

**Regione Piemonte POR-FESR 2021/27
Verso un progetto di ricerca di Lean Manufacturing**

**LAAL PROJECT
LEAN, SUSTAINABLE, REAL TIME MEASURABLE,
ARTIFICIALLY INTELLIGENT**

- *Francesco Serio Ricercatore al Politecnico di Torino*
- *Gianni Ferrero R&D Myna-Project.org Aosta/Torino*
- *Prof. Paolo Chiabert docente al Politecnico di Torino*

Settembre22

<https://leanaboveall.org/>

INDEX

1 LAAL PROJECT	3
2 STRATEGIC LEAN: RETHINK EVERYTHING	3
2.1 <i>Esempi di attualizzazione degli obiettivi Lean</i>	3
2.1.1 Standardizzazione	3
2.1.2 Miglioramento continuo (Kaizen)	4
2.1.3 Perfezione	4
2.1.4 Misura del flusso del tempo	4
2.1.5 Dalla manutenzione produttiva a quella predittiva	4
2.1.6 La massima sintesi: i KPI (Key Performance Indicator)	5
3 UN SISTEMA OPEN SOURCE DI MISURA DELLA RICCHEZZA PRODOTTA E DI QUELLA CONSUMATA	5
3.1 <i>Lean Thinking: aggiornamento di principi e obiettivi</i>	5
3.1.1 Valore (Value)	5
3.1.2 Mappatura (Mapping)	5
3.1.3 Flusso (Flow)	6
3.1.4 Produzione "tirata" (Pull)	6
3.1.5 Perfezione (Perfection)	6
3.1.6 La "casa del Lean"	6
4 OBIETTIVO: IL LEAN MANUFACTURING INFORMATION SYSTEM	7
4.1 <i>Misurazione del flusso del valore: da disegno e simulazione</i>	7
4.2 <i>Misurazione real-time dei costi e dei ricavi industriali</i>	9
4.3 <i>Bilancio energetico continuo delle lavorazioni per macchina, officina, reparto</i>	9
5 IL MODELLO	9
5.1 <i>Le variabili del modello</i>	10
5.1.1 Dati pianificati dall'ERP	10
5.1.2 Variabili relative ai TEMPI EFFETTIVI	10
5.1.3 Variabili relative alla LOGISTICA	10
5.1.4 Variabili relative alla QUALITA'	10
5.1.5 Variabili relative all'ENERGIA IMPIEGATA	10
5.2 <i>Il modello a 7 livelli</i>	10
5.2.1 Variabili KPI ed EnPI – output layer	11
6 LE TECNOLOGIE IMPIEGATE NEL LEAN MANUFACTURING INFORMATION SYSTEM	11
6.1 <i>IoT</i>	11
6.2 <i>5G</i>	12
6.3 <i>Ai e Machine Learning</i>	12
6.4 <i>Simulazione economica, produttiva di impiego delle risorse</i>	13
6.5 <i>Blockchain</i>	13
6.6 <i>3D conversational avatar, Augmented Reality freehand</i>	13
6.7 <i>Interfacce verso CAD, PLM, ERP, MES, SCADA</i>	14
7 I WORK PACKAGES	15
8 LA COMPAGINE DI PROGETTO	15
9 VARIE	15

1 LAAL PROJECT

I concetti di produzione Lean, hanno ormai più di 70 anni da quando sono stati applicati dal 1948 in Toyota, nella grande serie automobilistica, e più di 30 da quando John Krafcik nel suo articolo del 1988 coniò il termine "produzione snella".

La quasi totalità dell'analisi e degli obiettivi Lean sono tutt'ora validi, ma se dovessimo aggiornarli declinandoli nel XXI secolo, con i cambiamenti intervenuti e con le tecnologie nel frattempo emerse, potremmo dire che per Lean production intendiamo anche:

- **sostenibile**, cioè le persone, le risorse, il pianeta al centro di ogni processo produttivo
- **misurabile continuamente real time** nelle variabili di costo e in quelle di valore prodotto
- **intelligente**, cioè capace di confrontare continuamente le misure con i range assegnati, dedurre l'andamento, apportare automaticamente le modifiche necessarie
- **integrata** cioè capace di rendere interoperanti i sistemi informativi di fabbrica con quelli dei livelli "superiori", progettazione tecnica ed ERP in primis e con quelli "inferiori", macchine e robot
- **smart** cioè facilmente utilizzabile dall'utente in officina.

La ricchezza, in manifattura, è prodotta dal lavoro di trasformazione della materia compiuto dall'uomo. Misurare, misurare, misurare, la ricchezza prodotta e quella consumata da ogni singola fase di lavorazione è il primo aggiornamento fondamentale della teoria Lean.

L'affacciarsi della tecnologia di *Additive Manufacturing*, che pone gli stessi problemi, ma in forme diverse, non deve far pensare che la grande produzione di serie, o di massa, sia finita. Anzi.

10 miliardi abitanti al 2050: la grande serie - basso prezzo, grandi numeri - continuerà ad esistere per soddisfare i bisogni primari dei popoli emergenti, mentre nei Paesi industriali andrà ripensata cercando l'equilibrio con la produzione di singoli oggetti di maggior complessità e valore, l'Additive, appunto.

2 STRATEGIC LEAN: rethink everything

Come si osserva, integrare sostenibilità, misurabilità, intelligenza artificiale, significa ripensare completamente obiettivi e organizzazione del lavoro in fabbrica: ripensare l'organizzazione dei processi di manifattura, di quelli energetici, di quelli informativi e di quelli formativi.

In qualche modo significa ripensare il modello di sviluppo e di distribuzione della ricchezza tra tutti coloro che la generano.

Non possiamo più scoprire il giorno dopo, il mese dopo o alla fine dell'anno – come nella contabilità analitica tradizionale - il bilancio tra costi delle risorse impiegate e valore della ricchezza prodotta. Costi e ricavi di prodotto devono essere stimabili continuamente, real time, affinché si possa intervenire, modificare, upgradare, la lavorazione mentre viene eseguita, non quando, in termini industriali, sarà troppo tardi per rimediare.

Qui di seguito, alcuni esempi di aggiornamento degli obiettivi Lean "classici", cioè già descritti ampiamente in letteratura, che possono essere aggiornati e declinati con le nuove tecnologie. Anzi, potremmo dire che proprio le nuove tecnologie rendono totalmente pregnanti e attuali gli obiettivi della teoria Lean.

