

**Interreg**   
ADRION ADRIATIC-IONIAN  
European Regional Development Fund - Instrument for Pre-Accession II Fund

FUTURE 4.0



**DEI** DIPARTIMENTO DI  
INGEGNERIA ELETTRICA  
E DELL'INFORMAZIONE

**LCA**  
Laboratory of Control  
and Automation

## *Lean Production e Industria 4.0*

La combinazione vincente per un'azienda competitiva



**OIBA**  
ORDINE DEGLI INGEGNERI  
della Provincia di Bari



**Politecnico  
di Bari**

**Dr. Eng. Giuliana ROTUNNO, Ph.D.**

Email: [giuliana.rotunno@poliba.it](mailto:giuliana.rotunno@poliba.it)

<http://dee.poliba.it/lca> (laboratory website)



# Lean Production



# Cosa è la Lean Production?

**La Lean Production** (più propriamente Lean Manufacturing) costituisce un insieme di principi e di metodi che, applicati in modo organico, consentono di portare all'eccellenza i processi operativi dell'azienda.



La **Lean Production** fu concepita presso gli stabilimenti Toyota a partire dagli anni '50, e solo nei primi anni '90 venne studiata e codificata dagli esperti statunitensi Womack e Jones. Essa affonda le sue radici nel **“Toyota Production System -TPS”**.

Il **TPS** è un metodo di organizzazione della produzione e alla sua base si trova l'idea di “fare di più con meno”, cioè di utilizzare le (poche) risorse disponibili nel modo più produttivo possibile con l'obiettivo di incrementare drasticamente la produttività riducendo gli sprechi.

# Il concetto di “MUDA”

Cosa significa Muda?

Spreco (*in giapponese Muda*) e qualsiasi cosa che non aggiunge valore direttamente al servizio e/o prodotto non contribuendo alla realizzazione dello stesso. Lo spreco aggiunge solo tempo e costo. E' possibile definire 7 forme di spreco in un processo produttivo:

1. *Sovraproduzione*

2. *Attesa*

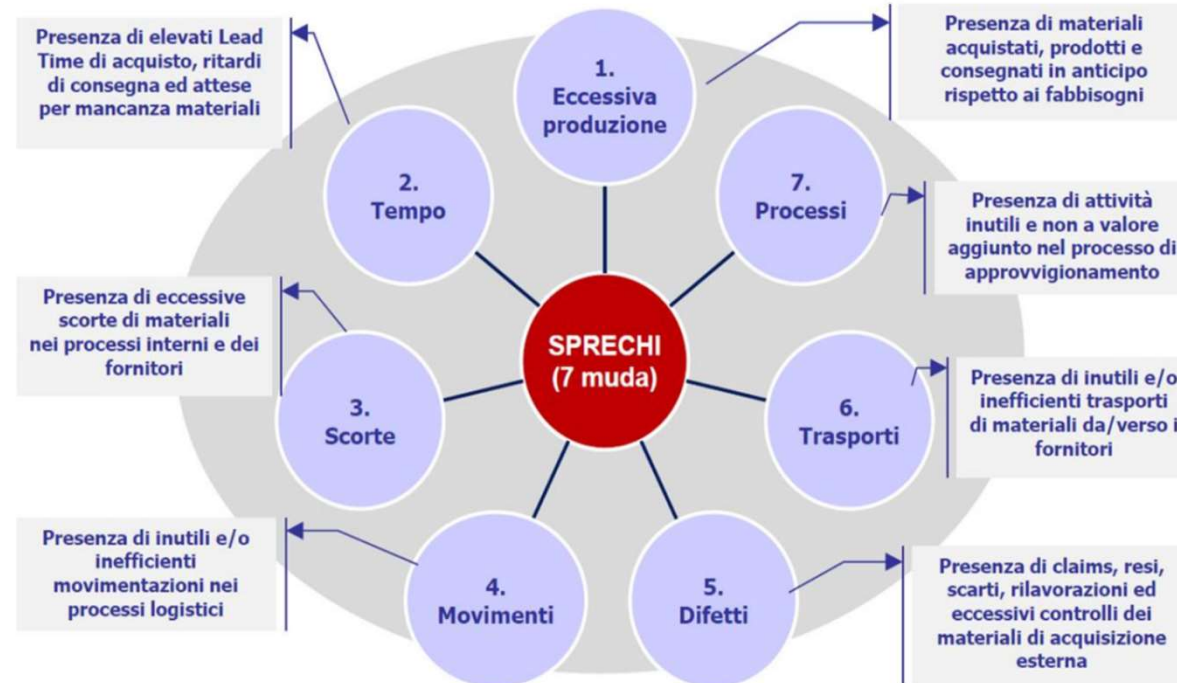
3. *Scorte*

4. *Movimento*

5. *Difetti*

6. *Trasporto*

7. *Sovraprocessare*



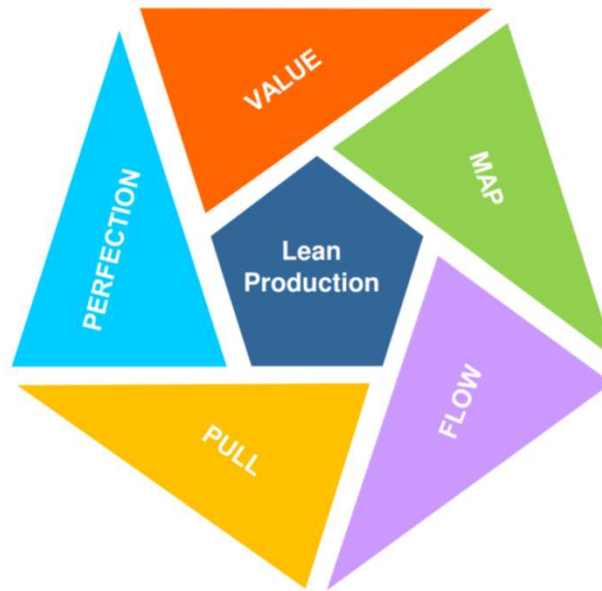
# Lean Production: *1 5 principi di base*

La teorizzazione di questo approccio produttivo innovativo è stata affrontata da due studiosi, James P. Womack e Daniel T. Jones i quali, nel loro libro “*Lean Thinking*”, individuano cinque principi alla base dell’approccio snello:

**5) Sostentamento del cambiamento attraverso il miglioramento continuo e la ricerca della perfezione.**

**1) Identificazione del valore di un prodotto finito o servizio che il cliente finale è disposto a pagare.**

**2) Mappatura della creazione di valore all’interno dei processi identificando gli sprechi.**



**3) Creazione del flusso di valore senza interruzioni, prediligendo la produzione di piccoli lotti.**

# La casa del Toyota Production System

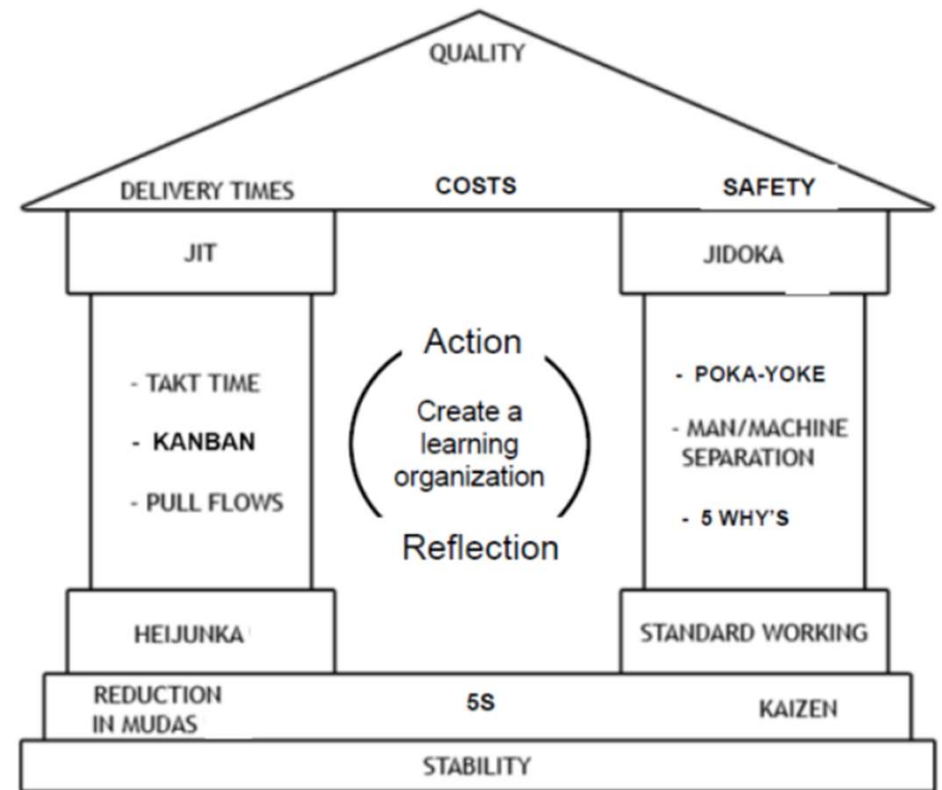
La Lean Production non va intesa come un approccio rigido ed univoco, ma come un insieme organico di tecniche che vanno modulate ed adattate alla specifica realtà produttiva.

