

Studi di Fattibilità - Manufacturing & Plants

Caratteristiche e prestazioni

Marco Raimondi

Classificazione degli impianti di produzione

- **Può essere effettuata con riferimento a:**
 - **Dimensione dell'impianto**
 - **Natura delle trasformazioni del prodotto finito**
 - **Grado di integrazione**
 - **Ampiezza del ciclo produttivo**
 - **Diagramma tecnologico**
 - **Andamento del volume di produzione**
 - **Tipo di produzione**
 - **Composizione organica del capitale**
 - **Forma giuridica di impresa**

Dimensione dell'impianto

- **Classificazione per le attività manifatturiere (CEE 01/01/2005). In funzione del numero di addetti e del fatturato in milioni di euro si parla di industria:**
 - piccola (addetti 0-50; fatturato <7)
 - media (addetti 51-250; fatturato <40)
 - grande (addetti >250; fatturato >40)
- **Parametri: numero di addetti, capitale investito, fatturato annuo, capacità produttiva**
- **Il valore di tali parametri cambia molto in funzione del grado di automazione e del settore di appartenenza**

Natura delle trasformazioni e del prodotto finito

- **il criterio ISTAT è orientato alla parte terminale del processo ove avvengono le trasformazioni più vicine al prodotto finito:**
 - Meccaniche
 - Chimiche
 - Tessili
 - Siderurgiche
 - Alimentari
 - Ceramiche
 - Cementifici
 - Elettromeccaniche
 - Elettrochimiche
 - Chimico-tessili
 -

Grado di integrazione

- **Integrazione verticale:**
 - **Estensione verso monte o valle delle lavorazioni che, complessivamente, costituiscono il “ciclo integrale”**
 - **Vantaggi: maggiore VA, qualità, livello di servizio, programmazione, rispetto dei tempi**
- **Integrazione orizzontale:**
 - **Incremento del volume di produzione acquisendo commesse dello stesso prodotto da più fornitori**
 - **Vantaggi: specializzazione, saturazione, rapido ammortamento impianti, bassi costi**

Ampiezza del ciclo produttivo e tipi di industria

- **Ciclo chiuso o integrale**
 - Dalla materia prima al prodotto finito
- **Ciclo aperto**
 - Di base o di estrazione (dalla materia prima al semilavorato)
 - Raffinatrici o di elaborazione (da un semilavorato all'altro)
 - Completive (dal semilavorato al prodotto finito)
- **Complementari**
 - Cascami o parti per montaggio
- **Sussidiarie**
 - Producono servizi

Diagramma tecnologico

- **Processi monolinea (ghisa, cemento, ..)**
- **Processi sintetici o convergenti (elettrodomestici, automobili, ..)**
- **Processi analitici o divergenti (petrolchimico)**
- **Processi convergenti-divergenti (farmaceutico)**

Andamento del volume di produzione

- **Produzione unitaria:** l'impianto è predisposto per ottenere 1 esemplare di prodotto (cantiere navale, impiantistica pesante,)
- **Ciclo intermittente:** l'impianto può ottenere una varietà di prodotti (MIX) che vengono realizzati in lotti successivi (manifatturiero, cartario, farmaceutico,
- **Ciclo continuo:** la produzione è continua, con un solo ciclo ed un solo prodotto per un periodo indeterminato (cemento, acciaio, chimico, petrolchimico, ...)

Processi di produzione				
Processi continui		Processi ripetitivi ed intermittenti		
disintegrazione	integrazione	trasformazione	Fabbricazione	Assemblaggio
Separazione di componenti	Sintesi di materiali per giungere ad un prodotto non reperibile in origine	Modifiche ad un materiale mediante lavorazioni successive	Modifiche alla forma dei materiali	Aggiunta di parti lavorate ad una struttura iniziale
Raffinazione, Distillazione, ...	Lavorazione della plastica, della gomma, ...	Produzione di ceramiche, cibi surgelati, ...	Lavorazioni dei metalli e del legno, ...	Produzione di automobili, elettrodomestici, PC
Processi compositi				

La necessità di riprogettare

- **Esistono tre eventi fondamentali nell'ambito della tematica “progettare” o “gestire” i sistemi di produzione industriale, essi sono:**
 1. **La creazione o l'adeguamento di capacità produttiva**
 2. **La predisposizione del sistema produttivo a nuove produzioni**
 3. **La formulazione e gestione dei piani di produzione**

1° classificazione dei sistemi produttivi

- **Al fine di poter classificare il contesto cui ci si trova di fronte ed indirizzarsi sulla giusta soluzione si considerano le seguenti variabili:**
 - 1. La modalità con cui si presenta la domanda**
 - 2. La modalità di predisposizione dell'offerta**
 - 3. Le caratteristiche intrinseche del prodotto**

Domanda

- **Esistono tre casi tipici in cui la domanda può concretizzarsi:**
 - **Produzioni su commesse singole**
 - **Produzioni su commesse ripetitive**
 - **Produzioni su previsione (per il magazzino)**

Offerta

- **Per quanto riguarda le modalità con cui viene realizzato l'output, è possibile individuare:**
 - **Produzioni unitarie**
 - **Produzioni intermittenti (a lotti)**
 - **Produzioni continue**

Tipologia di prodotto

- **Identifica i cicli produttivi che saranno ben diversi per:**
 - **Produzioni per processo**
 - ⇒ **problemi riguardanti gli aspetti tecnologici**
 - **Produzioni manifatturiere o per parti, a loro volta distinguibili in**
 - **Fasi di fabbricazione**
 - **Fasi di montaggio**
 - ⇒ **problemi riguardanti gli aspetti progettuali e gestionali**

2° classificazione dei sistemi produttivi

- **Una seconda possibilità di classificazione si basa sulle seguenti categorie:**
 - **Make to stock**
 - **Assemble to order**
 - **Engineer to order**
 - **Make to order**

Strumenti

- **BOM (Bill of Material)**
- **MPS (Master Production Schedule)**
- **MRP (Material Requirement Planning)**
-

Tipologia di produzione manifatturiera

- **Classificazione in funzione di:**
 - **Elementi impiantistici, gestionali, organizzativi divisibili in**
 - **Fabbricazione: diverse tipologie in funzione di**
 - Volumi unitari da realizzare
 - Ripetitività
 - Valore unitario dei pezzi
 - **Montaggi: diverse tipologie in funzione di**
 - Complessità delle operazioni
 - Durata delle operazioni
 - Volumi
 - Valore unitario dei pezzi
 - **Livello di automazione**

Fabbricazione

- **Produzione per reparti o “Job Shop” caratterizzata dai seguenti elementi:**
 - **Ordine di lavoro o lotto o “batch”**
 - **Centri di lavoro o macchine**
 - **Ciclo tecnologico o sequenza e tempi delle diverse operazioni (e quindi costi)**
 - **Reparti con gruppi di macchine omogenee**
 - **Elevati intrecci di flussi**
 - **Elevata flessibilità**

