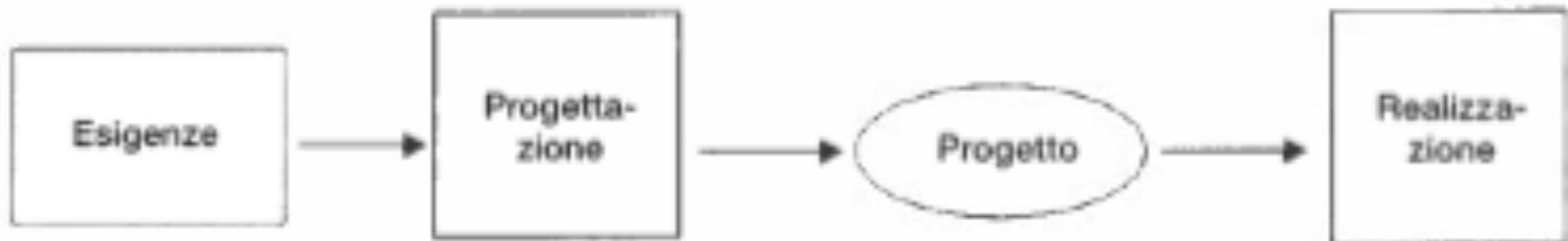


# METODI PER LA PROGETTAZIONE INDUSTRIALE

Prof. G. fargione

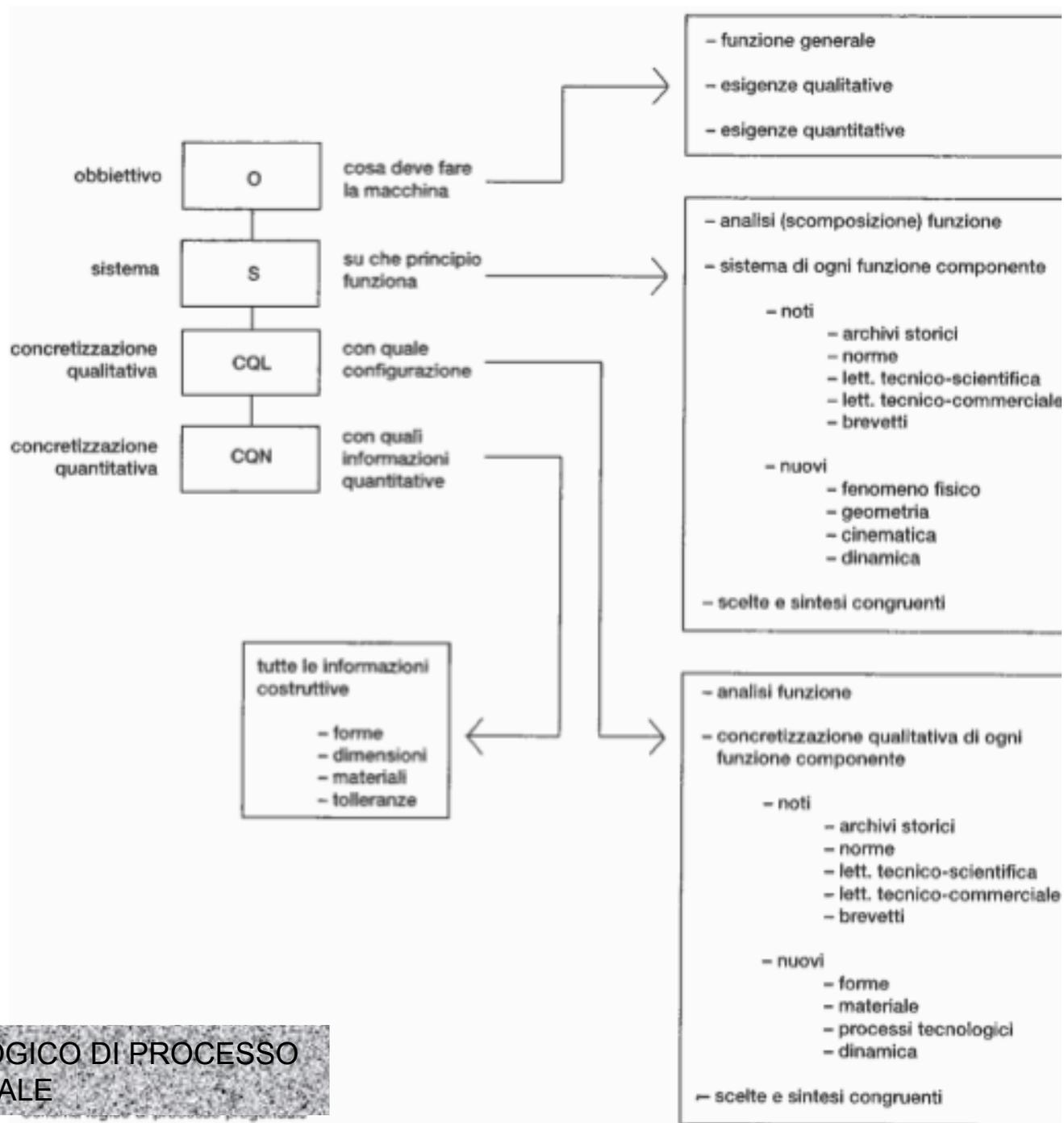
# IL PROGETTO COSTITUISCE UN'INTERFACCIA FRA PROGETTAZIONE E REALIZZAZIONE DI UN PRODOTTO



# Schemi logici

Processo progettuale ha come punto di partenza uno schema logico: completezza e semplicità.

