

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale
DIMENSIONAMENTO E MODELLAZIONE CAD 3D DI UN
RIDUTTORE BISTADIO

Tutor universitario: Prof. Alberto Campagnolo

Laureando: *Bianchin Giacomo*

Padova, 13/03/2023

OBIETTIVI

Il riduttore deve movimentare il tamburo di un nastro trasportatore tramite un motore asincrono trifase
Il riduttore deve essere dimensionato con l'obiettivo del minimo ingombro

DATI DI PROGETTO:

- Coppia massima per movimentare il nastro $T_{out} = 1150 \text{ Nm}$
- Velocità di rotazione del tamburo del nastro $n_{out} = 120 \text{ rpm}$
- Rapporto di riduzione $\mu_{tot} = 24 \pm 2\%$
- Ruote dentate a denti dritti
- Gli alberi di ingresso e di uscita sono coassiali

IPOTESI NORMATIVA ISO-53:

I denti degli ingranaggi rispettano le seguenti proporzioni

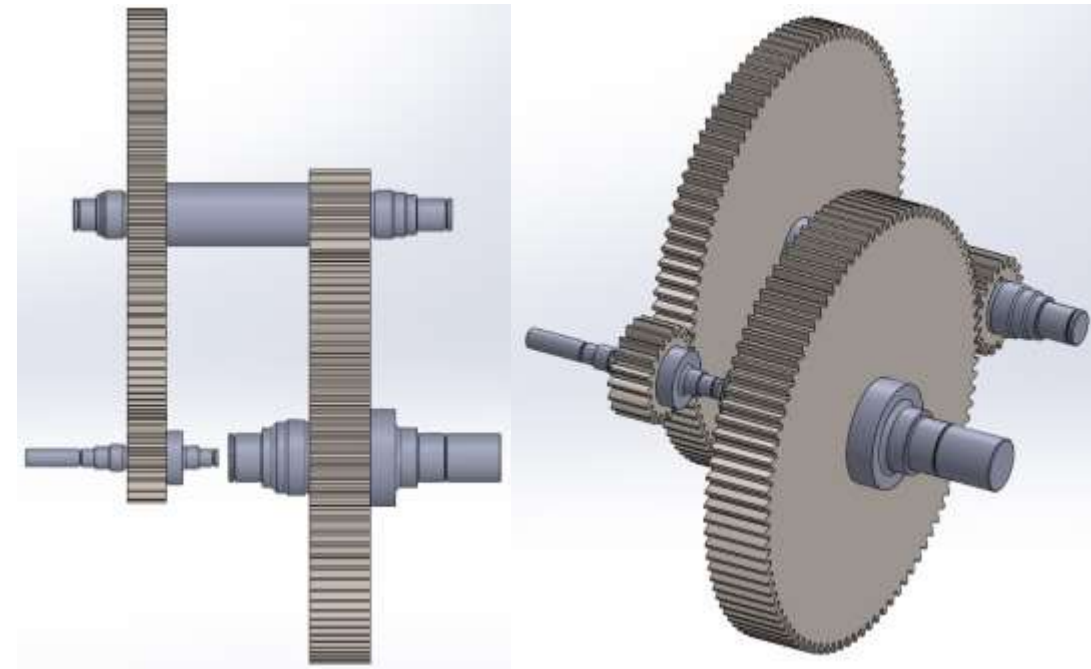
- Angolo di pressione $\alpha_n = 20^\circ$
- Altezza dell'addendum $h_a = m$
- Altezza del dedendum $h_f = 1,25 \cdot m$

CONDIZIONI DI LAVORO

ALBERO	POTENZA	COPPIA	rpm
ingresso	22632 W	74.9 Nm	2884
intermedio	22179 W	359.5 Nm	589
uscita	21735 W	1725 Nm	120

RUOTA	N. DENTI	Singoli rapporti di riduzione	
pignoni	19	μ_{1-2}	4.90
corone	93	μ_{1-2}	4.90

