



---

# LEAN SIX SIGMA

***Alessandro Silvestri***

---

**“Qualità e Lean Production”**

*Alessandro Silvestri*



# AGENDA

---

- ☐ PDCA vs DMAIC
- ☐ Il ciclo DMAIC
- ☐ Tecniche Six Sigma
- ☐ Lean Six Sigma
- ☐ La Certificazione di Qualità



# AGENDA

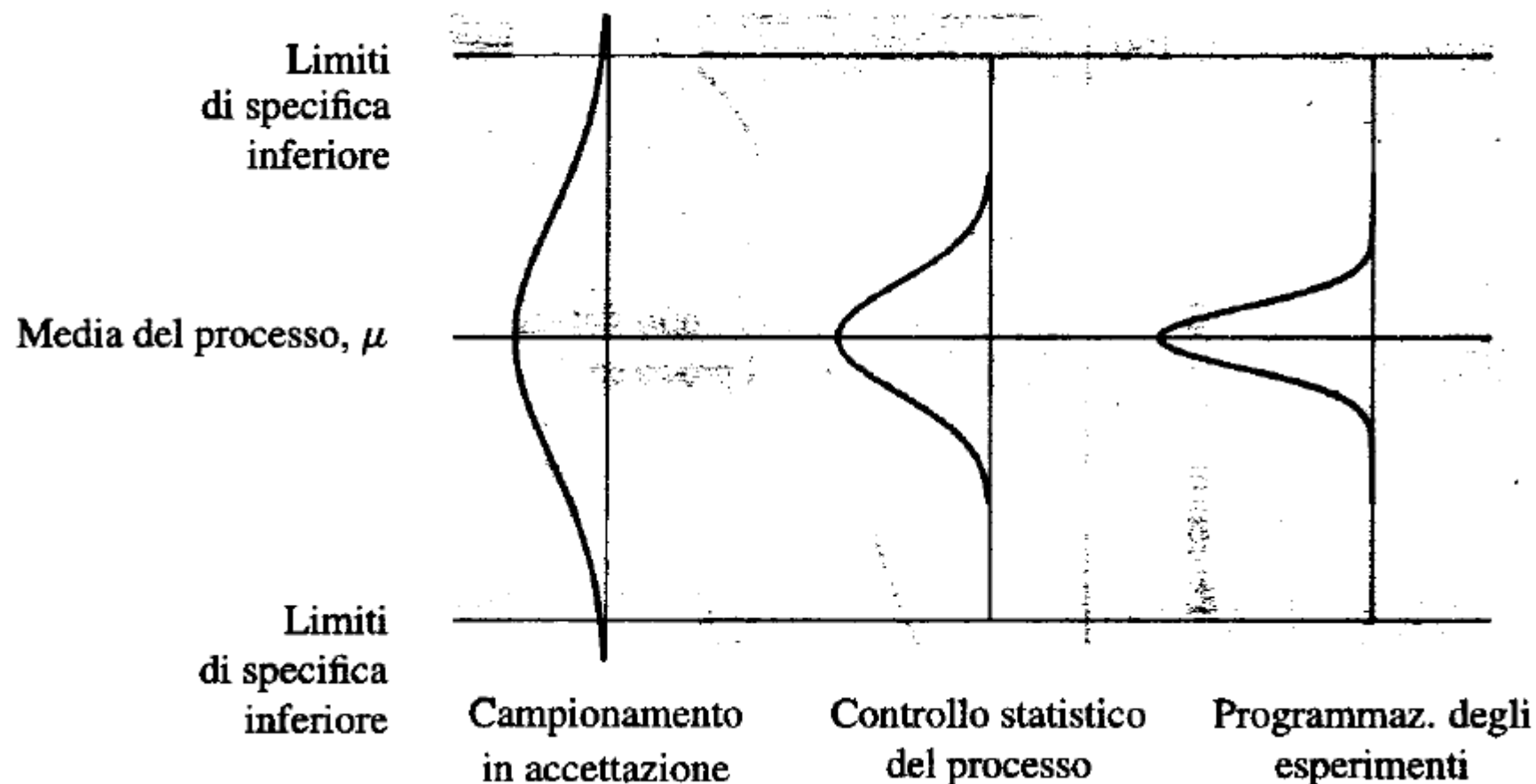
---

- ☐ PDCA vs DMAIC
- ☐ Il ciclo DMAIC
- ☐ Tecniche Six Sigma
- ☐ Lean Six Sigma
- ☐ La Certificazione di Qualità



# PDCA vs DMAIC

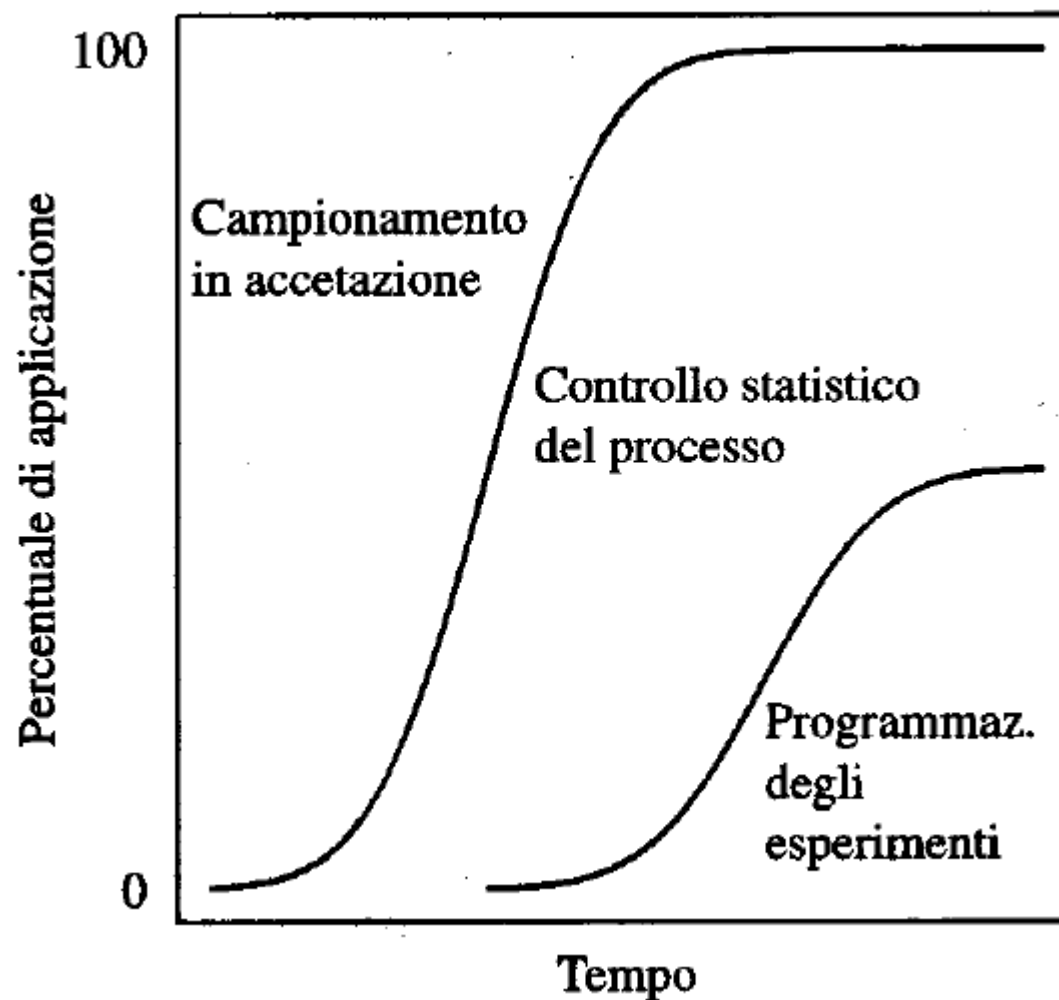
## Effetti sulla riduzione della variabilità