Il processo progettuale può schematizzarsi secondo il seguente schema che sintetizza lo stato dell'arte attuale:

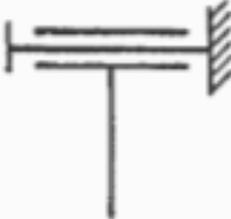
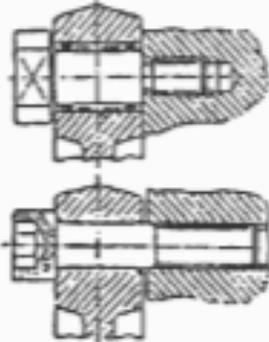
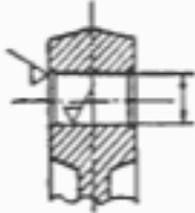


SCHEMA LOGICO DI PROCESSO PROGETTUALE

Il processo progettuale è costituito da 4 passi fondamentali, con ricicli fra di essi non rappresentati nella precedente figura.

Individuato l'obiettivo del prodotto, se ne individuano più principi di funzionamento, raccolti in un "sistema" che inizia le fasi tecniche che danno soluzione all'obbiettivo.

Per esempio nella figura seguente si riporta lo schema logico applicato alla funzione rotazione di un corpo rigido attorno a un sistema fisso (cerniera cilindrica).

Fasi	Funzioni	Rappresentazioni	Soluzioni costruttive
Obiettivo	Rotazioni di un corpo rigido rispetto a un sistema fisso		
Sistema (principio)	Asse rigido bloccato rispetto al sistema fisso, con gioco rispetto al sistema rotante		
Concretizzazione qualitativa	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Fissare l'asse</li> <li>b) Consentire le rotazioni</li> <li>c) Impedire i movimenti assiali non voluti</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>a) Serraggio, forzamento, incollaggio ...</li> <li>b) Attrito diretto, cuscinetto volvente, gabbia di rullini ...</li> <li>c) Anello elastico, elemento filettato ...</li> </ul>
Concretizzazione quantitativa	Dimensioni, tolleranze, materiali		

# CICLO DI VITA DEL PRODOTTO

Il prodotto risultato della progettazione percorre un certo ciclo di vita nell'ambiente.

Il prodotto una volta progettato e come costruito, deve essere distribuito e, come prodotto in uso, inizia a essere utilizzato dal cliente. A fine fase di utilizzazione, il prodotto fuori uso può essere eliminato e divenire un rifiuto totalmente, oppure parzialmente, essere recuperato e, come risorsa, sottoforma di energia o materia seconda, essere reimpresso nel ciclo produttivo.



**CICLO DI VITA DEL PRODOTTO**

# Il DfX

- Il prodotto deve attraversare tutte le fasi del ciclo con comportamento ottimizzato. Il progettista, perciò, già dalla fase iniziale del progetto dovrà considerare tutto ciò.
- Quindi dovrà adottare tutti gli accorgimenti necessari per rendere il prodotto adatto a un buon comportamento nella fase X del ciclo di vita, tali accorgimenti vengono denominati Design for X o semplicemente DfX.

# Integrazione dei due schemi

I due schemi possono essere integrati per individuare una serie di passi proponibili del processo progettuale:

- a) **Obiettivo**, individuato dopo attraverso le indicazioni del marketing. Può essere formalizzato o tradotto attraverso specifiche progettuali, cioè funzione e caratteristiche qualitative e quantitative;
- b) **Principio**, inteso come fenomeno fisico, o, in generale, naturale, utilizzato per svolgere la funzione con le caratteristiche volute.

- c) **Verifica del principio**, alla luce delle metodologie DfX; se i principi da verificare sono più di uno, si può individuare quello su cui sviluppare il progetto, deducendo informazioni su come esso percorre il ciclo di vita ed, eventualmente, modificandolo per migliorare il comportamento;
- d) **Concretizzazione qualitativa**, ottenuta rivestendo il principio con forme e individuandone materiali e processi tecnologici. In questa fase occorrerà definire l'architettura generale del prodotto, i vincoli ergonomici e meccanici, l'estetica, il comportamento nei confronti di ciò che andrà ad assolvere durante lo svolgimento della sua funzione. Ci si avvalerà di strumenti come i FEM, CAD\CAM, CAE, multibody ECC

- e) **Verifica della concretezza**, con una fase del tutto analoga alla c) e con tecnologie analoghe a quelle richiamate in d);
- f) **Definizione di tutte le informazioni quantitative**, attraverso la assegnazione di tutte le quote, dei materiali specifici e delle tolleranze;
- g) **Verifica delle informazioni quantitative**, attraverso le metodologie DfX e le tecniche di simulazione note, arrivando al livello di precisione richiesto

# OBIETTIVO

- FUNZIONE GENERALE
- ESIGENZE QUALITATIVE
- ESIGENZE QUANTITATIVE

- 1 Analisi di mercato
- 2 Risultati di ricerche
- 3 Esigenze della clientela
- 4 Esigenze ambientali
- 5 Analisi brevetti

# Premessa

Le prime definiscono l'operazione che deve compiere il prodotto e le relative specifiche.

I punti 1,2,3,4,5, sono i fattori determinanti per la definizione dell'obiettivo.

