

# Costruzione di Macchine

«tutto ciò che serve per passare da un'idea di macchina alla sua realizzazione»

# Costruzione di Macchine

---

## Macchine?

Impianto

macchina complessa, insieme di sistemi con particolari funzioni complesse (es. impianti meccanici, termici, chimici, elettrici, nucleari, ecc.)

Sistema

insieme di sottosistemi (es. banco prova con sistemi di carico, di misura, di lubrificazione)

Sottosistema

insieme di componenti (es. centralina oleodinamica composta di pompe, scambiatori, valvole, tubazioni, ecc)

Macchina

componente suddivisibile in gruppi con particolari funzioni

Gruppi

suddivisibili in sottogruppi e particolari

Particolari

# Progettazione

---

Progettazione = sintesi tra ambienti diversi (funzionale – strutturale – tecnologico)



- Individuazione funzione organo
- Definizione forma
- Scelta del materiale
- Scelta del processo produttivo

*Non necessariamente in sequenza*

Aspetti da considerare:

- Affidabilità
- Economicità
- Rapidità di progetto
- Ottimizzazione rispetto a particolari esigenze (es. peso)
- Facile manutenzione
- Limitato impatto ambientale \*\*\*

# Informazioni sul corso

---

## Scopo dell'insegnamento:

- Fornire conoscenze fondamentali per il progetto, il dimensionamento e la verifica di componenti di sistemi meccanici

## Programma:

- Le fasi del progetto
- Metodi per il calcolo approssimato delle sollecitazioni (richiami teoria delle travi, teoria dei gusci assialsimmetrici e cilindri di grosso spessore)
- Il metodo degli elementi finiti (teoria e applicazione)
- Comportamento meccanico dei materiali soggetti a sollecitazioni statiche, cicliche, in presenza di fessure, in ambiente aggressivo
- Collegamenti bullonati e saldati
- Cuscinetti e alberi rotanti

# Informazioni sul corso

---

## Testi:

- De Paulis, Forte, Frenzo, Manfredi, **Costruzione di Macchine**, Pearson, 2019, €39
- Juvinall, Marsheck, **Fondamenti della progettazione dei componenti delle macchine**, ETS
- Slides e eventuali fotocopie

## Modalità di esame:

- 2 verifiche in itinere + progettino (peso rispettivamente 2/3 e 1/3 sul voto finale)
- In alternativa: esame scritto+orale+progettino
- Senza progettino (penalità -10%)

# Progettazione: la specifica tecnica

---

Base di partenza del progetto: **specificata tecnica** della macchina

- Definisce tecnicamente le prestazioni richieste e le condizioni da soddisfare di un prodotto industriale
- Nasce da indagine di mercato e da trattativa costruttore/acquirente

## CONTENUTO

- Titolo e acronimo, data, responsabile
- Sommario
- Indice
- Introduzione
- Caratteristiche e prestazioni richieste (valori minimi accettabili o range ammesso)
- Condizioni da soddisfare
  - ✓ Pesì e ingombri
  - ✓ Interfacce
  - ✓ Prescrizioni legali e regolamentari
  - ✓ Condizioni ergonomiche
  - ✓ Durata

# Progettazione: la specifica tecnica

---

## CONTENUTO cont.

- Volume di produzione
- Trasporti, consegna, installazione
- Modalità di collaudo tecnico e accettazione
- Addestramento all'impiego, ispezione, manutenzione, ricambi
- Garanzie tecniche e tempi relativi
- Allegati (schemi, interfacce, etc.)
- Elenco simboli e glossario

Occorre distinguere elementi IRRINUNCIABILI («deve») e DESIDERABILI

# Progettazione: la specifica tecnica

Per redigere la specifica o orientare la progettazione → stabilire Priorità dei Requisiti → approccio HOUSE OF QUALITY

