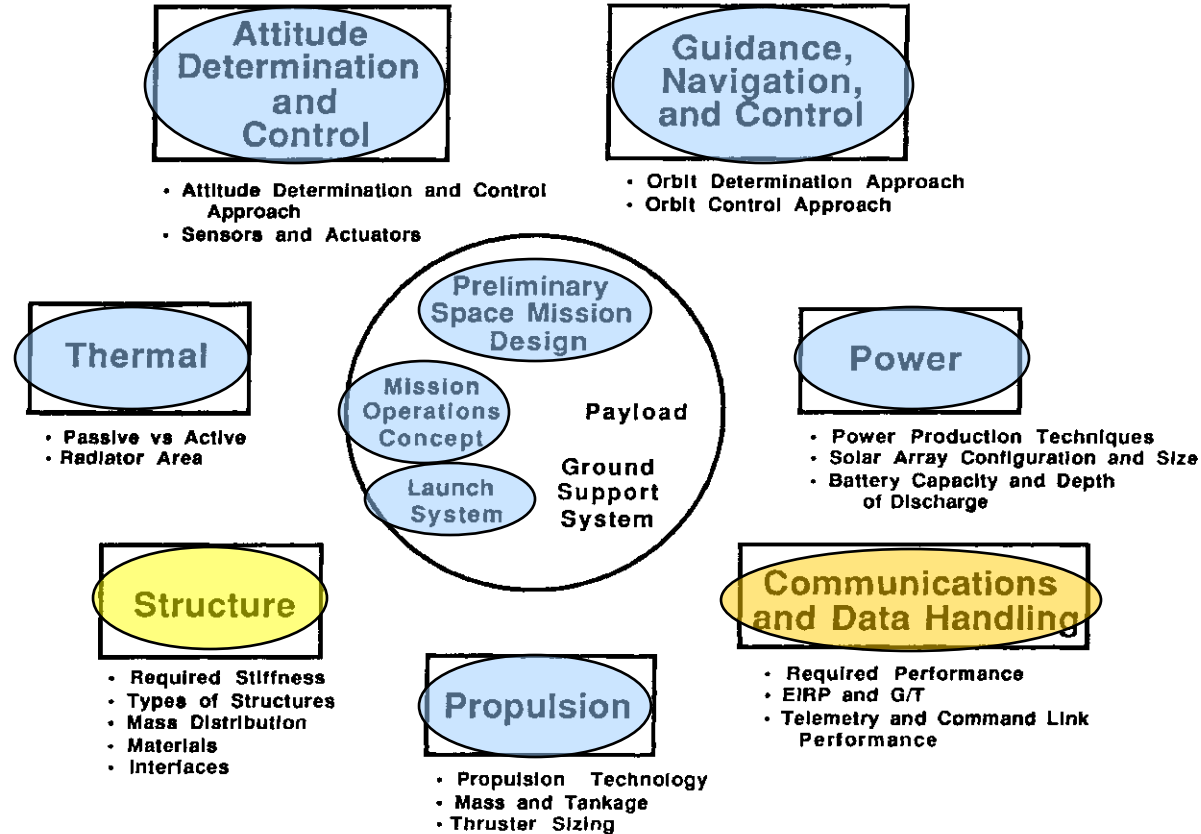

La struttura meccanica di un satellite

SOTTO-SISTEMI



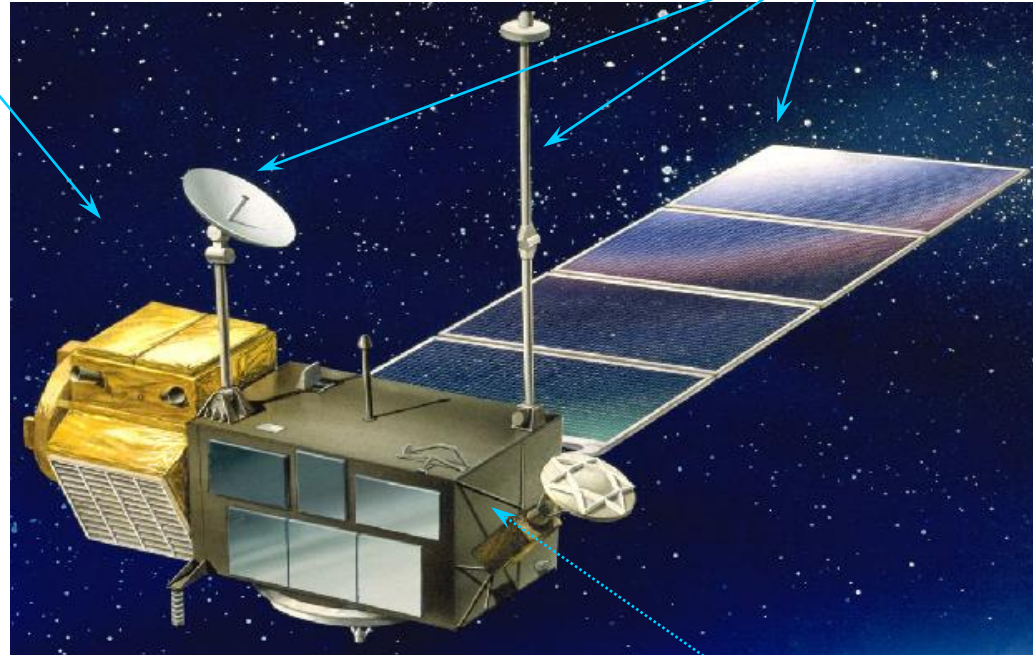
Utilizzo della Struttura

- Sostegno alle diverse parti del satellite
- Protezione dall'ambiente esterno
- Dispiega l'antenna o gli eventuali meccanismi di movimento
- Controlla ed assorbe le vibrazioni dannose per lo strumento

