

## Sistemi informativi di area tecnica

Alessandro Marini

# Ricapitoliamo: la Catena del Valore

---

Finora ci siamo dedicati a capire come gestire le informazioni relative ai processi di delivery



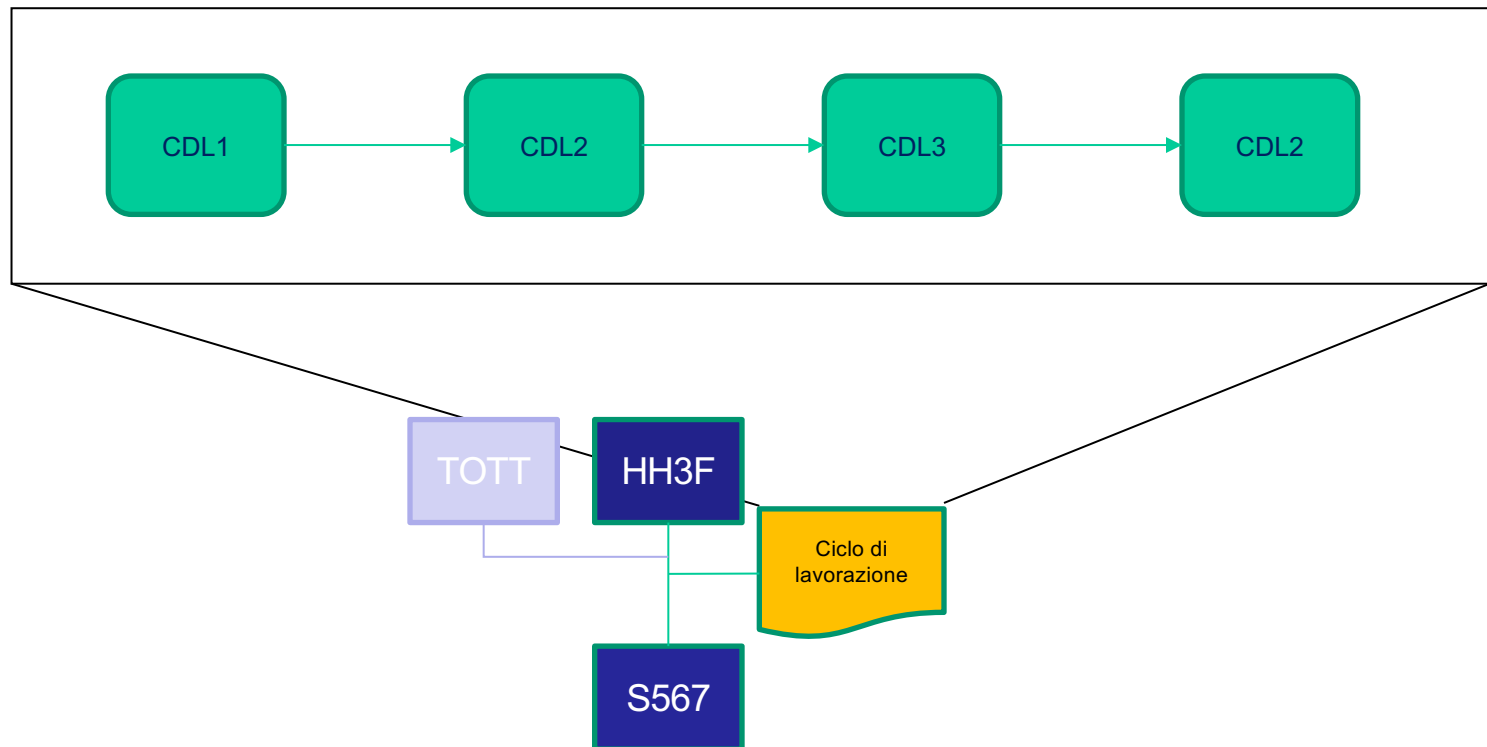
# Ma se prodotto e processo sono importanti per alimentare i sistemi di produzione....

Op. 010 - Tornitura  
Risorsa: CDL1  
Tempo ciclo: 30 sec  
Tempo setup: 1 h  
Tempo lav.: 8 h 20 min  
Tempo tot: 9 h 20 min

Op. 020 - Lavaggio  
Risorsa: CDL2  
Tempo ciclo: 10 min  
Tempo setup: 10 min  
Tempo lav.: 1h 40 min  
Tempo tot: 1h 50 min

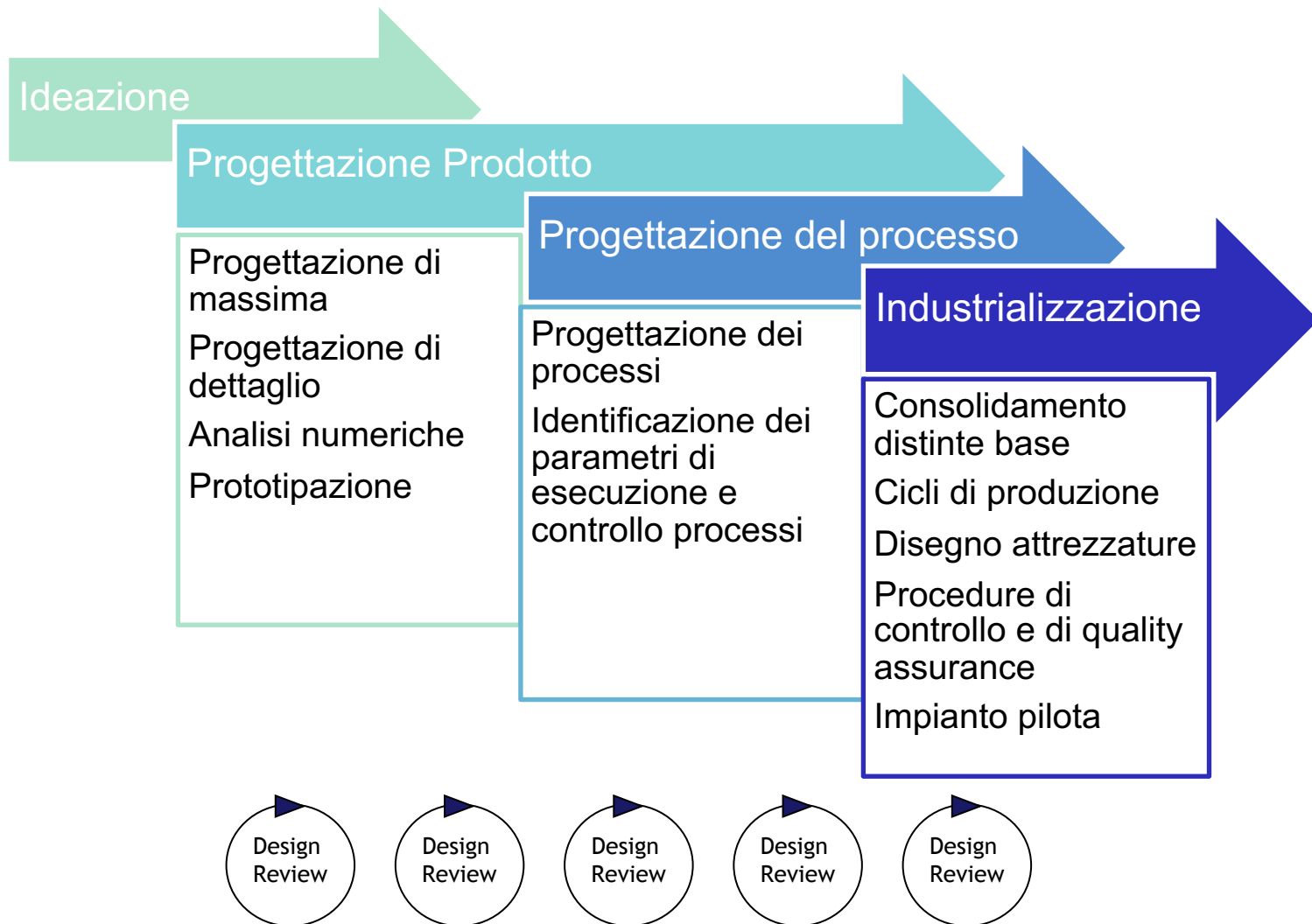
Op. 030 - Fresatura  
Risorsa: CDL3  
Tempo ciclo: 16 sec  
Tempo setup: 45 min  
Tempo lav.: 4 h 26 min  
Tempo tot: 5 h 11 min

Op. 040 - Lavaggio  
Risorsa: CDL2  
Tempo ciclo: 10 min  
Tempo setup: 10 min  
Tempo lav.: 1h 40 min  
Tempo tot: 1h 50 min