Il Toyota Production System (TPS) viene spesso illustrato con una figura che rappresenta una casa che si fonda su due pilastri:

- *il Just-in-time*
- *il Jidoka*

L'obiettivo di questo sistema di produzione, indicato sul tetto della casa, è di raggiungere la migliore *qualità*, al prezzo più basso e nel minor tempo possibile.

Questo sistema utilizza una serie di strumenti, esposti nel seguito, che seguono tutti il filo conduttore della caccia ed eliminazione degli sprechi (Muda).



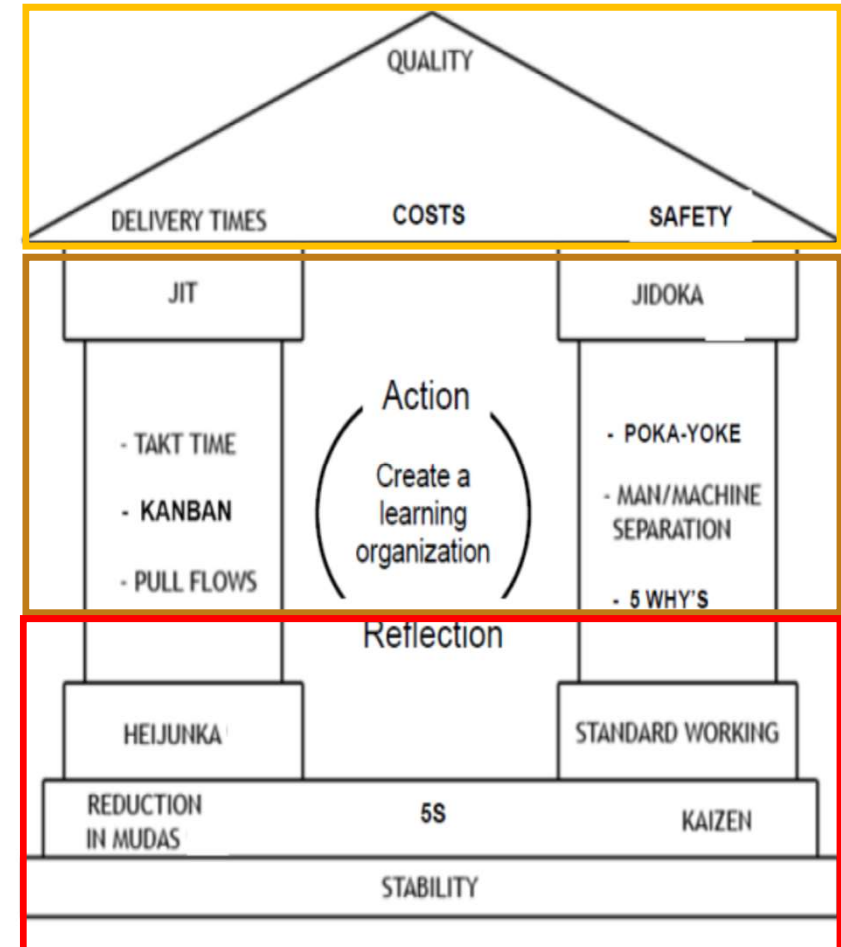


# La casa del Toyota Production System

- Sul **tetto** sono rappresentati gli **obiettivi** cui si vuole pervenire, cioè incrementare la qualità, ridurre i costi e accorciare il lead time per soddisfare le aspettative del cliente.

- Per raggiungere questi obiettivi ci sono **due pilastri** su cui appoggiarsi: il **“Just in Time”** (JIT) che significa avere ciò che serve, quando serve, dove serve, nella misura in cui serve e il **“Jidoka”** cioè l’automazione intelligente.

- I pilastri s’innalzano a loro volta dalle **fondamenta**, cioè le pratiche che devono essere implementate per prime e che creano le basi per lo sviluppo futuro degli strumenti adottati dalla filosofia Lean.





# Industria 4.0



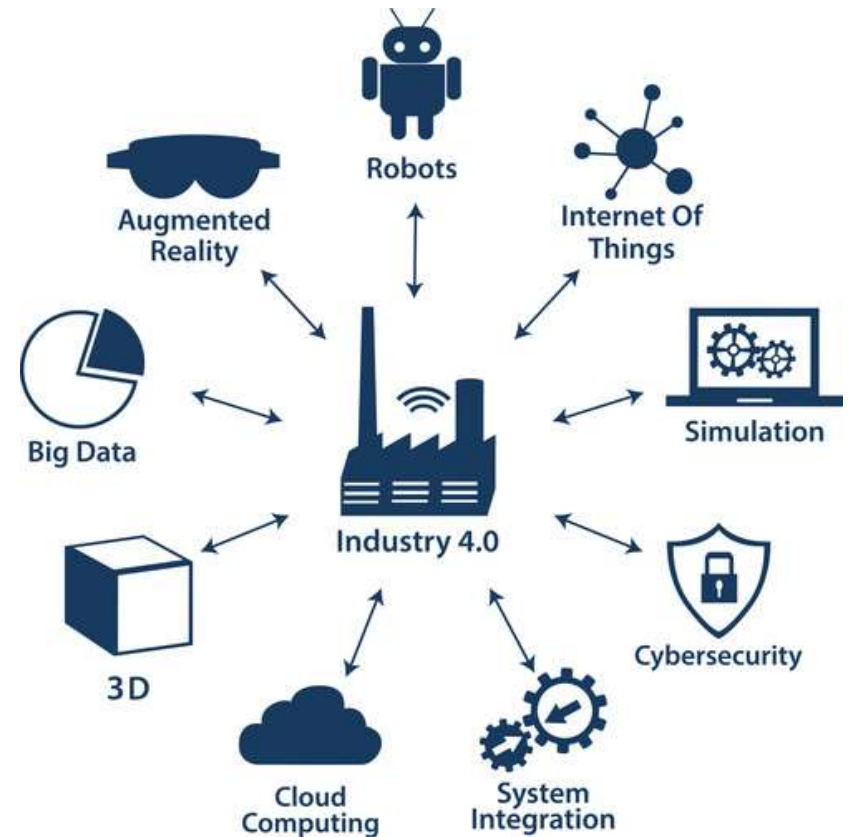


# Industria 4.0

Oggi stiamo affrontando un nuovo paradigma: sempre più spesso, e in diversi contesti, sentiamo parlare di *Industry 4.0*.

La quarta rivoluzione industriale ha lo scopo di ottimizzare la Value Chain attraverso l'implementazione di una produzione dinamica e autogestita dalle macchine.

*Data la portata del cambiamento innescato da Industria 4.0 le imprese manifatturiere fanno fatica a trovare dei punti di riferimento a cui legare il paradigma della «Lean Production».*

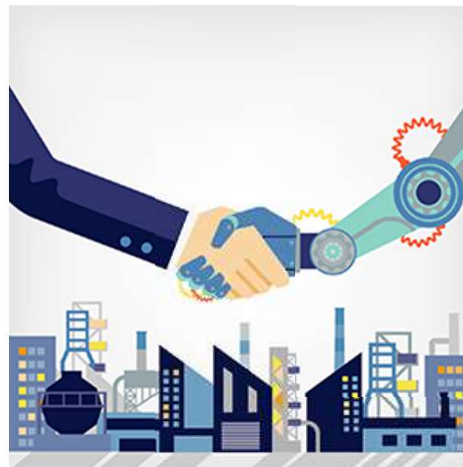


# Industria 4.0 e Lean Production

*In che misura Industria 4.0 e Lean Production possono dunque giocare un ruolo di rinforzo reciproco nella trasformazione culturale?*



*E' necessario un confronto più maturo, che non si fermi alla "automazione" delle singole pratiche, ma ricerchi dei punti comuni.*

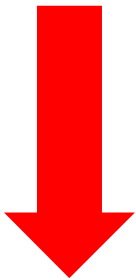


# Industria 4.0 e Lean Production

Per questo motivo spesso ci viene chiesto se esista un legame tra il paradigma *Industria 4.0 e la Lean Production*.

## Punti di contatto:

- l'enfasi sul coinvolgimento delle persone,
- la conoscenza distribuita sul campo,
- l'orientamento ai processi,
- l'attenzione alla misura e all'analisi del dato quale base del miglioramento.