Un compito fondamentale del progettista consiste nel formalizzare correttamente, in termini di funzioni ed esigenze, le indicazioni che gli pervengono dagli uomini del marketing.

# Premessa

L'obiettivo, inoltre, una volta formalizzato deve essere sottoposto a verifiche e fattibilità:

- a) Fisiche, per accertarne la possibilità fisica di raggiungimento;
- b) Economiche, per accertare che il relativo rapporto costi\benefici sia minore di 1;
- c) Finanziarie, per stabilirne la sostenibilità dell'onere finanziario;
- d) Etiche, per valutarne l'accettabilità deontologica.

# Funzione

La funzione può essere definita, in generale come elemento che opera il passaggio da uno stato iniziale a uno stato finale: è l'operazione che deve essere svolta dal prodotto. In generale, una funzione è espressa da un verbo e da un complemento oggetto, con eventuali precisazioni, ad esempio:

- a) Bloccare uno spostamento assiale bilatero;
- b) Schiacciare una noce
- c) Trasportare persone
- d) Ruotare di  $90^\circ$  la linea d'azione di una forza

# Funzione

La funzione può avere, ovviamente, vari livelli di complessità. Sulla funzione svolta dal prodotto può essere svolto un primo procedimento di analisi, volto a determinare quelle via via più semplici.

Le funzioni componenti possono dividersi in due insiemi:

- 1 Funzioni fondamentali, che caratterizzano la funzione generale e costituiscono l'obiettivo specifico del prodotto.
- 2 Funzioni secondarie, la cui esigenza scaturisce dall'esistenza stessa delle funzioni fondamentali e dall'ambiente a loro esterno, visto come insieme più generale nel quale esse si trovano

# Funzione

Poiché le funzioni secondarie descrivono esigenze di iterazione delle funzioni fondamentali fra di loro e con l'esterno, le funzioni secondarie possono essere denominate interazioni, rispettivamente interne ed esterne.

Le caratteristiche qualitative e quantitative completano, dal punto di vista rispettivamente della qualità e della quantità, la definizione della funzione.

# Funzione

- Esistono molte soluzioni costruttive che svolgono una determinata funzione, ma con modalità molto diverse: è quindi necessario anche stabilire in modo puntuale come una funzione deve essere svolta
- Funzioni e caratteristiche possono prendere il nome di specifiche di progetto

<b>Prodotto</b>	<b>Funzione generale</b>	<b>Funzioni fondamentali</b>	<b>Interazioni interne</b>	<b>Interazioni esterne</b>
Cuneo	Trasformazione di forze e spostamenti mediante elementi normali alle forze	Orientamento opportuno degli elementi di applicazione delle forze di reazione	Elementi di applicazione della forza motrice Ingombro Messa in opera	Collegamento fra gli elementi di azione, di reazione, di messa in opera
Chiodatura	Collegamento stabile fra due parti senza possibilità di moto relativo	Compressione fra le parti in punti discreti mediante contrazione degli elementi di legame	Ingombro Messa in opera	Congruenza fra gli elementi di legame e le due parti da collegare
Vaivola	Variatione di portata di fluido in un condotto	Variatione della sezione di passaggio	Applicazione della forza motrice Ingombro Messa in opera	Congruenza fra le sezioni di passaggio e le parti che ne determinano la variazione
Vibrofinitrice-asfaltatrice	Realizzazione di un manto stradale mediante posa di conglomerati asfaltici	Stesa, livellamento e compattazione del materiale	Guida, movimento, caricamento Ingombro Messa in opera	Congruenza fra i gruppi componenti

Tabella 4.1

Persone  
in una data posizione



Persone  
nella posizione  
in cui possano svolgere  
una data funzione

	<b>Spostamento</b>
<b>Reale</b>	Automobile, aereo, metropolitana
<b>Virtuale</b>	e-learning, telelavoro, teleconferenza, museo virtuale, e-shopping

Tabella 4.2

<b>Solo funzione</b>	<b>Sostenere il moto rotatorio</b>
<b>Funzione + caratteristiche qualitative</b>	Sostenere il moto rotatorio con possibilità di inserzione dell'elemento interno in direzione radiale
<b>Funzione + caratteristiche qualitative + caratteristiche quantitative</b>	Sostenere il moto rotatorio con accessibilità dell'elemento interno in direzione radiale e con velocità angolare massima pari a 500 rad/s
<b>Funzione + caratteristiche quantitative</b>	Sostenere il moto rotatorio con velocità angolare massima pari a 500 rad/s
<b>Funzione + connotazioni costruttive</b>	Sostenere il moto rotatorio con sfruttamento dell'attrito radente
<b>Funzione + caratteristiche qualitative + caratteristiche quantitative + connotazioni costruttive</b>	Sostenere il moto rotatorio con accessibilità dell'elemento interno in direzione radiale, con velocità angolare massima pari a 500 rad/s e con sfruttamento dell'attrito radente

# IL PRINCIPIO

Con la denominazione principio si intende il principio naturale utilizzato e i principi di funzionamento per svolgere la funzione.

- Analisi della funzione
- Principi per ciascuna funzione componente
- Sintesi congruente dei principi delle varie funzioni componenti
- Sviluppo della creatività: Principi noti; Principi nuovi

- **Analisi della funzione**

Il processo di analisi è inteso come scomposizione delle funzioni fino alla più semplice sostenuta dai principi che ne permettono il compimento in coerenza con il principio generale (o funzione generale) stabilito

La funzione data deve essere scomposta nelle funzioni componenti a livello di maggiore semplicità.

