

## TEORIA

### Ciclo di vita del prodotto

Il ciclo di vita di un generico prodotto è caratterizzato da quattro fasi:

- 1) Introduzione sul mercato
- 2) Crescita
- 3) Maturità
- 4) Declino

### INTRODUZIONE

Nella fase di introduzione il prodotto è fortemente affinato da:

- Ricerche di mercato
- Innovazione del progetto
- Modifica e perfezionamento del processo produttivo
- Revisione della qualità e capacità dei fornitori

Il prodotto viene introdotto nel mercato. I motivi dietro all'introduzione di un nuovo prodotto sul mercato possono essere dovuti alla sostituzione del medesimo prodotto giunto a fine vita; oppure, a parità di richiesta, il nuovo prodotto è più innovativo e risponde meglio alle esigenze del cliente. Alternativamente, la domanda può cambiare, dunque occorre introdurre un nuovo prodotto che risponda alle esigenze dei clienti. In questa prima fase la domanda è relativamente bassa, dunque i volumi di produzione sono contenuti: si sceglie di produrre più beni a fronte di poche vendite, in quanto si prevede un aumento della domanda. In questa fase i costi sono maggiori dei ricavi, perciò si hanno utili negativi, ovvero perdite. Se la domanda non aumenta occorre ritirare il prodotto dal mercato. Se la domanda aumenta si entra nella fase di crescita.

La durata della fase di introduzione dipende dalla predisposizione del mercato ad accettare l'innovazione; la maggior parte dei nuovi prodotti decolla lentamente e di rado genera un fatturato sufficiente da procurare profitti nel breve periodo.

In questa fase si hanno elevati costi di produzione, il prezzo di vendita dipende dalla strategia che si segue, i profitti sono quasi sempre negativi ed i consumatori sono solo quelli propensi all'innovazione. Quando la curva di vendita inizia a salire più rapidamente e viene raggiunto il punto di pareggio, nel mercato iniziano ad entrare anche i concorrenti: finisce così la fase di introduzione e inizia quella di crescita.

### CRESCITA

In questa fase la domanda cresce velocemente e con essa anche i volumi prodotti: occorre aumentare la produttività dell'impianto velocizzando il sistema produttivo. Parallelamente aumentano i competitors, i quali vedendo il successo del mio prodotto, cercano di offrire alternative (migliori o peggiori).

L'aumento della capacità produttiva è molto importante per la sopravvivenza del prodotto sul mercato (le reazioni della concorrenza al successo del prodotto nel periodo di crescita ne influenzeranno il suo continuo sviluppo). Il numero di concorrenti che entrano sul mercato fanno sì che il prezzo di vendita diminuisce e di conseguenza anche i profitti: a questo punto del ciclo è importante stabilizzare e rafforzare la posizione del prodotto promuovendo la fedeltà alla marca. Termina così la fase di crescita e inizia quella di maturità.

### MATURITÀ

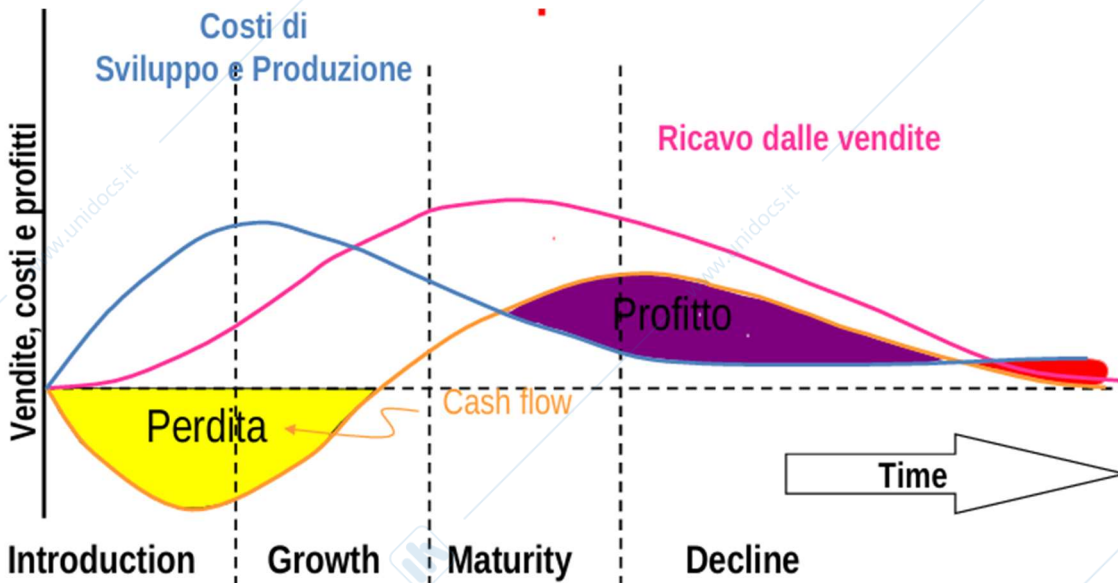
In questa fase i concorrenti aumentano fino a saturare il mercato. A causa di ciò la percentuale di mercato a cui mi posso rivolgere diminuisce: alcuni miei clienti vengono attratti dai prodotti dei competitors. Dunque la produzione del mio impianto rallenta e i volumi produttivi arrivano ad un massimo e con essi i ricavi. A

seguito di tale massimo, per essere competitivo su un mercato saturo di competitors devo giocare al ribasso sul prezzo. In questa fase si mira ad essere competitivi sul prezzo.

### DECLINO

Il processo di diminuzione del prezzo e del numero di clienti a disposizione porta a una diminuzione dei ricavi. Nella fase di declino si arriverà ad un punto in cui i ricavi sono inferiori ai costi di produzione, dunque si arriverà ad un utile negativo. Per evitare ingenti perdite si può:

1. Ritirare il prodotto dal mercato;
2. Introdurre il prodotto con opportune modifiche su un altro mercato.

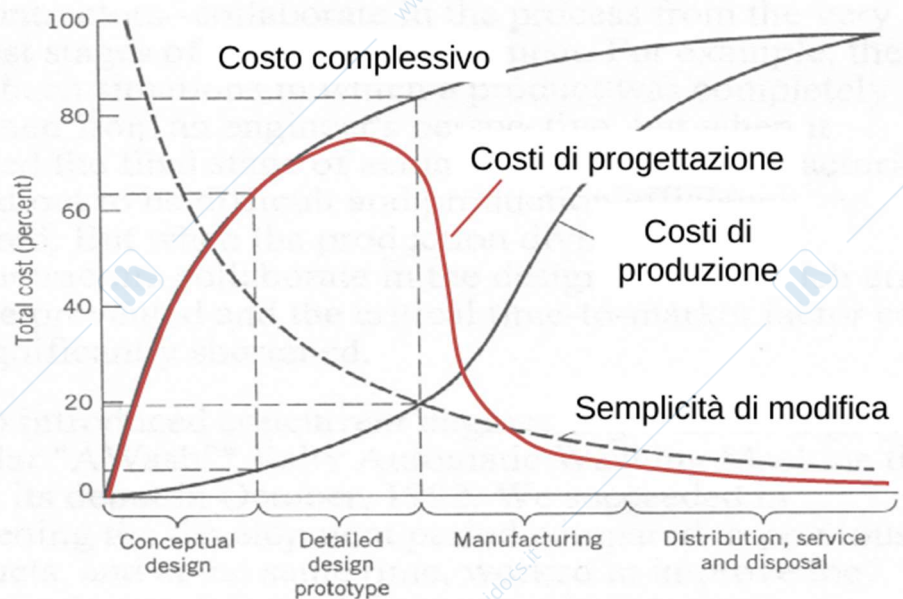


### Costi del prodotto

I costi complessivi sono dati dalla somma di due contributi:

3. Costi di progettazione: costi correlati all'assunzione e alla formazione del personale che deve realizzare il progetto; costi correlati all'acquisto delle licenze di software CAD; costi correlati alla realizzazione di prototipi e ai test che occorre effettuare su di essi.
4. Costi di produzione: costi necessari ad introdurre il prodotto sul mercato. Tali costi saranno correlati alla produzione vera e propria del bene e alla sua distribuzione. Quando il prodotto è pronto ad essere messo sul mercato, i costi di progettazione crollano e aumentano quelli di produzione. I costi di produzione sono legati ad

### Il 70%-80% del costo totale del prodotto si decide nelle prime fasi del progetto.

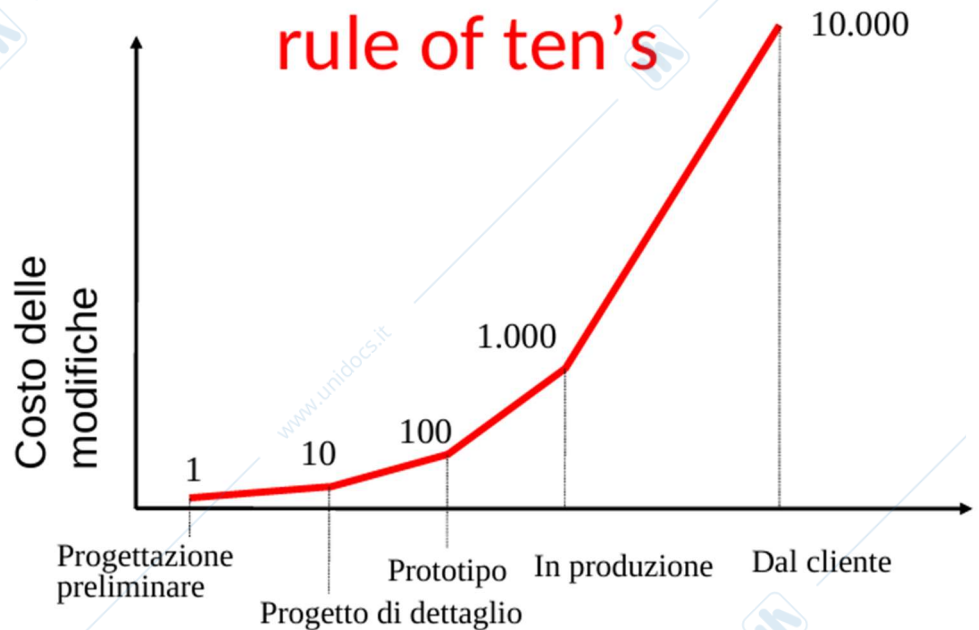


esempio al salario degli operai che lavorano nell'impianto, tutti i costi correlati ai macchinari, alle materie prime, all'energia consumata dall'impianto, ecc.

Dal grafico è possibile notare che l'eventuale modifica del prodotto è più semplice da effettuare in fase di progettazione piuttosto che quando il prodotto è sul mercato: è più semplice modificare il 3D piuttosto che recuperare il prodotto dal cliente, riportarlo allo stabilimento e qui modificarlo.

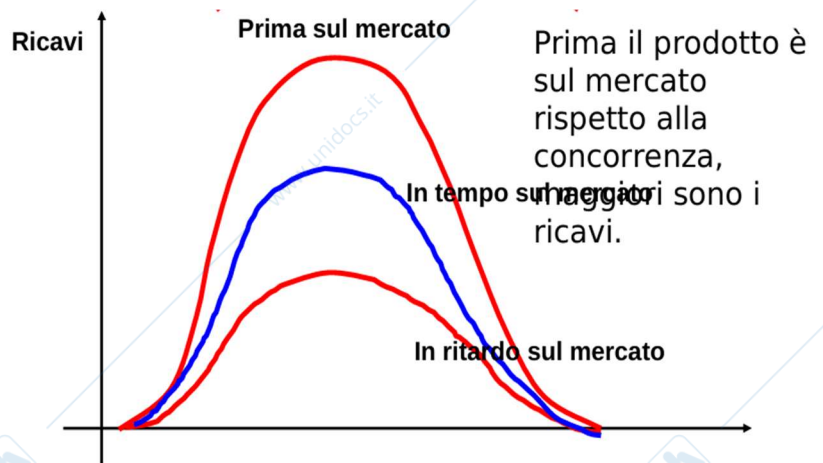
In termini di costi si ha che un'eventuale modifica del prodotto costa molto meno in fase di progettazione: a seguito della progettazione, il costo correlato alla modifica aumenta esponenzialmente.

## Perché "fare bene subito": rule of ten's



### Ricavi del prodotto

I ricavi sono correlati alla quantità di prodotto venduto. Prima di introdurre un nuovo prodotto sul mercato e prima di progettare si esegue una previsione della domanda, per assicurarsi di avere un certo numero di clienti. Segue la progettazione e l'introduzione del prodotto sul mercato. Al fine di massimizzare gli utili occorre progettare il prodotto per renderlo qualitativamente e tecnologicamente competitivo. Per massimizzare i ricavi occorre anche introdurre il prodotto sul mercato prima dei competitors: bisogna pertanto avere un time to market basso, ovvero bisogna ottimizzare il tempo che intercorre tra la progettazione e la produzione. Il massimo valore dei ricavi diminuisce all'aumento del time-to-market.