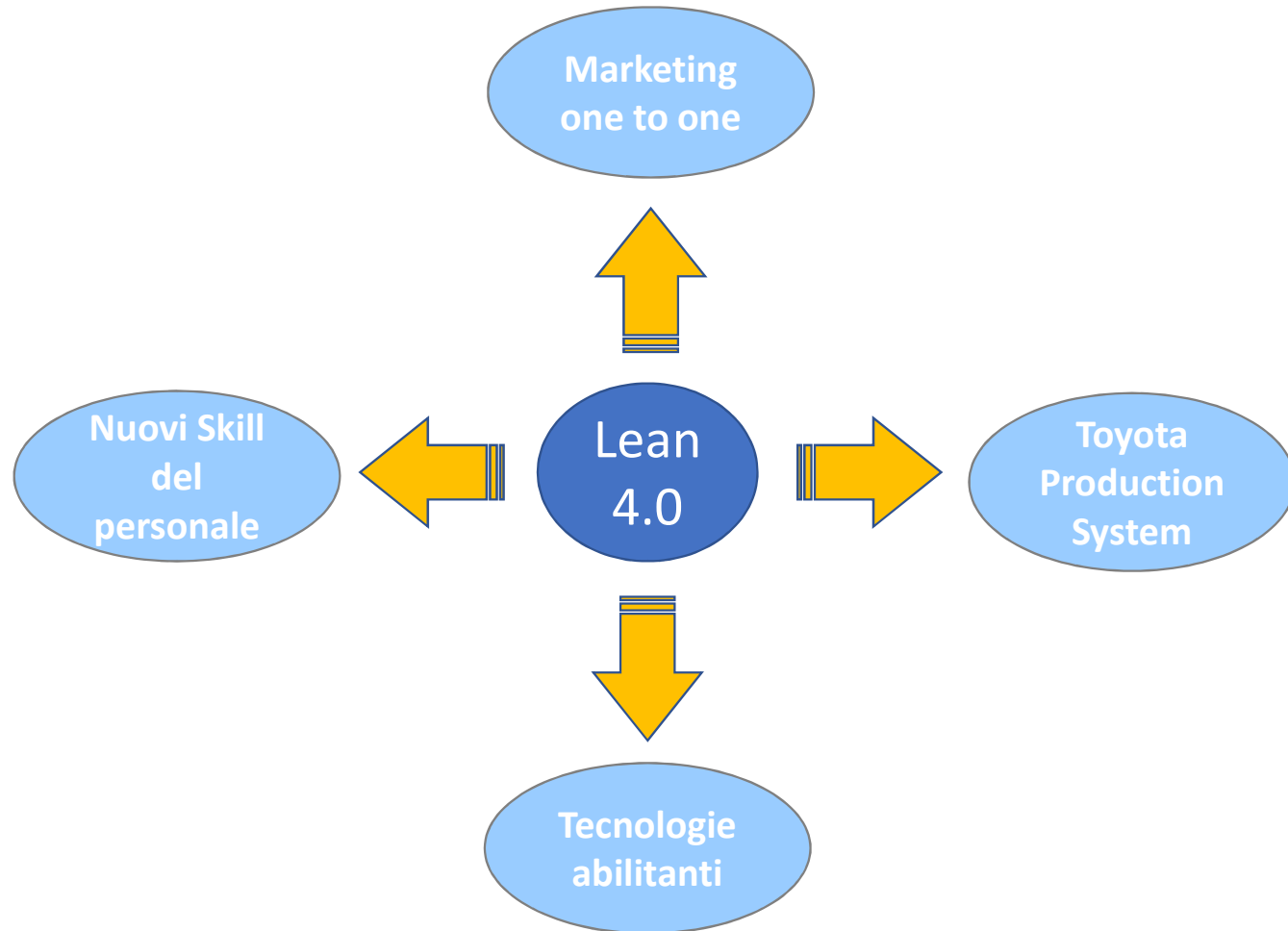


## Diversità della Lean:

- la vocazione alla semplicità,
- la tendenza a minimizzare il peso dell'automazione,
- la semplificazione dei problemi più che strutturazione di soluzioni complesse,
- l'assenza di una base analitica solida.

# Lean 4.0

La *Lean 4.0* è la naturale evoluzione dell'approccio Lean Toyota Production System secondo le logiche del marketing One to One, utilizzando le tecnologie abilitanti e le nuove competenze richieste al personale a seguito della Digital transformation.





FUTURE 4.0



# Lean Production e Industria 4.0: *Strategy*



# Lean Production Strategy

La Lean Production (produzione snella) integra numerose pratiche che consentono di ottenere sistemi di produzione ottimizzati, di elevata qualità, producendo prodotti finiti con un numero basso di scarti.

Con questo obiettivo presentiamo una «*Lean Production Strategy*» che vede l'utilizzo combinato di alcune metodologie appartenenti alla Lean Production e altre all'Industria 4.0.:

- *UML - Unified Modeling Language;*
- *VSM - Value Stream Mapping;*
- *Discrete Event Simulation.*

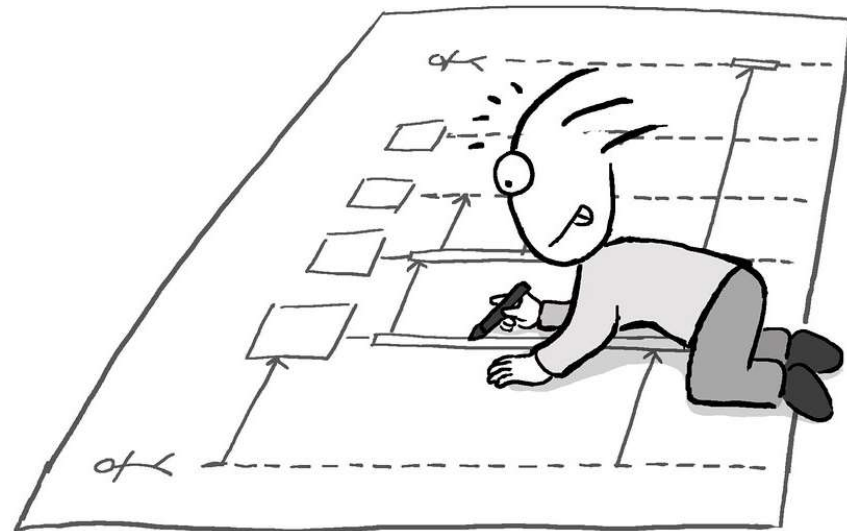
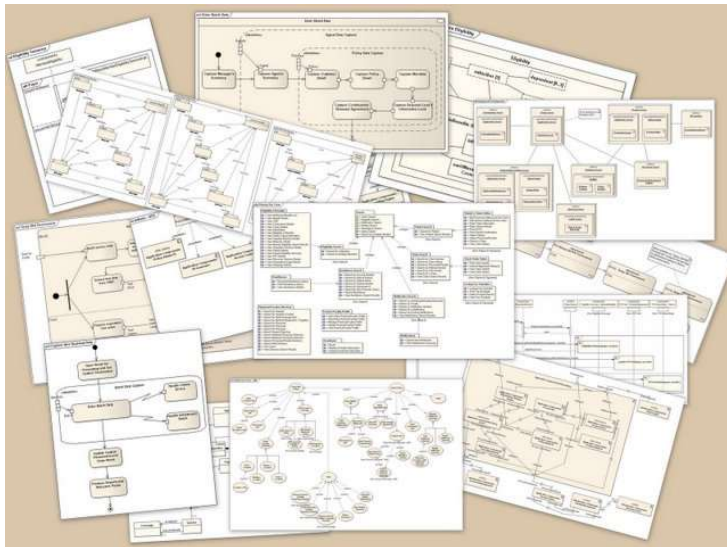
La combinazione di tali tecniche consente di rilevare e valutare le criticità della produzione nei processi di sistema, portando a raggiungere il miglioramento desiderato.



# Analizziamo gli strumenti: *UML*

**Il formalismo Unified Modeling Language (UML):** è un linguaggio di modellazione grafico e testuale, volto a comprendere e descrivere sistemi da vari punti di vista. UML, per dettagliare i sottosistemi, si serve di opportuni diagrammi, quali i diagrammi delle classi e i diagrammi di attività.

Quindi UML consente di descrivere la struttura e la dinamica di un generico sistema, iniziando dalla descrizione della rete fino ad arrivare al modello delle più importanti entità che lo compongono, le classi, e le loro corrispondenti attività.



# Analizziamo gli strumenti: VSM

La *Value Stream Mapping* è un metodo di visualizzazione grafica che fonda le proprie radici nella filosofia produttiva di Toyota.

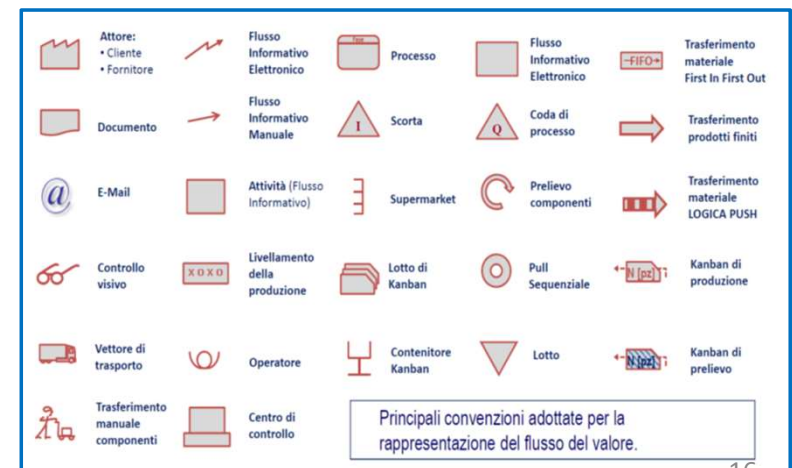
Questo strumento permette di prevenire ogni tipo di spreco, con la conseguenza di non togliere valore al prodotto finito aumentando in modo esponenziale l'efficienza.