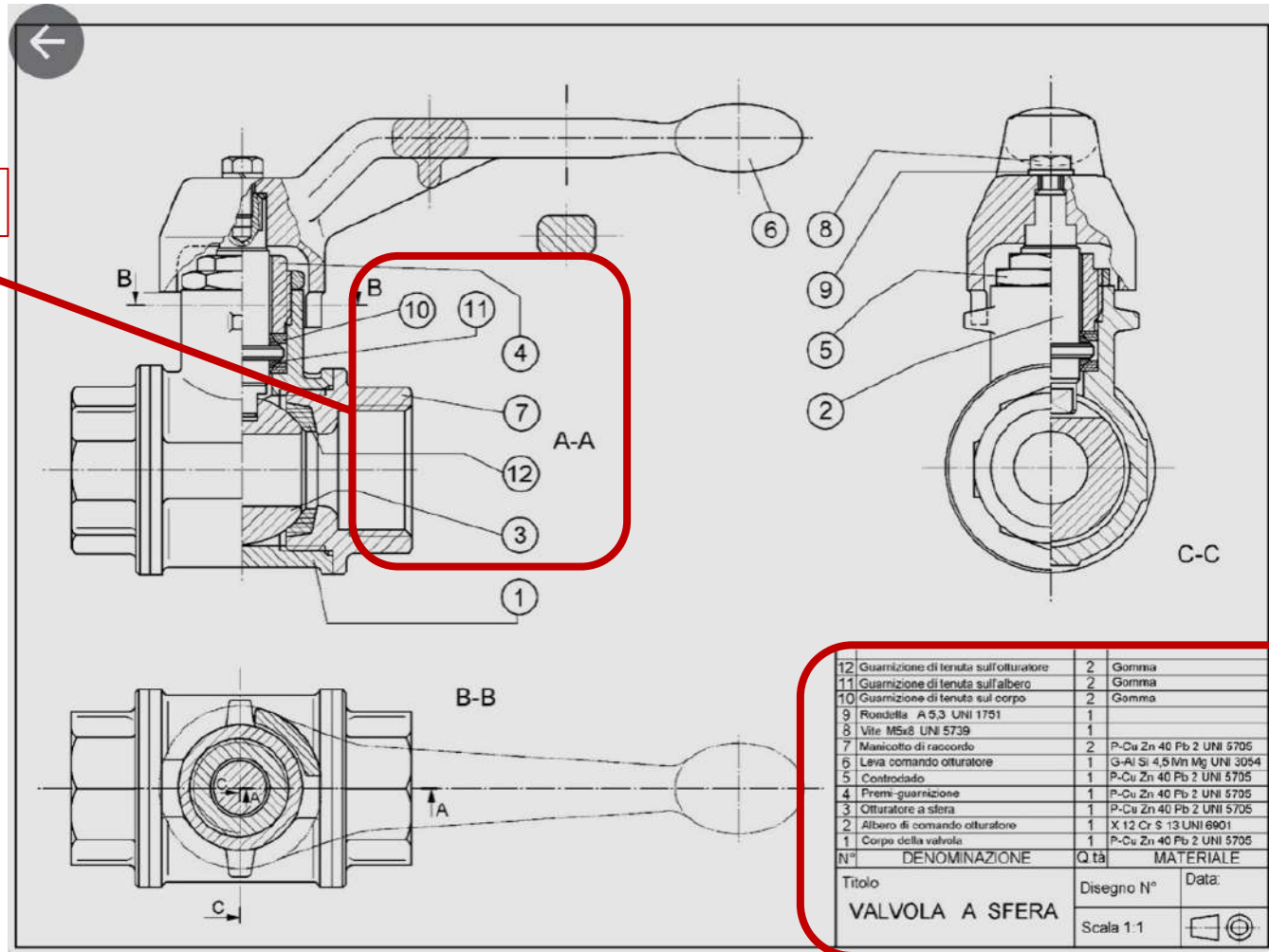


Con quali sistemi informatici si creano i dati di prodotto e processo?

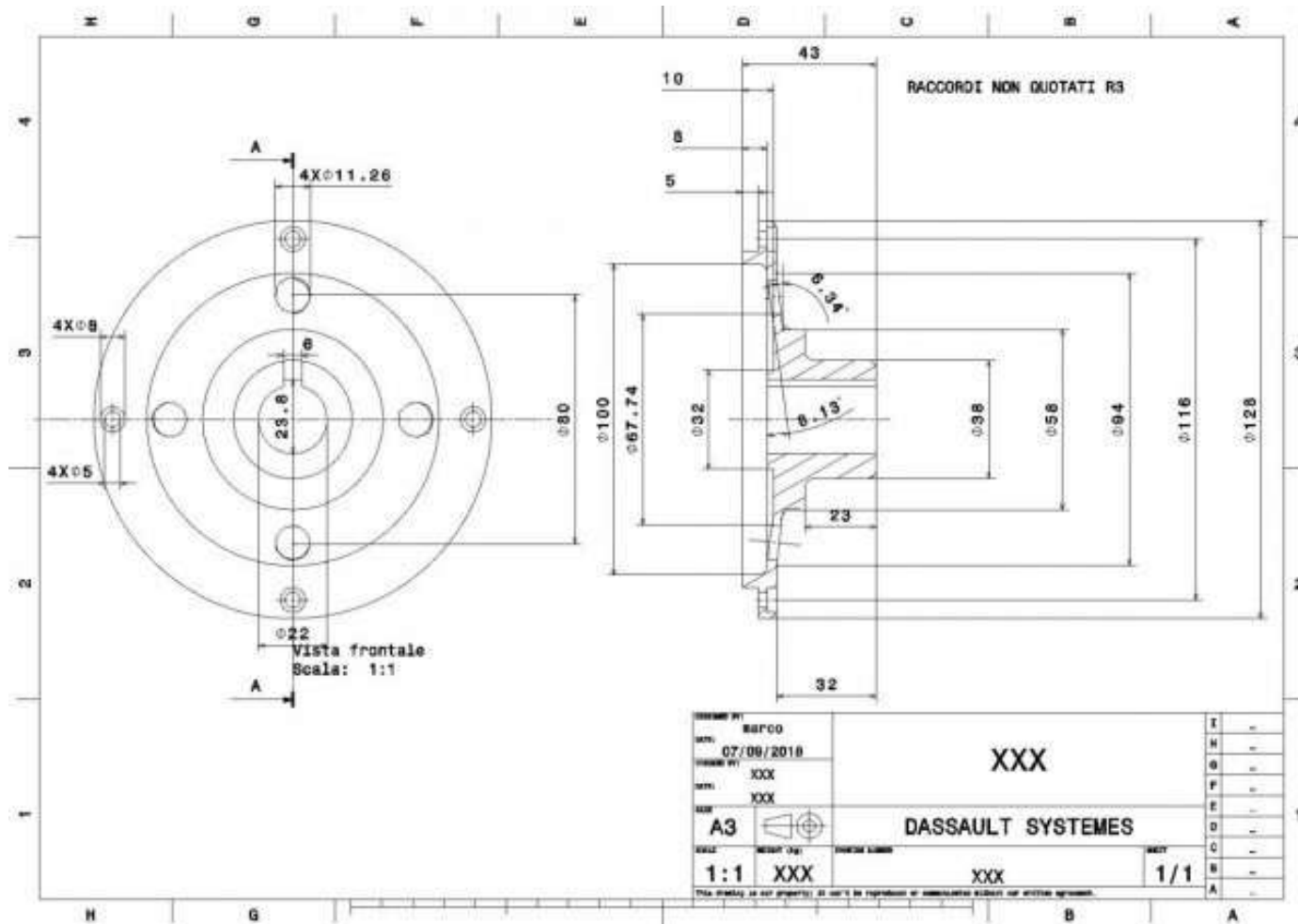
# Progettazione Prodotto e Processo



# Esempio di tavola 2D con cartiglio



# Esempio di tavola 2D con quotatura



[illegible]

Indica i riferimenti  
dei pezzi di ricambio

# CAD – Computer Aided Design

---

Insieme di tecnologie software e di computer grafica per supportare l'attività di progettazione (design) di manufatti sia virtuali che reali.

**OBIETTIVO:** rappresentazione morfologica di un oggetto.

- Inizialmente si utilizzavano disegni 2D che ricreavano digitalmente la modalità di disegno manuale.

- A partire dalla **fine anni '80** viene introdotta la **modellazione 3D**: è così possibile rappresentare ciascun elemento con un modello 3D e poi procedere ad un assemblaggio virtuale.

- Alla fine degli anni '80 **Pro Engineer** lancia il **CAD parametrico** che permette la progettazione parametrica.

## **MODELLO 3D**

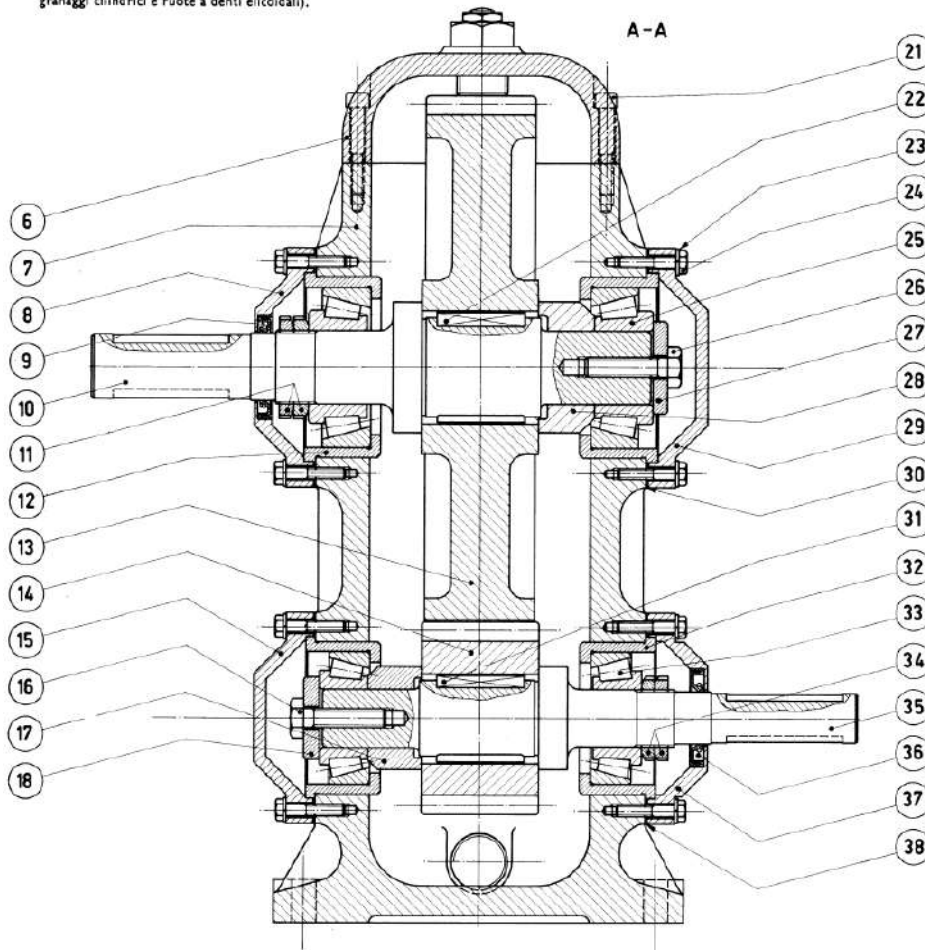
- Permette di passare automaticamente alla rappresentazione 2D del modello solido (messa in tavola)

- Può essere utilizzato per calcoli matematici finalizzati a stabilire numericamente le caratteristiche di un oggetto sotto vari aspetti sia statici che dinamici.



# Struttura del prodotto nel CAD

Fig. 4-27. Riduttore di velocità (ad ingranaggi cilindrici e ruote a denti elicoidali).