### Aspetti basilari per ottenere un prodotto competitivo

5. PROGETTAZIONE ROBUSTA: progettare il prodotto affinché un'eventuale modifica comporta piccole variazioni sistematiche sul prodotto finale;

6. **BASSO TIME TO MARKET:** puntare ad introdurre sul mercato un prodotto qualitativamente buono per primo;
7. **PROGETTAZIONE MODULARE:** realizzare un prodotto complesso come assembly di componenti semplici;
8. **ANALISI DEL VALORE:** identificare costi superflui (che non generano valore per il prodotto) ed eliminarli.
9. **VIRTUAL PROTOTYPING:** la progettazione si basa sul calcolo e sull'esperienza dei progettisti ed è in grado di prevedere i fenomeni fisici a cui sarà soggetto il prodotto durante il funzionamento. La simulazione prevede di testare il prodotto creando le condizioni fisiche simili a cui il prodotto sarà soggetto durante il funzionamento. In passato le simulazioni venivano effettuate con un prototipo reale: si realizzava il prodotto così come lo si era progettato e venivano eseguite le simulazioni direttamente sui prototipi → tale processo era molto costoso in quanto spesso occorreva creare molti prototipi e ciò richiedeva anche tempo (maggiore time to market).

Negli anni '90 venne introdotto il digitale mock up (DMU) il quale consentiva di effettuare le simulazioni direttamente sul modello 3D progettato al CAD. Il DMU aveva tuttavia una limitazione: permetteva di eseguire simulazioni disaccoppiate → era possibile sottoporre il prototipo digitale ad una sola condizione fisica per volta. Questa non permetteva di ricreare fedelmente le condizioni reali di funzionamento, le quali erano caratterizzate da più fenomeni fisici.

Alla fine degli anni '90 venne introdotta la prototipazione virtuale che consentiva di effettuare simulazioni su un prototipo 3D ricreando fedelmente l'ambiente di funzionamento in quanto permettevano di effettuare simulazioni accoppiate (ESEMPIO analisi elastica + dinamica, analisi elastica + fluidodinamica, analisi termica + strutturale).

### Custom production (produzione su commessa)

L'azienda produce il bene solo dopo aver ricevuto l'ordine dei clienti, ciò nonostante le attività di progettazione potrebbero essere state eseguite molto prima occorre dunque cercare di capire quali sono i desideri dei consumatori. Bisogna adattare un metodo produttivo flessibile per realizzare prodotti complessi configurabili e personalizzabili, tale metodo produttivo è in forte opposizione coi metodi produttivi tradizionali basati sulla previsione della domanda. La produzione su commessa pone al centro le richieste del cliente ed eventuali personalizzazioni, dunque, spesso il cliente è fortemente coinvolto in tutte le fasi, della progettazione alla produzione. La custom production fa riferimento non solo alla produzione di un bene ma anche di un servizio, ad esempio gli uffici di progettazione possono elaborare un progetto commissionato da terzi. Esistono poi imprese che si occupano solo dell'assemblaggio dunque quando viene richiesta da un cliente un prodotto assemblato tale aziende precedono con l'assemblaggio seguendo il progetto e le specifiche del soggetto committente. Molte case automobilistiche offrono servizi di personalizzazione alle auto sotto commissione è possibile avere un'auto personalizzata (esempio Ferrari Lamborghini ecc..)

**VANTAGGI:** il forte coinvolgimento del cliente a un immediato beneficio in quanto se è soddisfatto è probabile che preferisca il nostro prodotto rispetto alla concorrenza. Basandosi sulle necessità dei clienti è probabile prevedere nuove tendenze e quindi lavorare a progetti che interessano in futuro i miei nuovi clienti.

**SVANTAGGI:** c'è il rischio di ritrovarsi e gestire diverse commesse, quindi diverse distinte basi, diverse lavorazioni macchine e competenze differenti.

### Produzione di massa (mass production)

È La realizzazione di una grande quantità di prodotti standardizzati dove la produzione avviene in linea. Solitamente si tratta di linee di assemblaggio costituite da più stazioni, ciascuna delle quali deve realizzare un certo numero di operazioni di assemblaggio di componenti. Dato che la produzione di massa si utilizza quando l'impianto deve produrre un certo prodotto molto richiesto, il processo di standardizzazione è necessario: I componenti e le interfacce sono standardizzate così come i processi e i progetti necessari a realizzarle. La standardizzazione mette in moto un processo produttivo a livello globale: io devo acquistare componenti elementari da un fornitore, ma siccome componenti sono standardizzati, il fornitore sa già cosa e come produrlo, quindi diminuisce il tempo di approvvigionamento.

La produzione di massa prevede la presenza di una linea di assemblaggio: un prodotto complesso viene scomposto in parti semplici facilmente assemblabili → impiego di manodopera a basso costo. All'aumentare del numero di prodotti realizzati il costo unitario diminuisce.

**VANTAGGI:** manodopera a basso costo, costo unitario in diminuzione quindi abbattimento dei costi di produzione, facile reperibilità dei componenti grazie alla standardizzazione.

**SVANTAGGI:** se la domanda varia è complicata apportare variazioni prodotti a causa della standardizzazione spinta, poca flessibilità, alto costo iniziale → rendono tale produzione applicabile solo a prodotti con elevata domanda.

### Il prodotto dall'architettura integrale alla modulare alla piattaforma

Il prodotto è costruito da più COMPONENTI, ogni componente ha una propria funzione, ciascuna funzione di ogni componente deve convergere, complementariamente alle altre, alla funzione del prodotto.

Definiamo INTERFACCIA l'elemento di connessione fra due più componenti.

Vi sono due casi:

1. l'interfaccia è stata costruita per garantire l'accoppiamento fra due componenti specifici. In questo caso la modifica della forma di uno dei due componenti implica la modifica dell'interfaccia. Definiamo componenti COUPLED i componenti la cui modifica implica la modifica dell'interfaccia.
2. l'interfaccia è stata progettata per garantire l'accoppiamento fra componenti di forma diversa. In questo caso la modifica del componente non altera la forma dell'interfaccia. Chiamiamo componenti DE-COUPLED i componenti le cui modifiche non implicano la modifica dell'interfaccia.

- Definiamo ARCHITETTURA DI PRODOTTO l'insieme dei componenti connessi fra loro da interfacce le cui funzioni messe insieme convergono alla funzione del prodotto .
- Definiamo ARCHITETTURA INTEGRALE l'architettura di prodotto in cui le interfacce sono progettate per permettere connessioni con specifici componenti e solo con quelli tra (interfaccia COUPLED).
- Definiamo ARCHITETTURA MODULARE l'architettura di prodotto in cui le interfacce sono comune più componenti ovvero permettono connessioni fra componenti diversi tra (interfaccia DE-COUPLED).

Quando un prodotto giunge a fine vita è possibile estrarre più componenti singoli o connessi per riutilizzarli, tale strategia si chiama CARRY OVER: le versioni nuove di auto condividono il 90% dei componenti meccanici delle vecchie auto.