Fabbricazione

- **Produzione per cellule o “Cell Production**
 - **Applicabile quando i pezzi sono raggruppabili in famiglie omogenee dal punto di vista del ciclo tecnologico secondo la logica della Group Technology o Tecnologia a gruppi**
 - **Raggruppamento di macchine in una cellula in grado di processare una specifica famiglia**
 - **Semplificazione dei flussi**
 - **Drastica riduzione della flessibilità**

Fabbricazione

- **Linee di produzione per prodotto o Transfer Lines**
 - **Insieme di macchine vincolate ad eseguire ciascuna una specifica lavorazione**
 - **Adatto per produzione di grande serie**
 - **Flessibilità minima**

Montaggi

- **Montaggio a posto fisso**
 - **L'operatore compie l'intero ciclo di montaggio senza spostare il pezzo**
 - **La componentistica viene portata in prossimità del pezzo da assemblare**

Montaggi

- **Montaggio a trasferimento (Linea)**
 - **Linee a ritmo non imposto o a trasferimento non vincolato: stazioni di lavoro separate da buffer intermedi**
 - **Linee con ritmo imposto o a trasferimento fisso nelle quali la cadenza delle diverse stazioni è fissata e rigorosamente uguale per tutte**
 - **Esiste la variante costituita dalla linea a trasferimento continuo utilizzata nel settore automobilistico e degli elettrodomestici (grosse dimensioni del pezzo da assemblare) ove lo spostamento è realizzato tramite un trasportatore aereo o a pavimento)**

Montaggi

- **Sulla base dell'organizzazione del lavoro è possibile distinguere le seguenti varianti di montaggio:**
 - **Montaggi parcellizzati**
 - **Montaggi ricomposti (esigenze di job enrichment)**
 - **Montaggi ad isola**
- **Importante è inoltre il concetto di job rotation**

Grado di automazione

- **Diverse soluzioni possibili:**
 - Manuali ove vi è solo attività umana
 - Semiautomatiche
 - Automatiche (o transfer) ove l'uomo ha solo funzione di controllo
- **L'evoluzione di tali sistemi è racchiusa nei concetti di:**
 - FMS (Flexible Manufacturing Systems)
 - FAS (Flexible Assembly Systems)

Caratteristiche delle fabbricazioni

Punti di forza

Punti di debolezza

Job Shop

Investimento ridotto
 Alta flessibilità
 Elevata elasticità
 Scarsa obsolescenza
 Rapido avvio di nuove produzioni

Alti tempi di attraversamento
 Elevato WIP
 Scarsa saturazione
 Alti costi di manodopera
 Qualità non omogenea
 Scarsa prevedibilità tempi di consegna
 Difficile reperibilità manodopera specializzata

Linea

Ridotti tempi di ciclo
 Ridotto WIP
 Elevata saturazione
 Ridotto fabbisogno di manodopera
 Qualità uniforme

Notevole rigidità
 Investimenti elevati
 Rischi di rapida obsolescenza
 Vulnerabilità ai guasti
 Elevato tempo di avvio di nuove produzioni

MCE

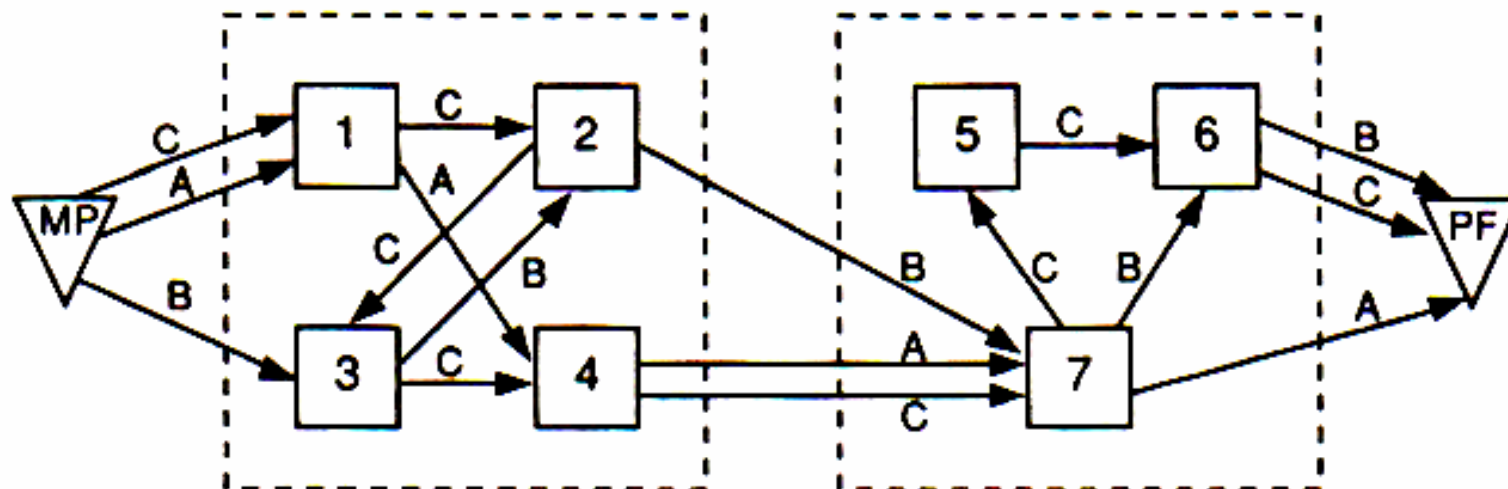
- **Definizione di MCE (Manufacturing Cycle Efficiency)**

$$MCE = \frac{\text{Tempo Tecnico}}{\text{Lead Time}}$$
$$= \frac{\text{Tempo di lavorazione}}{\text{T lavorazione} + \text{T controllo} + \text{T movimentazione} + \text{T attesa}}$$

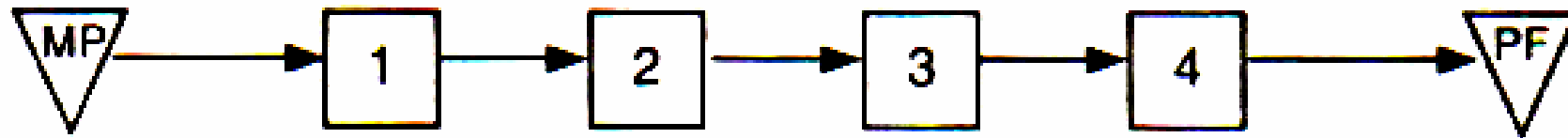
Job Shop vs. Transfer




- **Job Shop**
 - Privilegia la gamma delle lavorazioni
 - Mette a disposizione una capacità tecnologica
 - $MCE = 1/25$
 - Grande flessibilità
 - Ciclo di lavorazione da definire
- **Transfer**
 - Privilegia i volumi da lavorare
 - Mette a disposizione una capacità di produzione
 - $MCE = 1$
 - Grande rigidità
 - Ciclo di lavorazione predeterminato

