber-fisiche e sistemi informatici per l'acquisizione, lo scambio e l'elaborazione dei dati nei processi di produzione sono alcuni aspetti distintivi della *Smart factory*. Parallelamente, Sidel offre soluzioni digitali intelligenti per aiutare i clienti a mantenere alto il valore della loro linea di confezionamento e ridurre al minimo le interruzioni delle loro operazioni. In questo contesto, il software Evo-ON sfrutta la potenza del *cloud computing*, del *machine learning* e dell'intelligenza artificiale per misurare e analizzare i dati della linea di produzione del cliente, suggerendo a questi ultimi preziosi consigli per ottenere prestazioni ottimali. Durante la pandemia, è stata accelerata

l'applicazione dei servizi digitali con il lancio della suite digitale Evo-ON e i servizi remoti per l'installazione e la manutenzione di macchine presso i siti dei clienti. Tramite il software l'utente è in grado di identificare le variazioni nelle fasi di processo in anticipo, potendo così intraprendere tempestivamente azioni correttive volte a ridurre le inefficienze. Nonostante l'interruzione delle attività causata dall'emergenza da Covid 19, Sidel è riuscita a supportare i clienti grazie ai rapidi progressi nell'utilizzo di strumenti digitali e del lavoro a distanza che hanno consentito di raggiungere risultati positivi sebbene le condizioni del mercato fossero alquanto difficili; contrariamente alle aspettative, l'azienda ha registrato una crescita in molti mercati, in particolare in Cina, India, Vietnam e Stati Uniti. La digitalizzazione ha permesso di installare, validare apparecchiature e risolvere rapidamente i problemi dei clienti, il tutto da remoto, permettendo il superamento delle aspettative in termini di vendite nette, assunzione degli ordini, utile operativo e flusso di cassa. L'atteggiamento resiliente assunto dal gruppo si è tradotto in un fatturato netto pari a 1,4 miliardi di euro, in aumento del 13% (Report Annuale Tetra Laval 2021/2022) rispetto all'anno precedente anche grazie a un programma di efficienza che ha contribuito a ridurre notevolmente i costi e quindi a migliorare il profitto operativo. Le parole di Monica Gimre, Presidente e CEO di Sidel Global Leadership Team 2022 rafforzano la visione su cui si fonda il gruppo Sidel che ha affrontato a testa alta gli ostacoli imposti dalla pandemia: *"We will capitalise on the lessons from COVID-19 to drive excellence, effectiveness and productivity, as well as continued development in core areas, such as digitalisation, sustainability and aseptic solutions"*. L'azienda in esame sostiene fermamente che per raggiungere elevati livelli di prestazione e fornire un'assistenza di qualità ai propri utenti sia necessario comprendere a fondo i prodotti che il cliente richiede, il target di riferimento, la struttura della catena di approvvigionamento e più in generale le esigenze di produzione. Questo perché, per realizzare la cosiddetta *"Factory of the Future"* dotata di tecnologie intelligenti e per ottenere il massimo valore dall'output finale è essenziale una conoscenza completa dello status corrente delle attività aziendali e delle condizioni della catena produttiva; a ciò si aggiunge la necessità di compiere un'approfondita analisi dell'ambiente in cui l'organizzazione del cliente opera, esaminando le strutture di produzione, le ambizioni finanziarie e gli obiettivi in modo da aggiungere il massimo valore alle operazioni. Sidel affianca i propri clienti in ogni fase del percorso per costruire, mantenere e migliorare le prestazioni della linea di produzione. In linea con lo sviluppo tecnologico e la digitalizzazione, Sidel aspira a diffondere e rendere disponibili imballaggi "intelligenti" per l'industria alimentare e delle bevande. È esemplare l'iniziativa intrapresa nel 2021 volta a consegnare oltre 1,2 miliardi di pacchi connessi con codici QR univoci per consentire la tracciabilità degli stessi e le interazioni con i consumatori. Altre innovazioni agevolate dalle tecnologie digitali, come per esempio la riempitrice di cartoni asettici più veloce del mondo in grado di produrre fino a 40.000 confezioni all'ora, sono la conferma che la digitalizzazione continua a essere un fattore chiave per il business. Come già sottolineato, Sidel,

fornisce soluzioni complete di macchinari o attrezzature per le principali società che producono bevande e collabora con esse per assicurare il pieno funzionamento di tutte le linee produttive e per mantenerle attive nel tempo. Per fare questo Sidel è collegata in Vpn con gli impianti produttivi dei propri clienti disponendo in tempo reale di informazioni di dettaglio sul loro funzionamento, per poter così intervenire in modo proattivo, anticipando qualsiasi problematica. Var Group, uno dei principali partner per l'innovazione del settore ICT, convinto promotore del Made in Italy 4.0, ha guidato Sidel nello sviluppo di una strategia che permette di cogliere i benefici della *Digital Transformation*: specificatamente ha sviluppato per il gruppo una soluzione di monitoraggio in *Cloud*, che permette di disporre di una rappresentazione grafica del buon funzionamento di tutti gli impianti presso le società di produzione e di avere una reportistica automatizzata, con un riscontro immediato, reale e consolidato del livello di servizio erogato. In virtù della distribuzione geografica degli impianti in tutto il mondo, e dell'organizzazione tecnica dell'azienda che deve garantire un servizio h24, il cloud ha rappresentato una soluzione vantaggiosa. Oggi il personale addetto è in grado di verificare celermente eventuali problemi di ogni singolo cliente e prevenire l'aggravarsi degli stessi, conseguentemente accorciando in modo significativo i tempi di intervento e di ripristino del servizio. Tramite la filosofia dell'*Internet of Things*, che rende gli oggetti "intelligenti" grazie al fatto di poter comunicare dati su se stessi, oggi Sidel controlla l'intera filiera di erogazione dei servizi e centralizza le informazioni raccolte con puntualità sul campo, grazie a specifiche sonde. Riccardo Necchi, R&D Manager di Sidel, ha dichiarato: "*Grazie a Var Group abbiamo potuto implementare un Network Monitoring che permette di tenere sotto controllo tutti gli impianti di produzione dei nostri clienti distribuiti WorldWide, con la possibilità di utilizzo della soluzione di monitoring in H24 da parte dei centri di assistenza di Pechino, Atlanta e Parm*".

Sidel si propone di trasformare le opportunità di *Industry 4.0* in realtà, in accordo con cinque punti cardine (Sidel Corporate presentation, 2022):

1. *Virtual factory*: scansioni 3D ad alta precisione, modellazione basata sulla simulazione e strumenti di *Virtual Reality* per un migliore controllo dei costi e del processo decisionale;
2. *Smart factory*: tecnologie robotiche innovative e apparecchiature intelligenti per l'autoregolamentazione, la flessibilità e l'efficienza;
3. *Connected factory*: strumenti di miglioramento dell'efficienza, acquisizione dati, monitoraggio della linea e assistenza remota per alte prestazioni;
4. *Sustainable factory*: gestione intelligente dell'energia, dei materiali, simulazione della linea di stampa 3D per la sostenibilità;
5. *Extended factory*: approccio "*dematerialised layout*" con personalizzazione tardiva e capacità di guida automatica dei veicoli.

Come già chiarito precedentemente, il tema della sostenibilità è uno dei capisaldi che guida la *mission* dell'azienda, dal momento che rappresenta una delle sfide più importanti negli ultimi tempi. A conferma di ciò, Sidel ha sviluppato un packaging progettato per contribuire a un ambiente migliore impiegando quantitativi minimi di acqua, energia e materiale. Inoltre, il gruppo investe notevoli risorse per sviluppare imballaggi che generano una minore impronta ambientale, riducono le emissioni di gas serra e rispettano i principi della circolarità. Oggi, Sidel ha spostato l'attenzione dagli imballaggi in PET verso il r-PET, ossia il PET riciclato che riduce le emissioni dell'80% rispetto al materiale vergine. In merito a questo aspetto, è in corso la costruzione di una linea pilota di riciclaggio del PET su piccola scala a Octeville, in Francia per supportare i clienti nel passaggio da un materiale a un altro più sostenibile. Nel 2020 l'azienda ha ridotto le emissioni di gas serra generate lungo la catena di approvvigionamento del 19% (Report Annuale Tetra Laval 2021/2022) rispetto ai valori del 2010. La riduzione del 70% dell'impatto delle operazioni produttive aziendali ha rappresentato un lodevole traguardo rispetto agli obiettivi di *Net Zero Emission* delle operazioni prefissati per il 2030 e in linea con l'ambizione di portare a zero entro il 2050 l'impatto negativo derivante dall'intera catena di approvvigionamento di Sidel. Il fine ultimo del gruppo è quello di costituire un "Sistema alimentare sostenibile", allineandosi con i 17 Obiettivi di Sviluppo Sostenibile (SDG) messi in evidenza dalle Nazioni Unite.

Il motivo per cui è stato scelto il gruppo Sidel di Parma come oggetto di analisi è che appare come una realtà aziendale estremamente all'avanguardia, in costante aggiornamento e dove i principi cardine dell'Industria 4.0 vengono applicati integralmente. Inoltre, l'attenzione posta sulle tematiche di carattere ambientale e sociale, riflettono come la responsabilità sociale d'impresa (CSR, *Corporate Social Responsibility*) sia una priorità per lo sviluppo della strategia di Sidel che mette in atto politiche, comportamenti e attività responsabili nei confronti della comunità, dell'ambiente esterno ma anche favorevoli per i soggetti al suo interno. L'adozione di pratiche atte ad armonizzare gli obiettivi economici con quelli sociali e ambientali contribuisce a rafforzare la reputazione aziendale. In aggiunta, Sidel utilizza la metodologia Lean e Six Sigma in tutti i suoi siti di produzione per ridurre i tempi di consegna e per migliorare l'efficienza e la qualità, a vantaggio dei produttori di bevande in tutto il mondo. L'obiettivo è quello di ricercare l'eccellenza operativa sfruttando da un lato Lean che mira a ridurre al minimo gli sprechi e a lavorare in modo più intelligente e veloce per massimizzare il valore del cliente, e Six Sigma che garantisce la creazione di processi coerenti che risultano in un output di qualità superiore. Insieme, le due modalità di operare, che richiedono un radicale cambio di mentalità tra i dipendenti, consentono a un'azienda di massimizzare la produttività, eliminare le inefficienze e migliorare la soddisfazione e a creare valore per i clienti.

3.3 La fase di indagine

La prima intervista è orientata ad approfondire l'applicazione dell'approccio Lean in Sidel, grazie al supporto dell'interlocutore, il direttore Augusto Angel, oltremodo esperto sul tema. Dopo aver introdotto e descritto sommariamente il contenuto dell'oggetto di ricerca, oltre che le ragioni e le finalità per le quali si è deciso di trattare il tema in questione, sono state strutturate una serie di "Interview questions" sufficientemente generali da lasciare spazio alle dichiarazioni dell'interlocutore e in modo da toccare tutti i punti fondamentali attinenti all'ambito scelto. Successivamente, attraverso una seconda indagine si è voluta esplorare l'applicazione del modello Six Sigma e del ciclo DMAIC, tema di cui l'intervistato Luca Di Costanzo è altamente competente. Le domande selezionate e sottoposte agli intervistati sono pressoché le stesse, sebbene in alcuni casi queste acquisiscano sfumature leggermente diverse, dovute ad alcune rettifiche fatte durante il colloquio ai fini di adeguare la conversazione intrattenuta in base all'interlocutore. Viene proposta una tabella suddivisa per i macro-temi affrontati, le correlate domande e le risposte di ciascuno dei due intervistati, in modo da potere disporre anche visivamente dei due punti di vista posti in parallelo. Per alcuni temi il quesito proposto è stato identico, invece le domande che hanno necessitato di un adeguamento sono riportate in corrispondenza dell'interlocutore cui sono state destinate.