2.1 Esempi di attualizzazione degli obiettivi Lean

2.1.1 Standardizzazione

Dei processi, cioè lavorare con criteri accettati e universalmente condivisi, è sempre stato tra gli obiettivi Lean, ma adesso le nuove tecnologie consentono il monitoraggio continuo del passaggio dall'idea al prodotto ma soprattutto anche il processo inverso, cioè il ritorno dalla fabbricazione alla progettazione.

Intendiamo il fatto che si possa rendere interoperanti i sistemi di progettazione (CAD – Computer Aided Design)), i sistemi di gestione del ciclo di vita del prodotto (PLM – Product Lifecycle Management), i sistemi di gestione della produzione (MES – Manufacturing Execution System), i sistemi di gestione delle risorse produttive (es.: i sistemi di gestione dell’energia EMS), i sistemi di gestione delle risorse di impresa (ERP – Enterprise Resource Planning).

Sistemi che, se tra loro integrati, consentono di aggiornare continuamente l’idea – risalendo dal MES al CAD – in funzione della complessità o difettosità della lavorazione.

La computer grafica consente di costruire modelli visuali, 2D e 3D ed anche cinematici, dei processi al fine di consentirne la simulazione anche visiva del loro andamento.

2.1.2 Miglioramento continuo (Kaizen)

Nella teoria classica il miglioramento continuo si ottiene con tecniche di *Problem Solving* che consentono di tempestivamente intervenire sulle inefficienze.

L’Intelligenza Artificiale (AI) consentirà di individuare le inefficienze già sui modelli di simulazione dei processi; dunque, prevedere il loro possibile presentarsi quando ancora il processo è in fieri.

Del resto, l’AI nasce proprio per fare Problem solving automatico, cioè circoscrivere esattamente i termini del problema e prospettando possibili soluzioni, pesando i pro ed i contro di ciascuna ipotesi.

2.1.3 Perfezione

Nella parte 2., successiva, in particolare, si fa riferimento all’obiettivo primario di ottenere Zero Sprechi (*muda*), declinandolo in:

- JIT -> Zero Scorte
- Jidoka -> Zero Difetti
- TPM -> Zero Fermi
- WO -> Zero Inefficienze

È di tutta evidenza che per raggiungere l’obiettivo primario sarà necessario un sistema di misura di ciascuna di queste grandezze, momento per momento, anche al fine di cogliere il cambiamento nel tempo e l’avvicinarsi o il distanziarsi dall’obiettivo zero.

Si tratterà di sistemi di misura applicati al magazzino (zero scorte), alla qualità di prodotto (zero difetti), ai PLC delle linee e delle macchine (zero fermi), ad un sistema di supervisione (zero inefficienze).

2.1.4 Misura del flusso del tempo

Misurare il tempo impiegato in ciascuna fase di lavorazione è sempre stato essenziale e veniva fatto a campione da una figura professionale che veniva chiamata “marcatempo”.

Il tempo, infatti, incide direttamente su quantità e qualità della lavorazione: una frettolosa genera difettosità, una lenta costi eccessivi.

Oggi, questa funzione, indispensabile in qualunque sistema di controllo del valore, può essere “ricavata” da sistemi di misura esatti come quelli di gestione dell’energia. Dall’analisi dei consumi elettrici rileviamo partenze, fermi, soste, interruzioni, la loro durata, l’ora esatta in cui si sono verificati.

È un esempio di come l’obiettivo di misurare, misurare, misurare, consente di cogliere una molteplicità di aspetti in via assolutamente automatica

2.1.5 Dalla manutenzione produttiva a quella predittiva

il mantenimento in efficienza delle macchine è sempre stato *conditio sine qua non* per affermare che una produzione fosse Lean. Ma l’arrivo dell’Intelligenza Artificiale (AI) consente, attraverso la misurazione e la simulazione di passare alla previsione di manutenzione, prima che il guasto si verifichi senza pretendere di migliorare ciò che già funziona in modo ottimo.

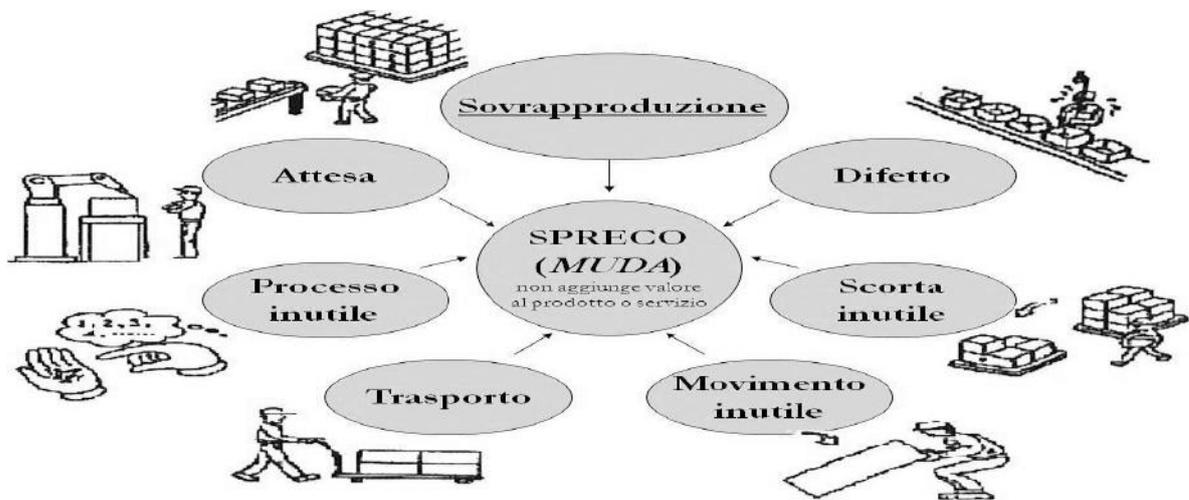
2.1.6 La massima sintesi: i KPI (Key Performance Indicator)

Un sistema informativo integrato consentirà il calcolo continuo dei KPI che indicheranno l'evoluzione del sistema industriale verso la transizione Lean, cioè rendere tutti i processi produttivi SOSTENIBILI.

3 UN SISTEMA OPEN SOURCE DI MISURA DELLA RICCHEZZA PRODOTTA E DI QUELLA CONSUMATA

3.1 Lean Thinking: aggiornamento di principi e obiettivi

Il **Lean Thinking**, oltre ad essere un insieme di principi, metodi e tecniche per la gestione dei processi operativi, è innanzitutto una forma mentis che **mira ad aumentare il valore percepito** dal cliente finale e a **ridurre sistematicamente gli sprechi (muda)**. È spreco tutto ciò che consuma risorse, in termini di costo e tempo, senza però creare valore per il cliente.