La maggior parte dei prodotti sono un *assembly* di componenti provenienti da diversi stati: occorre standardizzare le interfacce e realizzare componenti compatibili con le interfacce standardizzate. Così facendo posso assemblare componenti provenienti da altri stati. Occorrono gamme di prodotti che prevedono componenti de-coupled progettati in funzione di interfacce globalmente standardizzate. Dunque a parte casi particolari nella grande produzione è preferibile avere architetture modulari dove le interfacce globalmente standardizzate sono comuni più componenti. Tale architettura facilita operazioni di manutenzione in quanto produco componenti in sostituzione basandomi sempre sulla stessa interfaccia standard.

L'architettura integrale del prodotto sarà costituita da interfacce realizzate ad hoc per certi componenti, dunque non seguono alcuna standardizzazione, perciò le operazioni di manutenzione possono riguardare le sostituzioni di componenti simili fra loro, spesso realizzati dall'azienda che realizza il prodotto la quale è l'unica ad avere componenti compatibili con le interfacce che essa stessa progettato.

LA PIATTAFORMA: il concetto di piattaforma nasce per mettere insieme prodotti correlati dal punto di vista commerciale e/o tecnologico al fine di ridurre il TIME-TO-MARKET.

- Piattaforma organizzativa: insieme di prodotti che condividono lo stesso mercato. La piattaforma organizzativa coincide col team che dovrà tenere monitorato il mercato a cui fanno riferimento i prodotti ad esso correlati.
- Piattaforma produttiva: insieme di prodotti aventi la stessa soluzione architettonica di base, ovvero accomunati dal punto di vista tecnologico. La piattaforma produttiva è costituita dalle stesse soluzioni progettuali e dagli stessi componenti. (ES. molte case automobilistiche usano lo stesso telaio su auto esteticamente molto diverse fra loro).

### Design industriale

Il design è un processo capace di mediare fra i fattori di uso, fruizione e consumo individuale e sociale del prodotto e i fattori tecnico economici legati alla produzione. L'obiettivo del design è quello di ideare una strategia di innovazione.

Il design industriale implica direttamente la creazione di innovazione in quanto le necessità e i bisogni individuali e sociali variano nel tempo al variare dello stile di vita.

In particolare il design industriale, avente come obiettivo quello di creare innovazione, caratterizza trasversalmente tutti gli step che portano alla realizzazione del prodotto e alla sua introduzione sul mercato:

1. **RICHIESTA DI MERCATO:** occorre intercettare le necessità e i bisogni dei potenziali clienti. Tali bisogni sono correlati allo stile di vita della popolazione e sono influenzati dalla cultura, dalla moda e da altri aspetti sociali.  
In questa fase si cerca di intercettare quello che potrebbe essere l'uso la fruizione e il consumo del prodotto. Attraverso metodi previsionali della domanda (l'analisi campionaria) si cerca di stimare il numero potenziale di clienti. Se ci si rende conto che esiste un potenziale mercato si passa alla fase di concept (progetto).
2. **CONCEPT (l'idea di progetto):** si inizia con uno studio di fattibilità avente l'obiettivo di stimare a priori quanto nella pratica il progetto sia fattibile: in questa fase si stima il budget massimo a disposizione per la realizzazione del progetto. Segue poi la definizione delle specifiche, ovvero vincoli di progetto legati alle richieste del cliente e agli aspetti funzionali del prodotto stesso. Solitamente si parte dalle

**SPECIFICHE OBIETTIVO** legate unicamente alle richieste del cliente dalle quali si sviluppano diverse possibili soluzioni concettuali. Si seleziona la migliore delle soluzioni e su questa si effettuano verifiche le quali portano alla determinazione di specifiche finali. Le specifiche finali devono rispettare vincoli funzionali, i vincoli legati ai costi e le richieste del cliente. Segue poi lo **SVILUPPO DEI CONCEPT**, ovvero degli schizzi realizzati a mano per avere più idee su come realizzare il prodotto. Si disegnano al CAD modelli 3D sui quali si possono eseguire simulazioni di analisi, ricreando le condizioni fisiche di funzionamento oppure si può simulare il processo di stampaggio da un'analisi riflusso (analisi termica) Spesso durante questi passaggi alcune specifiche devono essere riviste se presente incompatibilità legata ad aspetti di fattibilità o se risultano incompatibili con altre specifiche.

3. **PRODUCT DEVELOPMENT (sviluppo del prodotto)**: segue la fase di sviluppo dei componenti e dei materiali. Successivamente si ha l'ottimizzazione dei componenti attraverso simulazioni. Occorre poi pianificare la produzione, ovvero capire in base alla previsione della domanda se conviene una produzione in serie, per reparti, per celle di produzione... occorre in generale capire che macchine servono e come disporle a layout nell'impianto. Segue la realizzazione di prototipi: si ha un processo di testing eseguiti su prodotti finché si giunge al prototipo avente risultati soddisfacenti. A questo punto si procede con la realizzazione di una preserie o lotto zero: si riproduce un lotto di prodotti di numero limitato che vengono mandati al cliente come test di prova. Se si ha un riscontro positivo si procede con la produzione vero e propria (entra in gioco il CIM).

#### Organizzazione dei dati e delle risorse di progetto

Quando si propone un progetto occorre presentare un report che dimostri l'esistenza di un potenziale mercato (analisi previsionali della domanda) e che il progetto risulta essere fattibile nei tempi necessari a garantire la competitività tra (basso time to market) con il budget concordato con l'azienda.

Supponiamo che il progetto superi il test di fattibilità, dunque occorre organizzarsi per progettarlo.

I prodotti industriali sono diventati nel tempo sempre più complessi e richiedono l'impiego contemporaneo di più conoscenze: occorre separare il progetto in più parti assegnati a team con competenze differenti in modo da portare avanti più fasi di progettazione simultaneamente. Ciascun sottoprogetto deve rispettare determinate specifiche. Chiamiamo **CONCURRENT ENGINEERING** la progettazione di un prodotto che prevede l'impiego simultaneo di diversi team che mettono in gioco le proprie competenze nella progettazione di una parte del prodotto (Es. team addetto all'elettronica, alla cinematica, alla dinamica, alla scelta dei materiali. al graphic design, all'aerodinamica) rispettando le specifiche. Se il prodotto da realizzare ha parti in comune con prodotti già realizzati, in quanto appartiene ad una gamma di prodotti con alcune parti standardizzate, allora conviene analizzare i progetti già fatti apportandone delle modifiche. Definiamo **REVERSE ENGINEERING** l'analisi dei vecchi progetti e le modifiche eventualmente apportare ad essi.