TEMI E DOMANDE	INTERVISTATO 1	INTERVISTATO 2
<p>SEZIONE A. Automazione, Industry 4.0, complessità operativa, gestione dei dati</p> <p>Interview Question: L'automazione dei processi, unitamente all'adesione ai principi e alle tecniche tipiche di Industry 4.0, ha contribuito a incrementare il grado di</p>	<p><i>Disporre di Big Data è un aspetto positivo per l'azienda perché possiamo individuare alla radice qualsiasi forma di "waste" e soprattutto l'overprocessing. Per definizione, il fatto di raccogliere, analizzare e verificare i dati permette di individuare le fonti di sovrapproduzione o extra-lavorazione. Quindi avere a disposizione i big data è un elemento a favore anche in termini di Lean perché si guadagna del tempo che altrimenti andrebbe perso in una lunga attività di analisi. Quindi Lean è applicata specialmente per ridurre l'inefficienza derivante dall'overprocessing ma, per ribadire, permette di capire dove si trovano i</i></p>	<p><i>È una domanda difficile. L'automazione di per sé è volta a diminuire il grado di complessità delle operazioni, però l'automazione in se stessa congela, digitalizza una situazione presente. Se non si semplificano le attività prima di automatizzare o digitalizzare si rischia di congelare un'eccessiva complessità. Quindi, l'automazione, affinché possa essere applicata in modo corretto presume che prima di intervenire automatizzando e digitalizzando i processi, è necessario semplificare la gestione dei dati e la sequenza delle operazioni. Se viene automatizzato il caos, come risultato in azienda si avrà caos ed entropia</i></p>

<p>complessità delle operazioni? Si è resa esplicita la necessità di semplificare i processi e la gestione di una cospicua mole di dati generati da una sensoristica avanzata?</p>	<p><i>sette sprechi (inventario, trasporto, movimento, attesa, sovrapproduzione, sovra elaborazione, difetti) per poi attaccarli ed eliminarli alla radice.</i></p>	<p><i>automatizzate. L'automazione di per sé non aiuta. Al contrario se il processo target è già snello o Lean, cioè con il minor numero di operazioni possibili, e Six Sigma, cioè senza difetti o con il minor numero di difetti possibili, poiché da un lato Lean si concentra sul flusso, mentre Six Sigma mira a ridurre la variabilità e a raggiungere un numero di difetti nelle operazioni che rasenta lo zero, allora posso digitalizzare e automatizzare un processo che è già semplificato. In questo modo, viene assicurata la stabilità e il mantenimento del flusso di processo nel tempo, senza riscontrare nuove problematiche. Inoltre, va puntualizzato che è la domanda del cliente che decreta la struttura e le modalità con cui Sidel dirige i propri processi, quindi a seconda della richiesta del cliente, orientato su processi locali piuttosto che globali, il disegno di processo e l'automazione dello stesso saranno diversi a seconda delle contingenze. A titolo di esempio, se allo stato corrente i processi sono orientati a una richiesta globale ma nel futuro i clienti richiederanno un processo di tipo locale, Sidel dovrà attuare una riorganizzazione e un cambiamento dei processi correnti, dal momento che l'automatizzazione attuale non si adatterà più alle esigenze del mercato. Questo perché i processi allo stato corrente, dotati di un certo livello di automatizzazione e funzionalità specifiche, non saranno più in grado di servire le mutate esigenze del cliente.</i></p>
<p>SEZIONE B. Applicabilità a diverse funzioni</p>	<p><i>La maggior parte degli interventi avviene in ambito produttivo e delle</i></p>	<p><i>Six Sigma viene applicato su tutti i processi quindi anche ad esempio</i></p>

<p>aziendali della filosofia Lean e della metodologia Six Sigma</p> <p>Interview Question: I due approcci gestionali, con le annesse tecniche e gli strumenti, vengono applicati in Sidel esclusivamente al comparto produttivo oppure si estendono all'area amministrativa, commerciale, HR ecc.?</p>	<p><i>operazioni ma le attività di snellimento vengono applicate al procurement, alla parte amministrativa, alla logistica e ai servizi dedicati alle "quotations", ossia i preventivi offerti ai clienti relativi a nuove attrezzature. Quindi Lean non viene attuata esclusivamente all'area di produzione ma anche ai servizi amministrativi.</i></p>	<p><i>nell'area Finance di Sidel troviamo dei progetti Six Sigma, però, per fornire una scala di priorità, al primo posto la sua applicazione trova ampio respiro nel comparto di ingegneria, al secondo posto si colloca l'area produttiva e i fornitori e al terzo posto i servizi e l'assistenza. Seguono le restanti aree organizzative. La sua applicazione avviene per progetti: la durata media è di sei mesi. L'iniziativa a cui un progetto è legato richiede tempistiche più dilatate. Per fornire un esempio, l'iniziativa di diminuire la difettosità delle etichettatrici passa per una serie di progetti Six Sigma atti a individuare quali sono i processi precisi coinvolti nella realizzazione delle etichettatrici che causano variabilità e quindi difetti. Quindi si avranno diversi progetti legati alle diverse fasi nell'ambito di un'iniziativa complessiva.</i></p>
<p>SEZIONE C. Valutazione dei fattori che contribuiscono a implementare i modelli gestionali Lean e Six Sigma</p> <p>Interview Question: In uno scenario in forte evoluzione come quello attuale, cosa spinge una azienda come SIDEL a intraprendere un percorso Lean e un programma Six Sigma?</p>	<p><i>Il bisogno primario si può esprimere in due semplici parole: "cost reduction" (riduzione dei costi). L'idea è quella di aumentare l'efficacia dei costi diretti e indiretti.</i></p>	<p><i>L'obiettivo è quello di diminuire la variabilità di processo e di integrare la VOC (Voice of Customer) nella definizione delle specifiche di prodotto.</i></p>

<p>SEZIONE D. Fasi preliminari all'implementazione dei due modelli</p>	<p>Interview Question 1: Cosa bisogna considerare prima di iniziare un progetto Lean? Quali sono stati gli ostacoli riscontrati nella fase di implementazione del modello?</p> <p><i>In primo luogo, l'adesione da parte del team e la comprensione da parte dei membri che le attività svolte attraverso le consuete routine producono sprechi. Bisogna cambiare la mentalità delle persone che sono abituate a svolgere le mansioni quotidiane con le stesse modalità che potenzialmente creano sprechi; spesso è di difficile comprensione per gli operatori capire dove si annida lo spreco all'interno delle loro attività. Talvolta, quando viene dichiarato che nelle procedure di un addetto si è individuata un'inefficienza, tale affermazione viene malvista e interpretata erroneamente.</i></p>	<p>Interview Question 2: Cosa bisogna considerare prima di iniziare un progetto Six Sigma?</p> <p><i>Il primo punto è disporre di una grande sponsorship dei manager di alto livello dell'azienda. Il consiglio di amministrazione deve essere in prima persona formato e deve sponsorizzare attivamente l'iniziativa. In un secondo momento, deve partire una selezione delle due figure principali del percorso Six Sigma che sono i Champion, cioè gli sponsor a livello locale dei progetti effettuati e i Green, Yellow e Black Belt che, a seconda della complessità del progetto devono essere identificati e formati. In un processo corretto vengono identificati come Green Belt e Black Belt i talenti giovani e potenziali dell'azienda. Laddove l'implementazione di Six Sigma sia più di facciata che di sostanza, si tende a selezionare "nel cimitero degli elefanti" le figure che ben presto diventano Black Belt. Questo è un pratico esempio di Failure Mode di Six Sigma. I punti cardine per un'implementazione ad hoc sono awareness, training e formazione, sponsorship da parte del Cda, formazione dei champions e dei project managers (Black e Green Belts). I Black Belts, che sono delle figure chiave, si dedicano a tempo pieno al progetto; in genere sono uno o due per stabilimento. A livello macro, i Black Belt dovrebbero essere pari all'un per cento della popolazione dell'azienda. In Sidel, che conta di oltre 5000 dipendenti si dovranno avere circa 45 Black Belt.</i></p>
---	---	--

<p>SEZIONE E. Considerazioni temporali</p> <p>Interview Question: Da quanto tempo Sidel adotta le tecniche Lean e il modello Six Sigma?</p>	<p><i>Circa da 15 anni.</i></p>	<p><i>L'introduzione del modello in una parte dell'azienda è avvenuta nel 2015 ma è stato applicato in modo più strutturato su tutte le diverse aree organizzative da due anni.</i></p>
<p>SEZIONE F. Analisi degli strumenti e delle tecniche utilizzate nelle due metodologie. Considerazioni sulle possibili difficoltà riscontrate in fase di implementazione</p>	<p>Interview Question 1: Quali sono gli strumenti che vengono principalmente utilizzati per lo svolgimento delle procedure in ottica Lean? (statistici, analitici e non)</p> <p><i>Job Observation è il tool principale. Solo successivamente a questo si può sfruttare Value Stream Mapping che è di per sé un insieme di Job Observations. Infine, le 5S (Sort, Shine, Set in order, Standardize, Sustain). Questi sono i tre principali strumenti.</i></p>	<p>Interview Question 2: Come viene applicata la metodologia DMAIC, caratteristica di Six Sigma in Sidel? Quali sono le principali difficoltà che si riscontrano nell'implementazione della metodologia DMAIC?</p> <p><i>Va puntualizzato che il DMAIC non è da considerare un tool bensì una metodologia attraverso cui si dispiegano i tool. La metodologia, l'approccio al problema sono due aspetti fondamentali del DMAIC; a seconda del problema che viene individuato, vengono applicati i tool adeguati. Per spiegare meglio, il DMAIC viene usato per tutti i tipi di problemi ma è a seconda del grado di complessità dei problemi, cioè semplici o complessi, vengono scelti dei tool precisi piuttosto che altri. Questo per dire che, metaforicamente, non risulta utile utilizzare un cannone per uccidere una mosca. Ci sono dei problemi semplici che implicano l'utilizzo di tool entro una settimana ma, in presenza di problemi più complessi, l'adozione dei tool e la comprensione del loro funzionamento può necessitare dei mesi. La fase più importante è il "Define", cioè capire cosa esige il cliente dal processo in questione e sulla base di questo</i></p>

		<p><i>bisogna definire il problema e ciò che è Critical To Quality (CTQ). Se il problema viene affrontato da una figura professionale che vanta di 20 anni di esperienza, normalmente tende a saltare le fasi successive a Define, passando immediatamente allo step "Improve". Questo accade perché è convinto di aver già compreso a fondo il problema, poiché possiede una radicata conoscenza del processo e svolge le procedure da molto tempo. Così facendo non pone una sufficiente attenzione a quelli che sono i reali requisiti del cliente. In sostanza, i dipendenti con molta esperienza tendono a sottovalutare la portata dei problemi che si presentano, attuando sempre le stesse azioni correttive. In questo senso, possedere molta esperienza può risultare una trappola per la risoluzione adeguata ed efficiente dei problemi. Questo aspetto è abbastanza forte in Sidel dal momento che gran parte dei dipendenti sono ingegneri abituati a svolgere le attività di routine con le stesse modalità da tempo e che sono spesso restii a ricevere input dall'esterno. Quanto appena esposto rappresenta senz'altro il principale Failure Mode dell'implementazione di DMAIC. Un secondo tipo si riscontra nella fase di controllo: una volta che il problema viene identificato, i dati sono stati raccolti e si avviano le fasi di misurazione e di analisi degli stessi, è stato studiato il gap che c'è tra il "current state" e il "to be state" (in altre parole da "dove sono" a "dove voglio andare") e infine viene colmato il gap grazie alla fase Improve, se non si integrano le soluzioni in un processo stabile</i></p>
--	--	--

