Università degli Studi di Padova

Dipartimento di Ingegneria Industriale

Progetto in Ingegneria Meccanica

Verifiche strutturali di una trasmissione di potenza

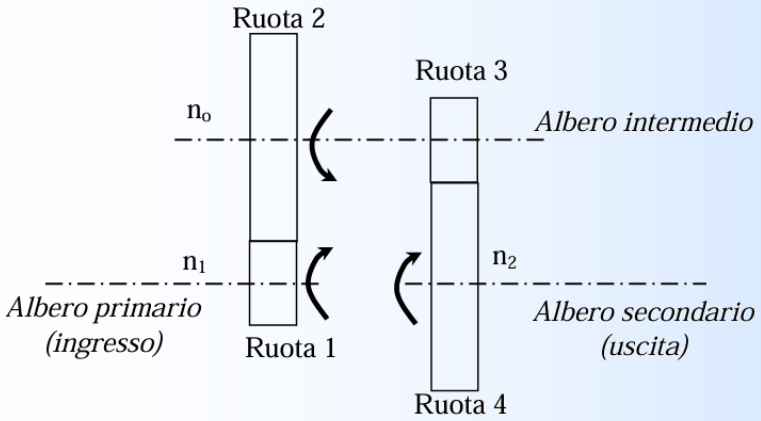
Tutor Universitario: **Prof. Giovanni Meneghetti**

Laureando: Omar Tegon

Padova, 13/03/2026

INTRODUZIONE

Il presente lavoro si presta a concludere il progetto avviato durante il corso di Costruzione di Macchine 1, dal quale sono stati ereditati i dati di base del cinematismo e il dimensionamento dell'albero intermedio.



VALORI RICHIESTI ALLA MACCHINA:

- Momento nominale all'albero di uscita: $M_{2,n}$ = 1280 Nm
- Velocità di rotazione albero di uscita: n_2= 86 rpm
- Rapporto di riduzione nominale totale: $\tau_{tot,n}$ = 11

OBBIETTIVO: completamento dello studio strutturale, concentrandosi nello specifico sull'albero di ingresso (1) e sull'albero di uscita (2)

FASI:

- Completamento del progetto analitico
- Verifiche strutturali
- Modellazione solida 3D
- Simulazione e validazione

ELEMENTI DI FISSAGGIO

CUSCINETTI

Dalla forza totale agente sulla mezzeria dell'albero si calcolano le reazioni vincolari che saranno la causa della scelta dei cuscinetti.
Viene considerata una durata teorica del riduttore pari a L_{10}= 4000 ore.
Relazioni utilizzate :

$$L_{10} = \frac{60 \cdot n \cdot L_{10h}}{10^6} \; [milioni\ di\ ore] \qquad C_{richiesto,s} = P \cdot {L_{10}}^{\frac{1}{p}}$$

p = 3 per cuscinetti a sfere p=10/3 per cuscinetti a rulli

Albero	$F_{tot} = \sqrt{F_t^2 + F_r^2}$ [N]	Rv_{SX} / Rv_{DX} [N]	$C_{richiesto\ SX}$ [N]	$C_{richiesto\ DX}$ [N]
1	4475.13 N	2237.57	29408.81	22730.41
2	13621.48 N	6810.74	40249.84	40249.84

- Cuscinetto sinistro albero 1:SKF- 307 $C_{catalogato,s} = 34700\ N$
- Cuscinetto destro albero 1: SKF-NJ 304 ECP $C_{catalogato,r} = 35500\ N$
- Cuscinetto sinistro albero 2: SKF-310-2Z $C_{catalogato,s} = 64400\ N$
- Cuscinetto destro albero 2: SKF-212 $C_{catalogato,s} = 56100\ N$

ELEMENTI DI FISSAGGIO

LINGUETTE

In seguito al loro dimensionamento secondo la norma UNI 6604-69, si va ad effettuare una verifica a taglio e a pressione in modo tale da garantire la sua idoneità per la trasmissione del moto.