Categorie

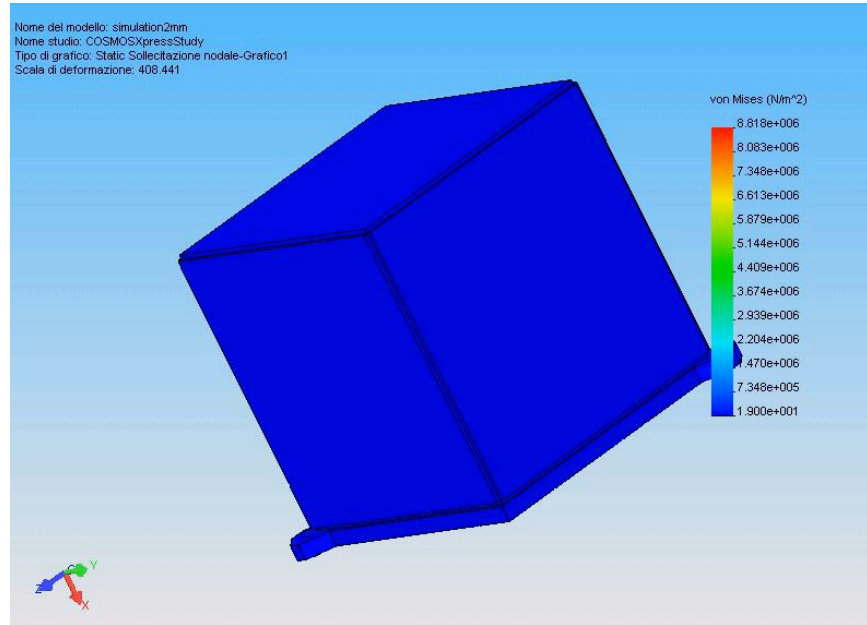
Strutture Primarie

Strutture Secondarie



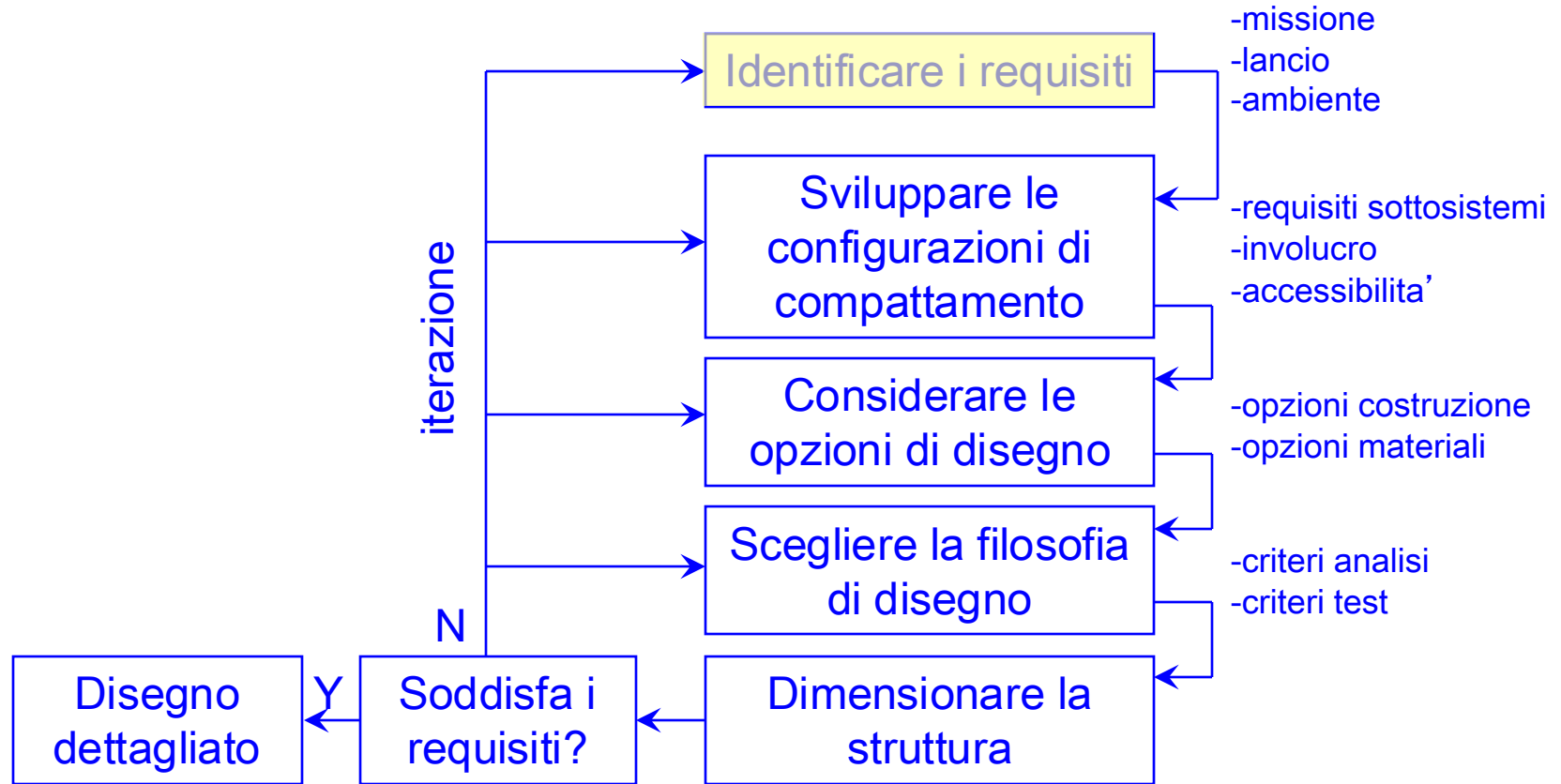
Strutture Terziarie

Esempio: carico per pressione atmosferica



$$T = 5.144 \times 10^6 \text{ N/m}^2$$

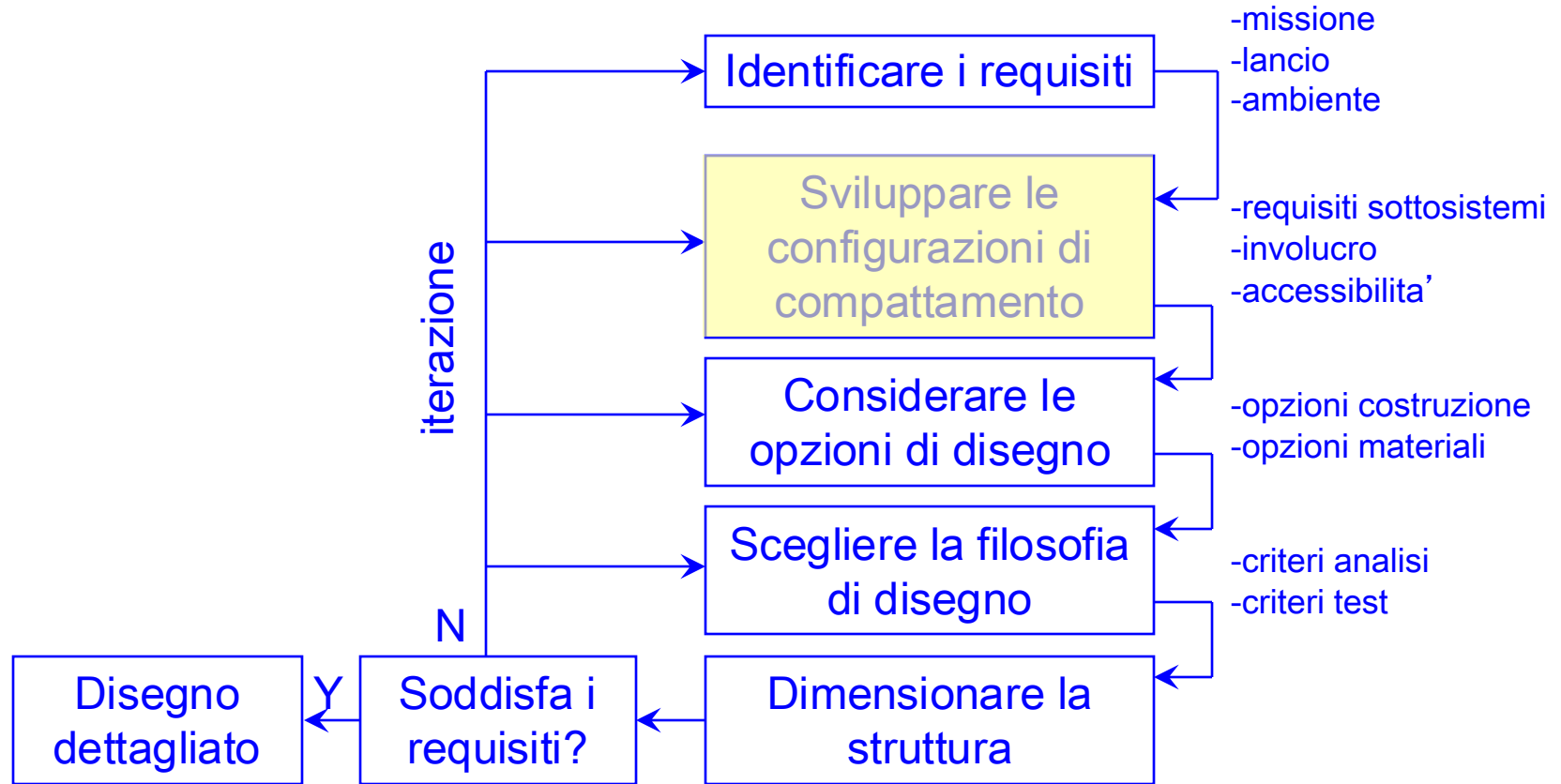
Processi del disegno meccanico – 1



Requisiti della struttura

- Rigidità
 - o Misura del carico che causa una distorsione
- Solidità
 - o Quantita' di carico che la struttura puo' sopportare
- Durata strutturale
 - o Numero di cicli di carico che la struttura puo' sopportare
- Stabilità di posizionamento (sollecitazione elastica)
 - o Capacita' di mantenere posizione e/o orientamento entro certi limiti
- Spazio a disposizione
 - o Lo spazio fisico entro cui la struttura deve rimanere quando soggetta a carichi

