



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in INGEGNERIA GESTIONALE

**STRUMENTO MES E INDUSTRY 4.0 PER LA
GESTIONE DELLA CATENA DISTRIBUTIVA**

**MES TOOL AND INDUSTRY 4.0 FOR SUPPLY CHAIN
MANAGEMENT**

Relatore: Chiar.mo/a

Tesi di Laurea di:

Prof. **MAURIZIO BEVILACQUA**

SARA DEL GATTO

A.A. 2019 / 2020

*“Chi non ti accompagna ad attraversare l'inverno,
non merita i fiori della tua primavera”*

A Sonia, Andrea, Francesca, Nina

INDICE

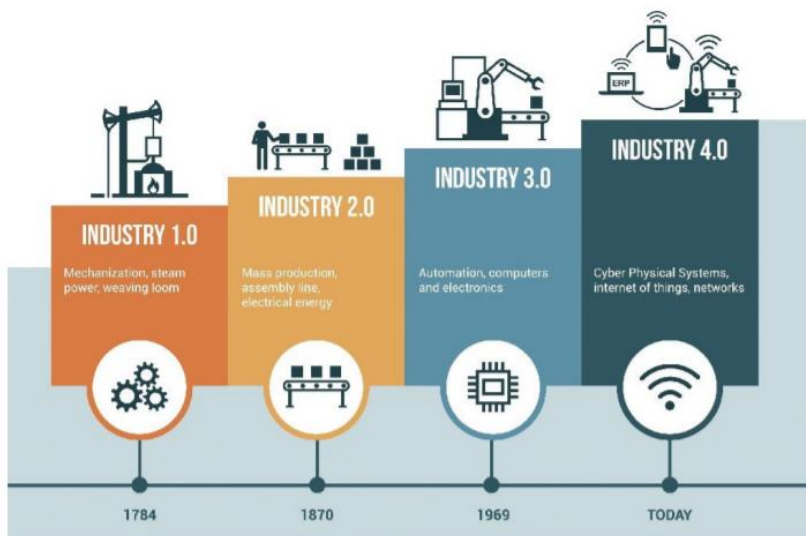
1. INDUSTRIA 4.0	1
1.1 Evoluzione dei sistemi produttivi e sistemi MES	3
2. MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM	10
2.1 Infrastruttura e architettura del MES	13
2.2 Funzioni dei sistemi mes: filling the gap	15
2.3 Vantaggi e svantaggi	22
2.4 Manufacturing enterprise solutions association	25
3. SUPPLY CHAIN	26
3.1 Supply chain management	29
3.2 Tecnologia blockchain	33
4. LO STRUMENTO MES PER LA GESTIONE DELLA SUPPLY CHAIN	39
4.1 Requisiti di un mes per stare al passo con le attività della supply chain	40
4.2 Sviluppo del sistema APS	42
5. MES COME ATTIVATORE DELLA LEAN MANUFACTURING	45

RIFERIMENTI	49
RINGRAZIAMENTI	50

1. INDUSTRIA 4.0

L'industria 4.0 è un nuovo paradigma produttivo, nato nel 2011 alla fiera di Hannover in Germania, con lo scopo di contribuire ad integrare le tecnologie di tipo informatico all'interno di ambienti produttivi. Anche nota come quarta rivoluzione industriale, l'industria 4.0 rappresenta il tentativo di modellare un ambiente virtuale in modo che questo sia il più possibile riferibile ad un modello reale. L'esigenza di creare questo modello di riferimento nasce dall'industria automobilistica, la quale è caratterizzata da grandi volumi (produzione di massa), elevati costi del prodotto, grande complessità e varietà di componenti della distinta base. I due fattori più rilevanti che hanno permesso lo sviluppo delle tecnologie di Industry 4.0 sono l'incremento del numero di indirizzi IP, passando da IP4 a IP6, (quindi delle caselle con cui poter comunicare) e il passaggio dal 4G al 5G, il quale consente una maggior capacità di trasmissione e una maggior capacità di calcolo. Nonostante parlare di industria 4.0 implichi pensare a qualcosa di altamente moderno ed automatizzato, ciò non esclude la collaborazione tra uomo e sistema operativo, ottenendo un approccio ampiamente flessibile rispetto ai sistemi Computer Integrated Manufacturing (CIM) precedentemente adottati, in quanto estremamente complessi e automatizzati. La cooperazione uomo-macchina è fondamentale: l'uomo è capace di modificare in modo dinamico il comportamento delle macchine in funzione degli imprevisti che possono avvenire e ciò conferisce alta flessibilità alle attività produttive. L'elasticità del sistema produttivo risulta sempre di più essere un requisito fondamentale poiché si va verso la mass customization: non solo i clienti richiedono elevata varietà di prodotti, ma anche prodotti personalizzati sulle specifiche esigenze.

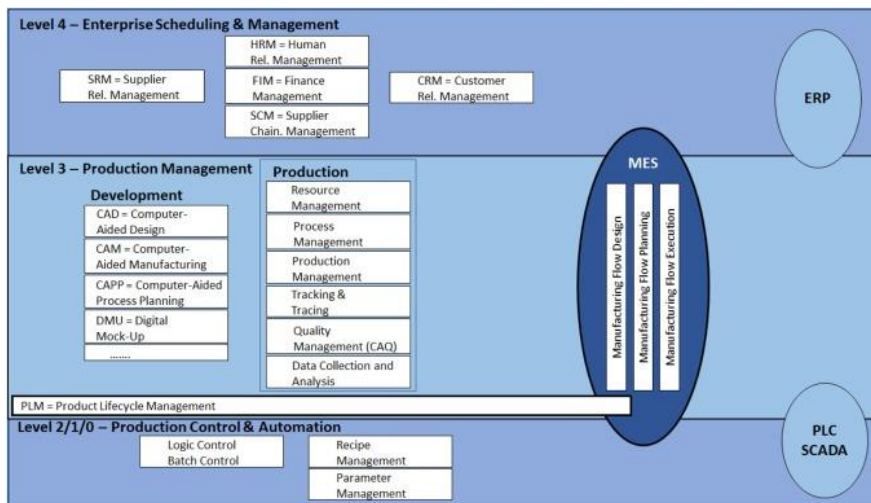
I nuovi sistemi di fabbricazione intelligente saranno distribuiti logicamente o geograficamente, decentralizzati, formati da unità autonome, autoregolate, integrate e flessibili; saranno dotati di capacità auto-adattativa per soddisfare le esigenze di produzione; e soddisferanno anche requisiti sostenibili, affrontando nuove sfide in materia di consumo di risorse, efficienza energetica, cambiamento climatico o benessere sociale. Attualmente, le modalità per approcciare la progettazione ed eseguire l'implementazione dei sistemi di Industria 4.0 sono in fase di sviluppo. Le basi tecnologiche emergenti chiamate tecnologie abilitanti stanno ristrutturando gli approcci dell'ingegneria di produzione. Le nuove linee di ricerca propongono lo sviluppo di sistemi cyberphysical (CPS) a tutti i livelli dell'organizzazione produttiva: supply chain, parchi industriali, businesscluster, fabbriche, jobshop, processi e mansioni. In questi, il clustering (insieme di tecniche di analisi multivariata dei dati volte alla selezione e raggruppamento di elementi omogenei in un insieme di dati) e la cooperazione sono essenziali tra le organizzazioni, poiché consentiranno alle operazioni di "connessione" di migliorare le prestazioni durante il ciclo di vita di prodotti e servizi.



1.1 EVOLUZIONE DEI SISTEMI PRODUTTIVI E SISTEMI MES

Il funzionamento e il controllo dei sistemi di produzione sono cambiati sostanzialmente negli ultimi decenni. Il tradizionale approccio centralizzato per il controllo dei processi discreti ha subito diversi importanti passaggi di sviluppo per raggiungere il suo attuale livello di applicazione industriale. Le tecnologie emergenti, come l'Internet of Things (IoT), l'Internet of Services (IoS), il cloud computing e l'analisi dei big data, stanno dando impulso alle iniziative dell'Industria 4.0, la quale influenza e continuerà ad influenzare fortemente il sistema MES. Nelle moderne società di produzione ERP (Enterprise Resource Planning), MES (Manufacturing Execution System), APS (Advanced Planning Systems) risultano essere i pilastri dell'architettura IT.

I sistemi di esecuzione della produzione (MES) sono interfacce orientate ai servizi che collegano il mondo delle operazioni aziendali con il mondo della produzione e si occupano di monitorare, controllare e ottimizzare i processi di produzione. Le informazioni fornite dai MES aiutano i responsabili delle decisioni a capire come i sottosistemi coinvolti nella produzione siano interconnessi e questa conoscenza può facilitare il miglioramento continuo della produzione. Forniscono una soluzione adeguata per collegare le operazioni a livello aziendale con il controllo delle stazioni a livello di officina; in quanto tali, implicano anche lo scambio di dati con il livello di automazione (ad esempio, controllori logici programmabili - PLC - o controllo di supervisione e acquisizione dati - SCADA).



Secondo il recente modello di maturità I4.0, ci sono sei fasi di sviluppo correlato. Le prime due (informatizzazione e connettività) sono prerequisiti per I4.0, mentre le altre quattro (visibilità, trasparenza, capacità predittiva e adattabilità) fanno parte di I4.0.

In base a queste fasi, lo sviluppo di MES dovrebbe concentrarsi su quanto segue:

1. Supportare l'informatizzazione. Utilizzare il controllo basato su computer lungo l'intera catena di produzione.
2. Migliorare la connettività. Utilizzare soluzioni computerizzate in grado di comunicare con altri componenti. L'efficienza può essere migliorata solo se è possibile monitorare lo stato generale dell'intera filiera produttiva e garantire la tracciabilità dei prodotti. Ogni fonte di informazione invia automaticamente informazioni su se stessa al MES in tempo reale.

3. Garantire visibilità. Mostra cosa sta succedendo nella catena di produzione. I sistemi di gestione del ciclo di vita del prodotto (PLM), i MES e i sistemi di pianificazione delle risorse aziendali (ERP) creano tutti visibilità, ma la progettazione e l'integrazione di questi sistemi solleva una serie di domande. Chi ha accesso ai dati? Come dovrebbe essere presentato un dato tipo di dati? Quali tipi di dati sono necessari a un decisore?