- ➔ Occorre che l'azienda sia munita di un sistema che condivide le informazioni fra i diversi team che lavorano al progetto, che contenga un archivio dei vecchi progetti e che mantenga aggiornata l'azienda in merito alle richieste dei clienti e all'andamento del mercato.
- ➔ Il PDM e l'EDM sono strutture informatiche che permettono la condivisione dei dati di progetto e di prodotto, il riutilizzo di capitali intellettuali dell'azienda, ovvero i progetti precedenti e la gestione del processo di sviluppo.

**Sistema PDM (product data management)**: è un database relazionale in quanto permette di raccogliere archiviare e condividere dati e informazioni di progetto / prodotto provenienti dai reparti coinvolti nella progettazione del prodotto punti reparto tecnico meccanico reparto tecnico elettronico reparto commerciale... Il sistema PDM è costituito dal **WORKFLOW** ovvero una piattaforma di servizi di rete che definisce la sequenza di operazioni e di attività da seguire nella realizzazione del prodotto stabilendo chi fa cosa. Permette inoltre il coordinamento fra le attività di processo e gli strumenti che creano e

modificano gli oggetti delle attività tale piattaforma permette inoltre di condividere la documentazione tecnica fra serie e divisioni differenti con i fornitori e i clienti.

Il PDM deve prevedere anche la presenza di un sistema di DOCUMENT MANAGEMENT ovvero una piattaforma di servizi di rete che permette l'archiviazione dei dati di prodotto / processo all'interno di un ELETTRONIC VAULT (cassaforte elettronica): e un magazzino di metodo dati al quale il progettista può accedere dalla propria work-station una volta effettuato il login con password ; dal vault può scaricare in locale i documenti per lavorare sul componente (operazione di check-in). Terminale di lavoro si ricarica il progetto nel vault (operazione di check-out) con il cambio di versione così che compaia in archivio come file revisionato. Quando il progettista preleva il file dal server trasferendolo in locale solo lui può lavorare al componente prelevato: dunque necessaria l'organizzazione del progetto in gruppi e sottogruppi secondo un flusso di lavoro (workflow) che prevede e assegna una sequenza di operazioni così da evitare che più progettisti lavorano inutilmente ad uno stesso componente. Ogni utente può infatti accedere solo a certe informazioni dell'elettronic vault in base al proprio username e password, anche per una questione di sicurezza oltre che di assegnazione del lavoro.

- ➔ Il prodotto potrebbe essere assemblato in stabilimenti sparsi nel mondo e i componenti stessi potrebbero essere progettati stabilimenti diversi, dunque, un efficiente sistema di archiviazione e condivisione dei dati permette al personale autorizzato di lavorare su un componente in locale da qualsiasi parte del mondo accedendo con username e password all'elettronic vault digitando il link al file da modificare. Il PDM permette di controllare l'account del progettista che ha effettuato l'accesso al server permettendo di monitorare le ore a cui si lavora ad un certo progetto / sotto progetto.
- ➔ Grazie al PDM l'ufficio acquisti può visualizzare la distinta base e può condividere le informazioni con i fornitori. Se una parte del prodotto è stata standardizzata allora il PDM contiene già la distinta base che viene associata automaticamente al sistema CAD corrispondente alla parte: nella distinta base sono presenti componenti commerciali sotto forma di codici. Modifiche al progetto implicano modifiche alla distinta base. Se si modifica un componente il PDM effettua automaticamente l'aggiornamento della distinta base del complessivo.
- ➔ Oltre l'elettronic vault altre funzionalità del PDM riguardano:
  - la classificazione dei file dei componenti in base alle caratteristiche dei componenti stessi (materiale, tipologia, impiego,...)
  - I file riferiti ai componenti possono essere classificati in base al cliente che li ha commissionati.
  - Codifica dei componenti e di attributi: i componenti commerciali hanno un proprio codice e devono essere acquistati, non realizzati; i componenti progettati hanno un proprio codice determinato attraverso una strategia di codificazione basata su criteri tecnologici, la GROUP TECHNOLOGY: i componenti vengono codificati e classificati in base alle lavorazioni tecnologiche che occorre effettuare per realizzarlo. Tali lavorazioni possono essere dedotte dal CAD Dove le lavorazioni (fori, filettature,...) vengono fatte attraverso operazioni booleane fra una basic-shape (forma base) e diverse features.

La GROUP TECHNOLOGY permette di classificare automaticamente il pezzo definendo il ciclo di lavorazione, il grezzo di partenza e la valutazione dei costi. Inoltre nel sistema PDM la codifica di due elementi assemblabili X e Y deve contenere informazioni che comunichino che X si assembla con Y.

- Gestione delle modifiche: se lo username e la password corrispondono ad un profilo autorizzato a trasferire il locale un fallo delle elettroniche valute all'ora è possibile effettuare la modifica. La modifica di un componente potrebbe comportare la modifica di altre componenti adesso collegati nell'assembly. Grazie al sistema PDM è possibile valutare l'impatto delle modifiche apportate ad un componente nel complessivo.
- Gestione dei componenti: il PDM contiene diversi strumenti di Classificazione di componenti. Componenti progettati in precedenza restano in archivi e sono accessibili. Se abbiamo effettuato una buona standardizzazione su certe parti di prodotto è possibile che i componenti progettati

in precedenza possono essere riutilizzati eventualmente con lievi modifiche. Sono Presenti anche cataloghi di componenti commerciali con annessi codici.

- Nel PDM restano archiviati tutti i report referiti ai componenti e al prodotto nel suo complesso.

**EDM (Engineering data management):** è un database relazionale che consente di verificare, creare, modificare e archiviare documenti e informazioni legate al prodotto / processo. Anche l'EDM è costituito da un servizio di rete world Flow e da un electronic vault. Mentre il PDM permette di archiviare dati provenienti da tutti i reparti interni all'azienda l' EDM vede archiviati al suo interno i solidi dati tecnici solitamente i cadde a 2D / 3D. L' EDM, dunque, è una versione alleggerita del PDM.

**CAPP (Computer aided process planning):** è uno strumento informatico utilizzato nelle fasi di sviluppo del prodotto. Tale strumento in grado di leggere le caratteristiche geometriche del prodotto grazie al software CAD e dispone di un software di trasformazione il linguaggio per macchine utensili. Dall'analisi della geometria del prodotto tale strumento è in grado di determinare la sequenza dei processi di lavorazione, le macchine utensili necessarie alle lavorazioni, gli utensili che occorre montare sulle macchine. Inoltre è possibile determinare i parametri delle lavorazioni (velocità di taglio, profondità di taglio, tempo-ciclo di lavorazione,...).

Il CAPP opera attraverso 2 metodi:

1. **METODO A VARIANTE:** il processo di lavorazione per la realizzazione di una nuova parte viene richiamata da un analogo di una parte precedentemente progettata con eventuali modifiche.
2. **METODO GENERATIVO:** non esistono processi di lavorazioni applicate a parti simili a quella che dobbiamo organizzare. La pianificazione avviene tramite decisioni logiche applicazioni di Formule algoritmi in base alla geometria da realizzare.