## PDCA vs DMAIC

### Impiego delle tecniche di miglioramento

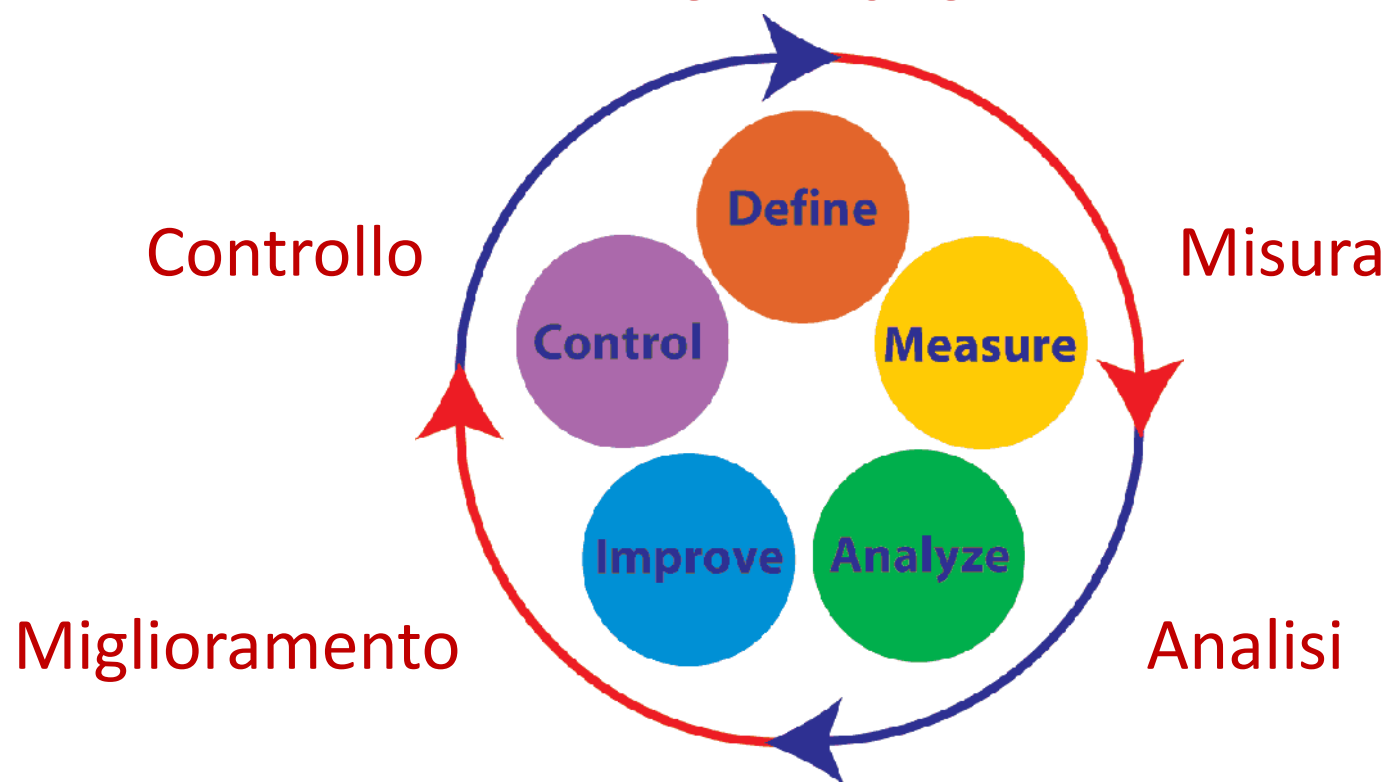




## Il ciclo DMAIC

Evoluzione del ciclo PDCA con l'aggiunta di  
**tecniche statistiche avanzate**

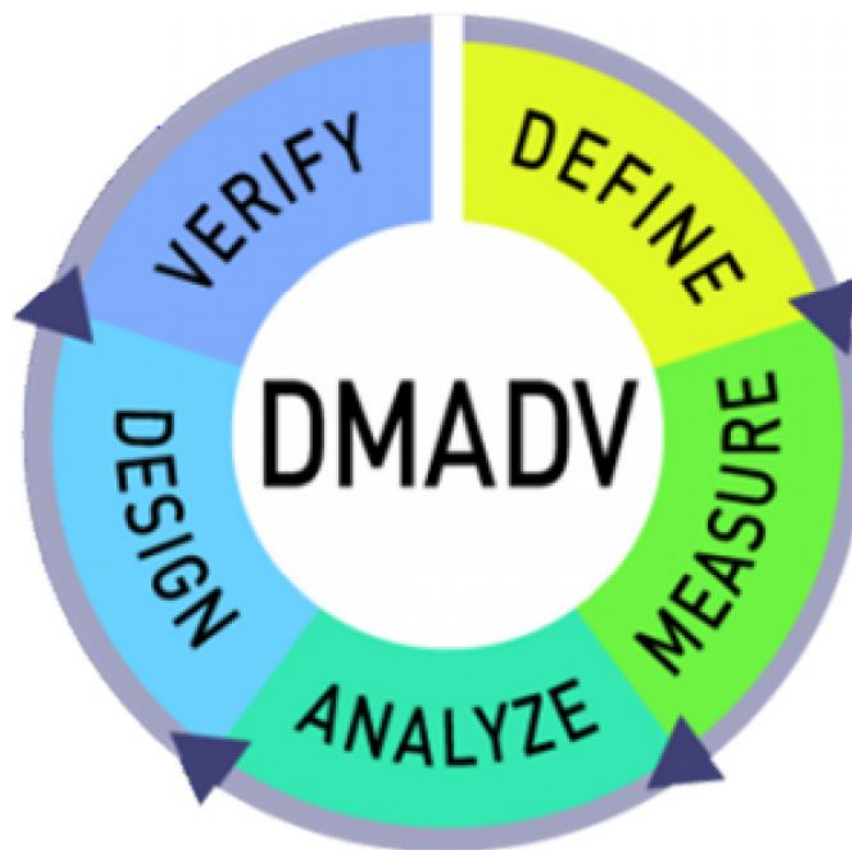
Definizione





## Il ciclo DMADV

In progettazione si ha il DFSS – Design For Six Sigma





# Il ciclo DMAIC – Step 1

---

## DEFINE

In questa fase vengono definiti chiaramente:

- Obiettivi: saving economici, indicatori di performance da migliorare;
- Ambiti interessati: quali sono i processi oggetto del progetto, i prodotti;
- Le risorse necessarie: economiche , team di lavoro, software, risorse esterne (consulenti, fornitori, clienti);
- Pianificazione: abitualmente non dovrebbe superare i sei mesi di durata (normalmente settimane); in questa fase è importante definire in modo chiaro la timeline, definendo la durata delle varie fasi e identificando eventuali momenti di verifica dei risultati ottenuti nel corso di svolgimento del progetto stesso.