Materiale: C60 bonificato (UNI7845), σ_s = 530 MPa

Lunghezza: $l > \frac{2 \cdot M}{\mathrm{d} \cdot t_1 \cdot p_{adm}} [mm]$

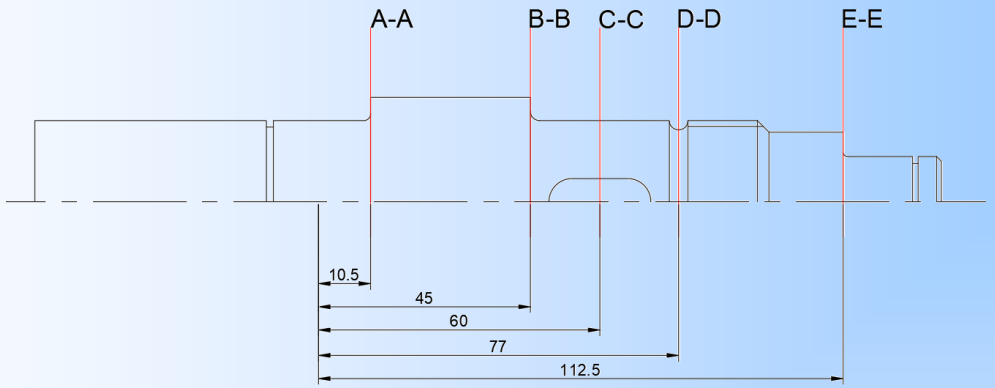
Pressione ammissibile: p_{adm}= 110 MPa

Sforzo di taglio ammissibile : τ_{adm} = 204 MPa

Albero	t_1 [mm]	b [mm]	l [mm]	$l_{unificata}$ [mm]	τ [MPa]	p [MPa]
1	5	10	19,66	22	49,15	98,31
2	7	18	76,7	80	41,03	105,5

Ambedue le tensioni di taglio e pressioni agenti sulle linguette dei 2 alberi sono inferiori a quelle ammissibili potendo affermare il loro corretto funzionamento

VERIFICHE DI RESISTENZA ALBERO 1



Verifiche statiche:

Sezione	d	M_{f1}	M_{t1}	W_f	W_t	$\tau_{torsione}$	σ_f	σ_{id}	v_s
	[mm]	[Nmm]	[Nmm]	[mm^3]	[mm^3]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]
A-A	35.00	23494.50	189240	4209.24	8418.49	22.48	5.58	39.33	11.44
B-B	35.00	100690.74	189240	4209.24	8418.49	22.48	23.92	45.70	9.85
C-C	35.00	134254.23	189240	4209.24	8418.49	22.48	31.90	50.34	8.94
D-D	31.00	96215.55	0.00	2924.72	5849.45	0.00	32.90	32.90	13.68
E-E	30.00	16781.76	0.00	785.40	5301.44	0.00	21.37	21.37	21.10

Verifiche a fatica

Sezione	σ_a	K_d	K_l	K_f	$\sigma^*_{a\infty,-1}$	v_f
	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[MPa]	[-]
A-A	5.58	1.18	1.09	1.985	144.92	25.97
B-B	23.92	1.18	1.09	1.99	144.56	6.04
C-C	31.90	1.18	1.20	2.05	127.46	4.00
D-D	32.90	1.16	1.20	2.10	126.57	3.85
E-E	21.37	1.10	1.09	2.018	152.92	7.16

VERIFICHE DI RESISTENZA ALBERO 1

Deformazione massima dell'asse in prossimità della mezzeria:

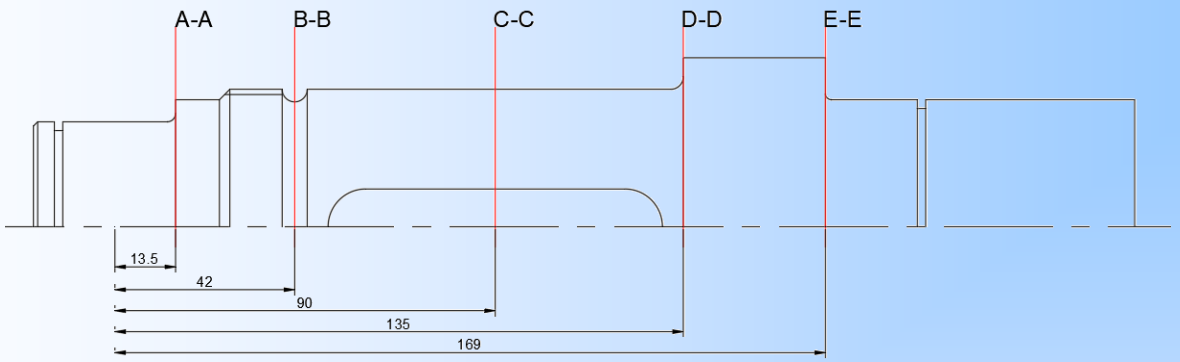
$$f_1 = \sqrt{f_{xy,1}^2 + f_{xz,1}^2} = 0.0104\,mm \leq 0.127\,mm \rightarrow VERIFICATA$$

Deformazione angolare in prossimità dei cuscinetti:

$$\varphi_S = \sqrt{\varphi_{xy,S}^2 + \varphi_{xz,S}^2} = 0.897' \leq 2' \div 10' \rightarrow VERIFICATA$$

$$\varphi_D = \sqrt{\varphi_{xy,D}^2 + \varphi_{xz,D}^2} = 0.897' \leq 4' \rightarrow VERIFICATA$$

VERIFICHE DI RESISTENZA ALBERO 2



Verifiche statiche:

Sezione	d	M_{f2}	M_{t2}	W_f	W_t	$\tau_{torsione}$	σ_f	σ_{id}	v_s
	[mm]	[Nmm]	[Nmm]	[mm^3]	[mm^3]	[MPa]	[MPa]	[MPa]	[-]
A-A	50.00	91944.95	0.00	12271.85	24543,69	0.00	7.49	7.49	60.08
B-B	59.00	286050.99	0.00	20163.04	40326,07	0.00	14.19	14.19	31.37
C-C	65.00	612966.40	1920000	26961.25	53922.49	35.61	22.74	65.74	6.85
D-D	65.00	306483.22	1920000	26961.25	53922.49	35.61	11.37	37.38	12.04
E-E	60.00	74918.11	1920000	21205.75	42411.50	45.27	3.53	78.49	5.73

Verifiche a fatica

Sezione	σ_a	K_d	K_l	K_f	$\sigma^*_{a\infty,-1}$	v_f
	[MPa]	[-]	[-]	[-]	[MPa]	[-]
A-A	7.49	1.22	1.09	2.13	130.63	17.36
B-B	14.19	1.26	1.20	2.3	106.39	7.49
C-C	22.74	1.28	1.20	2.05	117.51	5.17
D-D	11.37	1.28	1.09	2.04	129.99	11.43
E-E	3.53	1.26	1.09	2.356	114.35	32.39

VERIFICHE DI RESISTENZA ALBERO 2

Deformazione massima dell'asse in prossimità della mezzeria:

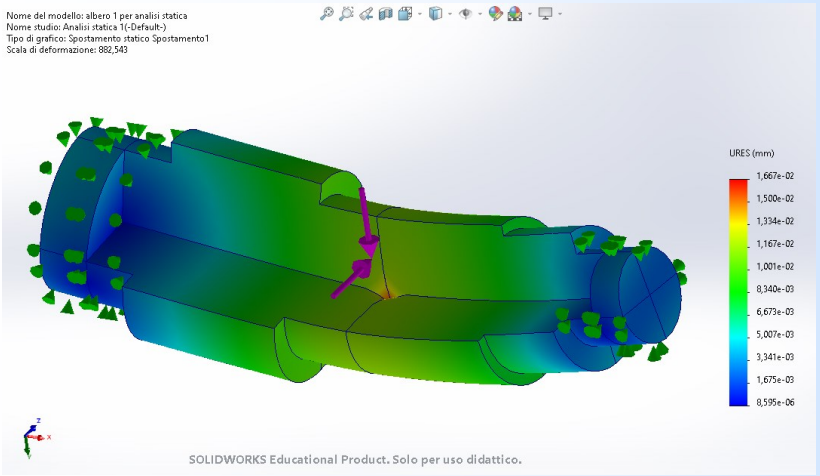
$$f_2 = \sqrt{f_{xy,2}^2 + f_{xz,2}^2} = 0.00899\,mm \leq 0.127\,mm \rightarrow VERIFICATA$$

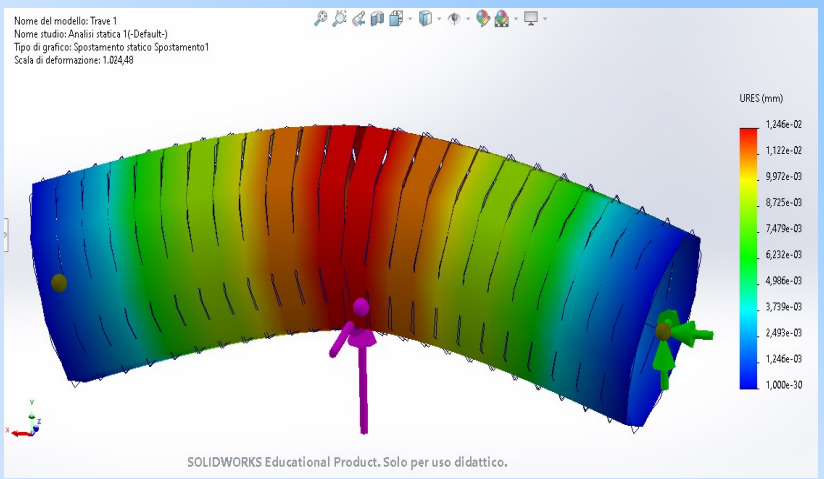
Deformazione angolare in prossimità dei cuscinetti:

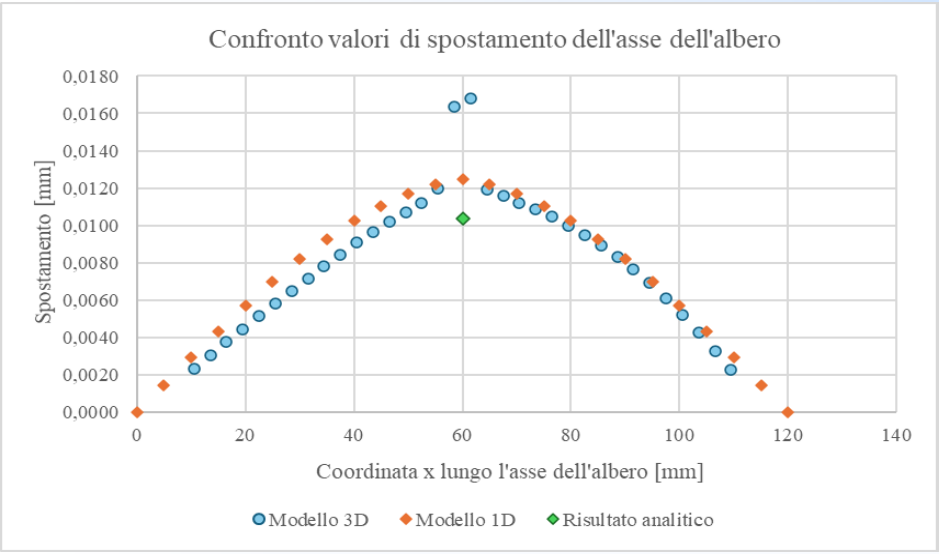
$$\varphi_S = \sqrt{\varphi_{xy,S}^2 + \varphi_{xz,S}^2} = 0.516' \leq 2' \div 10' \rightarrow VERIFICATA$$