Il presupposto sul quale basare l'analisi della catena del valore non è il miglioramento del singolo processo, ma l'ottimizzazione globale e continua. Le peculiarità della mappatura del processo sono due:

- *Current State Map*
- *Future State Map*

## Obiettivi

- non focalizzarsi sul singolo processo ma sul **flusso**
- trovare le **cause dello spreco** all'interno del flusso
- dare a tutto l'organico **gli strumenti** per leggere il flusso
- visualizzazione degli **aspetti** che hanno reso più efficiente il processo
- implementare un **sistema di Lean Manufacturing**

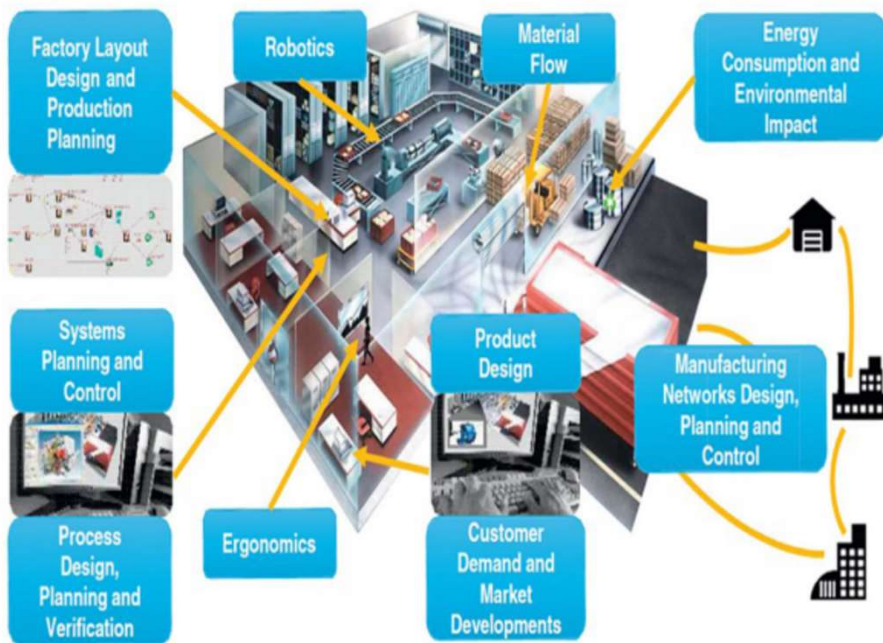


# Analizziamo gli strumenti

**Tecnologia di I4.0 Simulation:** La simulazione è la quinta tecnologia fondante l'Industria 4.0.

Le tecnologie della simulazione consistono nell'impiego di sistemi simulativi dei processi produttivi in grado di rielaborare i dati raccolti in tempo reale per analizzare e migliorare i processi e valutare le possibili problematiche che si possono presentare nella realtà.

Le simulazioni sono modelli che operano come laboratorio virtuale per permettere analisi predittive del comportamento di sistemi, macchine e impianti.



**POTENZIALITA'**



Generazione di un vero e proprio modello di processo, realizzato per recuperare informazioni utili che possono aiutare le imprese a:

1. ridurre i costi di produzione,
2. aumentare la qualità del prodotto finito
3. ridurre il time to market.

# Analizziamo gli strumenti

I modelli di simulazione si possono classificare in base a diversi criteri, una prima distinzione è tra:

- **modelli continui**, in cui le variabili variano con continuità;
- **modelli discreti**, in cui il valore delle variabili cambia in ben definiti istanti di tempo.

Un'altra distinzione è tra:

- **modelli statici**, che rappresentano un sistema in un particolare istante di tempo;
- **modelli dinamici**, che rappresentano un sistema in evoluzione nel tempo. Infine, si possono distinguere
  - **modelli deterministici**, che non contengono componenti probabilistici;
  - **modelli stocastici**, che presentano elementi soggetti ad aleatorietà.

In questa trattazione considereremo modelli di simulazione discreti, dinamici, stocastici che vengono comunemente chiamati **modelli di simulazione ad eventi discreti (Discrete Event Simulation)**

# “The Strategy”

La strategia proposta include cinque passaggi:

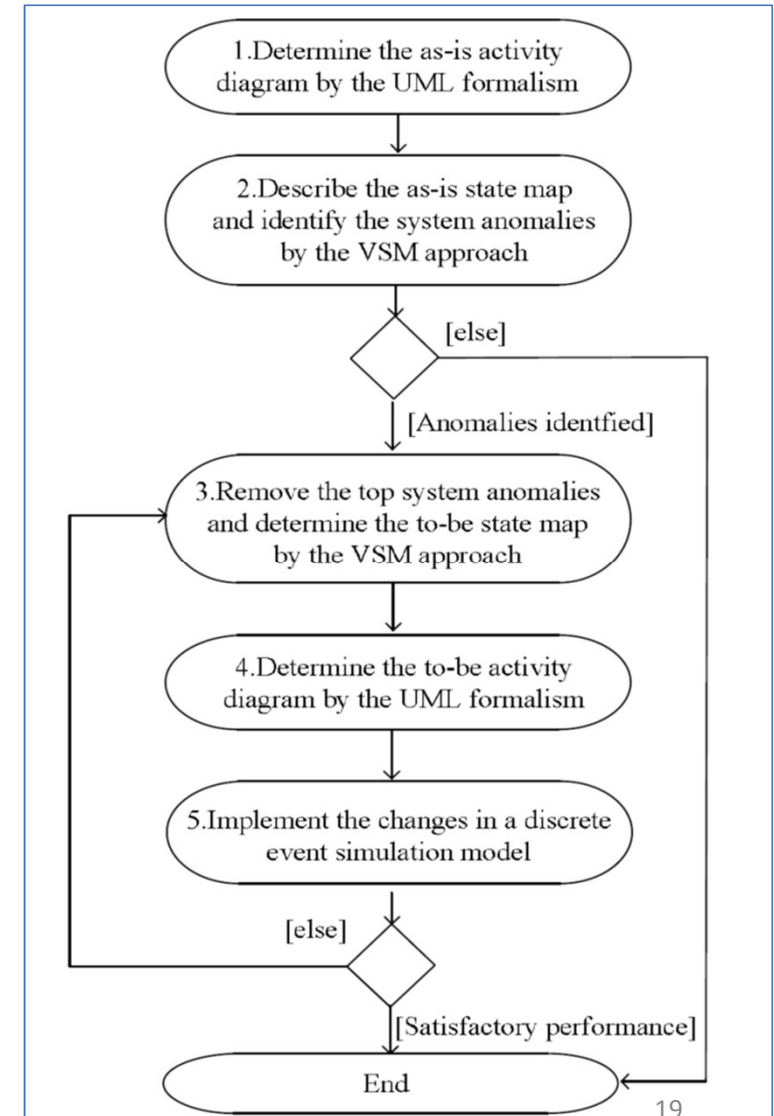
**1° step:** l'*UML (CURRENT STATE)* viene utilizzato per descrivere nel dettaglio il sistema in esame.

**2° step:** rappresentazione del sistema attraverso *VSM* che consente di visualizzare le attività di processo, identificando nel sistema anomalie nel «flusso del valore».

**3° step:** rilevate le anomalie si procede, attraverso un'analisi decisionale (AHP), all'individuazione dei problemi che richiedono un intervento immediato, si cerca la soluzione ottimale e si procede ad un nuova rappresentazione della *VSM*.

**4° step:** l'*UML (FUTURE STATE)* è impiegato per dettagliare la riprogettazione del sistema in esame, dopo la rimozione delle principali anomalie del sistema.

**5° step:** Infine, le modifiche progettate vengono implementate in un modello di simulazione ad eventi discreti, per verificare e valutare i miglioramenti.