Processi del disegno meccanico – 2



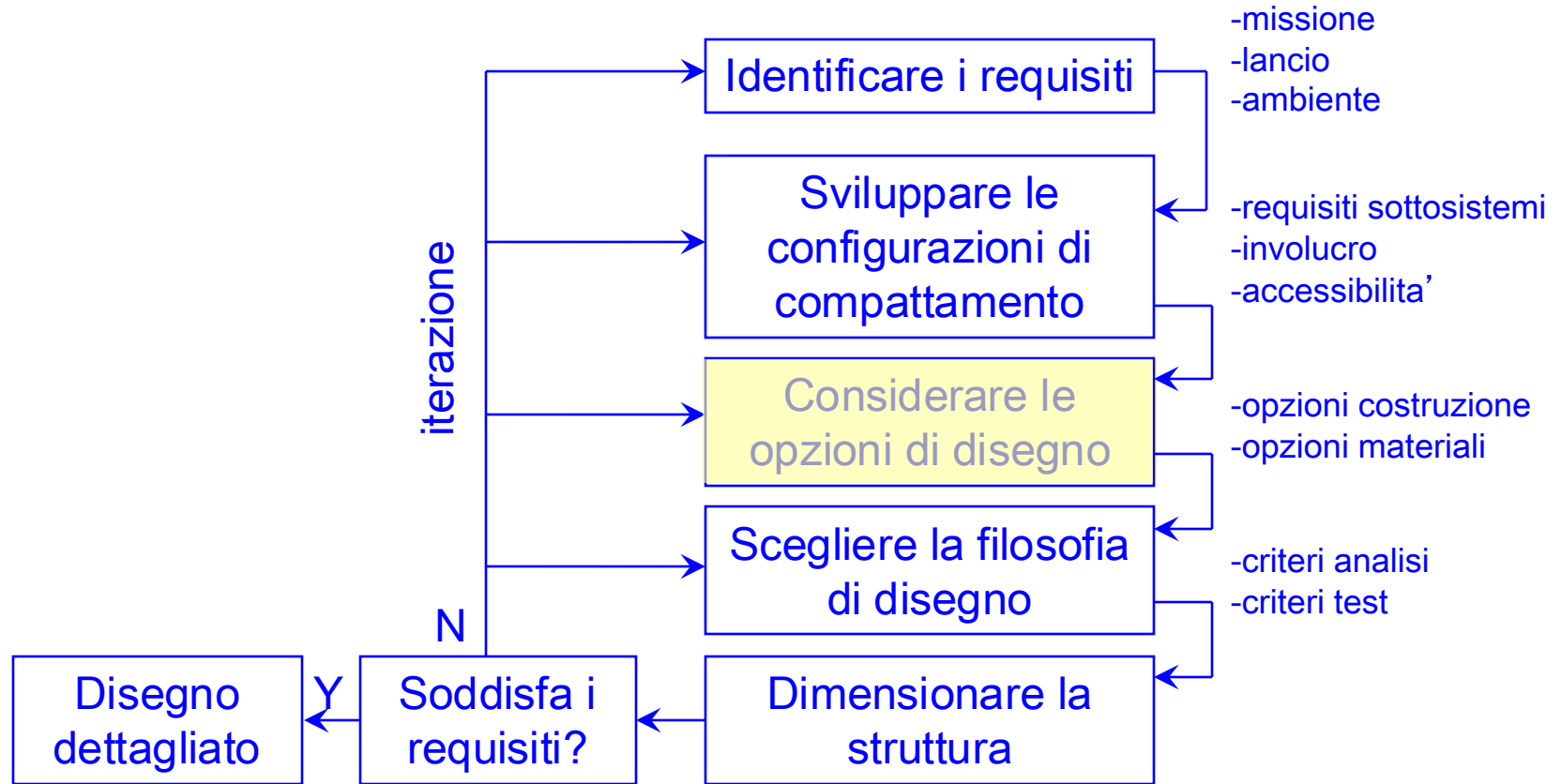
Configurare il Satellite

- Identificare le componenti principali
- Posizionare il P/L scientifico
- Selezionare una forma e l'architettura
- Sketch posizionamento componenti principali
- Posizionare le strutture dispiegabili
- Calcolare le proprietà della struttura
 - o Massa, momenti di inerzia, CdM (ogni componente)
- Verifica (altri sistemi e sotto-sistemi)

Linee Guida per Definire l'Involucro

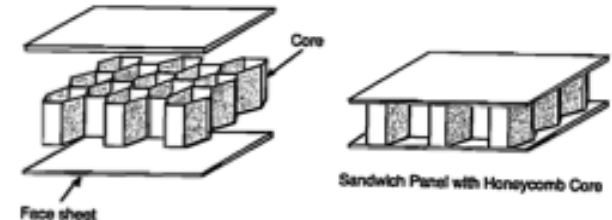
- Accesso alle componenti per installazione o controllo
 - o Struttura simmetrica, disegno modulare
- Lanciatore
 - o Componenti massive vicine al lanciatore
 - o Componenti sensibili alle vibrazioni lontane dal lanciatore
- Componenti elettriche vicine fra loro
- Componenti sensibili contaminazione lontane dai thrusters
- Propellente vicino al CdM
- Pannelli solari e componenti sensibili alla temperatura distribuiti simmetricamente
- Lunghezza appendici minima

Processi del disegno meccanico – 3



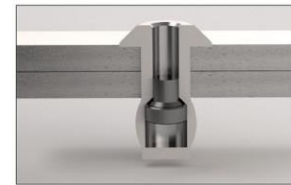
Opzioni di Disegno

- Struttura primaria
 - o Cilindro
- Modalita' di costruzione
 - o Tipo di cilindro
- Materiali tipici
 - o Leghe di alluminio