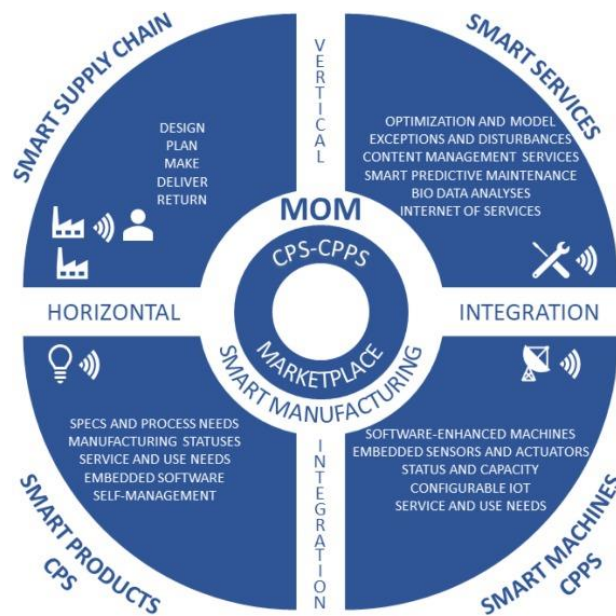
4. Garantire la trasparenza. Tutti i dati relativi a tutti i processi possono essere potenzialmente osservati con l'aiuto della terza fase. A questo livello, è necessario capire perché sta accadendo qualcosa e utilizzare questa conoscenza per migliorare i processi. Le conoscenze tecniche sono necessarie per sviluppare una tale comprensione e, spesso, è necessario elaborare grandi quantità di dati per questo scopo. Di conseguenza, il paradigma dei big data è utile e talvolta inevitabile in questa fase. Di conseguenza, la prossima generazione di soluzioni MES dovrà disporre di tali funzionalità di machine learning (ML) / data mining.

5. Aumentare la capacità predittiva. La prossima generazione di soluzioni MES dovrà disporre di funzionalità di simulazione e ottimizzazione corrispondenti. L'integrazione della modellazione di simulazione con il PLM richiederà la modellazione utilizzando il concetto di fabbrica virtuale e l'uso dell'IA per il controllo dei processi, consentendo l'adeguamento autonomo (auto-organizzazione). Questo nuovo paradigma di simulazione è meglio descritto

in termini di concetto di Digital Twin. Un gemello digitale dovrebbe fornire modelli di simulazione di tutte le fasi del ciclo di vita, consentendo così lo sviluppo e il test del prodotto in un ambiente virtuale, e dovrebbe quindi supportare ogni fase successiva mentre raccoglie e utilizza le informazioni dalle fasi precedenti. È importante evidenziare come l'automazione dello sviluppo, della costruzione e dell'adattamento del modello può facilitare in modo significativo la modellazione e lo studio di sistemi complessi.

6. Migliorare l'adattabilità. L'obiettivo di questo livello è utilizzare i dati (quasi in tempo reale) per fare la scelta migliore possibile nel più breve tempo possibile. Molte volte, questo significa un tempo di reazione vicino al tempo reale. Le decisioni di adattamento possono variare da semplici a molto complesse; quindi, la prossima generazione di soluzioni MES dovrà essere capace di supportare il processo decisionale multiobiettivo in tempo reale.

Il paradigma Industria 4.0 presuppone reti e servizi connessi, i quali consentono una maggiore efficienza operativa, una maggiore flessibilità e un'automazione più ampia nei processi di produzione. Queste reti sono formate attraverso l'integrazione orizzontale e verticale, entrambe supportate dai MES.



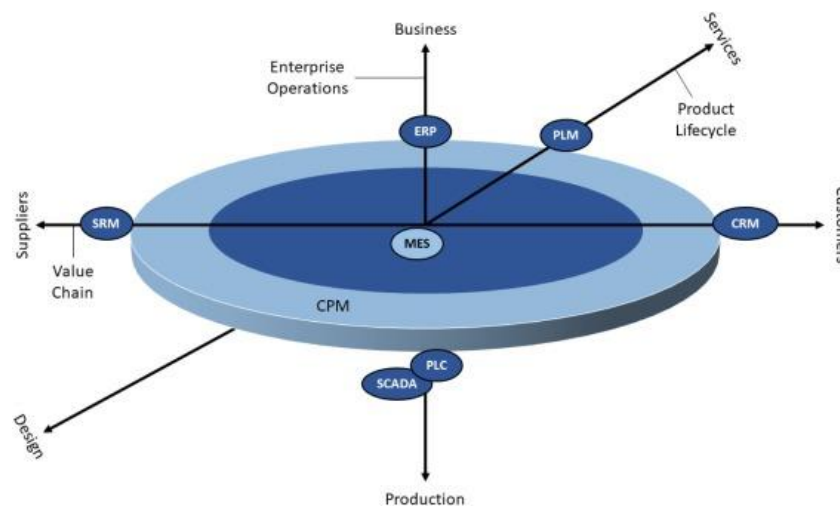
L'integrazione orizzontale avviene tra più stabilimenti di produzione, o anche l'intera catena di fornitura, sul piano di produzione. Un'azienda integrata orizzontalmente si concentra sui tipi di attività che sono strettamente correlati alle sue competenze e, inoltre, costruisce partnership per supportare la catena del valore end-to-end. Se gli impianti di produzione di un'azienda sono distribuiti, l'integrazione orizzontale può aiutare a facilitare il flusso di informazioni, ad esempio, attraverso i MES a livello di impianto. In questo caso, i dati relativi alla produzione (ad esempio, ritardi imprevisti, guasti imprevisti e livelli di inventario) devono fluire con un ritardo minimo tra gli impianti di produzione. L'integrazione della catena di fornitura richiede alti livelli di collaborazione automatizzata nella catena logistica e di fornitura a monte (si intendono i processi di produzione stessi), nonché nella catena a valle (processo di immissione sul mercato dei prodotti finiti). La caratteristica di questo tipo di integrazione orizzontale è che tutti i fornitori di servizi e fornitori di terze parti devono essere integrati in modo sicuro nel controllo logistico e nei sistemi di produzione dell'azienda in questione. Grazie a tale integrazione, tutte le unità di

comunicazione sul piano di produzione diventano oggetti con proprietà ben definite in grado di comunicare tra loro e condividere qualsiasi dato. Alla fine del processo di integrazione, viene creato un piano di produzione intelligente in grado di produrre prodotti a costi contenuti riducendo il verificarsi di eventi imprevisti.

L'integrazione verticale è un'altra direzione dello sviluppo di I4.0, con l'obiettivo principale di integrare tutti i livelli logici all'interno di un'organizzazione, a partire dal piano di produzione. Tale integrazione aiuta a prendere decisioni strategiche e tattiche perché i dati rilevanti possono fluire in modo trasparente e libero su e giù tra questi livelli. Il vantaggio principale di questo tipo di integrazione è che il tempo di reazione dell'azienda può essere ridotto drasticamente, e ciò conferisce un vantaggio competitivo sul mercato.

Questa situazione può essere vista da un altro punto di vista: le due estremità dell'asse verticale sono il lato aziendale (in alto) e il lato di produzione (in basso), i fornitori (a sinistra) e i clienti (a destra) sono le due estremità dell'asse orizzontale. Ad esempio, ERP è più strettamente correlato al lato aziendale, mentre le tecnologie SCADA e PLC sono più vicine al lato produzione. La gestione delle relazioni con i fornitori (SRM) supporta i fornitori, mentre la gestione delle relazioni con i clienti (CRM) rimane in contatto con i clienti. I sistemi PLM aiutano a gestire i processi del ciclo di vita del prodotto. Per soddisfare tutti i requisiti di I4.0 è necessario che le informazioni digitali fluiscono nel modo più efficiente possibile tra tutti i sottosistemi in condizioni controllate. Tutti i gruppi di utenti importanti in azienda, dal marketing agli acquisti e dal lavoratore al manager, dovrebbero avere accesso ai dati rilevanti attraverso la gestione collaborativa della produzione (CPM). Il MES occupa una

posizione centrale ed è all'interno del CPM; quindi ha un ruolo fondamentale in quanto può aiutare a connettere gli altri sistemi più “periferici”.



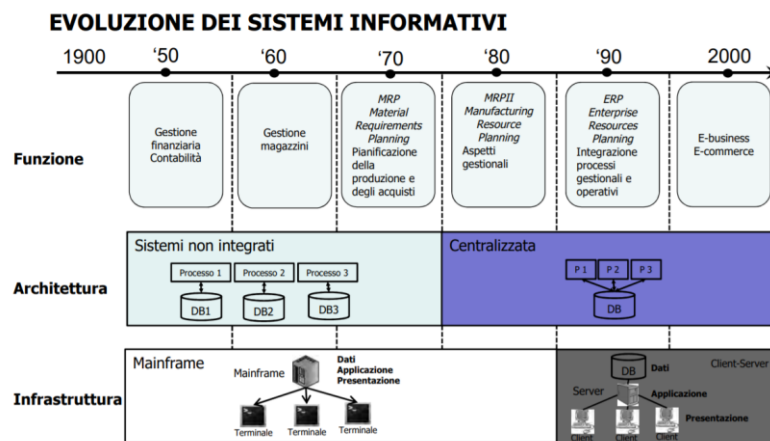
I MES tradizionali hanno un'architettura IT centralizzata, sono spesso monolitici e non usano interfacce standardizzate aperte e gli elevati sforzi di sviluppo applicati a questi, l'integrazione e la loro manutenzione li rendono costosi e altamente flessibili. Pertanto un'integrazione verticale e orizzontale completa di solito non viene realizzata.

2. MANUFACTURING EXECUTION SYSTEM

Il sistema MES è un software che, in una ideale piramide industriale, si pone tra il livello decisionale (sistemi ERP: Enterprise Resourcing Planning) e il livello di produzione (sistemi SCADA: Supervisory Control And Data Acquisition) con il fine di garantire una comunicazione tra questi ed evitare discrepanze tra quanto pianificato e quanto realmente prodotto. L'ERP è uno strumento informativo che integra tutti i processi aziendali e garantisce la centralizzazione e la coerenza delle informazioni; mentre lo SCADA è un set di software situato sopra il livello hardware. Il Manufacturing Execution System è stato sviluppato dalla metà degli anni '90 al fine di migliorare la competitività delle imprese e l'efficienza delle linee di produzione. Ma quali fattori hanno portato alla creazione e allo sviluppo dei sistemi MES? Un processo aziendale è un insieme di attività che l'azienda nel suo complesso svolge per gestire il ciclo di vita delle risorse finalizzato alla realizzazione in un prodotto (bene/ servizio). Il processo è teso al raggiungimento di un obiettivo aziendale.

Il sistema informativo (insieme di procedure e infrastrutture che definiscono e supportano il flusso delle informazioni all'interno di un'organizzazione) si occupa di gestire la risorsa "informazione". È importante sottolineare che il termine "gestire" copre diverse operazioni: raccogliere (acquisizione di informazioni), archiviare (conservazione di informazioni), elaborare (trasformazione, correlazione di informazioni) e distribuire (scambio di informazioni). Il sistema informatico è una porzione automatizzata del sistema informativo, il quale consiste nell'insieme di calcolatori, reti informatiche e procedure per la memorizzazione, elaborazione e

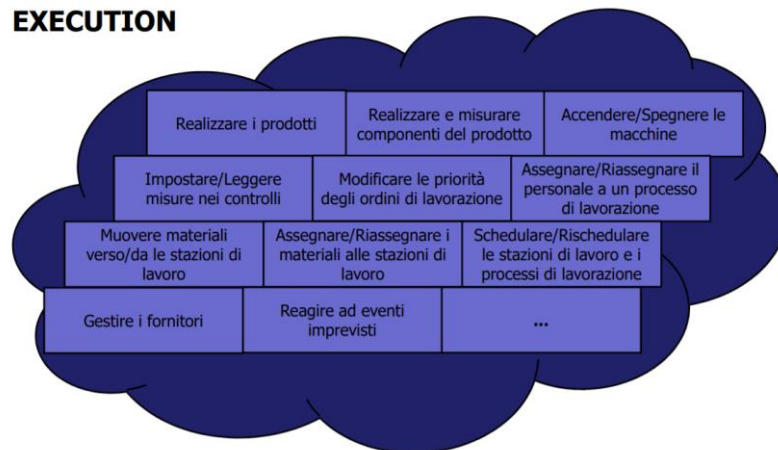
trasmissione delle informazioni. Nel corso degli ultimi anni si è passati quindi da processi informativi gestiti con metodi manuali ad una automatizzazione dei processi informativi mediante semplici e rapide procedure di registrazione, archiviazione, elaborazione, ricerca dei dati.