## Il ciclo DMAIC - Step 2

---

### MEASURE

Gli obiettivi di questa fase si possono sintetizzare in:

- Raccogliere e misurare tutte le variabili del processo attraverso un piano di campionamento;
- Identificare e misurare le “non conformità” (difetti) sul prodotto, alla ricerca delle presunte cause;
- Misurare gli indici di performance del processo attuali (es. Cp, Cpk, Process Sigma-Sigma Level...);
- Verificare e convalidare il sistema di misurazione attuale attraverso le tecniche MSA (Measurement System Analysis);
- Analizzare il trend “storico” dei dati.

---

**“Qualità e Lean Production”**

*Alessandro Silvestri*



## Il ciclo DMAIC – Step 3

---

### ANALYZE

Dopo aver raccolto tutte le informazioni sul processo nella fase precedente (Misura) è ora necessario analizzare i dati per individuare le cause della bassa performance mediante l'utilizzo di tool avanzati.

Spesso le variabili in un processo sono moltissime ma soltanto alcune influenzano significativamente il risultato del processo stesso, obiettivo di questa fase è individuare in modo certo queste variabili (KPIV = Key Process Input Variable) in modo da concentrare su di esse la successiva fase di miglioramento.



## Il ciclo DMAIC – Step 4

---

### IMPROVE

Il team di progetto, tenuto conto di questi risultati e delle variabili “determinanti per la bassa performance”, in questa fase ha il compito di pianificare ed effettuare azioni di miglioramento.

Al termine di questa fase devono essere valutati attentamente dal team i risultati ottenuti, è buona norma ripetere parte delle “misure” e il ricalcolo dei medesimi indici utilizzati nella precedente fase di misura (es. Cp, Cpk, Process Sigma-Sigma Level...).



## Il ciclo DMAIC – Step 5

---

### CONTROL

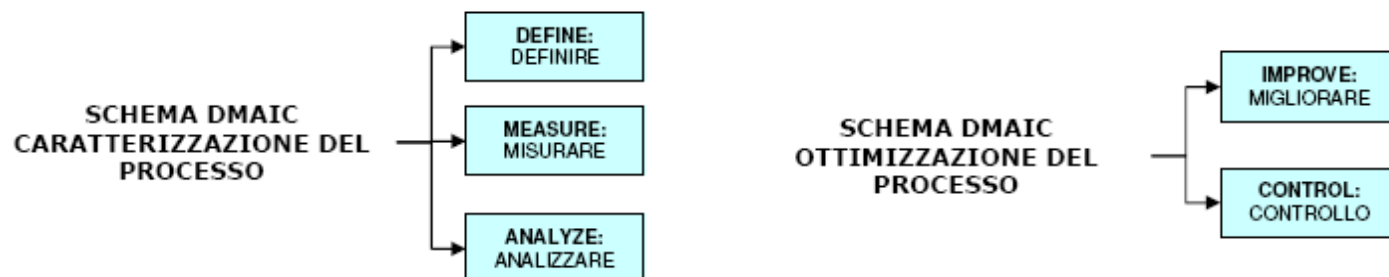
Scopo di questa ultima fase è determinare una serie di azioni sistematiche, di verifiche periodiche per mantenere appunto il processo “in-controllo”, consolidare e mantenere i miglioramenti ottenuti e naturalmente prevenire e/o evitare le cause che generano la bassa performance del processo.

Il termine di questa fase, coincidendo abitualmente con la fine del progetto DMAIC, è rappresentato da un documento in cui viene ripercorsa la “storia” del progetto, i dati raccolti, le sperimentazioni effettuate e naturalmente i risultati acquisiti.