Schema di flusso di fabbricazione tipo Job Shop



Schema di flusso di fabbricazione di tipo transfer



-  Macchina
-  Flusso delle parti
-  Magazzino

Caratteristiche dei montaggi

Punti di forza

Punti di debolezza

Investimento ridotto

Lavoro vario

Controllo qualità semplificato

Rapido avvio di nuove produzioni

Posto fisso

Alto tempo di ciclo

Elevato WIP

Flusso delle parti intrecciato

Notevole ingombro

Maggiori costi di manodopera

Difficile addestramento manodopera

Linea

Ridotti tempi di ciclo

Ridotto WIP

Ingombro limitato

Ridotto costo di manodopera

Flusso delle parti più razionale

Notevole rigidità

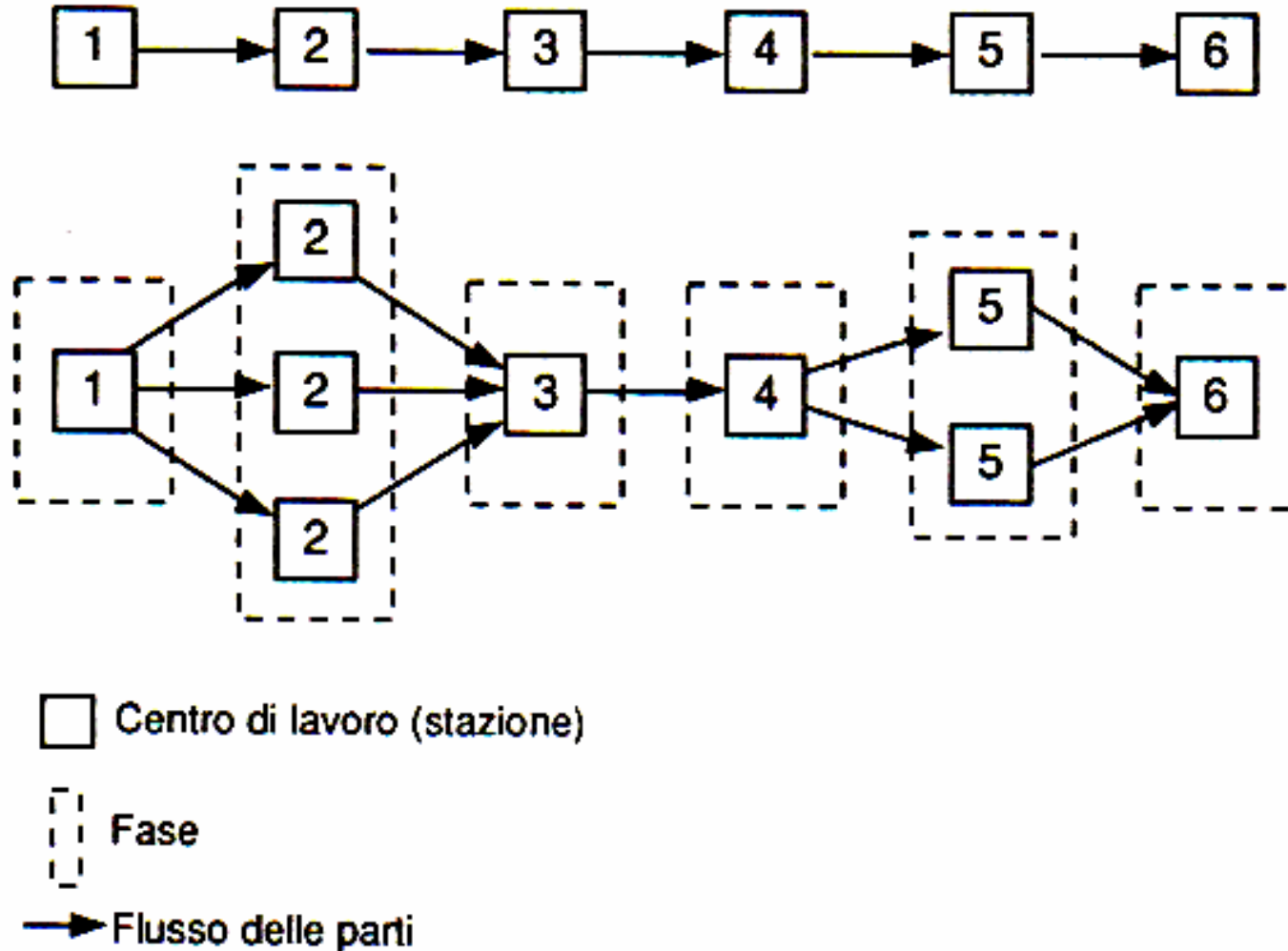
Investimenti elevati

Difficile bilanciamento

Lavoro ripetitivo

Maggior tempo di avvio di nuove produzioni

Schema di flusso di montaggio a trasferimento (linea)



Problemi e strumenti

- **Definizione dei kit di assemblaggio per definire il flusso della componentistica (BOM di produzione, Kanban, ...)**
- **Progettazione del ciclo di lavoro dell'operatore (MTM, cronometraggio, ...)**
- **Progettazione del posto di lavoro dell'operatore (ergonomia e sicurezza)**
- **Bilanciamento delle stazioni del processo (Massima saturazione, Kottas Lau, ...)**