Una corretta gestione delle informazioni consente di minimizzare i costi di produzione, ridurre la necessità di personale, ottimizzare l'utilizzo dei materiali. Nell'ultimo ventennio, nell'ambito dell'industria manifatturiera, ha acquistato sempre più importanza la rilevazione delle informazioni legate al ciclo produttivo: da esse si può dedurre l'efficienza del processo di produzione e da questa l'ammontare dei costi. L'accrescere di tale importanza ha portato allo sviluppo di sistemi informatici sempre più specializzati per la gestione dei dati legati al processo produttivo: dai primi sistemi di gestione dell'inventario all'ultima novità del settore, i sistemi MES (Manufacturing Execution Systems).

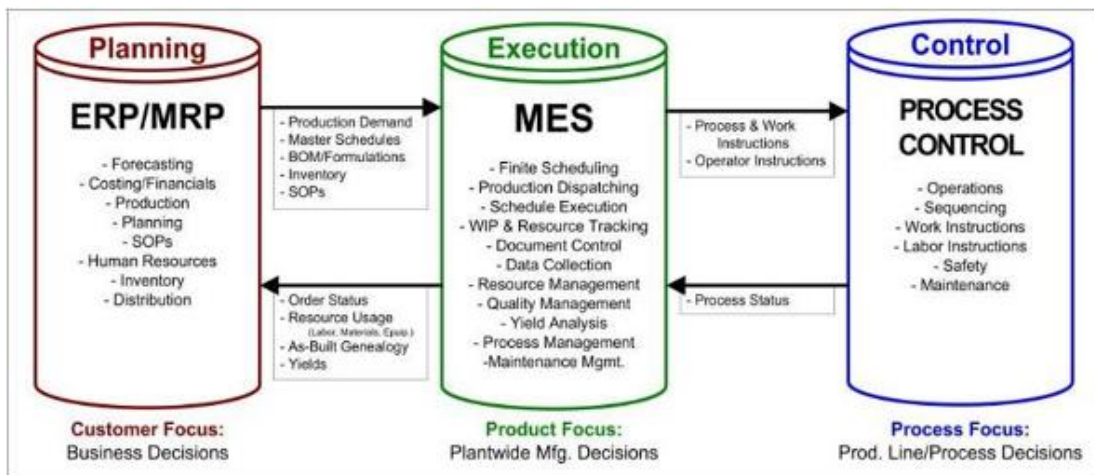
In ambito manifatturiero il termine "execution" si traduce in "esecuzione della produzione", che abbraccia l'insieme di operazioni che concorrono alla trasformazione di materie prime o semilavorati in prodotti finiti.

EXECUTION



I sistemi MES rispondo a molteplici esigenze, in particolar modo tracking e tracing della produzione per determinare: quando un articolo è stato prodotto, con quali eventuali semilavorati. Il tracking (tracciabilità) indica il processo che permette di stabilire quali informazioni devono essere registrate e messe in evidenza, ovvero, l'attività di tracciare mediante apposita etichettatura; mentre il tracing (rintracciabilità) è la capacità di ritrovare queste informazioni lungo la catena. La funzionalità MES copre la raccolta dei dati e l'analisi di tre aspetti della produzione:

- Passato: archiviazione e analisi dei dati storici delle esecuzioni di processi passati.
- Presente: controllo in tempo reale ad anello aperto e chiuso del processo.
- Futuro: prognostica e pianificazione delle esecuzioni future del processo, nonché avviso tempestivo di deviazioni di processo o di qualità.



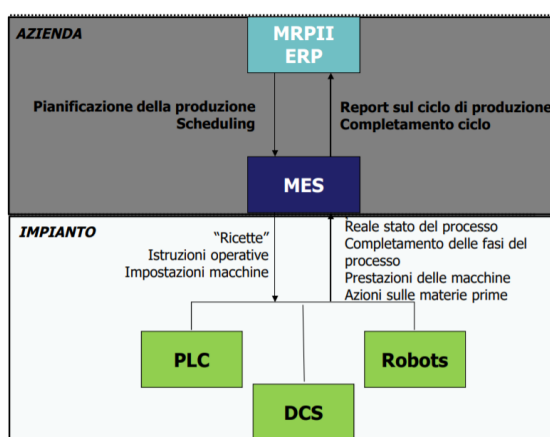
2.1 INFRASTRUTTURA E ARCHITETTURA DEL MES

Tipicamente utilizza il paradigma client/ server e basi di dati relazionali. Sono previste interfacce per la connessione ad altri sistemi di gestione e supervisione; inoltre viene eseguito da uno o più calcolatori (PC, workstation, minielaboratori) connessi in rete. Il sistema informatico svolge tre principali funzioni: raccoglie i dati in tempo reale, organizza e archivia i dati in un database centralizzato e rende i dati accessibili in tutta la rete, integrando i dati disomogenei provenienti da altri sistemi informativi. Esistono alcuni modelli di riferimento creati da organizzazioni come la Manufacturing Enterprise Solutions Association (MESA), ISA, NAMUR e il VDI tedesco per definire insiemi di funzioni ampiamente sovrapposte per MES. Il sistema MESA descrive undici aree funzionali, quali:

gestione delle risorse (macchine, strumenti, ...), gestione dei materiali in ingresso e prodotti intermedi utilizzati nella produzione, raccolta dei dati relativi al processo produttivo (materie prime, personale, macchine), analisi del prodotto e del processo, manutenzione macchine, confronto tra valori effettivi e desiderati misurati negli

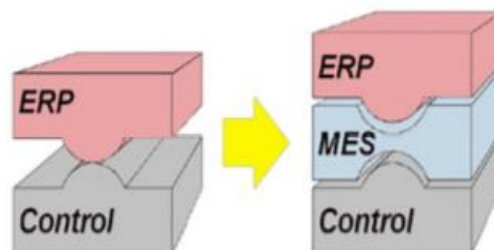
impianti, pianificazione dettagliata volta ad ottimizzare l'utilizzo delle risorse, gestione e distribuzione delle informazioni su processi/ prodotti, gestione degli ordini, controllo del flusso di lavoro dell'impianto di produzione, documentazione di tutti gli eventi legati alla realizzazione di un prodotto. Inoltre la ISA, International society of Automation, realizza studi di ricerca e sviluppo per nuove tecnologie, fornisce formazione professionale, tiene conferenze sui temi emergenti dell'automazione.

Un sistema MES collega tutte le parti: riceve l'input dall'ERP, imposta il piano di produzione, indicando i materiali da utilizzare e i tempi di lavorazione/fasi, successivamente gestisce le indicazioni per il PLC, raccoglie il dato in tempo reale e lo fornisce in output all'ERP per poi memorizzare i dati e restituire una serie di informazioni e statistiche, utili a comprendere l'intero processo produttivo e a come ottimizzarlo.



2.2 FUNZIONI DEI SISTEMI MES: FILLING THE GAP

Il ruolo chiave del Manufacturing Execution System è colmare il vuoto tra il sistema di pianificazione e il sistema di controllo, coniugando l'ottimizzazione dei processi produttivi e logistici con il controllo della disponibilità delle risorse e della qualità dei prodotti. Si pone, quindi, come anello di congiunzione tra il mondo delle Operations Technologies (OT), focalizzato sui processi di produzione e sull'automazione di processo, e il mondo delle Information Technologies (IT), caratterizzato da flussi di informazioni, database e anagrafiche di business propri dei sistemi ERP. L'azienda manifatturiera utilizza il processo di pianificazione per determinare come i prodotti devono essere fabbricati. Una volta che il piano di produzione è sviluppato, è necessario "tradurlo" nel processo di produzione che utilizza le risorse reali effettivamente disponibili.



Sono molteplici le funzioni abbracciate da questi sistemi:

1. Gestione del lavoro. La gestione del lavoro dirige e traccia la disponibilità e l'uso di personale di produzione basato su competenze e qualifiche nonché vincoli come le assenze. Il software è distribuito a livello globale, aggiungendo un alto livello di complessità e quindi richiede gestione più disciplinata del lavoro e del personale. Informazioni complete sugli

sviluppatori, oltre a quelle necessarie nei sistemi MES tradizionali, potrebbero essere prese in considerazione durante lo sviluppo del software assegnazione del compito.

2. Allocazione e stato delle risorse. L'allocazione delle risorse riguarda la direzione e il monitoraggio della mappatura specifica di persone, strumenti e materiali per le attività. Nello sviluppo del software, le risorse principali che devono essere allocate sono le persone, però potrebbero essere necessarie altre scarse risorse da gestire, come: licenze per strumenti speciali e accesso a schede di prototipazione e strumenti di debug hardware.
3. Spedizione delle unità di produzione. La fase di invio si occupa della decisione di quali attività lavorare successivamente, date priorità, dipendenze, e risorse. Simile all'allocazione delle risorse, le attività di sviluppo sono in genere svolte dai responsabili del team in modi informali sulla base di elenchi di requisiti e programmi acquisiti nei piani di gestione del progetto. L'invio delle attività di test può essere più formale, se vengono utilizzati piani e gestione dei test. I test di compilazione e integrazione sono spesso automatizzati e attivati dal check-in del codice nel software sistema di gestione della configurazione.
4. Monitoraggio e genealogia del prodotto. Un'organizzazione produttrice di software per il mercato di massa potrebbe non essere interessata al luogo in cui i suoi prodotti vengono venduti, installati e utilizzati e quindi potrebbe non essere necessario il monitoraggio del prodotto. Tuttavia, in un numero crescente di domini applicativi, la vendita iniziale risulta essere solo il punto di partenza per una serie continua di aggiornamenti avviati dal fornitore. A

tale scopo, il fornitore di software deve sapere quale cliente possiede quali versioni del software in modo che la comunicazione con i clienti e le distribuzioni degli aggiornamenti possano essere pianificate ed eseguite in modo efficiente. Un altro driver per la necessità di sapere esattamente quale versione e configurazione vengono installate e in quale sito, si verifica ogni volta che il produttore del software si assume la responsabilità di supportare i propri clienti nella rimozione della sicurezza o difetti relativi alla sicurezza scoperti dopo il rilascio. Oggi c'è un'aspettativa crescente che i fornitori di software accettano tale responsabilità, e ad un certo punto questa potrebbe persino diventare legalmente obbligato in alcuni settori. Il monitoraggio della provenienza dei contributi al prodotto software è importante per tre motivi. Il primo nasce dall'intellettuale diritto di proprietà e diritto d'autore necessario di garantire e documentare che nessun IP senza licenza venga utilizzato nell'applicazione sviluppata. Il secondo motivo deriva da altri requisiti legali che richiedono di dimostrare che gli sviluppatori coinvolti nella creazione di determinati artefatti hanno determinate qualifiche (ad es. licenza di ingegnere professionista, certificazione di ingegnere della sicurezza, ecc.) o soddisfare altri vincoli personali come la cittadinanza o il nulla osta di sicurezza. Una combinazione di genealogia del prodotto e le funzioni di gestione del lavoro possono raggiungere questo obiettivo. Preoccupazioni per backdoor o altre vulnerabilità di sicurezza intenzionali o funzionalità dannose sono la terza motivazione che portano al monitoraggio della provenienza. Un cliente potrebbe voler conoscere l'origine di tutti i pezzi in un'applicazione software o sistema integrato per valutare il rischio di infiltrazione di malware. Per

affrontare le sfide sopra descritte, un'applicazione software MES dovrebbe essere in grado di cercare collisioni nel codice prodotto con codice sorgente problematico noto e anche per gestire in modo sicuro certificati dettagliati di provenienza / originalità forniti dagli sviluppatori insieme a ogni pezzo e versione di codice che presentano al sistema di gestione della configurazione software. Per ogni prodotto e versione il MES dovrebbe essere in grado di fornire una "distinta base" del software annotata con informazioni sulla provenienza a prova di manomissione.