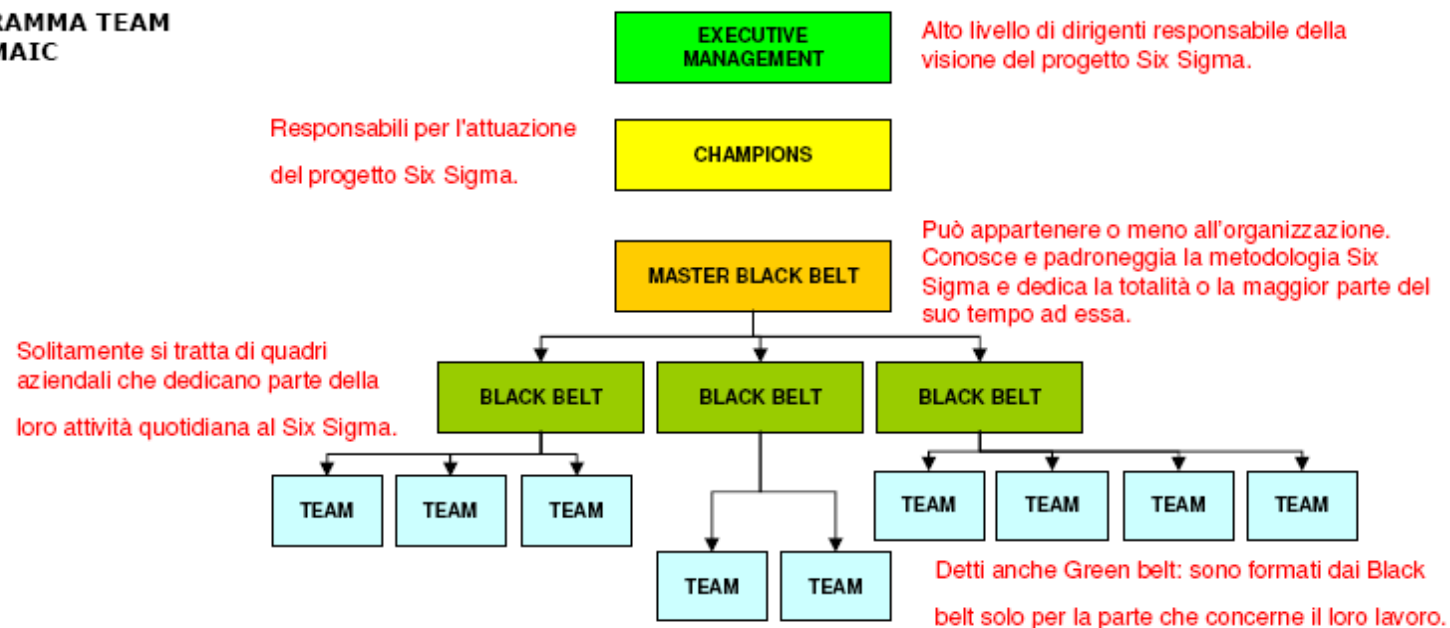


# Il ciclo DMAIC

## SCHEMA DMAIC



## ORGANIGRAMMA TEAM DMAIC

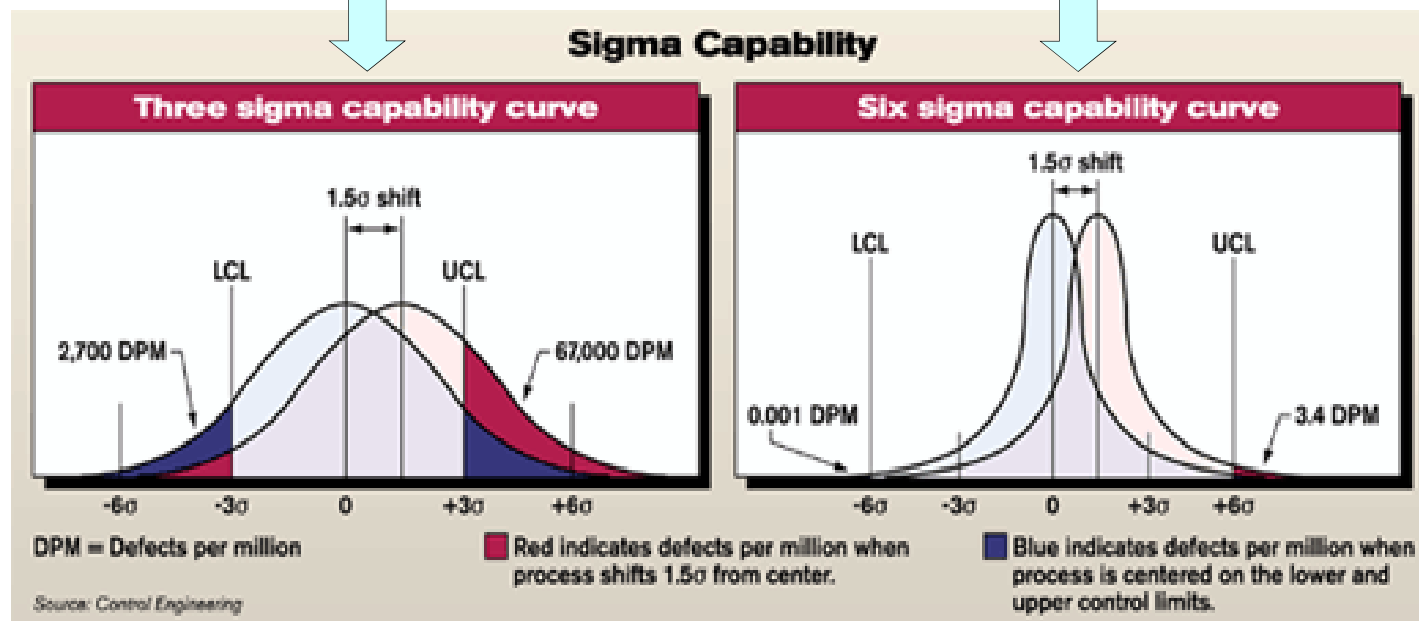




# Tecniche Six Sigma

**SPC**

**Tecniche Six Sigma**



**$\pm 3\sigma$**

**2700 DPM**

**$\pm 6\sigma$**

**0.001 DPM**

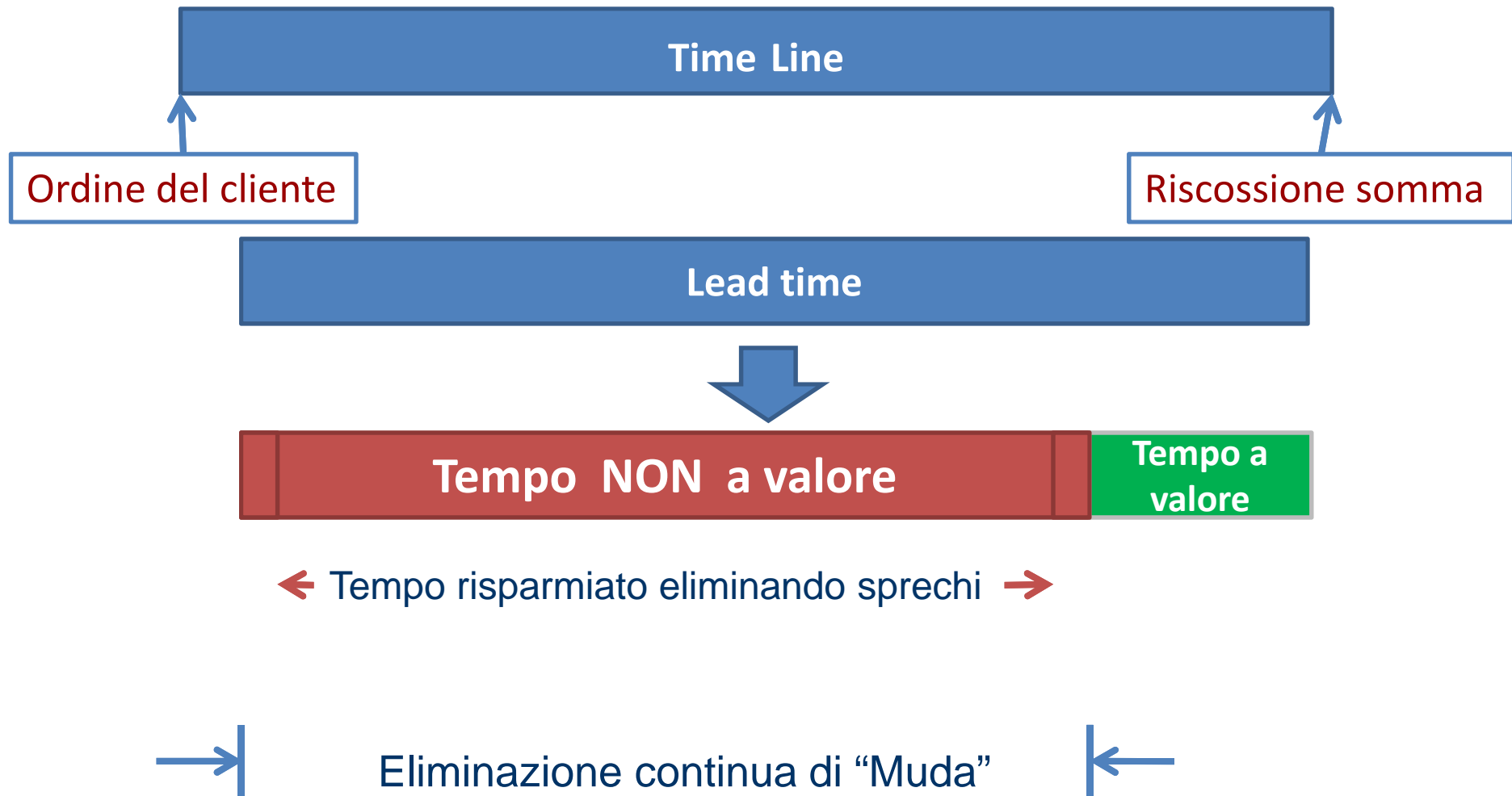
**“Qualità e Lean Production”**

*Alessandro Silvestri*



# Lean Manufacturing

## Focus sulla Time Line



"Qualità e Lean Production"