		<p><i>nell'ambito di un'organizzazione si rischia di tornare "alle vecchie abitudini" nell'arco di sei mesi. In merito a questo ultimo punto è fondamentale l'automazione del processo, ovverosia se il problema è stato effettivamente identificato ed è stata effettivamente applicata la soluzione che semplifica il processo e risolve il problema, a questo punto la digitalizzazione e l'automazione possono essere un aiuto importantissimo per stabilizzare nel tempo il risultato, altrimenti dopo poco tempo posso trovarmi al punto di partenza.</i></p>
<p>SEZIONE G. Valutazione dei punti di contatto tra Lean, Six Sigma e digitalizzazione</p>	<p>Interview Question 1: Le tecnologie digitali possono agevolare l'uso e l'applicazione degli strumenti Lean?</p> <p><i>Rispetto ai tre tools menzionati nella domanda precedente, le tecnologie digitali non appaiono un chiaro facilitatore. Sicuramente lo diventano se applicate agli "standard work" poiché se queste attività vengono digitalizzate o a esse vengono addizionate soluzioni di Artificial Intelligence, ad esempio, si migliorare la produttività e i "cycle time" degli standard work, senza ricorrere a Job Observation. In questo caso le tecnologie digitali stimolano la performance in una maniera impressionante.</i></p>	<p>Interview Question 2: Come la digitalizzazione e l'automazione dei processi possono essere d'aiuto nell'implementazione e nella fase di sviluppo della metodologia DMAIC?</p> <p><i>Hanno un ruolo fondamentale nel mantenimento di un buon risultato nel tempo.</i></p>
<p>SEZIONE H. Riflessioni sul coinvolgimento dei dipendenti,</p>	<p>Interview Question 1: Per fare in modo che la filosofia Lean si radichi all'interno di un'organizzazione è</p>	<p>Interview Question 2: Il programma di formazione a Six Sigma viene imposto ai dipendenti o l'adesione avviene su base volontaria?</p>

<p>sulla cultura aziendale e sulla formazione</p>	<p>rilevante creare una cultura tra i dipendenti?</p> <p><i>È proprio questa la chiave di volta per la corretta applicazione del modello Lean. Quando parliamo di una cultura, non intendiamo attrezzature o macchine, bensì di “macchine umane”. Cambiare una “macchina umana” è un’impresa ardua, un tema di un altro livello.</i></p>	<p><i>La situazione in Sidel è un mix. Per quanto concerne i Black Belt, la scelta è senza dubbio oculata da parte dei diversi livelli organizzativi della struttura aziendale. L’adesione alla formazione Green Belt avviene più su base volontaristica anche se la regola dovrebbe essere che una volta deciso il progetto, è sulla base di questo che vengono selezionate le figure adatte che devono essere sufficientemente formate per condurre propriamente il progetto. In generale, in Sidel l’adesione al programma Green Belt è volontaria ma poi quando vengono promossi dei progetti l’azienda attinge dal pool di membri formati. Questo genera come difetto il fatto che vi sia un grosso numero di Green Belt formate ma che risultano inattive, poiché essendo trainate da un’adesione su base volontaristica in realtà non necessariamente si legano alle esigenze dei progetti.</i></p>
<p>SEZIONE I. Valutazione dei vantaggi espressi in termini economici, di efficacia, efficienza ed</p> <p>Interview Question: Qualora si fossero registrati dei benefici economici e non grazie a Lean e a Six Sigma, questi</p>	<p><i>È difficile dirlo nell’arco dei 15 anni ma se si considera uno stabilimento Sidel l’80%, la produttività di un piano di miglioramento continuo viene supportato dalle tecniche Lean. La produttività di uno stabilimento risulta aumentata del 5-7% grazie ai vantaggi che si ottengono da Lean.</i></p>	<p><i>Il miglioramento che attualmente si osserva è una diminuzione della difettosità per macchina, o difetti per unità nei macchinari che Sidel produce. Grazie a progetti formali e non formali che prevedevano l’adozione del DMAIC è stato possibile ridurre notevolmente, anche rispetto all’anno scorso, il numero di difetti per macchina e per mese. Inoltre, un vantaggio di lungo termine è quello di aumentare la consapevolezza che, se si vuole davvero migliorare, è importante capire cosa vuole il cliente, inteso non solo come il cliente esterno, ma</i></p>

<p>sono avvenuti nel breve-medio-lungo termine?</p>		<p><i>anche il cliente del processo su cui si lavora.</i></p>
<p>SEZIONE L. Riflessioni sull'integrazione tra Lean e Six Sigma</p> <p>Interview Question: Cosa si può dire riguardo a Lean, Six Sigma e l'integrazione delle due metodologie?</p>	<p><i>Le due metodologie, o possiamo dire culture, hanno obiettivi distinti. Tre/quattro anni fa i due percorsi erano fusi tra loro, oggi Sidel si è evoluta e ha capito che è importante che i due approcci si affianchino l'un l'altro. Six Sigma viene applicata per gestire e migliorare la qualità, Lean per migliorare la produttività e per ridurre i costi.</i></p>	<p><i>Le problematiche che vengono affrontate rispettivamente da Lean e da Six Sigma sono diverse, nel senso che il primo riguarda il tempo, la velocità, il flusso, la diminuzione del numero di step che servono per compiere un'attività o una macchina. Nell'ambito di ognuno di questi step vi sono dei difetti, cioè il processo può lavorare più o meno bene, quindi può operare in modo costante nelle specifiche determinate dal cliente, oppure può uscire dalle specifiche. In questo frangente si inserisce Six Sigma. L'integrazione è una necessità. Nei fatti, in Sidel l'approccio Lean è più sviluppato nel comparto produttivo e Six Sigma più nell'ingegneria, ma il cammino è senz'altro volto verso un'integrazione completa. Infatti, Sidel dispone di diverse Academy che però sono accomunate dal medesimo obiettivo, ossia quello di soddisfare il cliente: si mira a fornire i prodotti nei tempi previsti e in full, cioè senza difetti. In sintesi, per risolvere un problema in azienda fondamentale il contributo da parte di entrambi i modelli in questione.</i></p>
<p>SEZIONE M. Considerazioni di sviluppo futuro</p>	<p><i>È un'ottima domanda. Sono personalmente convinto di sì. Ma la domanda non viene posta direttamente a me ma in qualità di membro di Sidel. L'azienda deve</i></p>	<p><i>Assolutamente sì. Entrando nel dettaglio, l'Industria 4.0, per quanto riguarda tutto ciò che è virtuale, quindi test virtuali, commissioning virtuali, manutenzione virtuale ecc.,</i></p>

<p>Interview Question: In ottica futura, si potrà parlare di Lean e Six Sigma 4.0?</p>	<p><i>capire se il concetto di Lean 4.0 può essere d'aiuto per lo svolgimento delle attività aziendali. Ad oggi non vi è dimostrazione che il Lean sia stato digitalizzato. Nella mia opinione credo che in un futuro questo sarà possibile per Sidel.</i></p>	<p><i>al fine di essere virtuale presume una modellizzazione delle leggi fisiche, statistiche e delle interazioni tra i diversi fattori della macchina, come ad esempio la velocità della macchina stessa, il fatto che un robot movimenti dei materiali, tutto questo, per poter essere verificato virtualmente va modellizzato attraverso equazioni e modelli statistici creati proprio dai tool Six Sigma. Per meglio dire, una modellizzazione 4.0 presuppone l'utilizzo di strumenti Six Sigma in modo molto approfondito. Pertanto, parlare di Six Sigma 4.0 è molto pertinente.</i></p>
---	--	--

3.4 Esiti della ricerca qualitativa

I quesiti inclusi nel questionario avanzato ai Direttori del gruppo Sidel avevano l'obiettivo di rispondere alla generale domanda di ricerca del presente elaborato: in che misura i principi tipici di Industria 4.0, Lean Production e Six Sigma possono giocare un ruolo di rinforzo reciproco nella trasformazione che oggi è in atto in numerose realtà industriali? Senza dubbio, l'azienda in esame si presta a rispondere a tale macro-quesito. Gli obiettivi che Sidel tende a raggiungere possono essere sintetizzati nei seguenti punti salienti:

- fornire la massima qualità ai consumatori;
- offrire prestazioni affidabili, prevedibili, flessibili e agili, possibilmente a un costo inferiore;
- comprendere a fondo le esigenze dei consumatori, dei prodotti dei clienti, delle catene di approvvigionamento e delle esigenze di produzione;
- fornire soluzioni su misura e prodotti dalla qualità ottimale che consentano la crescita del business dei clienti e dell'azienda stessa.

Al fine di attenersi a tali propositi, Sidel combina la digitalizzazione e l'automazione dei processi, in cui l'utilizzo delle più avanzate tecnologie abilitanti richiede nuove competenze, ai principi della filosofia Lean e del modello Six Sigma. Per questo motivo si è voluto indagare sulle sinergie, sui benefici e sugli eventuali ostacoli che emergono nel momento in cui Industria 4.0, logica snella

e Six Sigma coesistono. Il miglioramento continuo è l'obiettivo principale per qualsiasi organizzazione che desideri raggiungere la qualità e l'eccellenza operativa nel rispetto dei requisiti prestazionali dei prodotti, al fine di ridurre scarti non necessari e quindi di minimizzare il costo dei componenti. Pertanto, per definire configurazioni progettuali robuste che minimizzino l'influenza dei *noise* produttivi è utile fare ricorso a Lean che cerca di ridurre o eliminare il sovraccarico (*muri*), l'incoerenza (*mura*) e lo spreco (*muda*) in tutte le operazioni (Antony et al., 2016), assieme a Six Sigma che aiuta ad aumentare la qualità del prodotto e a ridurre l'incertezza della strategia aziendale. Dalla conversazione intrattenuta con gli intervistati risalta un aspetto particolarmente interessante attinente al tema, ovvero che, alla luce della crescente attenzione posta al nuovo paradigma industriale 4.0, la tendenza comune è quella di digitalizzare e automatizzare impulsivamente i processi di un'azienda, senza condurre previamente un'analisi dettagliata che ne confermi il corretto funzionamento. Il rischio che le organizzazioni corrono quando digitalizzano le operazioni irrazionalmente è quello di includere anche le inefficienze nel processo di trasformazione, amplificandone di conseguenza l'impatto negativo sul flusso di creazione del valore nel suo complesso. Ricollegandosi a questo aspetto, Bill Gates, noto imprenditore statunitense e fondatore del colosso informatico Microsoft, aveva dichiarato: *"The first rule of any technology used in a business is that automation applied to an efficient operation will magnify the efficiency. The second is that automation applied to an inefficient operation will magnify the inefficiency"* (Bill Gates). Per questo motivo, è imprescindibile per le aziende capire dove si collocano le inefficienze e correggerle prontamente per evitare di agire precipitosamente e automatizzare anche gli sprechi e le attività a non-valore aggiunto. Date le circostanze, Lean Production (o più propriamente Lean Manufacturing) costituisce un insieme di principi e di metodi che, se applicati in modo organico, consentono di portare all'eccellenza i processi operativi di un'azienda. Tale filosofia è caratterizzata dalla vocazione alla semplicità, dalla tendenza a minimizzare il peso dell'automazione e dalla semplificazione dei problemi a cui vengono strutturate soluzioni pertinenti. Lean si concentra sulla velocità con cui un processo può svolgere la sua funzione, accelerando il flusso, ma non considera le variazioni all'interno di questo e manca di una base analitica solida. Per questo motivo, subentra Six Sigma, che affronta i problemi utilizzando un sistema strutturato, nonché una metodologia disciplinata, denominata DMAIC per tenere sotto controllo e ottimizzare le performance delle attività facendo ampio ricorso a strumenti statistici. Le attività Six Sigma devono essere gestite opportunamente al fine di perseguire *Smarter Six Sigma Solutions*, così denominate per porre ancor più attenzione che i giusti parametri e le corrette azioni vengano applicati per trarre benefici e per fornire un supporto fondamentale per le imprese nell'apprendimento e per eccellere quando incontrano difficoltà, qualora il modello sia applicato intelligentemente.

Un aspetto che gli intervistati hanno evidenziato è che, come ribadito pocanzi, le due filosofie in oggetto hanno finalità diverse, perciò, piuttosto che parlare di “integrazione” è più coerente riferirsi all’affiancamento delle due logiche di gestione. Questo per dire che, malgrado la complementarità dei due approcci, Lean e Six Sigma vanno considerate due filosofie differenti.