5. Gestione della qualità. In un MES, la gestione della qualità implica la registrazione e il monitoraggio misurando i parametri di qualità dei prodotti e dei processi di lavoro, confrontandoli con gli obiettivi e innescando reazioni al di sotto dell'obiettivo qualità. Molti strumenti di sviluppo software dispongono di API per il calcolo delle metriche, ma tale raccolta di dati avviene raramente in un sistema con ampia copertura. In un progetto software, una qualsiasi metrica da sola di solito non risulta sufficiente a fornire una base per il processo decisionale della direzione o per individuare processi problematici.
6. Analisi di performance. In un MES, l'analisi delle prestazioni include la misurazione dei parametri di esecuzione dell'attività, il calcolo degli indicatori chiave di prestazione (KPI), ad esempio sulla qualità, disponibilità, produttività, confrontandole con gli obiettivi fissati dall'organizzazione o anche da organismi di regolamentazione esterni, come presentare e visualizzare questi KPI per i vari stakeholder (per esempio: direzione superiore, risorse umane, gestione della produzione, tester / QA, gestione del

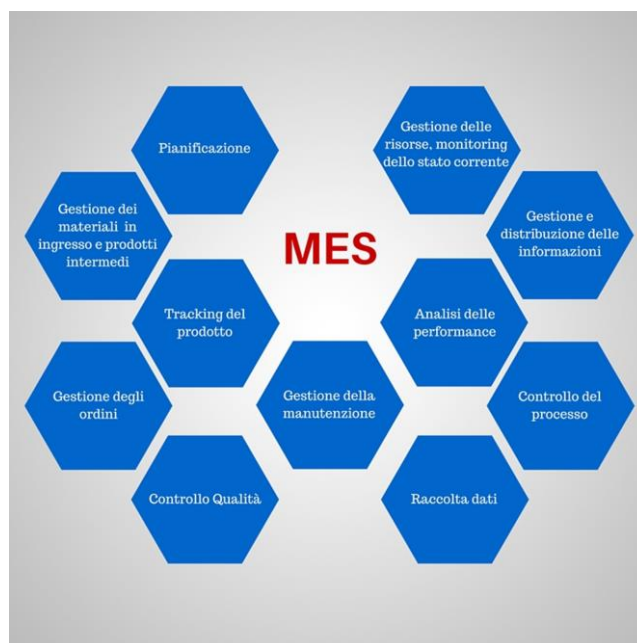
prodotto, vendite, gestione della fornitura, manutenzione, logistica). Nei progetti di sviluppo software, l'analisi delle prestazioni per i diversi stakeholder è simile. A tale scopo è disponibile una varietà di metriche relative al processo e al prodotto, tipici esempio sono: fornire agli architetti del software un feedback tempestivo relativo all'architettura proposta, se risulta o meno accurata ed efficiente, oppure il collegamento tra la pianificazione pianificata ed effettiva, e alla loro valutazione per consentire il controllo del valore realizzato in tempo reale per i progetti. Un software MES potrebbe garantire queste informazioni opportunamente aggregate e disponibili per ogni stakeholder. Vengono, quindi, analizzate le prestazioni creando circuiti di controllo per correggere le deviazioni operative (a breve termine) e per ottimizzare e qualificare i processi (a lungo termine).

7. Gestione del processo. La gestione dei processi nei sistemi MES implica la direzione e il monitoraggio del file flusso di lavoro attraverso l'impianto, creando allarmi in caso di deviazioni e fornendo supporto decisionale per correggere deviazioni o reagire su altri eventi, inclusi flussi di lavoro di approvazione e gestione dell'escalation. Gli strumenti per rilevare e fornire indicazioni sulle deviazioni del processo nello sviluppo del software sono disponibili, ad esempio, sotto forma di build sistemi che inviano avvisi in caso di build difettose, tipo smoke-test, suite di test di regressione, visualizzazione del software e strumenti di analisi dell'impatto a supporto del team di sviluppo nel trovare l'approccio meno rischioso alla realizzazione di modifiche necessarie.

8. Pianificazione dettagliata. In un MES, la pianificazione implica una sequenza ottimale di attività considerando le capacità di risorse finite e altri vincoli. La pianificazione dettagliata e il controllo del processo supportano l'elaborazione degli ordini. Considera la disponibilità di risorse, come materiali, sistemi di produzione e forza lavoro, e le imposta in un ordine cronologico. Inoltre deve essere in grado di reagire a eventi imprevisti in tempo reale.
9. Controllo documenti. In un MES, il controllo dei documenti implica la distribuzione di informazioni rilevanti alle persone che lavorano sui compiti al momento giusto (come: documentazione di progettazione, ordini di lavoro) e raccolta di nuovi documenti risultanti dalla produzione (documentazione di progetto, certificazioni di provenienza). L'ingegneria del processo di produzione richiede molti sforzi per fornire istruzioni chiare e concise sull'attività da svolgere e sulla realizzazione di informazioni di supporto necessarie a disposizione del lavoratore. L'obiettivo è ridurre al minimo il tempo a disposizione del lavoratore. Nello sviluppo del software, esiste in genere un sistema di gestione dei documenti per l'archiviazione a lungo termine e la gestione delle versioni dei documenti. Informazioni come requisiti correlati, descrizioni di progettazione e ticket di tracciabilità dell'emissione sono solitamente conservati in sistemi separati e devono essere integrati manualmente dallo sviluppatore.
10. Gestione della manutenzione. In un MES, la gestione della manutenzione implica la raccolta di statistiche sulle prestazioni e sui tempi di attività degli strumenti e sulla pianificazione del lavoro di miglioramento. Poiché ci sono

pochi strumenti fisici soggetti a usura coinvolti nello sviluppo del software, la manutenzione della macchina è di scarsa importanza. Tuttavia, è chiaro che il software (codice) cambia molto più frequentemente rispetto alla manutenzione hardware e software. Inoltre, si potrebbe immaginare quel rallentamento e tempi di inattività dell'infrastruttura IT per aggiornamenti software o hardware o virus. È possibile utilizzare dati di serie temporali sull'utilizzo degli strumenti per identificare dove si sperde troppo tempo in progettazione e quindi trovare quali elementi del processo sono inefficienti e causa dei colli di bottiglia. La gestione delle apparecchiature garantisce la disponibilità, la funzionalità e l'affidabilità di queste e dei servizi pubblici, quindi va a supportare il processo di manutenzione. Può essere suddiviso in macchine e luoghi di lavoro manuali, strumenti e attrezzature di supporto e risorse operative immateriali, come i programmi di controllo numerico.

Ad attività di corebusiness, quali: Interfaccia con il livello di pianificazione, gestione degli ordini, gestione delle stazioni di lavoro, gestione dei materiali e del magazzino, movimentazione del materiale, raccolta dati e gestione degli eventi straordinari, si aggiungono altre attività di supporto, tra cui: gestione della manutenzione, gestione delle presenze del personale, controllo statistico di processo, controllo qualità, dati/prestazioni di processo, gestione della documentazione, genealogia del prodotto, gestione dei fornitori. Si parla, perciò, di un sistema corposo, costituito da molteplici funzionalità interconnesse tra di loro. L'utilizzo di questi strumenti va ad incrementare l'efficienza dell'azienda e la sua capacità di avere una visione chiara e trasparente in tutte le attività aziendali.



2.3 VANTAGGI E SVANTAGGI

Al giorno d’oggi i sistemi MES risultano molto diffusi e adottati da varie aziende.

Questi sistemi permettono di avere disponibili in tempo reale i dati di avanzamento in produzione (tempi e pezzi prodotti) e quindi di controllare in real-time il processo produttivo stesso con effetti positivi in termini di gestione delle emergenze (allarmi, fermi, rotture) e di decision making. Raccogliendo i dati in real time è possibile creare il cosiddetto “as-built record” dei processi di fabbricazione, particolarmente importante nei settori regolamentati, come il food&beverage o il farmaceutico.

Applicazioni pratiche possono essere: la possibilità di identificare e ridurre i colli di bottiglia in produzione, analizzare e ridurre l’incidenza degli scarti e dei rilavorati sul processo produttivo, analizzarli e ridurli con conseguente incremento dell’efficienza.

Molteplici sono i loro vantaggi:

- Miglioramento delle performance produttive (diminuzione scarti, diminuzione dei tempi di setup);
- Riduzione dei tempi del ciclo di produzione;
- Riduzione/eliminazione dell'immissione manuale dei dati;
- Riduzione/eliminazione dei documenti tra i reparti;
- Eliminazione documenti perduti;
- Miglioramenti della qualità del prodotto (riduzione difetti);
- Riduzione dei Work-In-Process (costi dovuti all'immobilizzazione delle giacenze di materie prime e di semilavorati);
- Capacità di risposta ad eventi imprevisti;
- Visione globale delle attività dello stabilimento e degli indicatori di produzione;
- Supporto nei processi di controllo qualità (attraverso la riduzione degli errori umani) e manutenzione;
- Pianificazione della produzione utilizzando al massimo le risorse disponibili, programmando e adeguando costantemente la produzione in base alle esigenze.

Ad assumere un ruolo importante sono le funzionalità di gestione della tracciabilità e della qualità di produzione, le quali possono portare notevoli benefici in termini di riduzione dei difetti e dei conseguenti reclami da parte dei consumatori e, inoltre, una riduzione di eventuali costi per richiamo di prodotti difettosi dal mercato.