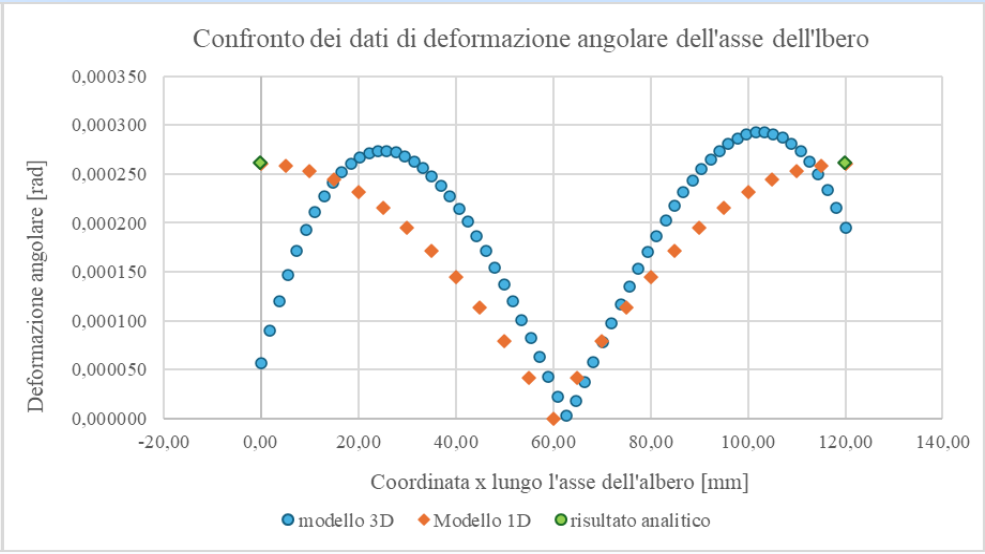
$$\varphi_D = \sqrt{\varphi_{xy,D}^2 + \varphi_{xz,D}^2} = 0.516' \leq 2' \div 10' \rightarrow VERIFICATA$$