38	Guarnizione	2	PCuAlSi UNI 2512
37	Flangia per albero inferiore	1	C 10 UNI 3987
36	Anelo di tenuta	1	-
35	Albero per pignone conduttore	1	16 NiCrMo2 UNI 7864
34	Ghiere di registrazione cuscinetto	2	C 43 UNI 5333
33	Cuscinetto 30202-A D30	2	X 110 CrNi 17 UNI 3097
32	Bussola porta cuscinetto	2	A37 UNI 3985
31	Linguetta 20 x 3 x 8	2	C 50 UNI 7845
30	Guarnizione	2	PCuAlSi UNI 2512
29	Flangia per albero superiore	1	C 10 UNI 3987
28	Distanziale	1	C 15 UNI 7846
27	Disco epr bloccaggio cuscinetto	1	C 10 Carbocementato UNI 3987
26	Vite M5 x 18	1	-
25	Cuscinetto 30202-A D37	2	X 110 CrNi 17 UNI 3097
24	Vite M3 x 12	16	-
23	Rosette A 6	16	C 85 UNI 3545
22	Linguetta 20 x 3 x 8	2	C 50 UNI 7845
21	Vite M4 x 20	4	-
20	Guarnizione	1	PCuAlSi UNI 2512
19	Tappo per scarico olio	1	9 SMn23 UNI 4838
18	Disco per bloccaggio cuscinetto	1	C 10 Carbocementato UNI 3987
17	Distanziale	1	C 16 UNI 7846
16	Vite M5 x 18	1	-
15	Flangia per albero inferiore	1	C 10 UNI 3987
14	Pignone conduttore	1	20 CrNi4 UNI 7846
13	Ruota condotta	1	20 CrNi4 UNI 7846
12	Bussola porta cuscinetto	2	A37 UNI 3985
11	Ghiere di registrazione cuscinetto	2	C 43 UNI 5333
10	Albero per ruota condotta	1	16 NiCrMo2 UNI 7864
9	Anelo di tenuta	1	-
8	Flangia per albero superiore	1	C 10 UNI 3987
7	Corpo del riduttore	1	G 20 UNI 5007
6	Coperchio del riduttore	1	G 20 UNI 5007
N.	Denominazione	Quantità	Materiale

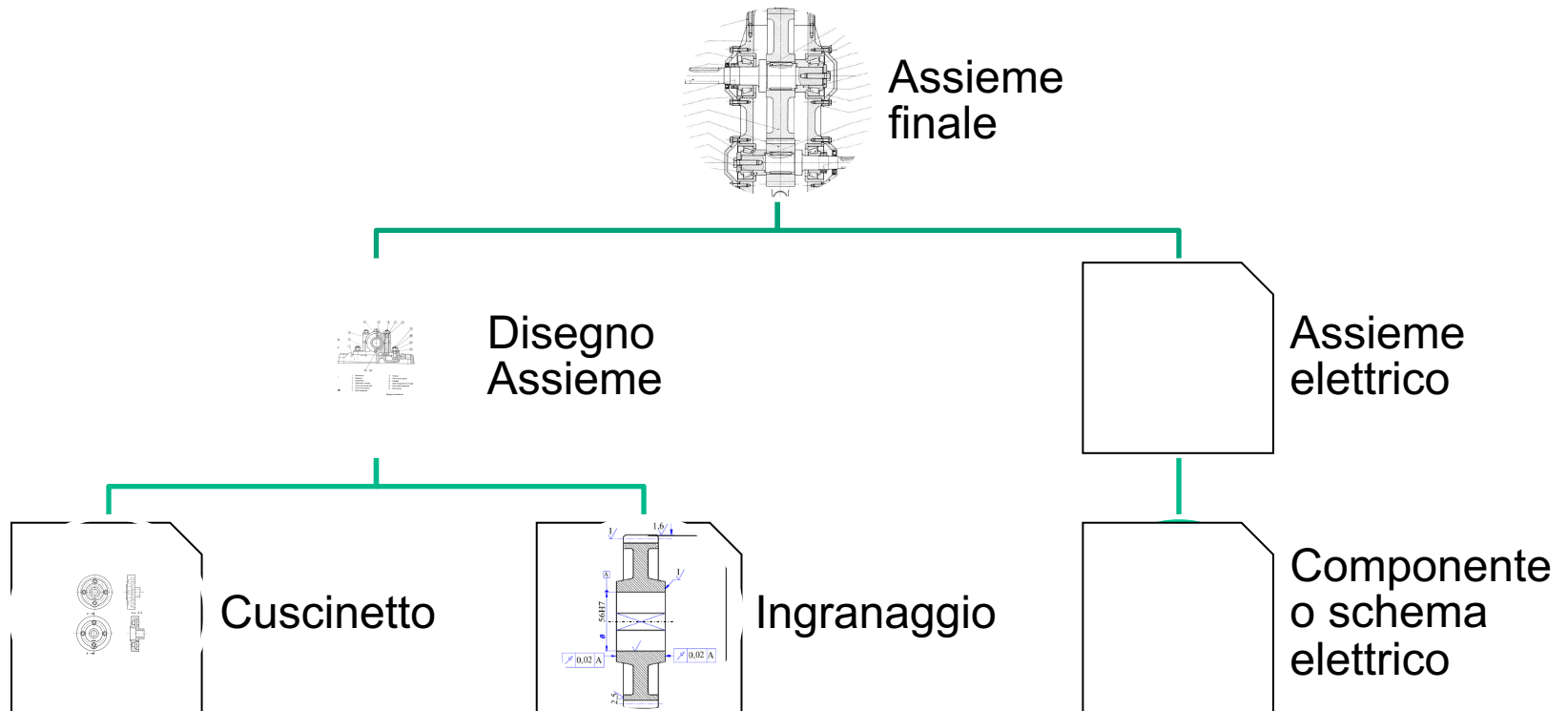
# CAD 3D

---

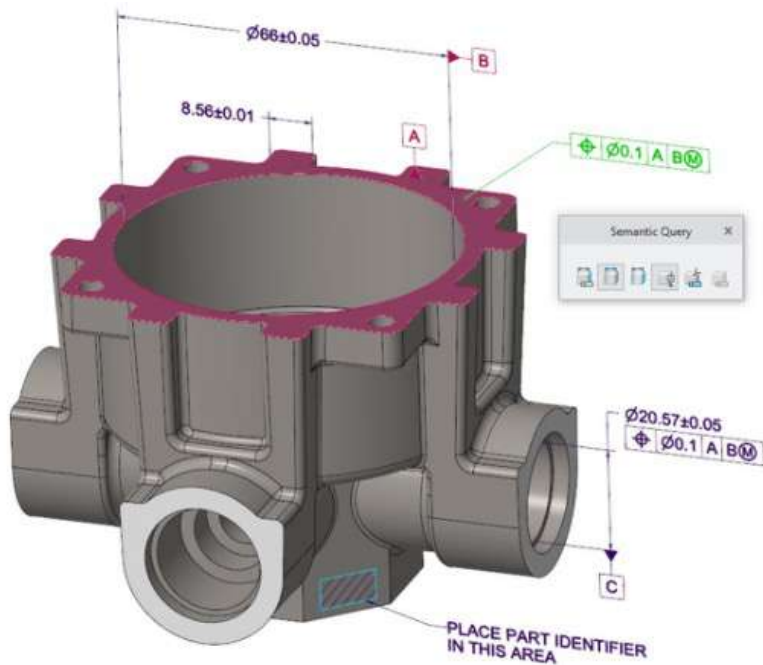
- PTC – Creo ->  
<https://www.ptc.com/it/products/creo>
- Brochure illustrativa
- Generative Design:  
<https://www.ptc.com/it/technologies/cad/generative-design>

# Vista CAD – Lista disegni

---



# Model Based Definition (MBD)



Approccio per creare modelli 3D che contengano effettivamente tutti i dati necessari alla definizione di un prodotto.

Con la MBD, il modello diventa la fonte di riferimento per tutte le attività di progettazione tecnica.

Con metodi di Model-Based Definition (MBD), i progettisti incorporano i dati di prodotto direttamente nei modelli 3D.

Non più necessario passare per la rappresentazione 2D per la comunicazione lungo e a valle del processo di progettazione  
Unica e affidabile fonte di dati per l'intero team esteso, produzione, fornitori, clienti, ...

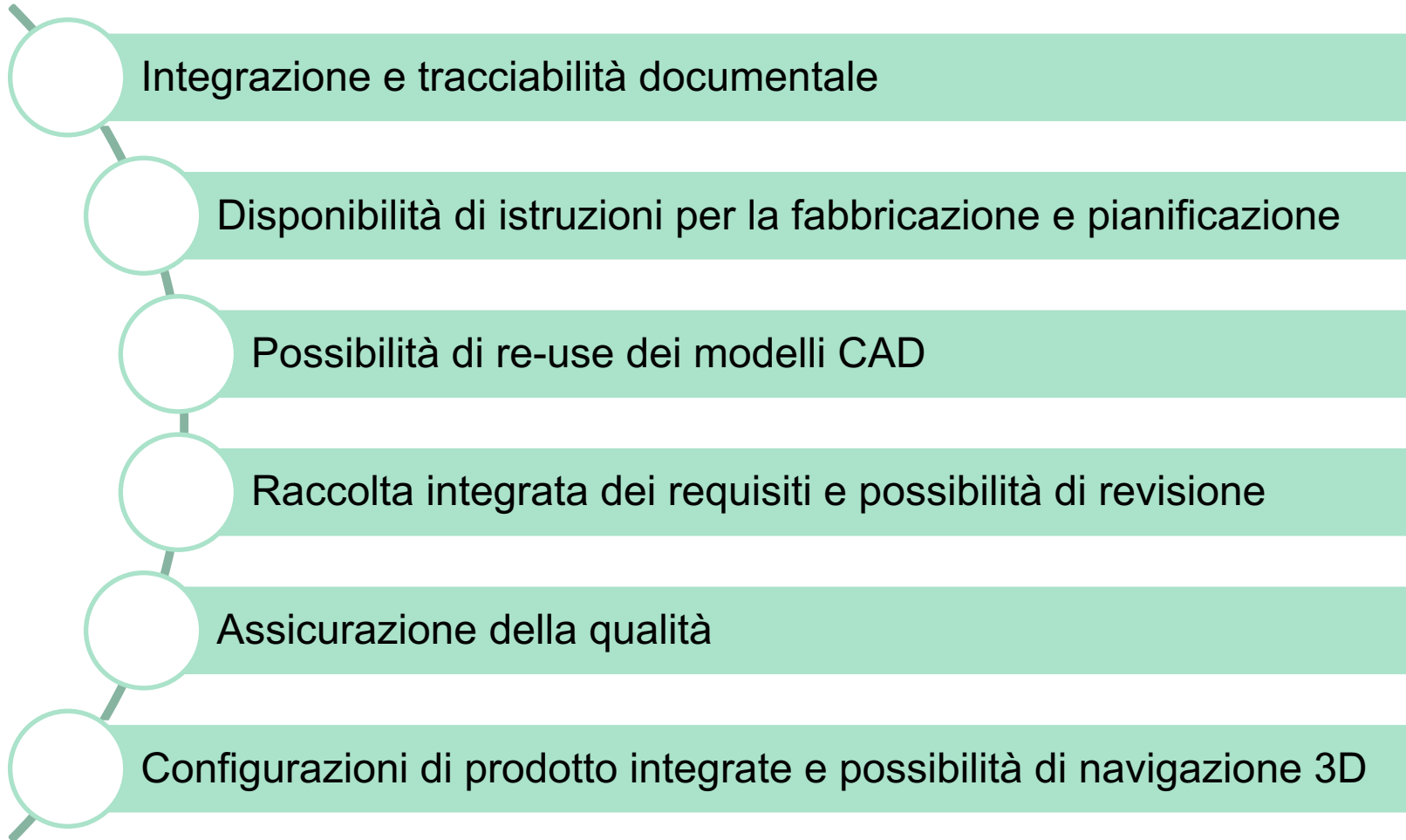
# Un'unica fonte di dati per il «Team Esteso»

---

- Creare, organizzare e gestire modelli 3D completamente definiti che diventano gli elementi di progettazione e di definizione di prodotto **master per l'organizzazione**.
- Creazione di un «Package di dati tecnici» (TDP) che consiste nel modello 3D e negli elementi di dati associati.
  - ▶ Definizione completa dei parametri di prodotto che può essere trasmessa e comunicata efficacemente a tutti i clienti a valle (ad esempio qualità, ispezione, fabbricazione, industrializzazione, approvvigionamento ecc.)
  - ▶ senza l'utilizzo di disegni 2D
  - ▶ possibilità di interrogare, analizzare, costruire e ispezionare il prodotto.
- Abilitazione di un ambiente collaborativo e completamente integrato che sfrutta il potenziale dei dati validati dall'MBD per la condivisione intra-aziendale rendendo più fluida la realizzazione di prodotti sin dalla fase di concezione e design.

