



UNIVERSITÀ DI PARMA

Dipartimento di Ingegneria e Architettura
Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

**Dimensionamento di un Riduttore
Angolare a 90 gradi**

Cocconi Matteo 356072
Faia Ruben 355711
Ravaglia Roberto 356094

Professore:
Moroni Fabrizio

OBIETTIVI

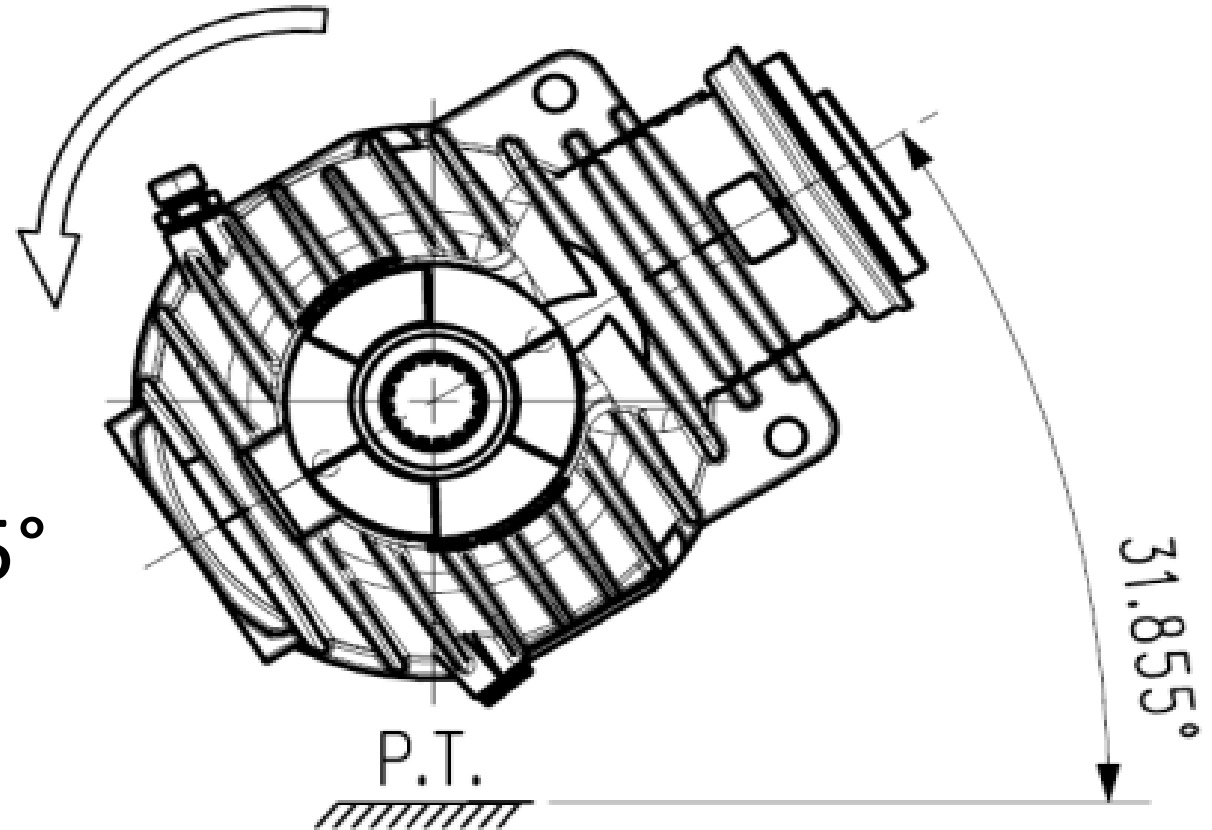
- DIMENSIONAMENTO INGRANAGGI
- SCELTA CUSCINETTI
- SCELTA TENUTE
- SCELTA CALETTAMENTI
- PROGETTAZIONE CARTER