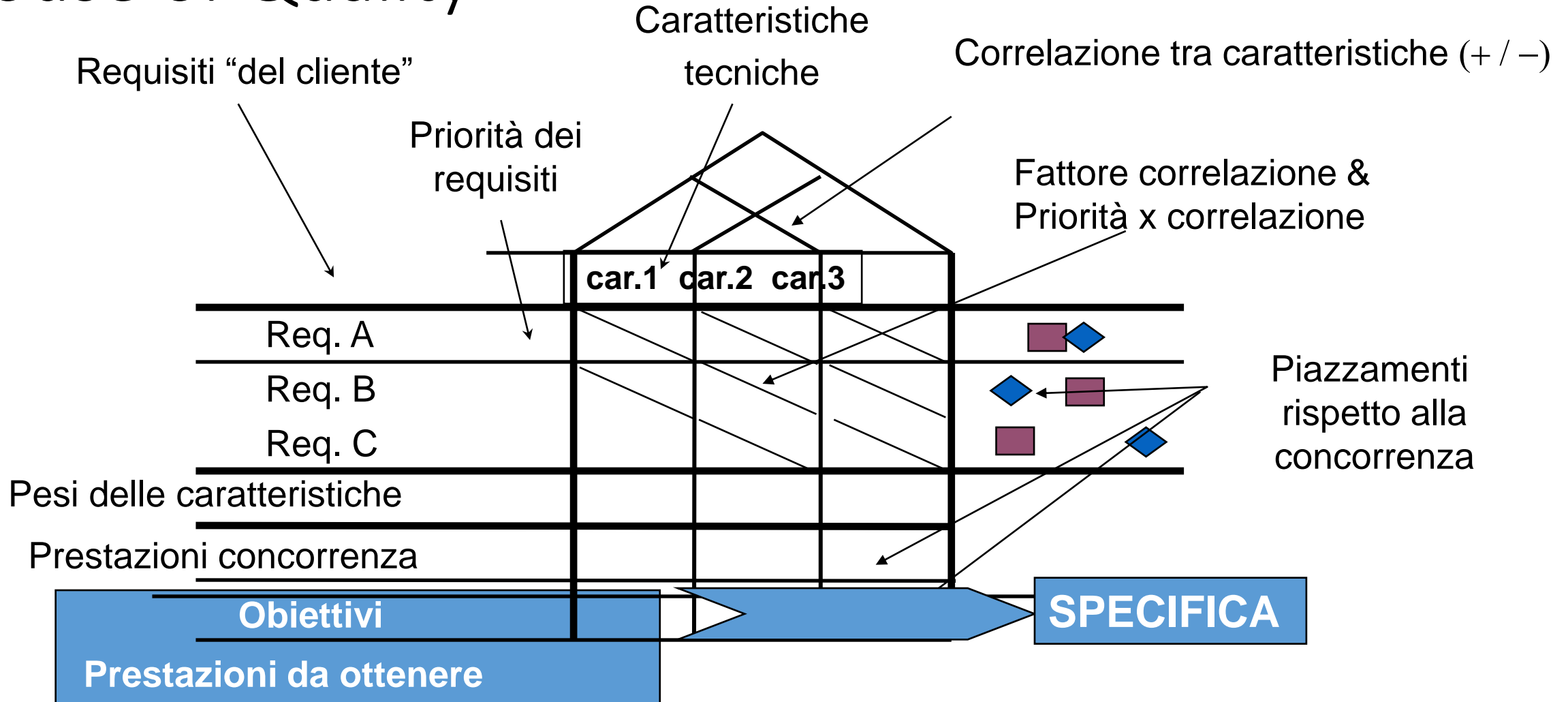
Requisiti qualitativi (es. affidabilità, efficienza energetica, silenziosità di un elettrodomestico) → attribuzione % priorità x indice di correlazione (0-4) con caratteristiche tecniche → importanza relativa caratteristiche tecniche e definizione caratteristiche o prestazioni irrinunciabili/desiderabili

requisiti	priorità	caratteristiche			
		massa	n.comp.	spess.isol.	c.sic.
affidabilità	0.6	1*0.6	4*0.6	0	2*0.6
efficienza energetica	0.2	2*0.2	1*0.2	2*0.2	0
silenziosità	0.2	2*0.2	2*0.2	4*0.2	1*0.2
<b>Totale</b>		1.6	3	1.2	1.4
<b>Imp.relativa</b>		22%	42%	17%	19%





