



Sistemi avanzati di programmazione e controllo della produzione



Sistema Just In Time (JIT)

KANBAN

SMED

HEIJUNKA

TPM

PRINCIPIO DI PARETO

TAKT TIME

TEORIA DEI VINCOLI



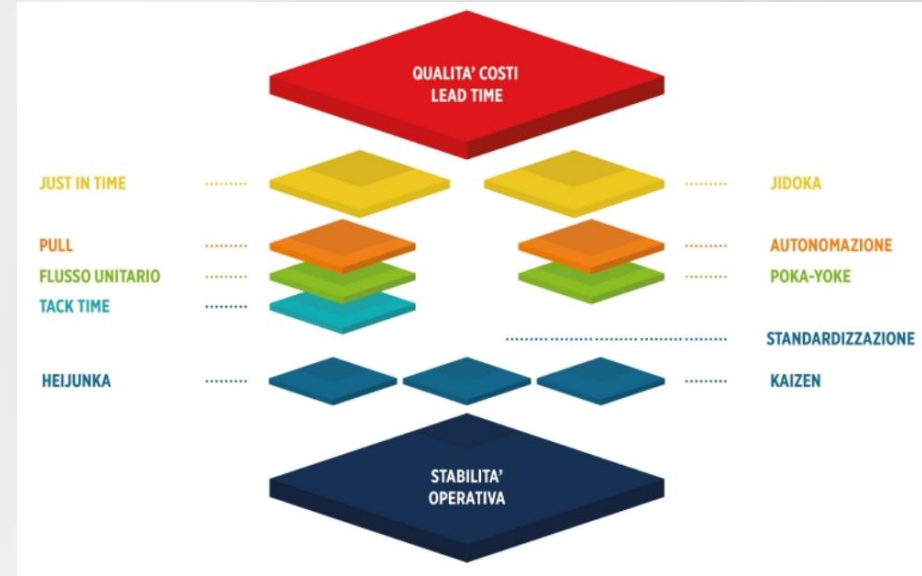
Just in Time, se tradotto dall'inglese significa “giusto in tempo”: a fronte di una richiesta di un prodotto/componente questo deve essere realizzato al momento giusto, nel posto giusto, nella giusta quantità e nella qualità richiesta.

È il cambio di paradigma introdotto da Taiichi Ono in Toyota, alla base dei successi di cui il Metodo Toyota e il [Lean Thinking](#) hanno ormai fatto parlare tutto il mondo.

Taiichi Ohno, padre del JIT, affermava:

I produttori e i luoghi di lavoro non possono continuare a basare la produzione soltanto sulla [pianificazione](#) e successivamente sulla distribuzione, cioè spingendo (push) la stessa sul mercato. L'obiettivo del JIT è quello di **ridurre al minimo tutti i lead time di produzione** e le quantità di **scorte** lungo il processo di produzione, per concentrarsi **solo** su ciò che apporta **valore per il cliente**.

Semplificando la metodologia JIT consiste nel **soddisfare la domanda del cliente realizzando il prodotto richiesto nel momento opportuno, nella quantità richiesta, con la giusta qualità** e con i **corretti tempi di delivery**.



Taichi Ohno



La standardizzazione

“Non si può migliorare se non c'è standardizzazione”

La standardizzazione costituisce una base scientifica
sulla quale valutare e correggere.



Taiichi Ohno è il padre della filosofia giapponese di management conosciuta con il nome di JIT, "**Just in time**", ed applicata con successo sin dal lontano 1970 in parecchie organizzazioni produttive giapponesi. E' stata, dapprima, sviluppata ed ottimizzata negli stabilimenti della Toyota, come mezzo per soddisfare la domanda dei consumatori, con il minimo ritardo. Non si tratta di un metodo, quanto piuttosto di una filosofia. Negli USA è stata interiorizzata ed alleggerita, è ora conosciuta e divulgata con il nome di "[Lean manufacturing](#)". Al fine d'avere un metodo per programmare la produzione, o per meglio dire, agevolare e programmare il flusso dei componenti e semilavorati, nella nuova realtà produttiva della Toyota, l'ing. Ohno ha introdotto dei cartellini, o schede, denominati kanban, per etichettare le unità di conto dei componenti o semilavorati, in pratica il contenitore, il cestone, il pallet oppure la scatola, ecc. Il kanban, (un cartellino o meglio una scheda) torna a monte, proveniente dal reparto a valle, e dice sostanzialmente, al reparto a monte, quali particolari si stanno usando in quell'istante. Quei componenti devono quindi essere prodotti senza indugio perché necessari per l'immediato futuro. Ovvio che la catena della programmazione parte sempre dal cliente che acquista il prodotto finito, ma l'informazione sale a ritroso, sino ad arrivare al magazzino delle materie prime. L'informazione a monte viene sempre data dal ritorno dei kanban dal settore a valle. Questo tipo di programmazione, dove le lavorazioni a valle tirano la produzione e sollecitano di fatto la preparazione di quanto serve sul momento, si contrappone alla programmazione classica, fatta su delle previsioni di vendita, poi sviluppate e calate in fabbricazione, dove di fatto spingono la produzione (è il caso degli [MRP I & MRP II](#)).



Uno slogan: Tiratela la produzione, invece di spingerla e stiparla, scorrerà molto meglio.



Taiichi Ohno, il leggendario architetto del sistema produttivo della Toyota, paragonava spesso le aziende a delle navi fluttuanti su di un fiume in piena. L'acqua alta nasconde rocce pericolose appena sotto la superficie, ma fintanto che l'acqua del fiume è sufficientemente alta, le rocce non vengono viste dal marinaio e non costituiscono un pericolo per la nave.

Alla Toyota, poco dopo la fine della seconda guerra mondiale, Mr. Ohno usava questa analogia per spiegare l'affidarsi alle giacenze delle fabbriche moderne. Elevati livelli di giacenze (materie prime, semilavorati e prodotti finiti), possono coprire anche serie carenze dei sistemi produttivi. Ma quando l'acqua s'abbassa, il capitale scarseggia e/o l'economia ristagna, vuoi per scelta o per circostanze esterne, i problemi emergono e possono avere spaventose conseguenze sulla regolarità della produzione.

Taiichi Ohno incoraggiava le aziende a ridurre il livello delle giacenze, non fosse altro che per far emergere i problemi e per risolverli. L'ing. Ohno era un appassionato amministratore, sapeva che il fiume delle giacenze copre i problemi, ma sapeva altresì che questi elevati livelli di scorte costituiscono uno dei più subdoli e gravi motivi di inefficienza, spreco e costi. Ma se le scorte sono un fiume in piena, il denaro è un oceano.

Il denaro che, attraverso l'economia, si è riversato nelle aziende nel corso degli ultimi 10 anni, ha consentito alle aziende di galleggiare, di far fronte ai problemi interni ed e quelli in formazione. Sino a che ci sono stati clienti vogliosi di spendere soldi, gli argomenti relativi alla produttività, alle scorte ed alla qualità del servizio, hanno sempre trovato soluzione pompando più acqua dall'oceano. Più maestranze, più magazzini, più macchine operative, ecc.

Anche se nel 2000 l'economia sembrava traballare, i consumatori sono riusciti a far galleggiare le aziende. Ma recentemente i consumi si sono ridotti ed il trend al ribasso ha superato tutti i più importanti indicatori economici. Il volume degli ordini ora è in discesa. **Il mercato richiede sempre meno pezzi e sempre più diversificati fra loro e, per giunta, all'ultimo momento.** Il livello dell'acqua si sta abbassando, ed i problemi cominciano ad emergere.

Negli stabilimenti le giacenze si stanno accumulando e stanno causando spaventosi immobilizzi di denaro, ritardi nella produzione e nelle consegne dei piccoli lotti. Il servizio vendite è in sofferenza perché la fabbricazione tarda ad adeguarsi al mercato. La produttività ed anche la qualità stanno scivolando verso il basso. Il management non ha sufficiente visibilità, ne in casa dei fornitori, e tanto meno nel mercato, per prevedere il futuro volume degli ordini, a questo stadio dell'economia mondiale. Tutti vorrebbero mettere gli orologi indietro, ma ciò non è possibile.

A peggiorare le cose, parecchie aziende sono state costrette a tagliare i costi, a smagrirsi lasciando a casa anche il 25% del personale. Queste aziende hanno ora meno risorse umane per tirarsi fuori dai guai.

ED ORA CHE SI FA ?

Un po' dappertutto nel mondo occidentale, le fortune dell'economia sono in declino ed espongono le aziende a problemi piuttosto seri. Parecchi analisti pensano che, non sia una questione economica, quella di riuscire o meno a ridare competitività alle aziende in crisi, ma il problema sta invece nella parte [soft delle aziende](#).

L'onere ricade ora sui costruttori: creare un efficiente e flessibile sistema produttivo che sia in linea con le richieste del mercato. Ora, più che mai, è critico eliminare gli sprechi ed aumentare la produttività, per ridurre i costi mentre si migliora la qualità e si aumenta la flessibilità. Questo è quello che i nostri clienti vogliono.

Parecchi costruttori sono restii a fare il primo passo verso un nuovo modello produttivo. Capiscono che la loro azienda deve diventare più flessibile: tempo massimo per approntare uno stampo meno di 2 mesi, tempo massimo per cambiare lavorazione qualche minuto e non qualche ora, ecc. Ma sono spaventati dai rischi ed anche dal fatto che diffidano, da sempre, delle parole d'ordine inglesi, come *just in time*, *lean production* oppure *SMED*, troppe volte sono stati scottati. Non c'è nulla di oscuro nei vari modelli proposti, c'è da tener conto che sono nati tutti in aziende manifatturiere molto grandi, per cui, occorre estrarre i concetti di fondo, ed adattarli al nostro settore che quello della costruzione degli stampi e dello stampaggio dei componenti plastici.