# Opportunità e vantaggi nell'utilizzo di MBD

---



# CAE - Computer Aided Engineering

---

## Definizione

- Analisi statiche, dinamiche e strutturali, fluidodinamiche (aerodinamica, idrodinamica, dinamica delle fusioni dei metalli),
- Simulazioni analogiche e digitali di circuiti elettronici, calcoli di campi elettromagnetici

## Finite Elements Analysis

- L'analisi agli elementi finiti (FEA) è una tecnica di simulazione a computer usata nelle analisi ingegneristiche.
- Questa tecnica di simulazione utilizza il Metodo degli elementi finiti (o FEM), il cui obiettivo è essenzialmente la risoluzione in forma discreta e approssimata di generali sistemi di equazioni alle derivate parziali

# CAM – Computer Aided manufacturing

Categoria di prodotti software che **analizzano un modello geometrico virtuale**, bidimensionale o tridimensionale, per **generare le istruzioni necessarie a una macchina utensile** controllo numerico computerizzato (CNC) per seguire un «percorso utensile» definito da tali istruzioni.

Esistono software CAM specifici per ogni tipologia di macchina utensile, fresatura, tornitura, elettroerosione, incisione e altre.

Al di là del fatto che la stragrande maggioranza di questo tipo di software è concepito per lavorazioni di fresatura, ognuna delle lavorazioni supportate da questi sistemi software porta con sé delle specificità legate alla definizione dei percorsi utensile.

**Alcune delle funzionalità** che caratterizza questo tipo di sistemi sono:

- Generazione delle istruzioni per la macchina utensile, generalmente salvate in un file di testo con ausilio di post processor
- Simulazione grafica del percorso utensile generato
- Invio dei dati al controllo numerico della macchina utensile



# CAPP – Computer Aided Process Planning

---

**Strumento informatico** utilizzato nelle **fasi di produzione industriale** capace di leggere informazioni di prodotto, di processo e di sistema appoggiandosi a sua volta su software CAD di modellazione geometrica, CAM di trasformazione in linguaggio macchine utensili. La funzionalità di questi strumenti è quella di **determinare sistematicamente i migliori metodi per la realizzazione di un prodotto**.

**L'output della funzione di pianificazione** consiste in una sequenza che **comprende**:

- Descrizione dei processi
- Scelta dei parametri di lavorazione
- Selezione dei possibili strumenti (lavoro manuale, macchina utensile, robot industriale)

---

# PDM – Product Data Management

# PLM – Product Lifecycle Management

La gestione della documentazione e dei dati di prodotto

# Product Data Management

---

## Funzionalità

- La principale funzione del PLM è quella di formalizzare e trasformare la lista parti del CAD in una struttura di prodotto di progettazione
- Garantisce raccolta e l'organizzazione dei file nelle fasi di ideazione, progettazione di un prodotto

## Configurazione del prodotto

- Distinta base di progettazione o Engineering Bill of material eBOM
- Gestione delle modifiche di configurazione sulla eBOM
- Mantenimento della coerenza documentale
- Archiviazione documentale, non più legata alla memorizzazione nel file system ma riferita alla struttura del prodotto

## Principali funzionalità

- Tracciabilità del documento e delle modifiche
- Metadati per il rinvenimento dei documenti: nel caso di un disegno tecnico si utilizzano per esempio i dati inseriti nel cartiglio -> CAD
- Storizzazione del dato in modo da tracciarne l'evoluzione

## Gestione documentale

- Formato vario (PDF, testo, Excel, file CAD 2D o con modellazioni 3D, e le eventuali tavole in formato nativo, od il classico DWG di AutoCAD)
- motore di ricerca interno.
- Nel gergo dei software PDM il **vault** è la **struttura di archiviazione logica dei documenti referenziati** dai metadati presenti in una base dati

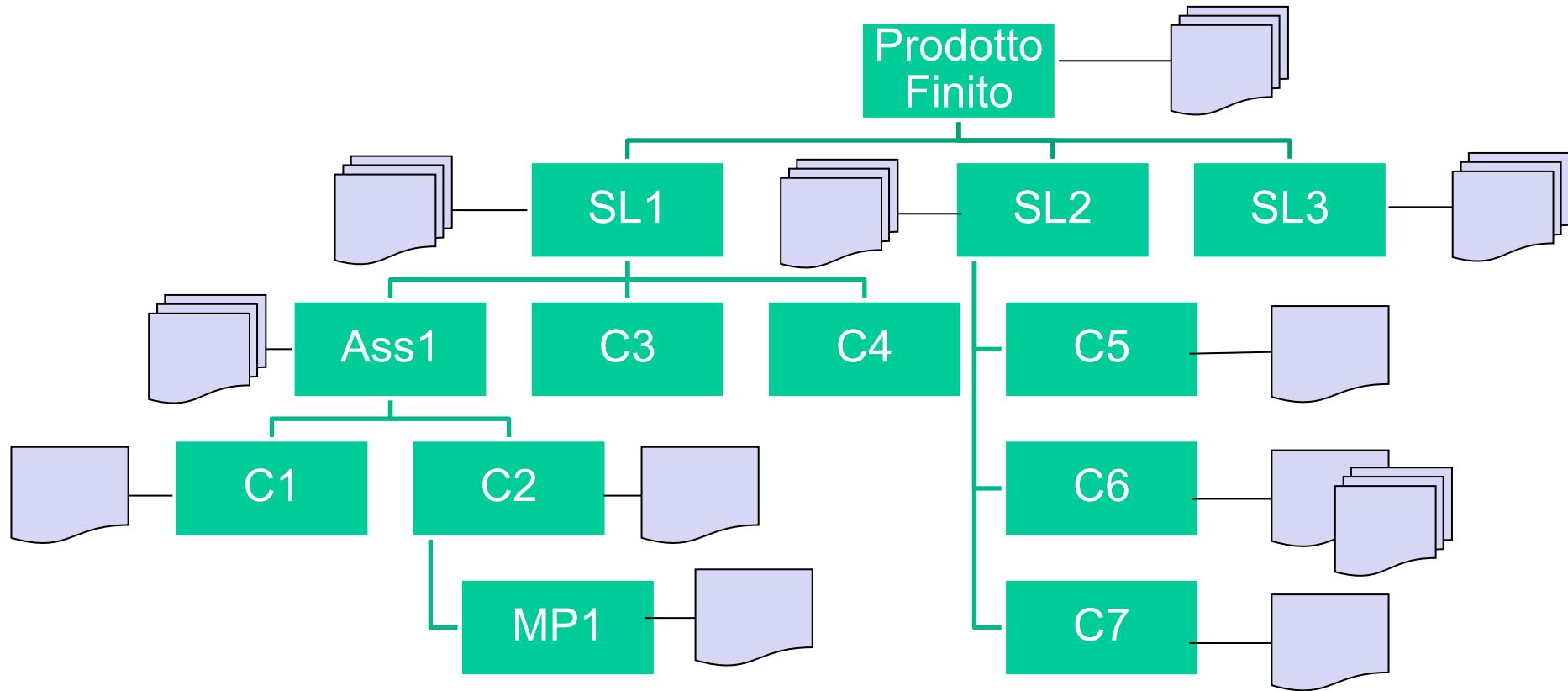
# Gestione dei documenti

---

- I PDM comprendono funzionalità di **gestione del ciclo di vita del documento**. Dalla gestione delle versioni (*versioning*), alla gestione delle revisioni (*revisioning*) che prevede la resa obsolescenza della revisione precedente, fino ad arrivare alla gestione degli stati del documento.
- La funzionalità chiave dei PDM è la automatica creazione delle distinte (BOM, ovvero *Bills of materials*) nei vari formati: dalla classica distinta base (monolivello) alla distinta a scalare, detta anche a livelli. Appositi filtri permettono di gestire la tipologia dei componenti da includere in distinta.
- Il PDM è in grado di gestire le correlazioni tra documenti di tipo diverso, come per esempio disegni con distinte o specifiche di montaggio anziché certificati o qualsiasi altro dato sia utile alla definizione del prodotto
- Il PDM inoltre ha capacità che si estendono all'intero ambito aziendale, fino a correlare utenti con diverse mansioni e responsabilità, interfacciandosi con i gestori del dato economico ed i software ad essi relativi, fino ad espandersi per collegarsi ad una catena di software comunicanti, agenti lungo tutto il processo aziendale, denominata gestione del ciclo di vita del prodotto (PLM, *Product Lifecycle Management*).

# Struttura di prodotto e documenti

---



# Rotta verso il PLM

Una struttura interessante in ambito manifatturiero è quella che segue la distinta base di prodotto e collega ad ogni codice componente i relativi documenti, cicli di lavorazione/montaggio, disegni, listino prezzi fornitori ecc.) introducendo informazioni relative alla fase produttiva.

Mentre il CAD si limita alla semplice memorizzazione e recupero dei dati, il PDM collega disegni, documenti e distinte basi e li integra con un ERP o con un sistema di gestione documentale andando a creare una repository completa di tutti gli elementi descrittivi di un prodotto.

Una delle funzionalità fondamentali è l'automazione dello scambio fra le distinte basi fra il sistema CAD e il sistema ERP. Ciò offre alle aziende una base dati di prodotto affidabile abbattendo i silos di dati che si creano nei processi di ingegneria di prodotto, gestione dei progetti, manutenzione e sviluppo e produzione.

A livello operativo consente per esempio ai progettisti di avere uno strumento che consente l'accesso in qualsiasi momento ai dati anagrafici dei fornitori e dei materiali archiviati nel sistema ERP direttamente dalla *workstation* CAD.