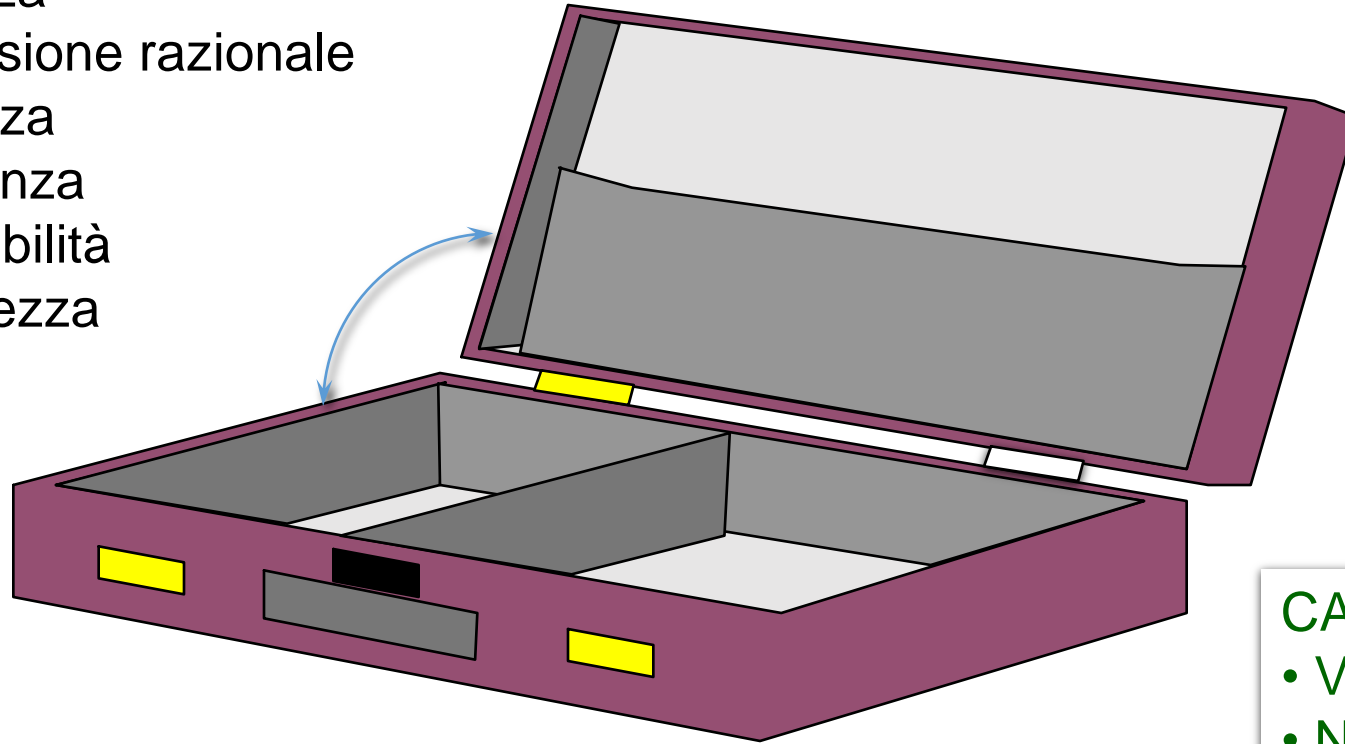
# House of Quality



# ESEMPIO HoQ

## REQUISITI:

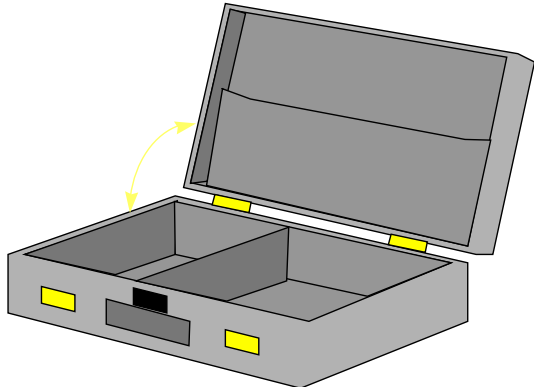
- Capienza
- Suddivisione razionale
- Sicurezza
- Resistenza
- Accessibilità
- Leggerezza
- .....



Analisi delle  
esigenze del cliente

## CARATTERISTICHE

- Volume
- Numero comparti
- Dimensioni
- Numero chiusure
- Peso
- Angolo apertura
- ...



# HOUSE OF QUALITY

<i>Requisiti</i>	<i>Priorità</i>	<i>Massa</i>	<i>Volume</i>	<i>N. comparti</i>	<i>N.serrature</i>	<i>Angolo apertura</i>
Capienza	1	1x3	1x9	1x1		
Suddivisione	2	2x1	2x1	2x9		2x1
Sicurezza	2	2x3			2x9	
Accessibilità	2		2x1	2x2		2x9
Leggerezza	3	3x9	3x2	3x1	3x1	
<i>Importanza</i>	$\Sigma$	<b>38</b>	<b>19</b>	<b>26</b>	<b>21</b>	<b>20</b>
<i>Obiettivi:</i>		<i>X kg</i>	<i>Y cm<sup>3</sup></i>	<i>n1</i>	<i>n2</i>	<i><math>\alpha</math> °</i>