SCHEMA DEL RIDUTTORE



normativa ISO-6336

Modulo minimo per la resistenza a flessione a base dente

$$m \geq \sqrt[3]{\left(\frac{2T_3}{\lambda_3 z_3 \sigma_{FP}}\right) Y_{F,3} Y_{S,3} K_{F\beta,3}}$$

Risulta: $m \geq 2,40$ mm

Modulo minimo per la resistenza a pitting

$$m \geq \sqrt[3]{\left(\frac{Z_{B,3} Z_{H,3} Z_{E,3}}{z_3 \sigma_{HP}}\right)^2 \left(\frac{2T_3}{\lambda_3}\right) K_{H\beta,3} \frac{\mu + 1}{\mu}}$$

Risulta: $m \geq 3,30$ mm

Modulo minimo metodo di Lewis

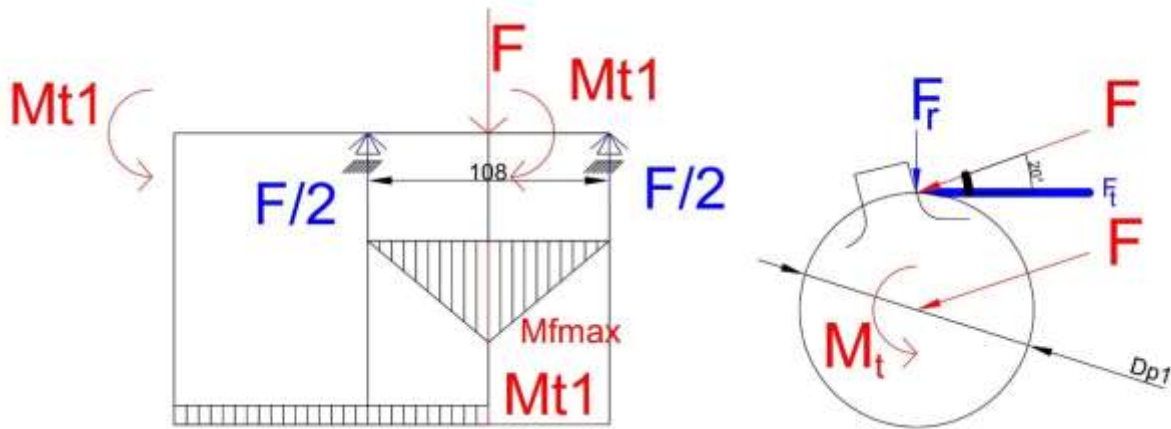
$$m \geq \sqrt[3]{\frac{2 \cdot T_0}{\lambda_3 \cdot z_3 \cdot Y_{lewis} \cdot \sigma_{din}}}$$

Risulta $m \geq 3,95$ mm

ruota	z	m (mm)	Dp (mm)	λ	b (mm)	interasse
1	19	4	76	9	36	224 mm
2	93	4	372	9	36	224 mm
3	19	4	76	14	56	224 mm
4	93	4	372	14	56	224 mm

ALBERO DI INGRESSO

materiale \longrightarrow 39NiCrMo3 \longrightarrow ipotesi \longrightarrow 1) Albero snello 2) $v_s = 10$ 3) $16 < d \leq 40$ quindi $\sigma_s = 735 \text{ MPa}$



$$F_{t1} = \frac{2T_1}{D_{p1}}$$

$$F_{r1} = F_{t1} \cdot \tan(20^\circ)$$

$$F_1 = \sqrt{F_{t1}^2 + F_{r1}^2}$$

$$M_{f1,max} = \frac{F_1 \cdot l_1}{4}$$

$$T_1 = 74900 \text{ Nmm}$$

$$d_{flex} \geq \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M_{f1,max}}{\pi \cdot \sigma_{adm}}} = 19,9 \text{ mm}$$

$$d_{tors} \geq \sqrt[3]{\frac{16 \cdot T_1}{\pi \cdot \tau_{adm}}} = 20,8 \text{ mm}$$