Ancora oggi molte aziende, soprattutto in Italia, raccolgono i dati delle macchine automatiche su fogli di carta: questo implica che un operatore impieghi del tempo per la trascrizione e che ci sia poi qualcuno che inserisca i dati su un qualche software per effettuare, ad esempio, il calcolo dell'efficienza. Un sistema MES è in grado di digitalizzare questa procedura, raccogliendo in modo automatico i dati della lavorazione della macchina e versando i pezzi prodotti a magazzino. Il risparmio in termini ore/uomo impiegate nella gestione dei dati è dunque il principale beneficio che un sistema MES può portare in azienda. La sua applicazione non comporta recuperi di efficienza e di produttività in maniera diretta ma rappresenta, tuttavia, un valido veicolo a supporto dei responsabili di produzione e dei capi reparto affinché inneschino il processo di miglioramento.

Tuttavia, nonostante i numerosi vantaggi, sono da sottolineare anche i punti deboli del paradigma, in modo da poterne migliorare nel tempo le prestazioni. In primo luogo i Manufacturing Execution System sono sistemi altamente personalizzati e di conseguenza di difficile installazione, richiedendo tempi medio-lunghi di progettazione e costi elevati.

Inoltre per alcune realtà l'introduzione di questi sistemi può portare un cambio delle politiche di produzione, quindi è necessario farne un uso appropriato: l'adozione di un MES è vantaggiosa e proficua nel momento in cui i dati raccolti sono fedeli alla realtà.

Secondo delle ricerche effettuate in precedenza, sono stati rilevati diversi potenziali di miglioramento, citandone alcuni: il sistema deve calcolare i tempi di ciclo in tempo reale, considerando la modifica dei parametri di produzione; il sistema deve

analizzare le prestazioni della apparecchiature in tempo reale e fornire KPI specifici in un formato aggregato; il sistema deve rintracciare i prodotti, registrare la loro posizione esatta sul corriere (wafer) e collegare ad esso i relativi processi e dati di qualità.

Il MES diventa oggi il punto di incontro tra molte fonti di informazioni, che spesso arrivano con una elevata frequenza e da più sistemi diversi. L'obiettivo di questo "accentratore" è quello di rendere questi dati correlabili con il contesto e con il resto dei processi produttivi già esistenti in azienda, sia automaticamente tramite algoritmi intelligenti, sia con l'intelligenza del processo produttivo affrontato.

2.4 MANUFACTURING ENTERPRISE SOLUTIONS

ASSOCIATION

Il MESA ha cercato di standardizzare le funzionalità che un MES deve possedere. Nonostante ciò sul mercato ritroviamo sistemi MES anche molto differenti tra loro in termini di completezza funzionale, capacità integrative, e libertà di configurazione e adattabilità. Secondo il MESA un Manufacturing Execution System deve: gestire gli ordini di produzione, gestire tutte le risorse coinvolte nella gestione della produzione, eseguire le fasi di produzione controllandone l'avanzamento, tracciare ogni prodotto, materia prima e macchinario, raccogliere dati e monitorare costantemente l'andamento produttivo con il fine ultimo di analizzarne la performance.

3. SUPPLY CHAIN

Il termine supply chain riguarda la gestione di tutta la catena di distribuzione, con particolare riferimento alla logistica e al rapporto con i fornitori. Gestione della catena di fornitura significa coordinare i flussi di materiali, informazioni e capitali sia all'interno che tra gli attori della catena di fornitura. Questa catena garantisce la produzione e la distribuzione dei prodotti al momento giusto, nel posto giusto e nell'esatta quantità, nel rispetto delle esigenze dei consumatori e il tutto al minor costo possibile. Si basa soprattutto sulla previsione, programmazione e coordinamento del flusso delle merci, e sulle aspettative del cliente finale. La catena di distribuzione è l'insieme di più soggetti direttamente coinvolti (a monte oppure a valle) nel flusso di beni, servizi, denaro, informazioni, partendo dalla materia prima fino ad arrivare al cliente finale. È importante stabilire in questo ambito la differenza tra flusso informativo e flusso fisico: il flusso fisico cura la distribuzione del prodotto dal punto dove viene creato a dove viene utilizzato (da monte verso valle); mentre il flusso informativo è l'esatto opposto poiché vede informazioni provenienti da valle (cliente finale) elaborate e indirizzate verso monte. Nello specifico la catena di distribuzione si compone di nove attività, secondo un ben preciso ordine: marketing, rapporti con i fornitori, approvvigionamenti, gestione e stoccaggio delle scorte delle materie prime, produzione, gestione e stoccaggio dei prodotti finiti, gestione degli ordini di acquisto, gestione delle consegne, logistica di restituzione dei resi.

Ci troviamo davanti ad un sistema complesso ed integrato con molte funzioni, attività e organizzazioni perciò è fondamentale un coordinamento tra le varie attività.

“Il coordinamento è l'atto di gestire le dipendenze dalle entità con uno sforzo

congiunto per lavorare insieme verso obiettivi definiti reciprocamente” (Xu e Beamon, 2006). I vantaggi del coordinamento includono un migliore utilizzo delle risorse, costi operativi ridotti, maggiori profitti, maggiore soddisfazione del cliente e maggiore efficienza nello sviluppo del prodotto. Il coordinamento della catena di fornitura può essere supportato attraverso funzioni quali previsione, gestione della produzione, gestione della manutenzione, gestione della distribuzione e trasporto, progettazione del prodotto e interfacce a monte e a valle. Può anche riguardare attività semplici: in un magazzino cross-dock, ad esempio, è possibile coordinare l'arrivo e la partenza dei camion. L'integrazione, la collaborazione e la cooperazione sono anche collegate al coordinamento della catena di fornitura.

L'integrazione si riferisce a una combinazione di diversi livelli decisionali. Esistono due tipi di integrazione: orizzontale e verticale. Il primo riguarda la pianificazione congiunta dei flussi a più livelli della catena di approvvigionamento; mentre il secondo riguarda la sincronizzazione di due o tre piani strategici, tattici e operativi. Anche i decisori nelle catene di fornitura mostrano a volte la loro sfiducia nella costruzione di rapporti di collaborazione e del suo impatto sulle prestazioni delle loro aziende, ma la collaborazione secondo la ricerca è una necessità per costruire vantaggi competitivi e risulta sempre di più un requisito fondamentale per operare nel modo più efficace. Collaborare significa lavorare insieme condividendo risorse, informazioni, obiettivi e rischi. La collaborazione può essere tra i membri della catena di approvvigionamento o tra le catene di approvvigionamento. Strumenti come ERP (Enterprise Resource Planning), EDI (Electronic Data Interchange), CPFR (Collaborative Planning, Forecasting and Replenishment) e MES (Manufacturing Execution System) vengono utilizzati in questi sforzi di

collaborazione e coordinamento lungo la catena di fornitura. Molti lavori che si occupano di pianificazione della catena di fornitura e collaborazione si concentrano sulla pianificazione dei trasporti. Collaborative Transportation Management (CTM) è un approccio emerso per mettere in comune le risorse di trasporto attraverso una o più catene di fornitura tra più partner condividendo informazioni e rischi. Nella gestione della catena di fornitura, la pianificazione può essere a lungo termine, a medio termine o a breve termine. Pertanto, ci sono tre decisioni di gestione e livelli di pianificazione: pianificazione strategica, pianificazione tattica e pianificazione operativa. La pianificazione strategica riguarda le decisioni che hanno un impatto ampio e di lungo termine su un'organizzazione ed esternamente ha come obiettivo primario la soddisfazione del mercato e la costruzione di un vantaggio competitivo. Gli esempi includono l'ubicazione dei siti (di produzione o distribuzione) tenendo conto di potenziali fornitori, capacità e flussi di materiali e prodotti lungo tutta la catena logistica. Il problema dell'ubicazione e dell'allocazione è un concetto chiave, che corrisponde alla progettazione della catena di approvvigionamento. La pianificazione tattica riguarda le decisioni a medio termine come la pianificazione della produzione, gli acquisti, la frequenza delle visite dei clienti e le regole di trasporto. È finalizzato alla soddisfazione del mercato. La pianificazione operativa riguarda le decisioni a breve termine e si concentra sulla programmazione delle sequenze e sull'allocazione delle risorse alle attività. Gli esempi includono la sequenza delle attività di produzione, l'assegnazione di camion alle banchine in un magazzino e il percorso dei veicoli.

3.1 SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

L'economia mondiale sta crescendo rapidamente, di conseguenza, la domanda di trasporti e logistica delle merci è in aumento; quindi è essenziale che vi sia un'adeguata pianificazione da parte delle imprese e altre parti interessate per soddisfare le esigenze sociali, economiche e ambientali di una rete di filiera in rapida crescita.

Per stare al passo con lo sviluppo delle tecnologie e con le richieste sempre più esigenti da parte dei consumatori, sono necessari maggiori investimenti in infrastrutture ben progettate per garantire operazioni logistiche sicure e veloci, con particolare attenzione ai sistemi di trasporto intelligenti per consentire la pianificazione e il coordinamento efficienti delle operazioni logistiche. Il trasporto merci è uno dei principali contributori al cambiamento climatico, quindi la collaborazione nel trasporto merci per ridurre i viaggi inefficienti consente la riduzione delle emissioni di carbonio e di conseguenza una riduzione dei costi.

Con l'avvento dell'Industrial-IoT, il MES può assumere un ruolo ancora più centrale all'interno della fabbrica 4.0, diventando lo snodo di smistamento delle informazioni raccolte sia sul campo sia dal sistema ERP. Ciò ha portato alla sostituzione della tradizionale architettura piramidale con un nuovo paradigma dove applicazioni e dispositivi dialogano tra loro, collegandosi ad un'infrastruttura centrale. Questo nuovo modello apre le porte della fabbrica verso una supply chain 4.0 e attribuisce spazio alla creazione di nuovi modelli di business.

Per anni la supply chain è stata composta da una serie di step isolati, dallo sviluppo di un prodotto, dal marketing alla produzione e distribuzione del prodotto. Quando

sono applicate le logiche di Industria 4.0 questi step isolati diventano un unico processo completamente integrato. La gestione della supply chain risulta migliorata in vari punti di vista:

- Più efficienza nella condivisione e trattamento dei dati: la gestione dei prodotti nell'inventario o il trasporto delle risorse richiedono collaborazione per essere efficienti
- Trasporti e logistica ottimizzati: ogni parte del processo di ordine, trasporto e spedizione della merce si appoggia ad un sistema di ottimizzazione attività, che permette di evitare alti costi e mancanza di sincronizzazione.
- Feedback per migliorare la qualità: sapere dove sono i problemi di un sistema di Supply Chain permette di allocare risorse per risolverli; e per fare ciò è necessario avere a disposizione informazioni affidabili.
- Stabilità a lungo termine: costruire una relazione di fiducia con tutti i partecipanti del processo di supply chain è importante per avere una stabilità a lungo termine.

Un ruolo molto importante è assunto dall'IoT: permette infatti la creazione del network che collega devices, veicoli, software, macchinari, sensori e tutto ciò che deve essere interconnesso per migliorare l'efficienza della catena.