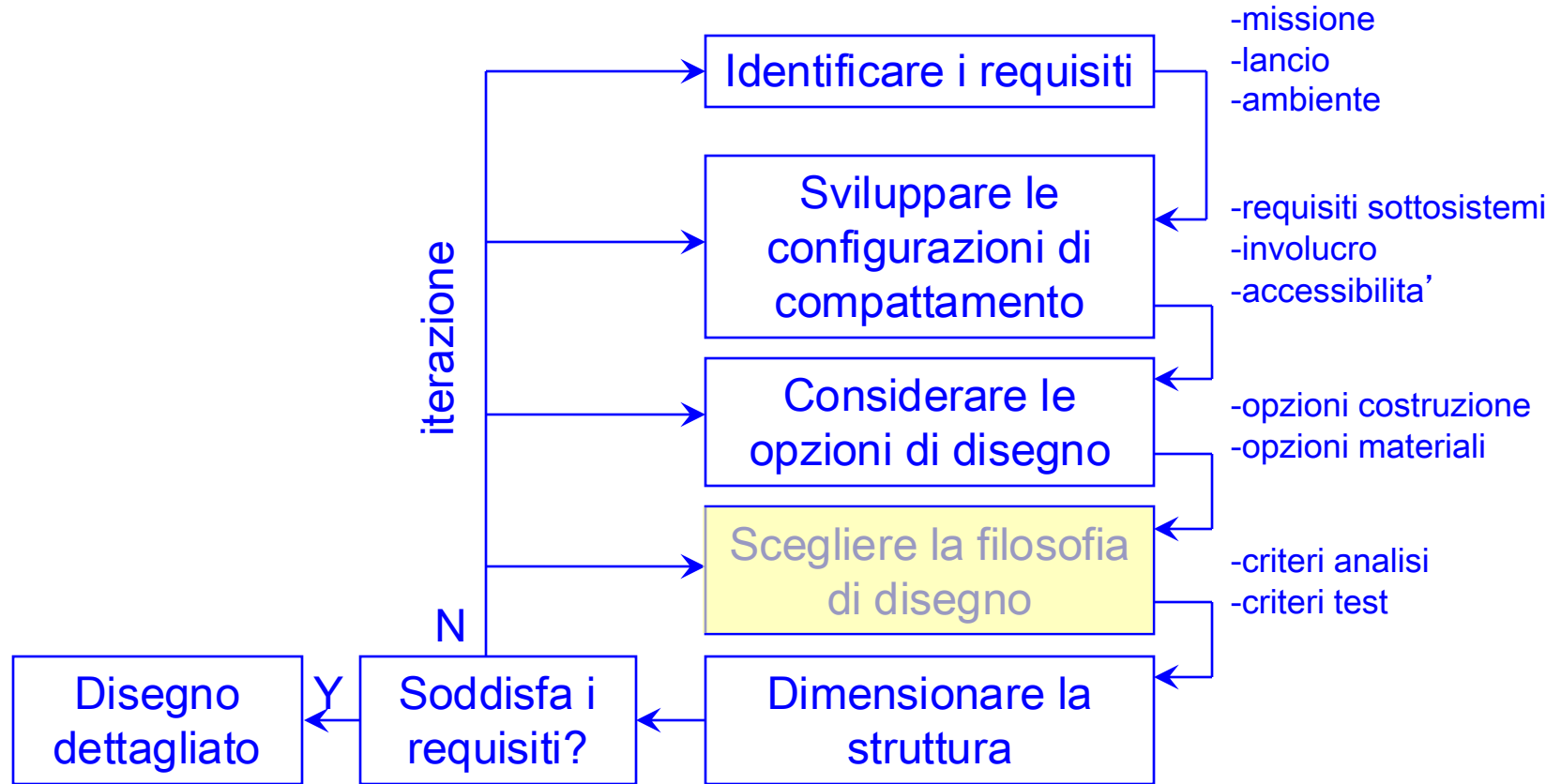


Opzioni di Disegno

- Struttura primaria
 - o Cilindro
- Modalita' di costruzione
 - o Tipo di cilindro
- Materiali tipici
 - o Leghe di alluminio
- Interfacce
 - o Rivetti vs viti et al.
- Involucri e accessi
 - o Pannelli removibili
- Intelaiature
- Strutture secondarie e terziarie



Processi del disegno meccanico – 4



Requisiti della struttura...

- Rigidità

- o Misura del carico (=spettro frequenze vibrazione) che causa una distorsione

- Solidità