L'obiettivo della Produzione Snella è "fare sempre di più con sempre di meno":

- Meno tempo
- Meno spazio
- Meno sforzo
- Meno macchine
- Meno materiali.

Il Lean si fonda sui famosi cinque principi, storicamente individuati

3.1.1 Valore (Value)

Il punto di partenza del pensiero snello è sempre la definizione del valore secondo la prospettiva del cliente. Il valore di un prodotto o servizio è solo quello che soddisfa i bisogni del cliente ad un giusto prezzo e in tempi ragionevoli; tutto il resto è spreco, e va eliminato. Il fallimento nella creazione di valore rappresenta la principale fonte di mancanza di profitto per un'azienda. L'insoddisfazione del cliente rappresenta un duplice spreco di risorse: il primo nella produzione del prodotto e il secondo nelle azioni di recupero.

3.1.2 Mappatura (Mapping)

Per eliminare gli sprechi occorre "mappare" il flusso del valore, ovvero delineare tutte le attività in cui si articola il processo operativo distinguendo tra quelle a valore aggiunto e quelle non a valore aggiunto.

3.1.3 Flusso (Flow)

Il processo di creazione del valore è visto come un flusso, che deve scorrere in modo continuo e regolare, con relativa riduzione dei tempi di attraversamento (lead time) del materiale. La stabilità del processo rappresenta un fondamento del monumento lean che permette di livellare (*heijunka*) in modo regolare la produzione.

Nel contesto organizzativo, stabilità si riferisce all'omogeneità e alla stabilità delle squadre di lavoro, alla standardizzazione dei metodi e all'implementazione di una strategia a lungo termine. La stabilità è vista quindi come uno strumento necessario per evitare fluttuazioni che causano problemi nella pianificazione e nella gestione del lavoro e delle scorte.

3.1.4 Produzione "tirata" (Pull)

Soddisfare il cliente significa produrre solo quello che vuole, solo quando lo vuole e solo quanto ne vuole. La produzione è così "tirata" dal cliente, anziché "spinta" da chi produce attraverso la previsione della domanda.

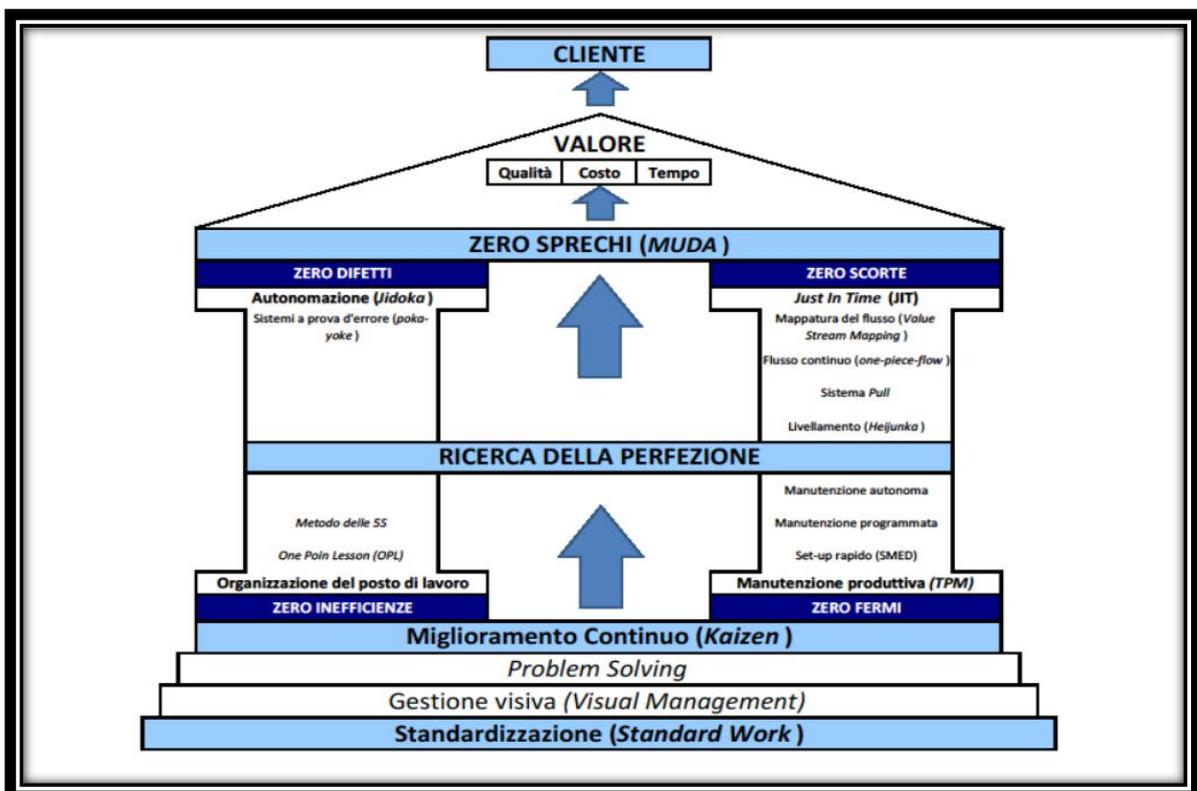
3.1.5 Perfezione (Perfection)

La perfezione è il punto di riferimento a cui si deve tendere senza fine attraverso il miglioramento continuo e corrisponde alla completa eliminazione degli sprechi. Dopo aver effettuato la mappatura si definiscono dei micro-obiettivi per migliorare la situazione così com'è riducendo o eliminando le attività che non aggiungono valore. Una volta raggiunti i micro-obiettivi si reitera il processo all'infinito (*kaizen*).

3.1.6 La "casa del Lean"

Gli elementi fondamentali della produzione snella, o più in generale del Toyota Production System, possono essere rappresentati nella cosiddetta "Casa del Lean" (vedi Figura in basso). I quattro pilastri sono:

- **Just-In-Time (JIT)**
- **Autonomazione (Jidoka)**
- **Manutenzione Produttiva (Total Productive Maintenance, TPM)**
- **Organizzazione del posto di lavoro (Workplace Organization, WO)**



La "Casa del Lean"

Alla base dei pilastri ci sono due concetti fondamentali:

- La **Standardizzazione (Standard Work)**, che fa ampio uso della Gestione Visiva (Visual Management).
- Il **Miglioramento Continuo (Kaizen)**, che fa leva su specifiche tecniche di *Problem Solving*.