Per gestire in modo efficiente l'intera catena di distribuzione è necessario definire delle metodologie gestionali e adottare soluzioni software capaci di snellire la produzione, minimizzando gli sprechi, e di identificare come imballare la merce per massimizzare i profitti. Il tema della Supply Chain Management è più che mai attuale: infatti, se compreso e applicato nel modo giusto, può portare interessanti

benefici alle aziende in termini di costi, tempistiche, efficacia ed efficienza. Non esiste, tuttavia, ancora una definizione univoca del Supply Chain Management (SCM), in quanto si tratta di un insieme relativamente recente di metodologie gestionali e soluzioni software che consentono di gestire in modo efficiente l'intera catena di distribuzione. In passato il termine "supply chain management" si utilizzava per parlare della gestione del magazzino e delle scorte all'interno di una supply chain; successivamente furono coniate altre definizioni che possono essere sintetizzate in quattro approcci: integrazione logistica, integrazione verticale tra imprese, processo di gestione e coordinamento, filosofia manageriale di gestione che guida chi opera lungo la supply chain verso la creazione di valore per il cliente. Il supply Chain Management può essere definito come un coordinamento sistematico delle tradizionali funzioni aziendali e delle tattiche, all'interno di ogni organizzazione e lungo la catena di distribuzione, che ha l'obiettivo di migliorare le prestazioni di lungo periodo dei diversi attori che operano lungo la supply chain. Nel 2007 "The council of SCM Professionals" ha stabilito che il Supply Chain Management comprende la pianificazione e la gestione di tutte le attività coinvolte nella ricerca, nella fornitura, nella conversione e nella gestione delle attività logistiche. Include, inoltre, la coordinazione, l'integrazione e la collaborazione con i partner della supply chain, che possono essere fornitori, intermediari, fornitori di servizi, e clienti. È importante sottolineare che l'ambito di interesse strategico del Supply Chain Management è cambiato negli anni: precedentemente si guardava più al funzionamento interno dell'azienda che agiva sul mercato come un'entità a sé, senza collegamenti sostanziali con le altre imprese; attualmente, invece, con l'esponentiale crescita della tecnologia, si deve agire in interconnessione con tutte le

aziende che entrano nel processo di distribuzione e di logistica, per arrivare a realizzare un prodotto finale diretto al cliente. È il cliente, infatti, il fulcro di tutto il sistema di distribuzione, che si avvale anche di specifiche consulenze di personale esperto nel settore, per avere il massimo con il minimo impiego di risorse. Lo scopo del SCM è controllare le prestazioni e migliorare l'efficienza per ottimizzare il livello di servizio reso al cliente finale, razionalizzando i costi operativi e il capitale impiegato. Diventa quindi uno strumento su cui le aziende possono puntare per aumentare la loro competitività e la soddisfazione del cliente. La gestione efficiente della catena di approvvigionamento consente alle aziende di ridurre il time to market (tempo dedicato allo studio di mercato, studi di fattibilità, ingegnerizzazione, creazione di un prototipo, produzione in larga scala, immissione sul mercato), diminuire i prezzi dei prodotti e assicurare una differenziazione rispetto ai competitor. Tutto questo è stato reso possibile grazie all'avvento di internet, il quale ha reso strategico il Supply Chain Management, rendendo più facili e immediate la coordinazione, l'integrazione e la comunicazione tra i membri che operano lungo la catena. Ciò si traduce in una più precisa previsione della domanda, che permette di comprendere le esigenze dei consumatori; in una pianificazione della domanda puntuale, per realizzare piani di azione attendibili e precisi e ridurre il numero dei resi; in un processo di trattamento degli ordini ottimizzato; in una migliore previsione della capacità produttiva, ottimizzando l'uso degli impianti; la pianificazione dell'utilizzo delle materie prime; in una più efficace integrazione tra domanda e fornitura e tra produzione, logistica e marketing.

Di rilevante importanza risulta essere, perciò, il ruolo del Supply Chain Manager: colui a cui viene affidata la responsabilità dell'intera filiera, pianificando,

organizzando, controllando e ottimizzando tutte le attività che permettono di avviare il processo di trasformazione che genera beni e servizi offerti al mercato. Questa figura dovrà avere non solo competenze specifiche per assicurare l'efficienza dei processi, ma deve anche avere doti di leadership che gli permettano di prevedere i possibili cambiamenti. Importante, inoltre, è che abbia conoscenza dei principali software gestionali per poi riuscire a riconoscere ed affrontare le criticità dell'azienda.

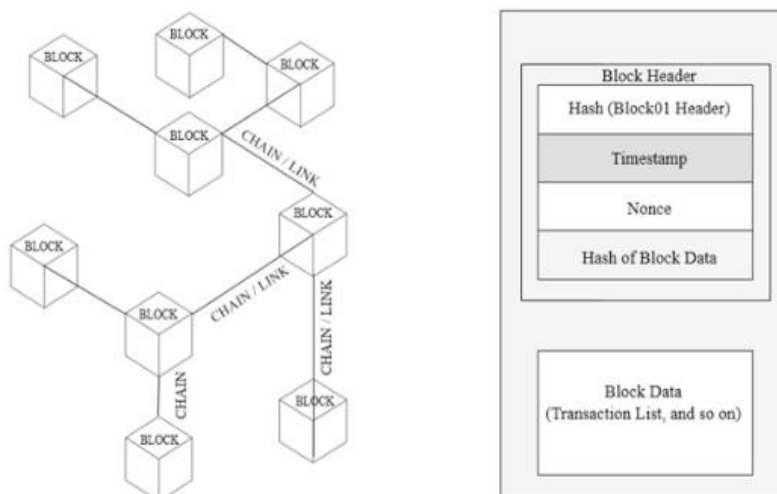
3.2 TECNOLOGIA BLOCKCHAIN

In un mercato globale, come quello a cui stiamo assistendo, i clienti non sono a conoscenza della provenienza dei prodotti acquistati: nonostante molte aziende abbiano investito in iniziative di trasparenza, spesso non è chiaro ai clienti in che modo viene aggiunto valore a un prodotto lungo la catena di fornitura. I clienti in genere si affidano a spunti per valutare i valori tangibili e simbolici dei prodotti e utilizzano l'euristica per valutare i potenziali rischi di un acquisto. Ad esempio, le etichette del paese di origine (ad esempio, made in Italy), le certificazioni (ad esempio, commercio equo e solidale, non OGM, biologico) e i marchi stessi possono essere dei segnali di rassicurazione o badge che possono ridurre i rischi percepiti dai clienti. Nonostante ciò, i recenti scandali riguardanti l'approvvigionamento e la fornitura di prodotti hanno messo in discussione l'affidabilità di queste deleghe e la misura in cui garantiscono la reale qualità e sicurezza dei prodotti. Per colmare questa mancanza di consapevolezza, la tecnologia blockchain può essere implementata nelle catene di approvvigionamento. Le informazioni relative all'origine, alla produzione, alle modifiche e alla custodia dei prodotti consentono ai

clienti di essere certi delle loro decisioni di acquisto. Questa tecnologia innovativa, attraverso l'utilizzo di un'infrastruttura di dati decentralizzata distribuita su una grande rete, può offrire soluzioni potenti per migliorare la conoscenza della provenienza dei prodotti fornendo un solido sistema per tracciare l'origine, certificare l'autenticità, tracciare la custodia e verificare l'integrità dei prodotti. Si occupa di: registrare e proteggere le transazioni di dati, beni e servizi finanziari in una rete peer-to-peer, ridurre i costi delle transazioni e aumentare la trasparenza lungo la catena di fornitura. Nello sviluppo di tali attività, la blockchain consente l'accesso alla cronologia delle transazioni a tutti i partner della catena. Il problema è che i clienti percepiscono i rischi perché aziende e clienti hanno informazioni diverse: questa asimmetria informativa può portare a conseguenze o risultati indesiderati per il cliente. Questi rischi percepiti possono essere raggruppati in cinque dimensioni: rischio finanziario, psicologico, sociale, prestazionale e fisico. Ogni dimensione di rischio può essere intesa come un'aspettativa di un costo futuro di un prodotto, che influisce sul suo valore percepito. In passato le aziende utilizzavano servizi di valutazione di terze parti (ad esempio, la certificazione ISO 9001) per rassicurare i clienti sui loro processi, oppure i clienti si fornivano di recensioni da parte di altri clienti che già avevano acquistato il prodotto/ servizio. Ora sorge questa nuova metodologia blockchain, la quale permette alle aziende di registrare in modo trasparente tutte le transazioni relative a un prodotto, aumentando così la conoscenza della provenienza, che racchiude diverse attività come informazioni sull'origine, la creazione, la catena di custodia e le successive modifiche di un prodotto. Questo argomento sta diventando fondamentale in diversi contesti di consumo: ad esempio, a seguito della serie di scandali dell'industria alimentare europea, i clienti sono

sempre più preoccupati per i prodotti che acquistano e consumano. Stabilire la conoscenza della provenienza è piuttosto difficile poiché le catene di approvvigionamento sono diventate più complesse ed i prodotti viaggiano attraverso vaste reti di operatori spesso oltre i confini nazionali. È necessario, perciò, un sistema preciso ed affidabile che segua i prodotti durante tutto il loro ciclo di vita, dall'approvvigionamento iniziale delle materie prime alla produzione, distribuzione e consumo. Generalmente, le informazioni sui prodotti sono archiviate in più posizioni e sono accessibili a determinati partner della catena di fornitura; questo rende difficile stabilire un quadro generale di cui tutti i partner possano fidarsi, compresi i clienti. L'adozione di una metodologia blockchain diventa necessaria al fine di risolvere questo emergente problema: otterremo un miglioramento della trasparenza e della tracciabilità, tale che i produttori e gli intermediari possano monitorare la catena di custodia e garantire la qualità e la sicurezza dei prodotti per i clienti finali. Il miglioramento della tracciabilità del prodotto avviene attraverso l'inserimento delle transazioni relative al ciclo di vita nel registro blockchain, che non può essere modificato in quanto è collegato ad ogni transazione prima e dopo (registrazione irreversibile). Blockchain crea un percorso digitale che può essere osservato in tempo reale e gli attori della supply chain utilizzano spesso contratti intelligenti, che consentono non solo un'esecuzione più efficiente di termini e condizioni da parte di un sistema che è considerato attendibile da tutti i firmatari del contratto, ma consente anche alle parti coinvolte di verificare chi ha concordato stoccaggio, modifica o consegna di un prodotto. Come vengono costruite queste catene trasparenti? Le transazioni sono contrassegnate da data e ora e raggruppate in blocchi in cui ogni blocco è identificato dal suo hash crittografico; i blocchi formano una sequenza

lineare in cui ogni blocco fa riferimento all'hash del blocco precedente, formando una catena di blocchi chiamata "blockchain". Una blockchain è gestita da una rete di nodi e ogni nodo esegue e registra le stesse transazioni.