L'alternativa alla pianificazione della produzione mediante CAPP e quella manuale, la quale pur essendo la più usata è quella che richiede tempi più lunghi, soprattutto se il processo è complicato, ovvero costituito da numerose lavorazioni. Dunque per quanto si possano standardizzare certi processi, la pianificazione manuale implica necessariamente un time-to-market maggiore rispetto alla pianificazione di un processo con CAPP. Un'evoluzione del CAPP è la DIGITAL FACTORY, la quale permette di simulare la catena produttiva interna allo stabilimento inserendo oltre alle macchine utensili, anche gli operatori e/o robot. Così è possibile valutare gli ingombri ed effettuare un'analisi più completa del processo produttivo.

**ERP (Enterprise resource planning):** è un software che le aziende utilizzano per gestire le attività di business, come la contabilità, e viene applicata anche nel settore amministrativo per il controllo della logistica distributiva e della produzione manifatturiera. Il software aiuta a pianificare, quantificare, prevedere e a comunicare i risultati finanziari di un'azienda. I sistemi ERP offrono in sintesi una visione chiara dell'intero processo di business monitorando tutti gli aspetti della produzione, della logistica e degli aspetti funzionali. I sistemi ERP, PDM e EDM sono applicazioni operative di BACK-OFFICE ovvero che non prevedono contatto diretto col cliente.

**CRM (Customer relationship management):** è l'insieme di strategie adottate dall'azienda per gestire le relazioni coi clienti. L'insieme delle soluzioni adottate in ambito CRM viene indicato col termine FRONT-OFFICE che richiamano il fatto che si ha contatto diretto col cliente. Le strategie di relazioni coi clienti prevedono:

- Individuazione del cliente.
- Comunicazione col cliente → necessario per sapere se il cliente intende commissionare / acquistare un prodotto dall'azienda; necessario per capire se e quanto il cliente è soddisfatto del prodotto;

necessario per offrire al cliente piani di manutenzione del prodotto; necessario per l'erogazione dei servizi legati al prodotto.

Le strategie vengono attuate attraverso opportuni modelli organizzativi processi aziendali e strumenti tecnologici che insieme costituiscono il CRM.

**PLM (Product life-cycle management):** è una filosofia lavoro che tende ad unificare tutti gli aspetti della gestione aziendale sotto un'unica struttura: è presente un WEB SERVER che mette in comunicazione il BACK-OFFICE con il FRONT-OFFICE, così facendo gli ambienti di progettazione, processo e produzione ricevono i dati del settore commerciale che gestisce il rapporto clienti. L'azienda può così mantenersi aggiornata in merito alle variazioni della domanda sul mercato in termini sia di qualità di prodotto richiesto sia di tipologia di prodotto → il settore di progettazione / processo (CAPP) e produzione dovrà quindi adattarsi di conseguenza, ad esempio aumentando / diminuendo la produttività. Tale struttura permette all'azienda di adattare la propria strategia produttiva alle variazioni di mercato in tempi brevi, ottimizzando i costi, migliorando la qualità del prodotto, rinnovando i prodotti e i servizi e aumentando la flessibilità dell'azienda stessa.

Il PLM permette di raccogliere, condividere e modificare dati / informazioni tecniche, dati affidabilistici della manutenzione e dati di gestione del magazzino e delle commesse.

Il PLM agisce in modo globale su tutto il ciclo di vita del prodotto includendo le operazioni di manutenzione, di smontaggio e di riciclaggio a fine vita.

**CIM (Computer integrated manufacturing):** è la produzione integrata di fabbrica che prevede l'integrazione automatizzata tra i vari settori di un sistema produttivo: vengono condivisi dati e informazioni fra i settori di progettazione, ingegnerizzazione, produzione, controllo qualità, pianificazione della produzione e marketing.

L'obiettivo è quello di minimizzare i tempi di sviluppo del prodotto, ottimizzare le risorse e accertarsi costantemente di quale sia l'andamento di mercato. Nella catena riguardante i vari step che portano all'introduzione del prodotto sul mercato, il CIM opera sulla fase di PRODUZIONE e CONTROLLO QUALITÀ, mettendo in condivisione le informazioni raccolte in queste fasi con gli altri settori: quando si passa alla fase di produzione si possono riscontrare problematiche nella realizzazione di certe geometrie o si possono produrre componenti qualitativamente non soddisfacenti. Occorre informare il settore di progettazione per apportare eventuali modifiche. Il CIM mette, quindi, in comunicazione il reparto di produzione con quello di progettazione in quanto le scelte dell'uno influenzano l'altro. Il CIM prevede una fitta rete informatica costituita da sensori posti nella linea produttiva le cui informazioni arriveranno ai PC dell'ufficio in modo da tenere monitorato l'intero processo produttivo.

#### **Metodo per intercettare i bisogni dei clienti (CUSTOMERS NEEDS)**

L'obiettivo è quello di proporre all'azienda di realizzare un prodotto che rispetti i disegni dei clienti, ovvero che abbia mercato. In funzione delle necessità dei clienti si definiscono le specifiche obiettivo:

1. Si definisce lo scopo della ricerca: se ad esempio voglio introdurre sul mercato un trapano elettrico, il nostro obiettivo è riempire il 10% del mercato entro il 2025 col 50% di margine di contribuzione col prodotto in uscita entro 2024.
2. Definiti gli obiettivi devo valutare se esiste un mercato nel quale posso introdurre il prodotto. Devo dunque cercare di prevedere la domanda attraverso ad esempio un'indagine campionaria. Tale indagine prevede che possono essere fatte a ciascuno intervistato alla volta o ad un gruppo di intervistati. Il campione di intervistati deve essere scelto in modo tale da rappresentare l'insieme universo di potenziali clienti: se voglio vendere un nuovo trapano posso scegliere un campione di clienti che hanno già acquistato trapani da me, o posso scegliere il profilo del tipico lavoratore "Fai da te". Le domande che pongo devono far emergere i bisogni e le necessità degli intervistati.