Parecchi manager ed imprenditori immaginano che, per raggiungere risultati tangibili, essi debbano fare drammatici cambiamenti fisici e culturali all'interno della loro azienda. In realtà le aziende possono ottenere ottimi risultati anche senza cambiamenti drammatici. Basta implementare la filosofia del [miglioramento incrementale continuo](#), ed applicarla sia ai reparti produttivi, e sia ai servizi ausiliari.



Definizione del Just In Time (JIT)

Il **Just In Time** è una filosofia gestionale e un sistema produttivo che mira a:

- **Minimizzare gli sprechi** (in giapponese *muda*)
- **Produrre solo ciò che serve, quando serve, nella quantità necessaria**

Origine

- Nato in **Giappone** e sviluppato principalmente dalla **Toyota** negli anni '50.
- È parte integrante del **Toyota Production System (TPS)**.

Principi Fondamentali

- **Produzione tirata (Pull system)**: il cliente “tira” la produzione in base alla domanda effettiva.
- **Flusso continuo**: eliminazione dei colli di bottiglia e delle interruzioni.
- **Riduzione dei tempi di setup**: cambi attrezzature rapidi per poter produrre lotti più piccoli.
- **Qualità alla fonte**: ogni lavoratore è responsabile della qualità.
- **Fornitori affidabili e vicini**: collaborazione stretta con la supply chain.

Obiettivi del JIT

- **Ridurre i tempi di produzione**
- **Minimizzare le scorte** (materie prime, semilavorati e prodotti finiti)
- **Aumentare la qualità del prodotto**
- **Migliorare la flessibilità e la reattività alle richieste del mercato**
- **Ottimizzare i flussi logistici e produttivi**

Vantaggi del JIT

- Riduzione dei costi di magazzino
- Migliore qualità del prodotto
- Tempi di risposta più rapidi
- Maggiore efficienza produttiva
- Migliore **coinvolgimento** dei lavoratori

Svantaggi e Criticità

- **Dipendenza dai fornitori**: anche un piccolo ritardo può bloccare tutta la produzione.
- **Rigidità in caso di variazioni improvvise della domanda**
- **Scarsa tolleranza agli imprevisti** (scioperi, guasti, calamità)
- **Alti costi iniziali di implementazione** (formazione, ristrutturazione impianti)

Collegamenti con Altri Sistemi

Lean Production: JIT è uno dei pilastri della produzione snella.

- **Kaizen**: miglioramento continuo per ridurre sprechi e migliorare flussi.
- **Six Sigma**: può integrarsi con JIT per ridurre la variabilità.
- **Teoria delle Costrizioni (TOC)**: può essere complementare al JIT per identificare e rimuovere colli di bottiglia.

Strumenti e Tecniche del JIT

a. Kanban

- Sistema di **cartellini** (fisici o digitali) che regolano il flusso di materiali.
- Segnala **quando** produrre e **quanto**.

b. Heijunka

- Livellamento della produzione per evitare picchi e fluttuazioni.
- Consente una produzione più uniforme e prevedibile.

c. SMED (Single-Minute Exchange of Die)

- Tecnica per ridurre drasticamente i tempi di cambio produzione (setup).
- Obiettivo: cambi in meno di 10 minuti.

d. TPM (Total Productive Maintenance)

- Manutenzione proattiva e preventiva per evitare fermi macchina.

e. 5S

Metodo per organizzare e mantenere in ordine il posto di lavoro:

- Seiri (Separare)
- Seiton (Sistemare)
- Seiso (Pulire)
- Seiketsu (Standardizzare)
- Shitsuke (Sostenere)



Sistema gestionale nato presso l'azienda Toyota

SCOPO

Conseguire il miglioramento continuo

OBIETTIVO

Produrre solo gli **articoli effettivamente voluti dal cliente e solo nelle quantità e nei momenti effettivamente necessari seguendo, flessibilmente, le fluttuazioni** della domanda del mercato

I vari componenti devono giungere nelle quantità necessarie e nel momento giusto presso le diverse fasi del processo produttivo.

Eliminate tutte le motivazioni che costringono un sistema produttivo alla costituzione di scorte di materie prime, semi-lavorati e prodotti finiti.




La filosofia JIT prevede il conseguimento di un flusso dei materiali, lungo il processo produttivo, continuo, rapido e bilanciato, tirato dall'ultima fase di assemblaggio finale

GESTIONE DELLA PRODUZIONE DI TIPO PULL

I consumi di articoli da parte dei reparti a valle lungo il processo produttivo autorizzano i reparti a monte ad avviare la produzione per sostituire quanto effettivamente consumato.

Efficienza del sistema produttivo

- lead time di produzione breve e stabile
- bassi livelli delle scorte
- flessibilità alle fluttuazioni della domanda



Tenere sotto controllo il *WIP lungo l'intero processo produttivo* tramite la tecnica dei cartellini (*kanban*) ed adottando lotti di produzione piccoli o, al limite, unitari.

KANBAN: Sistema di controllo della produzione e del WIP

Le quantità di volta in volta prodotte ed utilizzate da una certa fase corrispondono a quelle che possono essere contenute in appositi contenitori a ciascuno dei quali è attaccato un kanban.

Limitare il numero ammissibile di kanban presenti all'interno di ciascuna fase

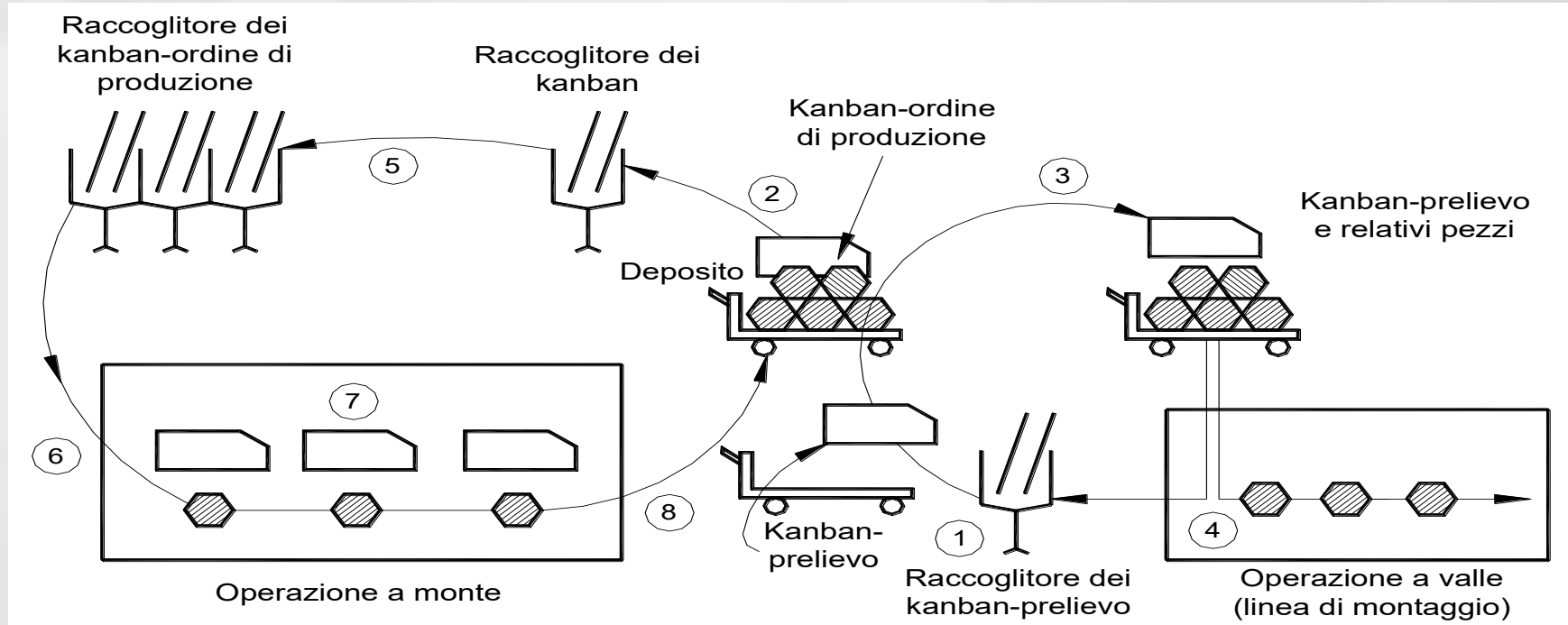
Limitare il numero dei contenitori di materiali che possono circolare nei reparti

Limitare il massimo numero di pezzi contemporaneamente in corso di lavorazione (WIP)

Regole per il funzionamento di un sistema kanban

- al **momento di effettiva necessità**, la fase a valle va a prelevare da quella a monte i pezzi che le servono nella quantità necessaria; tale prelievo può avvenire solamente se muniti di apposito **kanban** (denominato, in questo caso, **kanban-prelievo**) su cui è indicata la quantità che deve essere prelevata;
- le fasi a monte, solo se in possesso di apposito **kanban** (denominato, in questo caso, **kanban-ordine di produzione**), sono chiamate a produrre esclusivamente i prodotti che sono prelevati dalle fasi a valle, nelle quantità richieste ed indicate, ancora una volta, nel kanban;
 - la produzione si concretizza così nel riempimento di un contenitore che viene munito, anche esso, di kanban;
- se il flusso produttivo si interrompe per mancanza di un kanban-ordine di produzione, **l'operatore della fase a monte va ad aiutare il collega della fase a valle**; accade il viceversa se il reparto a valle non ha contenitori pieni da prelevare; questo evita, ad esempio, che in caso di guasto del reparto a valle si accumulino i WIP tra due reparti;
- **non può esistere un contenitore sprovvisto di kanban**;
- i pezzi difettosi **devono essere arrestati all'interno della fase** che li ha generati senza che avanzino lungo le fasi successive;
- il numero di **kanban deve essere il minimo possibile** per limitare il WIP, compatibilmente con la possibilità del sistema produttivo di adeguarsi alle piccole fluttuazioni della domanda del mercato.