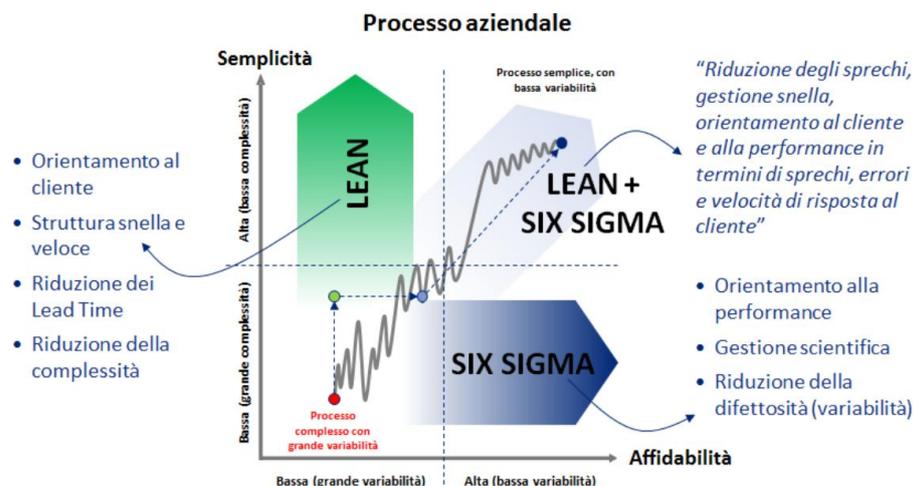


Figura 48 Schematizzazione degli obiettivi Lean e Six Sigma (Sirti Group, 2016)

In Sidel, l’accostamento tra il percorso Lean, che gode di 15 anni di sperimentazione, e Six Sigma, di più recente utilizzo, ha contribuito a portare il grado qualitativo dei processi del business a un livello superiore, a cui si aggiunge la crescente adozione di soluzioni automatizzate. La simultanea applicazione di Lean e di Six Sigma non va intesa come un approccio rigido e univoco, ma come un insieme organico di tecniche che vanno modulate e adattate alla specifica realtà produttiva. Entrambi gli interlocutori condividono l’idea che l’applicazione, la metabolizzazione e l’esecuzione dei principi Lean Six Sigma non siano dei compiti facili da assolvere. Infatti, esistono diversi fattori critici di fallimento (*Critical Failure Factors*) che possono comparire nel corso dell’implementazione dei due modelli in questione (Albliwi, 2014). Il primo intervistato sostiene che il principale ostacolo alla corretta adesione a Lean sia l’avversione al cambiamento dei dipendenti che sono inizialmente restii a recepire i reali benefici che si possono generare con una gestione snella. Quindi, è estremamente importante creare una nuova cultura in ottica Lean nell’organizzazione, volta a far comprendere agli operatori i concreti vantaggi di questa tecnica, coinvolgendoli attivamente e incoraggiandoli a intraprendere un percorso diverso, la cui partecipazione richiede lo sviluppo di una nuova mentalità. In linea con tale considerazione, il secondo interlocutore ritiene che il *top management* possieda un ruolo decisivo per il corretto avvio e per lo sviluppo della metodologia Six Sigma. L’adeguamento delle politiche gestionali al nuovo modello e l’integrazione di direttive idonee all’interno della struttura organizzativa devono essere tali da prevenire potenziali disparità tra le aspettative dei dipendenti e gli obiettivi aziendali. La nuova strategia deve essere supportata dal *management* che si impegna a creare una solida

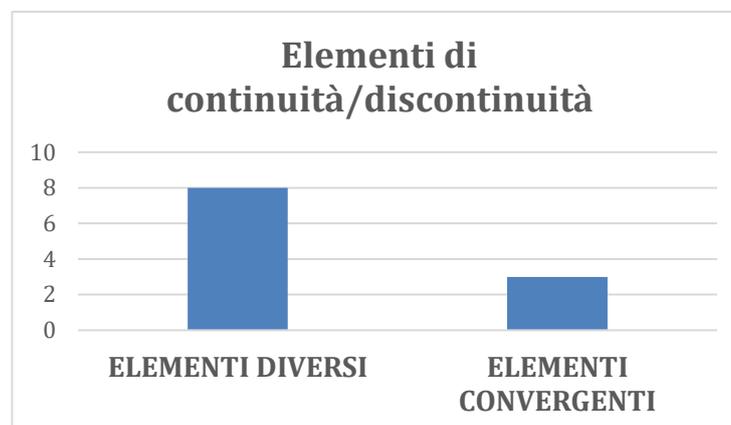
correlazione tra le priorità organizzative e le esigenze del personale, con l'obiettivo di costituire un'atmosfera di fiducia condivisa che impatta positivamente sulle prestazioni aziendali. In altre parole, è necessario un allineamento tra lo scopo del progetto che si vuole intraprendere e la visione strategica dell'azienda. In questo contesto si inserisce la necessità di formare e istruire i membri dell'organizzazione ai principi Lean e Six Sigma per motivarli e dotarli di una conoscenza sufficiente a produrre un lavoro di alta qualità. Sebbene l'implementazione di Lean e Six Sigma non sia un'impresa semplice, dalle dichiarazioni rilasciate da parte di entrambi gli intervistati si evince che Sidel ha ottenuto ottimi risultati espressi in termini economici e di difettosità dell'output grazie alla semplificazione e alla riduzione della variabilità dei processi notevolmente automatizzati. Inoltre, Sidel conferma che l'applicabilità dei due approcci gestionali non si limita al comparto produttivo, bensì si adatta adeguatamente ad altre funzioni aziendali che demandano specificità diverse. Ciò dimostra come Lean e Six Sigma siano versatili e malleabili a diversi contesti, funzioni e finalità organizzative. Le implicazioni della ricerca confermano la tesi centrale del presente elaborato, ovvero che Lean e Six Sigma sono due potenti approcci di gestione, così come una leva per governare la complessità quando un'azienda, ad esempio Sidel, sceglie di intraprendere un percorso di *Business Transformation*. In ultimo, come si apprende dalle opinioni dei due intervistati, in merito all'imputabilità del concetto 4.0 a Lean e rispettivamente Six Sigma, viene validata la convinzione che l'integrazione tra i modelli di eccellenza operativa studiati e i principi di Industria 4.0, se posti in una condizione simbiotica, consentono di ampliare le possibilità di miglioramento delle prestazioni e della capacità di innovare di un'organizzazione.

Si suggerisce una schematizzazione degli esiti delle interviste sostenute in cui vengono evidenziati in giallo gli aspetti in comune dei modelli di gestione presi in esame.

TEMA	LEAN	SIX SIGMA
Finalità dell'automazione dei processi	Individuare gli sprechi ed eliminarli	Ridurre la variabilità e la difettosità nelle operazioni
Applicabilità a diverse funzioni aziendali	Comparto produttivo, procurement, amministrativo, quotations, logistico	Comparto di ingegneria, produttivo, finance, fornitori, servizi, assistenza
Motivi alla base dell'adozione del modello	Riduzione dei costi, maggior efficacia	Diminuire la variabilità dei processi e integrare VOC
Considerazioni Preliminari	Adesione dei membri del team	Sponsorship del management e definizione dei ruoli nel progetto

Periodo di applicazione	15 anni	Da 2 anni in maniera strutturata
Strumenti	<i>Job Observation, VSM, 5S</i>	DMAIC
Ruolo delle tecnologie digitali	Applicate agli "standard work" stimolano la performance	Mantenimento dei risultati nel tempo
Gestione della risorsa umana	Cambio di mentalità e creazione di una nuova cultura	Coinvolgimento attivo al programma di formazione
Valutazione dei benefici	Aumento della produttività	Diminuzione dei difetti, integrazione del cliente nei processi
Riflessioni sull'integrazione dei due modelli	Gli obiettivi sono distinti ma l'affiancamento è strategico	Gli obiettivi sono distinti ma l'affiancamento è strategico
Applicabilità del paradigma 4.0	In futuro sarà un'integrazione vincente	In futuro sarà un'integrazione vincente

Prendendo come riferimento la tabella precedente è possibile fare una distinzione tra il numero degli elementi divergenti che differenziano le due metodologie e gli aspetti che, invece, le accomunano:



Sebbene sussistano diversi aspetti differenti nel confronto tra Lean e Six Sigma si può affermare che un programma Lean sarà più efficace se tratterà processi governati e non soggetti a variabilità e che un programma Six Sigma sarà più efficace se tratterà processi snelli e semplici. L'accostamento dei due approcci costituisce un modello ibrido di miglioramento continuo in cui non c'è una dominanza di un approccio rispetto all'altro, ma si crea un rapporto di reciproca complementarità tra la base teorica di Lean e quella di Six Sigma. Il focus di Six Sigma è il "problema", mentre quello di Lean è il "flusso". L'effetto primario di Six Sigma è un output di

processo uniforme in cui vengono ridotte le variazioni; Lean mira ad accelerare la velocità delle operazioni, riducendo incessantemente gli sprechi e i costi di non-qualità connessi, senza sacrificare la produttività. In definitiva, combinando le basi teoriche, le linee guida applicative e gli obiettivi di questi due approcci di miglioramento si raggiunge un alto valore e un'alta qualità, con sprechi e variazioni minimi, stimolando l'innovazione di processo e incrementando il livello di soddisfazione degli *stakeholder*.

CONCLUSIONI

Innovare e innovarsi sono due dimensioni che per le aziende di oggi rappresentano un imperativo da non trascurare, alla luce del processo di trasformazione digitale in atto che non lascia spazio a indugi. Gli elementi strutturali, organizzativi, culturali, valoriali e tecnici propri delle realtà organizzative vengono messi in discussione, rendendo ancora più urgente la necessità di armonizzare i modelli di business alla nuova realtà digitale che si sta via via affermando in ogni aspetto della nostra quotidianità. Stante le precedenti considerazioni riportate nello sviluppo dell'elaborato sono svariate le sfide e le preoccupazioni che sorgono nello scenario competitivo a seguito della comparsa del fenomeno della digitalizzazione, sebbene sia chiaro come questo preservi anche molte opportunità per le imprese. Senza dubbio, le direttrici del cambiamento sono una maggiore efficienza dell'intero modello operativo, la capacità di allinearsi all'evoluzione valoriale dei consumi e lo sviluppo di una nuova etica di business. La potenza trasformativa della Quarta Rivoluzione Industriale sta raggiungendo un ritmo e un'ampiezza senza precedenti, sconvolgendo letteralmente i mercati, l'economia, le istituzioni, la società e il singolo individuo sempre più "*tech-savvy*". Non si tratta di un cambiamento silente, al contrario la digitalizzazione, che si differenzia per la forte compenetrazione del fisico e del digitale, sta lanciando alle realtà organizzative una sfida difficile e allo stesso tempo entusiasmante. Per cavalcare l'onda di quella che è l'inarrestabile trasformazione digitale, le aziende devono accelerare l'adozione delle nuove tecnologie, al fine di sbloccare nuove opportunità per risvegliare la produttività. Sfruttare appieno i progressi digitali e tecnologici per le organizzazioni implica una reimpostazione delle proprie fondamenta, della strutturazione della catena del valore, delle modalità di realizzazione dell'offerta, della composizione del set valoriale per poter orientare concretamente una strategia a una trasformazione di successo. L'integrazione di nuove tecnologie e di fattori abilitanti emblematici del paradigma 4.0 negli assetti organizzativi determina lo sviluppo di nuove logiche e competenze per una efficiente manipolazione delle suddette tecnologie, in quanto sono l'attuale strumento di massimizzazione dei rendimenti operativi. Infatti, per beneficiare di una crescita intelligente le aziende devono promuovere nuovi standard di performance, selezionare gli elementi e le attività prioritarie della catena del valore e focalizzarsi sul mantenimento e sulla valorizzazione

di una cultura aziendale peculiare e fondata sull'integrità. Ecco che lo scopo di questa tesi è quello di dimostrare che un approccio metodico e rigoroso come Lean a cui viene affiancata la metodologia Six Sigma, altrettanto precisa e strutturata, sia un catalizzatore influente del cambiamento in un'organizzazione. Se si prendono come spunto le parole del noto attivista americano Tom Atlee "Tutto sta continuamente migliorando e continuamente peggiorando, e ciò accade sempre più velocemente", quindi l'obiettivo delle aziende deve essere quello di ricercare la stabilità nel proprio modello di business e assicurarne la sostenibilità nel tempo, a fronte della natura altamente imprevedibile della trasformazione digitale. Adottare una strategia volta al miglioramento continuo e all'eccellenza operativa, incentrata sulla riduzione dei costi e degli sprechi nei processi, dota le aziende di una certa agilità e flessibilità nel rispondere alle esigenze del mercato e fornisce delle basi solide per sfruttare le tecnologie digitali al meglio. Lean Six Sigma è un approccio sistemico che ottimizza l'intero sistema organizzativo e concentra le giuste strategie nei posti corretti. Può essere visto come il trampolino di lancio per l'avvio di un nuovo regime culturale e operativo, che porta alla totale trasformazione non solo di un'azienda ma dell'intera filiera a essa collegata. Il modello di cui si è sostenuta l'efficacia lungo tutta la stesura dell'elaborato, è da considerarsi come un approccio integrato, coerente e olistico mirato al continuo miglioramento e teso a valorizzare l'enorme patrimonio informativo offerto dai dati ricavabili dalle linee di produzione, nonché un volano per anticipare la produzione di un'offerta più reattiva e innovativa, grazie al supporto delle nuove tecnologie.