**UNIVERSITÀ
DI PARMA**

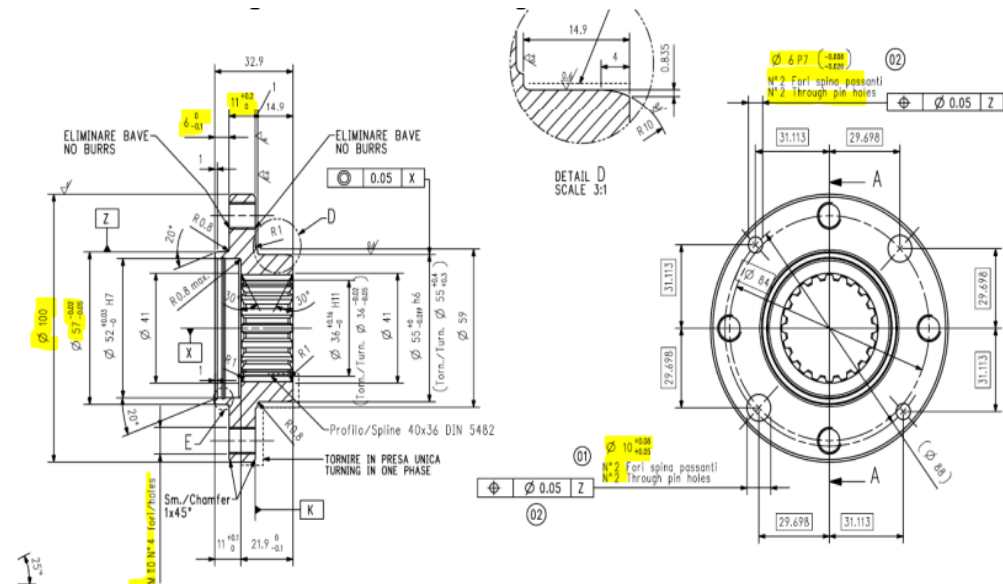
VINCOLI

- VITA UTILE: 3000 ORE
- Sf BENDING > 1.3
- Sf PITTING > 1.1
- PESO MINORE DI 18 kg
- PUNTO DI LAVORO A 31.855°

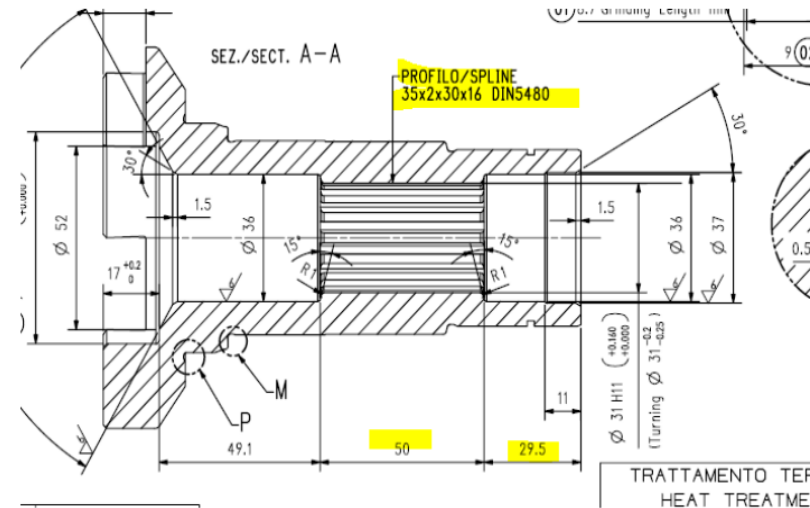


VINCOLI

FLANGIA DI INPUT:



ALBERO DI OUTPUT:



UNIVERSITÀ
DI PARMA

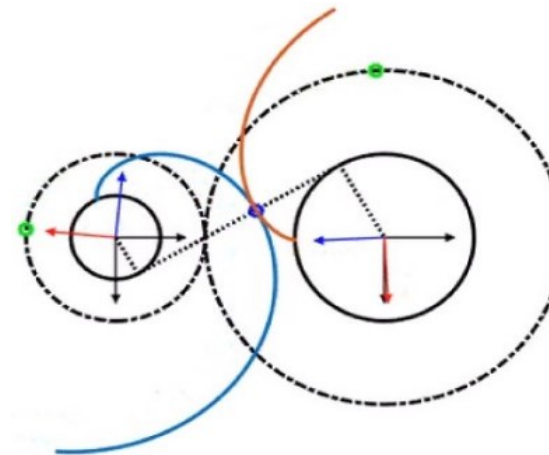
PARAMETRI DI PROGETTAZIONE

- RAPPORTO DI TRASMISSIONE

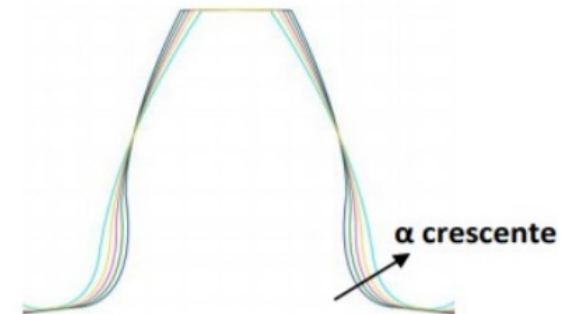
$$\tau = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{r_2}{r_1} = \frac{z_2}{z_1}$$

- DIAMETRO DI TESTA: fondamentale per gli ingombri

- ANGOLO DI PRESSIONE

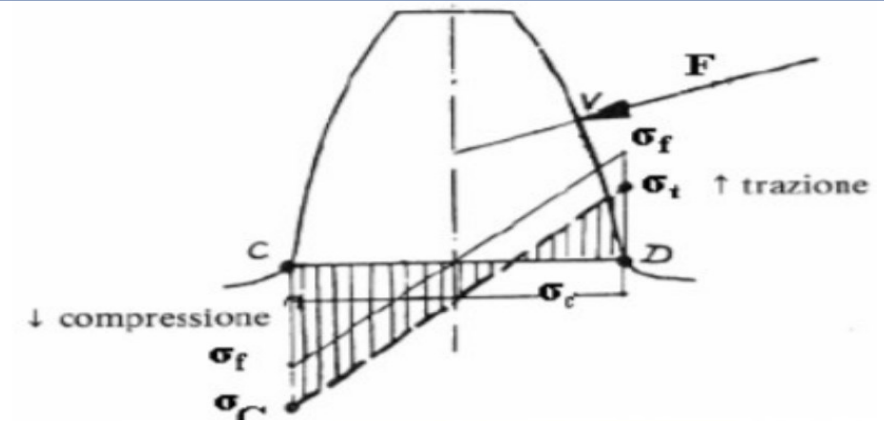


Angolo di pressione α

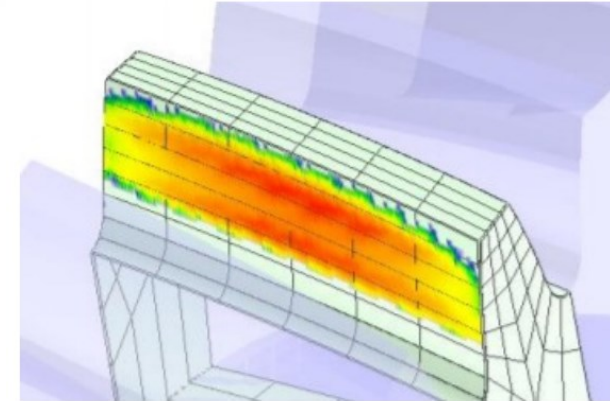


PARAMETRI DI INTERESSE

BENDING: sollecitazione a taglio



PITTING: usura superficiale



RICOPRIMENTO: n° denti in presa



PARAMETRI E RESISTENZA

ANGOLO DI PRESSIONE: se aumenta, aumenta la resistenza a bending sfavorendo la resistenza a pitting

LARGHEZZA DI FASCIA: definisce l'area su cui è distribuita la pressione di contatto e la sezione resistente del dente.