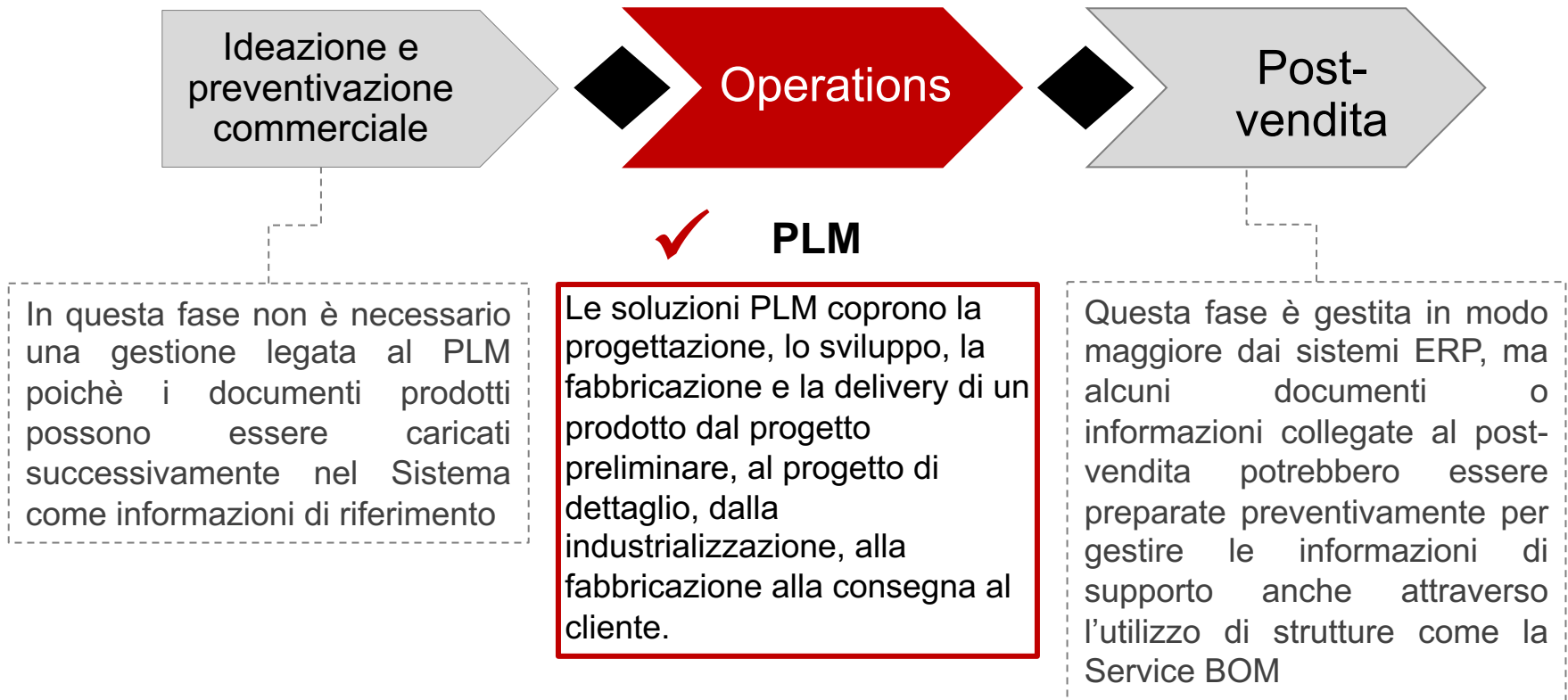
Si riducono i costi legati agli errori e quelli legati alla ridondanza dei progetti. Si introduce una continuità informativa che attraversa diverse fasi del ciclo di vita del prodotto

# Da PDM al PLM – Impatti su strategia, processi e IT

Driver	Impatto sulle strategie	Impatto sui processi	Impatto sull'IT
Gestire i prodotti in modo esteso	Integrazione meno verticale più orizzontale. Focus su prodotti e piattaforme modulari per migliorare il riuso dei componenti. Gestione di prodotti complessi	I processi PLM abilitano la collaborazione identificando logiche di interfacciamento. I processi possono gestire prodotti complessi	Standard di scambio dati, modellazione di prodotti complessi supportati da tecnologie digitali che integrano funzionalità applicative «business oriented»
Globalizzazione	Focus su differenziazione o standardizzazione. Gestione di filiere complesse (=supply chain)	Miglioramento della automazione dei processi. Processi standard validi a livello complessivo indipendentemente da siti produttivi, società o localizzazioni	Integrazione lungo la filiera con i fornitori e tra le fabbriche. Gestione di flussi informativi digitalizzati
Aspetti giuridici	Gestione della compliance normativa e giuridica (ambiente, sicurezza, qualità/affidabilità) con riferimento alla struttura di prodotto	Processi standardizzati, ben documentati, supportati da informazioni standardizzate in termini di localizzazione. Totale tracciabilità delle informazioni a supporto dei processi	Garanzia della consistenza dei dati. Gestione di tecnologie che garantiscano l'archiviazione di lungo termine

# Obiettivi delle soluzioni PLM

I focus principale dei sistemi PLM è di gestire le fasi legati alle operazioni industriali

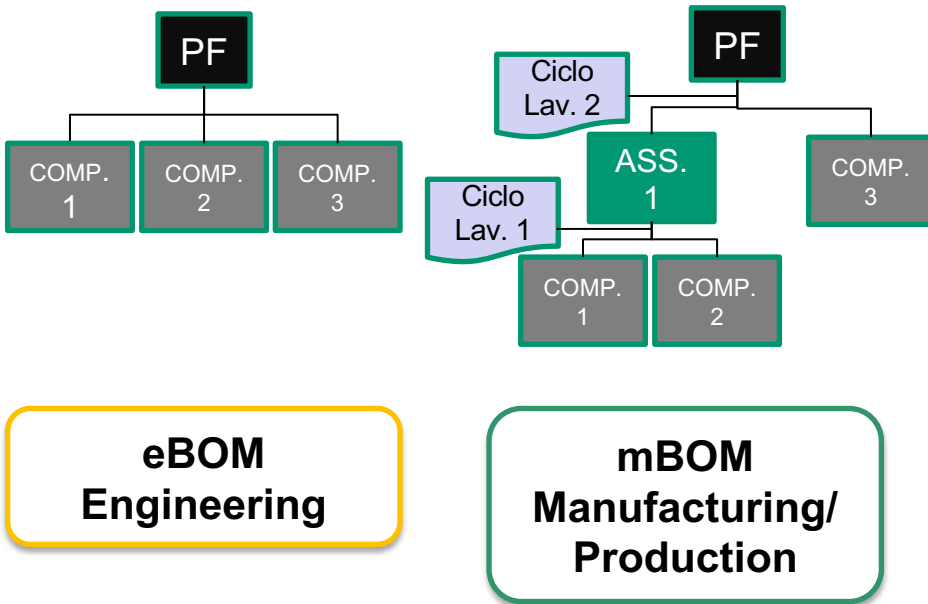


\*Source: PTC Complete Product Lifecycle Management (<https://www.ptc.com/en/product-lifecycle-report/complete-product-lifecycle-management-the-iot-comes-to-plm>)

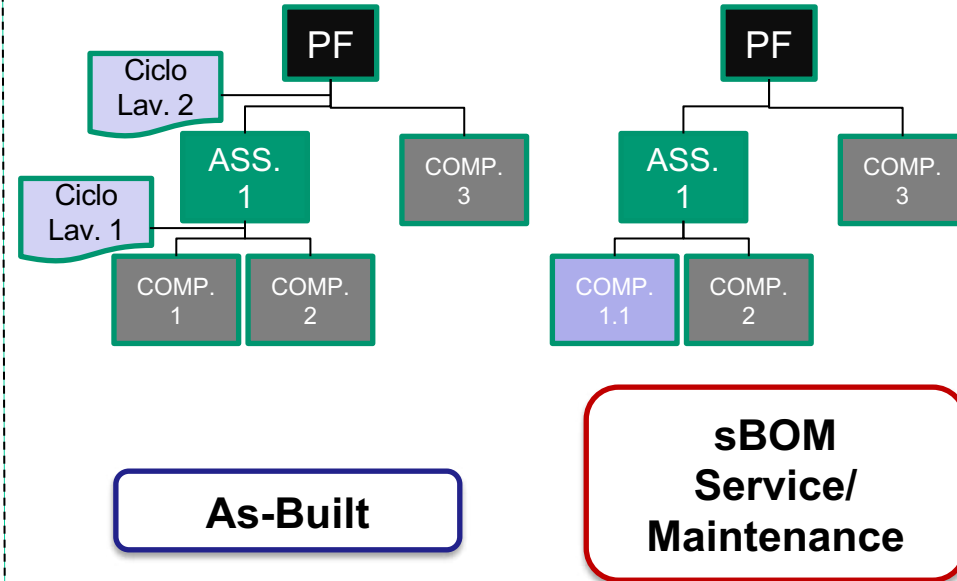


# Gestione del prodotto a ciclo di vita

Progettazione prodotto/processo



Istanza specifica

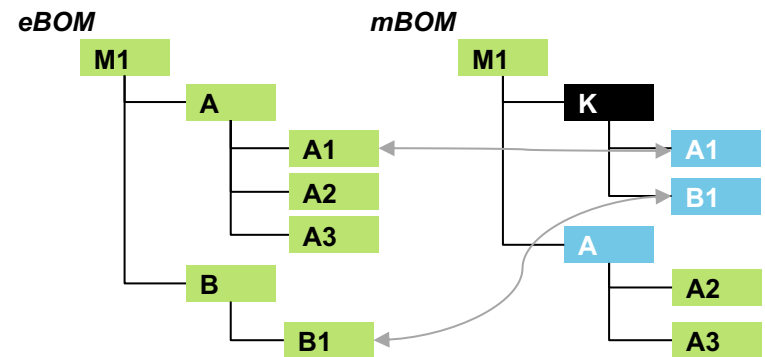


## Lifecycle Configuration Management

# Confronto e differenze tra eBOM e mBOM

La mBOM organizza le parti in accordo alle specifiche esigenze della filiera e della produzione

- Gli oggetti della **eBOM** sono raggruppati per ambiti funzionali (meccanico, elettrico, idraulico, software, ...) per la gestione del lavoro di team.
- Gli oggetti della **mBOM** sono invece raggruppati per gestire la sequenza delle **attività produttive e di fornitura**:
  - Item che sono assemblati nelle medesime **fasi produttive sulla linea di produzione**
  - Parti che sono parte della stessa **fornitura o spedizione**
  - Parti che sono movimentate verso la postazione nella linea di assemblaggio nello stesso **kit produttivo**
  - Parti spedite contestualmente verso un **terzista**
- Queste caratteristiche rendono la mBOM **specifica per la fabbrica**: se un prodotto viene industrializzato in due fabbriche diverse generalmente devono essere definite due differenti mBOM
- La mBOM può inoltre contenere **parti aggiuntive non definite nella eBOM** quali consumabili, lubrificanti, vernici, ecc.
- Alcune parti della **eBOM possono essere ignorate nella mBOM**, come per esempio i figli delle parti di acquisto (es. Parti di ricambio, sottogruppi non gestiti come semilavorati di magazzino)
- La struttura della **mBOM** serve invece per gestire i **cicli di produzione**
- La mBOM è gestita con meccanismi di **Validità (Effectivity)** legati alla data o al serial number