In conclusione, per mantenere una forte *brand identity* è fondamentale conciliare gli obiettivi di carattere economico con l'etica e la sostenibilità. Adottare una prospettiva e azioni consistenti verso l'ambiente, assieme alla capacità di agire in continua empatia con i consumatori, permette di rendere autentica la propria *value proposition* e di differenziarsi in uno scenario competitivo sempre più agguerrito.

Aziende come Sidel si sono dimostrate abili nel cogliere sapientemente le occasioni delle nuove tecnologie, assimilando i principi della filosofia Lean Six Sigma per la risoluzione dei problemi e per rinvigorire l'efficienza operativa, mantenendo alto l'interesse verso le tematiche di carattere ambientale.

Un possibile sviluppo futuro dello studio condotto potrà essere svolto in ottica "Lean Six Sigma 4.0", che decreta la prossima frontiera del miglioramento industriale con l'obiettivo di aumentare ulteriormente l'eccellenza operativa per le aziende. Entrambi i paradigmi di LSS e I4.0 promettono di risolvere le sfide future nel settore produttivo: è di particolare interesse l'emergere di un approccio distinto che beneficia della semplicità e dell'efficienza della Lean Production, della superiore qualità e robustezza delle operazioni garantite da Six Sigma –entrambi abilitati dal

digitale – e allo stesso tempo caratterizzato per la facilità e l'agilità delle tecnologie tipiche della Quarta Rivoluzione Industriale. La direzione del nuovo paradigma di LSS sarà “semplice, veloce e *smart*” (Park et al., 2020), anche chiamato "paradigma 3S" (*Simple, Speedy, Smart*), e sarà contraddistinto da una forte dipendenza dai Big Data e dalle tecnologie digitali, in particolar modo dall'intelligenza artificiale. Per ottenere performance brillanti le aziende devono essere consapevoli del grande cambiamento influenzato dalla Quarta Rivoluzione Industriale che modellerà il futuro del Quality Management e delle tecniche Lean e Six Sigma.

Dal momento che il framework LSS è una metodologia guidata relativamente semplice da poter essere utilizzata nell'identificazione dei problemi, nell'esplorazione di soluzioni adeguate a risolvere le inefficienze e per controllare il miglioramento apportato, si auspica di considerare la sua implementazione strutturata anche nelle PMI (Piccole e Medie Imprese). Infatti, un altro punto di forza dell'utilizzo di questo metodo è che permette l'identificazione del problema quando ci sono dati a supporto limitando la possibilità che si verifichi lo stesso problema e abilita le aziende a ottimizzare le operazioni oltre che a incrementare i profitti. Per questo, è necessario sfatare il mito che associa l'applicazione di questa metodologia esclusivamente alle aziende di grandi dimensioni e legate agli alti volumi, ritenute particolarmente idonee a dotarsi di una struttura dedicata al miglioramento. Le PMI sono in generale realtà altamente innovative e dotate di una struttura organizzativa molto flessibile, pertanto sono capaci di supportare opportunamente un cambiamento dell'assetto aziendale. Un numero sempre maggiore di studi a livello internazionale riportano evidenze di incredibili risultati sull'incremento di qualità e produttività ottenibili con l'adozione di strumenti Lean Six Sigma anche nelle Piccole e Medie Imprese.

Il proposito della presente tesi è che l'argomento trattato, assieme all'esposizione di un caso pratico, possa promuovere e fornire alcuni spunti utili a indirizzare la strategia aziendale di un'organizzazione in linea con le nuove prospettive digitali e di innovazione che si stanno attualmente profilando, ponendo una forte enfasi sulla necessità di un costante aggiornamento dei modelli organizzativi che vede coinvolte le aziende di oggi.

FONTI

Adams, Carol. The Sustainable Development Goals, integrated thinking and the integrated report. Durham University Business School UK, 2017 (in inglese)

Adomavicius, Gediminas; Bockstedt, Jesse; Gupta, Alok; Kauffman, Robert. Making sense of technology trends in the information technology landscape. A design science approach, 2008 (in inglese)

Agarwal N., Brem A. Contact points between Lean Six Sigma and Industry 4.0: a systematic review and conceptual framework, 2015 (in inglese)

Albliwi, Saja; Antony, Jiju; Halim, Sarina Abdul Lim; van der Wiele, Ton. Critical failure factors of Lean Six Sigma: a systematic literature review. Department of Management of Technology and Innovation, Rotterdam School of Management, Netherlands, 2014 (in inglese)

Andersson, Roy; Eriksson, Henrik; Torstensson, Hakan. Similarities and differences between TQM, six sigma and lean. School of Engineering, University College of Borås, Borås, Sweden, 2015 (in inglese)

Andreani, Giorgio. Tempi & Metodi. Servizi di Controllo e di Organizzazione dei Processi Produttivi, Castelnuovo del Garda, 2015

Apreutesei, M.; Arvinte, I.R.; Suci, E.; Munteanu, D. Application Of Kanban System For Managing Inventory. Bulletin of the Transilvania University of Braşov, 2010 (in inglese)

Arcidiacono A.; Pieroni, A. The Revolution Lean Six Sigma 4.0. 2018 (in inglese)

Arnheiter, Edward; Maleyeff, John. The integration of lean management and Six Sigma. The Tqm Magazine, 2005 (in inglese)

Bertalanffy, Von. Teoria generale dei sistemi. Fondamenti, sviluppi, applicazioni. ILI, 1968

Black, J.T.; Hunter, S.L. Lean Manufacturing System and Cell Design, SME, 2003 (in inglese)

Bostrom, Robert; Heinen, Stephen. MIS problems and failures: A socio-technical perspective, part II: The application of socio-technical theory. MIS Quarterly, 1977 (in inglese)

Brondoni, Silvio. Overture de Market-Driven Management and Competitive Customer Value. Symphonya. Emerging Issues in Management, 2009 (in inglese)

Bruno, Fabiano. Kaizen. Kaizen Institute. Disponibile in: <https://pt.slideshare.net/brunofabiano/kaizen-e-devops-92445328> , 2018 (in inglese) (online)

Burns, Tom; Stalker, George. The Management of Innovation. University of Illinois , 1961 (in inglese)

Caffyn, Sarah. Development of a continuous improvement self-assessment tool. International Journal of Operations & Production Management, 1999 (in inglese)

Campanella, Raffaele; Padoano, Elio; Pozzetto, Dario. Manuale pratico di Lean Production. Un primo approccio alla produzione snella. Comet, Distretto della componentistica e termoelettromeccanica, Pordenone, 2011

- Chandler, Alfred. Strategy and structure: chapters in the history of the industrial empire. MIT Press, 1962 (in inglese)
- Clerck, J. Digitalization, Digital Transformation: The Differences. i-SCOOP, 2017 (in inglese)
- Considi. Lean management: cosa è, come attuarlo. Disponibile in: <https://www.considi.it/>, 2016
- Cooper, Randolph; Zmud, Robert. Information Technology Implementation Research: A Technological Diffusion Approach. Management Science, 1990 (in inglese)
- Corporate Reporting Forum. CREAZIONE DI VALORE E SUSTAINABLE BUSINESS MODEL. Approccio strategico alla sostenibilità, 2020
- Corte dei conti europea. Digitalizzazione dell'industria europea: iniziativa ambiziosa il cui successo dipende dal costante impegno dell'UE, delle amministrazioni e delle imprese. Unione europea, 2020
- Costa, Eric; Sousa, Rui; Bragança, Sara; Alves, Anabela. An Industrial Application Of The Smed Methodology And Other Lean Production Tools. Centre for Industrial and Technology Management, Department of Production and Systems (DPS), University of Minho, Guimarães, Portugal, 2013 (in inglese)
- Costa, Federica; Rossini, Matteo; Tortorella, Guilherme. Lean Production e integrazione Industria 4.0: come sta emergendo la Lean Automation nell'industria manifatturiera. Giornale internazionale di ricerca sulla produzione, 2021
- Crossnova. DOE-Design of Experiments. Disponibile in: <https://crossnova.com/le-guide-operative/doe-design-of-experiments/>, 2022 (online)
- Diamandis, P; Kotler, S. How to Go Big, Create Wealth and Impact the World, 2015 (in inglese)
- Donaldson, Lex; Joffe, Greg. Fit - The Key to Organizational Design. Journal of Organization Design. 2014 (in inglese)
- Dougherty, Deborah; Dunne, Danielle. Organizing Ecologies of Complex Innovation, Organization Science, 2011 (in inglese)
- Drohomeretski, Everton; Gouvea da Costaac, Sergio; de Limaac, Edson; da Rosa Garbuioa, Paula. Lean, Six Sigma and Lean Six Sigma: an analysis based on operations strategy. International Journal of Production Research, 2013 (in inglese)
- Dudek Burlikowska M.; Szewieczek, D. The Poka-Yoke method as an improving quality tool of operations in the process, 2009 (in inglese)
- Economic Commission for Latin America and the Caribbean (ECLAC). Digital technologies for a new future. Santiago, 2018 (in inglese)
- Ekbia, Hamid. Digital artifacts as quasi-objects: Qualification, mediation, and materiality. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 2009 (in inglese)
- Festo Academy. Lean Six Sigma Certificazioni Green Belt e Black Belt, Industrial Management School, 2022

- Fichman, Robert. Going beyond the dominant paradigm for information technology innovation research: emerging concepts and methods. *Journal of the Association for Information Systems*, 2004
- Fichman, Robert; Dos Santos, Brian; Zheng, Zhiqiang. Digital innovation as a fundamental and powerful concept in the information systems curriculum. *MIS Quarterly*, 2014 (in inglese)
- Foley, K. *Five Essays on Quality Management*, SAI Global Ltd, Sydney, 2004 (in inglese)
- Fujita, Kikuo. Product variety optimization under modular architecture. *Computer-Aided Design*, 2002 (in inglese)
- Furlan, Andrea; Vinelli, Andrea; Dal Pont, Giorgia. Fasci di complementarità e produzione snella: un'analisi empirica. *Giornale internazionale delle operazioni e della gestione della produzione*, 2011
- Galbraith, Jay. *Organization Design: An Information Processing View*. European Institute for advanced studies, 1974 (in inglese)
- Galgano Group. Il sistema Pull-Kanban: la semplificazione nella gestione della produzione e dei materiali. Disponibile in: <https://www.galganogroup.com/> , 2022 (online)
- Gasparini, Giovanni. *Potere organizzativo, conflitto, classi sociali: per una critica della teoria delle contingenze organizzative*. Università Cattolica del Sacro Cuore, Milano, 1976
- Glossario Tecnologie Chiave Abilitanti, Regione Toscana 2020
- Gonzalez, Alexandre. Industrial Internet of Things (IIOT) Platforms: An evaluation Model. *International Conference on Computational Science and Computational Intelligence*, 2018 (in inglese)
- Gorla, S.; Maisano, M. Un metodo per l'analisi quantitativa di processi interni con l'applicazione di una parte della metodologia 6 sigma. 2014
- Greenwood, Royston; Miller, Danny. *Tackling Design Anew: Getting Back to the Heart of Organizational Theory*. *Academy of Management Perspectives*, 2010 (in inglese)
- Hanseth, Ole; Lyytinen, Kalle. Design Theory for Dynamic Complexity in Information Infrastructures: The Case of Building Internet. *Journal of Information Technology*, 2010 (in inglese)
- Hayes, R.H.; Wheelwright S.C. *Restoring Our Competitive Edge: Competing Through Manufacturing*. John Wiley & Sons, New York, 1984 (in inglese)
- Hermann, Mario; Pentek, Tobias; Otto Boris. Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. *International Conference on System Sciences (HICSS)*, IEEE Computer Society Washington DC, USA, 2016 (in inglese)
- Jugraj, Singh Randhawa; Inderpreet, Singh Ahuja. Evaluating impact of 5S implementation on business performance", *International Journal of Productivity and Performance Management*, 2017 (in inglese)