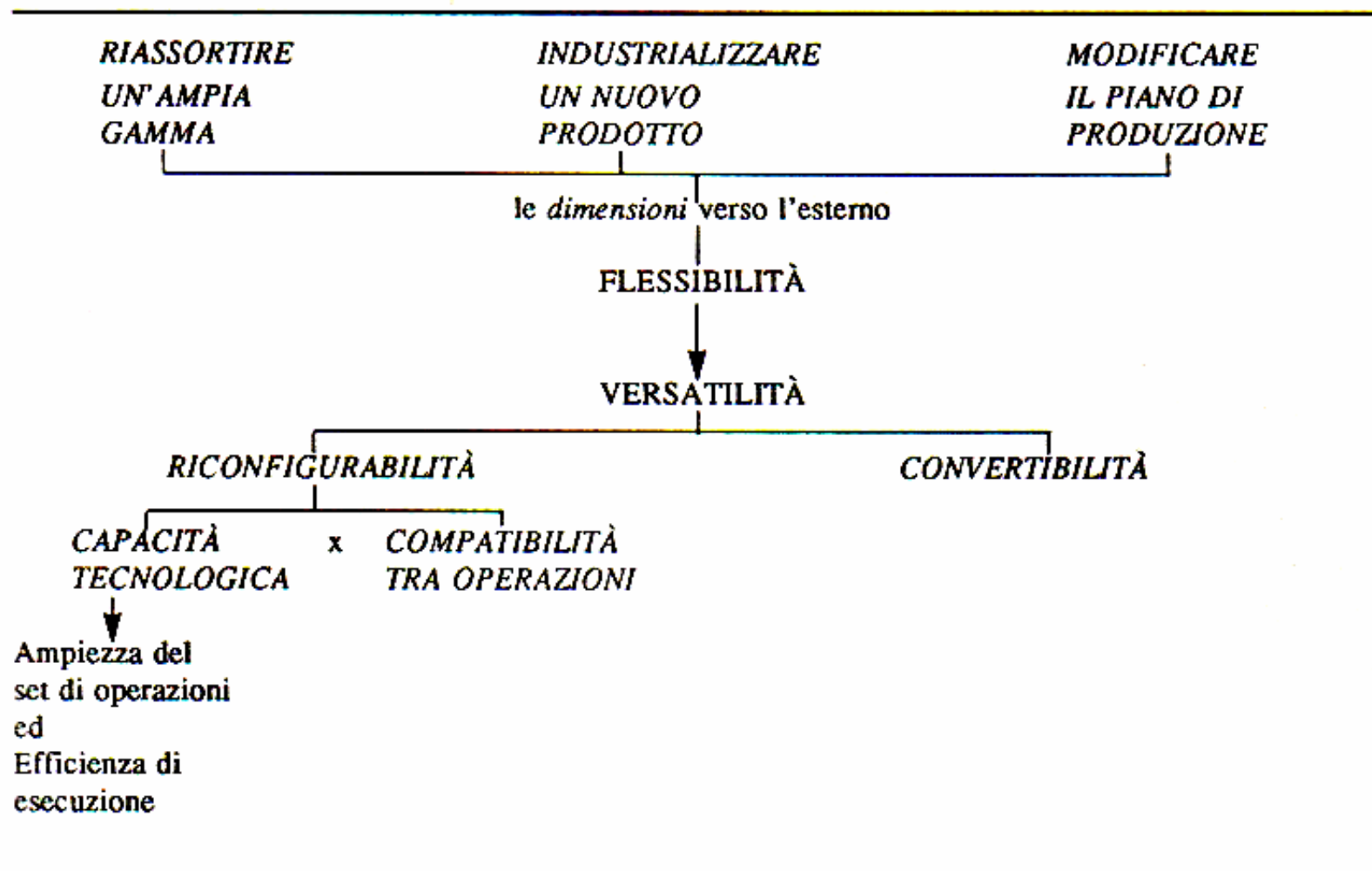
Costi di produzione

	Costi diretti/speciali	Costi indiretti
C. Variabili	Manodopera flessibile Materie prime (<i>diretti</i>)	Energie
C. Fissi	Attrezzature speciali dedicate (es. stampi) (<i>speciali</i>)	Manutenzione Spese generali Ammortamenti

Le prestazioni dei sistemi di produzione

- **Potenzialità produttiva**
- **Flessibilità**
- **Versatilità**
- **Riconfigurabilità**
- **Convertibilità**

Gli indicatori di misura



Potenzialità produttiva

- **Individuazione degli stati:**
 1. **Produzione buona PB**
 2. **Produzione di scarto PS**
 3. **Prove PR**
 4. **Guasti G**
 5. **Fermata programmata F**
 6. **Setup S**
 7. **Mancanza ordini MO**
 8. **Mancanza materiali MM**
 9. **Scioperi SC**
 10. **Organizzazione O**

Potenzialità teorica

- **PT** è la potenzialità di targa o nominale (unità/ora)
- **Pt = PT x A (unità/ora)**
è invece la potenzialità teorica che è la potenzialità ragionevolmente sostenibile nel medio termine tenendo conto della disponibilità **A**

Disponibilità

- La disponibilità A è data da:

$$A = \frac{T - MO - MM - SC - G - F}{T - MO - MM - SC}$$

Coefficienti di utilizzo

- Resa qualitativa: $RQ = NB/NP$
- Resa produttiva: $RP = NB/NA$
- Resa globale: $RG = NB/Pm(T-SC)$
- Resa rispetto all potenzialità teorica
 $RT = NB/Pt T$

Coefficienti di saturazione

- **Coefficiente di saturazione lordo:**

$$SL = \frac{PB + PS + PR + S}{T - MO - MM - G - F - SC}$$

- **Coefficiente di saturazione netto:**

$$SN = \frac{PB}{T - MO - MM - G - F - SC}$$

Modello per la valutazione delle prestazioni del sistema produttivo

Produttività	Qualità	Livello di Servizio	Flessibilità
impianti	conformità	puntualità	prodotto
personale	affidabilità	elasticità	volume
materiali	capacità di reazione	personalizzazione	mix
capitale	ambiente	assistenza	pianificazione

Flessibilità

- **La flessibilità è la capacità del sistema operativo di rispondere ai cambiamenti esterni (esogeni) ed interni (endogeni) con transitori brevi e poco costosi.**
- **La flessibilità viene anche denominata efficienza dinamica di un sistema operativo, per contrapposizione alla produttività, che ne misura l'efficienza statica:**
 - **FLESSIBILITA' di PRODOTTO:** capacità di introdurre un nuovo prodotto in tempi ridotti e a basso costo
 - **FLESSIBILITA' di MIX (operativa):** capacità di cambiare il tipo di prodotto fabbricato in tempi brevi e costi bassi, ovvero di produrre, con brevi tempi di cambio e a costi bassi, un mix vario di prodotti
 - **FLESSIBILITA' di VOLUME (o ELASTICITA'):** capacità di una macchina o impianto di cambiare il volume produttivo (per rispondere al mercato) senza sensibili variazioni del costo unitario di produzione rapidamente il piano di produzione per far fronte a modifiche/urgenze
 - **FLESSIBILITA' di PIANO (gestionale):** capacità di variare le componenti della flessibilità

Flessibilità

TIPO DI FLESSIBILITÀ	AMPIEZZA	TEMPO	COSTO
Di prodotto	<p>Fa riferimento alla più vasta gamma di prodotti che l'impresa può produrre.</p> <ul style="list-style-type: none"> • numero di prodotti • numero di modelli • numero di versioni per modello 	<p>E' il tempo necessario a progettare o modificare il prodotto ed i processi fino al momento in cui può essere iniziata la produzione a regime.</p> <p>Time to market</p>	<p>E' il costo che si sostiene per avviare alla produzione, ad esempio, un nuovo prodotto. La voce di costo è in evidente trade-off con la voce di tempo.</p>
Di volume	<p>Il livello assoluto di output totale che l'impresa è in grado di conseguire per un determinato mix di prodotti.</p> <p>Potenzialità produttiva</p>	<p>E' il tempo necessario a modificare il livello di output globale.</p> <ul style="list-style-type: none"> • tempo di assunzione e addestramento nuova manodopera • tempo di messa a regime di nuovi impianti 	<p>"Elasticità economica".</p> 
Di mix	<p>La gamma dei prodotti che l'impresa è in grado di realizzare in una determinata unità di tempo.</p> <p>N. articoli per unità di tempo</p>	<p>Il tempo necessario a mettere in produzione tutta la gamma dei prodotti in catalogo.</p> <p>Tempo riassortimento gamma</p>	<p>E' il costo aggiuntivo che si sostiene per dotarsi di un sistema produttivo capace di realizzare un'ampio mix (es. FMS).</p>
Di piano	<p>I limiti quantitativi entro cui risulta possibile modificare le date di consegna.</p> <p>Massima variazione</p>	<p>I limiti temporali entro cui risulta possibile riorganizzare il sistema di produzione in vista di modifiche alle date di consegna</p> <p>Periodo congelato</p>	<p>E' il costo che si sostiene per dotarsi di strutture informative-produttive capaci di riformulare in breve il piano di produz.</p>