Fasi per l'impiego dei kanban-prelievo e dei kanban-ordine di produzione



Fasi per l'impiego dei kanban-prelievo e dei kanban-ordine di produzione

1. Ad intervalli prefissati regolari di tempo oppure quando nella fase a valle il numero di **kanban-prelievo** accumulatesi in un'apposita bacheca è pari ad un valore prestabilito, l'addetto ai prelievi di materiali dalla fase a monte trasporta il necessario numero di kanban e di contenitori vuoti (o, alternativamente, pallet) presso il magazzino della lavorazione a monte;
2. dopo aver lasciato i contenitori vuoti, l'addetto della fase a valle preleva dal deposito i contenitori con i pezzi che gli servono staccando i **kanban-ordine di produzione** attaccati a ciascun contenitore e ponendoli in un'apposita bacheca;
3. su ciascun contenitore prelevato, a cui ha tolto il **kanban-ordine di produzione**, l'addetto attacca uno dei **kanban-prelievo** di cui è in possesso; in questa fase di scambio di kanban, è necessario che i contenitori prelevati contengano esattamente quanto stabilito nel **kanban-prelievo**;
4. Nel momento in cui inizia la lavorazione dei pezzi prelevati al passo 3), è necessario togliere dai contenitori i **kanban prelievo** e porli nell'apposito punto di raccolta;
5. Nella fase di lavorazione a monte, i **kanban-ordine di produzione** staccati al punto 3) dai contenitori vengono prelevati e raccolti nell'esatto ordine con cui sono stati staccati;
6. La fase di lavorazione a monte produce i pezzi secondo quanto stabilito dai **kanban-ordine di produzione** raccolti al punto 5);
7. Durante le operazioni di lavorazione nella fase a monte, i pezzi e i relativi **kanban-ordine di produzione** si muovono di pari passo;
8. Una volta conclusa la fase di lavorazione a monte, i contenitori con i pezzi e i relativi **kanban-ordine di produzione** vengono posti nel deposito in attesa del prelievo da parte della fase a valle (punto 2)).



N°posizione nel magazzino	2F143	Codice del pezzo	C1-21	<u>Operazione a monte</u>
N.disegno del pezzo		21548248		
Denominazione del pezzo		BIELLA		<u>Operazione a valle</u>
Veicolo tipo		2×125 MC		
Capienza del contenitore	Contenitore tipo	Numero di emissione		LAVORAZIONE MECCANICA M-1
15	A	2/10		

**Esempi di kanban-produzione
e kanban-prelievo**

N°posizione nel magazzino	G63-08	Codice del pezzo	C1-21	<u>Operazione</u> STAMPAGGIO B-2
N.disegno del pezzo		21548248		
Denominazione del pezzo		BIELLA		
Veicolo tipo		2×125 MC		

IL TABELLONE DEI PRODOTTI FINITI

AERMEC	
KANBAN	
PRODURRE	
Codice :	FCX32ACT
Descrizione :	FCX 32 ACT VENTILC ONVERTTORE
Reparto :	REPARTO MONTAGG
Contenitore :	PALLET
Quantità :	10x1=10
N° etichette :	1/36 <input type="text" value="Data consegna"/>

PULL SYSTEM										
	FCX62A	FCX17A	FCX62ACT	FCX17ACB	FCX62U	FCX17U	FCX62P	FCX17P	FCX 62AE	FCX62ACS
	1 Kanban	2 Kanban	2 Kanban	2 Kanban	2 Kanban	2 Kanban	2 Kanban	2 Kanban	2 Kanban	2 Kanban
	2 Kanban	1 Kanban	2 Kanban	1 Kanban	2 Kanban	1 Kanban	3 Kanban	1 Kanban	1 Kanban	1 Kanban
	2 Kanban	1 Kanban	2 Kanban	1 Kanban	2 Kanban	1 Kanban	2 Kanban	1 Kanban	1 Kanban	1 Kanban

IL TABELLONE DELLE MATERIE PRIME

AERMEC	
KANBAN	
ACQUISTARE	
Codice :	6550000
Descrizione :	MOTORE FCX32
Fornitore :	RPM SPA
Contenitore :	PALLET-SCATOLA
Quantità :	119x1=119
N° etichette :	1/18 <input type="text" value="Data consegna"/>

AERMEC KANBAN SITUAZIONE F MATERIE PRIM																															
FORNITORI	MATERIE DA ORDINARE																														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	
MATERIALE DA ORDINARE																															
ORDINATO DA CONFERMARE																															
LUNEDI																															
MARTEDI																															
MERCOLEDI																															
GIOVEDI																															
VENERI																															
SABATO																															
IN RITARDO																															
N° ritardi nel mese di 24/02 Riempio Affidabilità																															

Altri tipi di kanban:

KANBAN-SEGNALE

-kanban di produzione utilizzato qualora la produzione venga eseguita a lotti. Il kanban-segnale ha lo scopo di individuare il livello di riordino del magazzino interoperazionale.

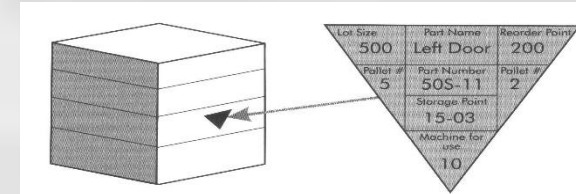
- **Kanban di segnale triangolare:** ordina l'esecuzione di una data operazione relativa ad un certo lotto di produzione.
- **Kanban segnale rettangolare:** indica una necessità di materiali.

KANBAN-ESPRESSO

utilizzato solamente in situazioni eccezionali quando sulla linea c'è una carenza di pezzi e viene tolto immediatamente alla scomparsa della situazione di emergenza.

KANBAN-FORNITORE

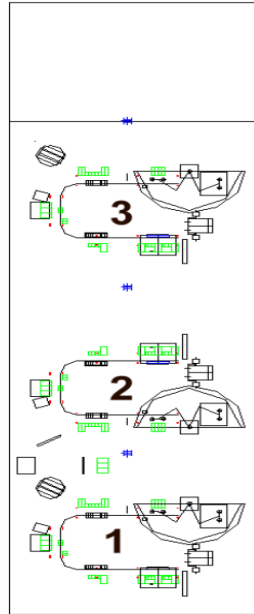
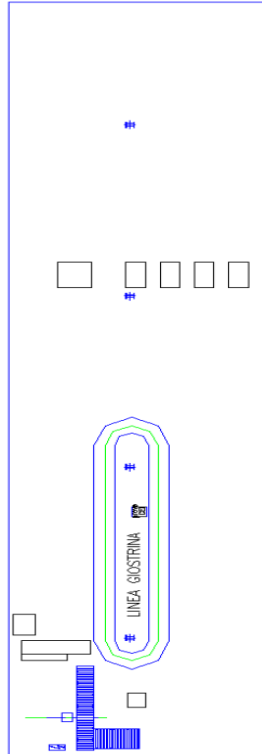
-è un kanban-prelievo con cui vengono gestiti i prelievi da parte del cliente presso il fornitore.



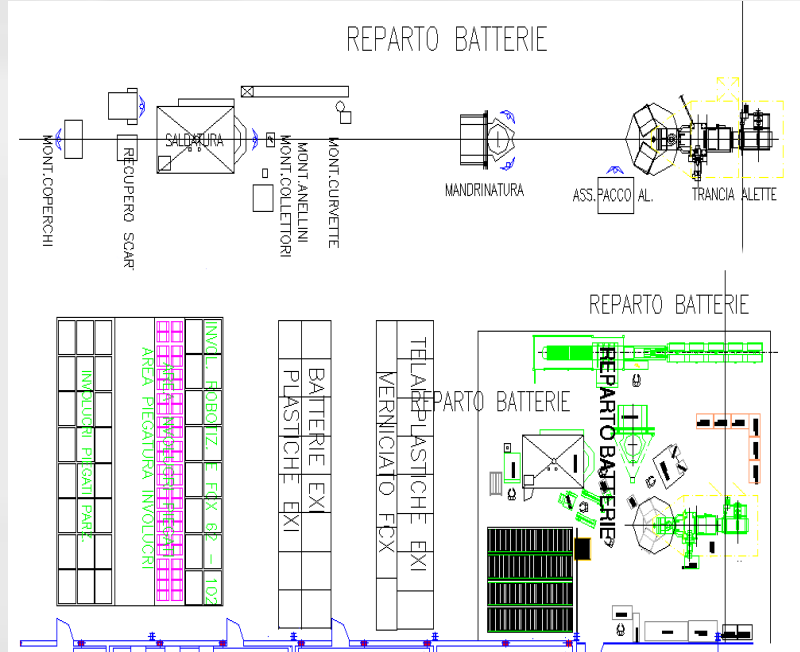
KANBAN-EMERGENZA

emesso provvisoriamente per sostituire pezzi difettosi, per risolvere problemi di macchinario e di richieste particolari o per recuperi durante il week-end. Deve essere ritirato subito dopo il suo impiego.