- Kallinikos, Jannis. Information out of information: On the self-referential dynamics of information growth. *Information Technology & People*, 2006 (in inglese)
- Kumar, Ratan; Watt, Bill. Teaching Zero Quality Control Concepts In Mechanical Engineering. Technology Department Of Engineering Technology University Of North Texas Denton, 1998 (in inglese)
- Lasi, Heiner; Fettke, Peter; Kemper, Hans-Georg; Feld, Thomas; Hoffmann, Michael. *Industry 4.0. Business and Information Systems Engineering*, 2014 (in inglese)
- Leancompany.it. Le origini del Lean Thinking. Disponibile in: <https://www.leancompany.it/index.html> , 2022 (online)
- Lee, Jaegul; Berente, Nicholas. Digital innovation and the division of innovative labor: digital controls in the automotive industry. *Organization Science*, 2012 (in inglese)
- Leksic, Ivan; Stefanic, N.; Veza, Ivica. The impact of using different lean manufacturing tools on waste reduction. *Advances in Production Engineering & Management*, 2020 (in inglese)
- Leurent, Helena; de Boer, Enno. The next economic growth engine, Scaling Fourth Industrial Revolution Technologies in Production. *World Economic Forum*, 2018 (in inglese)
- Linck, Joachim; Cochran, David. The Importance of Takt Time in Manufacturing System Design. 1999 (in inglese)
- Lobetti Bodoni P.; D'Angelo F., Zazzi C. L'evoluzione dei consumi come driver di trasformazione dei modelli di business, 2021
- Lokpriya, M.Gaikwad; Vivek, K. Sunnapwar; Kaustubh, Chavan. Lean-Green-Six Sigma approach in global manufacturing using industry 4.0. *South Asian Journal of Marketing&Management Research* 2019 (in inglese)
- Mainsim Academy. FMEA: modalità di guasto e analisi degli effetti. Disponibile in: <https://www.mainsim.com/academy/fmea/>, 2022 (online)
- Make Group. Il metodo delle 5 S nella Lean Aziendale. Disponibile in: <https://www.make-consulting.it/5-s-principi-valori-programma-attuazione-azienda/> , 2022 (online)
- Martin, Karen; Osterlin, Mike. *Value Stream Mapping: How to Visualize Work & Align Leadership for Organizational Transformation*, 2014 (in inglese)
- Massone, Luciano; Deregibus, Franco. Non digitalizziamo gli sprechi: l'approccio e l'esperienza FCA. *Fiat Chrysler Automobiles*, Castellanza, 2017
- McCurry, L; McIvor, R.T. Agile manufacturing: 21st century strategy for manufacturing on the periphery. *Conference Proceedings, Irish Academy of Management Conference, University of Ulster*, 2001 (in inglese)
- McIntosh, R.I.; Mileham, A.R.; Cully, S.J.; Owen, G.W. Rapid changeover – a pre-requisite for responsive manufacture. *International Journal of Operations & Production Management*, 2000 (in inglese)

- Mella, P. La Manutenzione: Funzione Vitale per le Imprese. La Total Productive Maintenance. Economia Aziendale. 2021
- Mintzberg, Henry. Management: mito e realtà, Garzanti, Milano, 1991 (Trad. di Franco Miglioli)
- Mohan, Jag; Rathi, Rajeev; Singh, Kaswan Mahender; Singh Nain Somvir. Green lean six sigma journey: Conceptualization and realization. India, 2021 (in inglese)
- Nicolella, Maurizio; Scognamillo, Claudio. Application of FMEA method for assessment of reliability of structures. 2006 (in inglese)
- NIST. Principles of Lean Manufacturing with Live Simulation, Manufacturing Extension Partnership, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, MD, 2000 (in inglese)
- Ohno, Taiichi. Toyota Production System, Diamond, Tokyo, 1978 (in inglese)
- Openmindtech. Milk Run. Disponibile in: <https://www.openmindtech.it/milk-run/>, 2022 (online)
- O'reilly C., Tushman M.; “Organizational Ambidexterity: past, present, and future”, 2013 (in inglese)
- Park, Sung Hyun; Park, Su Mi Dhalgaard; Kim, Dong-Chun. New Paradigm of Lean Six Sigma in the 4th Industrial Revolution Era. Quality Innovation Prosperity, 2020 (in inglese)
- Parviainen, Paivi; Tihinen, Maarit; Kääriäinen, Jukka; Teppola, Susanna. Tackling the digitalization challenge: how to benefit from digitalization in practice. Internet Journal of Information Systems and Project Management, 2017 (in inglese)
- Pepper, M.P.J; Spedding, T.A. The evolution of lean Six Sigma. School of Management and Marketing, University of Wollongong, Wollongong, Australia, 2010 (in inglese)
- Perrow, Charles. A Framework for the Comparative Analysis of Organizations. American Sociological Review, 1967 (in inglese)
- Porter, Michael. Competitive Advantage: Creating and Sustaining Superior Performance. The Free Press, NY, 1985 (in inglese)
- Porter, Michael; Heppelmann, James. Managing Digital Transformation. How smart, connected products are transforming competition. Harvard Business Review, 2014 (in inglese)
- Potting, José; Hekkert, Marko; Worrell, Ernst; Hanemaaijer, Aldert. Circular Economy: Measuring Innovation In The Product Chain. Policy Report, 2017 (in inglese)
- Quality.One. Gage Repeatability and Reproducibility. Disponibile in: <https://quality-one.com/grr/>, 2022 (in inglese) (online)
- Reis, Jacqueline; Gonçalves, Rodrigo. The Role of Internet of Services (IoS) on Industry 4.0 Through the Service Oriented Architecture (SOA). International Conference on Advances in Production Management systems, South Korea, 2018 (in inglese)
- Reis, Joao; Amorim, Marlene; Melão, Nuno; Cohen, Yuval; Rodrigues, Mario. Digitalization: A Literature Review and Research Agenda. Switzerland: Springer Nature AG, 2019 (in inglese)

- Resca, Andrea; Za, Stefano; Spagnoletti, Paolo. Digital Platforms as Sources for Organizational and Strategic Transformation: A Case Study of the Midblue Project. Luiss Guido Carli University, Roma, 2012 (in inglese)
- Ringenson, Tina; Höjer, Matias; Kramers, Anna; Viggedal, Anna. Digitalization and environmental aims in municipalities. Sweden, 2018 (in inglese)
- Rossit, Daniel; Tohmé, Fernando; Frutosa, Mariano. Industry 4.0: Smart Scheduling. Department of Engineering, Universidad Nacional del Sur, Bahía Blanca, Argentina, 2018 (in inglese)
- Salento, Angelo. Industria 4.0 Oltre Il Determinismo Tecnologico. Digital Library, 2018
- Santucci, Umberto. Mappe Mentali e scritte. Il diagramma di Gantt. 2003
- Simboli, Nicola. Il Kaizen. Disponibile in: <http://www.leansolutions.it/management/il-kaizen>, 2011 (online)
- Sodhi, Harsimran Singh. When Industry 4.0 Meets Lean Six Sigma: A Review. Mohali Punjab (India): Department of Mechanical Engineering, Chandigarh University, 2020 (in inglese)
- Sordan, Juliano Endrigo; Oprime, Pedro Carlos. Contact points between Lean Six Sigma and Industry 4.0: a systematic review and conceptual framework. Department of Industrial Engineering, International Journal of Quality & Reliability Management, 2021 (in inglese)
- Srai, Jagjit; Lorentz, Harry. Developing design principles for the digitalisation of purchasing and supply management. Journal of purchasing and supply management, 2019 (in inglese)
- Tiwana, Amrit. The rise of platform ecosystems. capitolo 1, 2010 (in inglese)
- Tohidi, Hamid; KhedriLiraviasl Kourosch. Six Sigma Methodology and its Relationship with Lean Manufacturing System. Department of Industrial Engineering, Teheran, 2012 (in inglese)
- Treccani. Fordismo e postfordismo. Dizionario di Economia e Finanza. Disponibile in: www.treccani.it, 2012 (online)
- Twoproject. Diagramma SIPOC: cos'è e come utilizzarlo per definire lo scopo di un progetto. Disponibile in: <https://twoproject.com/blog/it/diagramma-sipoc-cose-e-come-utilizzarlo-per-definire-lo-scopo-di-un-progetto/>, 2022 (online)
- Università Cusano Brescia. Project Charter: Che Cos'è E A Cosa Serve. Disponibile in: <https://brescia.unicusano.it/universita/project-charter>, 2018 (online)
- Var Group. Disponibile in: <https://www.vargroup.it/casi-di-successo/sidel-punta-al-cloud-di-var-group/> (online)
- Varanini, Francesco. L'organizzazione come sistema socio-tecnico. Persone e macchine insieme: il Cybork. ABI Formazione, Milano, 2018
- Vendor. Diagnosi 4.0. Efficienza operativa 4.0. Formazione Lean Six Sigma. Metodo SIPOC. Disponibile in: <https://www.vendorsrl.it/metodo-sipoc-lean>, 2020 (online)
- Viola, Alberto. Coniugare Efficacia Ed Efficienza Del Processo Produttivo Con I Principi Operativi Del Modello "Lean Production". Rubrica metodi di produzione, 2014

Winter, Susan; Berente, Nicholas; Howison, James; Butler, Brian. Beyond the organizational 'container': Conceptualizing 21st century sociotechnical work. College of Information Studies, University of Maryland: Elsevier, 2014 (in inglese)

Womack, J.; Jones, D.; Roos, D. The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production, Toyota's Secret Weapon in the Global Car Wars That Is Now Revolutionizing World Industry. Free Press, New York, 1990 (in inglese)

Yoo, Youngjin; Henfridsson, Ola; Lyytinen, Kalle. The New Organizing Logic of Digital Innovation: An Agenda for Information Systems Research. Center for Design and Innovation, Temple University, Philadelphia, Pennsylvania, 2010 (in inglese)

Zanotti, Laura. Tecnologie esponenziali: quali sono e cosa significano per il business. Disponibile in: <https://www.tenenga.it/> , 2022 (online)

Zasadzień, Michał. Application of the Six Sigma Method for Improving Maintenance Processes – Case Study. 2017 (in inglese)