Si sceglie $d = 25 \text{ mm}$ \longrightarrow Verifica ipotesi iniziali

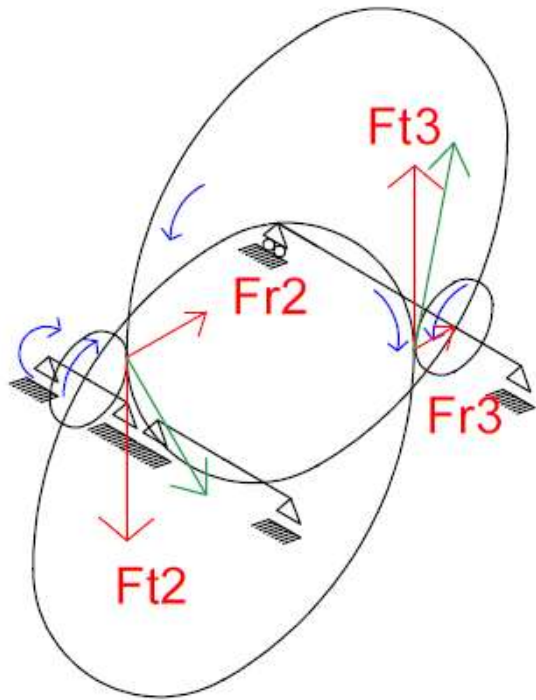
LUNGHEZZE ALBERI

albero	lunghezza (mm)
ingresso	108
intermedio	316
uscita	168

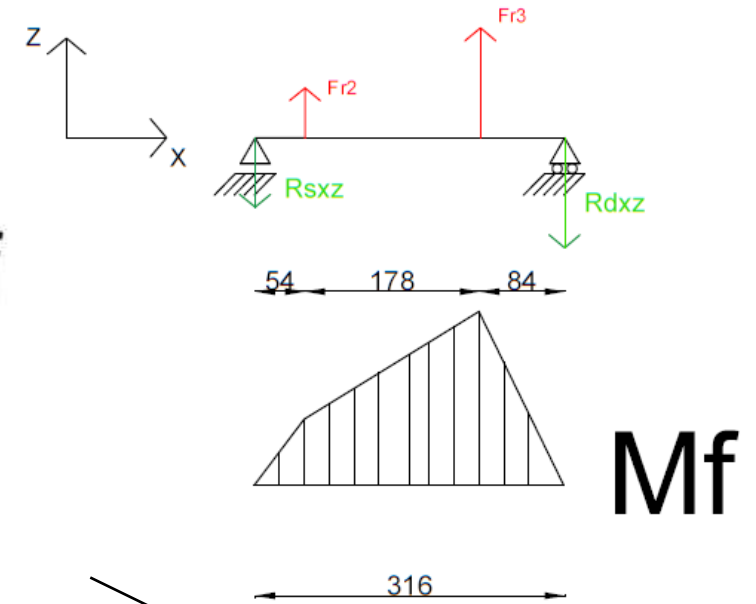
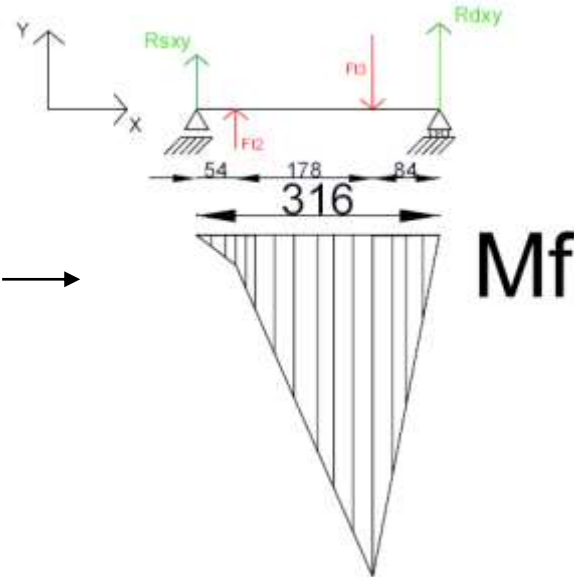
ALBERO DI USCITA \longrightarrow Il procedimento è analogo