Linea giostrina e isole 1,2,3



vecchio e nuovo layout batterie



ISOLA 3

PRODUZIONE: 04/10/02

MESE: DICEMBRE

GIORNO: 08.00-17.00 06.00-18.00 18.00-22.00

NOVITA' LINEA: PERTILE A. CARPIC.

STABILITA' X

MOD. IN PRODUZIONE	TAKT TIME	TEMPO CICLO
FCX 50U	3,50	17,49

ORA	PRODUZIONE ORARIA PROGRAM.	PEZZI PRODOTTI ORA	ADDETTI	NOTE
7-8	9-9	9-9	5	
8-9	17-26	15-24	5	145. PERSONALE
9-10	14-40	12-36	5	" "
10-11	17-57	16-58	5	" "
11-12	17-74	16-68	5	" "
13-14			5	PRODUZIONE
14-15			5	n° 40 MU
15-16			5	
16-17			5	
17-18			5	

Production Planning (PP)

- Pianificazione a lungo termine;
- Orizzonte temporale: annuale, semestrale o trimestrale;

Master Production Schedule (MPS)

- Pianificazione a medio termine;
- Orizzonte temporale mensile (livellare i carichi di lavoro);



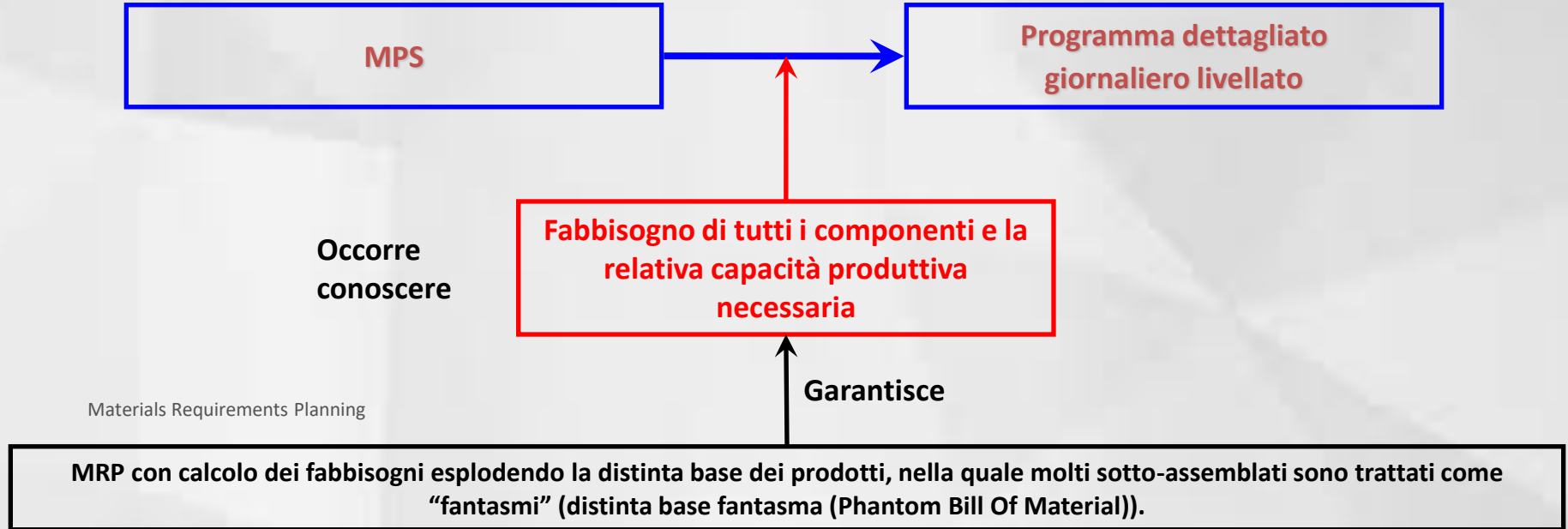
Programma di produzione dettagliato

- Orizzonte temporale: da una settimana, tre giorni o ad un giorno



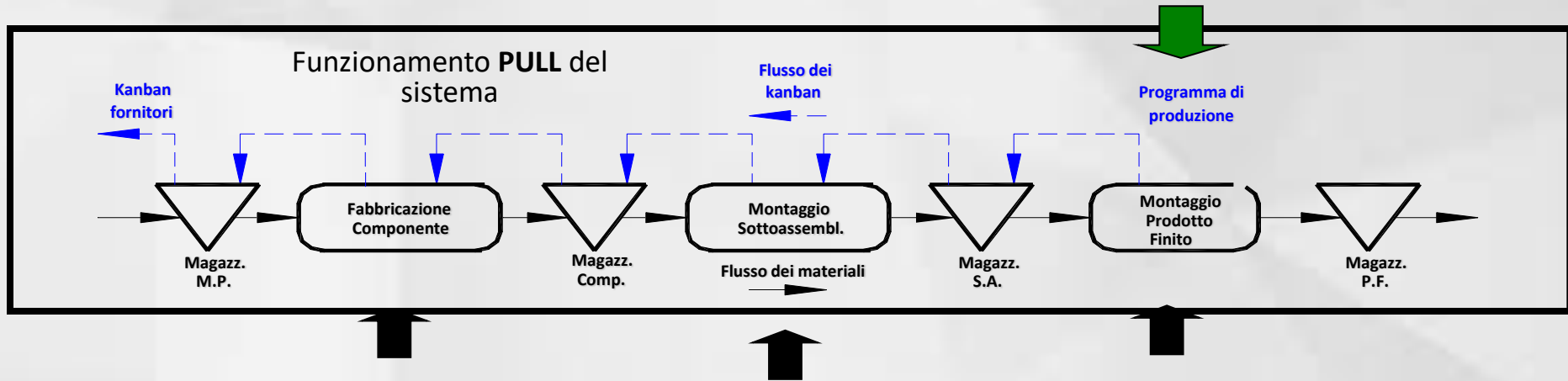
- Programma preliminare comunicato allo stabilimento e ai fornitori di componenti;
 - Programma cronologico definitivo (livellare i carichi di lavoro sulle linee), consegnato anche ai fornitori, perché possano predisporre per tempo le attrezzature per la realizzazione di quanto loro richiesto.
-
- Ogni linea è informata con anticipo con un programma provvisorio;
 - Solo la linea di produzione finale viene messa a conoscenza del piano di produzione definitivo livellato: viene stabilita l'esatta sequenza di produzione dei prodotti con le diverse varianti in modo da conseguire una produzione con carichi giornalieri livellati su tutta la linea.

La programmazione della produzione nel sistema JIT



La programmazione della produzione nel sistema JIT

Grazie al meccanismo dei kanban, è necessario fornire il programma dettagliato di produzione esclusivamente al reparto finale, che è l'unico a diretto contatto con i consumi dei clienti



In un sistema tradizionale di controllo della produzione, la definizione del programma di produzione comporta invece l'emissione dei diversi programmi per tutti i reparti che producono i componenti. L'adeguamento alle variazioni della domanda richiede la modifica di tutti i programmi; di conseguenza l'azienda si cautea attraverso la presenza di scorte relative alle diverse fasi di lavorazione.

Perché il sistema di controllo della produzione pull con kanban possa funzionare con bassi livelli di scorta intermedia è necessario che:

- 1. il carico di lavoro sulle varie fasi del ciclo produttivo sia ben livellato e il tasso di consumo dei componenti sia costante;**
- 2. non si abbiano domande sporadiche di molto superiori alla media;**
- 3. i lotti di produzione siano piccoli**



Definire accuratamente la sequenza finale di assemblaggio, la quale dovrebbe essere cambiata raramente.

L'aumento o la diminuzione delle quantità prodotte viene affrontato ricorrendo ad una capacità produttiva flessibile (ore giornaliere: impiego della manodopera in attività non strettamente produttive, es. manutenzione preventiva; straordinario)



REALIZZARE UNA PRODUZIONE LIVELLATA

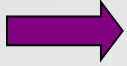
OBIETTIVI:

1. livellare il carico (tempo totale di montaggio) in ciascun processo all'interno della linea;
2. mantenere una velocità costante nell'utilizzare ciascun componente sulla linea

QUAL È LA MIGLIORE SEQUENZA FINALE DI ASSEMBLAGGIO DI TUTTI I COMPONENTI?

**ALGORITMO GOAL
CHASING METHOD**

Ci permette di conoscere la sequenza (scheduling) del reparto finale, in modo da ottenere una produzione livellata

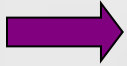


LE VARIAZIONI NELLA TIPOLOGIA DI DOMANDA vengono affrontate **grazie ad una manodopera flessibile e polivalente (shojinka) che è in grado di svolgere svariate mansioni e condurre più macchinari anche contemporaneamente**

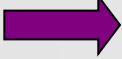
(ATT.NE!: il sistema JIT riesce ad adeguarsi ad oscillazioni giornaliere della domanda, rispetto a quanto pianificato mensilmente, non superiori al 10%)



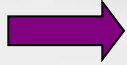
CONFORMITÀ DEL 100% gli addetti alle macchine sono addestrati anche a controllare la qualità dei pezzi lavorati ed ad individuare direttamente a valle della lavorazione i difettosi bloccandoli prima che avanzino lungo le lavorazioni successive.