**PRESTAZIONI: SPECIFICA PRODOTTO**

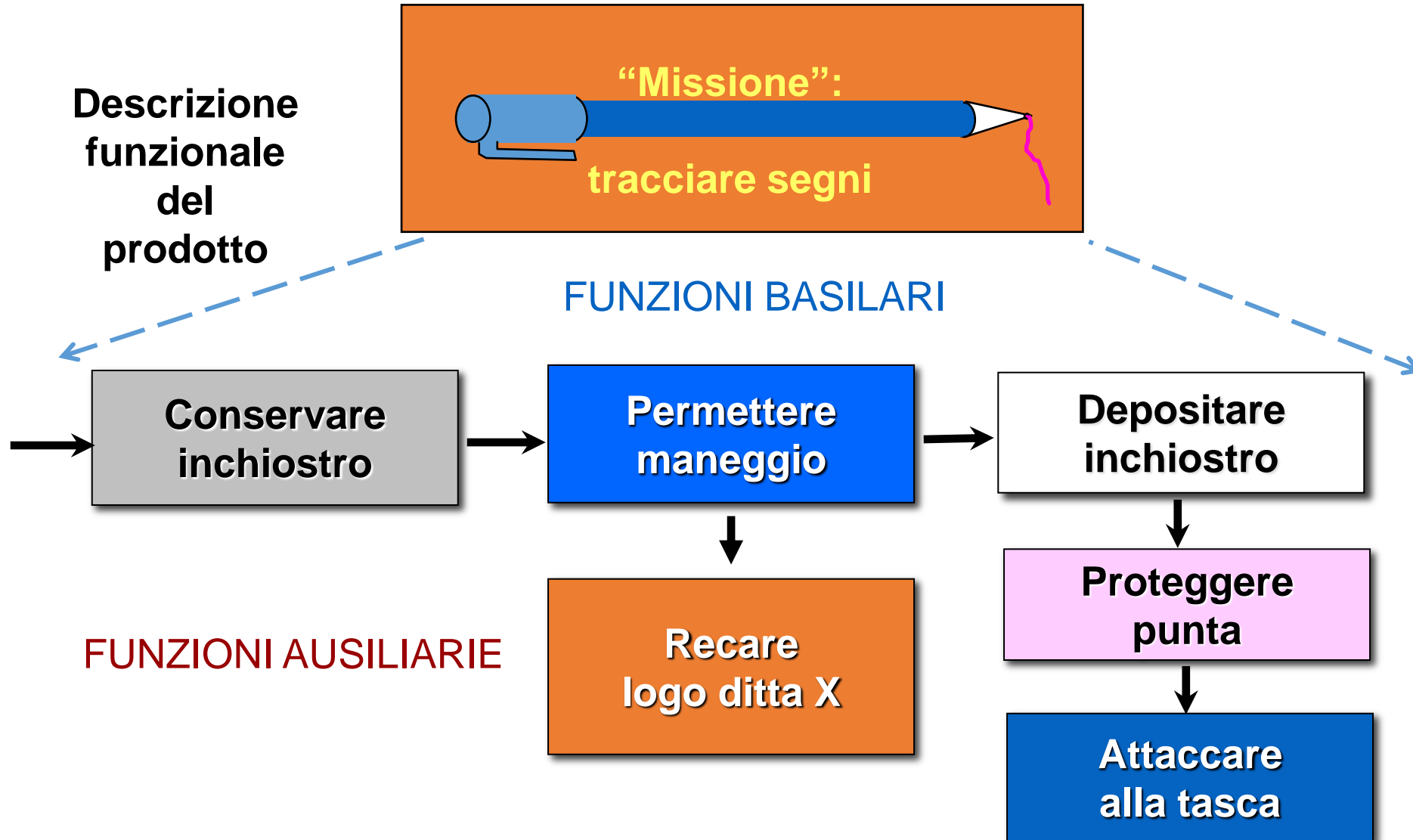
# Progetto Concettuale – Concept Design

- Definisce le funzioni basilari e ausiliarie (*albero delle funzioni*) che la macchina deve assolvere per assolvere la funzione principale (OBIETTIVO)
- Definisce le funzioni di apprezzamento (es. massimizzare qualità, diminuire i costi, apparire un buon acquisto)