FUTURE 4.0



# Lean Production e Industria 4.0: *Il caso applicativo*





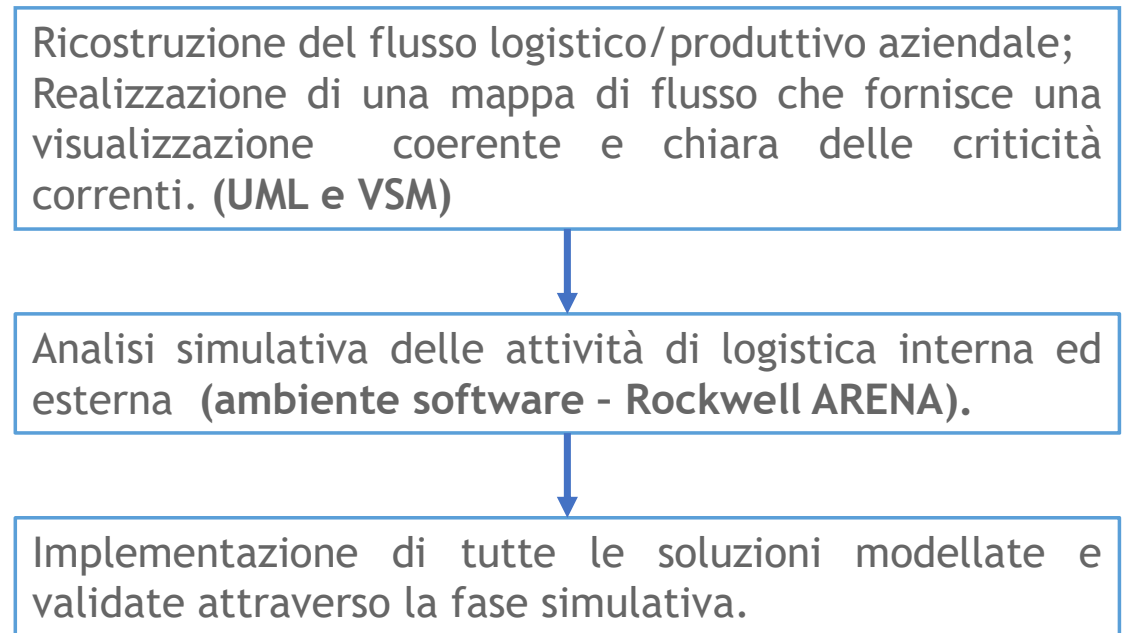
# Progetto SMMARTT

Sviluppo di un Modello di Magazzino Avanzato per la Riduzione del Tempo di Throughput

Il Cantiere Pilota, sviluppato presso una azienda metalmeccanica barese, si colloca all'interno del progetto SMMARTT e nasce da una esigenza specifica aziendale:

- *eliminare il numero di scarti*
- *Missing Part*

*di alcuni particolari verniciati che vengono riforniti sulla linea di montaggio.* Le fasi principali del progetto:

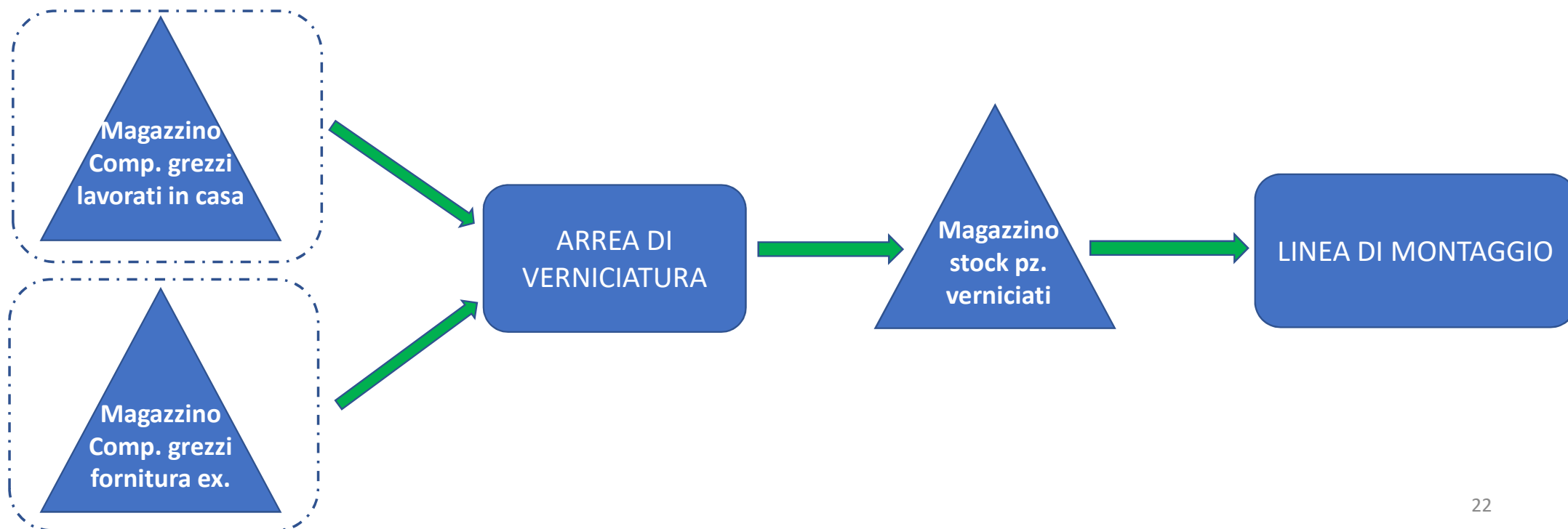


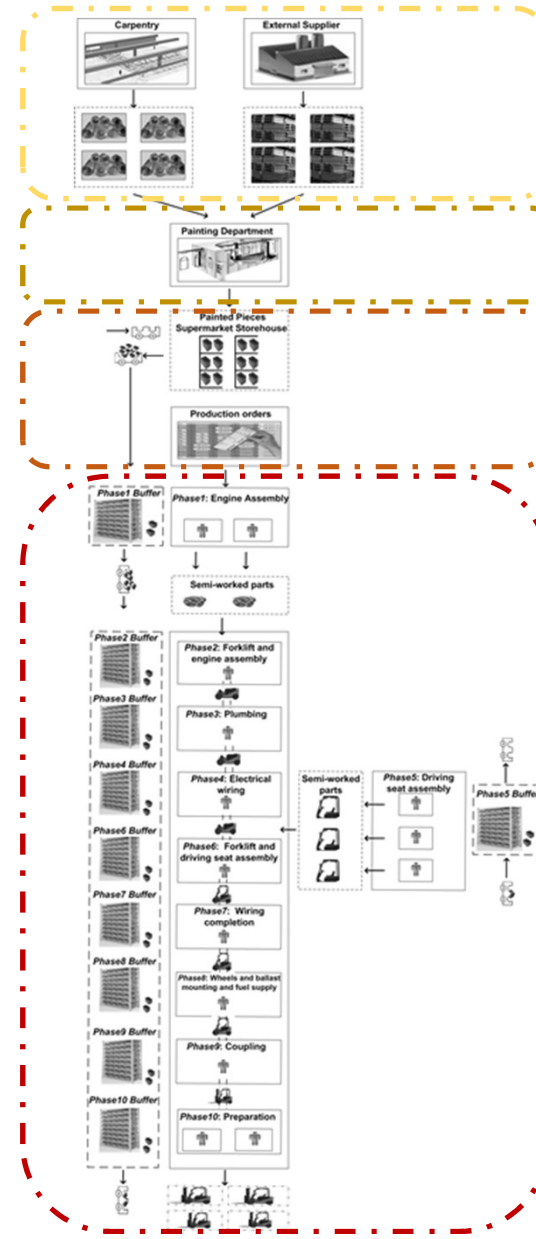
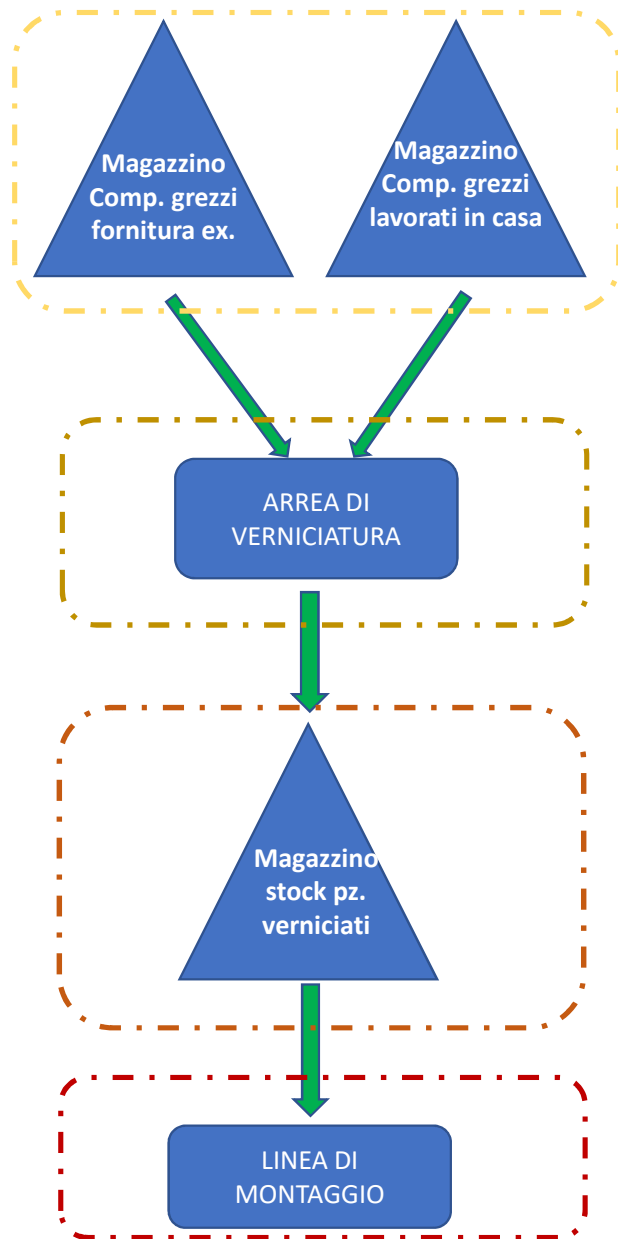
# Progetto SMMARTT

Sviluppo di un Modello di Magazzino Avanzato per la Riduzione del Tempo di Throughput

## a) Individuazione processo aziendale da sottoporre ad analisi:

La scelta di una specifica area non è stata casuale ma si è effettuata seguendo il flusso di alcuni materiali che dallo stato grezzo giungono nell'area verniciatura, sostano, dopo il processo, nell'area stock pezzi verniciati ed infine, vengono montati sulla linea di montaggio.