Qualità

- **“... La Qualità è l’insieme delle proprietà e delle caratteristiche di un determinato prodotto o servizio che gli permettono di soddisfare esigenze esplicite o implicite del cliente ...” (Norme ISO-UNI)**
- **Esiste la possibilità di riferire il concetto di qualità ad un prodotto o servizio, oppure ad un processo (produttivo o gestionale):**
 - **Nella sua accezione di prodotto, la qualità viene solitamente definita come predisposizione all’uso al quale il prodotto medesimo è destinato**
 - **Nella sua accezione di processo, la qualità assume i connotati di conformità, cioè di capacità di fornire in modo consistente risultati (cioè prodotti o servizi) conformi alle richieste cliente**

Qualità

- **Qualità di Progetto:** cioè la caratteristica di un progetto di adattarsi in modo ideale alle aspettative del mercato. Va riferita al prodotto ed al processo di sviluppo nuovi prodotti
- **Qualità di Conformità:** ossia la caratteristica di realizzare prodotti tutti rigorosamente conformi alle specifiche di progetto
 - Incidenza degli scarti o resa $R = QS / (QS + QB)$, dove QS – Quantità di prodotto di scarto, QB – Quantità di prodotto buono
- **Qualità come Affidabilità:** cioè la capacità di un prodotto o processo di mantenere inalterate nel tempo e nello spazio le proprie caratteristiche funzionali, indipendentemente dalla modalità d'uso
- **Qualità come Manutenibilità:** la capacità di un prodotto o processo di recuperare con facilità le caratteristiche di buon funzionamento, dopo averle perdute
- **Qualità come valore dell'Assistenza tecnica:** la capacità di un sistema operativo di garantire un'efficace servizio tecnico di supporto all'uso ed alla manutenzione dei propri prodotti

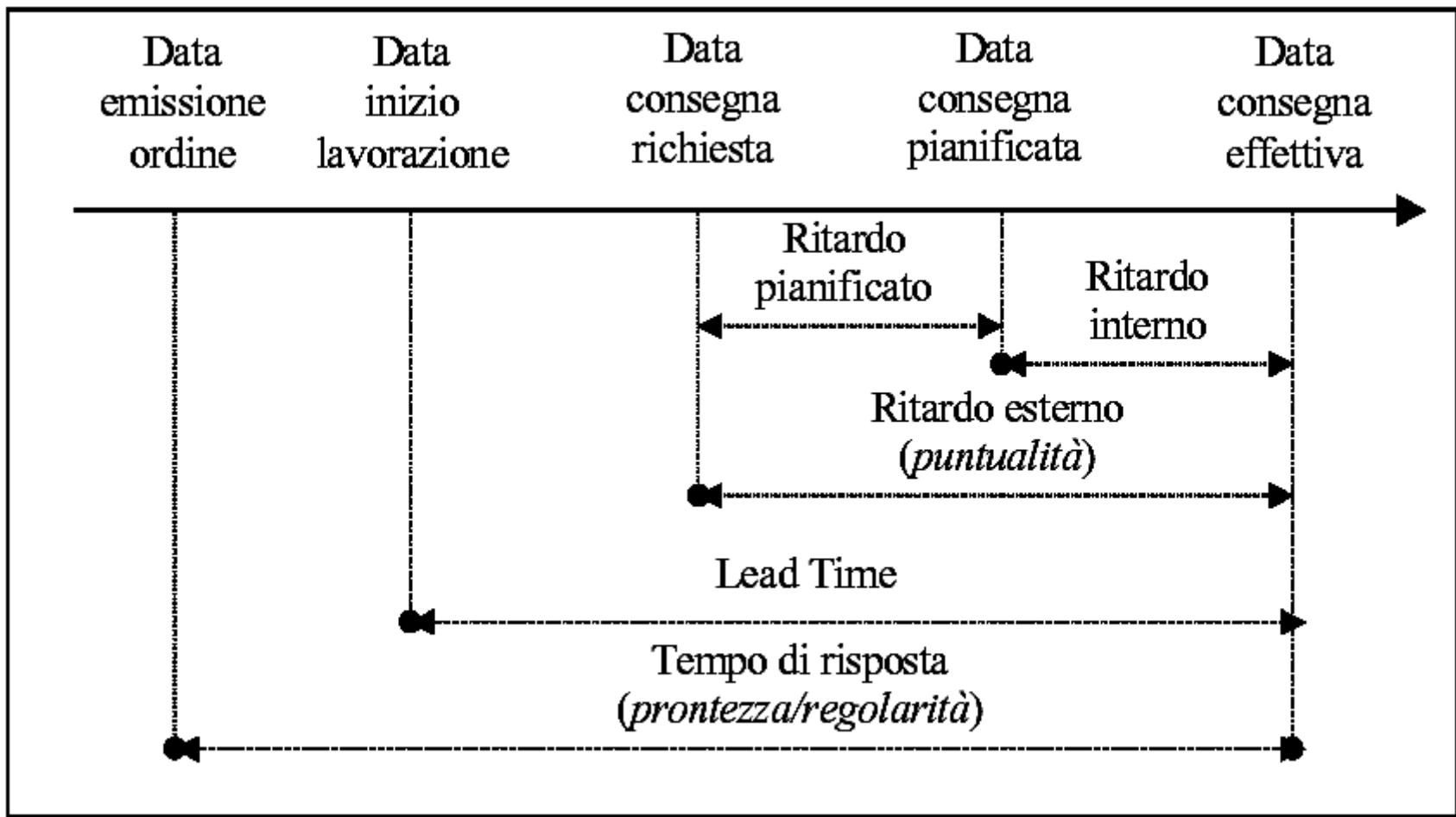
Livello di servizio

- **Il livello di servizio indica la capacità di un sistema operativo di soddisfare le esigenze del cliente relativamente alle caratteristiche estrinseche del prodotto (tempi, modalità, informazioni, ..)**
- **La misura del livello di servizio viene quindi effettuata in maniera diversificata in funzione delle diverse modalità di soddisfare la domanda.**

Livello di servizio

- **Esistono varie definizioni di livello di servizio in funzione delle modalità di rapporto azienda-mercato. Ad esempio in aziende operanti a commessa, le dimensioni fondamentali del servizio sono:**
 - **Prontezza (o tempestività):** capacità di fornire quanto richiesto in un tempo breve
 - **Puntualità:** capacità di minimizzare il numero e l'entità delle commesse consegnate in ritardo
 - **Regolarità:** prevedibilità nei tempi di consegna
 - **Disponibilità:** capacità di adeguare i propri tempi di consegna alle richieste non ordinarie del cliente; capacità di fornire informazione precise sullo stato di avanzamento dell'ordine
 - **Assistenza pre e post-vendita**
- **In aziende che producono per il magazzino, la domanda è evasa dal pronto, pertanto le dimensioni del servizio preponderanti sono:**
 - **Completezza /precisione dell'ordine**
 - **Disponibilità delle scorte**