ALBERO INTERMEDIO

materiale \longrightarrow 39NiCrMo3 \longrightarrow ipotesi \longrightarrow 1) Albero snello 2) $v_s = 10$ 3) $40 < d \leq 100$ quindi $\sigma_s = 685 \text{ MPa}$



\longrightarrow Scomposizione delle forze in due piani \longrightarrow

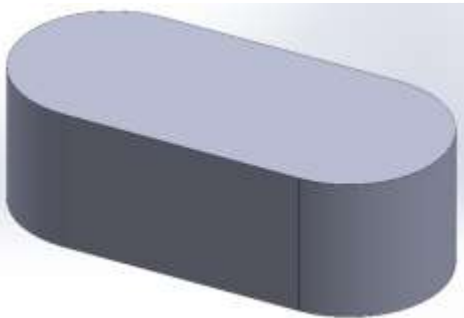
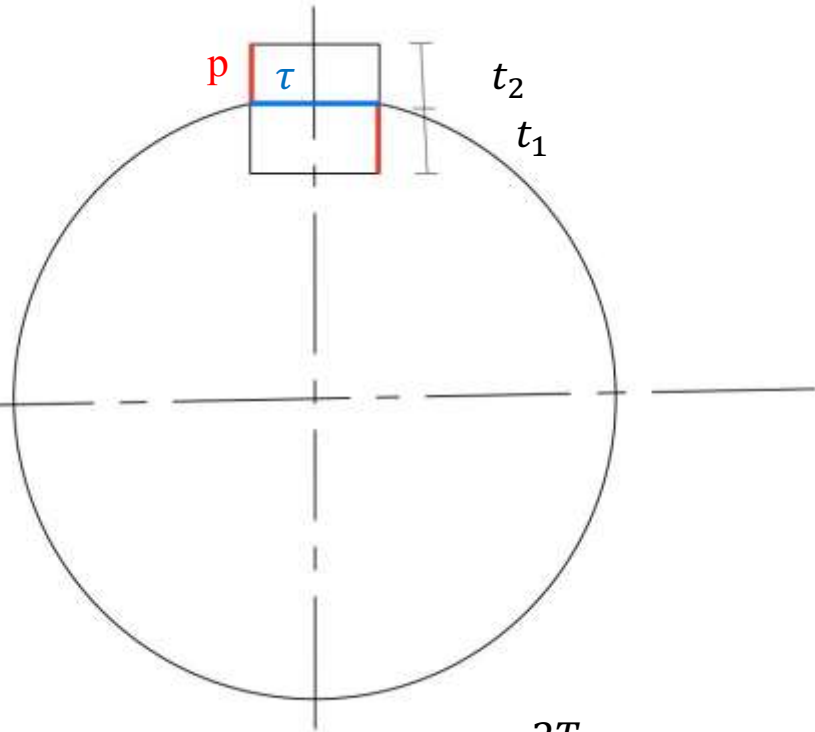