*Esempio: manubrio di bicicletta*

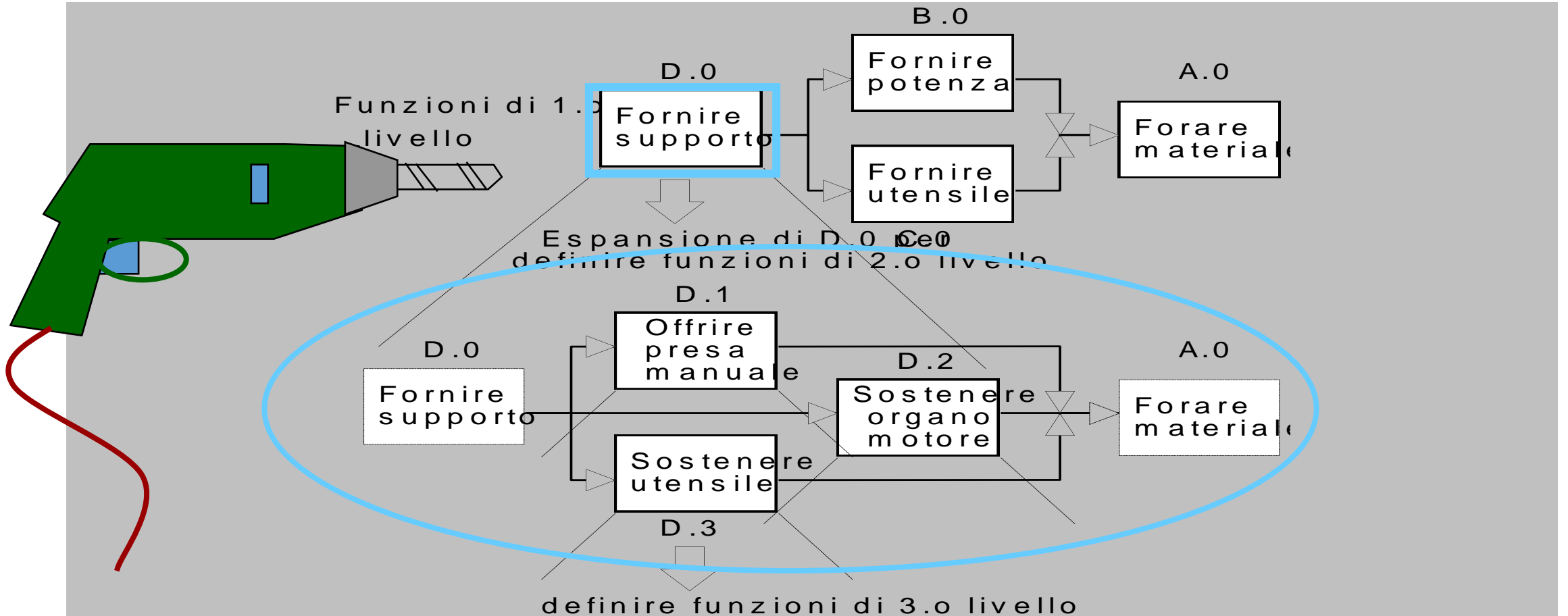
- *f.principale* → *consentire condotta bici*
  - *f.basilari* → *sterzare ruota anteriore*  
→ *sostenere guidatore*  
→ *sostenere comandi freno*
  - *f.ausiliarie* → *sostenere comando cambio*  
→ *sostenere segnalatore acustico*
  - *f.apprezzamento* → *facilitare uso comandi*  
→ *sostenere oggetti da trasporto (cestello)*  
→ *fare da appoggio a bici capovolta*  
→ *comfort*  
→ *aspetto gradevole*
- Definisce le funzioni prima di definire le soluzioni concrete (forme, componenti, descrizione fisica)