Livello di servizio



Produttività

- **La produttività rappresenta la capacità di un sistema operativo di realizzare il maggior numero possibile di unità di output per ciascuna unità di input impiegata. In termini generali, un valore unitario di produttività corrisponde al completo sfruttamento delle risorse disponibili (di capitale, lavoro, materiali o impianti)**
- **Elementi che causano perdite di produttività:**
 - T1) tempo di non apertura dell'impianto (Tna)
 - T2) tempo di non utilizzo dell'impianto per cause esterne (Tnu)
 - T3) tempo di stand-by (per mancanze materiali, cambio turno, ecc.) (Tsb)
 - T4) tempi fermo macchine/impianti per guasti (compresa la manutenzione preventiva) (Tgm)
 - T5) tempi per set-up e regolazioni (inclusi i tempi per avviamenti ed arresti degli impianti-Tfm) (Tsu+Tfm)
 - T6) tempo perso per periodi di funzionamento a ridotta velocità (Trv)
 - T7) tempo perso per produzione difettosa (inclusa la difettosità di prodotto e le rilavorazioni) (Trc)
 - T8) tempo perso per riduzioni resa quantitativa (Trq)

Stati di un sistema produttivo

Simbolo	Nome	Descrizione	Stato impianto
T_s	Tempo solare		
T_{na}	Tempo non apertura	Vacanze, festività, eventi imprevisti	Impianto chiuso
T_a	Tempo di apertura impianto	L'impianto è aperto ma non necessariamente disponibile. Coincide con il massimo tempo di produzione possibile	Impianto aperto
T_{nu}	Tempo di non utilizzo $T_{nu}=t_{mo}+t_{mm}+t_{sc}+t_{pr}$	Connesso a cause esterne: dipende dalla mancanza di ordini (t_{mo}), mancanza di materiali (t_{mm}), scioperi o assenteismo (t_{sc}), prove tecniche, campionature e prove (t_{pr}), ecc.	Impianto aperto ma non disponibile per cause esterne; produzione non pianificata
T_{ul}	Tempo di utilizzo lordo	L'impianto è aperto e potenzialmente disponibile: le condizioni esterne di produzione sono soddisfatte	Impianto aperto e disponibile
T_{sb}	Tempo di stand-by	L'impianto non può essere utilizzato per micro-assenteismo, cambio turno, mancanza materiali a bordo macchina	Impianto aperto e disponibile, ma non utilizzato
T_{un}	Tempo di utilizzo netto	L'impianto è aperto e il suo utilizzo è richiesto	
T_{gm}	Tempo di Guasto e Manutenzione	L'impianto non può lavorare a causa di guasti e manutenzioni	
T_{pl}	Tempo di produzione lordo	E' richiesto l'utilizzo dell'impianto ed esso è disponibile	

Stati di un sistema produttivo

Simbolo	Nome	Descrizione	Stato impianto
<i>Tsu</i>	Tempo di set-up	L'impianto non sta producendo a causa di set-up, cambio utensili, pulizia, ecc.	Impianto disponibile ma utilizzato per attività indirette
<i>Tfm</i>	Tempo per fermate minori	L'impianto è fermo per aggiustamenti minori, piccoli tempi morti	Impianto disponibile ma non operativo
<i>Tpn</i>	Tempo di produzione netto	L'impianto è utilizzato per produrre a velocità standard di lavoro	Impianto disponibile è utilizzato
<i>Trv</i>	Tempo perso per riduzioni di velocità	Perdita di produzione espressa in tempo-macchina dovuta a riduzioni di velocità	
<i>Trq</i>	Tempo per riduzione di resa quantitativa (yield)	Perdita di produzione espressa in tempo-macchina dovuta a riduzioni dello yield rispetto allo standard	
<i>Trc</i>	Tempo perso per produzioni difettose	Perdita di produzione espressa in tempo-macchina dovuta a scarti o rilavorazioni	
<i>Tpv</i>	Tempo produzione vendibile	L'impianto opera a velocità standard, producendo prodotti buoni (vendibili) senza scarti	

Produttività

- **Condizioni operative di un sistema produttivo**
 - Lead Time
 - WIP
 - Coefficienti di impiego
- **Produttività, Capacità Produttiva e Potenzialità Produttiva**
- **Fattori di Resa**
- **Overall Equipment Effectiveness**

Condizioni operative

- **Si tratta di grandezze fondamentali che sintetizzano lo stato di un sistema produttivo secondo diverse unità di misura:**
 - **Lead Time:** rappresenta il tempo necessario per svolgere una operazione o una serie di operazioni
 - **Set-up Time:** tempo di attrezzaggio o di preparazione macchina, è il tempo necessario per preparare una macchina o un impianto alla produzione di un nuovo prodotto (diverso da quello precedentemente realizzato per cui la macchina era stata preparata)
 - **WIP (Work in Process):** letteralmente “lavoro in processo”, può essere definito come la quantità di materiali presenti nel processo produttivo allo stato di grezzo, semilavorato o prodotto finito. Il WIP può anche essere misurato come ore di lavorazione conferite al materiale

Lead Time

- **Nella accezione più generale Lead Time di approvvigionamento: tempo intercorrente tra l'istante in cui è noto un fabbisogno di materie prime e l'istante al quale le materie prime ordinate sono disponibili a magazzino**
 - **Lead time di magazzino: tempo intercorrente tra l'istante in cui un materiale viene messo a magazzino e l'istante in cui viene prelevato**
 - **Lead Time di produzione (Process Lead Time): tempo intercorrente tra l'istante in cui è noto un certo ordine di produzione e sono disponibili a magazzino le materie prime per produrre e l'istante al quale i prodotti finiti sono resi disponibili a magazzino prodotti finiti**

Process lead time

- **Il Process Lead Time è dato dalla somma dei**
 - tempi di lavorazione
 - tempi di trasporto
 - tempi di attesa
- **o, più in dettaglio, dalla somma di:**
 - tempo di coda
 - tempo di attesa del setup
 - tempo di lavorazione
 - tempo di attesa del lotto
 - tempo di attesa del trasporto
 - tempo di trasporto
 - tempi di controllo e collaudo
 - tempo necessario per eventuali rilavorazioni
 - tempo di sincronizzazione
 - tempo di risoluzione di eventuali problemi

Produttività globale

- È esprimibile come:

$$P = \frac{Fatt + Gf - Gi}{Cf + Cmdo + Cmat}$$

- Ove:
 - Fatt è il fatturato del plant
 - Gf e Gi sono rispettivamente la giacenza finale e quella iniziale
 - Cf sono i costi fissi di struttura inclusi gli oneri finanziari
 - Cmdo è il costo del lavoro
 - Cmat è il costo dei materiali
- Tale produttività può essere calcolata singolarmente anche sui singoli fattori

Capacità produttiva

- **La Capacità Produttiva esprime la dimensione, considerata su un orizzonte temporale significativo (tipicamente l'anno), dell'output realizzato da un sistema produttivo**
 - **La Capacità Produttiva è sempre calcolata facendo riferimento ad un determinato mix di produzione**
 - **Dimensionalmente la Capacità Produttiva è espressa in (pezzi/periodo), la Potenzialità Produttiva in (pezzi/h), l'utilizzo in (ore/periodo), il rendimento in (%):**

$$C_p = (\text{Potenzialità produttiva}) \times (\text{Utilizzo}) \times (\text{Rendimento})$$