ANALISI FEM ALBERO 1

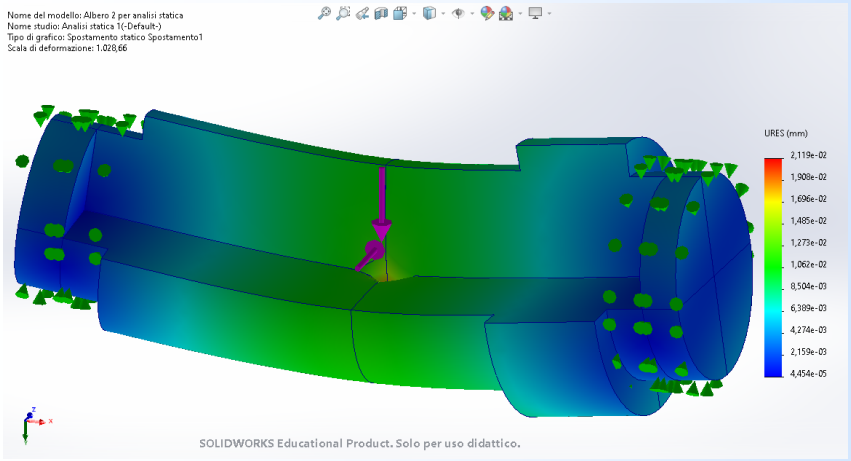


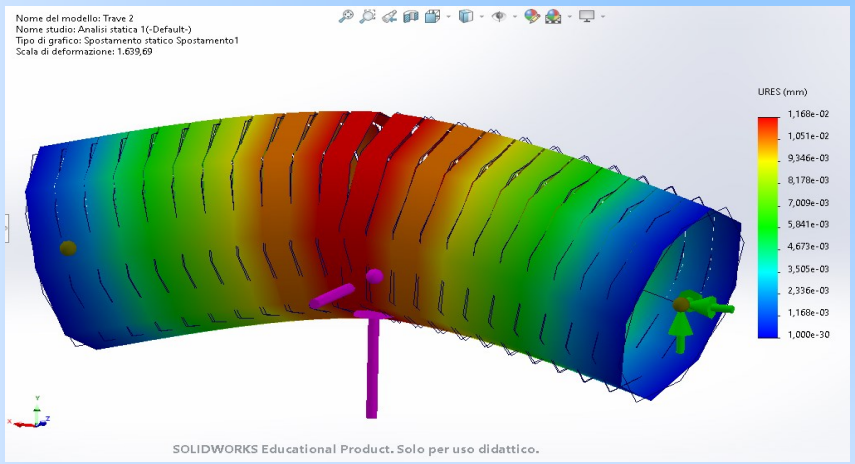


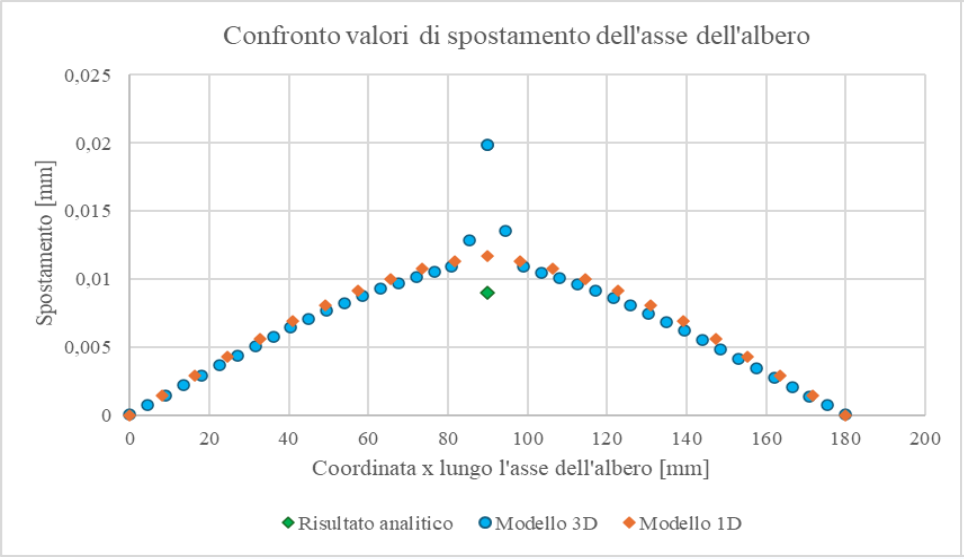


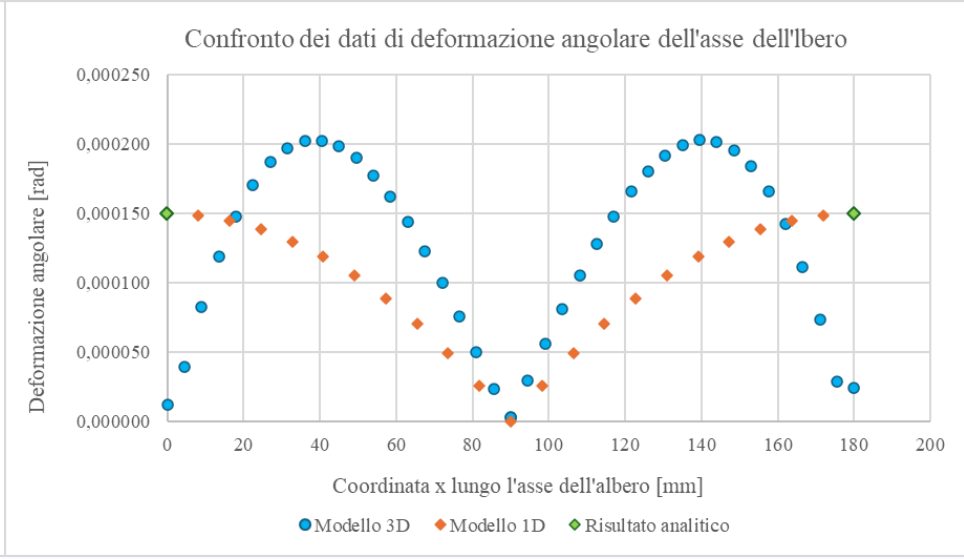


ANALISI FEM ALBERO 2

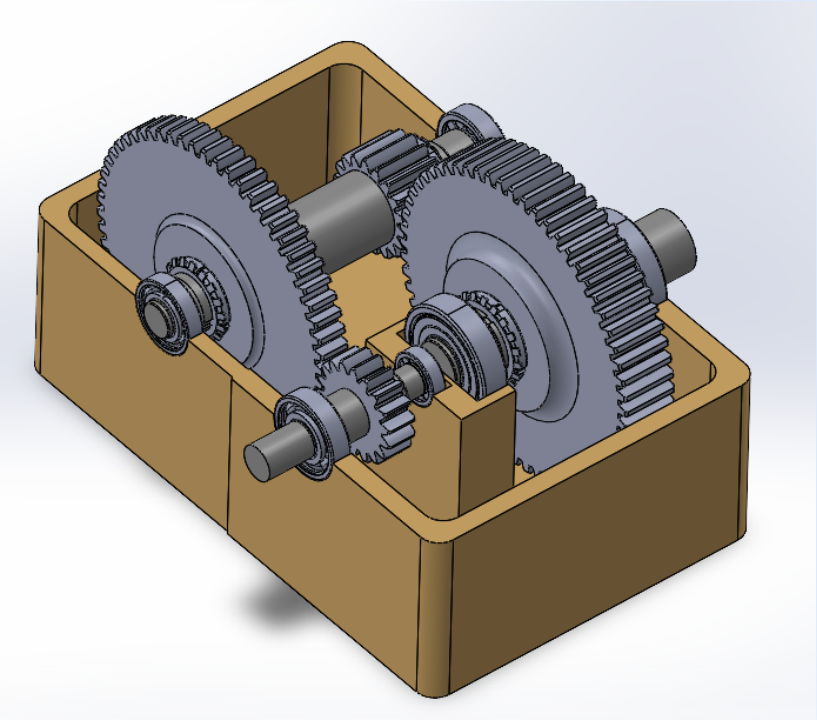








CONCLUSIONI



- VALIDAZIONE STRUTTURALE:
  Il riduttore garantisce totale sicurezza.
  I coefficienti di sicurezza minimi sono:
  ν_s = 5.73 per lo statico (>1.5)
  ν_f = 3.85 per la fatica. (>1.6)

- RIGIDEZZA ELEVATA:
  Le deformazione massima pari a $f_1 = 0.0104\,mm$ risulta inferiore di un ordine di grandezza rispetto ai limiti tollerati (0.127 mm), assicurando un perfetto allineamento.

- LIMITI DI CALCOLO MONODIMENSIONALE:
  L'analisi 1D concorda con la teoria, ma l'analisi FEM 3D dimostra che per alberi tozzi, schematizzarli come travi costanti introduce un errore in eccesso (30%) sulla deformazione.
  Il modello 3D risulta quindi indispensabile per una stima realistica