# Progetto Concettuale – Concept Design



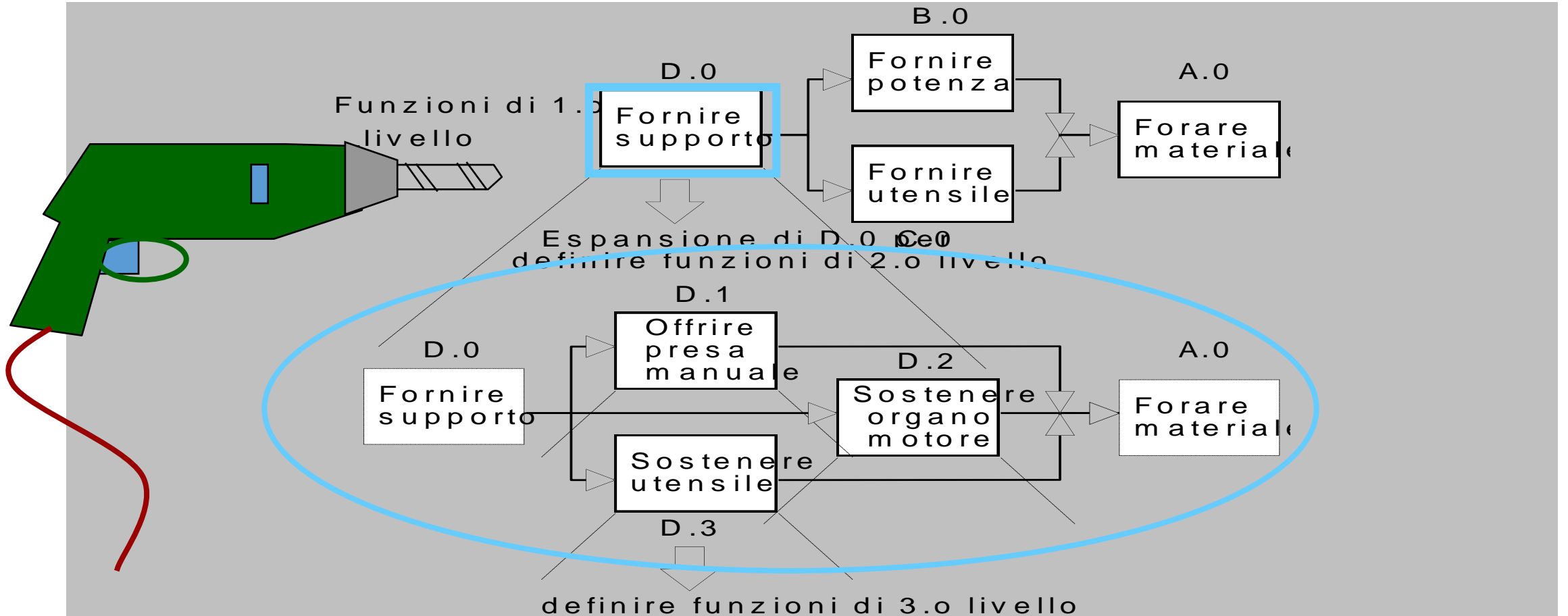
# Progetto Concettuale – Concept Design

## Albero delle funzioni trapano manuale: espansione



# Progetto Concettuale – Concept Design

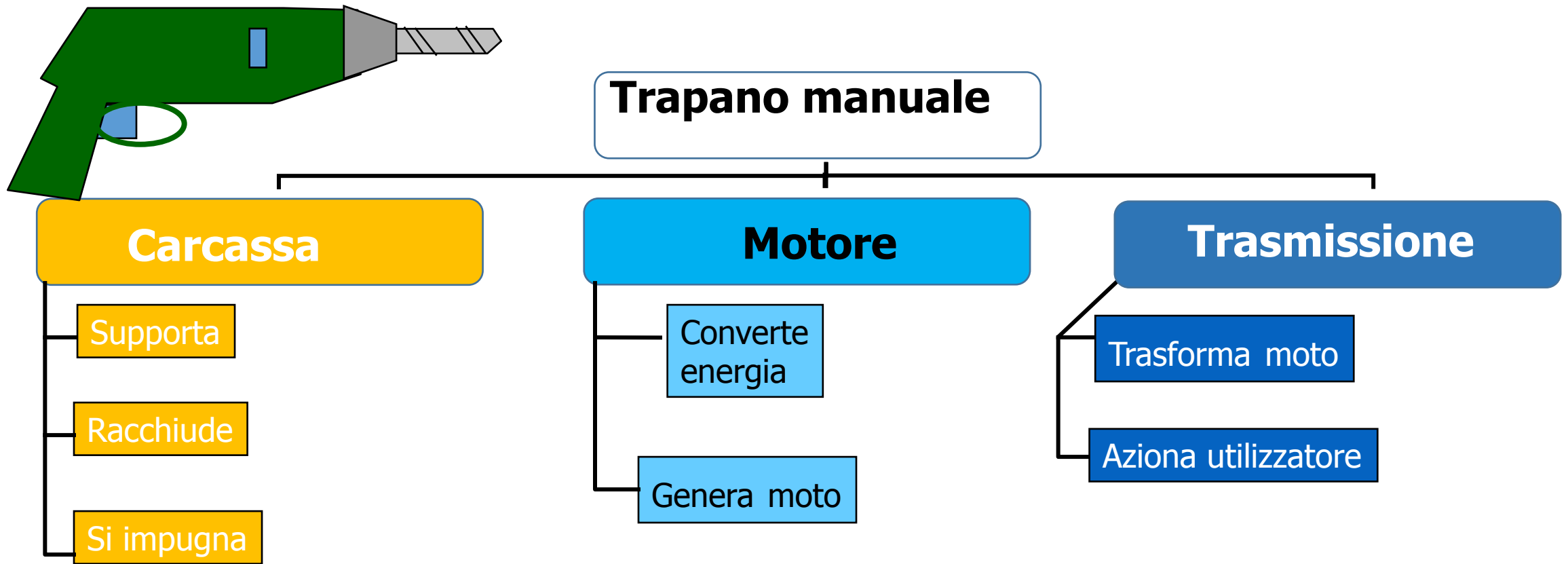
## Albero delle funzioni trapano manuale: espansione





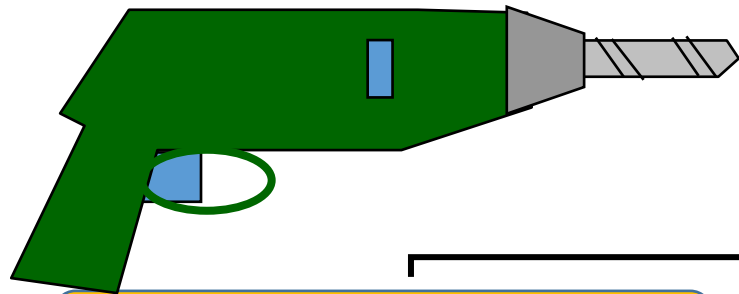
# Progetto Concettuale – Concept Design

Descrizione fisica: albero del prodotto (product breakdown) in termini di funzioni