Alessandro Silvestri



## 7+1 SPRECHI

- Muda per **attese**
- Muda per **trasporti**
- Muda per **sovrapproduzione**
- Muda per **scorte**
- Muda per **movimenti**
- Muda per **difetti**
- Muda per **processo**
  
- Muda per **persone**





# 1. ATTESE

---

## (Waiting)

Costituiscono spreco tutti i tempi di attesa (accodamenti) "non strettamente necessari" al ciclo di fabbricazione del prodotto, in pratica si tratta della differenza fra il tempo totale di attraversamento (Lead Time) del flusso produttivo di un bene/servizio e il suo "tempo di fabbricazione" (somma di tutti i tempi ciclo "vivi", necessari per il processo tecnologico).

Fra le cause più comuni:

- errori di sincronizzazione delle fasi dei processi (lavorazioni);
- ritardo di arrivo dei materiali;
- code improvvise;
- ritardi dovuti a guasti degli impianti;
- mancaza operatore;
- attese per attrezzaggio macchina;

...

Molto spesso questi tempi di attesa nascondono vari aspetti, talvolta interagenti, ad esempio:

- errori di progettazione delle linee o del prodotto;
- mancaza di addestramento adeguato;
- mancaza di controllo;

...

Rimuovere tutte le cause che possono causare ritardi e/o attese lungo il normale flusso produttivo può essere talvolta difficile e in alcuni casi molto costoso, tuttavia va considerato che ogni unità di prodotto "ferma" nel ciclo produttivo equivale ad un costo (valore) immobilizzato, spesso genera inefficienza del processo, ad esempio: operatori o impianti attivi ma sostanzialmente "non operativi", non saturati nella loro potenzialità, quindi ulteriori costi (talvolta neppure facilmente quantificabili).

In conclusione deve essere fatta una attenta valutazione dei tempi di attesa dei prodotti/materiali, ove possibile tradotta in "costi" e, in virtù del risultato, definire la migliore strategia "possibile" per l'eliminare/ridurre tutti i "ritardi non necessari" nel normale flusso produttivo.

Non dimentichiamo che nell'ottica del cliente finale, sopra ricordato, questi "tempi di attesa" impattano direttamente sul "tempo di consegna" del bene/servizio.



## 2. TRASPORTI

---

### (Transporting)

Sono tutte le operazioni di trasporto da un posto ad un altro, da un reparto ad un altro, che indubbiamente hanno un costo soprattutto in termini di risorse ma non solo, talvolta generano scarti legati alle operazioni di movimentazione stessa (che a tutti gli effetti è una lavorazione aggiuntiva).

Abitualmente vi sono due aspetti da investigare e su cui intervenire:

Analizzare la causa (motivo) per cui è necessario il trasporto, eliminando (riducendo) i vincoli che rendono necessario il trasporto stesso (ad esempio: modificando il lay-out della linea).

Analizzare e migliorare (ottimizzare) il metodo del trasporto, in termini di:

Frequenza;

Distanza da percorrere;

Tempo necessario;

Attrezzatura disponibile;

Procedura operativa;

...

L'obiettivo prioritario è l'eliminazione di tutti i trasporti, però talvolta potrebbero esserci impedimenti insormontabili come: essere oltremisura costoso, avere vincoli "fisici" (ad esempio muri) o altro, è comunque importante operare nell'ottica dell'ottimizzazione "massima possibile".

Non potremo chiedere un eurocent in più al nostro cliente finale per questa operazione.



### 3. SOVRAPPRODUZIONE

#### (Overproduction)

Questo metodo di produzione è tipico soprattutto della produzione tradizionale a lotti, ove la quantità di pezzi da produrre viene definita e pianificata secondo una logica a-sincrona rispetto agli ordini ricevuti dai clienti finali e spesso comporta, al netto del venduto, la rimanenza (e lo stoccaggio) di una quantità variabile di prodotti finiti (o semilavorati).

Nella logica Lean questo costituisce uno spreco, un aggravio di costi (il valore del prodotto invenduto) e come ricordato lo stoccaggio di una quantità di prodotti "non richiesti" con il conseguente "spreco" di spazio.

E' quindi auspicabile "produrre solo il necessario" evitando di sprecare risorse e materiali per realizzare "prodotto per i magazzini".

Naturalmente questo è un presupposto "teorico" non sempre realizzabile in toto nella pratica, che presuppone importanti investimenti (talvolta anche estremamente costosi) in infrastrutture e organizzazione per orientare la produzione (e tutti gli attori che interagiscono con essa) alla massima flessibilità.

I principali presupposti irrinunciabili per il funzionamento di questo sono:

**Pianificazione della produzione:** E' fondamentale che venga calcolato in modo preciso la quantità di prodotti da realizzare in funzione degli ordini ricevuti tenendo in debito conto le rese e le variabili dei processi componenti le linee di produzione.

**Flessibilità dei processi:** Tutti i processi devono essere progettati e realizzati per consentire la massima flessibilità operativa in termini di: impianti, operatori, codici, riducendo al minimo i tempi "morti" di cambio codice da produrre (ad esempio con l'utilizzo di tecniche SMED).

**Controllo e stabilità dei processi:** I risultati (rese) di tutte le fasi dei processi devono essere conosciuti, ripetitivi e stabili nel tempo.

**Efficienza dell'organizzazione:** Massima efficienza organizzativa in termini di gestione delle risorse umane, gestione dei processi/materiali a supporto della produzione.

Alla luce dei concetti sopra citati appare evidente che fra tutti gli sprechi questo è probabilmente quello più difficile da eliminare o comunque da "ottimizzare" perché presuppone una serie di interventi "strutturali" sull'organizzazione, sulle linee produttive, possibile solo con il coinvolgimento (e la sponsorizzazione) dei massimi vertici aziendali.

Tornando al nostro cliente finale non sarà certamente disponibile a sborsare un eurocent più per coprire il valore dei nostri pezzi invenduti (o lavorati in sovrannumero o per tutto ciò che non gli è utile), però ai manager farà certamente piacere sapere che parte del "valore immobilizzato" può essere convertito in maggiore profitto per l'azienda stessa.

**"Qualità e Lean Production"**

*Alessandro Silvestri*



## 4. SCORTE

---

### (Inventory)

La presenza di pezzi/materiali nel processo genera come già ricordato una quantità di "valore intrappolato" nel processo (Working Capital) proporzionale alla numerosità dei pezzi stessi e funzione dello stato di avanzamento nel flusso produttivo stesso.