I clienti, nel momento in cui devono acquistare un prodotto, possono fare affidamento su esperienze precedenti e competenze acquisite per crearsi una propria opinione sulla qualità del prodotto. In tal modo, i clienti potrebbero perdere dettagli importanti sulla qualità dei materiali, compresa la loro origine e l'approvvigionamento. Pertanto, i clienti trarrebbero vantaggio dalla funzione di tracciabilità della blockchain: ad esempio con l'introduzione di una app Provenance abilitata dalla blockchain (esperimento organizzato a Londra dalla stilista Martine Jarlgaard collaborando con Project Provenance). Ci sono poi clienti che cercheranno canali alternativi attraverso i quali acquistare prodotti contraffatti, mentre altri che acquisteranno inconsapevolmente prodotti contraffatti a pieno prezzo di mercato. Fornire la garanzia dell'autenticità del prodotto risulta fondamentale per ridurre i rischi psicologici e sociali associati all'acquisto: i clienti vogliono essere rassicurati sul fatto che non contribuiscono all'attività di contraffazione e che non sono stati

ingannati nell'investire denaro nell'acquisto di prodotti contraffatti. Per ovviare a questo la startup blockchain Luxchain (luxchain.org), basata su risorse digitali contenendo informazioni sul marchio del prodotto, la collezione, il materiale, offre la possibilità di autenticare beni di lusso attraverso la verifica decentralizzata basata su blockchain e intelligenza artificiale. Le risorse digitali vengono autenticate da esperti del lusso e registrate nella blockchain. I clienti possono accedere alle informazioni incluse nell'asset digitale e confermare l'autenticità del prodotto. Un altro importante aspetto da considerare è la garanzia dell'integrità e la riduzione del rischio fisico, diventati molto importanti con l'aumento dei prodotti contraffatti venduti online soprattutto negli ultimi dieci anni. I contraffattori possono falsificare le etichette di prodotti reali oppure applicarne altre e sviluppare imitazioni di prodotti. La blockchain fornisce la verificabilità delle informazioni attraverso un sistema decentralizzato difficile da manipolare attraverso la convalida incrociata delle informazioni da parte di colleghi ed in grado di tracciare i prodotti e rilevare modifiche, clonazioni e repliche di tag. Una recente applicazione è la blockchain di LifeCrypter: sistema usato in campo medico per il monitoraggio delle catene di fornitura, in cui ogni prodotto è contrassegnato da un tag di identificazione univoco. L'implementazione di una blockchain segue tre passi:

1. Tutti i partner della catena di fornitura devono concordare la soluzione blockchain e collaborare per implementarla insieme.
2. I partner della catena di fornitura devono effettuare investimenti finanziari per ridurre la necessità di inserire manualmente le informazioni da parte dei dipendenti.

3. I clienti devono essere consapevoli ed essere in grado di accedere alla conoscenza della provenienza contenuta nella blockchain.

Questa nuova tecnologia emergente può rivelarsi un investimento strategico per le aziende che operano nel campo della produzione grazie alla capacità di fornire i sistemi e le infrastrutture per collegare identità digitali sicure a materiali e prodotti fisici, rendendo estremamente difficile la contraffazione e alla capacità di richiamo rapido di merci non sicure.

4. LO STRUMENTO MES PER LA GESTIONE DELLA SUPPLY CHAIN

Negli ultimi anni abbiamo assistito al passaggio dall'ingrosso al dettaglio, dall'e-commerce all'approccio omnichannel, da migliaia di transazioni a milioni di transazioni, con tempi di generazione delle lead che si sono compressi da settimane a ore, e con l'esigenza sempre più marcata di certificare la qualità dei prodotti. Oggi inoltre ci viene richiesto di focalizzarci sull'esperienza di acquisto che vive il consumatore, offrendo servizi anche sul piano della distribuzione dei prodotti. Soddisfare le richieste del mercato significa investire in automazione, in tecnologie di intelligenza artificiale e machine learning, ma pure in soluzioni per la riduzione dell'impatto ambientale. Gli strumenti e le metodologie SCM migliorano e automatizzano l'approvvigionamento, riducendo gli stock e i tempi di consegna, garantendo una maggiore competitività. Tutto questo porta le organizzazioni a decidere di digitalizzare l'intera catena di distribuzione, spesso attraverso soluzioni che integrano la gestione della supply chain nei software ERP. Generalmente le soluzioni scelte ottimizzano i flussi di prodotti e informazioni e il flusso finanziario, grazie anche a più accurate previsioni della domanda e delle vendite. Inoltre i software SCM consentono di migliorare la gestione del magazzino, tracciare i movimenti delle merci, fornire informazioni e analytics a supporto delle decisioni. In particolare i software che supportano la gestione della supply chain possono essere ricondotti alle seguenti categorie:

- Enterprise Resource Planning (ERP) e Supply Chain Planning (SCP);
- Warehouse Management System (WMS);

- Transportation Management System (TMS);
- Manufacturing Execution System (MES).

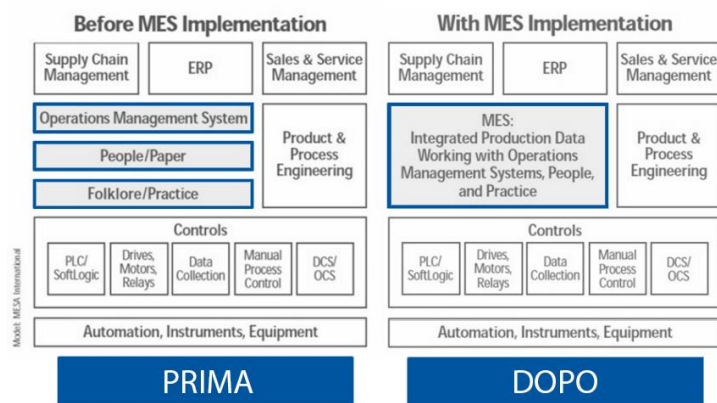
Ovviamente un buon sistema ERP aiuta la gestione della distribuzione ma non è abbastanza in quanto potrebbe essere incompleto e non aggiornato, perciò la soluzione ideale consiste in un connubio tra un ERP e un sistema MES. Grazie a quest'ultimo, le aziende ricevono uno strumento a supporto delle decisioni in tempo reale e minimizzano i tempi (costi) di produzione.

4.1 REQUISITI DI UN MES PER STARE AL PASSO CON LE ATTIVITA' DELLA SUPPLY CHAIN

Un sistema MES può essere collegato al metodo della Supply Chain se questo si attiene ai seguenti requisiti:

- **Organizzazione flessibile:** le aziende devono essere in grado di rispondere prontamente alle richieste del cliente, supportando la produzione e la rete distributiva. Il sistema MES, attraverso la schedulazione, è in grado di pianificare la produzione in base alla capacità produttiva di ciascuna singola risorsa (macchine, attrezzature, operatori);
- **Rapporti organizzativi:** è fondamentale attuare delle alleanze strategiche e di partnership per ridurre il numero di fornitori con cui trattare e portarli ad operare in ottica just in time. In questo caso il sistema MES è in grado di comunicare con l'ERP e trasmettere la necessità di approvvigionamento, seguendo questo modello;

- Esternalizzare le attività secondarie: in chiave SC le aziende si concentrano sul proprio know how, esternalizzando le attività secondarie che non portano valore aggiunto. L' integrazione del sistema MES facilita l'analisi di queste attività operative e dei relativi costi;
- Coordinamento della catena: il principio alla base della SC è che tutti i reparti all'interno di una fabbrica devono essere ottimizzati in modo da massimizzare le prestazioni complessive. Il sistema MES permette di avere una visione completa e in tempo reale di tutta la produzione, addirittura in più stabilimenti produttivi;
- Controllo dei costi: ottimizzando tutti gli anelli della catena del valore si avrà una stima dei costi più reale e si garantirà la flessibilità della produzione. Anche in questo caso, grazie al real-time e ai report, il sistema MES fornisce tutti gli strumenti di analisi richiesti.
- Risposta al mercato: con la SC si produce il ottica make to order (produzione su commessa, applicata soprattutto per prodotti con alto valore aggiunto) e non più make to stock (produzione a magazzino, se i prodotti sono di largo uso), quindi assistiamo ad una riduzione della consistenza del magazzino (secondo i principi del just in time) e dei beni immobilizzati, producendo un abbassamento dei costi. La tracciabilità fornita dal sistema MES, permette di verificare in ogni momento dove sono collocati i lotti e il livello di produzione.



4.2 SVILUPPO DEL SISTEMA APS

Recentemente è stato sviluppato l'Advanced planning systems (APS), come supplemento ai metodi di pianificazione tradizionali, in particolare per la risoluzione dei problemi. Questi strumenti tengono conto dei vincoli e degli obiettivi lungo tutta la catena di fornitura, poiché integrano moduli di pianificazione per l'ottimizzazione globale. APICS, l'organizzazione professionale internazionale per la gestione della catena di fornitura, fa riferimento a un sistema APS completamente computerizzato che utilizza algoritmi avanzati e ottimizzati e tecniche di simulazione per pianificare le operazioni della catena di fornitura a livello strategico, tattico e operativo. L'ottimizzazione globale è resa possibile tenendo conto di tutti i vincoli riscontrati a diversi livelli della catena (fornitori, produzione, distribuzione, domanda). I principali moduli APS includono la pianificazione della domanda, la pianificazione della produzione, la pianificazione della distribuzione e la pianificazione del trasporto. Spesso i vincoli, legati alla disponibilità e alla capacità, non vengono presi in considerazione: i sistemi APS possono superare queste carenze, coordinando l'approvvigionamento, la produzione, la distribuzione e la domanda e pianificando simultaneamente esigenze e capacità.

Per raggiungere questo obiettivo, i sistemi APS utilizzano tecniche avanzate di ottimizzazione e simulazione. Affinché il coordinamento delle funzioni lungo la catena di fornitura integrando le decisioni rilevanti e il fornire tecniche avanzate di ottimizzazione e simulazione in grado di valutare diverse alternative e scegliere la migliore siano efficaci, l'APS dovrebbe essere integrato in un ERP, WMS (Warehouse Management Systems) oppure MES. Avere sistemi integrati per supportare il coordinamento nella catena di fornitura con la sostenibilità è dove è richiesta l'attenzione corrente e manca nella progettazione dei sistemi APS.

Negli attuali sistemi di pianificazione della catena di approvvigionamento (come l'APS), il coordinamento è presente ma ci sono carenze. Queste carenze si verificano perché i meccanismi di coordinamento non sono applicati correttamente.