MODULO: maggior resistenza a bending aumentando m





Dati base

Tipologia: Standard, figura 4 (solo i coni primitivo e di fondo hanno lo stesso vertice)

Geometria

Modulo normale fascia) m_{mn}	4.0000 mm	<input checked="" type="radio"/> ↔	Ruota 1	Ruota 2	Dettagli...
Diametro p... (esterno) d_{e2}	187.1324 mm	<input type="radio"/> ⚡	N. di denti z	15	39
Angolo di ...ne normale α_n	22.5000 °		Larghezza dente b	33.3557 mm	
Ruota 1	dentatura diritta	⚡	Fattore d...l profilo x_{hmn}	0.3840	-0.3840 ↔ ↔
Angolo di s...età fascia) β_{m2}	0.0000 °		Fattore ...re dente x_{smn}	0.0000	0.0000 <input type="checkbox"/>
Angolo di ...um Ruota 2 θ_{a2}	2.3736 °	↔ ↔	Qualità (DIN 3965) Q	9	9 🔧
Angolo di fondo Ruota 2 θ_{f2}	4.4720 °		Angolo tra gli assi Σ		90.0000 °
			Offset dell'asse a		0.0000 mm

Materiali e lubrificazione

Ruota 1	Acciaio da cementa	20 MnCr 5, cementato, ISO 6336-5 Immagine 9/10 (MQ), Durezza a cuore ≥25HRC Jominy J=12mm	+/-
Ruota 2	Acciaio da cementa	20 MnCr 5, cementato, ISO 6336-5 Immagine 9/10 (MQ), Durezza a cuore ≥25HRC Jominy J=12mm	+/-
Lubrificazione	Lubrificazione a sbi	Immissione propria	+/-

PARAMETRI KISSOFT

- OLIO: SPIRAX S3 AX 80W-90

K Definizione lubrificante

☒ Inserimento dati personalizzati

Commento	SPIRAX S3 AX 80W-90		
Olio/grasso	Olio		
Densità olio	ρ	0.9000	kg/dm ³
Viscosità nominale cinematica a 40°C	ν_{40}	169.0000	mm ² /s
Viscosità nominale cinematica a 100°C	ν_{100}	16.8000	mm ² /s
Limite inferiore temperatura di impiego	θ_{min}	-30.0000	°C
Limite superiore temperatura di impiego	θ_{max}	220.0000	°C
Base lubrificante	Olio sintetico a base di poliglicole		
Metodo test di grippaggio	Nessuna informazione sul grippaggio		
Metodo test di micropitting	Nessuna informazione sul test di micropitting		
Fattore k per il coefficiente di viscosità pressione (AGMA 925)	k	0.0105	💡
Fattore s per il coefficiente di viscosità pressione (AGMA 925)	s	0.1348	
Coefficiente di viscosità pressione a 38°C	α_{38}		m ² /N <input type="checkbox"/>

OK Cancel



PARAMETRI KISSOFT

- MATERIALE: 20MnCr5

VOCE	SIMBOLO	VALORE
Durezza Superficie	/	HRC 60
Limite di fatica tensione piede del dente(N/mm ²)	[σ_{Flim}]	430
Limite di fatica pressione di Hertz (N/mm ²)	[σ_{Hlim}]	1500
Modulo di elasticità (N/mm ²)	[E]	206000
Coefficiente di Poisson	[ν]	0,3
Resistenza alla rottura (N/mm ²)	[σ_B]	1200
Limite di snervamento (N/mm ²)	[σ_S]	850



PARAMETRI KISSOFT

- CICLO DI LAVORO:

Spettro di carico

Calcolo con spettro di carico ▼ N. ▲▼ Immissione propria

	Frequenza [%]	Potenza [kW]	Numero di giri [1/min]	$K_{H\beta}$
1	2.740000	5.0000	1791.0000	1.8750
2	11.610000	10.0000	1791.0000	1.8750
3	27.810000	15.0000	1791.0000	1.8750

- TOLLERANZE: GLEASON AGMA 7-13 Q4-10



DIMENSIONAMENTO INGRANAGGI

- SCELTA COPPIE ADATTE:

1° TENTATIVO: 13/33

LARGH.DENTE: 25

RAPPORTO: 2,538

MODULO: 4

	A	B	C	D	E
1					
2	Rapporto di Trasmissione	2,58			
3	Tolleranza	3%			
4	Range	2,5026	2,6574		
5					
6					
7		5	6	7	8
8	12	2,400	2,000	1,714	1,500
9	13	2,600	2,167	1,857	1,625
10	14	2,800	2,333	2,000	1,750
11	15	3,000	2,500	2,143	1,875
12	16	3,200	2,667	2,286	2,000
13	17	3,400	2,833	2,429	2,125
14	18	3,600	3,000	2,571	2,250
15	19	3,800	3,167	2,714	2,375
16	20	4,000	3,333	2,857	2,500
17	21	4,200	3,500	3,000	2,625
18	22	4,400	3,667	3,143	2,750
19	23	4,600	3,833	3,286	2,875



UNIVERSITÀ
DI PARMA

DIMENSIONAMENTO INGRANAGGI

RISULTATI INSODDISFACENTI

Modulo Normale [mm]	4	
Angolo di Pressione [°]	22,5	
	PIGNONE	RUOTA
N° di Denti	13	33
Larghezza del dente [mm]	25	25
Fatt. spostamento del profilo	0,3815	-0,3815
Qualità ISO	9	
Fase di lavorazione	Fresato	Fresato
Profilo di riferimento	1.25/0.30/1.0 ISO 53: 1998 Profilo B	1.25/0.30/1.0 ISO 53: 1998 Profilo B
Ricoprimento	1,45	
Cerchio di testa effettivo [mm]	73,586	157,453
SF bending	1,052	1,175
SF pitting	0,875	0,922



UNIVERSITÀ
DI PARMA

DIMENSIONAMENTO INGRANAGGI

- SCELTA COPPIE ADATTE:

2° TENTATIVO: 15/39

LARGH.DENTE: 25

RAPPORTO: 2.6

MODULO: 4

	A	B	C	D	E
1					
2	Rapporto di Trasmissione	2,58			
3	Tolleranza	3%			
4	Range	2,5026	2,6574		
5					
6					
7		5	6	7	8
8	12	2,400	2,000	1,714	1,500
9	13	2,600	2,167	1,857	1,625
10	14	2,800	2,333	2,000	1,750
11	15	3,000	2,500	2,143	1,875
12	16	3,200	2,667	2,286	2,000
13	17	3,400	2,833	2,429	2,125
14	18	3,600	3,000	2,571	2,250
15	19	3,800	3,167	2,714	2,375
16	20	4,000	3,333	2,857	2,500
17	21	4,200	3,500	3,000	2,625
18	22	4,400	3,667	3,143	2,750
19	23	4,600	3,833	3,286	2,875



UNIVERSITÀ
DI PARMA

DIMENSIONAMENTO INGRANAGGI

RISULTATI INSODDISFACENTI

Modulo Normale [mm]	4	
Angolo di Pressione [°]	22,5	
	PIGNONE	RUOTA
N° di Denti	15	39
Larghezza del dente [mm]	25	25
Fatt. spostamento del profilo	0,384	-0,384
Qualità ISO	9	9
Fase di lavorazione	Fresato	Fresato
Profilo di riferimento	1.25/0.30/1.0 ISO 53: 1998 Profilo B	1.25/0.30/1.0 ISO 53: 1998 Profilo B
Ricoprimento	1,476	
Cerchio di testa effettivo [mm]	81,133	181,475
SF bending	1,224	1,355
SF pitting	1,03	1,086



UNIVERSITÀ
DI PARMA

DIMENSIONAMENTO INGRANAGGI

- SCELTA COPPIE ADATTE:

3° TENTATIVO: 15/39

LARGH.DENTE: 33

RAPPORTO: 2.6

MODULO: 4

R1					
	A	B	C	D	E
1					
2	Rapporto di Trasmissione	2,58			
3	Tolleranza	3%			
4	Range	2,5026	2,6574		
5					
6					
7		5	6	7	8
8	12	2,400	2,000	1,714	1,500
9	13	2,600	2,167	1,857	1,625
10	14	2,800	2,333	2,000	1,750
11	15	3,000	2,500	2,143	1,875
12	16	3,200	2,667	2,286	2,000
13	17	3,400	2,833	2,429	2,125
14	18	3,600	3,000	2,571	2,250
15	19	3,800	3,167	2,714	2,375
16	20	4,000	3,333	2,857	2,500
17	21	4,200	3,500	3,000	2,625
18	22	4,400	3,667	3,143	2,750
19	23	4,600	3,833	3,286	2,875