RIDOTTE SCORTE DI SICUREZZA stretto rapporto di collaborazione tra l'azienda e i propri fornitori che devono essere disposti a stare dietro alle esigenze produttive dell'azienda stessa.



LOTTE DI PRODUZIONE PICCOLI: linea di produzione bilanciata, brevi lead time di produzione, controllo del WIP, alta flessibilità del sistema produttivo



PER FUNZIONARE EFFICACEMENTE CON LOTTO PICCOLI È INDISPENSABILE RIDURRE AL MINIMO POSSIBILE I TEMPI DI SETUP PER IL RIATTREZZAGGIO DELLE MACCHINE NEI CAMBI DI PRODUZIONE:

Strumenti per l'abbattimento dei tempi di setup (filosofia SMED (Single Minute Exchange of Die) ovvero: "come cambiare un'attrezzatura in un minuto")



- studio e modifica dei prodotti direttamente in fase di progettazione con criteri di modularità e di raggruppamento per famiglie;
- studio e modifica dei processi produttivi;
- standardizzazione dei cicli di lavoro;
- studio e modifica delle attrezzature di montaggio e lavoro;
- esecuzione, per quanto possibile, delle operazioni di attrezzaggio in ombra alle lavorazioni.

Calcolo del numero di kanban prelievo



Nella pratica aziendale, la determinazione del numero ottimale può essere effettuata banalmente anche con un semplice approccio del tipo trial-and-error: si può fissare inizialmente un numero di kanban elevato e poi cominciare lentamente a diminuirlo tenendo, contemporaneamente, sotto controllo le prestazioni del sistema.



quantità costante e periodo di prelievo variabile

più adatta per le operazioni di prelievo all'interno degli stabilimenti per reparti attigui

1 - QUANTITÀ COSTANTE E PERIODO DI PRELIEVO VARIABILE

N = numero di cartellini in circolazione

dove:

Lotto_{econ} = lotto economico

d = consumo giornaliero

k = coefficiente di sicurezza

C = capacità di ciascun contenitore

$$N = \frac{\text{Lotto}_{\text{econ}} + d \cdot k}{C}$$

Per:

D = consumo mensile

s = numero di setup mensili

Si ha:

$$N = \frac{\frac{D}{s} + d \cdot k}{C}$$

La posizione (P) del kanban-segnale triangolare risulta pari a:

$$P = \frac{\bar{d} \cdot LT \cdot (1-k)}{C}$$

dove:

\bar{d} = consumo medio giornaliero

LT = lead time di produzione (somma dei tempi di lavorazione, di attesa, di trasporto e di raccolta kanban)

Se i tempi di setup e i lead time sono ridotti, la quantità costante prelevata dal reparto a valle corrisponde ad un unico contenitore e, quindi, ad un unico kanban. Così il numero di kanban deve essere pari a:

$$N = \frac{\bar{d} \cdot LT \cdot (1+k)}{C}$$

intervallo di prelievo costante e quantità di prelievo variabile

ideale nell'ambito di rifornimenti da parte di fornitori che risultano più sotto controllo

2 - INTERVALLO DI PRELIEVO COSTANTE E QUANTITÀ DI PRELIEVO VARIABILE

N = numero di cartellini in circolazione

$$\text{quantità standard} = \bar{d} \cdot (CO+LT) + \text{scorta di sicurezza}$$

dove:

quantità standard = quantità di materiale necessaria per il periodo del ciclo d'ordine (CO) più il lead time;

CO = intervallo di tempo che trascorre tra un ordine e il successivo;

LT = tempo che intercorre tra l'emissione dell'ordine e il momento in cui questo viene ricevuto

Teoricamente il ciclo d'ordine può essere determinato nel modo seguente:

$$CO = \frac{\text{lotto economico}}{\bar{d}}$$

OSS: il ciclo d'ordine è spesso determinato da vincoli esterni, come la schedulazione della produzione mensile o il contratto con il proprio fornitore

Così la quantità ordinata risulta pari a:

quantità ordinata = (quantità standard – scorta esistente) – ordini già emessi ma non ancora ricevuti

Spesso gli ordini già emessi ma non ancora ricevuti risultano pari a zero. Così il numero di kanban con il sistema di riordino ad intervallo costante deve essere pari:

$$N = \frac{\bar{d} \cdot (LT+CO+P_k)}{C}$$

dove:

P_k = periodo aggiuntivo di sicurezza;

LT = somma del tempo di processo, di attesa, di trasporto e di raccolta dei kanban.

La quantità ordinata può essere infine determinata nel modo seguente:

$$\text{quantità ordinata} = (\text{numero di kanban staccati tra un periodo di raccolta di kanban e l'altro}) \cdot C$$



CONCLUSIONI - 1

- 1. Il flusso dei materiali all'interno del processo produttivo deve essere uniforme**
- 2. Gli scarti devono essere ridotti al minimo possibile ed individuati, da parte degli stessi operatori, subito a valle della lavorazione che li ha creati senza che avanzino lungo il processo produttivo**
- 3. I lotti di produzione devono essere piccoli, al limite unitari**
- 4. I tempi di setup devono essere piccoli**
- 5. Il carico di lavoro sulle varie unità produttive deve essere uniforme**
- 6. I componenti da produrre e le attività produttive devono essere standardizzate**

CONCLUSIONI - 2

- 1. Devono intercorrere stretti legami di collaborazione con i fornitori i quali dovrebbero adottare anche essi il JIT**
- 2. La produzione deve essere automatizzata**
- 3. Deve essere adottata una politica manutentiva di tipo preventivo sulle macchine per ridurre al minimo guasti ed arresti improvvisi**
- 4. Si deve ricorrere a linee di produzione dedicate a specifici prodotti**
- 5. Gli operatori devono essere flessibili e polivalenti ed essere in grado di condurre contemporaneamente più macchine**
- 6. Deve essere forte il coinvolgimento e la cooperazione di tutti i livelli aziendale**



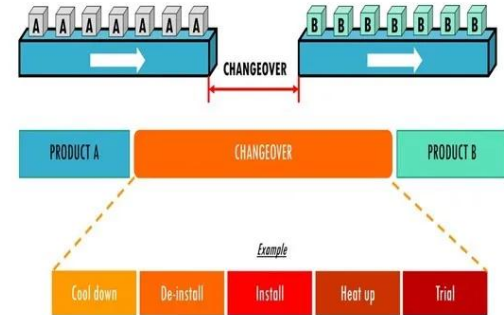
Il sistema gestionale JIT si è dimostrato valido nei seguenti contesti produttivi:

- 1. Il sistema produttivo è ripetitivo, stabile e con basse percentuali di scarti**
- 2. I prodotti sono standardizzati con un numero limitato di opzioni**
- 3. La domanda è livellata con un mix stabile nel tempo e facilmente prevedibile**
- 4. Non esistono forti stagionalità nelle vendite**
- 5. Gli ordini sono piccoli**
- 6. La capacità produttiva è esuberante e, quindi, i macchinari a disposizione non vengono saturati dai carichi di lavoro richiesti**
- 7. È possibile avere tempi di setup brevi**
- 8. È possibile misurare le prestazioni del sistema produttivo**
- 9. I fornitori sono puntuali ed affidabili nelle loro consegne**

SMED

What is **SMED**

Single Minute Exchange of Dies



 **SMED è collegato a...**

1. **Just In Time (JIT)**

- **Collegamento chiave:** JIT richiede **lotti piccoli** e cambi frequenti → senza SMED il JIT diventa **impraticabile**.
- SMED **rende possibile** la produzione "tirata" su richiesta del cliente.

2. **Heijunka**

- Per **livellare** la produzione servono frequenti cambi di tipo prodotto → **SMED abilita Heijunka**.
- SMED è lo strumento per **cambiare agilmente prodotto** secondo il piano livellato.

3. **Muda – Eliminazione degli sprechi**

- Tempi lunghi di setup = **sprechi di tempo, manodopera, scorte**.
- SMED combatte vari tipi di **Muda**: attese, sovrapproduzione, scorte, movimenti inutili.

4. **5S**

- Un setup veloce richiede **ordine e organizzazione** → qui entrano le **5S** (Seiri, Seiton, Seiso...).
- Le 5S sono **fondamenta operative** per applicare con successo lo SMED.

5. **Kaizen**

- SMED nasce da una logica di **miglioramento continuo**.
- Ogni riduzione del tempo di setup deriva da **osservazioni, esperimenti, semplificazioni** → puro Kaizen.

6. **Manutenzione autonoma (TPM)**

- Se le macchine non sono affidabili, i cambi rapidi diventano inutili.
- La **manutenzione preventiva e autonoma** riduce i problemi durante il setup.