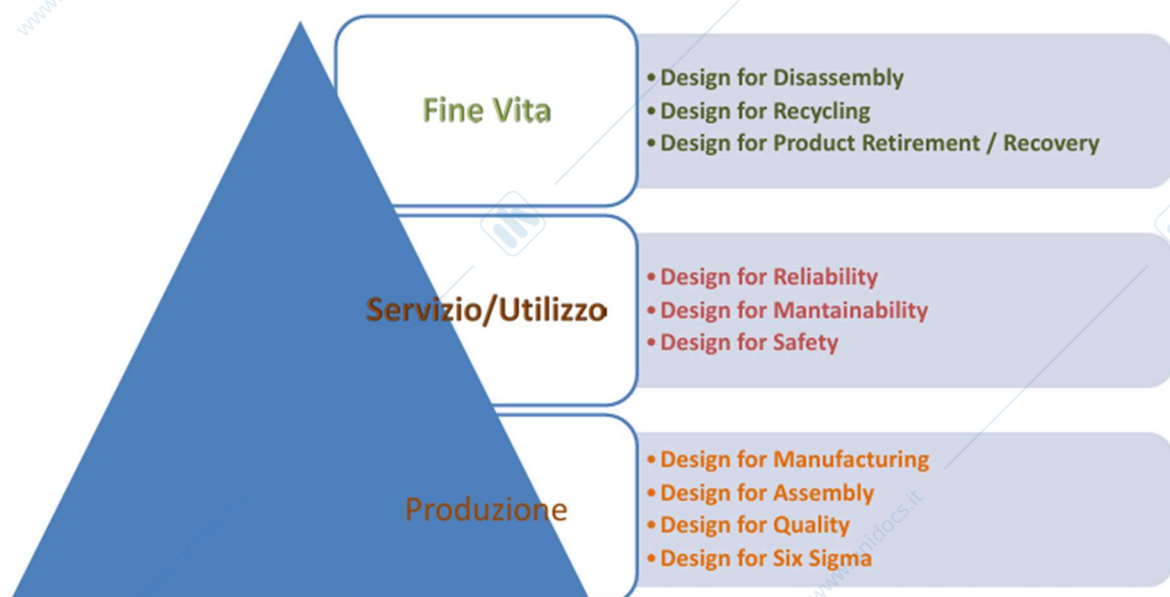
3. Trasformare i dati raccolti in termini di bisogni: saranno bisogni molti diversi fra loro, anche molto simili.
4. Organizzo i dati in base a necessità comuni, ovvero costruisco gruppi in base alla similitudine delle necessità.
5. Scelgo una scala di priorità dei bisogni (es. 1 = non desiderato, ..., 5 = molto desiderato) in base alla frequenza delle risposte, associo il punteggio maggiore alla necessità maggiormente riscontrata nel campione.

**PROTOTIPAZIONE RAPIDA:** è la realizzazione del prototipo in tempi brevi attraverso stampa 3D partendo dal modello CAD.

1. si sceglie il materiale, il quale implica sulla tipologia di processo di stampa 3D.
2. Si realizza il modello CAD dell'oggetto.
3. Si trasporta il file CAD in un file .STL: si esegue la triangolazione delle superfici dell'oggetto, in pratica le superfici dell'oggetto vengono *meshate* con elementi triangolari. Se consideriamo un foro di diametro  $\varphi$  nel CAD, ad esempio la triangolazione delle superfici, otteniamo un foro di diametro  $\varphi' < \varphi$ . Dobbiamo eseguire una triangolazione più spinta per diminuire l'errore  $e = \varphi - \varphi'$ . Esistono software che permettono di correggere gli errori, progettare i supporti e scegliere l'orientazione dell'oggetto nella camera di stampa.
4. SLICER (FETTE): vi sono i programmi che permettono di dividere il volume dell'oggetto in fette o strati così da creare un modello per la stampa additive manufacturing, caratterizzata appunto dalla realizzazione dell'oggetto strato dopo strato.
5. Stampa + post-trattamenti.

**DESIGN FOR X:** si tratta della progettazione volta a scegliere delle specifiche per realizzare l'obiettivo X.

- Ad esempio se vogliamo che il prodotto sia eco-sostenibile, ovvero se la X uguale eco-sostenibilità, dovremmo introdurre apposite specifiche in fase di progettazione.
- L'imposizione di certi obiettivi che vogliamo riscontrare nel prodotto va fatta all'inizio della progettazione, in modo che eventuali modifiche restino confinate all'interno di questa fase (costo delle modifiche minore in fase di progettazione).
- Gli obiettivi da perseguire affinché il prodotto abbia certe proprietà si riferiscono a ciascuno step del ciclo di vita del prodotto.

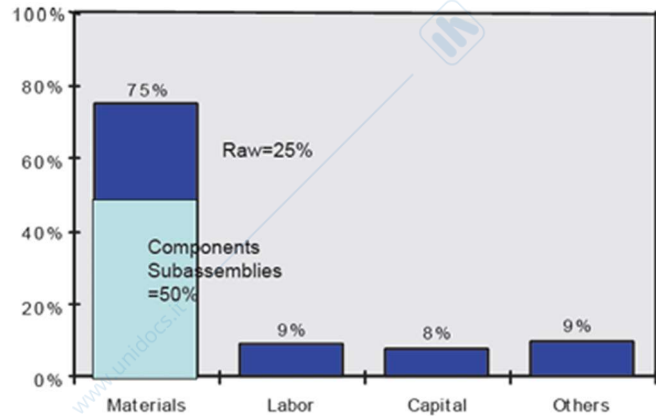


## PRODUZIONE – DESIGN FOR MANUFACTURING + ASSEMBLY

Il design for manufacturing inizia dalla progettazione concettuale ovvero nella fase in cui si definiscono le specifiche. In tale fase si cerca di stimare il costo complessivo di produzione una volta scelto il concept migliore e dopo aver stilato la distinta base.

- Stima dei costi di produzione: i costi di produzione sono correlati al costo di acquisto / realizzazione dei componenti, costo delle materie prime, costo del personale progettista e degli operai, costo di acquisto e di manutenzione dei macchinari, costo delle attrezzature per l'assemblaggio, ...

Noto il costo totale si analizza il peso percentuale di ciascuna voce di costo: solitamente il costo relativo più elevato è quella dei componenti, occorre dunque ottimizzare i componenti nell'ottica di minimizzare i costi pur mantenendo una qualità da specifica.



- Riduzione del costo del componente: esso è dovuto al tipo di materiale e al processo di fabbricazione. Note le specifiche sulle proprietà meccaniche, si possono ricercare materiali che garantiscono quelle proprietà meccaniche e che costino meno.

La standardizzazione permette di abbattere i costi: se scegliamo di utilizzare alcune parti (assembly di più componenti) per una gamma di prodotti, allora possiamo acquistare preventivamente componenti e stocarli a magazzino, inoltre abbattiamo i costi di progettazione, in quanto i progetti dei componenti standardizzati esistono già: dovrò riprogettare solo le parti differenti con appositi adattatori che permettono le connessioni con le interfacce standardizzate → architettura modulare di progetto.

Nella scelta del materiale è importante prendere in esame i costi di produzione legati al peso del componente: si hanno costi elevati per componenti molto pesanti e molto leggeri.