# Progetto Concettuale – Concept Design

Descrizione fisica: albero del prodotto (product breakdown), sottocomponenti



**Trapano manuale**

**Carcassa**

**Motore**

**Trasmissione**

**Riduttore**

**Porta punta**

**Ruote dentate 1,2**

**Cuscinetti A, B**

**Alberi I, II**

# Progetto Concettuale – Concept Design

- Ideazione di soluzioni concettuali
  - ✓ Individuare più soluzioni fattibili (schizzi)
  - ✓ Valutazione preliminare alla luce della specifica
  - ✓ Dimensionamento preliminare tramite semplici modelli matematici
  - ✓ Confronto tra soluzioni tramite matrice della decisione (Pugh 1980)

riferimento



	Soluzione A	Soluzione B	Soluzione C
Caratteristica 1	+	=	=
Caratteristica 2	-	+	=
Caratteristica 3	+	-	=
Caratteristica 4	=	-	=
Totale	+1	-1	=

**Soluzione A è preferibile!**

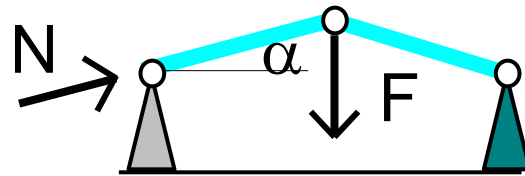
*Si può redigere una matrice più articolata assegnando pesi alle caratteristiche (priorità) e punteggio fra 0 e 4 alle soluzioni (HoQ)*

Ideazione di soluzioni  
esempio: pressa per stampaggio in plastica

**Amplificare  
forza  
chiusura  
stampo**

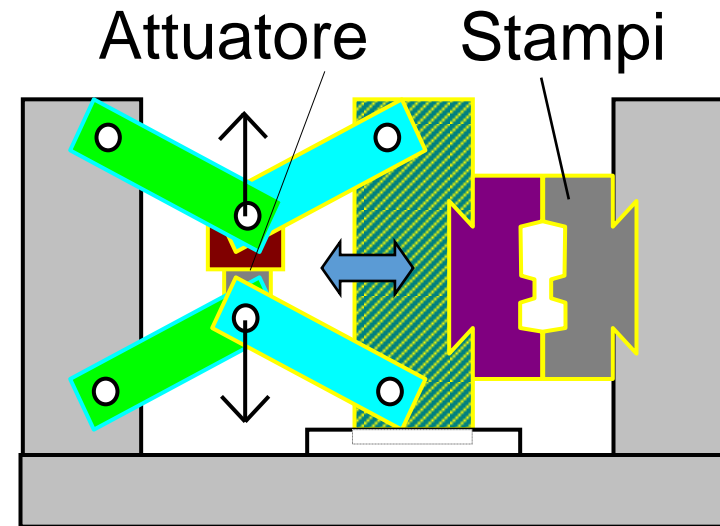
Funzione

Principio fisico:  
arco a 3 cerniere



Modello:

$$N = F / (2 \text{ sen } \alpha )$$

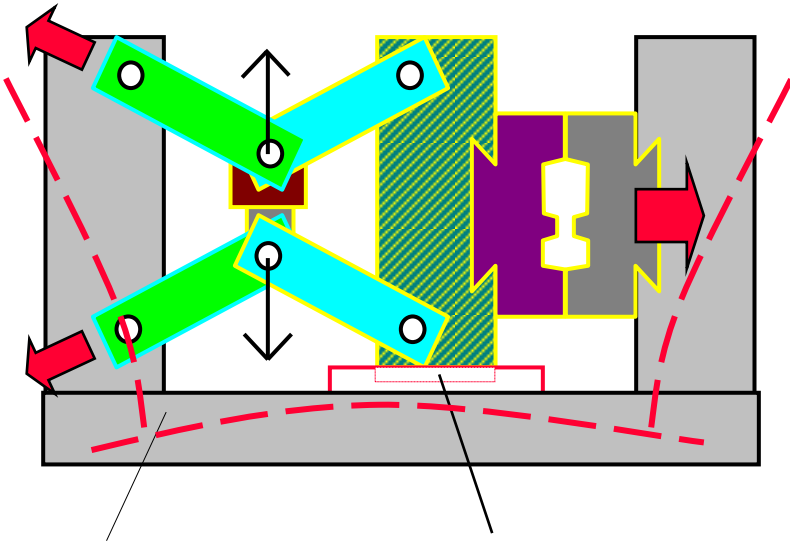


Schema preliminare  
di soluzione

# Sviluppo della soluzione

esempio: limitare deformazioni e forze sulle guide

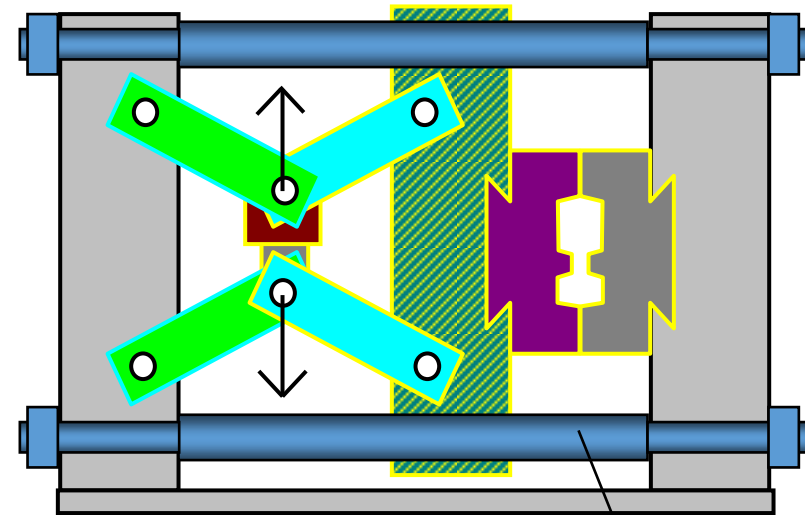
## Schema preliminare di soluzione



Telaio e  
sua  
deformata

Organi di guida

## Schema migliorato di soluzione



Colonne di guida,  
simmetria

# Progetto Costruttivo – Embodiment

---

- Scelta forma e materiali
  - ✓ Compatibili con processi tecnologici e montaggio
  - ✓ Compatibili con requisiti di resistenza, rigidità e altro (vibrazioni, deterioramento superficiale, etc.)
- Individuazione componenti commerciali
- Definizione schemi impianti necessari e interfacce

# Progetto Costruttivo – Embodiment

---

## Principi base

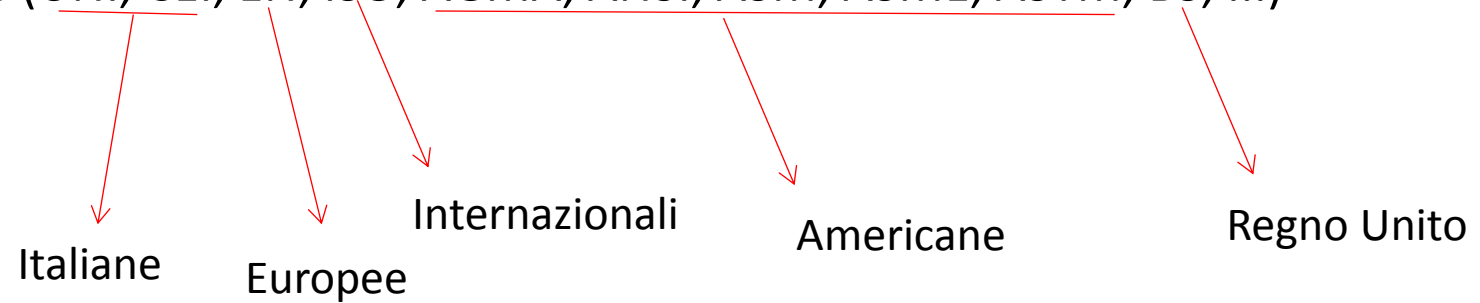
- Ricercare soluzioni ROBUSTE, scarsamente sensibili a disturbi (errori costruttivi, tolleranze,..)
- Progettare per proprietà, per agevolare processi → design for
  - manufacturing & assembly,
  - maintainability,
  - disassembly & recycling
- Progettare in similitudine → in scala da esemplari soddisfacenti
  - dimensioni con numeri normali e progressioni geometriche di Renard per intercambiabilità e confronto (4 serie geometriche  $x^{\sqrt[n]{10}}$ ,  $n=5,10,20,40$ )
  - con attenzione a fenomeni dinamici (macchine più grandi più lente a parità di forze d'inerzia), peso proprio importante per macchine grandi, forze di volume trascurabili rispetto a forza superficiali (adesione) in micromacchine

# Progetto Costruttivo – Embodiment

---

## Principi base

- Valutazioni di costo → stime durante tutto lo sviluppo del progetto e scelta della soluzione più conveniente
- Rispetto delle normative (UNI, CEI, EN, ISO, AGMA, ANSI, ASM, ASME, ASTM, BS, ...)





# Progettino

---

## Contenuti

- Specifica tecnica (**ottica cliente**) → definizione obiettivi, requisiti, interfacce
- Relazione tecnica (**ottica progettista**)
  - ✓ introduzione (principi adottati, soluzioni esaminate)
  - ✓ descrizione complessivo
  - ✓ scelta particolari commerciali
  - ✓ verifica particolari (analisi semplificata di tutti e analisi FEM di uno)
  - ✓ definizione del processo di fabbricazione
  - ✓ descrizione delle fasi di assemblaggio
  - ✓ disegno meccanico del complessivo e del particolare analizzato con FEM, quotato e tollerato
  - ✓ allegati tecnici (estratti di cataloghi, script di Ansys, ...)