Da qui in poi procedimento analogo al caso precedente

\longleftarrow Forze e momenti complessivi

\longleftarrow Combinazione delle componenti

LINGUETTE → UNI 6604



$$l \geq \frac{2T}{d \cdot t_1 \cdot P_{amm}}$$

$$\tau_{adm} \geq \frac{2 \cdot T}{d \cdot b \cdot l}$$

CUSCINETTI → Da catalogo SKF

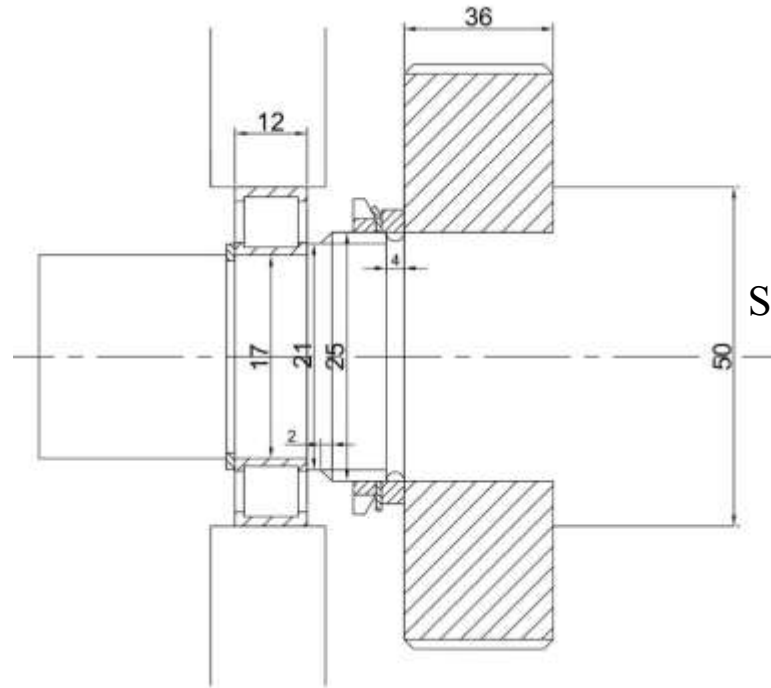
→ Ipotesi di spinta assiale nulla

$$L_{10} = L_h \cdot 60 \frac{\min}{h} \cdot n_0 \cdot 10^{-6}$$

$$C_{sfere} = L_{10}^{1/3} \cdot R_{sfere}$$

$$C_{rulli} = L_{10}^{3/10} \cdot R_{rulli}$$

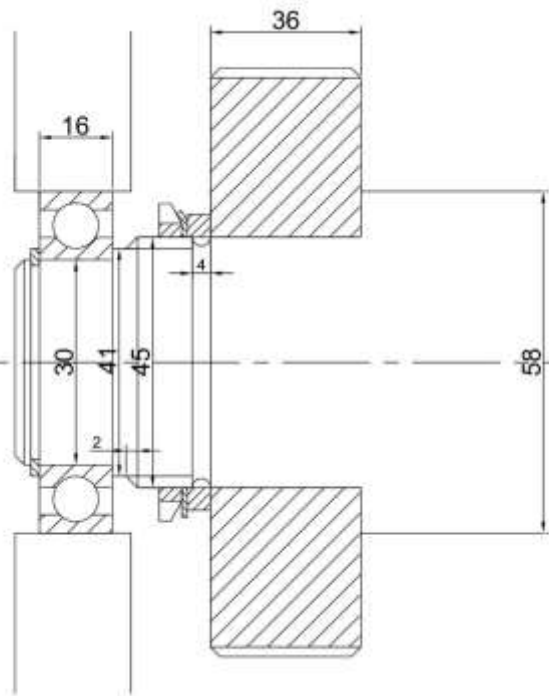
CUSCINETTI ALBERO DI INGRESSO



$$C_{rulli} = 14884 N$$

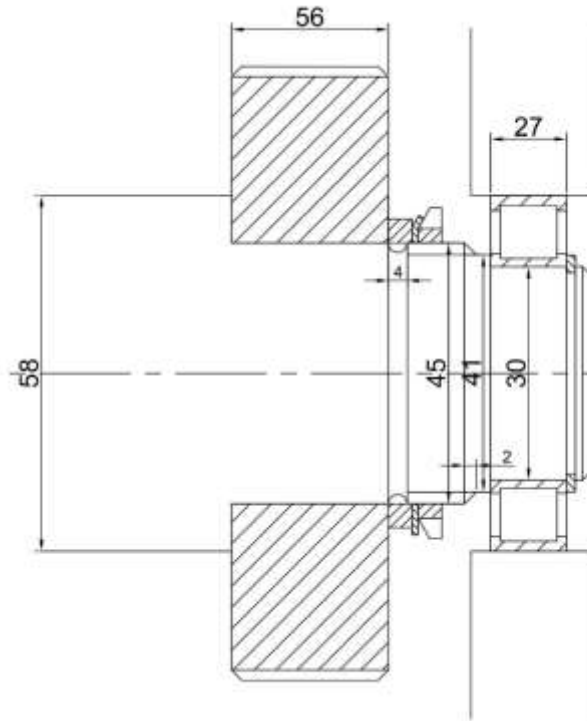
SKF-N203ECP con C = 20000 N

CUSCINETTI ALBERO INTERMEDIO