Esempio: La funzione *spaccare una noce* (noce intera noce spaccata) viene scomposta nelle seguenti funzioni:

1. Posizionare la noce
2. Frantumare il guscio
3. Separare l'interno dai frammenti del guscio

L'analisi della funzione potrebbe allora essere la seguente:

1. Prendere la noce con la mano;
2. Posizionare la noce su una superficie d'appoggio;
3. Azionare la superficie di compressioni con l'altra mano;
4. Separare l'interno dai frammenti del guscio.

- **Principi per ciascuna funzione componente**

Effettuata l'analisi della funzione generale ed evidenziatene le funzioni componenti, occorre individuare il principio (o i principi) per svolgere ciascuna di esse.

Ad esempio, la funzione frantumare il guscio, componente della funzione generale spaccare la noce, potrebbe essere svolta dai seguenti principi:

- a) Meccanico (compressione)
- b) Idraulico/pneumatico (esplosione)
- c) Idraulico/pneumatico (esplosione)
- d) Chimico (solvente)

Per la funzione spaccare 1 noce meccanicamente comprimendola fra due superfici rigide, alcuni esempi di principi sono:

- a) Per la funzione bloccare la noce**

- a.1) sistema di forza su una sola superficie
- a.2) sistema di forma su una sola superficie
- a.3) sistema di forza su entrambe le superfici
- a.4) sistema di forma su entrambe le superfici
- a.5) sistema di forza su una superficie e di forma sull'altra

**b) Per funzione azionare la superficie di compressione**

b.1) azione diretta manuale

b.2) massa

b.3) vite e madrevite

b.4) leva rettilinea

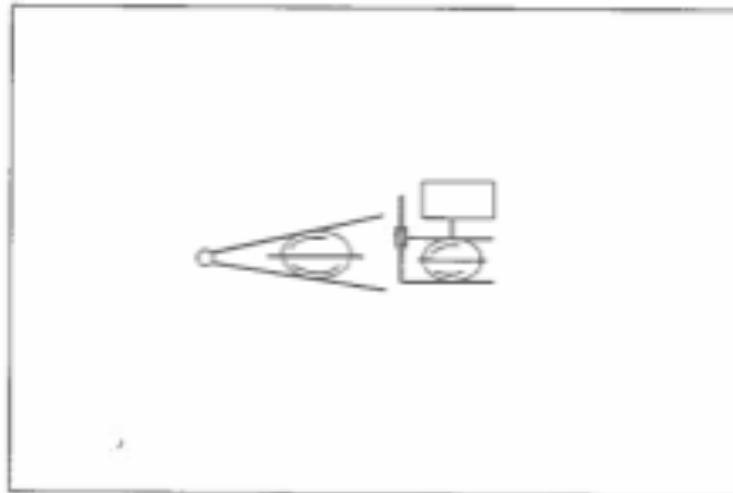
b.5) leva a squadra

b.6) camma

**• Sintesi congruente dei principi delle varie funzioni componenti**

Il principio di effettuazione della funzione generale scaturisce dalla sintesi congruente dei principi individuati per le varie funzioni componenti.

In figura esempio di sintesi di uno schiaccianoci.



- **Sviluppo della creatività**

Lo sviluppo di principi innovativi è strettamente legato allo sviluppo della creatività.

1. Principi noti: che possono essere innovativi in relazione alle specifiche applicazioni, derivano dal patrimonio delle conoscenze della tecnica. Essi possono scaturire da un esame sistematico e critico della letteratura scientifico tecnica, della letteratura tecnico-commerciale, dalle soluzioni costruttive storiche, dai brevetti.
  2. Principi nuovi: il principio può essere pensato, in generale, come caratterizzato da un certo numero di elementi, quali, ad esempio, il fenomeno naturale, la geometria delle superfici utili, la cinematica delle stesse, la dinamica (cioè la generazione di forze), l'azionamento (cioè la generazione di lavoro meccanico e trasporto del lavoro stesso alle superfici utili).
- Osservazioni della natura; geometria; cinematica; dinamica; azionamento

Tab.5,2

## SCHEDA DI CATALOGAZIONE DISEGNI TECNICI

### 1. dati generali

1.1 n.

1.2 data di compilazione

1.3 titolo

1.4 data di esecuzione

1.5 azienda/autore

### 2. dati formali

2.1 originale/copia

2.2 tipo di supporto

2.3 tipo di esecuzione

2.3.1 [mano libera/strumenti/elaboratore]

2.3.2 [matita/inchiostro/stampa]

2.4 dimensioni

2.5 tipo di rappresentazione

2.5.1 [complessivo/particolare]

2.5.2 rappresentazione [completa/semplificata/schematica]

2.5.3 proiezioni [ortogonali/assonometriche/prospettiche]

2.5.4 presenza di colore [sì/no]

2.5.5 scala [1:1/1:2/1:25/altra scala]

2.6 stato di conservazione [buono/medio/cattivo]

2.6.1 danneggiamenti [superficiali/importanti]