- Riduzione del costo di assemblaggio – DESIGN FOR ASSEMBLY - : i costi possono essere abbattuti progettando parti semplici da assemblare e quantitativamente non troppo numerose: si sceglie un numero di parti minimo teorico e si confronta rispetto a questo valore il numero di parti realizzato:

$$l = N - \frac{N_{\min}}{N} * 100$$

Minore è  $l$  e più efficiente è stata la scelta del numero di parti da assemblare. Il minimo numero teorico di parte da assemblare è determinato rispondendo alle seguenti domande:

1. La parte ha moto relativo rispetto al resto?
2. La parte è fatta da materiale diverso rispetto alle parti adiacenti?
3. La parte deve essere separata dal resto nel caso di interventi di manutenzione?

Le parti che rispondono positivamente a queste domande devono essere separate da quelle adiacenti, dunque l'assemblaggio avviene grazie a sistemi di collegamento come viti, bulloni, linguette, ghiera, ...

Se invece le parti non rispettano tali condizioni non ha senso acquistare viti, bulloni, ... Per il montaggio: si può risparmiare saldando tali parti ai componenti adiacenti, in quanto hanno lo stesso materiale e non devono avere moto relativo.

- ➔ Supponiamo di dover collegare due componenti come ad esempio un albero e un mozzo: occorre scegliere la strategia più economica:
  - con linguetta + ghiera con rosetta ( ) ALTI COSTI
  - linguetta + anello elastico ( ) MINOR COSTI
  - interferenza ( ) ZERO COSTI DI ACQUISTO DI PARTI TERZE

➔ L'assemblaggio può essere semplificato scegliendo un componente base sul quale vengono assemblati tutti gli altri componenti. Vi sono diverse strategie di assemblaggio: si possono assemblare più componenti ottenendo diverse parti e poi si possono assemblare le parti, oppure si esegue un assemblaggio in linea dei soli componenti ottenendo direttamente il prodotto. Scelto il componente base si sceglie la strategia che minimizzi il numero di variazioni di orientazione del componente-base: la condizione migliore è quella che il componente-base resti fermo e che l'assemblaggio si effettui attorno a lui lungo la direzione di montaggio.

➔ I componenti devono essere progettati per facilitare l'assemblaggio, dunque la loro progettazione è funzione del tipo di assemblaggio:

- Assemblaggio manuale;
- Assemblaggio automatico e/o robotizzato.

➔ La direzione di montaggio deve essere rettilinea e i componenti devono avere geometrie compatibili con la direzione di montaggio in modo che l'accoppiamento si verifichi lungo tale traiettoria.

1. **PRODUZIONE – DESIGN FOR QUALITY** - si mira ad avere una progettazione robusta cosicché eventuali modifiche non comportino grosse variazioni al prodotto finale. Vogliamo ottenere un prodotto alto-prestazionale ottimizzato al meglio per quella che sarà la sua funzionalità.
2. **SERVIZIO E UTILIZZO – DESIGN FOR SAFETY** - occorre progettare il prodotto affinché rispetti certi standard di sicurezza durante il funzionamento.
3. **SERVIZIO E UTILIZZO – DESIGN FOR MANTAINABILITY** - occorre progettare il prodotto per facilitare operazioni di manutenzione, le quali spesso prevedono di agire all'interno del prodotto: per facilitare operazioni interne alcune parti del prodotto devono essere smontabili.
4. **SERVIZIO E UTILIZZO – DESIGN FOR RELIABILITY**- Occorre progettare ciascun componente affinché nel suo complesso il prodotto sia affidabile: significa analizzare l'impatto del malfunzionamento di uno o più componenti sulla funzionalità del prodotto. Si analizzano i difetti che più condizionano il funzionamento del prodotto e su questi si interviene per garantire un'elevata efficienza per tutto il ciclo di vita del prodotto.
5. **FINE VITA – DESIGN FOR DISASSEMBLY**-
  - Tale proprietà riguarda la fase ultima del ciclo di vita del prodotto e prevede di attuare delle strategie in fase di progettazione per rendere alcune parti del prodotto disassemblabili: tale proprietà può essere utile anche durante la vita del prodotto per attività di ispezione, manutenzione, cambio di olio, sostituzione di componenti, ...

- A fine vita il fatto di essere facilmente disassemblabile, facilita il riciclaggio, il riutilizzo e la rigenerazione di parte del prodotto: il materiale di alcune parti può essere separato e poi riciclato; alcune parti possono essere riutilizzate soprattutto a fronte di un processo di standardizzazione di tali parti in una gamma di prodotti; la rigenerazione consiste nel trattare la parte estratta riportandola ad uno stato di "come nuovo" per garantire il suo riutilizzo.
- Le normative europee stanno facendo il riciclo di parte di prodotti a Fine Vita e vi sono leggi che responsabilizzano i produttori nel gestire il prodotto a Fine Vita: occorre progettare il prodotto utilizzando, per quanto possibile, materiali riciclabili e garantire strategie di disassemblaggio che permettano di dividere facilmente il materiale per le varie filiere di riciclo.

esempio: smontaggio airbag → è un processo di SMONTAGGIO ATTIVO in quanto la separazione degli assiemi avviene grazie a materiali intelligenti presenti nel prodotto che vengono attivati utilizzando stimoli esterni: tali materiali vengono detti a memoria di forma in quanto sono presenti nel prodotto in uno stato fisico alterato e tornano allo stato fisico normale grazie ad uno stimolo. Lo smontaggio dell'airbag viene realizzato surriscaldando un collare in un materiale a memoria di forma facendolo così passare da uno stato deformato al suo stato originario.

esempio: disassemblaggio vite → in un collegamento vite dado, il dado è realizzato in un materiale a memoria di forma, in particolare è un AMIDO, un materiale facilmente solubile in acqua. Il disassemblaggio avviene bagnando il dado, il quale si dissolve e rende non più funzionale il collegamento.

- Il design for disassembly è uno dei fattori più importanti dell'ECO-DESIGN avente come priorità la creazione di prodotti sostenibili, ovvero riutilizzabili numerose volte e/o riciclabili.

esempio: centro di sviluppo di riciclo del veicolo di GM, Chrysler, Ford avente come obiettivo quello di riciclare il 25% del materiale rimanente dopo l'operazione di riciclaggio dell'autoveicolo. Questo 25% contiene materiali difficilmente riciclabili come fluidi e materie plastiche. L'obiettivo è quello di prelevare nel minor tempo possibile (<20 minuti) i fluidi, rimuovendoli e riducendo i rischi ambientali.

- Regole del design per gli assemblati:

- scegliere materiali compatibili con il riciclaggio;
- utilizzare il minor numero di componenti;
- rendere i componenti facilmente separabili;
- standardizzare l'uso di elementi di fissaggio e di componenti, per favorire il riutilizzo;
- rendere accessibile la parte interna del prodotto per favorire azioni ispettive manutentive.