È importante sottolineare come l'obiettivo della *lean production* e più in generale del *Lean Thinking* sia tendere rigorosamente e sistematicamente all'annullamento totale dello spreco ("obiettivo zero"), non alla sua semplice riduzione. Ogni pilastro ha un proprio obiettivo zero:

- JIT -> **Zero Scorte**
- Jidoka -> **Zero Difetti**
- TPM -> **Zero Fermi**
- WO -> **Zero Inefficienze**

Questi singoli obiettivi, che concorrono ad ottenere **Zero Sprechi (muda)**, si trasformano in Valore percepito dal Cliente, in termini di qualità, di costo e di tempo. Gli straordinari risultati ottenuti grazie all'eliminazione di tutto ciò che è superfluo e che genera costi anziché valore per il cliente finale portano quindi all'affermazione della Lean Production.

4 **OBIETTIVO: IL LEAN MANUFACTURING INFORMATION SYSTEM**

Il nuovo layout logico, che modella le informazioni dei processi in prospettiva Lean, deve essere ripensato in chiave Value Stream Mapping di ogni singola cella o linea o impianto, mentre il sistema informativo di manifattura implementa il Modello a 7 livelli: 2D e 3D, Simulation, Material Flow, Management (MES – Cyber Physical System), Variables, Financial, Social.

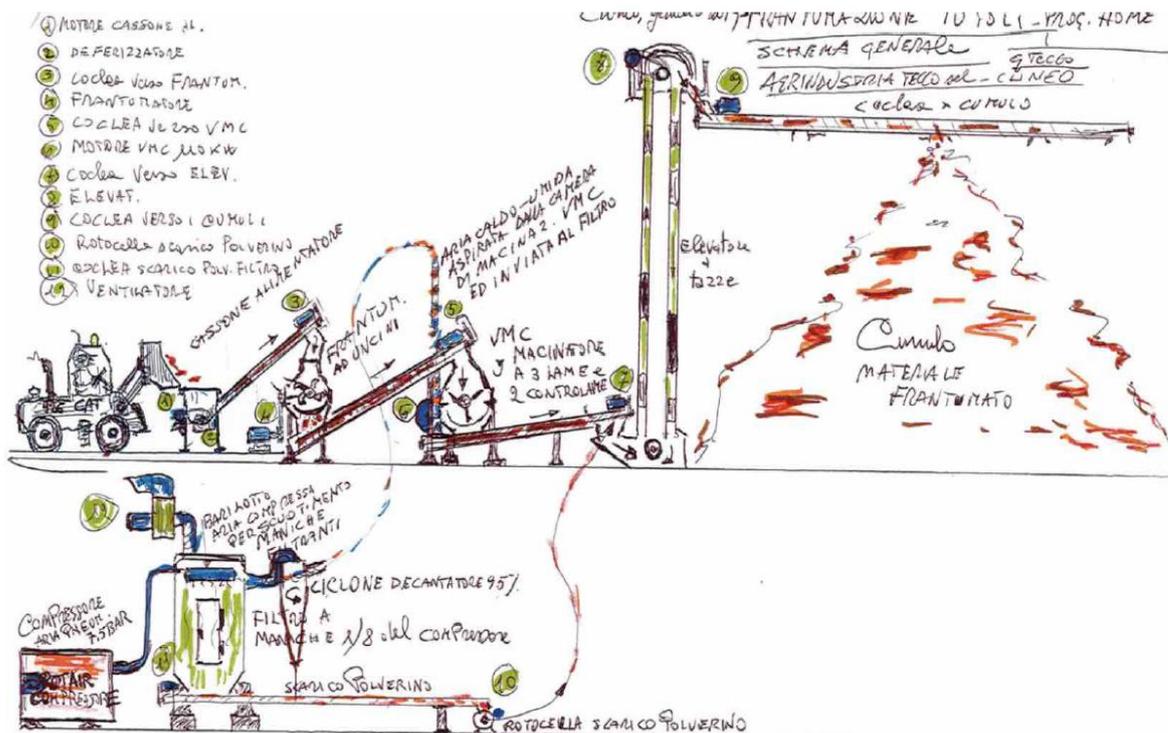
4.1 **Misurazione del flusso del valore: da disegno e simulazione**

Riprendendo i due primi principi del Lean Thinking il miglior modo per incrementare il VALORE percepito dal cliente è quello di *MAPPARE* il flusso di valore in esame al fine di eliminare gli sprechi. Proprio per questo motivo il primo obiettivo del sistema open che andremo a implementare durante il progetto sarà quello di fornire questo punto di vista, evidenziando la differenza tra costi (C) sostenuti e valore tangibile (Vt) del prodotto.

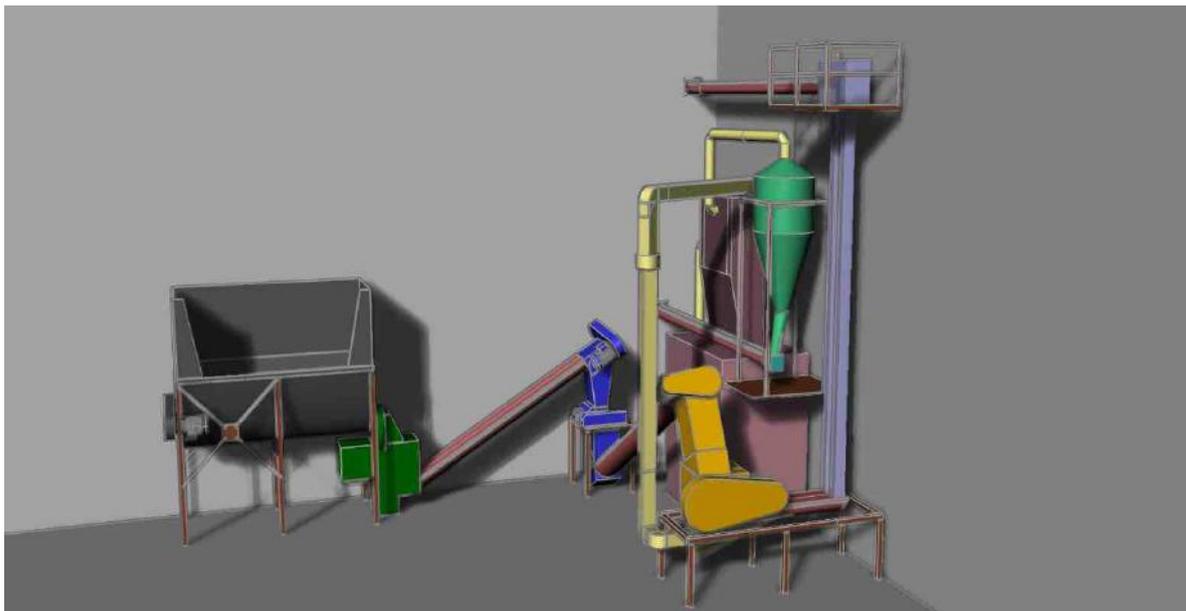
N.B. Al fine di interpretare correttamente quest'ultima affermazione qui di seguito definiamo le diverse grandezze attribuibili ad un qualsiasi processo produttivo:

- **COSTI (C)**: sono tutte le risorse tangibili utilizzate per ottenere il prodotto finale ed sono costituiti dalla somma delle operazioni a valore aggiunto e di quelle non a valore aggiunto (sprechi). I costi sono quelli contabilizzati a bilancio.
- **VALORE TANGIBILE (Vt)**: è dato dalla somma delle sole operazioni a valore aggiunto. In una linea molto efficiente e ottimizzata C sarà poco più grande di Vt. In una linea per niente ottimizzata C sarà molto più grande di Vt, riducendo il profitto finale. L'obiettivo è quello di far tendere (C - Vt) a zero, quindi C=Vt. In questo modo la quantità risparmiata riducendo C si trasformerà in ulteriore valore intangibile (Vi) dato dalla maggiore sostenibilità del processo ottenuta anche dall'applicazione dei concetti di economia circolare.
- **VALORE INTANGIBILE (Vi)**: rappresenta la quantità di prezzo, al netto del valore tangibile, che il cliente è disposto a pagare per via del marchio e dell'azienda in se. Non andremo quindi ad modificare/misurare questo valore, poiché intrinseco ad ogni società.
- **VALORE = PREZZO (V = P)**: è dato dalla somma di Vt e Vi
- **Profitto (π) = V - C**

Mappare quindi vuol dire disegnare praticamente la linea e tutti i processi che lo compongono, al fine di comprenderne il reale funzionamento:



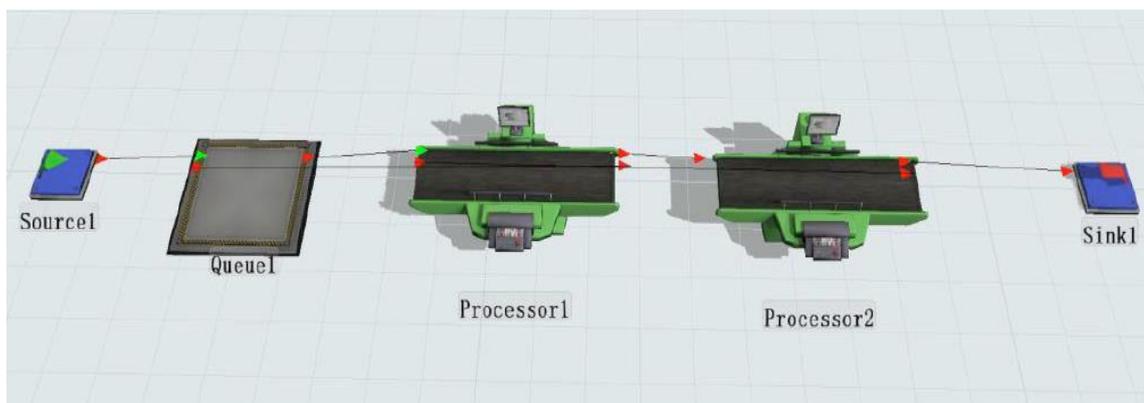
Fonte: GIUSEPPE TECCO - Agrindustria Tecco srl



Modello 3D della lavorazione FRANTUMAZIONE TUTOLI di cui al rilievo manuale precedente

Una volta ottenute queste informazioni sarà creata una simulazione che rappresenti la copia digitale real-time della linea in esame. Da questo ne conseguiranno diversi vantaggi, come:

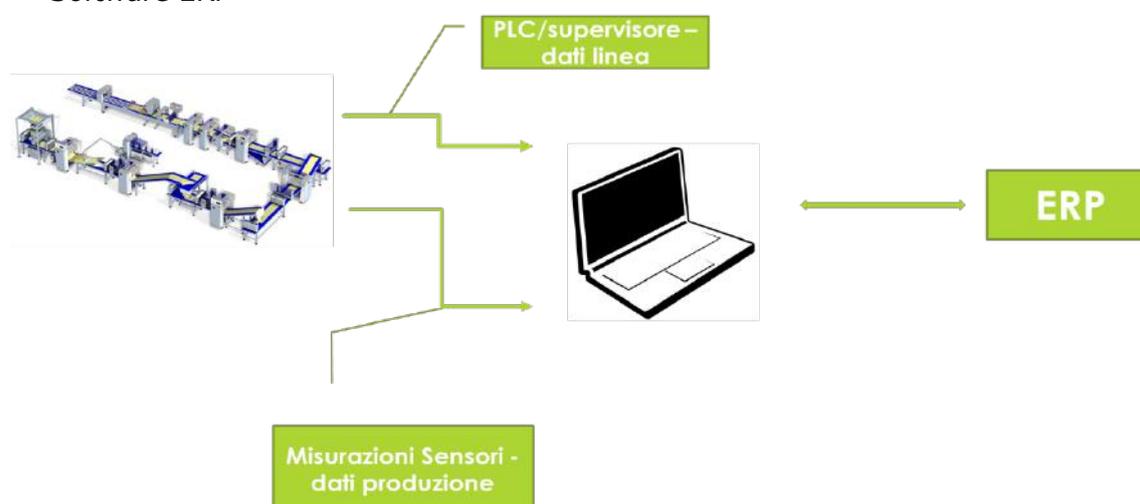
- La possibilità di controllare la linea in qualsiasi posto e momento, quindi ridurre il numero di persone addette alla supervisione
- La possibilità di modificare e riprogettare il funzionamento del flusso.
- Controllare la correttezza del sistema di monitoraggio avendo la possibilità di settare i valori di targa e di simulare la raccolta dati, i quali dovranno essere coerenti con i parametri settati.



4.2 Misurazione real-time dei costi e dei ricavi industriali

Si utilizzano i dati provenienti da diverse fonti collegate alla value stream per assegnare il valore alle variabili d'interesse. Le fonti utilizzate sono:

- I sensori già presenti o da installare sulla linea.
- I plc o supervisore dell'intero flusso
- Software ERP



I dati ottenuti sono a questo punto interpretati, trasformati in informazioni e incrociati con i dati relativi ai costi per determinare il livello di efficienza produttiva del flusso e per calcolarne i relativi indicatori di performance.