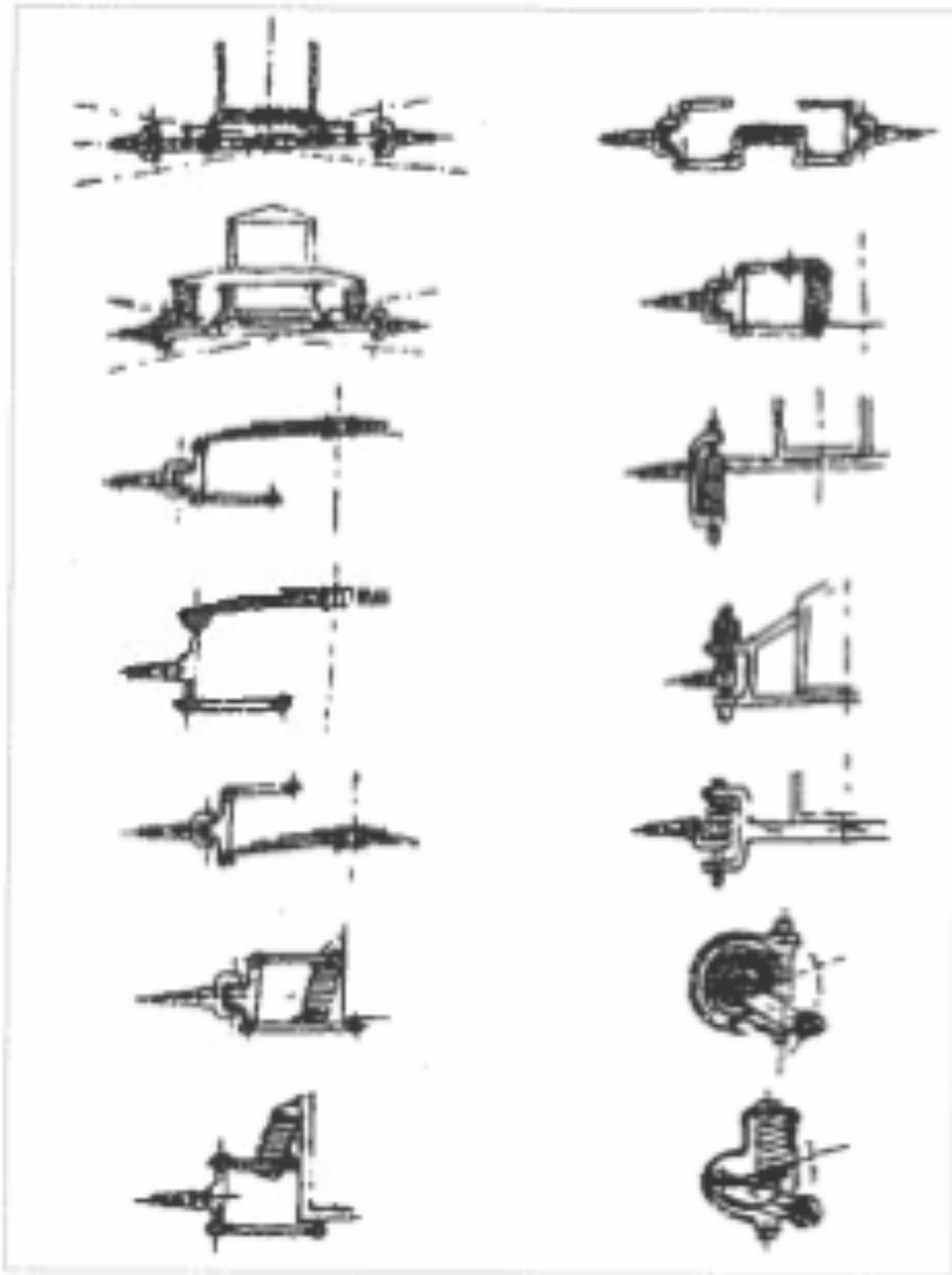
2.7 restauri

### 3. dati sostanziali

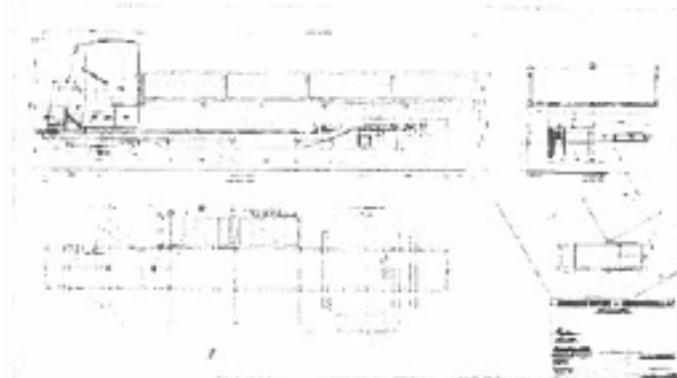
3.1 oggetto/i rappresentato/i

3.2 funzione/i

### 4. note



SCHIZZI DI V.LANCIA ANNI 10



AUTOCARRO AT4 ING.TURNELLI 1940



<b>1. Dati generali autovettura</b>		
1.1 marca		
1.2 tipo		
1.3 anno		
1.4 Paese		
<b>2. Dati generali sospensione</b>		
2.1 posizione		
2.1.1 anteriore		
2.1.2 posteriore		
2.2 ruote		
2.2.1 motrici		
2.2.2 non motrici		
<b>3. Organi di vincolo</b>		
3.1 Asse rigido		
3.1.1 vincolato da molle a balestra		
3.1.2 con 2 bracci longitudinali e 2 obliqui		
3.1.3 con 2 bracci longitudinali e barra Panhard		
3.1.4 con 2 bracci longitudinali e triangolo superiore		
3.1.5 con 2 bracci longitudinali e bielismo di Watt		
3.1.6 con 2 bracci longitudinali e meccanismo di Scott-Russel		
3.2 Ruote indipendenti		
3.2.1 mancanti		
3.2.2 bracci trasversali		
3.2.2.1 semplici		
3.2.2.2 doppi		
3.2.3 bracci longitudinali		
3.2.3.1 semplici		
3.2.3.1.1 spinti		
3.2.3.1.2 tirati		
3.2.3.2 doppi		
3.2.3.2.1 spinti		
3.2.3.2.2 tirati		
3.2.3.2.3 uno spinto e uno tirato		
3.2.4 bracci obliqui		
3.2.4.1 semplici		
3.2.4.2 doppi		
3.2.5 McPherson		
3.2.6 multi-link		
3.3 Ruote semiindipendenti		
3.3.1 a U		
3.3.2 a H		
<b>4. Organi elastici</b>		
4.1 molle ad elica		
4.1.1 forma elica		
4.1.1.1 cilindrica		
4.1.1.2 conica		
4.1.2 sezione filo		
4.1.2.1 circolare		
4.1.2.2 rettangolare		
4.1.3 posizione		
4.1.3.1 braccio singolo		
4.1.3.2 braccio superiore		
4.1.3.3 braccio inferiore		
4.1.3.4 montante		
4.1.4 direzione		
4.1.4.1 verticale		
4.1.4.2 inclinata		
4.1.4.3 orizzontale longitudinale		
4.1.4.4 orizzontale trasversale		
4.2 barre di torsione		
4.2.1 sezione		
4.2.1.1 circolare		
4.2.1.2 rettangolare		
4.2.2 direzione		
4.2.2.1 longitudinale		
4.2.2.2 trasversale		
4.2.3 posizione		
4.2.3.1 braccio singolo		
4.2.3.2 braccio superiore		
4.2.3.3 braccio inferiore		
4.3 molle a balestra		
4.3.1 numero di foglie		
4.3.1.1 una		
4.3.1.2 più di una		
4.3.2 direzione		
4.3.2.1 longitudinale		
4.3.2.2 trasversale		
4.3.3 funzione		
4.3.3.1 solo organo elastico		
4.3.3.2 anche organo di vincolo		
4.3.4 disposizione		
4.3.4.1 foglia maestra superiore		
4.3.4.2 foglia maestra inferiore		