---

# Il Change Management

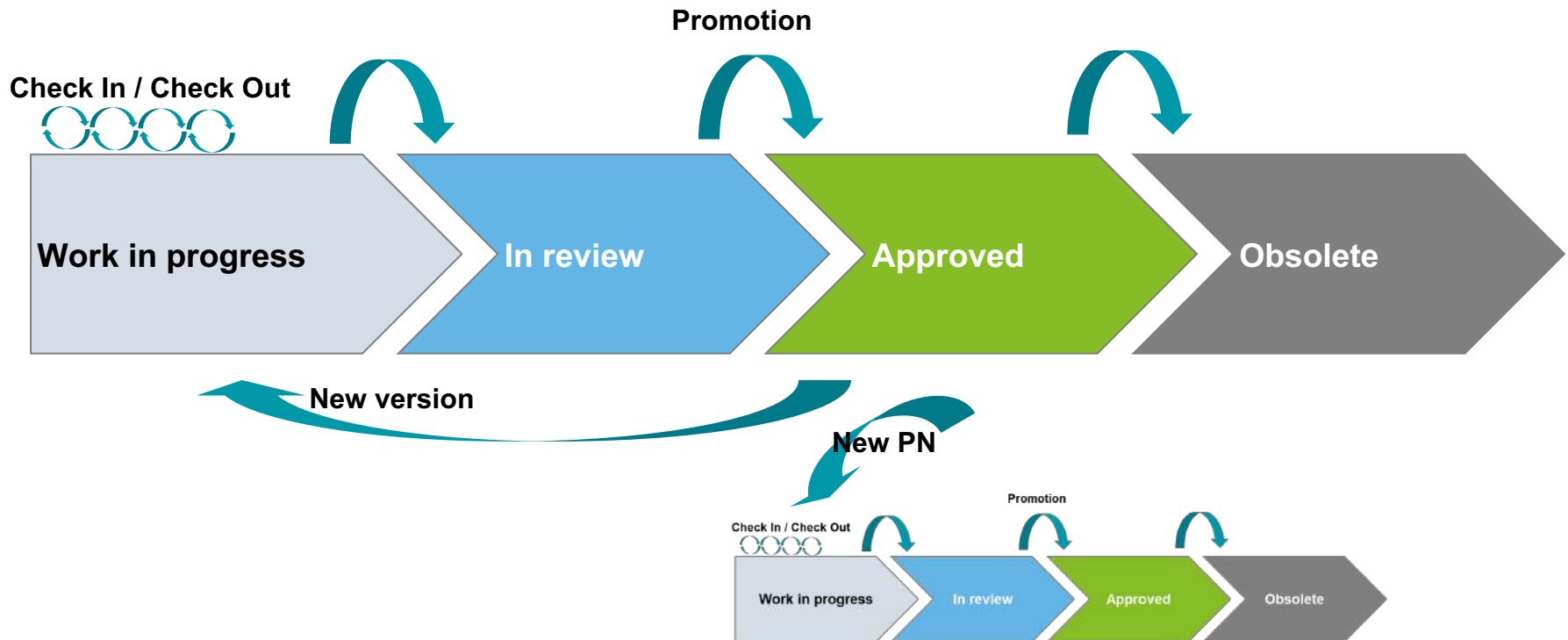
Perché è importante?

Perché e come impatta pesantemente sulle operazioni industriali?

# Introduzione ai processi di Change Management nel PLM

Il meccanismo di Check-in e Check-out è una semplice funzione in grado di tracciare gli aggiornamenti delle nuove versioni delle parti e dei documenti, mentre la progettazione della parte è in corso

Passare da un stato all'altro del ciclo di vita della parte è invece supportato dal processo di **Promotion**

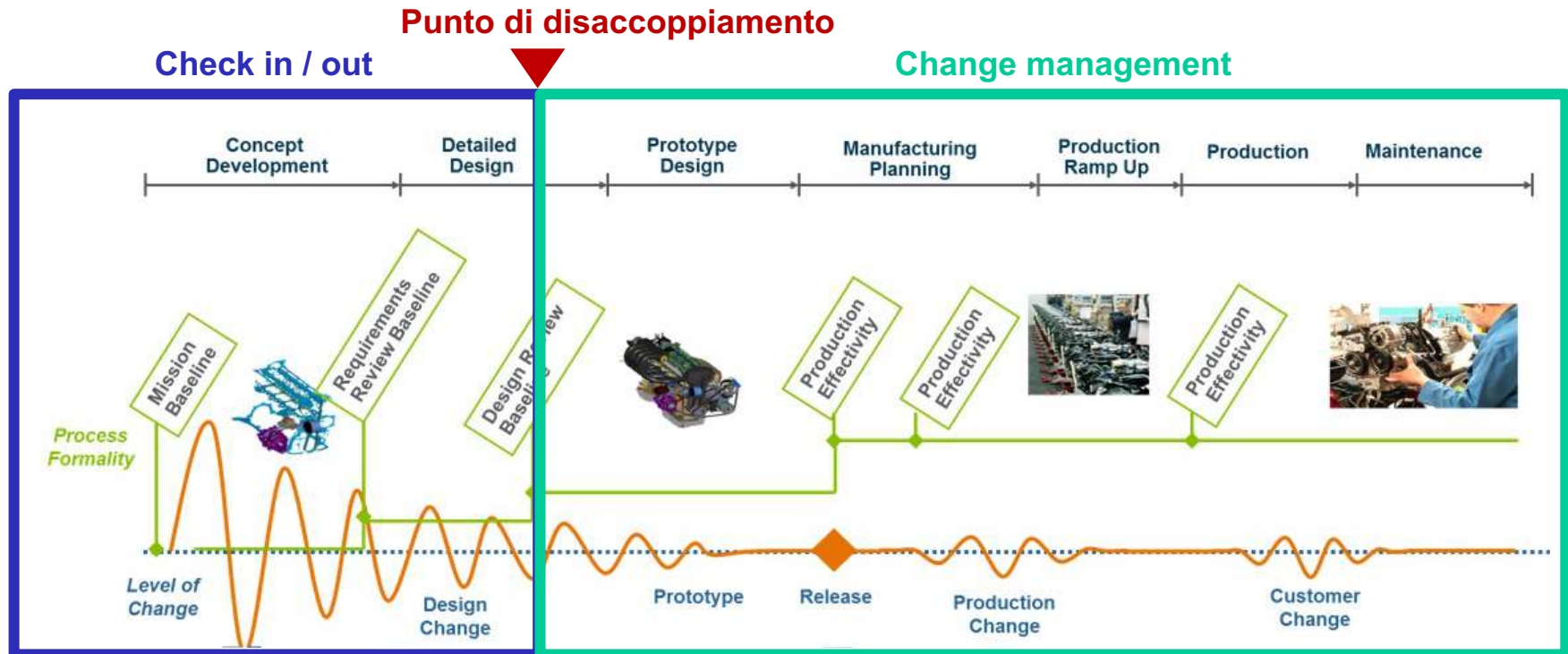


Dopo la Promotion, è necessario attivare il processo di modifica (**change management process**) per rilasciare una nuova versione o cambiare un codice parte

# Meccanismi di gestione delle modifiche lungo il processo di sviluppo nuovi prodotti

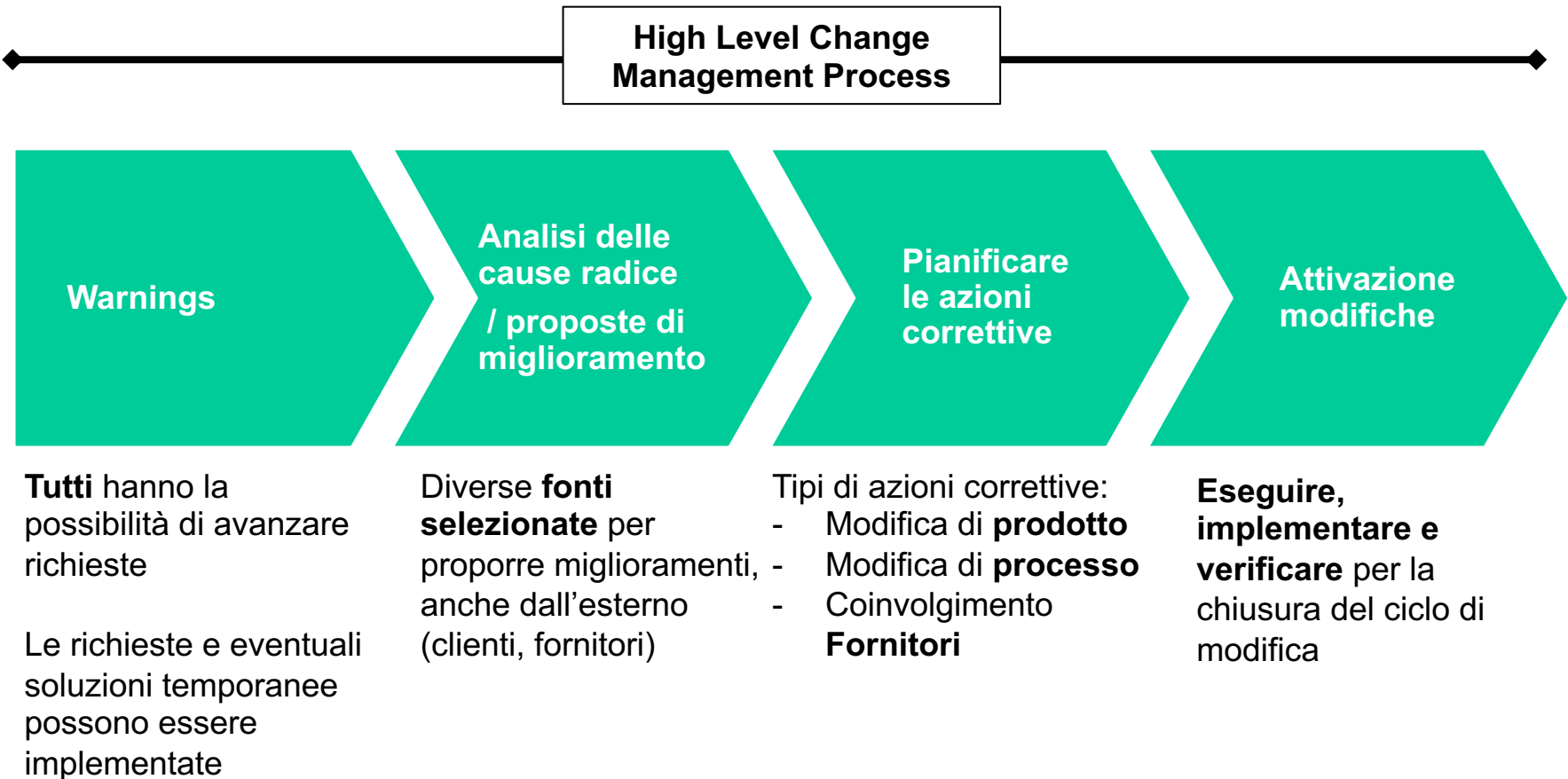
Nelle prime fasi del processo di sviluppo di nuovi prodotti il meccanismo check-in e check-out è sufficiente tracciare le modifiche.