UNIVERSITÀ
DI PARMA

DIMENSIONAMENTO INGRANAGGI

RISULTATI SODDISFACENTI

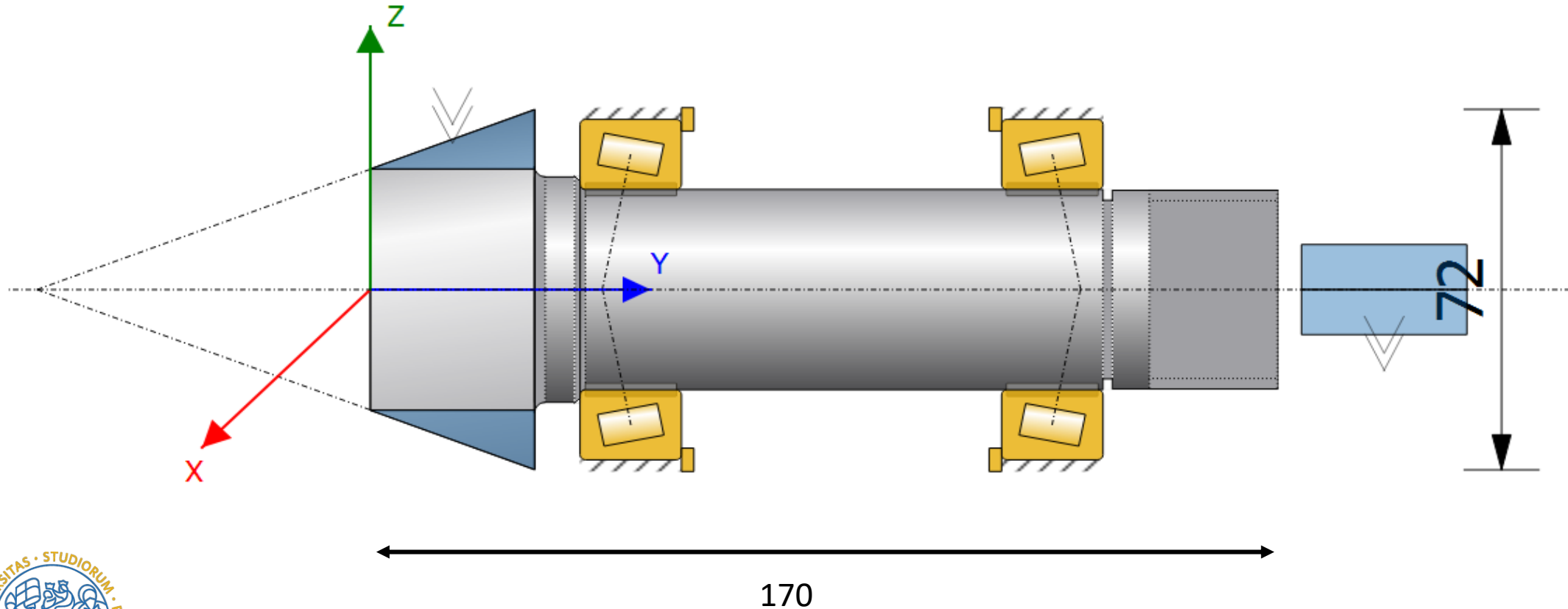
Modulo Normale [mm]	4	
Angolo di Pressione [°]	22,5	
	PIGNONE	RUOTA
N° di Denti	15	39
Larghezza del dente [mm]	33	33
Fatt. spostamento del profilo	0,384	-0,384
Qualità ISO	9	9
Fase di lavorazione	Fresato	Fresato
Profilo di riferimento	1.25/0.30/1.0 ISO 53: 1998 Profilo B	1.25/0.30/1.0 ISO 53: 1998 Profilo B
Ricoprimento	1,476	
Cerchio di testa effettivo [mm]	84,589	189,06
SF bending	1,593	1,749
SF pitting	1,174	1,238