4.3.5 configurazione		
4.3.5.1 semiellittica		
4.3.5.2 ellittica		
4.3.5.3 3/4 di ellisse		
4.3.5.4 1/4 di ellisse		
4.3.6 vincolo al telaio		
4.3.6.1 cerniera/cerniera		
4.3.6.2 cerniera/biellezza		
4.3.6.3 cerniera/patino		
4.4 altro molle metallica		
4.4.1 tipo		
4.4.2 forma		
4.4.3 posizione		
4.5 molle ad aile		
4.5.1 tipo		
4.5.2 posizione		
4.6 note		
<b>5. Ammortizzatori</b>		
5.1 tipo		
5.1.1 meccanici		
5.1.2 idraulici telescopici		
5.1.3 idraulici a rotazione		
5.2 direzione		
5.2.1 verticale		
5.2.2 inclinato		
5.2.3 orizzontale longitudinale		
5.2.4 orizzontale trasversale		
5.3 posizione		
5.3.1 braccio singolo		
5.3.2 braccio inferiore		
5.3.3 braccio superiore		
5.3.4 montante		
5.4 azionamento		
5.4.1 diretto		
5.4.2 con l'interposizione di un cinematico		
<b>6. Organi antirullo</b>		
6.1 tipo		
6.1.1 meccanici		
6.1.2 idraulici		
6.2 note		
<b>7. Organi antibeccheggio</b>		
7.1 tipo		
7.1.1 conseguente alla configurazione dei bracci		
7.1.2 specifico meccanico		
7.1.3 specifico idraulico		
7.2 note		
<b>8. Organi di livellamento</b>		
8.1 tipo		
8.1.1 idraulico		
8.1.2 pneumatico		
8.1.3 meccanico		
8.2 note		
<b>9. Organi di controllo</b>		
9.1 tipo		
9.1.1 di livello		
9.1.2 di smorzamento		
9.1.3 di rotolamento		
9.1.4 di rigidità		
9.1.5 di beccheggio		
9.1.6 di sterzata posteriore		
9.2 tipo di regolazione		
9.2.1 discreta		
9.2.2 continua		
9.3 intervento		
9.3.1 diretto		
9.3.2 automatico		
<b>10. note</b>		

## PROBLEM SOLVING PER LA PROGETTAZIONE

Per definire la strategia di soluzione del problema progettuale occorre prima identificarlo.

A questo proposito, la maggior parte delle tecniche di progettazione e di sviluppo della progettazione meccanica **permette di individuare il problema ma non la soluzione.**

La situazione più pericolosa si ha quando il progettista si appoggia solo alla sua esperienza o alle sue competenze per trovare la soluzione del problema progettuale (**Inerzia Psicologica**).

Questo porta a trascurare nuove soluzioni, anche semplici e banali, appartenenti ad altri campi o note ed ovvie per tecnici di rami diversi.

Un **problema** è una situazione in cui si è insoddisfatti dell'attuale, del posseduto o del disponibile rispetto a qualcosa che si considera ideale.