- o Quantità di carico che la struttura può sopportare

- Stabilità di posizionamento (sollecitazione elastica)

- o Capacità di mantenere posizione e/o orientamento entro certi limiti

- ...

In pratica (rigidità):

- Risposta strutturale

- o Intensità e durata vibrazioni in risposta a carichi esterni

- Frequenza naturale - “fondamentale”

- Frequenza a cui vibra quando soggetta a carichi esterni temporanei

- Maggiore di un certo valore...

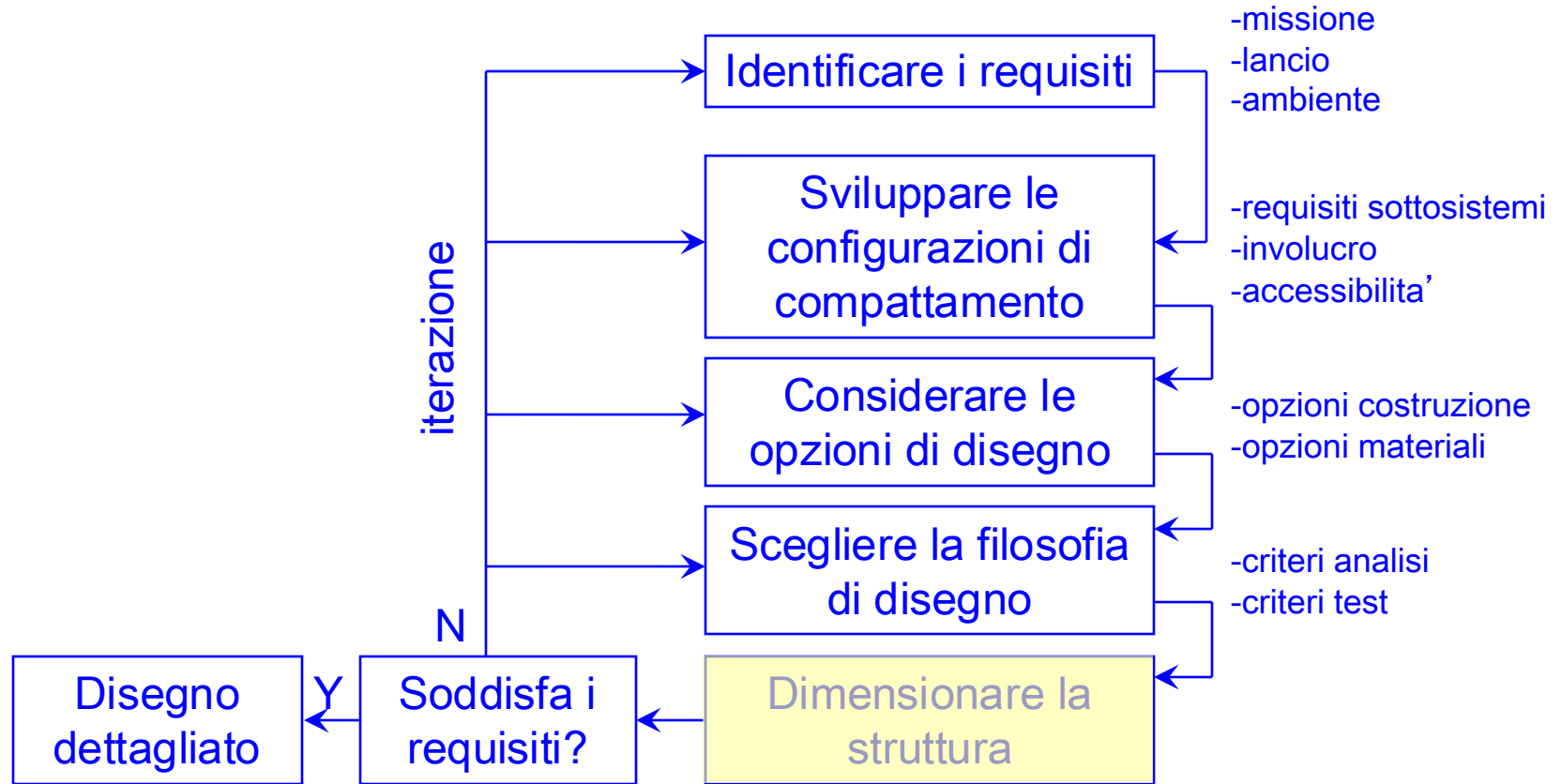
Filosofia di Disegno: criteri da seguire