Deve quindi essere considerata attentamente l'opportunità di ridurre al minimo possibile la scorta dei materiali e dei pezzi (semilavorati) fra una fase e la successiva (Work In Progress - WIP) del processo per minimizzare il "capitale fermo" nel processo.

Anche in questo caso le difficoltà non mancano, soprattutto organizzative, che talvolta coinvolgono anche enti esterni, ad esempio è possibile che si debba ri-discutere con un fornitore la quantità minima di un dato materiale da consegnarci (lotto minimo di ordinazione).

In questo caso però tutto il "capitale" non "intrappolato nel processo" e quindi "liberato" potrebbe essere disponibile per altri usi, ridurre i costi con benefici per tutti: azionisti, dipendenti e non dimentichiamo il nostro cliente finale che potrebbe avere una riduzione del prezzo.



## 5. MOVIMENTAZIONI

---

### (Motion)

Come già ricordato in precedenza la movimentazione del prodotto non costituisce "valore aggiunto" per lo stesso e neppure per il cliente finale.

Apparentemente la movimentazione potrebbe apparire la stessa cosa del trasporto (già analizzato) ma in questo caso parliamo di movimentazione all'interno del ciclo di lavorazione.

In altri termini parleremo di trasporto quando si tratta del trasferimento di un pezzo/materiale da un area (work station, reparto, linea) ad un'altra area, di movimentazione quando tale trasferimento avviene all'interno del medesimo ciclo di lavorazione in una postazione definita.

Rientrano quindi in questa categoria tutti i movimenti, spostamenti eseguiti ad esempio sia dall'operatore sia dal prodotto in un ciclo di lavorazione.

Detto questo potremmo perciò affermare che questo potrebbe essere un compito specifico da affidare ad un dipartimento (qualora esista) di Industrial Engineering o a un ufficio Tempi e Metodi.

Obiettivo di questa analisi sarà ovviamente minimizzare le movimentazioni necessarie (uomo, macchina, prodotto) all'interno del ciclo di lavorazione, in taluni casi ottenendo anche un miglioramento di produttività.



## 6. DIFETTI

---

### (Defects/Rework)

Chiunque abbia operato su una linea di produzione ha dimestichezza con il termine "scarto" inteso come la realizzazione di un pezzo non-conforme alle specifiche e in alcuni casi il rigetto da parte del cliente finale. Ciò che spesso sfugge all'analisi è la valorizzazione economica di tutte le ri-lavorazioni dei pezzi lungo il processo causate da difettosità generate appunto dal processo, ritenute talvolta normali e/o inevitabili. Nella filosofia Lean viene ritenuto spreco la realizzazione di un pezzo difettoso sia esso scarto o che necessiti di lavorazioni aggiuntive (o ri-lavorazioni) rispetto allo standard. Nella realtà non sempre è semplice individuare e risolvere tutti i problemi che possono dare luogo a scarti e/o pezzi difettosi, tuttavia è innegabile che scarti, lavorazioni aggiuntive e rilavorazioni costituiscano una parte rilevante nella struttura dei costi e quindi una ghiotta opportunità. Deve essere analizzato a 360° il pezzo da produrre, coinvolgendo, se necessario, tutti anche enti esterni alla produzione, con lo scopo di minimizzare le opportunità di difetto "intrinseche" al pezzo. In particolare ad esempio la Forma: coinvolgendo se necessario la progettazione e/o lo sviluppo prodotto, analizzare se esiste qualche elemento nella conformazione del pezzo che potrebbe incrementare la probabilità di generare pezzi difettosi e in tal caso (se possibile) eseguire le modifiche appropriate alla forma (modello). Infine non va dimenticato il nostro "cliente finale" che in questo caso potrebbe essere direttamente coinvolto, ricevendo "pezzi non conformi" e quindi provocando ritorni dal mercato. In conclusione: deve essere posta la necessaria attenzione ai pezzi "non conformi" siano essi difettosi, scarti o rilavorabili provenienti sia dall'interno (produzione) sia dall'esterno (mercato), tali pezzi andranno accuratamente analizzati per individuarne ed eliminarne le cause che li hanno generati.



## 7. PROCESSO

---

### (Process)

Un ulteriore forma di sprechi si può ritenere "intrinseca" al processo di fabbricazione, rientrano in questa categoria tutte le inefficienze che provocano:

**Rallentamenti del flusso produttivo:** code, ritardi, ecc.

**Difettosità o scarto sul prodotto**

**Incremento di costi**

**Variabilità e instabilità dei risultati (rese)**

Le cui cause più comuni possono essere:

**Inefficienze organizzative:**

Mancanza o indisponibilità di risorsa (operatore, macchina)

Carenza o mancanza di formazione adeguata per gli addetti

Carenza o mancanza di informazioni essenziali

Carenza o mancanza di Leadership

Eccessiva complessità del processo decisionale

Procedure operative (SOP) carenti, mancanti o imprecise

....

**Bassa performance degli impianti:** guasti frequenti, carenze manutentive, impianti inadeguati o obsoleti ecc.

**Eccessiva variabilità dei parametri di processo:** variabili critiche e parametri di processo non "in-controllo"

**Eccessiva variabilità dei materiali:** materiali e materie prime non stabili (fuori tolleranza ammessa)

**Attrezzature o strumenti inadeguati:** attrezzature, strumenti inadeguati o di difficile utilizzo

...

Questi sono soltanto alcune delle cause possibili, ve ne potrebbero essere molte altre legate alla peculiarità e specificità di ogni processo produttivo.

In conclusione è di fondamentale importanza il costante monitoraggio, analisi e miglioramento del processo per garantirne la stabilità e la ripetitività nel tempo.