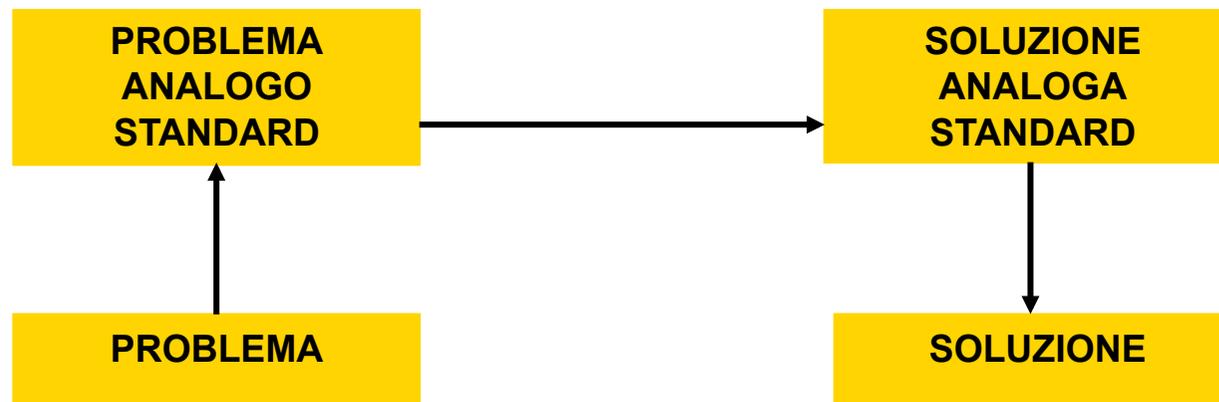
**Psicologicamente** il problema si risolve avvicinando la situazione reale alla situazione desiderata.

**Tecnicamente** il problema è risolto determinando i valori ottimali di parametri o grandezze inizialmente non quantificate, in presenza di un set di vincoli e di situazioni contrastanti.

I problemi progettuali sono suddivisibili in due tipi:

- **Problemi a soluzione generica nota (closed-end)**: le soluzioni specifiche si ricavano da calcoli e/o reperendo informazioni specifiche nella letteratura tecnica. Il problema è assimilato ad uno analogo già risolto e si cerca la soluzione specifica.
- **Problemi a soluzione sconosciuta (open-end, problemi inventivi)**: possono contenere condizioni contraddittorie che limitano l'uso delle analogie e delle conoscenze. Le tecniche impiegate per la ricerca della soluzione si basano spesso su esperienza e capacità inventiva delle persone, generando una forte soggettività delle possibilità di soluzione.

### MODELLO GENERALE DEL PROBLEM SOLVING



Nei metodi *trial-and-error* usati per i problemi inventivi si generano differenti configurazioni che vengono vagliate con un test di capacità di sopravvivenza, che segue la teoria neo-darwiniana.

Uno strumento fondamentale è il **Rasoio di Occam** (**Principio di Parsimonia** o **Principio di Semplicità**):

**non si deve incrementare, oltre il necessario, il numero delle entità necessarie a spiegare qualcosa: si deve sempre scegliere la spiegazione più semplice di un fenomeno.**

In progettazione, il **Principio di Semplicità** riduce il numero dei componenti ricorrendo a principi fisici e soluzioni tecniche semplici.

La semplicità garantisce in generale convenienza economica: un numero minore di pezzi e sagome semplici sono fabbricati più velocemente e più facilmente.

Sagome e forme facilmente descrivibili ed identificabili generano componenti più facilmente montabili e controllabili.

Il manufatto semplice richiede minore manutenzione ed è più facilmente **comprensibile** dal punto di vista del funzionamento (pochi e semplici comandi) e del montaggio/smontaggio.

Il *target* del progettista è

**il minor numero di componenti con la forma più semplice**

## TRIZ

**TRIZ** (Teoriya Resheniya Izobretatelskikh Zadatch, **Teoria della soluzione inventiva dei problemi**) è stato elaborato dall'ing. **Genrich Altshuller** (progettista meccanico nella Marina sovietica) a partire dal 1946.

TRIZ è una procedura sistematica per fasi successive, ripetibile, indipendente da strumenti psicologici, aggiornabile in base all'insieme delle conoscenze ritrovabili nelle invenzioni, che si riconduce al Modello Generale del *Problem Solving*.

Esaminando centinaia di migliaia di brevetti, **Altshuller** scoprì che le soluzioni inventive sono una percentuale molto bassa (20%) e le codificò (**Patent knowledge**), mentre il resto sono miglioramenti più o meno importanti.

Le caratteristiche negative delle soluzioni inventive sono legate all'insorgenza di problemi ulteriori, spesso inattesi (corollari 4 e 7 della Murphy's Law!): il progettista è costretto a perseguire **soluzioni di compromesso** e rinunciare alla soluzione ideale.

Altshuller trovò soluzioni che risolvevano le contraddizioni in molte situazioni e analizzandole riuscì ad identificare un numero limitato di principi inventivi base.

In [www.triz-journal.com/archives/1997/07](http://www.triz-journal.com/archives/1997/07) sono riportati i 40 principi inventivi e la **Matrice delle Contraddizioni** che li collega alle **caratteristiche da migliorare [SI]** e alle **contraddizioni/caratteristiche negative [NO]**; i due elenchi coincidono, dal punto di vista **archivistico**.