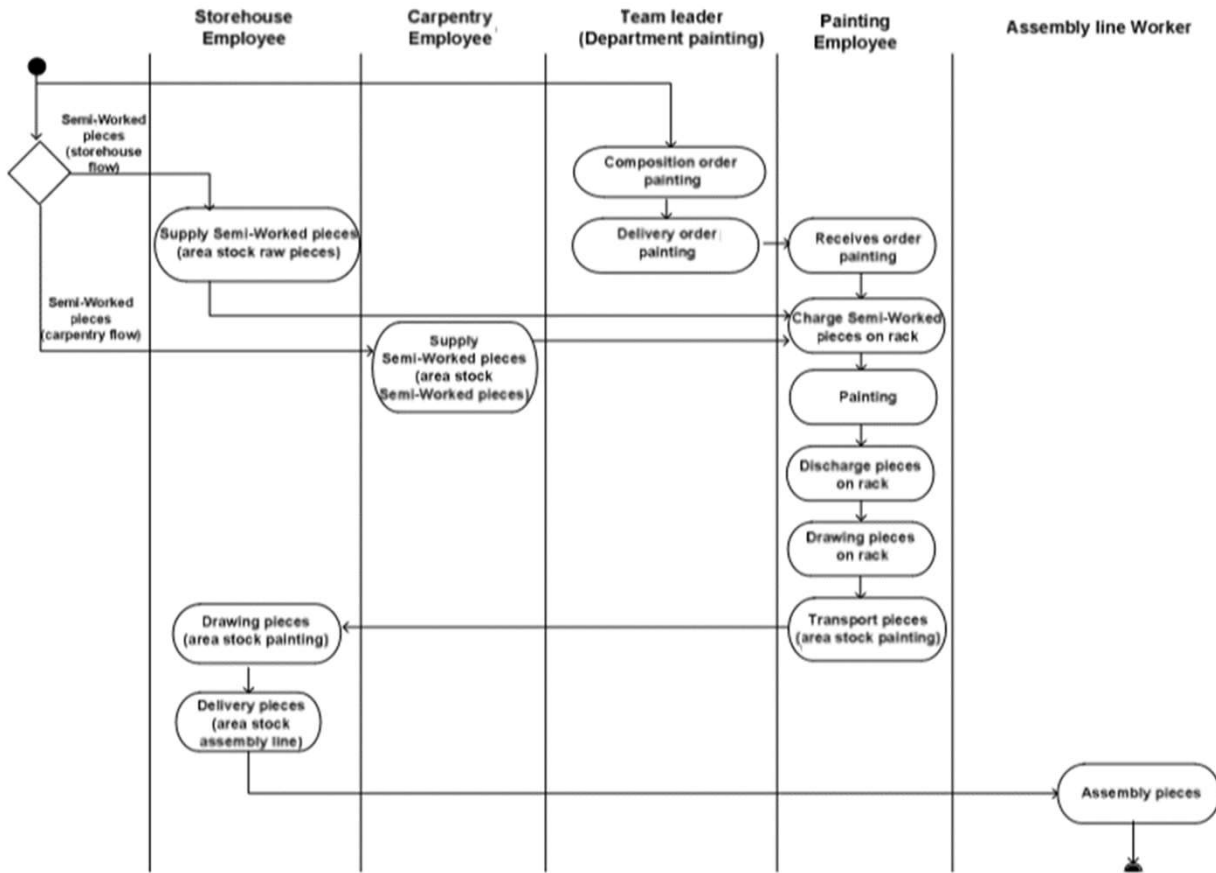




# Progetto SMMARTT

Sviluppo di un Modello di Magazzino Avanzato per la Riduzione del Tempo di Throughput

## b) Rappresentazione del processo aziendale attraverso UML (Current State MAP):



Nel dettaglio, la figura rappresenta il diagramma delle attività:

La successione delle macro-funzioni relative al processo di verniciatura ed all'assorbimento di alcuni componenti verniciati da parte della linea di montaggio.

# Progetto SMMARTT

Sviluppo di un Modello di Magazzino Avanzato per la Riduzione del Tempo di Throughput

## c) Individuazione delle criticità, degli indicatori di performance

Scelta, pertanto, l'area di interessamento ed il gruppo di lavoro si è proseguito seguendo la logica GEMBA. Alla base del miglioramento continuo si colloca la logica GEMBA. Essa rappresenta la corretta attitudine che occorre avere nell'approccio verso i problemi ( Andare sul terreno, nel reparto in cui avvengono realmente le cose, nel momento in cui si manifesta il problema, parlando con i protagonisti ). Questo ha permesso l'individuazione di 25 Criticità.

### *Indicatori di performance*

- n° di scarti;
- n° di Missing Part;
- Ergonomia

### *Anomalie del sistema*

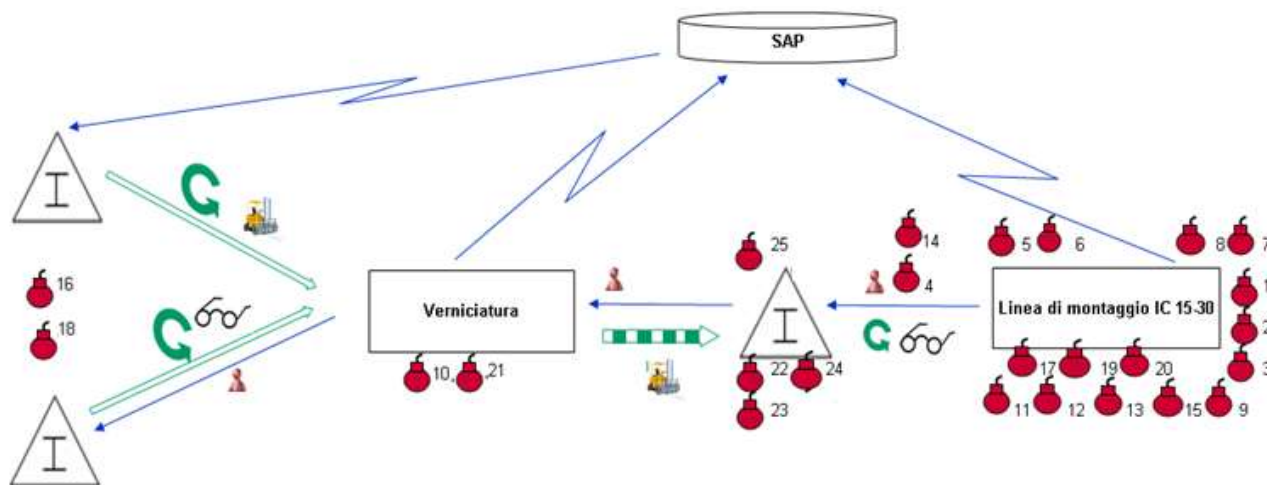
- 1 Presence of type A mudguard in containers of type B mudguards in preparation area
- 2 Lack of type B mudguards in mounting area
- 3 Lack of specific zone for providing mudguards to assembly line
- 4 Lack of procurement policy for mudguards
- 5 Presence of footrests with mixed pieces in preparation area
- 6 Mudguard storage in areas far from mounting area
- 7 Lack of location for ballast top in XD last phase
- 8 Lack of container for ballast top in XD last phase
- 9 Impossibility of identification of ballast top in XD last phase
- 10 Lack of procurement policy for ballast top
- 11 Lack of location for fixing radiator rod in XD first phase
- 12 Lack of container for fixing radiator rod in XD first phase
- 13 Difficulty of identification of fixing radiator rod in XD first phase
- 14 Lack of procurement policy for fixing radiator rod
- 15 No marking of storage area for mounting line sides
- 16 Lack of suitable containers for mounting line sides
- 17 Presence in mounting line of sides of type B in chassis
- 18 Lack of procurement policy for type B sides
- 19 Absence of location for headlight fixing rod in driving seat mounting area
- 20 Presence of rear fixing rod for headlight mounting on column in driving seat mounting area
- 21 Lack of procurement policy for headlight mounting in driving seat mounting area
- 22 Presence of painted mudguards on footrest in painting area
- 23 Presence of mudguards and sides in painted chassis area in painting area
- 24 Difficulty of access to ballast top rack in painting area
- 25 Difficulty to Kanban access in painting area

# Progetto SMMARTT

Sviluppo di un Modello di Magazzino Avanzato per la Riduzione del Tempo di Throughput

**d) Costruzione del flusso fisico\informativo del processo aziendale preso in esame, che prevede:**

1. La rappresentazione del Flusso attraverso la Value Stream Mapping;
2. posizionamento *delle 25 criticità* nel flusso (rappresentate con delle bombe).