---

**"Qualità e Lean Production"**

*Alessandro Silvestri*



## 8. PERSONE

---

### (People)

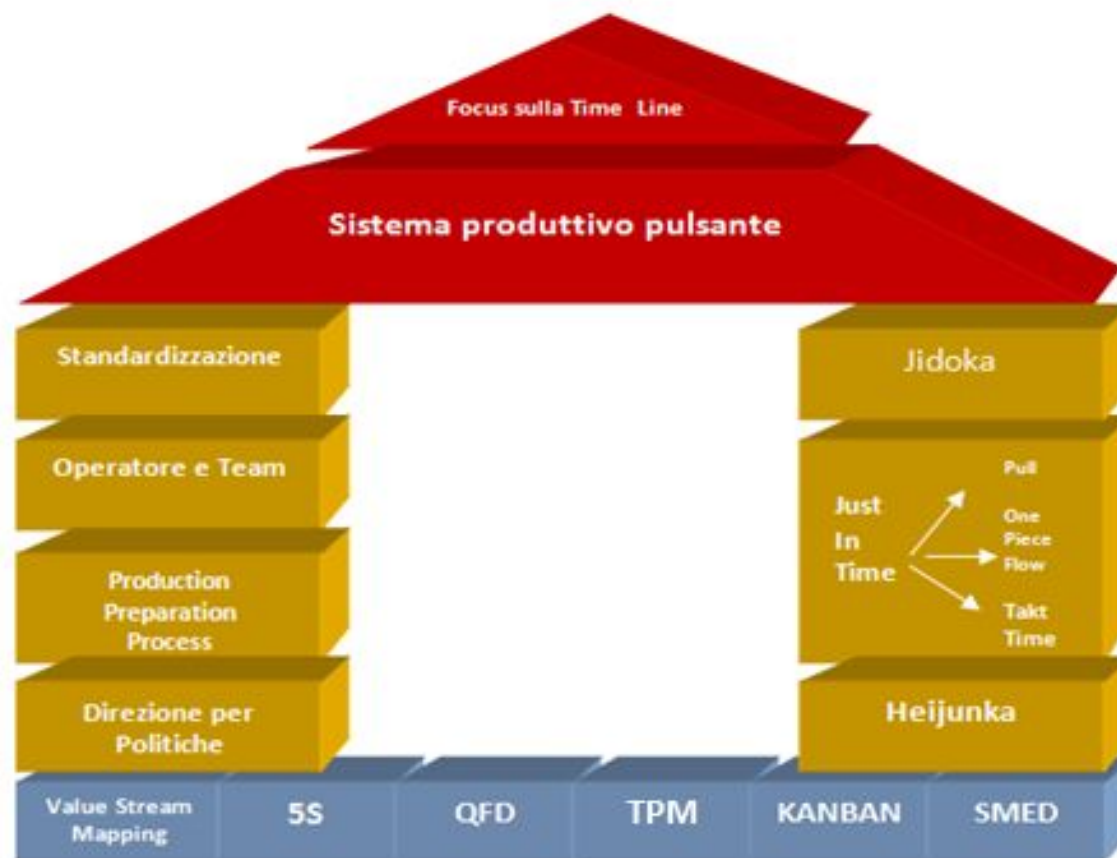
IL DISINGAGGIO, in altre parole lo spreco di concentrarsi unicamente sulla performance, dimenticando l'importanza dell'engagement delle persone.

Il principio cardine, alla base della nascita del pensiero Lean: gli uomini e la loro capacità di trovare soluzioni efficienti assieme e di superare, step by step, le difficoltà, puntando a miglioramenti continui.





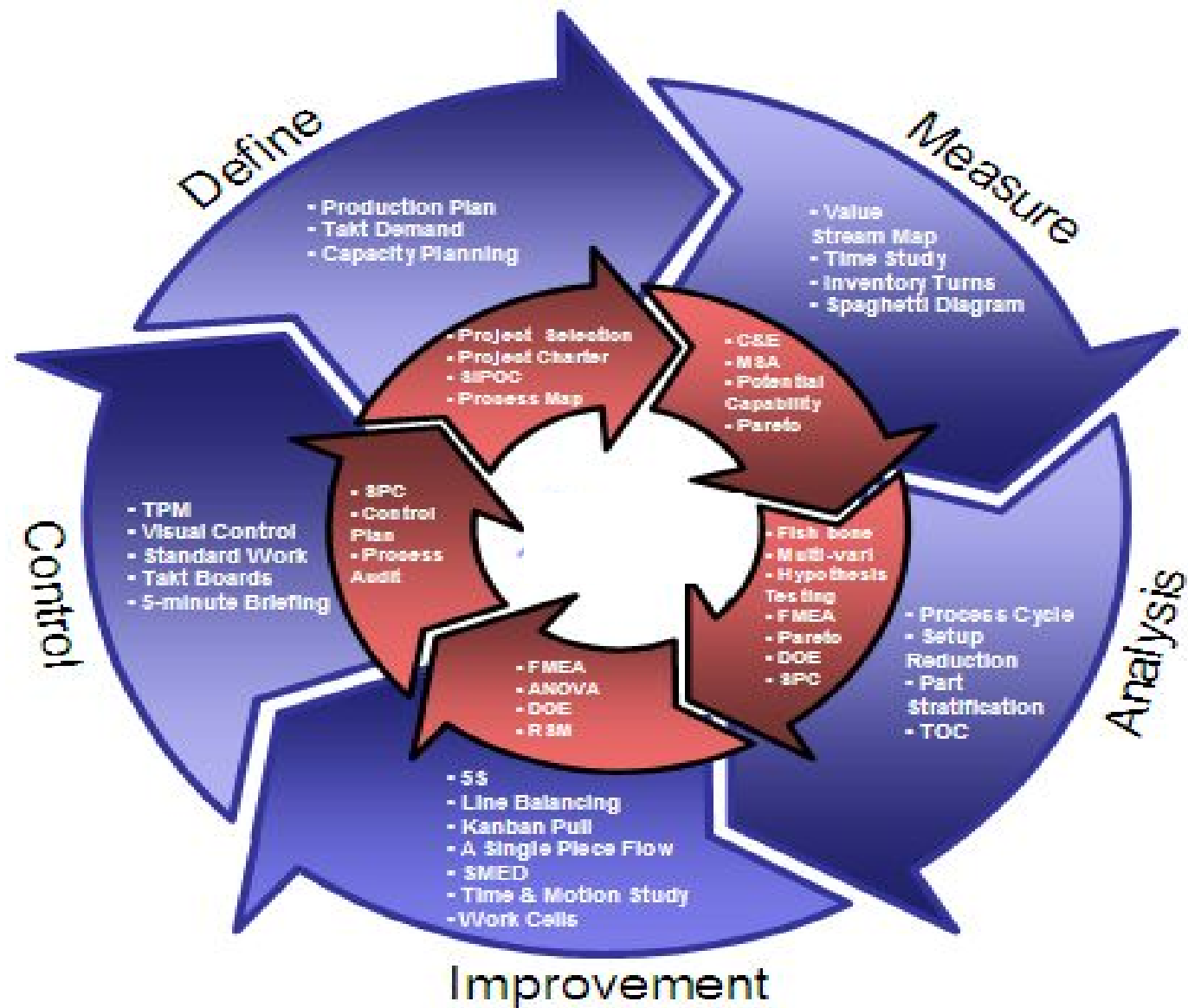
# Il «Tempio» della Lean Production





# Lean Six Sigma

## Lean Six Sigma Integration Model



“Qualità e Lean Production”

Alessandro Silvestri



## DEFINE Tools

- o VOC -> CTQ -> Project Y (Affinity diagram, Tree diagram)
- o Project Charter; Action Plan
- o Process Map
- o SIPOC
- o “Stakeholders” Analysis
- o Risk Analysis
- o RACI Matrix
- o ...



# Tecniche Lean Six Sigma

---

## MEASURE Tools

- o Tecniche di campionamento (Sample Size)
- o Piano di Raccolta Dati
- o Tipologia/Stratificazione dei dati
- o Diagramma di Pareto
- o Process Capability (Indici di capacità); Sigma Level
- o Analisi del sistema di misura (MSA = Measurement System Analysis)
- o ...