$$C_{sfere} = 19678 \text{ N}$$

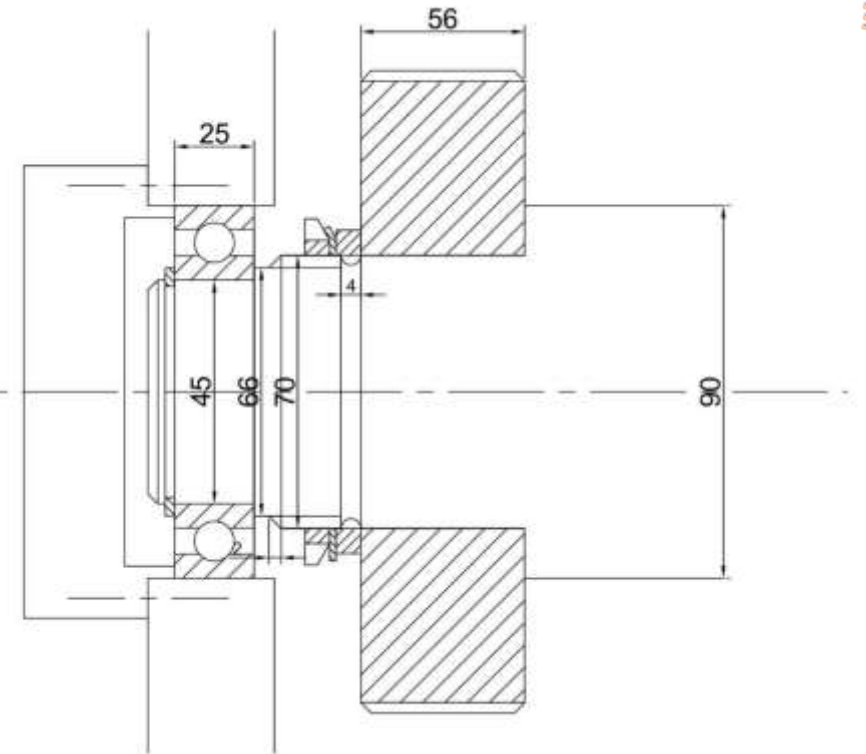
SKF-6206 con $C = 20300 \text{ N}$



$$C_{rulli} = 62763 \text{ N}$$

SKF-NU2306-ECP con $C = 83000 \text{ N}$

CUSCINETTI ALBERO DI USCITA



$$C_{sfere} = 32588 \text{ N}$$

SKF6309 con $C = 55300 \text{ N}$

ALBERO INTERMEDIO

sezione	T_0 [Nmm]	$M_{f,xy}$ [Nmm]	$M_{f,xz}$ [Nmm]	M_f [Nmm]	σ_f [MPa]	τ_t [MPa]	σ_{VM} [MPa]	v_s
A	0	7301	11992	14040	5,3	0	5,3	138,8
B	0	31028	50968	59670	8,8	0	8,8	77,7
C	359500	49280	80949	94769	10,6	20,1	36,4	18,8
D	359500	100508	95265	138482	15,5	20,1	38,1	18
E	359500	476178	200252	516573	57,7	20,1	67,4	10,2
F	359500	555867	222522	598752	66,9	20,1	75,4	9,1
G	0	357343	143050	384912	56,9	0	56,9	12
H	0	89336	35762	96228	36,3	0	36,3	18,9