4.3 Bilancio energetico continuo delle lavorazioni per macchina, officina, reparto

Riprendendo il terzo principio del Lean, il processo di creazione del valore è visto come un flusso che deve scorrere in modo continuo e regolare, con relativa riduzione dei tempi di attraversamento (lead time) del materiale. Il bilancio energetico delle lavorazioni appartenenti al flusso di valore considerato, così come quello degli altri materiali e consumabili necessari per ottenere il prodotto finito, sono direttamente collegati a un determinato ordine di produzione e al tempo di attraversamento dello stesso.

5 IL MODELLO

Il nuovo layout logico, che modella le informazioni dei processi in prospettiva Lean, deve essere ripensato in chiave Value Stream Mapping di ogni singola cella o linea o impianto, mentre il sistema informativo di manifattura implementa il Modello a 7 livelli: 2D e 3D, Simulation, Material Flow, Management (MES – Cyber Physical System), Variables, Financial, Social.

5.1 Le variabili del modello

Le variabili individuate sono divise in cinque gruppi e riguardano: dati pianificati, tempi effettivi, logistica, qualità ed energia impiegata.

5.1.1 Dati pianificati dall'ERP

Tempo pianificato di esecuzione dell'ordine (**POET**), tempo di funzionamento previsto (**POT**), tempo pianificato di set-up dell'unità (**PUST**), tempo pianificato di unità occupata (**PBT**): è il tempo programmato in cui è possibile utilizzare un'unità di lavoro meno il tempo di fermo unità pianificato (**PBT = POT - PDOT**), tempo di fermo unità pianificato (**PDOT**), tempo pianificato singolo prodotto (**PRI**).

5.1.2 Variabili relative ai TEMPI EFFETTIVI

Tempo effettivo di lavoro del personale (**APWT**), tempo effettivo di elaborazione dell'unità (**AUPT**), tempo effettivo unità occupata (**AUBT**), tempo effettivo di esecuzione dell'ordine (**AOET**), tempo effettivo di presenza del personale (**APAT**), tempo di produzione effettivo (**APT**), tempo di attesa effettivo (**AQT**), tempo di fermo unità effettivo (**ADOT**), tempo di ritardo unità effettivo (**ADET**), tempo effettivo di setup dell'unità (**AUST**), tempo di trasporto effettivo (**ATT**), tempo tra guasti (**TBF**), tempo di riparazione (**TTR**), time to failure (**TTF**), conteggio eventi di guasto (**FE**), tempo di manutenzione correttiva (**CMT**), tempo di manutenzione preventiva (**PMT**).

5.1.3 Variabili relative alla LOGISTICA

Quantità dell'ordine pianificata (**POQ**), quantità di scarto (**SQ**), quantità di scarto pianificata (**PSQ**), quantità buona (**GQ**), quantità rilavorata (**RQ**), quantità prodotta (**PQ**), materie prime (**RM**), inventario delle materie prime (**RMI**), inventario dei prodotti finiti (**FGI**), inventario dei materiali di consumo (**CI**), materiale di consumo (**CM**), quantità buona integrata (**IGQ**), perdita di produzione (**PL**), perdita di stoccaggio e di trasporto (**STL**), altre perdite (**OL**), capacità di produzione dell'attrezzatura (**EPC**).

5.1.4 Variabili relative alla QUALITA'

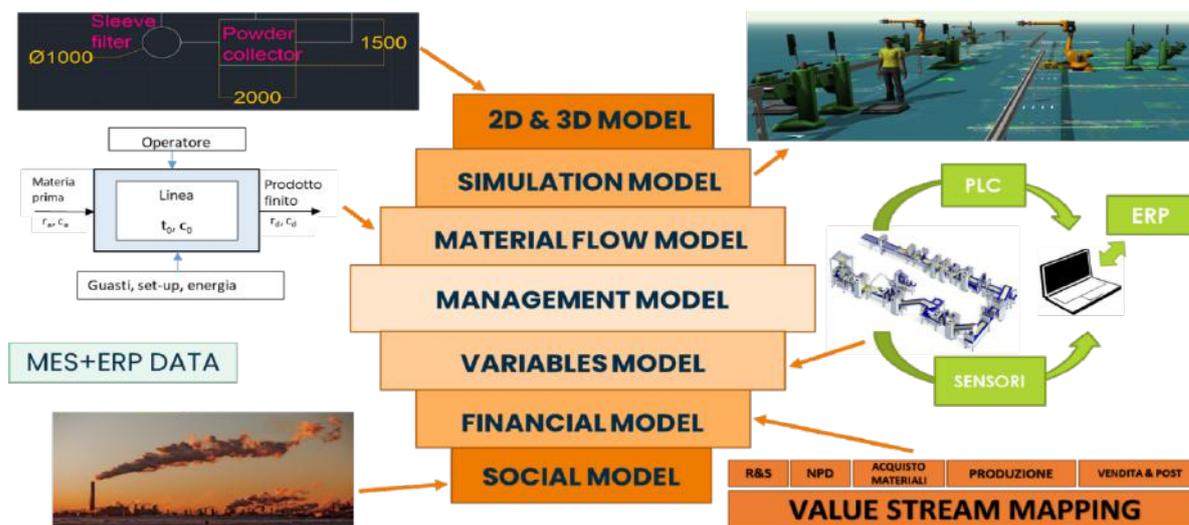
Parti buone (**GP**), parti ispezionate (**PI**), limite di specifica superiore (**USL**), limite di specifica inferiore (**LSL**), media aritmetica (\bar{x}), media dei valori medi ($\bar{\bar{x}}$), deviazione stimata ($\hat{\sigma}$), deviazione standard (σ), varianza (σ^2).

5.1.5 Variabili relative all'ENERGIA IMPIEGATA

Consumo energetico diretto effettivo (**ADEC**), consumo energetico diretto pianificato per prodotto (**PDEI**), periodo temporale (**TP**).