RIASSUNTO

Questa tesi supporta il rilevante contributo di Lean Six Sigma che attualmente rappresenta una risposta metodologica efficace e completa per il miglioramento dei processi aziendali. Da un lato Lean garantisce efficienza e flessibilità dei flussi produttivi e decisionali, riducendo gli sprechi e Six Sigma migliora l'affidabilità e la qualità dei processi interni, dei prodotti e dei servizi offerti al cliente. Il primo capitolo analizza come il fenomeno della Quarta Rivoluzione Industriale abbia completamente scosso la nostra routine quotidiana. Si sottolinea come la recente introduzione delle tecnologie digitali abbia profondamente influenzato le organizzazioni nelle loro offerte, nella struttura, nei processi e nei modelli di business. Le organizzazioni stanno cambiando il modo in cui tradizionalmente operano, poiché l'inclusione di strumenti "intelligenti" e di tecnologie avanzate lungo la catena del valore, ha causato l'urgente necessità per le aziende di innovarsi al fine di mantenere il vantaggio competitivo nell'affollato mercato globale e per sopravvivere in un ambiente in rapida evoluzione. Ciò ha costretto le aziende a riconsiderare i propri punti di forza e di debolezza e si suggerisce l'assunzione di una prospettiva più ampia dell'ambiente che le circonda, esplorando valide opportunità che risiedono oltre i confini organizzativi. In questo frangente, innovare e innovarsi sono due dimensioni che per le aziende di oggi rappresentano un imperativo da non trascurare, alla luce del processo di trasformazione digitale in atto che non lascia spazio a indugi. Gli elementi strutturali, organizzativi, culturali, valoriali e tecnici propri delle realtà organizzative vengono messi in discussione, rendendo ancora più urgente la necessità di armonizzare i modelli di business alla nuova realtà digitale che si sta via via affermando in ogni aspetto della nostra quotidianità. Sono svariate le sfide e le preoccupazioni che sorgono nello scenario competitivo a seguito della comparsa del fenomeno della digitalizzazione, sebbene sia chiaro come quest'ultimo preservi anche molte opportunità per le imprese. Senza dubbio, le

direttrici del cambiamento sono una maggiore efficienza dell'intero modello operativo, la capacità di allinearsi all'evoluzione valoriale dei consumi e lo sviluppo di una nuova etica di business. Poiché l'innovazione diventa il caposaldo per la risoluzione dei problemi e per la creazione del valore, questo documento esplora quali siano i metodi e le routine che possono aiutare le aziende a innovare e a migliorarsi più velocemente e quale sia la struttura adatta a supportarle nella creazione e nello sviluppo di nuovi insiemi di competenze, considerando il caos naturale procurato dalla trasformazione digitale. L'esplosione di nuove tecnologie digitali ha rivoluzionato drasticamente le tradizionali strategie di organizzazione e di gestione delle imprese che sono spinte a rivedere la propria fisionomia. La pervasività e l'ubiquità della tecnologia, coadiuvate dalla crescente integrazione di soluzioni di ICT nelle industrie e nella società nel suo complesso, hanno reso possibile la creazione di sistemi sociotecnici interconnessi, in cui gli individui sono posti a stretto contatto con le tecnologie avanzate, interagiscono e collaborano con le stesse. Grazie alla digitalizzazione, le organizzazioni beneficiano di nuove modalità all'avanguardia per lo svolgimento delle attività di routine: persone e tecnologia via via instaurano robuste dipendenze reciproche, co-producono generando congiuntamente risultati di valore più consistente. Progressivamente si sta affermando il concetto di "industria *smart*", anche detta *Industry 4.0*, unitamente alla subordinata espressione di "produzione *smart*", per indicare l'iniziativa di trasformazione della produzione industriale incentivata dalla digitalizzazione. L'aspetto tecnico più rilevante è l'integrazione tra il mondo fisico e il digitale che si incontrano dando vita a sistemi *cyber-fisici*, caratterizzati dalla proliferazione di sensori e dispositivi atti a creare un ecosistema interconnesso tra attori multipli. Oltre a ciò, le organizzazioni stanno traslando l'attenzione dal prodotto finale a un *focus* sempre più incentrato sul cliente, per comprenderne bisogni e necessità da soddisfare in modo coerente; così, avanzano nuove forme di coinvolgimento dell'utente finale (anch'esso sempre più digitale nelle abitudini di consumo) nei processi di creazione del valore, in cui l'attiva partecipazione riflette la visione "*user-centrica*" propria delle organizzazioni contemporanee. In questo contesto, si assiste ad un'ulteriore trasformazione importante che fa riferimento al fenomeno denominato "*servitization*" e che è da intendersi come il principio per il quale il servizio non è semplicemente un'aggiunta alla vendita di un prodotto, bensì diventa parte integrante di questo come un elemento centrale dell'offerta. In altre parole, l'interesse non è esclusivamente rivolto al prodotto in sé, ma all'utilizzo che ne fa il cliente il quale genera una grande quantità di dati e informazioni utili a seguito della fruizione del servizio. La "servitizzazione" richiede quindi alle imprese un mutamento dal punto di vista procedurale e strutturale, al fine di creare un modello operativo capace di erogare in combinazione ai prodotti anche gli annessi servizi, modificando la consueta gamma di prodotti grazie a nuove possibilità di diversificazione.

La novità e la complessità dell'era digitale si scontrano con la capacità delle aziende di comprendere realmente le potenzialità della digitalizzazione e di adeguarsi al processo di transizione che questa comporta; in questa accezione, l'adozione di innovazioni digitali apre un ventaglio di opportunità alle aziende di tutti i settori, a cui si aggiunge il fenomeno della globalizzazione che rende i mercati di tutto il mondo fortemente interconnessi, ampliando così le possibilità di internazionalizzazione per le aziende che ricercano vie inesplorate al fine di generare profitti al di fuori del mercato domestico. Parallelamente ai benefici appena descritti, l'economia globale pone innumerevoli sfide ai business, tra cui vanno citati la diminuzione della disponibilità di risorse, l'inarrestabile concorrenza di altre realtà imprenditoriali e l'incremento di clienti instancabili in costante ricerca di requisiti di qualità sempre più elevati rispetto a quanto sia già presente sul mercato. Queste sfide sono i presupposti per nuove linee di innovazione che richiedono più propriamente un riorientamento delle tradizionali strategie operative e una maggiore agilità delle aziende nell'adattarsi a diverse contingenze per garantire la sostenibilità del proprio business anche in proiezione futura. I nuovi modelli organizzativi, infatti, si discostano dalla obsoleta visione delle imprese intese come “*container*”, concetto secondo il quale il *know-how*, le infrastrutture e le informazioni vengono incapsulate all'interno di perimetri aziendali ben definiti, e cedono il passo a una concezione di innovazione “*open*”.

Oggi, i confini imprenditoriali diventano più “porosi” proprio a causa dell'impatto della digitalizzazione che implica un flusso continuo di informazioni in tutte le direzioni del sistema (fuori e dentro), e vi è la consapevolezza che i contributi esterni al business possono davvero fare la differenza, fornendo competenze e conoscenze utili tali da risultare dirompenti quanto alla portata di innovazione e alla capacità di modificare lo status quo di un mercato.

Le predette considerazioni rendono necessaria una riorganizzazione dei consolidati assetti organizzativi, dove il concetto di gerarchia statica “*top-down*” viene abbandonato in favore di strutture più adattabili, con livelli di autorità meno stringenti e più flessibili, con responsabilità diffusa nei diversi livelli, in cui la strategia aziendale può essere allineata più volte alle contingenze sia esterne che interne. In una prospettiva di lungo termine, occorre reinterpretare il concetto di valore e ridefinirne il processo di creazione tenendo conto dei limiti di crescita fisici connaturati agli attuali assetti di produzione e dei comportamenti di consumo globale. Poiché la competizione tra diverse realtà imprenditoriali aumenta sempre più, si accentua la pressione sulle stesse nello sforzo di garantire un'offerta di qualità, mediante cicli di produzione rapidi, obiettivi focalizzati sulla soddisfazione di clienti sempre più esigenti e, allo stesso tempo di coniugare l'abbassamento dei costi con l'innalzamento dell'output prodotto. La potenza trasformativa della Quarta Rivoluzione Industriale sta raggiungendo un ritmo e un'ampiezza senza precedenti, sconvolgendo letteralmente i mercati, l'economia, le istituzioni, la società e il singolo individuo sempre più “*tech-savvy*”. Non si tratta di un cambiamento silente, al contrario la digitalizzazione, che si differenzia

per la forte compenetrazione del fisico e del digitale, sta lanciando alle realtà organizzative una sfida difficile e allo stesso tempo entusiasmante. Per cavalcare l'onda di quella che è l'inarrestabile trasformazione digitale, le aziende devono accelerare l'adozione delle nuove tecnologie, al fine di sbloccare nuove opportunità per risvegliare la produttività. Sfruttare appieno i progressi digitali e tecnologici per le organizzazioni implica una reimpostazione delle proprie fondamenta, della strutturazione della catena del valore, delle modalità di realizzazione dell'offerta, della composizione del set valoriale per poter orientare concretamente una strategia a una trasformazione di successo. L'integrazione di nuove tecnologie e di fattori abilitanti emblematici del paradigma 4.0 negli assetti organizzativi determina lo sviluppo di nuove logiche e competenze per una efficiente manipolazione delle suddette tecnologie, in quanto sono l'attuale strumento di massimizzazione dei rendimenti operativi. Infatti, per beneficiare di una crescita intelligente le aziende devono promuovere nuovi standard di performance, selezionare gli elementi e le attività prioritarie della catena del valore e focalizzarsi sul mantenimento e sulla valorizzazione di una cultura aziendale peculiare e fondata sull'integrità.

L'obiettivo di questo elaborato è quello di rispondere alla domanda di ricerca che ne ha guidato l'ideazione e lo sviluppo: la metodologia Lean Six Sigma, nata dalla conciliazione di due potenti pratiche di gestione, può rappresentare un modello innovativo di supporto alle imprese che vogliono migliorare le proprie prestazioni in vista dello scenario digitalizzato di oggi?

Al fine di rispettare il proposito prefissato è stato fornito un quadro dettagliato del modello gestionale emergente denominato Lean Six Sigma, ritenuto come una valida concezione manageriale dotata di collaudati principi e tecniche per lo sviluppo di un piano di miglioramento entro un contesto organizzativo. Per garantire una valutazione aggiornata, si è ritenuto pertinente proporre una rappresentazione del fenomeno della digitalizzazione -e delle sue peculiarità- che si sta progressivamente affermando negli scenari aziendali, nel tentativo di porre enfasi sugli effetti che hanno le pratiche digitali in relazione alla progettazione organizzativa. La decisione di analizzare la "trasformazione digitale" come macro-argomento deriva dal fatto che questo funge da guida e da sfondo rispetto all'oggetto di studio che si vuole esaminare in questa tesi.

Nel secondo capitolo, che delinea il corpus centrale del presente elaborato, Lean Six Sigma viene promosso come un approccio metodico e rigoroso e come un valido catalizzatore del cambiamento in un'organizzazione che gode delle sinergie che si creano nell'affiancamento di Lean alla metodologia precisa e strutturata di Six Sigma. Nello sviluppo del documento viene approfondita e sostenuta l'ipotesi che la metodologia Lean Six Sigma costituisca una vantaggiosa strategia operativa di miglioramento delle prestazioni aziendali, nonché un'effettiva risposta alle complicazioni causate dalla trasformazione digitale in atto. Una parte consistente dell'elaborato è stata dedicata all'esposizione delle origini, del *background*, delle tecniche e degli strumenti, nonché del processo che regola la filosofia Lean, e rispettivamente la metodologia Six Sigma,

presentati separatamente al fine di mettere in risalto i vantaggi e i punti di debolezza di ciascuna strategia. La volontà di esporre separatamente le due pratiche di gestione parte dal fatto di descrivere in maniera puntuale ogni aspetto che le caratterizza ma soprattutto di porre enfasi sulla forte complementarità che le unisce, risultando in una strategia vincente per le organizzazioni che mirano a incrementare i propri risultati e a perfezionare i propri modelli operativi.

L'elaborato che qui si propone è volto ad analizzare l'efficacia del Lean Six Sigma (LSS) che è stata definita come una strategia e una metodologia di *business* per migliorare le prestazioni aziendali e l'efficienza operativa, per aumentare la qualità dei prodotti, per ridurre i costi di produzione e per accrescere la soddisfazione del cliente, soprattutto considerando la crescita dei mercati globali. L'interesse verso Lean Six Sigma è cresciuto molto negli ultimi anni, specie in alcuni settori legati agli alti volumi di produzione, poiché si stanno comprendendo i vantaggi non solo monetari che si possono trarre attraverso l'implementazione di questa metodologia, le cui tecniche, se orchestrate in modo appropriato all'interno dei contesti organizzativi, conducono al successo di lungo termine e all'evoluzione del progetto imprenditoriale. Velocità dei flussi di lavoro, riduzione delle attività a basso valore aggiunto, minimizzazione della difettosità dell'output, elevati standard qualitativi del prodotto o servizio erogato, tempestività nelle risposte alle richieste di mercato sono solo alcuni dei benefici che si possono trarre a seguito dell'impiego del modello gestionale proposto. Dal momento che il framework LSS è una metodologia guidata relativamente semplice da poter essere utilizzata nell'identificazione dei problemi, nell'esplorazione di soluzioni adeguate a risolvere le inefficienze e per controllare il miglioramento apportato, si auspica di considerare la sua implementazione strutturata anche nelle PMI (Piccole e Medie Imprese). Infatti, un altro punto di forza dell'utilizzo di questo metodo è che permette l'identificazione del problema quando ci sono dati a supporto limitando la possibilità che si verifichi lo stesso problema e abilita le aziende a ottimizzare le operazioni oltre che a incrementare i profitti. Per questo, è necessario sfatare il mito che associa l'applicazione di questa metodologia esclusivamente alle aziende di grandi dimensioni e legate agli alti volumi, ritenute particolarmente idonee a dotarsi di una struttura dedicata al miglioramento. Le PMI sono in generale realtà altamente innovative e dotate di una struttura organizzativa molto flessibile, pertanto sono capaci di supportare opportunamente un cambiamento dell'assetto aziendale. Un numero sempre maggiore di studi a livello internazionale riportano evidenze di incredibili risultati sull'incremento di qualità e produttività ottenibili con l'adozione di strumenti Lean Six Sigma anche nelle Piccole e Medie Imprese.