ALBERO DI INGRESSO

sezione	T_0 [Nmm]	M_f [Nmm]	σ_f [MPa]	τ_t [MPa]	σ_{VM} [MPa]	v_s
A	74900	6298	13,1	77,7	135,2	5,4
B	74900	35691	39,3	41,2	81,5	9
C	74900	56686	37	24,4	56,2	13,1
D	0	37790	24,6	0	24,6	29,8
E	0	22044	24,2	0	24,2	30,3
F	0	6298	13,1	0	13,1	56,3

ALBERO DI USCITA

sezione	T_2 [Nmm]	M_f [Nmm]	σ_f [MPa]	τ_t [MPa]	σ_{VM} [MPa]	v_s
A	0	61681	6,9	0	6,9	99,3
B	0	266463	9,4	0	9,4	72,9
C	1725000	414498	12,3	25,6	46	14,9
D	1725000	276332	8,2	25,6	45,1	15,2
E	1725000	160371	9,8	52,8	92	7,4
F	1725000	61681	6,9	96,4	167,1	4,1

ALBERO INTERMEDIO

sez	K_d	K_l	K_{tn}	a	q	K_f	$\sigma_{A,\infty-1}^*$	σ_A	v_f
A	1,17	1,09	2,26	0,1101	0,901	2,14	170,8	5,3	32,2
B	1,20	1,19	2,34	0,137	0,936	2,25	127,4	8,8	14,4
C	1,22	1,19	-	-	-	2,15	131,4	10,6	12,4
D	1,22	1,07	2,12	0,137	0,936	2,05	153,3	15,5	9,9
E	1,22	1,07	2,12	0,137	0,936	2,05	153,3	57,7	2,7
F	1,22	1,19	-	-	-	2,15	131,4	66,9	1,96
G	1,20	1,19	2,34	0,137	0,936	2,25	127,4	56,9	2,2
H	1,17	1,09	2,26	0,1101	0,901	2,14	170,8	36,3	4,7

ALBERO DI INGRESSO

sez	K_d	K_l	K_{tn}	a	q	K_f	$\sigma_{A,\infty-1}^*$	σ_A	v_f
A	1,08	1,09	2,36	0,1101	0,820	2,12	186,8	13,1	14,3
B	1,11	1,35	1,98	0,1101	0,948	1,93	160,9	39,3	4,1
C	1,14	1,35	-	-	-	2,20	137,3	37	5,6
D	1,14	1,09	1,64	0,1101	0,965	1,62	231,4	24,6	9,4
E	1,11	1,09	1,65	0,1101	0,965	1,63	236,2	24,2	9,7
F	1,08	1,09	2,36	0,1101	0,820	2,12	186,8	13,1	14,3