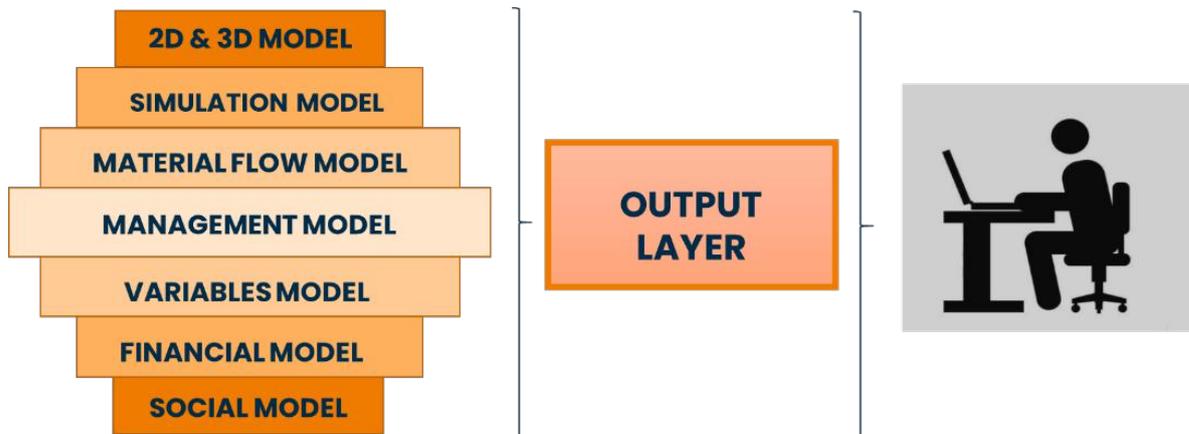
5.2 Il modello a 7 livelli

Tutte le informazioni riportate nei paragrafi precedenti sono raggruppate in un'unica struttura logica informativa. Questa struttura prende il nome di Value Stream Hierarchical Model e fornisce un linguaggio comune per strutturare le informazioni aziendali in ottica Lean.



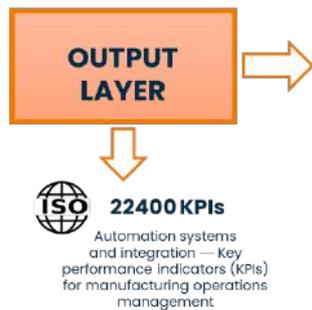
5.2.1 Variabili KPI ed EnPI – output layer

Questo paragrafo mostra l'output in termini di informazioni in prospettiva Lean del layout logico e del conseguente prodotto che andremo a implementare.



In particolare, l'output layer creerà un collegamento logico-matematico tra le variabili di Manufacturing Operation Management (standard ISO 22400 - Integrazione sistemi automazione) e gli indicatori di performance Lean.

ID #	KPI ID	NOME KPI	FORMULA MATEMATICA	DESCRIZIONE
1	G(hxh)	Giornata Ora per Ora	$G(hxh) = \sum T_{th} - \sum GQ$ (con $i=1^A$ ora, $j=fine$ turno)	Questo KPI indica la capacità della cella di soddisfare la domanda del cliente in tempo.
2	RWSWIP	Rapporto WIP - SWIP	$RWSWIP = WIP/SWIP$	Rapporto tra i semilavorati presenti (WIP misurato da sensori) e quelli pianificati (SWIP= valori targa macchine) per evitare interruzioni ingiustificate o macchine inutilizzate e per ridurre al minimo il tempo di fermo unità effettivo (ADOT).
3	BPC	Buoni al primo colpo	$BPC = (PQ - RQ - SQ) / PQ$	E' calcolato come il rapporto tra quantità prodotta (PQ) al netto di scarti (SQ) e rilavorazioni (RQ) e la quantità prodotta stessa.
4	OEE	Efficacia operativa degli impianti	Indice OEE = Disponibilità * Efficacia * Rapporto qualità	Calcolato come il KPI indicato nella lista ISO 22400 = $PRI * GQ / PBT$



6 Le tecnologie impiegate nel Lean Manufacturing Information System

6.1 IoT

Ciò che viene chiamato l'Internet delle cose, in fabbrica si declina come un *Sistema di misura diffuso*, affinché ogni fenomeno, produttivo o di sottoservizio, sia continuamente misurato nel suo evolversi lungo la giornata, il mese, le stagioni.

Concretamente, si tratta di infrastrutturare ogni processo e ogni servizio con sensori e misuratori di andamento. In questo senso il primo sistema di misura da implementare è il *Sistema di misura dell'energia impiegata nelle lavorazioni*.

Gli altri sistemi di misura si declinano sui sottoservizi – in primis aria, acqua, olio, ma anche clima, inquinanti – con strumenti di IoT che trasformano misure volumetriche in segnali digitali.

Nella stragrande maggioranza dei casi si realizza portando la rete aziendale Ethernet dentro ciascun quadro elettrico di macchina, reparto, officina, stabilimento, ed all'interno del quadro installare un misuratore per ogni punto di comando.

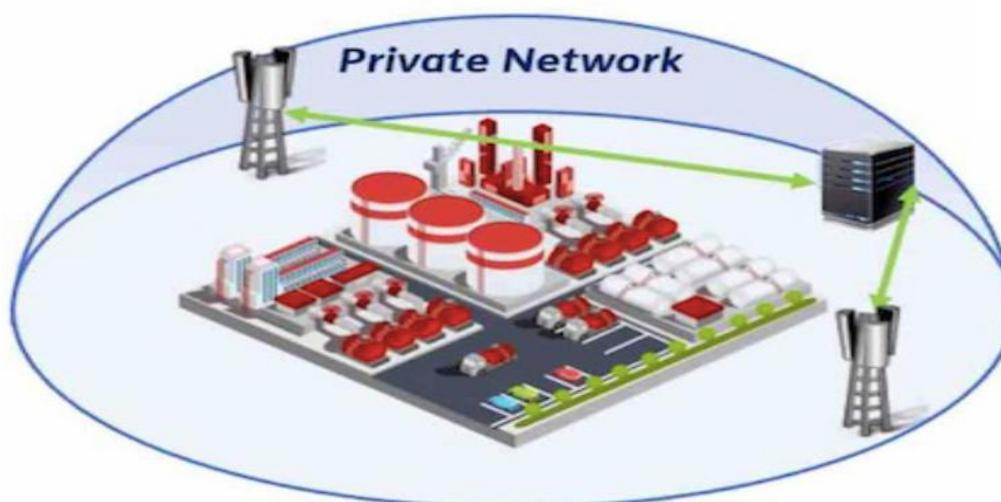
Questa tecnica consentirà eventualmente di evolvere l'architettura verso un *Cyber-Physical System* cioè un automa capace anche di realizzare "comandi" automatici - acceso/spento, triggering, regolazione - ancorché le condizioni operative e di sicurezza lo consentano.

6.2 5G

Acronimo di *Fifth Generation* è una tecnologia wireless, esattamente in radiofrequenza mobile, con grandi prestazioni in termini di banda e di latenza rispetto alle tecnologie cellulari tradizionali 2G, 3G e 4G Advanced.