Dopo l'approvazione delle prime configurazioni è necessaria attuare meccanismi di change management.



# Processo di modifica – Alto livello

Il processo di modifica High level include i passi successivi. Gli input per le modifiche possono essere raccolti da molte fonti e le azioni non includono solo la progettazione



# Le 3F:

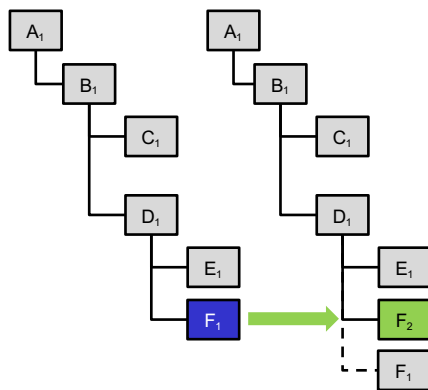
## revisione vs. creazione nuovo codice parte

Le migliori pratiche prescrivono di ridurre l'impatto sui processi produttivi evitando di gestire differenti SKU (Stock Keeping Units – Parti gestite a magazzino) per le parti intercambiabili. Le modifiche tra parti intercambiabili possono essere nascoste gestendo le revisioni invece di creare nuovi codici.. La regola della 3F aiuta ad identificare le parti intercambiabili

**3F: se la modifica impatta almeno uno** delle seguenti: **Form** (dimensioni, forma, colori e grafiche visibili all'esterno) **Fit** (legato alle attività di assemblaggio e ai relativi attrezzi) o **Function** (le funzionalità del componente), **allora** è richiesto un **nuovo codice**.

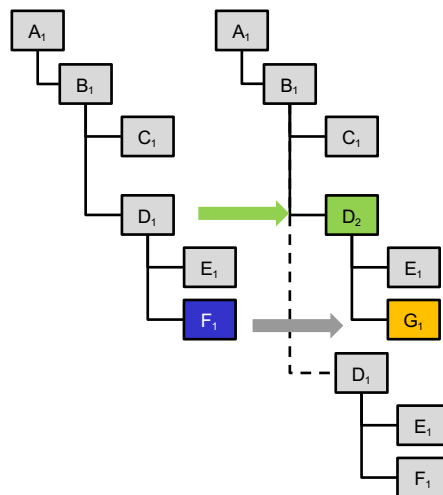
**Al contrario**, se nessuna delle 3F è impattata, si ha una **revisione** dello stesso codice

Nuova versione intercambiabile

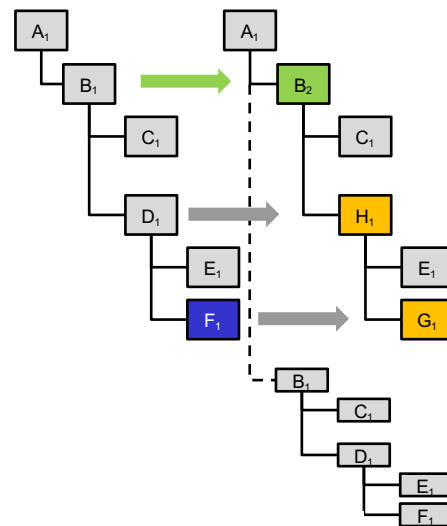


- La nuova revisione viene aggiornata nella eBOM

Nuovo codice non intercambiabile



- Richiesto un nuovo codice
- Deve essere verificata la 3F per il componente di livello superiore



Es: A<sub>1</sub>:

- part number A
- Revision 1

Oggetto  
interessa  
da modifica

→ Revisione

→ Nuovo codice

# Principali oggetti coinvolti nel processo di modifica in un PLM

Product configuration

NEW Product configuration

## Problem Report

Identifica una richiesta o una opportunità



## Deviation or Waiver

Identifica una modifica “temporanea” per il prodotto o il processo



Close out PR

## Change Request

- Valuta la giustificazione tecnica o di business
- Pianifica Minor o Major change (Fast track or Full track)



Close out PR

## Change Notice

- Crea ed esegue il piano di implementazione
- Rilascio delle modifiche
- Verifica i risultati



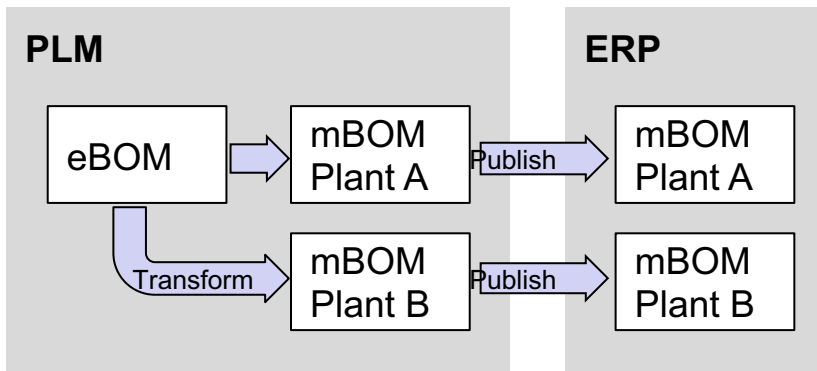
## Change Request

Identifica una richiesta di miglioramento

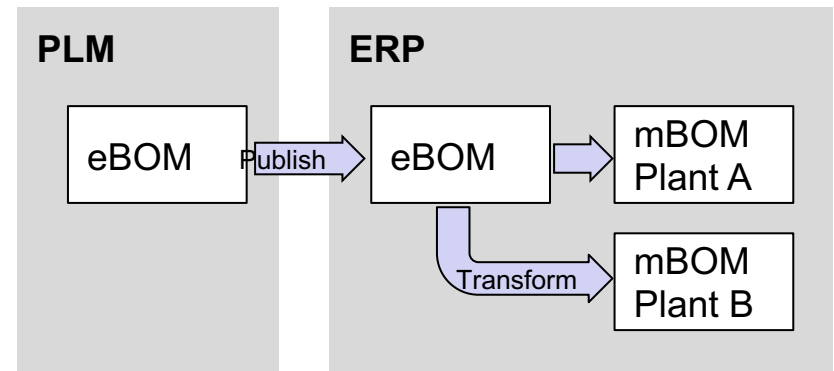




# Trasformazione eBOM-mBOM



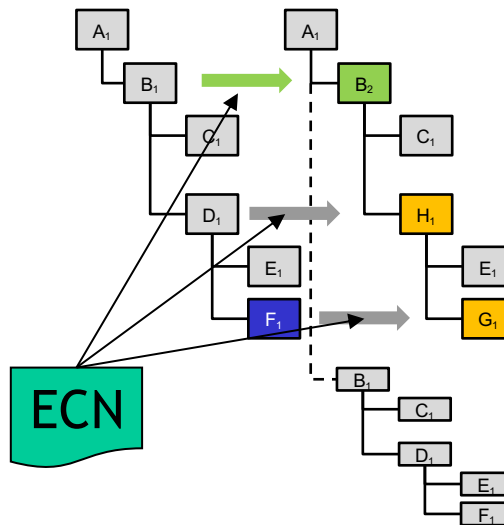
Scenario eBOM/mBOM transformation con una gestione PLM completa



Scenario eBOM/mBOM transformation in una gestione PLM parziale

# Engineering Change Notice - ECN

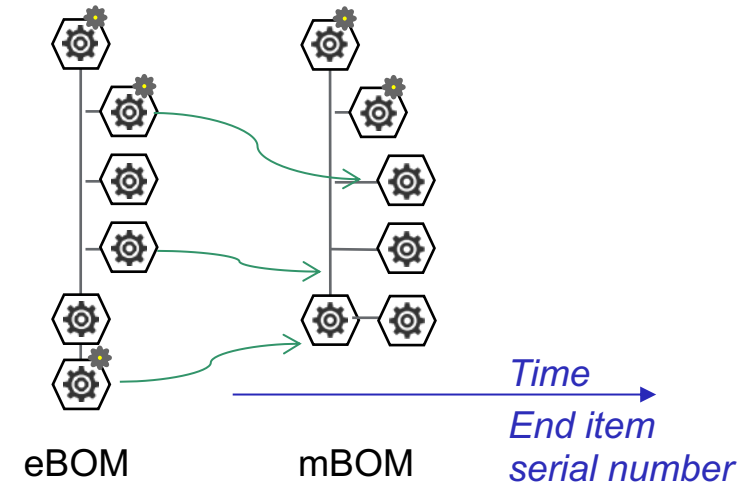
- ECN è il documento attraverso il quale è possibile gestire le modifiche in modo massivo.
- E' necessario mantenere un allineamento dei documenti tra PLM e ERP in quanto l'approvazione dell'ECN garantisce l'allineamento delle varie configurazioni di prodotto
- La Validità viene essere definita **nel processo di modifica attraverso una Change Notice**. Quando la change notice **viene approvata la validità pianificata viene resa effettiva** rispetto ad un determinate oggetto



# Validità delle parti nella mBOM

La validità (in inglese Effectivity) definisce le regole per l'introduzione delle modifiche