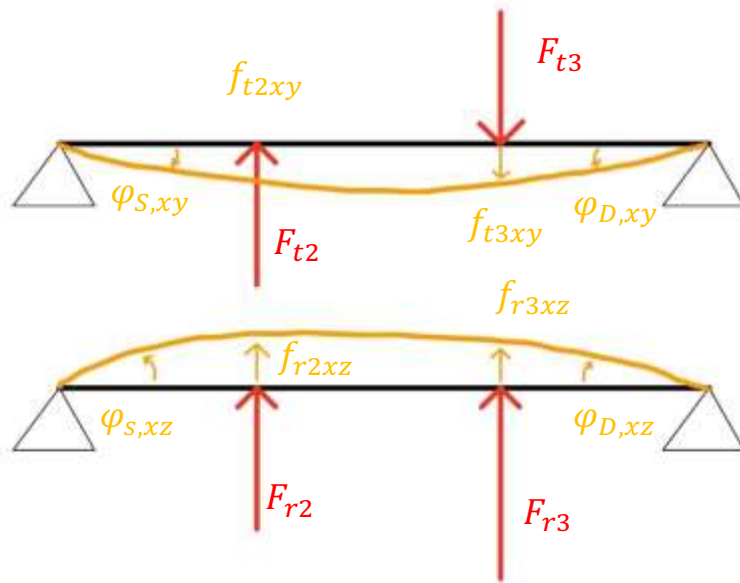
ALBERO DI USCITA

sez	K_d	K_l	K_{tn}	a	q	K_f	$\sigma_{A,\infty-1}^*$	σ_A	v_f
A	1,22	1,07	2,36	0,137	0,916	2,25	139,6	6,9	20,2
B	1,27	1,20	2,52	0,137	0,936	2,42	111,2	9,4	11,8
C	1,29	1,20	-	-	-	2,10	126,1	12,3	10,3
D	1,29	1,07	2,95	0,137	0,956	2,86	103,9	8,2	12,7
E	1,25	1,07	1,8	0,137	0,973	1,78	172,2	9,8	17,6
F	1,22	1,07	2,36	0,137	0,916	2,25	139,6	6,9	20,2

VALORI LIMITE

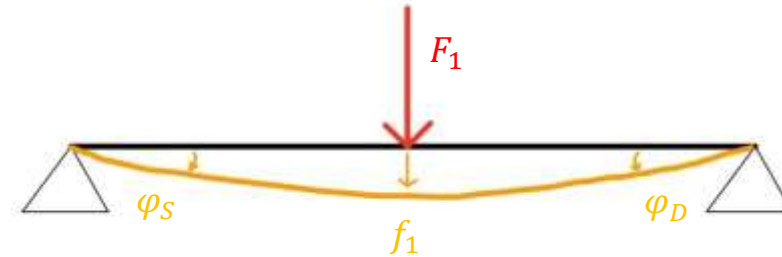
- $f_{lim} = 0,127 \text{ mm}$
- $\varphi_{lim,sfere} = 10' = 2,91 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$
- $\varphi_{lim,rulli} = 4' = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ rad}$

ALBERO INTERMEDIO



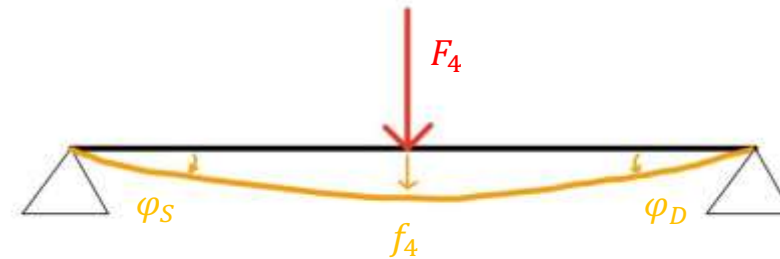
Sezione	Spostamenti
A	0,006764 mm
B	0,02852 mm
C	0,04471 mm
D	0,05859 mm
E	0,1025 mm
F	0,08939 mm
G	0,06386 mm
H	0,01702 mm
φ_{sf}	0,000846 rad
φ_{rulli}	0,001266 rad

ALBERO DI INGRESSO



Sezione	Spostamenti
A	0,002315 mm
B	0,01143 mm
C	0,01395 mm
D	0,01188 mm
E	0,07727 mm
F	0,002315 mm
$\varphi_{rulli \text{ sinistro}}$	0,00039 rad
$\varphi_{rulli \text{ destro}}$	0,00039 rad

ALBERO DI USCITA



Sezione	Spostamenti
A	0,00089 mm
B	0,003339 mm
C	0,004015 mm
D	0,003421 mm
E	0,002214 mm
F	0,00089 mm
$\varphi_{sfere \text{ sinistro}}$	0,0000717 rad
$\varphi_{sfere \text{ destro}}$	0,0000717 rad