Modelli / Test
(solidità)

- Fattori di carico ℓ (input)
- Carico e stress limite $P=mg\ell, \sigma=P/A$
- Fattore di sicurezza s (input)
- Carico nominale da disegno $P^*=mg\ell s$
- Stress nominale da disegno $\sigma^*=mg\ell s / A$
- Carico e stress accettabile P_a, σ_a (materiale)
Margine di sicurezza $MS= \sigma_a/\sigma^*-1=P_a/P^*-1$

Rischio calcolato, ma non nullo !!!

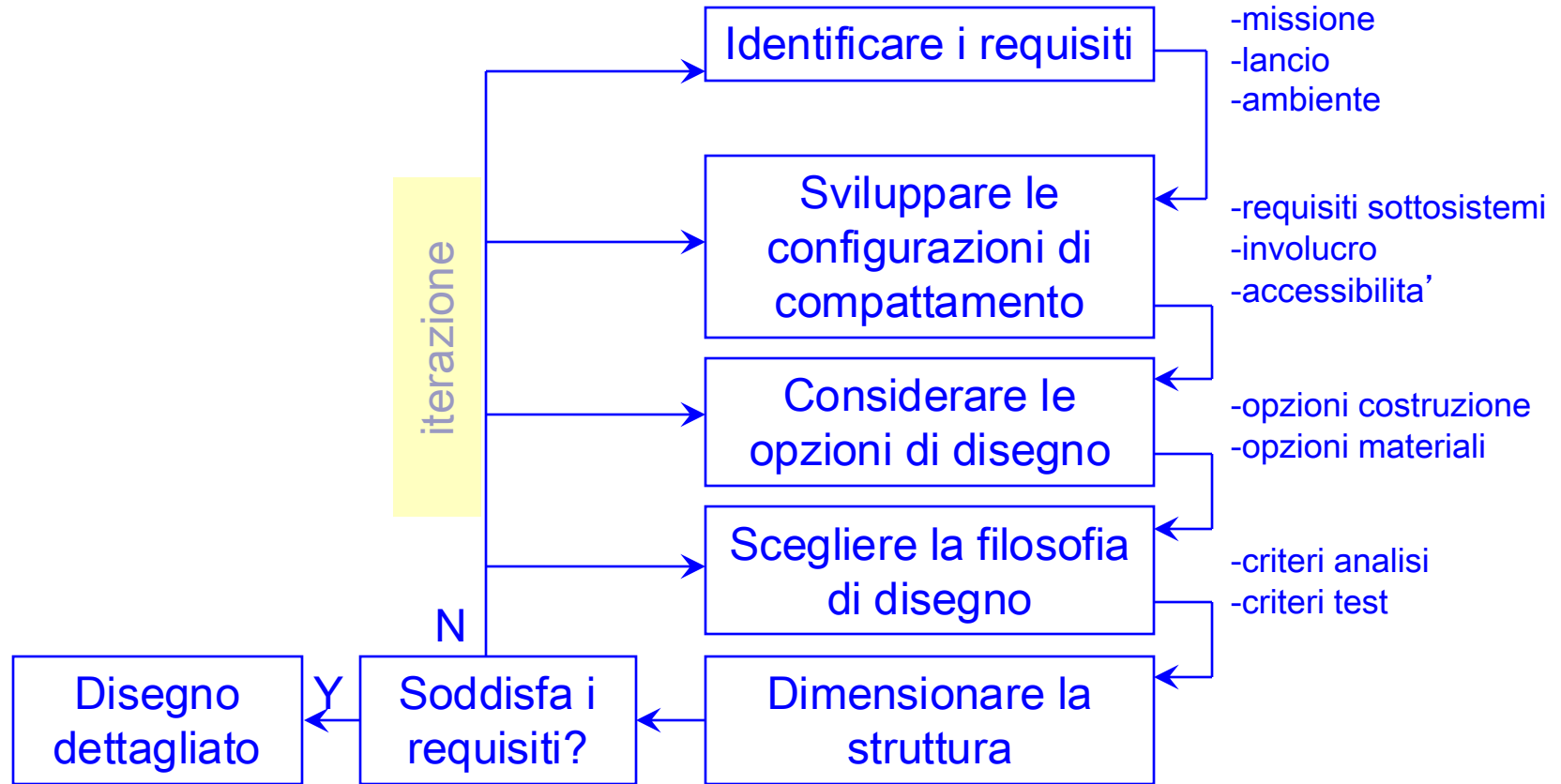
Processi del disegno meccanico – 5



Dimensionare la Struttura

- Selezionare la struttura (forma, tipo, materiale)
- Determinare le dimensioni e la distribuzione di massa di tutte le componenti della struttura
- Determinare i carichi, applicare i carichi considerati
- Confrontare i risultati con i valori definiti dalla struttura nominale
- Iterare il processo

Processi del disegno meccanico – Iter.



Requisiti della struttura...

- Rigidità
 - o Misura del carico (=spettro frequenze vibrazione) che causa una distorsione
- Solidità
 - o Quantità di carico che la struttura può sopportare
- Stabilità di posizionamento (sollecitazione elastica)
 - o Capacità di mantenere posizione e/o orientamento entro certi limiti
- ...

In pratica (rigidità):

- Risposta strutturale
 - o Intensità e durata vibrazioni in risposta a carichi esterni
- Frequenza naturale - “fondamentale”
 - Frequenza a cui vibra quando soggetta a carichi esterni temporanei
 - Maggiore di un certo valore...

Dimensionamento 1/3 - solidità

Fascio uniforme: massa m_b , lung. L , raggio R , spessore t



➤ Rigidità (frequenze lanciatore)

o carichi assiali: $\propto A/L = 2\pi(R/L)t$

$$f_{ax, nat} = 0.250 \sqrt{A E / m_b L}$$

o carichi laterali: $\propto I/L^3 = \pi(R/L)^3 t$

$$f_{lat, nat} = 0.560 \sqrt{I E / m_b L^3}$$

area trasversale ($A=2\pi Rt$)

modulo di Young

inerzia trasversale
($I=\pi R^3 t$) "areale"



➤ Solidità (carichi lanciatore)

carico assiale

carico laterale

momento di torsione

$$\begin{aligned} o P_{eq} &= P_{axial} + P_{lat} = \\ &= m_b g \ell_{ax} + 2M/R = \\ &= m_b g \ell_{ax} + m_b g \ell_{lat} L/R \end{aligned}$$

$$o P_{ult} = USF P_{eq}$$

$$o \sigma_{ult} = P_{ult} / A = P_{ult} / (2\pi R t) < \sigma_{ult, mat}$$

(da comparare con lo stress “*ultimate*” $\sigma_{ult, mat}$, caratteristico del materiale)

o Definito lo spessore t , aggiorno P_{ult} e σ_{ult} :