Cos'è lo SMED

SMED è l'acronimo di **Single-Minute Exchange of Die**, ovvero:

“Cambio di attrezzaggio in meno di dieci minuti” (cioè in single-digit minutes, da 1 a 9)

Obiettivo:

- Ridurre drasticamente i **tempi di setup** (cambio produzione/macchinario)
- Passare da **lotti grandi e pochi cambi** a **lotti piccoli e molti cambi**
- Aumentare la **flessibilità produttiva** e la **risposta al cliente**

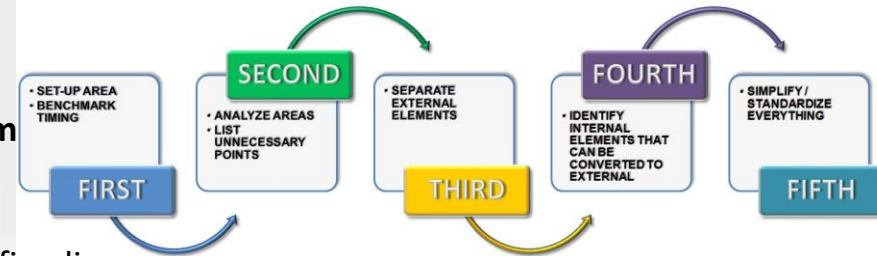
Origini dello SMED

- Sviluppato da **Shigeo Shingo** negli anni '50 in Toyota
- Fondamentale per abilitare il **Just In Time**
- Considerato un punto chiave del **Toyota Production System**

Perché è importante ridurre il tempo di setup

- Tempi di setup lunghi → necessità di **lotti grandi** per giustificarli
- Lotti grandi → **più scorte, più sprechi, meno flessibilità**
- Setup brevi → possibile produrre **piccole quantità** su richiesta

SINGLE MINUTE EXCHANGE OF DIES (SMED) PROCESS STEPS



Le Fasi del Metodo SMED

Fase 1: Separazione delle attività interne ed esterne

- **Attività interne:** si fanno a macchina ferma
- **Attività esterne:** si fanno con macchina in funzione
- Obiettivo: **spostare il più possibile all'esterno**

Fase 2: Conversione delle attività interne in esterne

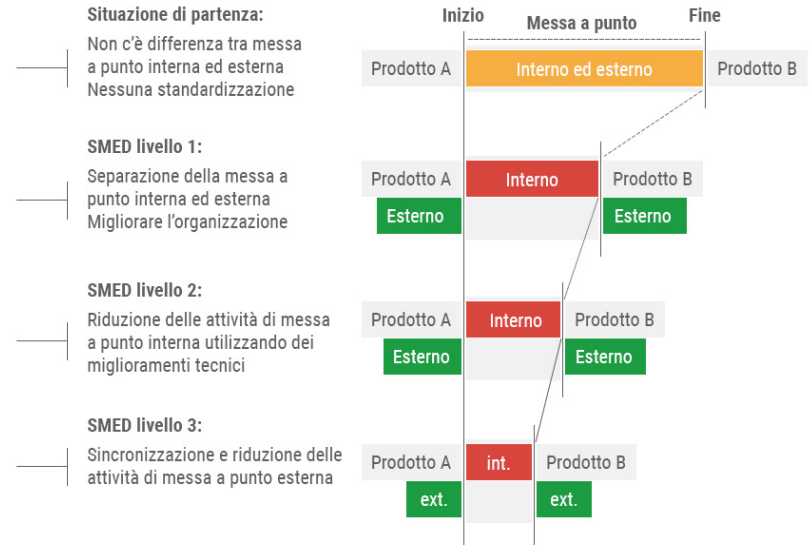
- Es. preparare utensili, riscaldare stampi, predisporre materiali **prima** di fermare la macchina

Fase 3: Snellimento delle attività interne

- Parallelizzare compiti, usare dispositivi guida, ridurre il numero di operazioni manuali

Fase 4: Miglioramento continuo

- Standardizzazione dei setup
- Formazione del personale
- Introduzione di strumenti specifici per il cambio rapido



Source: Lean Partners Projekt Gesellschaft



Vantaggi dello SMED

Esempio Pratico

Situazione iniziale:

- Tempo di setup: **60 minuti**
- Lotto minimo economico: **1000 pezzi**

Dopo SMED:

- Tempo di setup: **8 minuti**
- Lotto minimo economico: **100 pezzi**
- Maggiore varietà, meno scorte, più reattività

Strumenti e Tecniche Utilizzate

- **Checklist** operative
- **Carrelli di preparazione** con tutto il necessario già pronto
- **Sistemi di posizionamento rapido** (spine, guide, blocchi)
- **Agganci rapidi, utensili modulari**
- **Training visuale** e **5S** per l'organizzazione del posto di lavoro

Vantaggio	Impatto
Riduzione tempi di setup	Aumenta il tempo produttivo
Produzione in lotti piccoli	Migliore adattamento alla domanda
Riduzione scorte	Minori costi di magazzino
Maggiore flessibilità	Risposta rapida ai cambi
Maggiore qualità	Meno errori nel cambio produzione

Criticità e Sfide

- Richiede **coinvolgimento del personale operativo**
- Serve una buona **analisi dei processi** e **osservazione diretta**
- A volte è necessario **investire in attrezzature dedicate**
- Resistenza culturale al cambiamento ("abbiamo sempre fatto così")

SMED e il JIT

Lo SMED è **essenziale per il Just In Time**, perché:

- Consente lotti piccoli e cambi frequenti
- Riduce i lead time
- Favorisce la **produzione tirata (pull)**
- Aumenta la qualità e l'efficienza



HEIJUNKA





1. Just In Time (JIT)

- **Heijunka** è un **presupposto fondamentale** per realizzare il JIT.
- Se la produzione non è livellata, il JIT non può funzionare senza creare ritardi o sovrapproduzione.
- Riduce il bisogno di lotti grandi e scorte eccessive.

2. SMED

- Per poter livellare la produzione (fare molti cambi prodotto), i cambi devono essere **rapidi e frequenti** → entra in gioco lo **SMED**.
- Heijunka **richiede SMED** per essere tecnicamente fattibile.

3. Kanban

- Heijunka aiuta a **stabilizzare i segnali Kanban**, evitando picchi e vuoti nella domanda interna.
- Kanban funziona meglio in un sistema “livellato”.

4. TAKT Time

- Heijunka distribuisce la produzione in funzione del **takt time** (ritmo richiesto dal cliente).
- Aiuta a sincronizzare il flusso produttivo con la domanda.

5. Muda (sprechi)

- Heijunka serve a **prevenire sprechi** dovuti a sovrapproduzione, tempi di attesa, eccesso di scorte, ecc.
- È uno strumento per **combattere la variabilità**, una delle tre “m” (Muda, Mura, Muri).

6. Kaizen

- Heijunka si ottiene anche tramite un processo continuo di **miglioramento**, ovvero **Kaizen**.
- Richiede coinvolgimento e analisi continua dei flussi.

Heijunka, un concetto chiave del *Toyota Production System* (TPS) e quindi del *Lean Thinking*, strettamente legato al **Just In Time** (JIT).

Cos'è Heijunka?

Heijunka (平準化) è una parola giapponese che significa **livellamento della produzione**. L'obiettivo è **ridurre le fluttuazioni nella produzione** – sia in termini di **quantità** che di **varietà** – per ottenere un flusso di lavoro più regolare, stabile e prevedibile.

Obiettivi principali



1. **Evitare i picchi e le interruzioni nella produzione**
2. **Minimizzare gli sprechi (Muda)** generati da sovrapproduzione, tempi morti, movimenti inutili
3. **Rendere la produzione più flessibile** e capace di adattarsi alla domanda reale

Heijunka nel contesto Lean

In una produzione tradizionale, si tende a lavorare in grandi lotti per ogni tipo di prodotto, causando:

- Sovrapproduzione
- Scorte eccessive
- Tempi di attesa lunghi
- Maggiori rischi di errori o difetti

Con **Heijunka**, invece, la produzione viene "**livellata**" nel tempo e nello spazio:

-  **Livellamento nel tempo**: si distribuisce uniformemente il carico di lavoro (es. 100 unità al giorno → 10 ogni ora)
-  **Livellamento per tipo**: si alternano piccoli lotti di diversi prodotti (es. A-B-A-C-B-A invece che AAA-BBB-CCC)



Strumenti per applicare Heijunka

1. Heijunka Box (o Piano Board)

Una griglia visiva in cui si pianificano i vari tipi di prodotto da realizzare in ciascun intervallo di tempo. Serve per:

1. Visualizzare il piano produttivo
2. Distribuire il lavoro in modo equilibrato

2. Takt Time

Il ritmo con cui un prodotto deve essere realizzato per soddisfare la domanda del cliente. Heijunka si allinea strettamente al Takt Time.

3. Kanban

Sistema di segnali visivi per controllare la produzione. Insieme a Heijunka, aiuta a produrre solo ciò che serve, quando serve.

4. SMED (Single-Minute Exchange of Die)

Tecnica per ridurre i tempi di cambio produzione → fondamentale per alternare rapidamente piccoli lotti.

Esempio pratico

Caso: Produzione giornaliera richiesta

- 100 pezzi: 60 di tipo A, 30 di tipo B, 10 di tipo C

Produzione NON livellata:

- Mattina: 60 pezzi A
 - Pomeriggio: 30 pezzi B
 - Fine giornata: 10 pezzi C
- Svantaggi: tempi di setup lunghi, flussi irregolari, attese

Produzione con Heijunka:

- Ogni ora (su 8 ore): 7-8 A, 3-4 B, 1-2 C
 - Layout: A-B-A-C-B-A-A-B-C...
- Vantaggi: flusso continuo, riduzione setup, risposta più agile alla domanda

Benefici di Heijunka

- ✓ Riduzione dei lead time
- ✓ Miglior controllo delle scorte
- ✓ Aumento della qualità
- ✓ Miglior bilanciamento del carico di lavoro tra operatori e macchine
- ✓ Adattabilità ai cambiamenti nella domanda

Limiti e sfide

- Richiede **alta flessibilità operativa**
- Necessita di **tempi di cambio rapidi** (→ SMED)
- Non sempre applicabile in ambienti con domanda estremamente variabile o bassa maturità Lean
- Rischio di resistenza culturale

TPM - Total Productive Maintenance

Collegamenti con altri strumenti Lean

- **Just In Time:** senza impianti affidabili, il flusso continuo non è possibile.
- **5S:** ordine e pulizia favoriscono la manutenzione autonoma.
- **Kaizen:** i miglioramenti del TPM sono un'applicazione del miglioramento continuo.
- **SMED:** riduzione dei tempi di cambio formato.
- **Visual Management:** controllo visivo per segnalare anomalie e interventi.