La discussione mira a sostenere che la combinazione della filosofia Lean e la disciplina Six Sigma, e la loro congiunta applicazione in modo estensivo e sistematico, sia una strategia vincente per

snellire i cicli di produzione, nonché una leva volta all'oggettiva misurazione delle inefficienze, alla correzione delle stesse e al perfezionamento dei caratteri qualitativi degli output. La tecnica Lean, da un lato, genera valore migliorando il flusso di processo e riducendo il *lead time* attraverso l'identificazione e la riduzione degli sprechi generati nel ciclo di valore dell'organizzazione, garantendo efficienza e flessibilità dei processi produttivi e decisionali, ponendo come obiettivo finale l'eccellenza operativa. Six Sigma, dall'altro lato, crea valore identificando e riducendo la variazione di processo, migliorando inoltre l'affidabilità e la qualità degli standard interni. Pertanto, l'adozione di Lean Six Sigma come approccio metodologico, basato su rigore e metodo, garantisce il raggiungimento di due obiettivi d'impresa strategici, apparentemente antitetici, ossia il miglioramento dei livelli qualitativi dei prodotti e dei servizi erogati assieme a una drastica riduzione dei costi dei processi. La maggior parte delle implementazioni Six Sigma segue il ciclo DMAIC (acronimo di *Define, Measure, Analyze, Improve e Control*) che rappresenta un approccio strutturato alle attività di miglioramento ed è un quadro comprovato per ottenere un *upgrade* significativo delle prestazioni, anche grazie al supporto fornito dalle tecnologie digitali di ultima generazione. Entrambi gli approcci sono di per sé efficaci ma se implementati isolatamente o in modalità "stand-alone" potrebbero contribuire ad un iniziale miglioramento delle performance aziendali, gradualmente attenuando l'effetto positivo sull'intera organizzazione che tenderebbe a raggiungere un *plateau* per poi registrare rendimenti decrescenti. Ciò è dovuto alle varie limitazioni associate a ciascuno di questi approcci applicati separatamente. Pertanto, è emersa la necessità di esplorare una nuova modalità per un continuo miglioramento della redditività e della produttività dei processi, in modo tale che le debolezze di entrambe le filosofie siano superate dai vantaggi di una strategia integrata come Lean Six Sigma. Quindi, il presente lavoro ha come oggetto lo studio del modello di nuova generazione che unisce i due approcci, sfruttando così le sinergie e la complementarità di entrambi, andando a colmare i deficit dell'uno con i punti di forza dell'altro. Va puntualizzato che tale metodologia non deve essere intesa come un espediente per rimpiazzare piani organizzative e decisionali già radicati, ma vada viceversa ritenuta come un programma da inserire in un assetto già preesistente per il miglioramento dei processi, orientato a un grado superiore di "customer satisfaction" e alla riduzione dei costi. Viene fortemente enfatizzato il valore aggiunto di Lean Six Sigma, rappresentato come un efficace *toolkit* che se collocato in un contesto organizzativo può portare notevoli vantaggi, dal momento che permette di affrontare le problematiche relative alle inefficienze operative. Inoltre, viene mostrato come la metodologia Lean Six Sigma graviti principalmente attorno a una visione incentrata sull'utente, ritenuto come una parte integrante del processo di creazione del valore, le cui strette interazioni portano a una migliore comprensione delle preferenze.

L'analisi e lo sviluppo di tale argomento è frutto di un'intenzione mirata ad indagare la pianificazione, i rischi e i cambiamenti organizzativi che l'adesione al nuovo framework comporta e a investigare quale sia l'atteggiamento che le imprese debbono assumere per rimanere competitive nel quadro della complessità e dell'incertezza odierne. L'allineamento con le priorità e con la cultura aziendale è la chiave per la corretta e graduale adozione di LSS, nonché per assicurare il massimo rendimento dalle sinergie che si instaurano. Se si prendono come spunto le parole del noto attivista americano Tom Atlee "Tutto sta continuamente migliorando e continuamente peggiorando, e ciò accade sempre più velocemente", quindi l'obiettivo delle aziende deve essere quello di ricercare la stabilità nel proprio modello di business e assicurarne la sostenibilità nel tempo, a fronte della natura altamente imprevedibile della trasformazione digitale. Adottare una strategia volta al miglioramento continuo e all'eccellenza operativa, incentrata sulla riduzione dei costi e degli sprechi nei processi, dota le aziende di una certa agilità e flessibilità nel rispondere alle esigenze del mercato e fornisce delle basi solide per sfruttare le tecnologie digitali al meglio. Lean Six Sigma è un approccio sistemico che ottimizza l'intero sistema organizzativo e concentra le giuste strategie nei posti corretti. Può essere visto come il trampolino di lancio per l'avvio di un nuovo regime culturale e operativo, che porta alla totale trasformazione non solo di un'azienda ma dell'intera filiera a essa collegata. Il modello di cui si è sostenuta l'efficacia lungo tutta la stesura dell'elaborato, è da considerarsi come un approccio integrato, coerente e olistico mirato al continuo miglioramento e teso a valorizzare l'enorme patrimonio informativo offerto dai dati ricavabili dalle linee di produzione, nonché un volano per anticipare la produzione di un'offerta più reattiva e innovativa, grazie al supporto delle nuove tecnologie.

Un *trend* da tenere in considerazione nella ricerca è l'attivazione di pratiche sostenibili come parte integrante del processo di produzione, scaturito dalle pressioni esercitate dalle istituzioni riguardo alle tematiche di carattere ambientale. Le imprese vengono poste in prima linea per quanto concerne lo sviluppo e l'attivazione di iniziative volte a ridurre l'impatto ambientale negativo derivante dalle operazioni e vengono ritenute attori esemplari per istruire la popolazione ad intraprendere abitudini di consumo sostenibili. L'ultima parte della trattazione è dedicata all'approfondimento di *Green Lean Six Sigma* (GLSS) che viene descritto come un robusto framework inclusivo che annette il carattere ambientale e sostenibile a LSS, risultando in linea con gli obiettivi preposti dall'Agenda 2030 e i relativi SDG's (*Sustainable Development Goals*). È di grande attualità la crescente sensibilizzazione tra i consumatori riguardo alle politiche "eco-friendly" adottate dalle società; vale a dire che investire sulla responsabilità sociale d'impresa è cruciale per assicurarsi una reputazione che perduri nel tempo e per mantenere una fidelizzazione dei clienti di lungo termine. Infatti, per mantenere una forte *brand identity* è fondamentale conciliare gli obiettivi di carattere economico con l'etica e la sostenibilità. Adottare una prospettiva

e azioni consistenti verso l'ambiente, assieme alla capacità di agire in continua empatia con i consumatori, permette di rendere autentica la propria *value proposition* e di differenziarsi in uno scenario competitivo sempre più agguerrito.

Un possibile sviluppo futuro dello studio condotto potrà essere svolto in ottica "Lean Six Sigma 4.0", che decreta la prossima frontiera del miglioramento industriale con l'obiettivo di aumentare ulteriormente l'eccellenza operativa per le aziende. Entrambi i paradigmi di LSS e I4.0 promettono di risolvere le sfide future nel settore produttivo: è di particolare interesse l'emergere di un approccio distinto che beneficia della semplicità e dell'efficienza della Lean Production, della superiore qualità e robustezza delle operazioni garantite da Six Sigma –entrambi abilitati dal digitale – e allo stesso tempo caratterizzato per la facilità e l'agilità delle tecnologie tipiche della Quarta Rivoluzione Industriale. La direzione del nuovo paradigma di LSS sarà "semplice, veloce e *smart*", anche chiamato "paradigma 3S" (*Simple, Speedy, Smart*), e sarà contraddistinto da una forte dipendenza dai Big Data e dalle tecnologie digitali, in particolar modo dall'intelligenza artificiale. Per ottenere performance brillanti le aziende devono essere consapevoli del grande cambiamento influenzato dalla Quarta Rivoluzione Industriale che modellerà il futuro del Quality Management e delle tecniche Lean e Six Sigma.

Infine, dall'esame degli approcci teorici che giustificano e dibattono la direzionalità proposta di relazione fra le due metodologie, il presente lavoro prende in esame il caso specifico dell'azienda SIDEL di Parma, primaria impresa mondiale che realizza soluzioni destinate al packaging in PET dei liquidi alimentari e che applica in modo integrale l'approccio oggetto di questa tesi, anche con le specifiche certificazioni. Lo scopo della sezione conclusiva dell'elaborato è di suffragare con un esempio concreto i dati forniti dai modelli teorici. Aziende come Sidel si sono dimostrate abili nel cogliere sapientemente le occasioni delle nuove tecnologie, assimilando i principi della filosofia Lean Six Sigma per la risoluzione dei problemi e per rinvigorire l'efficienza operativa, mantenendo alto l'interesse verso le tematiche di carattere ambientale.

Per lo sviluppo della discussione è stata condotta una revisione sistematica della letteratura che spazia dalla produzione sul tema della digitalizzazione, alla progettazione organizzativa, al *Quality Management*, sino all'ambito del *Risk Management*. La ricerca è stata basata sull'analisi di articoli, pubblicazioni e riviste scientifiche (prevalentemente in lingua inglese) attinenti all'area di ricerca e utili a fornirne una descrizione e una valutazione critica del tema e per ottenere una panoramica coesa del concetto di digitalizzazione e le associate implicazioni nel contesto sociotecnico e sulla gestione del lavoro. Attraverso un'analisi comparata di diverse fonti è stato possibile individuare eventuali correlazioni tra diversi studi, così come prospettive e interpretazioni divergenti in merito al tema in esame, che dispone di una vasta documentazione più o meno recente e che denota una

produzione scientifica in costante sviluppo. Il criterio di selezione delle fonti è stato basato essenzialmente sul grado di coerenza delle stesse necessario a supportare le tematiche stabilite, così da offrire un contributo significativo al campo di studio. In linea generale, la decisione di riportare un articolo all'interno della trattazione è stata basata su una valutazione qualitativa del contenuto della fonte individuata; inoltre è stato circoscritto il campo di ricerca ai concetti reputati più rilevanti per i fini della discussione, la cui inclusione nella trattazione potesse fornire interessanti spunti e contribuisse a fornire una rappresentazione esaustiva dell'argomento. L'approccio è stato quindi quello di includere molteplici opere e informazioni per esporre diverse prospettive e per strutturare un quadro completo dell'argomento in questione. Inoltre, è stato ritenuto opportuno avvalersi del materiale trattato nel corso di Progettazione Organizzativa previsto al secondo anno del percorso di laurea magistrale in Gestione d'Impresa e diretto dalla professoressa Sara Lombardi; l'integrazione di alcune rilevanti tematiche affrontate in ambito accademico ha permesso di articolare un quadro teorico ancor più dettagliato.

Il proposito della presente tesi è che l'argomento trattato, assieme all'esposizione di un caso pratico, possa promuovere e fornire alcuni spunti utili a indirizzare la strategia aziendale di un'organizzazione in linea con le nuove prospettive digitali e di innovazione che si stanno attualmente profilando, ponendo una forte enfasi sulla necessità di un costante aggiornamento dei modelli organizzativi che vede coinvolte le aziende di oggi.