MS = “*stress ultimate materiale*” / “*ultimate stress*” -1

➤ Stabilità (compressione) – sollecitazione elastica

o stress accettabile: σ_{cr}

$$\sigma_{cr} = 0.6 \gamma E t / R$$

$$\gamma = 1.0 - \frac{0.901 \cdot (1.0 - e^{-\Phi})}{\Phi}$$

$$\Phi = 1/16 \sqrt{R/t}$$

o carico accettabile: P_{cr}

$$P_{cr} = A \sigma_{cr}$$

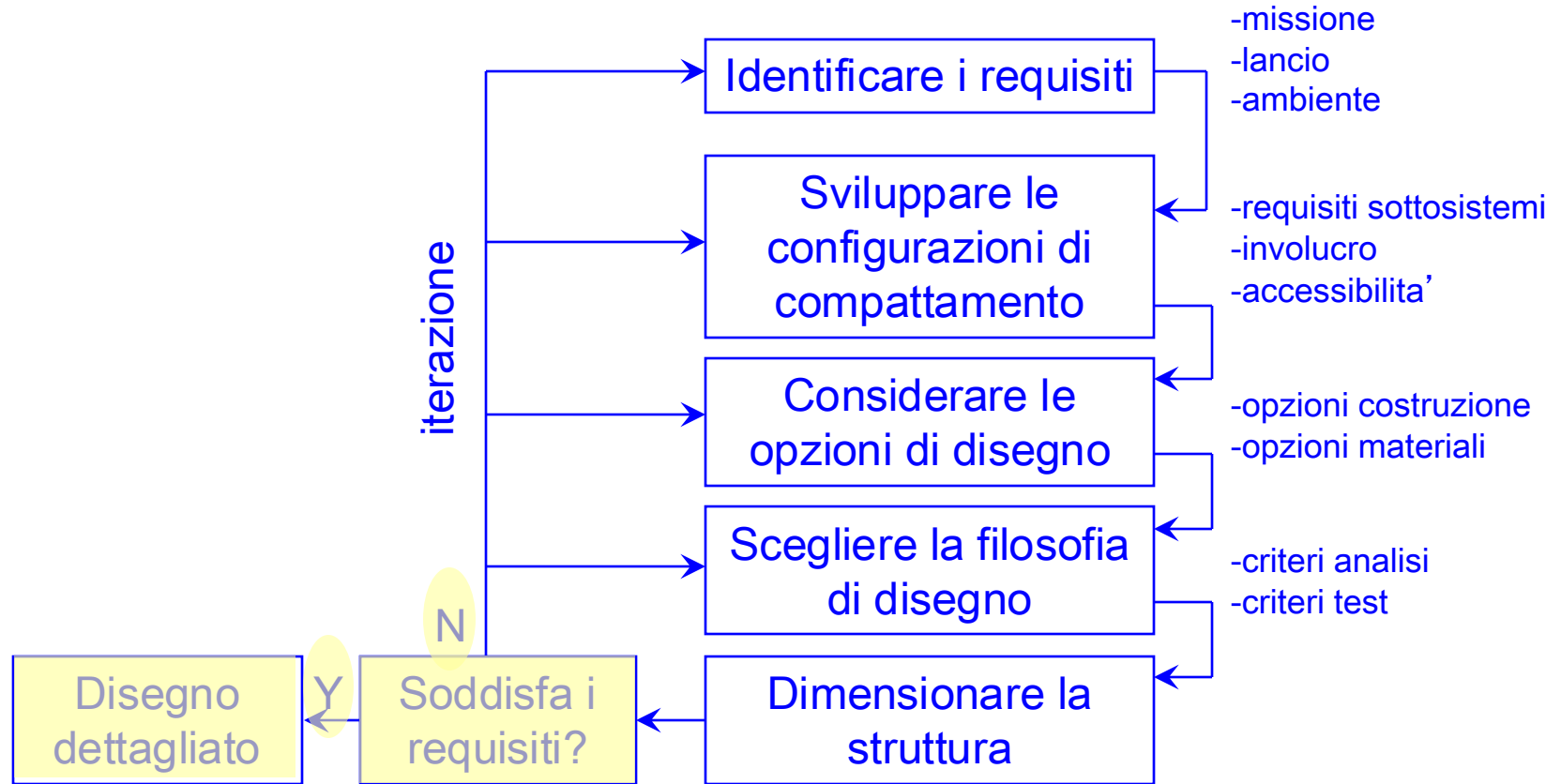
o margine di sicurezza: MS

$$MS = \frac{\text{“carico accettabile”}}{\text{“carico ultimate applicato”}} - 1 > 0$$

Conclusione: spessore richiesto, massa struttura



Processi del disegno meccanico



Esempio

➤ $f_{ax, nat}, f_{lat, nat} > 18 \text{ Hz}$

➤ $\ell_{ax}=13, \ell_{lat}=6$

} lanciatore

$$f_{ax, nat} = 0.250 \sqrt{A E / m_b L}$$

$$f_{lat, nat} = 0.560 \sqrt{I E / m_b L^3}$$

$$I = \pi R^3 t$$

rigidità

➤ Cilindro

➤ $L=1.4 \text{ m}, R=0.6 \text{ m}, m_b=174 \text{ kg}$

} opzione costruzione

➤ Alluminio 7075:

$$E=71 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2, \rho=2.8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3,$$

$$\sigma_{ult}=460 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2, \sigma_y=380 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2,$$

$$\nu=0.33$$

} opzione materiale

➤ $USF = 1.25, YMS = 1.10$

} filosofia disegno

➤ $t=0.089 \text{ cm}$

} dimensionamento

Esempio

➤ $f_{ax, nat}, f_{lat, nat} > 18 \text{ Hz}$

➤ $\ell_{ax}=13, \ell_{lat}=6$

} **lanciatore**

o $P_{eq} = m_b g \ell_{ax} + m_b g \ell_{lat} L/R$

o $P_{ult} = USF P_{eq}$

o $\sigma_{ult} = P_{ult} / A = P_{ult} / (2\pi R t) < \sigma_{ult, mat}$

solidità

➤ Cilindro

➤ $L=1.4 \text{ m}, R=0.6 \text{ m}, m_b=174 \text{ kg}$

} **opzione costruzione**

➤ Alluminio 7075:

$E=71 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2, \rho=2.8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3,$

$\sigma_{ult}=460 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2, \sigma_y=380 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2,$

$\nu=0.33$

} **opzione materiale**

➤ $USF = 1.25, YMS = 1.10$

} **filosofia disegno**

➤ $t=0.089 \text{ cm}$

} **dimensionamento**

Esempio

➤ $f_{ax, nat}, f_{lat, nat} > 18 \text{ Hz}$

➤ $\ell_{ax}=13, \ell_{lat}=6$

} lanciatore

$$\sigma_{cr} = 0.6 \gamma E t / R$$

$$\gamma = 1.0 - 0.901 \cdot (1.0 - e^{-\Phi})$$

$$\Phi = 1/16 \sqrt{R/t}$$

$$P_{cr} = A \sigma_{cr}$$

stabilità

➤ Cilindro

➤ $L=1.4 \text{ m}, R=0.6 \text{ m}, m_b=174 \text{ kg}$

} opzione costruzione

➤ Alluminio 7075:

$$E=71 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2, \rho=2.8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3,$$

$$\sigma_{ult}=460 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2, \sigma_y=380 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2,$$

$$\nu=0.33$$

} opzione materiale

➤ $USF = 1.25, YMS = 1.10$

} filosofia disegno

➤ $t=0.089 \text{ cm}$

} dimensionamento

Esercizio

- $f_{ax, nat} > 15 \text{ Hz}$; $f_{lat, nat} > 35 \text{ Hz}$ } lanciatore
- $\ell_{ax}=6$, $\ell_{lat}=2$
- Cilindro, $L=4 \text{ m}$, $R=1.3 \text{ m}$, $m_b=2089 \text{ kg}$
(mech. structure 250 kg) } opzione costruzione
- Alluminio 7075:
 $E=71 \cdot 10^9 \text{ N/m}^2$, $\rho=2.8 \cdot 10^3 \text{ kg/m}^3$,
 $\sigma_{ult}=524 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$, $\sigma_y=448 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2$ } opzione materiale
- $USF = 1.25$, $YMS = 1.10$ } filosofia disegno

calcolare:

- Rigidità: $t_{ax} = ?$, $t_{lat} = ?$
- Solidità: $t = ?$
- Stabilità ? massa = ?
- $t=0.25 \text{ cm}$ } dimensionamento