Total
Productive
Maintenance

TPM (Total Productive Maintenance)

- Manutenzione proattiva e preventiva per evitare fermi macchina.

Cos'è il TPM (Total Productive Maintenance)?

Il TPM è una metodologia giapponese sviluppata a partire dagli anni '70 da **Seiichi Nakajima**. È un sistema di gestione che punta a:

- **massimizzare l'efficienza degli impianti** produttivi,
- **coinvolgere tutti i livelli aziendali**, dagli operatori ai manager,
- **prevenire i guasti** invece che limitarli solo con interventi correttivi,
- promuovere una **cultura della responsabilità diffusa**.

È strettamente connesso alla **filosofia Lean** e al **Just In Time**, in quanto mira a eliminare le perdite (**Muda**) legate agli impianti.

Obiettivi principali del TPM

- **Zero guasti**
- **Zero difetti**
- **Zero incidenti**
- **Zero fermi macchina non programmati**
- **Alta disponibilità e affidabilità degli impianti**
- **Coinvolgimento totale del personale**



1. Manutenzione autonoma (Jishu Hozen)

1. Gli operatori svolgono attività di base come pulizia, lubrificazione, piccoli controlli.
2. Scopo: sviluppare consapevolezza e responsabilità sugli impianti.

2. Manutenzione pianificata

1. Schedulazione di interventi preventivi e predittivi.
2. Riduzione dei tempi di fermo.

3. Miglioramento mirato (Kobetsu Kaizen)

1. Analisi delle cause radice delle perdite (guasti, microfermi, scarti).
2. Uso di strumenti come il **PDCA**, **Ishikawa**, **5 Why**, **Pareto**.

4. Training e formazione

1. Incremento delle competenze tecniche.
2. Riduzione della dipendenza da esperti esterni.

5. Gestione iniziale dei nuovi impianti

1. Progettare impianti facili da mantenere.
2. Ridurre il tempo di start-up (commissioning).

6. Controllo qualità iniziale

1. Riduzione dei difetti legati alla manutenzione.
2. Coinvolgimento tra manutenzione e qualità.

7. TPM in ufficio

1. Applicazione della logica TPM in ambito non produttivo (HR, acquisti, logistica).

8. Sicurezza, salute e ambiente

1. Eliminazione delle condizioni pericolose.
2. Prevenzione degli incidenti legati a macchinari.



Le 6 grandi perdite affrontate dal TPM

1. Guasti agli impianti
2. Set-up e regolazioni
3. Microfermi e rallentamenti
4. Riduzione della velocità
5. Difetti di processo e scarti
6. Avviamenti lenti dopo una fermata



Fasi di implementazione del TPM (secondo JIPM)

1. Annuncio formale dell'introduzione del TPM
2. Formazione iniziale e creazione della struttura TPM
3. Pianificazione degli obiettivi e roadmap
4. Avvio della manutenzione autonoma
5. Sviluppo dei pilastri progressivi
6. Implementazione su larga scala
7. Audit e certificazioni TPM
8. **Miglioramento continuo**

Vantaggi del TPM

- Riduzione dei costi di manutenzione
- Maggiore efficienza degli impianti
- Miglior clima organizzativo
- Miglior qualità del prodotto
- Maggiore sicurezza sul lavoro
- Coinvolgimento e motivazione del personale

Esempio pratico

Azienda metalmeccanica:

- Problema iniziale: impianti obsoleti, continui fermi, bassa OEE (50%).
- Intervento: formazione degli operatori, manutenzione autonoma e predittiva, introduzione di sensori per vibrazioni.
- Risultato: OEE salito a 75% in un anno, ridotti i guasti del 60%.

Collegamenti con altri strumenti Lean

- **Just In Time:** senza impianti affidabili, il flusso continuo non è possibile.
- **5S:** ordine e pulizia favoriscono la manutenzione autonoma.
- **Kaizen:** i miglioramenti del TPM sono un'applicazione del miglioramento continuo.
- **SMED:** riduzione dei tempi di cambio formato.
- **Visual Management:** controllo visivo per segnalare anomalie e interventi.



L'OEE (**Overall Equipment Effectiveness**) è un **indicatore chiave di prestazione (KPI)** usato per misurare l'efficacia complessiva di un impianto o macchina produttiva.

Formula dell'OEE:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilità} \times \text{Prestazione} \times \text{Qualità}$$

1. Disponibilità

Misura quanto tempo l'impianto è realmente disponibile per produrre rispetto al tempo pianificato.

$$\text{Disponibilità} = \frac{\text{Tempo operativo effettivo}}{\text{Tempo di produzione pianificato}}$$

Tiene conto dei fermi macchina, guasti, setup, ecc.

2. Prestazione (Performance)

Valuta la velocità di produzione rispetto alla velocità teorica massima.

$$\text{Prestazione} = \frac{\text{Output effettivo}}{\text{Output teorico massimo (alla velocità ideale)}}$$

Tiene conto di rallentamenti, microfermi, operazioni inefficienti.

3. Qualità

Indica la percentuale di prodotti buoni rispetto al totale dei prodotti realizzati.

$$\text{Qualità} = \frac{\text{Pezzi buoni}}{\text{Totale pezzi prodotti}}$$

Tiene conto di scarti, rilavorazioni, difettosità.

Interpretazione dei valori OEE

OEE (%)	Significato
85% e oltre	Eccellente (standard mondiale)
60-85%	Buono, ma migliorabile
Sotto 60%	Margine di miglioramento molto elevato

Esempio pratico

Un impianto ha:

- **Disponibilità:** 90%
- **Prestazione:** 85%
- **Qualità:** 95%

Formula:

$$\text{OEE} = \text{Disponibilità} \times \text{Prestazione} \times \text{Qualità}$$

$$\text{OEE} = 0,90 \times 0,85 \times 0,95 = 0,72675$$

Risultato:

$$\text{OEE} = \boxed{72,68\%}$$



Scenario reale

- **Tempo di produzione pianificato:** 8 ore (480 minuti)
- **Fermi macchina totali:** 60 minuti (per guasti e setup)
- **Velocità teorica macchina:** 60 pezzi/ora → 1 pezzo ogni minuto
- **Totale pezzi prodotti:** 380
- **Pezzi difettosi:** 20

✓ 1. Disponibilità

Tempo operativo effettivo = $480 - 60 = 420$ minuti

$$\text{Disponibilità} = \frac{420}{480} = 0,875 \Rightarrow 87,5\%$$

✓ 2. Prestazione

Output teorico = $420 \text{ min} \times 1 \text{ pezzo/min} = 420$ pezzi

$$\text{Prestazione} = \frac{380}{420} = 0,9048 \Rightarrow 90,5\%$$

✓ 3. Qualità

Pezzi buoni = $380 - 20 = 360$

$$\text{Qualità} = \frac{360}{380} = 0,9474 \Rightarrow 94,7\%$$



OEE finale

$$\text{OEE} = 0,875 \times 0,9048 \times 0,9474 = 0,7495 \Rightarrow \boxed{74,95\%}$$

Interpretazione

Il macchinario sta lavorando al **74,95%** del suo potenziale massimo teorico.

PRINCIPIO DI PARETO

Collegamenti con altri strumenti

- **5 Why:** per analizzare le cause principali trovate dal Pareto
- **Ishikawa:** per mappare visivamente le cause dei problemi emersi
- **PDCA:** il Pareto è utile nella fase “Check” per verificare i miglioramenti



Cos'è il Diagramma di Pareto?

È un **grafico a barre** che mostra le **cause di un fenomeno ordinandole in modo decrescente per frequenza o impatto**. Si basa sul **principio di Pareto o regola 80/20**:

il 80% degli effetti dipende spesso dal 20% delle cause

Obiettivo

Identificare **quali pochi fattori critici** (vitali) causano la maggior parte dei problemi, per **intervenire in modo mirato ed efficace**.

Come si costruisce un Pareto

1. **Raccogli i dati** (es. guasti, difetti, reclami, scarti...)
2. **Classifica le categorie** (es. tipo di guasto: elettrico, meccanico, software...)
3. **Conta la frequenza di ogni categoria**
4. **Ordina le categorie in ordine decrescente**
5. **Calcola le percentuali cumulative**
6. **Disegna il grafico:**
 - **Barre verticali:** frequenza delle cause (in ordine decrescente)
 - **Linea cumulativa:** percentuale accumulata (da sinistra a destra)

Il **diagramma di Pareto** è uno **strumento potentissimo** della qualità e del miglioramento continuo, molto usato anche nel TPM, nel Kaizen, nella Lean e nella sicurezza.