Potremmo immaginare una SIM per ogni quadro elettrico ospitante un gateway 5G e risparmieremmo il costo di infrastruttura wired Ethernet, anche se in una fabbrica questa attività consiste nel "buttare" un cavo schermato e opto isolato dentro una blindo-sbarra.

L'impiego più significativo, viceversa, potrebbe essere la creazione di "reti IP zonali", cioè di reti Internet Protocol dedicate ad una specifica area industriale.



Esempio di "bolla privata" 5G che serve una Comunità Energetica Rinnovabile Industriale in via esclusiva

Questa tecnologia consente di creare una condivisione continua delle informazioni, per esempio per la costruzione di Comunità Energetiche Rinnovabili Industriali, ma anche di sistemi interconnessi di gestione in aree industrialmente interdipendenti, come molte aree produttive del Paese: uno stabilimento di una multinazionale dell'automotive ed intorno i suoi fornitori primari.

6.3 Ai e Machine Learning

Acronimo di Artificial Intelligence, prevede l'impiego delle tecniche di Intelligenza Artificiale, declinate in primis nel Problem Solving dei processi quotidiani di produzione Lean.

È anche lo strumento necessario per governare il *fiume di dati* che un sistema di misura diffuso genera, campionando le grandezze di riferimento ogni 2 minuti o anche meno. Per l'umano troppi dati significano nessun dato, se non è in grado di leggerli per quantità o per la velocità con cui vengono rinfrescati.

Dunque, un Sistema di Intelligenza Artificiale analizza le informazioni, ricava le tendenze, sintetizza gli andamenti e propone all'uomo delle soluzioni "ragionevoli" per raggiungere gli obiettivi di zero difetti, zero scorte, ecc.

Il Machine Learning (ML), è un sottoinsieme dell'AI, che consente di creare sistemi che apprendono o migliorano le performance in base di dati provenienti dal Sistema di misura diffuso. Nello specifico, parliamo di Machine Learning Supervisionato, cioè un sistema sorvegliato da un data scientist specializzato nella gestione della produzione di quella specifica manifattura.

È appena il caso di notare che il Cyber Physical System di cui si parlava al punto 3.1 è l'integrazione di un Sistema di Misura diffuso, di un Sistema di analisi di AI, di un Sistema di ottimizzazione di Machine Learning, di un Sistema di comandi automatici.

6.4 Simulazione economica, produttiva di impiego delle risorse

La simulazione della value stream, che con tutti i dettagli del caso diventa il digital twin della stessa, ha il compito di associare le variabili di processo e di costo a ogni entità, intesa come: materiale, macchina, centro di lavoro, operatori ecc. Questo costituirà la base per la misurazione del flusso di valore, così come indicato nel paragrafo che indica il passaggio dal disegno alla simulazione.

La simulazione sarà dei:

- fattori economici: in conseguenza della misura e della stima continua del rapporto costi-ricavi, si potranno isolare alcuni o tutti i fattori che incidono, e variarli per verificare la logica *what_if* di un cambiamento del paradigma economico/reddituale
- fattori produttivi: anche in questo caso, *what_if* di alcuni o di tutti i fattori, al fine di verificare quanto un piccolo o grande aggiornamento di una variabile incida sull'ottimizzazione della lavorazione, sugli scarti, sulla qualità
- impiego delle risorse: idem, ancora *what_if* per un cambio di paradigma della macchina, delle persone, delle frequenze, delle risorse stesse, per esempio interpolandole o aggiornando il ciclo di ciascuna.

6.5 Blockchain

Questa tecnologia potrà essere impiegata per la verifica di alcune informazioni lungo una value stream che si estende sia all'interno di una singola azienda che all'interno di una determinata value chain.

In particolare, per le value stream interne all'impresa sarà possibile effettuare:

- La verifica della qualità e del costo del materiale sia esso una materia prima, un semilavorato o un prodotto finito.
- La visibilità dello stato del prodotto nella value stream

Per quanto riguarda le value stream esterne all'azienda la tecnologia blockchain permetterà di creare degli smart contract al fine di velocizzare la procedura dei pagamenti tra clienti e fornitori lungo la catena del valore.

6.6 3D conversational avatar, Augmented Reality freehand

La realtà aumentata e gli avatar 3D saranno invece impiegati per consentire il Visual Management della value stream. Questo permetterà di ricevere e trasmettere intuitivamente le informazioni agli operatori che si occupano del processo. Le informazioni potranno indicare la correttezza di tutte le operazioni, le problematiche riguardanti una parte della value stream e suggerire le azioni da intraprendere.



6.7 Interfacce verso CAD, PLM, ERP, MES, SCADA

Parliamo di Lean Manufacturing Information System per indicare un *Super DB*, cioè una base dati alimentata continuamente dalle basi di dati dei singoli sistemi, gestionali, progettuali, produttivi, alla quale si applicano le tecniche indicate nei punti precedenti.

Concretamente, per ogni referenza di prodotto dobbiamo poter visualizzare immediatamente tutti gli aspetti gestionali – cliente, commessa, scadenza, valore convenuto, fatture emesse, ordini a fornitori, ecc. – coniugati con quelli tecnici – progettazione, ciclo di vita, informazioni di ritorno dal campo e dal Cliente – e con quelli produttivi – difettosità, complessità, costi, ecc.

Per ottenere questo risultato il Lean Manufacturing Information System esporrà dei *web services* che consentiranno l'aggiornamento continuo del Super DB ad ogni cambiamento intervenuto sui DB figli. Non sarà più necessario impiegare risorse e tempo per cercare le informazioni commerciali, tecniche, produttive, spesso conservate gelosamente in sistemi non intercomunicanti.

Lean non può esistere senza condivisione continua dei dati.

7 I WORK PACKAGES

WP0 – Gestione progetto

WP1 – Progettazione modello dei dati e sviluppo base dati

WP2 – Simulazione e Digital Twin

WP3 – Costi industriali dell'energia

WP4 – KPI di Lean Production

WP5 – Interfaccia real-time con ERP e MES

WP6 – Interfaccia real-time con linea di assemblaggio

8 LA COMPAGINE DI PROGETTO

- 1 OdR
- 2 Technology Provider
- 5 Manifatture piemontesi

9 VARIE

BANDO: Fondi Strutturali Regione Piemonte FESR 2021/27 – R&D Challenges – L1.b Big-challenges strategiche (ex PIATTAFORME TECNOLOGICHE)

DURATA: 24/30 mesi

VALORE: 5 mil. di euro

RICADUTE: Sviluppo del prodotto da progetto di ricerca con Spinoff POLITO