Potenzialità produttiva

- **La potenzialità produttiva esprime quanto è in grado di produrre una macchina o un impianto per unità di tempo**
- **Assume diversi significati e valori in relazione alle caratteristiche di funzionamento del sistema osservato**
- **Si distinguono i concetti di:**
 - **Potenzialità di Targa (PT): corrisponde alle condizioni ideali di un Sistema Monoprodotto a regime**
 - **Potenzialità di mix (Pmix): riporta alle condizioni reali in cui si ha variazione nel mix di produzione**

Potenzialità di mix

- **Facendo riferimento ad un determinato mix di prodotti, si rende necessaria la definizione di una potenzialità media, che tenga conto dei differenti tempi di ciclo:**

$$P_{mix} = \frac{\text{quantità standard prodotta}}{\text{tempo di produzione netto}}$$

- **Generalmente la potenzialità di mix si calcola conoscendo, per ciascun prodotto, i ritmi standard [pezzi/ora] e le percentuali sul volume complessivo di produzione (%i)**

$$P_{mix} = \frac{1}{\sum_{i=1}^n \frac{\%i}{R_{si}}}$$

Esempio di calcolo di potenzialità di MIX

	Prodotto 1	Prodotto 2
Ritmo produttivo standard Rsi [unità/ora]	800	600
Mix di produzione 1	150	240
Mix di produzione 2	200	110

$$P_{mix (mix 1)} = (150+240) \text{ [pezzi] } / 0,585 \text{ [ore]} = 667 \text{ pezzi/ora} \quad (150/800) + (240/600)$$

$$P_{mix (mix 2)} = (200+110) \text{ [pezzi] } / 0,433 \text{ [ore]} = 716 \text{ pezzi/ora}$$

Usando le percentuali:

	Prodotto 1	Prodotto 2
Mix di produzione 1	38,5%	61,5%
Mix di produzione 2	64,5%	35,5%

$$P_{mix (mix 1)} = \frac{1}{\frac{0,385}{800} + \frac{0,615}{600}} = 667 \text{ pezzi/ora}$$

$$P_{mix (mix 2)} = \frac{1}{\frac{0,645}{800} + \frac{0,355}{600}} = 716 \text{ pezzi/ora}$$

OEE - Overall Equipment Effectiveness

- **Si tratta di un indice delle performance operative totali di un impianto produttivo se paragonate all'impianto ideale**
- **Punta al bisogno di:**
 - **Eliminare le fermate**
 - **Aumentare la produttività**
 - **Migliorare la qualità (minori scarti, rilavorazioni, ecc..)**
- **È un pannello di controllo per monitorare il processo di miglioramento**
- **È un indice che misura l'efficacia produttiva dell'impianto nel tempo**
- **Non misura invece la capacità di utilizzare tutta la potenzialità teorica, di un sistema produttivo programmato essendo infatti esclusi i tempi non programmati, cioè i tempi in cui la macchina non è pianificata per produrre**
- **Serve quindi:**
 - **A misurare l'efficacia della macchina (linea, risorsa produttiva)**
 - **A identificare e quantificare le perdite della macchina**

Calcolo pratico di OEE

- Esistono diverse formule per il calcolo, tuttavia la più utilizzata è la seguente:

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

Ove:

- Disponibilità % = tempo di effettiva produzione / tempo pianificato di produzione
- Efficienza % = pezzi effettivamente prodotti / pezzi teoricamente producibili
- Qualità % = pezzi buoni / totale pezzi prodotti
- Semplificando la formula essa può assumere la configurazione seguente:

$$\text{OEE} = \text{Output effettivo} / \text{Output massimo teorico}$$

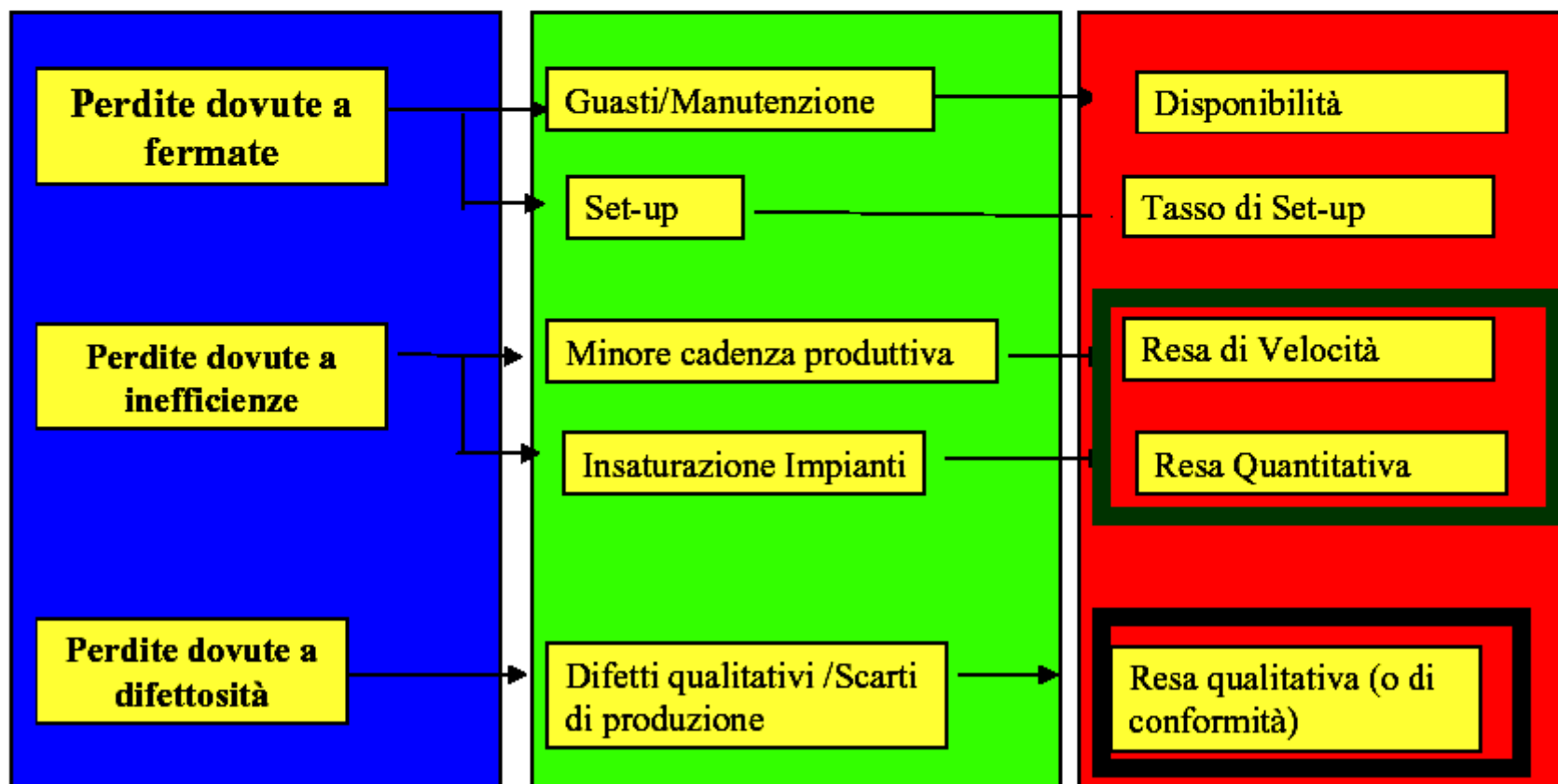
OEE

Disponibilità totale del sistema

Qualità totale del sistema

■ $OEE = (A * S) * (Rv * Rq) * Rc$

Efficienza totale del sistema



Disponibilità A

- **Considera fermate impianto dovute a:**
 - Guasti macchina
 - Interventi manutentivi (dipendenti dalla politica di manutenzione adottata)
 - Scarti e difettosità di produzione a seguito di malfunzionamenti dell'impianto
- **E' data dal rapporto tra tempo di produzione lorda e tempo di utilizzo netto**

$$A = \frac{T_{pl}}{T_{un}} * 100$$

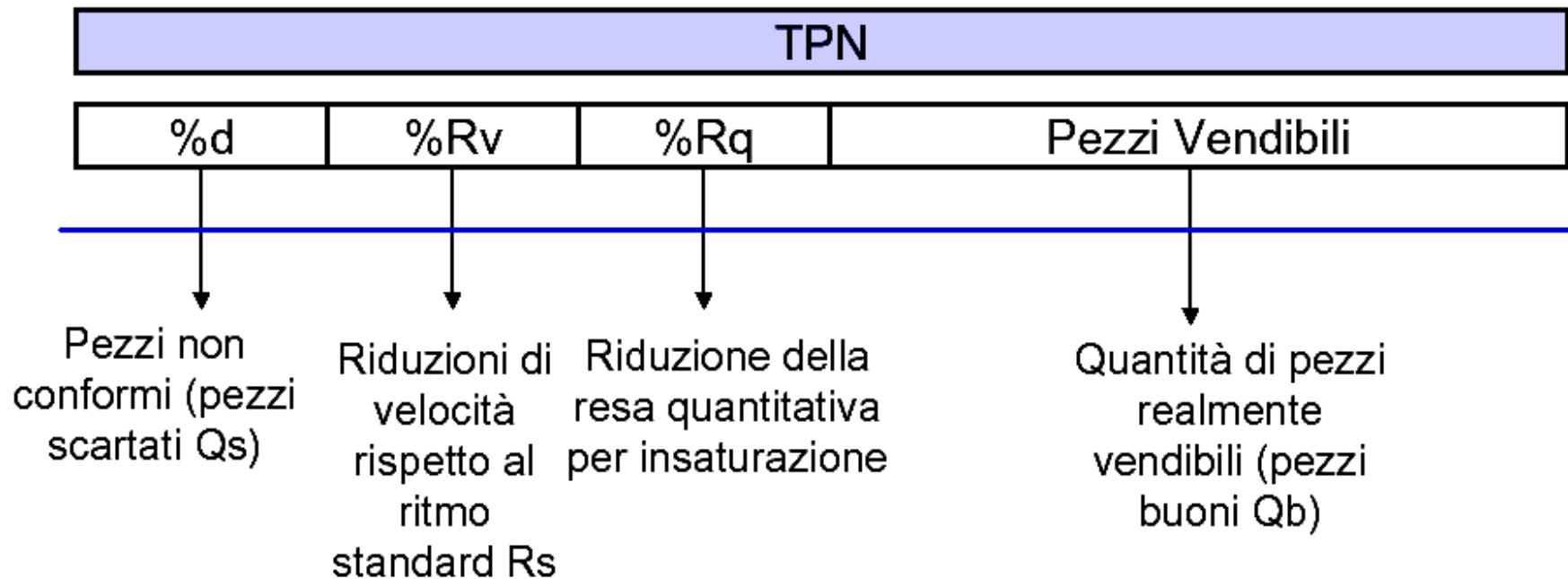
Saturazione (o Tasso di Setup) S

- **Considera fermate impianto dovute a:**
 - **Attrezzaggi macchina o aggiustamenti macchina a seguito di malfunzionamenti**
 - **Scarti e difettosità di produzione a seguito di riattrezzaggio dell'impianto (es. transitorio di avviamento)**
- **E' dato dal rapporto tra tempo di produzione netta e tempo di produzione lorda**

$$S = \frac{T_{pn}}{T_{pl}} * 100$$

Fattori di resa

- **Passando dalla dimensione del tempo alla dimensione della quantità di produzione si parla di Rese di un sistema produttivo**



Resa di velocità

- **Riduzione percentuale della capacità teorica dovuta a rallentamenti, perdite di cadenza nell'impianto data da rapporto tra tempo di produzione netta – tempo di riduzione della velocità e tempo di produzione netta**
 - Si manifesta tipicamente nei centri che lavorano a flusso
 - È un dato dell'andamento della produzione in un periodo

$$R_v = \frac{T_{pn} - T_{rv}}{T_{pn}}$$

Resa quantitativa

- **Riduzione percentuale della capacità teorica dovuta a cali di resa quantitativa nell'impianto**
 - La riduzione di resa si manifesta tipicamente come minore saturazione volumetrica di macchine che funzionano per cariche (batch) come forni, autoclavi, reattori chimici
 - È quindi un dato dell'andamento della produzione in un periodo

$$R_q = \frac{T_{pn} - T_{rv} - T_{rq}}{T_{pn} - T_{rv}}$$

Resa di conformità o resa qualitativa

- Riduzione percentuale della capacità teorica dovuta a rilavorazioni, scarti, prodotti difettosi (Q_s) non vendibili come produzione buona (Q_b)

$$R_c = Q_b / (Q_b + Q_s)$$

- L'indice di difettosità d (o Scarto) è il complemento ad 1 di R_c : $d = 1 - R_c = Q_s / (Q_b + Q_s)$

$$R_c = \frac{T_{pn} - T_{rv} - T_{rq} - T_{rc}}{T_{pn} - T_{rv} - T_{rq}} \quad R_c = \frac{Q_b}{Q_b + Q_s}$$

Capacità Produttiva Effettiva

$$Cp \text{ teorica} = P_{mix} * T_a * 1$$

È una
potenzialità
ottenuta a partire
da ritmi teorici

Esprime il fatto che in
teoria tutto il tempo di
apertura dell'impianto
può essere dedicato
alla produzione

Esprime il fatto che in
teoria non vi
dovrebbero essere
impatti per riduzioni di
ritmo, di quantità, di
qualità della
produzione

$$Cp \text{ effettiva} = P_{mix} * (T_{un} * A * S) * R_v * R_q * R_c$$

Detta anche Capacità Produttiva
Vendibile