Scenario: Analisi difetti in una linea di produzione

Durante una settimana, un reparto ha registrato i seguenti difetti:

Tipo di difetto	N. casi
Verniciatura	40
Taglio impreciso	25
Montaggio errato	15
Saldatura difettosa	10
Foratura non centrata	5

Ordinamento dal più al meno frequente

Difetto	N. casi	% sul totale	% cumulata
Verniciatura	40	40%	40%
Taglio impreciso	25	25%	65%
Montaggio errato	15	15%	80%
Saldatura difettosa	10	10%	90%
Foratura non centrata	5	5%	95%

Totale difetti: 100

Interpretazione del Pareto

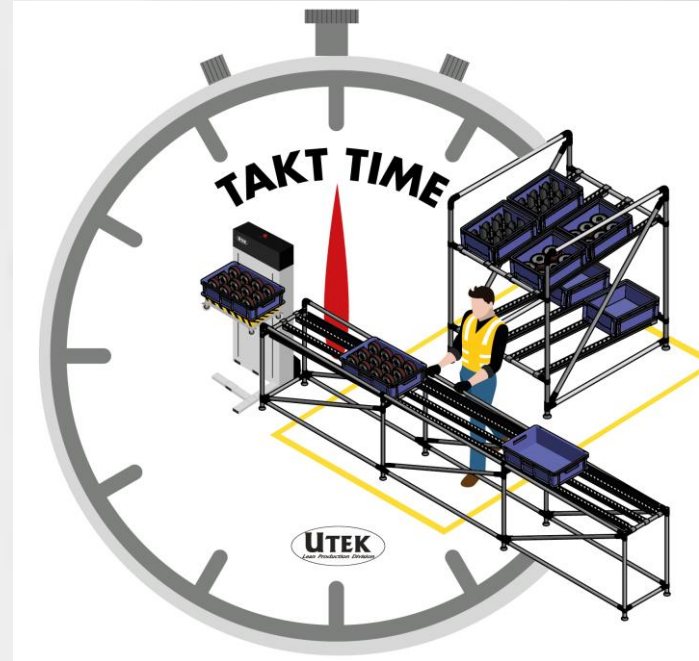
- I **primi due difetti (verniciatura e taglio)** rappresentano il **65% del totale**.
- Concentrandosi **prima su queste due cause**, si può ottenere un miglioramento significativo con sforzi mirati.
- Gli altri difetti sono **meno frequenti ma non trascurabili**: si possono gestire in una fase successiva.

Adesso che sappiamo cosa incide di più, usiamo il **5 Why** per cercare le cause della verniciatura difettosa.

TAKT TIME

COLLEGAMENTI CON ALTRI STRUMENTI

- **Just In Time:** Takt Time è la base del flusso tirato
- **Heijunka:** livellamento della produzione per adattarsi al Takt
- **SMED:** ridurre i tempi di setup per stare nei limiti del Takt
- **Kanban:** segnalazione basata sul ritmo di consumo
- **Kaizen:** miglioramenti continui per allineare il ciclo al Takt





COS'È IL TAKT TIME?

Takt Time è il **ritmo di produzione richiesto** per soddisfare la **domanda del cliente**.

Viene dal tedesco **“Taktzeit”** (tempo di battuta), usato in ambito musicale per indicare il tempo del metronomo. In ambito industriale, indica il **ritmo ideale** con cui un pezzo deve uscire dalla linea per evitare sovrapproduzione o carenze.

FORMULA DEL TAKT TIME

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Tempo disponibile di produzione}}{\text{Domanda del cliente}}$$

Esempio:

- Tempo disponibile = 420 minuti/giorno (7 ore effettive, tolte pause)
- Domanda cliente = 210 pezzi/giorno

$$\text{Takt Time} = \frac{420}{210} = 2 \text{ minuti/pezzo}$$

Significa che **ogni 2 minuti** deve uscire un pezzo per soddisfare il cliente senza sprechi.



DIFFERENZA TRA TAKT TIME, CYCLE TIME E LEAD TIME

Concetto	Definizione
Takt Time	Tempo massimo disponibile per ogni unità richiesta
Cycle Time	Tempo effettivo per produrre un'unità
Lead Time	Tempo totale dall'ordine alla consegna

APPLICAZIONI PRATICHE



Obiettivo Lean: allineare il Cycle Time al Takt Time.

- **Progettazione delle celle di lavoro**
- **Line balancing** (equilibratura dei tempi operativi per ogni postazione)
- **Standardizzazione delle operazioni**
- **Riduzione degli sprechi** (Muda)
- **Visual management:** segnalatori luminosi, timer, andon

OBIETTIVI DEL TAKT TIME

- Equilibrare il carico di lavoro tra le postazioni
- Evitare sovrapproduzione e magazzini inutili
- Progettare linee di produzione bilanciate
- Aumentare la reattività al cambiamento della domanda
- Supportare la logica **pull** (produzione su richiesta)

ESEMPIO COMPLETO

Scenario:

- Turno produttivo: 8 ore = 480 minuti
- Pause e manutenzione: 60 minuti
- Tempo disponibile = 420 minuti
- Domanda cliente = 105 pezzi/giorno

$$\text{Takt Time} = \frac{420}{105} = 4 \text{ minuti}$$

Ogni **4 minuti** deve uscire un prodotto.

Se una postazione impiega 6 minuti → è **collo di bottiglia**.

Se impiega 2 minuti → genera **scorte intermedie**.

TAKT TIME

$$\text{Takt Time} = \frac{\text{Time Available to Complete a Task}}{\text{Customer Demand}}$$



⚠ ERRORI COMUNI

- Non considerare pause o microfermi nel tempo disponibile
- Pensare che il Takt Time sia "fisso" (in realtà cambia con la domanda!)
- Usarlo senza coinvolgere gli operatori
- Non monitorare la variazione del ciclo reale rispetto al Takt

Origini e Fondamenti

La Teoria dei Vincoli è un approccio sistemico alla gestione delle organizzazioni sviluppato da Eliyahu M. Goldratt nel 1984. Si basa sull'idea che ogni sistema complesso possieda almeno un vincolo che ne limita le prestazioni complessive. Identificare e gestire efficacemente questi vincoli è cruciale per migliorare le performance dell'intero sistema.



Principi Chiave

Secondo la TOC, le organizzazioni possono essere misurate e controllate attraverso tre parametri fondamentali:

- **Throughput:** la velocità con cui il sistema genera denaro attraverso le vendite.
- **Inventario:** tutto il denaro investito nell'acquisto di beni destinati alla vendita.
- **Spese Operative:** tutto il denaro speso per trasformare l'inventario in throughput.

L'obiettivo è aumentare il throughput riducendo simultaneamente l'inventario e le



Processo di Implementazione

La TOC propone un processo ciclico di cinque fasi per migliorare continuamente le prestazioni del sistema:

- 1. Identificare il vincolo del sistema:** determinare quale elemento limita maggiormente le prestazioni.
- 2. Sfruttare il vincolo:** ottimizzare l'uso del vincolo senza apportare modifiche significative.
- 3. Subordinare tutto il resto al vincolo:** allineare tutti gli altri processi per supportare il vincolo identificato.
- 4. Elevare il vincolo:** apportare modifiche per aumentare la capacità o l'efficienza del vincolo.
- 5. Se in una fase precedente il vincolo è stato rimosso, tornare al passo 1:** assicurarsi che l'attenzione sia sempre focalizzata sul vincolo attuale..

Questo ciclo continuo assicura un miglioramento costante delle performance organizzative.



Applicazioni

La TOC è stata applicata con successo in diversi ambiti, tra cui:

- **Produzione:** ottimizzazione dei processi produttivi identificando e gestendo i colli di bottiglia.
- **Gestione dei progetti:** attraverso il Critical Chain Project Management (CCPM), che si concentra sulla gestione delle risorse critiche e sulla riduzione dei tempi di progetto.
- **Distribuzione e logistica:** miglioramento della disponibilità dei prodotti e riduzione delle scorte attraverso una gestione più efficace della catena di approvvigionamento.

L'approccio della TOC si è dimostrato efficace nel focalizzare l'attenzione sulle aree che limitano le performance, consentendo alle organizzazioni di ottenere miglioramenti significativi in tempi relativamente brevi.



Scenario: Un'azienda che produce sedie

Un'azienda artigianale produce sedie in legno in 5 fasi:

1. Taglio del legno
2. Assemblaggio
3. Levigatura
4. Verniciatura
5. Imballaggio

Ogni reparto ha una capacità produttiva diversa:

Fase	Capacità giornaliera (sedie)
Taglio	100
Assemblaggio	90
Levigatura	60 ← VINCOLO
Verniciatura	85
Imballaggio	100



1. Identificare il vincolo

La **levigatura** è il **collo di bottiglia**: può lavorare solo 60 sedie al giorno, mentre gli altri reparti ne possono gestire di più.

2. Sfruttare il vincolo

Massimizzare l'efficienza della levigatura:

- Lavorare solo i pezzi con priorità alta.
- Eliminare tempi morti (es. ridurre i cambi utensili).

3. Subordinare tutto il resto al vincolo

Allineare gli altri reparti alla levigatura:

- Il taglio e l'assemblaggio non devono produrre più di 60 sedie al giorno → evitare sovrapproduzione.
- La verniciatura e l'imballaggio si organizzano in base al flusso in uscita dalla levigatura.

4. Elevare il vincolo

Investire per aumentare la capacità del vincolo:

- Aggiungere un secondo operatore.
- Acquistare una nuova levigatrice.

5. Tornare al punto 1

Una volta risolto il collo di bottiglia della levigatura, potrebbe diventarlo un'altra fase (es. assemblaggio), quindi si ripete il ciclo.

Risultato

Concentrandosi sul vincolo, l'azienda evita sprechi, produce in modo fluido e incrementa la produttività senza dover aumentare inutilmente l'inventario o assumere nuovo personale in altri reparti.



**SISTEMI DI GESTIONE DELL'IGIENE E
SICUREZZA NEGLI AMBIENTI DI LAVORO**

Prof. Claudio Pantanali, PhD - cpantanali@units.it