	Processo		Prelievo di mat.		Operatore
	Magazzino		Push		Carrello Elevatore
	Flusso elettronico		Pull		Problema
	Flusso manuale		Gestione a vista		supermarket

La mappatura permette di:

- **il flusso dei materiali**
1. Visualizzare il flusso in cui si collocano le singole attività, processo produttivo dalla materia prima al prodotto finito (da sx a dx);
  2. Aiuta a valutare la fonte degli sprechi, oltre che gli sprechi stessi; il flusso delle informazioni, sequenza di informazioni trasmesse dal cliente fino ai singoli reparti su cosa, quanto e quando produrre (da dx a sx).
  3. Permette di rappresentare graficamente il flusso di materiale e di informazioni relative al processo in esame.



# Progetto SMMARTT

Sviluppo di un Modello di Magazzino Avanzato per la Riduzione del Tempo di Throughput

**d) Analisi decisionale (su quale problema interveniamo?, quale problema è più importante?). Gli strumenti utilizzati sono la:**

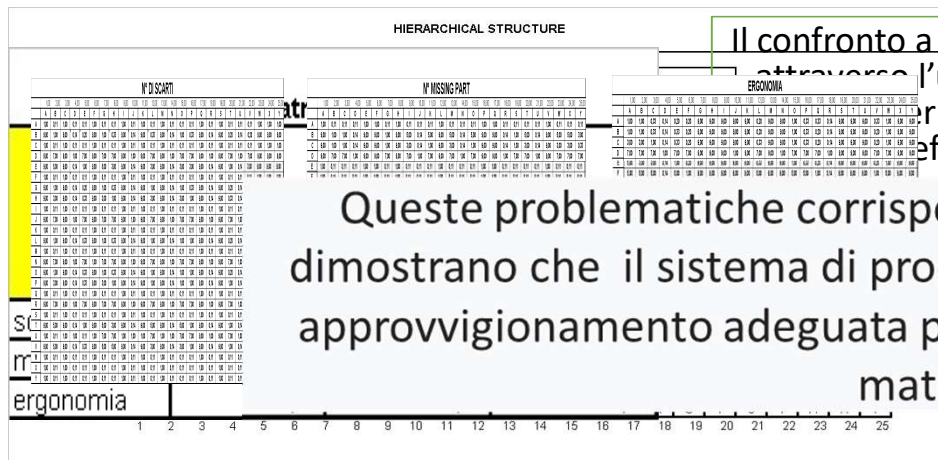
## 2 - Analytic Hierarchy Process (AHP)

AHP è un metodologia di analisi decisionale multi-criterio robusta e flessibile. Esso formula il problema decisionale in una struttura gerarchica e definisce le priorità dei suoi elementi, ad ogni livello, confrontando la loro reciproca importanza o (verosimiglianza) rispetto ad un attributo comune.

### Fase I) Osservazione delle problematiche di confronto CM0, CM1, CM3

Creazione di una struttura gerarchica in base alla relazione tra i problemi decisionali rispetto all'obiettivo (elementi del problema) più facilmente risolvibile (criterio) ed alternative) di confronto a coppie in termini di importanza relativamente al problema decisionale principale.

**L'utilizzo della metodologia AHP ha permesso, di individuare tra tutte le problematiche riscontrate, quelle che presentano una priorità maggiore: 5 problemi che generano tutti gli altri.**



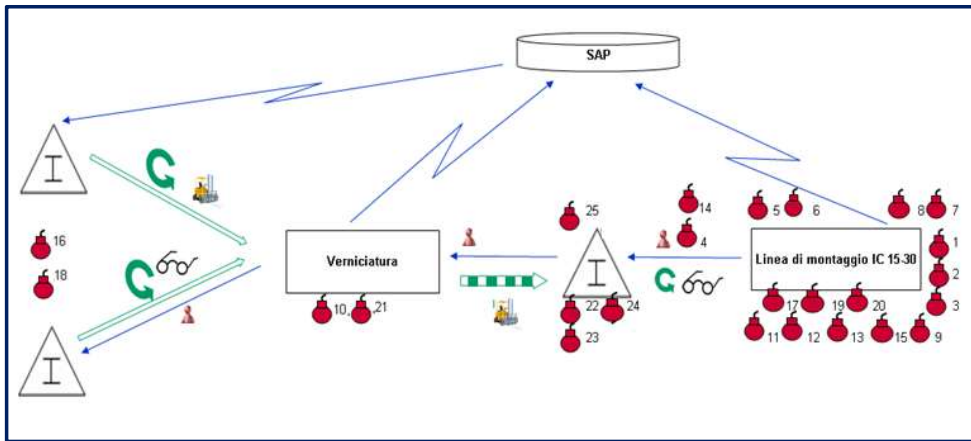
Il confronto a coppie avviene attraverso l'utilizzo di una matrice linguistica definita.

Intensity of importance	Definition	obiettivo: ineq.
1	Equal importance	riteri
2	Medium importance	nto delle
		teri del
		ce
		e
		i le 25
		mi
		27

Queste problematiche corrispondono ad elevate inefficienze e dimostrano che il sistema di produzione necessita di una politica di approvvigionamento adeguata per il corretta gestione del flusso di materiale.

individuati.

## As is

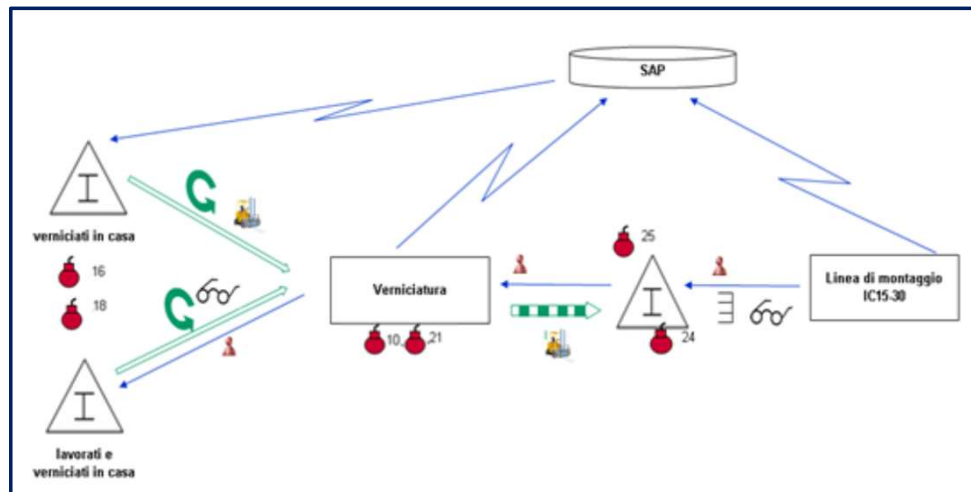


Per eliminare gran parte dei problemi è bastato:

**IMPLEMENTARE** il processo di una politica di approvvigionamento per i componenti che giungono sulla linea di assemblaggio dalla verniciatura utilizzando una logica VUOTO-PIENO con rifornimento giornaliero (Kanban elettronico -infomarmatizzato).