# Tecniche Lean Six Sigma

---

## **ANALYZE Tools**

- o Brainstorming/brainwriting; 5 Times Why
- o Matrice Causa/Effetto
- o Diagramma causa-effetto di Ishikawa (Fishbone)
- o Diagrammi di correlazione, interazione
- o Test delle ipotesi (t-test; ANOVA...)
- o (DOE - Design of Experiments) - Progettazione degli esperimenti
- o FMEA (Failure Mode & Effects Analysis)
- o ...



# Tecniche Lean Six Sigma

---

## IMPROVE Tools

- o Brainstorming/brainwriting – *Solution research*
- o DOE (Design of Experiments) – *Esperimenti pilota*
- o FMEA (Failure Mode & Effects Analysis) – *Azioni correttive*
- o Process Capability (indici di capacità); Sigma Level *improved*
- o Matrici di priorità/dei criteri; Pugh Matrix; AHP
- o ...



## CONTROL Tools

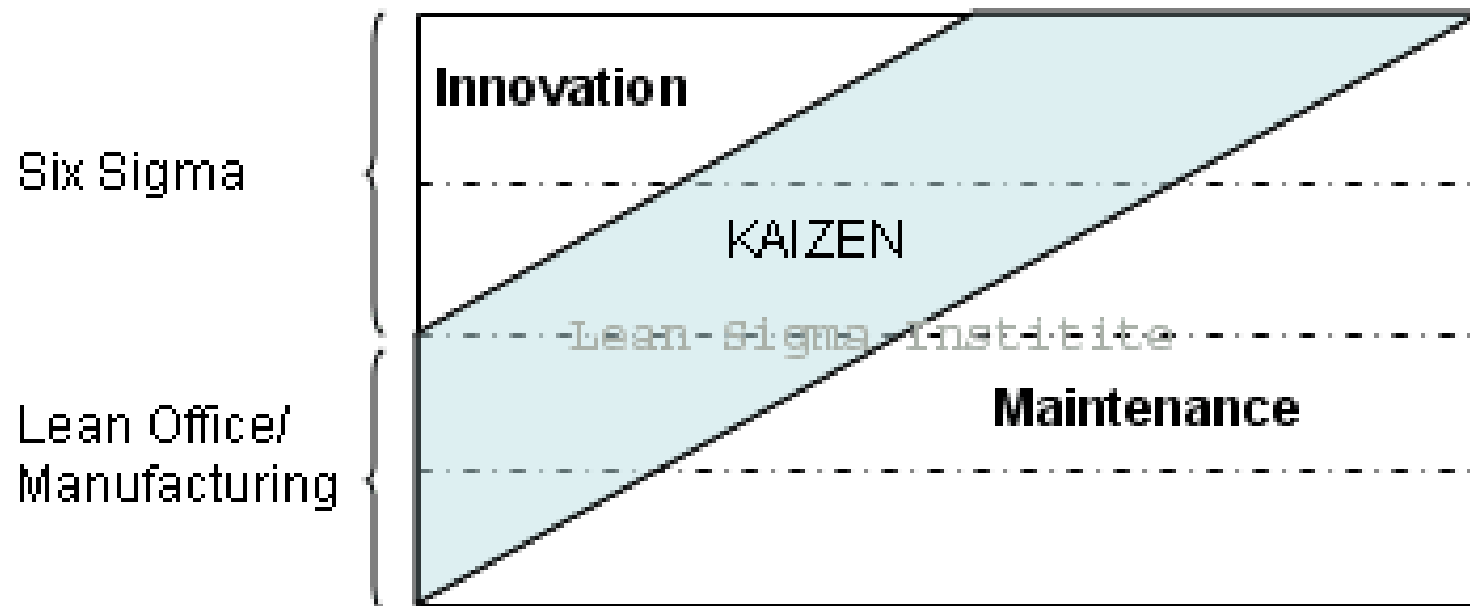
- o Piani di controllo (Control Plan)
- o Definizione di procedure standard di lavorazione e controllo
- o Strumenti per il monitoraggio del processo (Carte di controllo)
- o Chiusura del progetto e documentazione
- o ...



# Lean Six Sigma Integration

**Lean Manufacturing:** si concentra sull'eliminazione delle attività a non-valore aggiunto (ZERO SCORTE)

**Six Sigma:** si concentra sulla riduzione della variabilità responsabile della difettosità (ZERO DIFETTI)







# Lean Six Sigma Integration

---

**Lean Six Sigma:** rappresenta un approccio integrato che punta all'aumento della velocità ed alla riduzione della variabilità, mediante l'impiego di entrambe le tecniche Lean e Six Sigma, al fine di conseguire risultati eccellenti

## Lean

Aumento velocità

Riduzione sprechi

## Six Sigma

Riduzione variabilità

Aumento qualità



# La Certificazione di Qualità

---

La ***certificazione di qualità*** non deve essere confusa con la ***certificazione di conformità di un prodotto***.

L'obiettivo della certificazione di qualità è quello di controllare tutte le fasi del processo che genera il prodotto o il servizio e non il controllo di qualità del prodotto o del servizio, attraverso la corrispondenza del sistema a delle specifiche norme, le **ISO 9000**



# La Certificazione di Qualità

---

Evoluzione delle norme ISO 9000

**ISO 9000-1994: Quality Assurance**

**ISO 9000-2000: Quality Management System**

**ISO 9000-2008: “Integrated” Management System**

**ISO 9000:2015: Sistemi di gestione per la qualità**



# La Certificazione di Qualità

---

## Evoluzione delle norme ISO 9000

**ISO 9000-1994:** approccio per funzioni

**ISO 9000-2000:** approccio per processi

**ISO 9000-2008:** approccio integrato

**ISO 9000:2015:** nuova struttura



# La Certificazione di Qualità

---

La Certificazione del Sistema qualità aziendale, nasce dalla volontà dell'impresa di far "*giudicare*" da un Ente o Istituto di Certificazione, che tutte le azioni di controllo nell'intera filiera produttiva, indicate nei propri documenti della qualità (manuale, procedure, istruzioni ecc.), siano conformi e rispondenti alle norme di riferimento e, soprattutto, recepite, attuate e consolidate all'interno dell'azienda.



## La Certificazione di Qualità

**SINCERT, Sistema Nazionale per l'Accreditamento degli Organismi di Certificazione e Ispezione**, è stato costituito nel 1991, in forma di Associazione senza scopo di lucro, legalmente riconosciuta dallo Stato Italiano con Decreto Ministeriale del 16 Giugno 1995

=> **ACCREDIA, Ente governativo italiano di accreditamento**,  
[Regolamento europeo 765/2008](#)

Ha come finalità l'accreditamento di:

- Organismi di Certificazione di sistemi di gestione aziendale, quali sistemi di gestione per la qualità, sistemi di gestione ambientale, sistemi di gestione per la sicurezza e salute sul lavoro, sistemi di gestione per la sicurezza delle informazioni, sistemi di gestione per la sicurezza alimentare;
- Organismi di Certificazione di prodotti/servizi;
- Organismi di Certificazione di personale;
- Organismi di Ispezione.

---

**"Qualità e Lean Production"**

*Alessandro Silvestri*