In primo luogo, il coordinamento non tiene conto della sfida della sostenibilità. Accade spesso che i modelli di ottimizzazione delle operazioni della catena di fornitura abbiano una sola funzione oggettiva, riducendo al minimo i costi complessivi. Tuttavia, sono necessari approcci multicriterio per ottimizzare congiuntamente i costi economici, ambientali e sociali. Il concetto di filiera sostenibile o verde è emerso e si è evoluto molto rapidamente dall'essere visto come un vincolo ad essere visto come un obiettivo di massimizzazione. L'integrazione delle decisioni economiche e dello sviluppo sostenibile (ad esempio energia, acqua, emissioni di CO₂) può migliorare le prestazioni generali dell'organizzazione e della catena di fornitura. In secondo luogo, il processo di pianificazione APS è tipicamente associato a una singola organizzazione. I sistemi APS hanno iniziato ad adottare i principi di gestione della catena di fornitura nell'ottimizzazione dei piani, ma molti

strumenti APS non realizzano i vantaggi di prendere in considerazione e ottimizzare le relazioni operative di collaborazione e di coordinamento della catena di fornitura. Il coordinamento verticale, orizzontale e laterale si verifica ciascuno nelle catene di approvvigionamento. L'implementazione e l'ottimizzazione dei piani di catena di fornitura collaborativa può essere correlata alla sostenibilità; fornendo maggiori opportunità competitive. Le catene di fornitura collaborative con sostenibilità sono sistemi complessi e possono influenzare notevolmente i partner della catena di approvvigionamento. Per questi motivi, le organizzazioni che entrano in rapporti di collaborazione possono trarre grandi vantaggi da strutture e strumenti per guidarle attraverso il processo di pianificazione e per facilitare lo sviluppo di relazioni collaborative multipartitiche per migliorare la sostenibilità complessiva della catena di fornitura.

5. MES COME ATTIVATORE DELLA LEAN

MANUFACTURING

Con il passare degli anni e con l'incremento di nuove tecnologie, la logistica assumerà maggiormente la funzione di supporto alla produzione e di valorizzazione dei prodotti. La logistica, processo di pianificazione organizzazione e controllo delle attività, mira ad un efficace e un'efficiente gestione del flusso, svolgendo molteplici funzioni: approvvigionamento, supporto alla produzione, distribuzione e recupero (reverse logistic). Sta avvenendo il passaggio da un approccio frammentario che vedeva un'eccellenza funzionale ad un approccio integrato con eccellenza aziendale. Con l'approccio integrato si cerca di massimizzare la creazione del valore lungo l'intera filiera e non soltanto su una singola funzione. Contestualmente a questa trasformazione, avviene anche lo spostamento del potere da chi crea il bene a chi lo distribuisce: la scesa in campo di grandi catene di distribuzione ha spostato il potere contrattuale da chi produce a chi è in grado di vendere il prodotto. La logistica assume nuovi compiti in seguito a gamma di prodotti in forte crescita, maggiore frequenza nel lancio di nuovi prodotti, compressione dei tempi di risposta alla domanda, incremento delle frequenze di consegna, crescente esigenza di puntualità. Si adotta la logica del miglioramento continuo (ciclo di Deming, kaizen), l'Outsourcing per differenziare attività corebusiness da attività non corebusiness, la Reverse Logistics per il recupero dei prodotti a fine ciclo di vita. Stiamo assistendo anche ad un cambiamento del layout: da linee rigide ci si sposta verso linee basate su celle di lavorazione collegate tra loro con sistemi di movimentazione manuale/automatica e che possano avere macchine flessibili in grado di lavorare varietà

elevate di prodotti. Tutto ciò deve la sua realizzazione allo sviluppo del Just in Time, entrato in gioco negli anni '70 in Giappone grazie all'introduzione del "Toyota production system". Questa filosofia segue l'idea di eliminare ogni fonte di spreco, quindi tutte le attività che non creano valore aggiunto. Le fonti di spreco sono racchiuse nell'acronimo TIM WOODS: tempo, inventario, movimento, perdita, sovrapproduzione, sovrapprocesso, difetti, valorizzazione della professionalità degli operai. La riduzione di queste fonti di spreco permette di raddoppiare la produttività del lavoro, riduzione del 90% dei tempi di attraversamento, riduzione del 90% del livello di giacenza, incremento della qualità e riduzione del "time to market".



In questa ottica snella (Lean Manufacturing) è il cliente a definire il valore, i prodotti dovranno muoversi lungo la catena del valore fino al consumatore finale e si opera in ambienti pull, dove la produzione è tirata dall'ordine ricevuto dal cliente. L'adozione di un'implementazione snella presenta ancora diverse sfide per le aziende e talvolta viene respinta da varie imprese. L'integrazione IT all'interno di un'azienda e tra aziende può aiutare a migliorare le pratiche del just in time, la gestione della qualità e ridurre i tempi di consegna. Il flusso di informazioni in tempo reale di MES sembra adattarsi meglio alla Lean Manufacturing rispetto a qualsiasi altro software di

gestione della produzione. Integrando strumenti e pratiche snelli all'interno di un MES, l'organizzazione può ottenere diversi tipi di benefici. Le aziende stanno investendo un'enorme quantità di tempo e denaro per sviluppare tecnologie avanzate e automazione della linea di produzione e per migliorare i loro sistemi di gestione aziendale. Un MES è la risposta a ciò che occorre affinché un'azienda si affermi e aumenti la propria competitività nel mercato in cui opera, poiché consente lo scambio di informazioni tra i livelli organizzativi e i sistemi di controllo per officina, generalmente costituiti da diverse applicazioni software. A tal proposito esiste una metodologia per consentire ai MES di supportare la lean, la quale comprende tre fasi:

- Identificazione delle classi di rifiuti che possono influenzare le prestazioni del processo;
- Descrizione del processo al fine di identificare le fonti di rifiuti e possibili interventi per migliorare le prestazioni;
- Analisi dei dati: sviluppare tecniche matematiche per MES per trasformare i dati acquisiti in informazioni.

In base all'orizzonte temporale preso in considerazione i sistemi MES possono ricoprire diverse mansioni: se facciamo riferimento ad un periodo di breve-medio termine consentono di verificare la stabilità del processo, se invece si considera un periodo di lungo termine possono risultare utili per estrarre tendenze storiche dalle informazioni, per sintetizzare le criticità e identificare le fonti di problemi e rifiuti.

La progettazione di sistemi MES appositamente predisposti per le reti aziendali è ancora oggi un problema aperto, che apre le porte allo sviluppo e ad una maggiore conoscenza di questi da parte delle aziende. Presto un gran numero di aziende, dalle

piccole imprese alle imprese internazionali, adotteranno questi software. Siamo assistendo soltanto all'inizio di quella che è la quarta rivoluzione industriale.

RIFERIMENTI

- Ahi, S. J. (2016). Energy-related performance measures employed in sustainable supply chains: a bibliometric analysis. In *Sustain* (p. 1-15).
- Ahi, S. J. (2016). Energy-related performance measures employed in sustainable supply chains: a bibliometric analysis . In *Sustain* (p. 1-15).
- Bevilacqua, P. (2019-2020). *Appunti Industry 4.0*.
- Dickersbach. (2006). Supply Chain Management and Advanced Planning. digitale, i. s. (s.d.). *sito isipc.it*.
- Esmaeilikia, F. S. (2016). A tactical supply chain planning model with multiple flexibility options: an empirical evaluation.
- Hamid Allaoui, Y. G. (2019). Decision support for collaboration planning in sustainable supply chains. *Journal of Cleaner Production*, Volume 229.
- Herczeg, A. H. (2018). Supply chain collaboration in industrial symbiosis networks.
- Iansiti, L. (2017). Thr truth about blockchain. In *Harvard Business Review* (p. 118-127).
- Kim, L. (2018). Toward an ontology-driven blockchain design for supply-chain provenance. In *Intelligent Systems in Accounting, Finance and Management* (p. 18-27).
- M. Estela Peralta, V. M. (2020). Analysis of fractal manufacturing systems framework towards industry 4.0. In *Journal of Manufacturing Systems* (p. 46-60).
- Matteo Montecchi, K. P. (2019). Establishing supply chain provenance using blockchain. *kelley school of business*.
- MES, S. (2019). *sito sme.up*.
- MES, S. (s.d.). *www.tecnest.it*.
- S.Nallusamy. (2020). Execution of lean and industrial techniques for productivity enhancement in a manufacturing industry. *materialstoday: proceedings*.
- Sistemi MES. (2019). *Opta.it*.
- Supply Chain e Industria 4.0. (2019). *Tynimes.it*.
- Supply Chain Management: cos'è e perchè è importante. (2019). *NETWORK DIGITALE 360*.
- Szilárd Jaskó, b. A. (2020). *Development of manufacturing execution systems in accordance with Industry 4.0 requirements*.

RINGRAZIAMENTI

In primis vorrei ringraziare il mio relatore il Professor Maurizio Bevilacqua, per essere stato una guida nella stesura della tesi, per la sua disponibilità e tempestività ad ogni mio dubbio e richiesta, per avermi saputo guidare nelle ricerche per realizzare il mio elaborato.

Inoltre vorrei ringraziarlo per avermi trasmesso le sue conoscenze durante il corso di Logistica industriale: è stato fondamentale apprendere quelle nozioni.

Ringrazio i miei genitori Senia e Andrea per avermi dato la possibilità di intraprendere questo percorso, per avermi insegnato cosa sono i sacrifici, cosa significa lottare per raggiungere un obiettivo, per avermi tranquillizzata e rassicurata dopo una sconfitta.

Ringrazio mia sorella Francesca, per essermi stata accanto nei momenti difficili, per esserci sempre aiutate e incoraggiate a vicenda.

Vorrei ringraziare Simone, per essere stato con me sempre: dalla preparazione di un esame all'uscita dei risultati, per aver creduto in me, a volte, ancor prima che lo facessi io, per avermi sopportata

soprattutto negli ultimi mesi impegnativi, per avermi aiutata a reagire dopo un risultato negativo e a gioire dopo una vittoria.

Ai miei nonni, Rita, Delfina e Dante, e alla mia famiglia per essere stati presenti sempre fino a questo momento così importante, per avermi cresciuta e supportata in ogni decisione.

Alle amiche di sempre Melissa, Beatrice e Martina con le quali ho attraversato momenti difficili ed esperienze che porterò sempre con me, per esserci state in ogni giornata no e in ogni momento di sconforto, per le risate e le serate insieme, per avermi capita, per i momenti di semplicità.

A Maria Vittoria, Martina, Chiara, Veronica, Davide, Alfiero, Simone, Hedi, Francesca, Ludovica, Serena, Simone, Lucia, Giacomo, Annalisa per aver condiviso insieme tre anni stupendi che porterò nel cuore sempre: per le serate trascorse tutti insieme, per le cene e le uscite fuoriporta, per i momenti di tensione e di preoccupazione prima di un esame.

A tutti i miei amici, ai più stretti e a quelli meno, per aver intrecciato la loro strada con la mia, per aver lasciato anche soltanto piccoli momenti che rimangono lì indelebili, per sempre nei miei anni migliori.

Alla mia Squadra, con la quale ho avuto modo di condividere la mia passione per la pallavolo, tra mille difficoltà e ostacoli.

Infine vorrei ringraziare me stessa perché nonostante negli ultimi anni molta della strada che ho percorso sia stata in salita, posso finalmente dire che ce l'ho fatta.

Alle volte che sono caduta, alle delusioni, agli errori che ho fatto devo dire immensamente grazie perché altrimenti non sarei qui come sono ora. Ho imparato a convivere con il mio carattere e con la mia presunzione di pretendere che nulla potesse andare storto, trovando la forza per reagire anche quando ero demoralizzata. Alle piccole soddisfazioni, ai sacrifici, alle corse contro il tempo.

A questo traguardo, a questo punto di partenza da cui spero di poter ricevere molta felicità ..