## To be



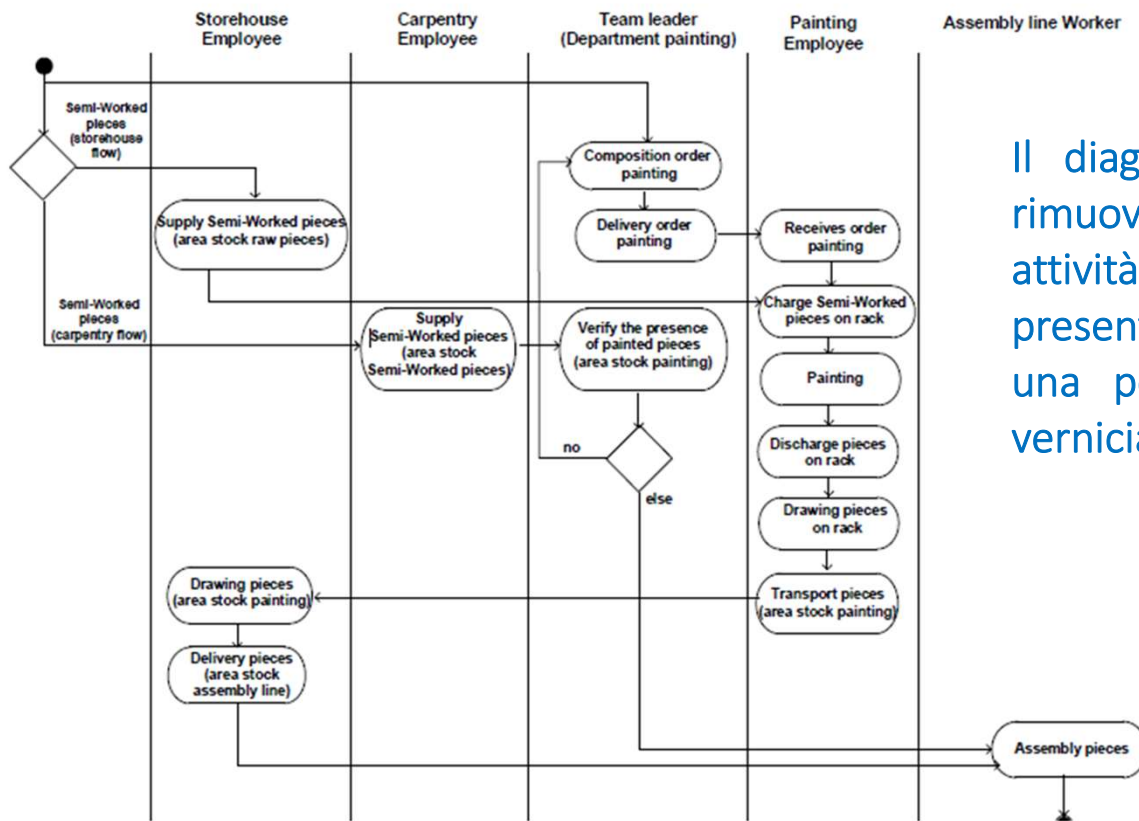
Il processo informatizzato prevede l'utilizzo di cartellini Kanban identificati da un **QR code** univoco e l'utilizzo di un palmare per registrare tutte le operazioni non tracciate sul sistema gestionale. Il QR code univoco identificherà un singolo ciclo della cassetta, dalla chiamata al consumo di tutti i pezzi contenuti.

	<b>Processo</b>		<b>Prelievo di mat.</b>		<b>Operatore</b>
	<b>Magazzino</b>		<b>Push</b>		<b>Carrello Elevatore</b>
	<b>Flusso elettronico</b>		<b>Pull</b>		<b>Problema</b> 28
	<b>Flusso manuale</b>		<b>Gestione a vista</b>		<b>supermarket</b>

# Progetto SMMARTT

Sviluppo di un Modello di Magazzino Avanzato per la Riduzione del Tempo di Throughput

## e) Rappresentazione del processo aziendale attraverso UML (Future State MAP):



Il diagramma delle attività aggiornato si è realizzato rimuovendo le anomalie del sistema e dettagliando le attività riprogettate. È possibile notare che il diagramma presenta gli stessi attori del *Current state Map*, ma include una politica di approvvigionamento tra il reparto di verniciatura e la linea di assemblaggio.

# Progetto SMMARTT

Sviluppo di un Modello di Magazzino Avanzato per la Riduzione del Tempo di Throughput

## ***f) Simulazione e ottimizzazione della gestione***

- *Individuazione modello di simulazione*
- *Analisi simulativa delle attività integrate (ambiente software - Rockwell ARENA)*
- *Ottimizzazione della gestione*

Il modello descritto è implementato nell'ambiente *ARENA (software di simulazione ad eventi discreti)* adatto per gestire sistemi su larga scala e modulari. Il modello di simulazione è stato attuato secondo le seguenti tre fasi:

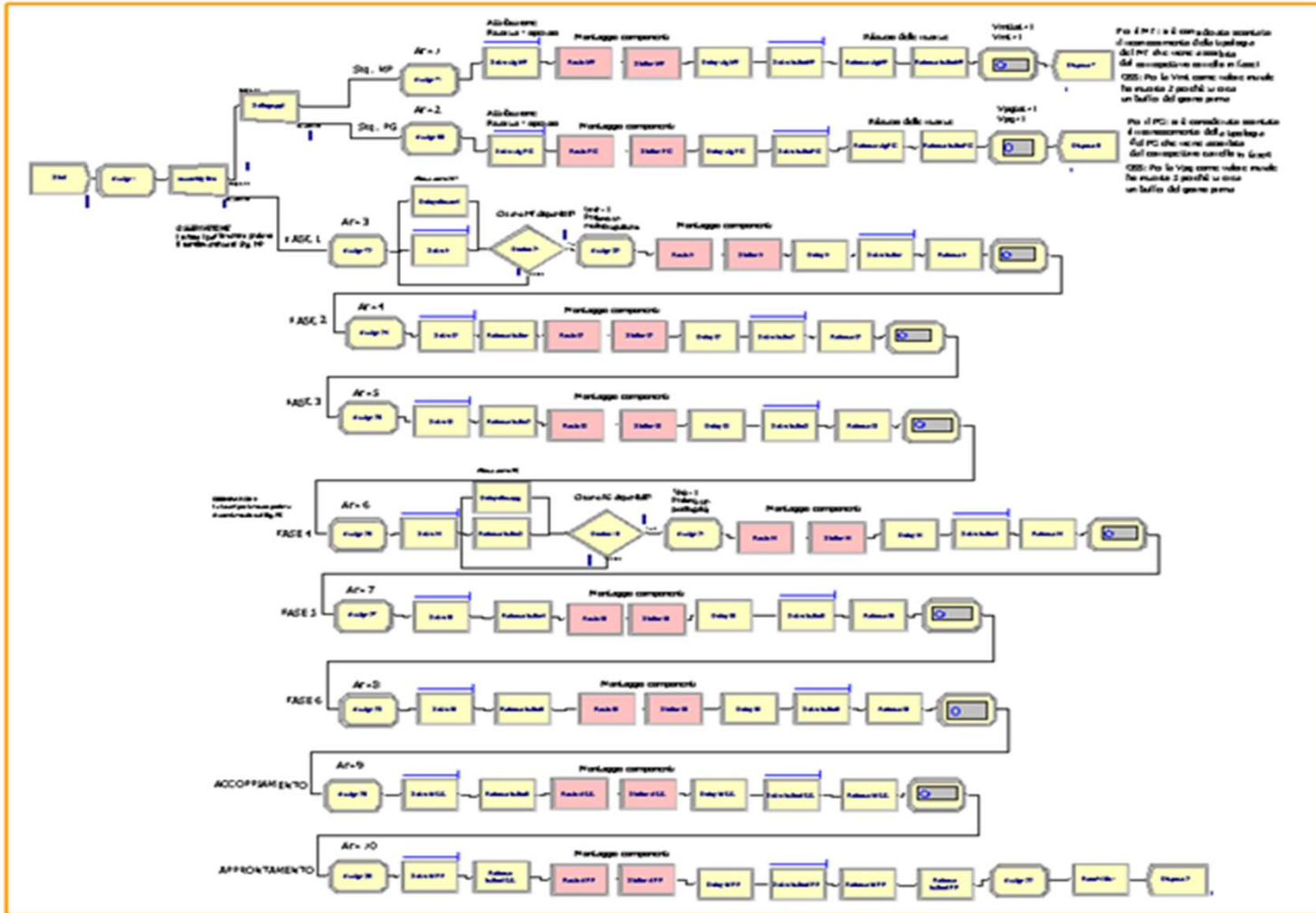
I FASE - Realizzazione dei moduli di simulazione secondo il diagramma dell'attività in UML, stabilendo una sorta di mappatura tra ciascun modulo ARENA e gli elementi grafici in UML.

II FASE - I diversi parametri di simulazione vengono inclusi nell'ambiente ARENA (durata delle attività, quantità da produrre, capacità delle risorse, ecc...).

III FASE - Individuata la sequenza da simulare vengono individuati degli indici che misureranno le performance del sistema integrato.

# Progetto SMMARTT

Sviluppo di un Modello di Magazzino Avanzato per la Riduzione del Tempo di Throughput



Il modello SIMULA il comportamento che il sistema fisico avrebbe nelle condizioni di funzionamento che il progettista imposta.

# Progetto SMMARTT

## Sviluppo di un Modello di Magazzino Avanzato per la Riduzione del Tempo di Throughput

Tutti gli indici di performance sono valutati da una lunga serie di simulazioni:

- *800 giorni lavorativi*
- *le stime degli indici di performance sono dedotto da 50 repliche indipendenti con un 95% intervallo di confidenza.*

La riduzione degli errori nella fase di approvvigionamento dei materiali generando:

- una riduzione del **25,5%** del Lead-time di produzione
- una riduzione del **52,5%** del Waiting - time accorciando notevolmente i ritardi nella consegna del prodotto finito al cliente finale.
- Migliorando le celle di lavoro si sono potute utilizzare al meglio le risorse presenti e ridurre, in alcune fasi di produzione, il numero di risorse impiegate portando l'utilizzazione media delle risorse da **68,5% a 83,6%**.

Si sono, pertanto, simulati gli indici di prestazione attraverso il modello determinato e successivamente, al fine di testare il miglioramento del livello di servizio, si sono confrontati i risultati ottenuti nella realtà dal “vecchio” sistema.