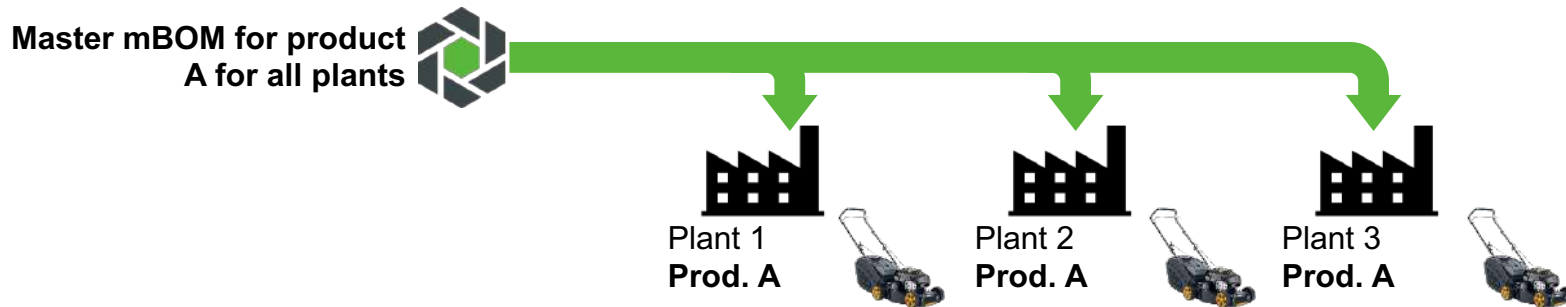
- **Effectivity** descrive **le parti/documenti da usare** e quando devono essere usati (Traccia storicamente quali parti/documenti sono stati usati e quando)
- Effectivity può essere usata per **definire quando introdurre un nuovo codice in mBOM**
- Effectivity/Validità è una **data pianificata, un lotto o un serial number** al quale una vecchia versione di un oggetto è rimpiazzata da una nuova e permette **il controllo delle giacenze e che cosa viene rilasciato nella fabbrica e verso la filiera**
- Le Validità per Lotto o Data sono maggiormente utilizzate nell'industria di produzione di serie; in settori **ETO** (Engineer To Order), viene maggiormente utilizzata la Validità **per serial number**
- In accordo con gli standard di configuration management una **parte non ha versione. Quindi nei sistemi ERP generalmente non vengono gestite versioni per SKU**



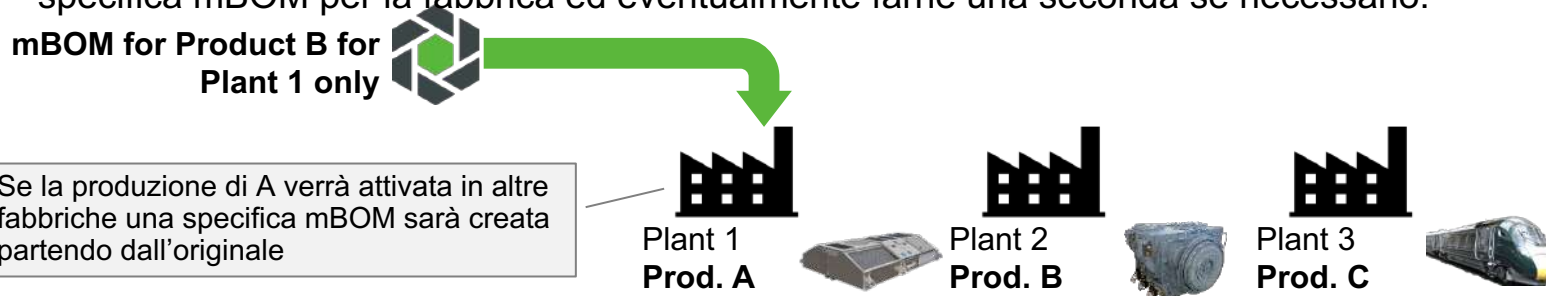
# Cicli mBOM – Cicli di produzione

Se più fabbriche sono dedicate a produrre lo stesso prodotto, potrebbe essere utile introdurre una mBOM master che sia il punto di partenza per creare mBOM specifiche per ciascuna fabbrica. Questo scenario è tipico per prodotti ad alto volume industrializzati multi-plant

- **Una master mBOM** va bene per produzioni ad alto volume dove lo stesso prodotto viene fabbricato in diversi plant:



- Se la produzione di un prodotto finale è per lo più effettuato in una sola fabbrica è più semplice gestire un specifica mBOM per la fabbrica ed eventualmente farne una seconda se necessario.

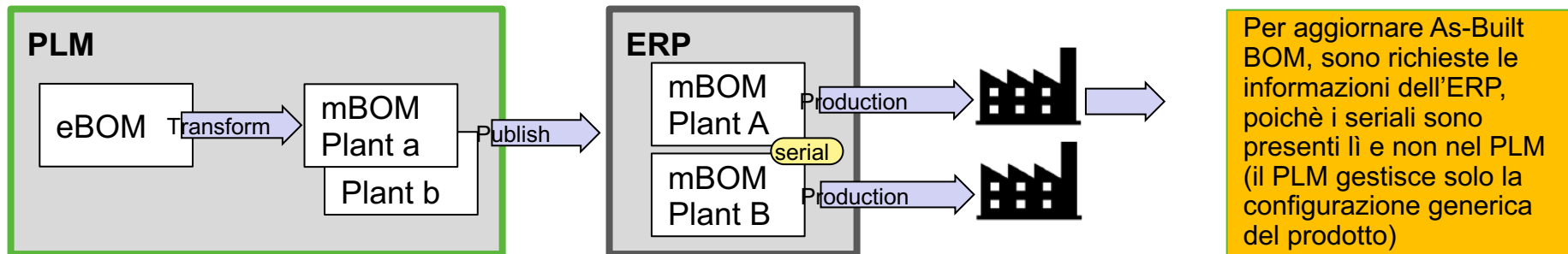


# Serial number del prodotto finito e serial number dei componenti

mBOM è definite nel PLM e inviata al Sistema ERP, La validità/effectivity è gestita per serial number del prodotto finito e identifica la configurazione As-Planned usata dall'MRP (distinta di produzione per l'esplosione dei fabbisogni)

I serial number dei componenti utilizzati sono tracciati nella configurazione As-Built gestita nell'ERP o nel PLM

I seriali dei Componenti e le informazioni di tracciabilità relative a cosa sia stato effettivamente utilizzato nello specifico prodotto finite (As-Built configuration) è tracciato fuori dal PLM nel Fascicolo Prodotto

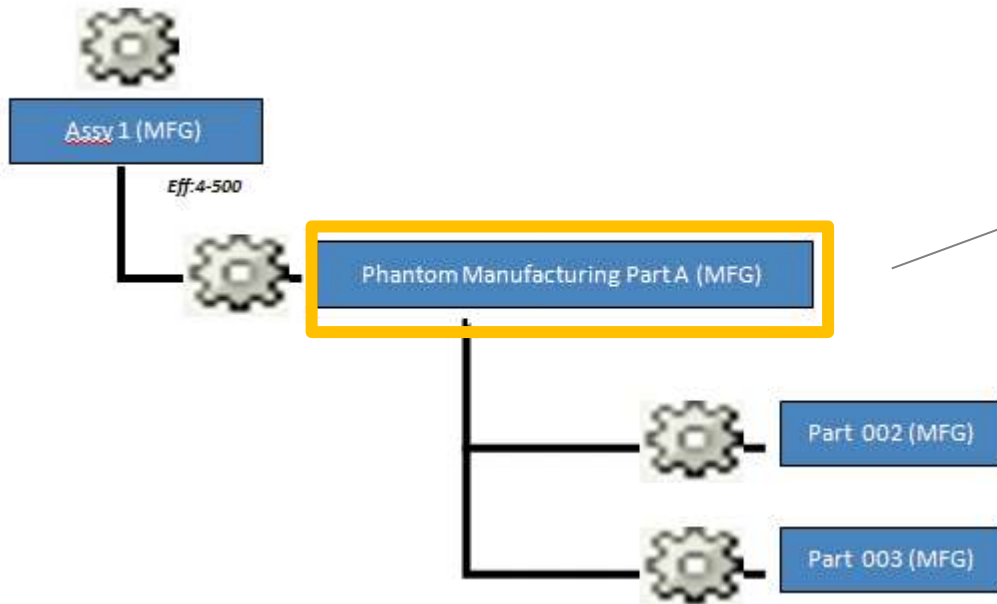


# Codici Phantom in produzione

I Codici Phantom sono parti o assemblaggi della mBOM che non possono essere allocati a livello di ciclo di produzione. Sono parti che non vengono gestite a magazzino ma che permettono una migliore lettura della distinta base scalare nell' ERP nel caso di prodotti complessi.

- **Phantom Manufacturing Part A non può essere allocato a nessuna operazione del ciclo.**
- I codici Parts 002 and 003 possono essere allocati alle operazioni del ciclo relativo a Assy1.

Un codice **phantom** può avere un figlio che non sia definito come phantom. I codici Non-phantom che sono sotto il codice phantom sono allocati al ciclo del primo codice Non-phantom padre.

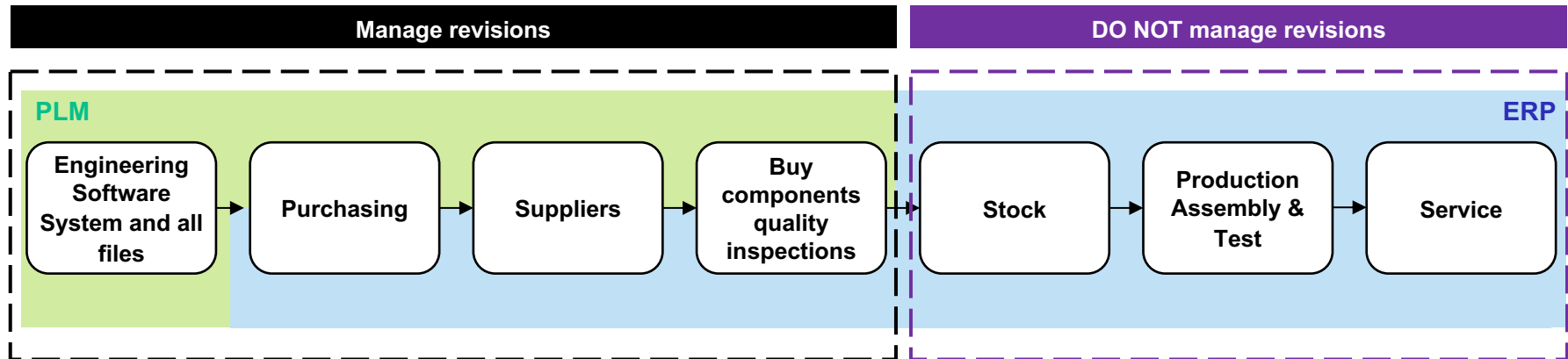


# Per concludere: se da una parte l'uso di nuove versioni solo per parti intercambiabili semplifica la gestione dei task operativi...

Se la revisione è utilizzata solo per le nuove parti intercambiabili la revisione deve essere gestita fino a che la parte viene messa a magazzino o in produzione. Anche le parti di ricambio intercambiabili non devono essere gestite per revisione.

Linee guida dalle best practice

- La revisione **non è parte del codice parte**
- La revisione **non deve essere mai marcata sulle parti**
- **Mai gestire stock** per revisione



► Il Phase out / phase di una nuova versione non deve impattare sulla Produzione o il Servizio Post Vendita ma solo Acquisti e Qualità

► Se i Magazzini, la Produzione o il Servizio Post Vendita devono essere coinvolti **BISOGNA FARE UN NUOVO CODICE PARTE**

**... ma creare un nuovo Codice Parte richiede molto maggiore sforzo che cambiare la revisione**