In [www.triz40.com](http://www.triz40.com) è disponibile gratuitamente l'identificazione interattiva dei principi inventivi a partire dalle caratteristiche innovative e dalle contraddizioni riscontrate in un problema inventivo.

## PARAMETRI STANDARD TECNICI

1. Peso di oggetto in movimento
2. Peso di oggetto fermo
3. Lunghezza di oggetto in movimento
4. Lunghezza di oggetto fermo
5. Area di oggetto in movimento
6. Area di oggetto fermo
7. Volume di oggetto in movimento
8. Volume di oggetto fermo
9. Velocità
10. Forza
11. Tensione, pressione
12. Forma
13. Stabilità dell'oggetto
14. Resistenza
15. Durata di oggetto in movimento
16. Durata di oggetto fermo
17. Temperatura
18. Brillantezza
19. Energia assorbita da oggetto in movimento
20. Energia assorbita da oggetto fermo
21. Potenza

22. Energia dissipata
23. Materia dissipata
24. Perdita di informazioni
25. Perdita di tempo
26. Quantità di sostanza
27. Affidabilità
28. Accuratezza di misura
29. Accuratezza di produzione
30. Fattori dannosi agenti dell'oggetto
31. Effetti collaterali dannosi
32. Producibilità
33. Convenienza d'uso
34. Riparabilità
35. Adattabilità
36. Complessità del meccanismo
37. Complessità del controllo
38. Livello di automazione
39. Produttività.

## PRINCIPI INVENTIVI (PATENT KNOWLEDGE)

1. Segmentazione (dividere l'oggetto in parti indipendenti, aumentare il grado di segmentazione)
2. Estrazione (di una parte o proprietà da un oggetto)
3. Qualità locale (cambiare la struttura da omogenea a eterogenea, suddividere le funzioni tra parti diverse dell'oggetto, mettere le singole parti nelle condizioni migliori di operazione)
4. Asimmetria
5. Accorpamento
6. Universalità (oggetto multifunzione)
7. Nesting
8. Contrappeso (bilanciamento)
9. Reazione anticipata
10. Azione anticipata
11. Contromisura anticipata
12. Equipotenzialità (evitare che l'oggetto sia alzato o abbassato)
13. Inversione
14. Sfericità (sostituire parti lineari o piane con parti curve o sferiche)
15. Mobilità (oggetto automaticamente adattabile, oggetto suddiviso in elementi mobili tra di loro, oggetto mobile o sostituibile)
16. Azione parziale o eccessiva (se l'effetto desiderato è difficilmente ottenibile con precisione, cercare qualcosa di superiore o inferiore quantitativamente semplifica il problema)
17. Aggiungere una nuova dimensione (oggetto mobile su un piano invece che su una linea, inclinare l'oggetto, usare multistrati invece di singoli strati)

18. Vibrazioni meccaniche
19. Azione ciclica periodica
20. Continuità di un'azione utile
21. Attraversamento veloce (di situazioni pericolose, per evitare danni!)
22. Trasformare danno in beneficio
23. Feedback
24. Mezzo intermedio
25. Self-service
26. Copia
27. Usa e getta
28. Sostituzione di un sistema meccanico
29. Soluzione pneumatica o idraulica
30. Membrana flessibile o film sottile
31. Materiale poroso
32. Cambiamento di colore
33. Omogeneità
34. Espulsione e sostituzione di parti (obsolete o deteriorate)
35. Trasformazione fisica o chimica di un oggetto
36. Cambiamento di fase
37. Espansione termica
38. Uso di forti ossidanti
39. Ambiente inerte
40. Materiale composito.



Il processo proposto da Altshuller è suddiviso in cinque fasi:

1. **Identificazione del problema**: sistema ingegneristico da studiare, ambiente operativo, fonti di energia, funzione primaria, effetti dannosi, risultato ideale.
2. **Formulazione del problema (TRIZ PRISM o ARIZ)**: riformulazione del problema in termini di contraddizioni fisiche e possibili problemi (conflitti tecnici e tecnologici).
3. **Ricerca dei problemi già risolti con successo**: tra i **39 Parametri Standard Tecnici** identificati in TRIZ si individuano quelli in contraddizione (quello da variare nella soluzione e quello che risulta effetto secondario indesiderato) e si definisce il conflitto tecnico.
4. **Ricerca di soluzioni analoghe**: i **40 Principi Inventivi** danno spunti al progettista per trovare soluzioni altamente inventive. Per scegliere si usa la Matrice delle Contraddizioni dove le 39 caratteristiche tecniche standard sono riportate lungo l'asse X- orizzontale (**NO: effetti secondari indesiderati**) e lungo l'asse Y-verticale (**SI: caratteristiche da migliorare**): nelle celle della Matrice sono riportati i Principi Inventivi da usare.
5. **Adattamento alla soluzione desiderata.**

Una delle leggi fondamentali di TRIZ è **Law of Increasing Ideality**: i sistemi tecnici evolvono verso livelli crescenti di **idealità**, definita come il rapporto tra la somma degli effetti utili del sistema U (i risultati attesi) e la somma dei suoi effetti dannosi D:

$$\text{IDEALITA}' = U/D$$

La soluzione ideale **finale** è quella che presenta solo effetti utili (idealità tendente ad infinito) perché tutte le contraddizioni sono state eliminate: **la funzione esistente senza la macchina.**

In termini meno aulici, l'Idealità può essere paragonata al *Value*.