UNIVERSITÀ
DI PARMA

DIMENSIONAMENTO ALBERI

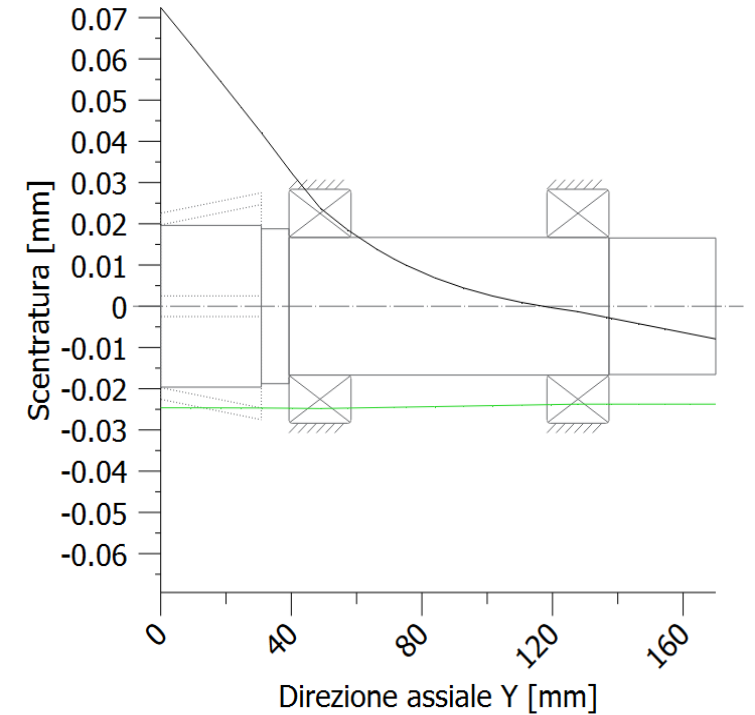
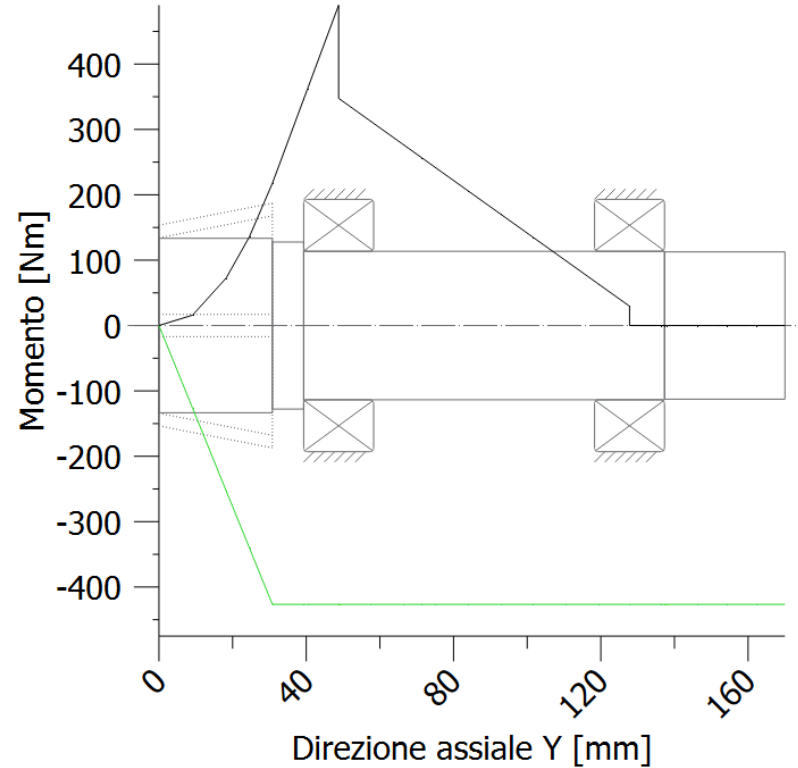
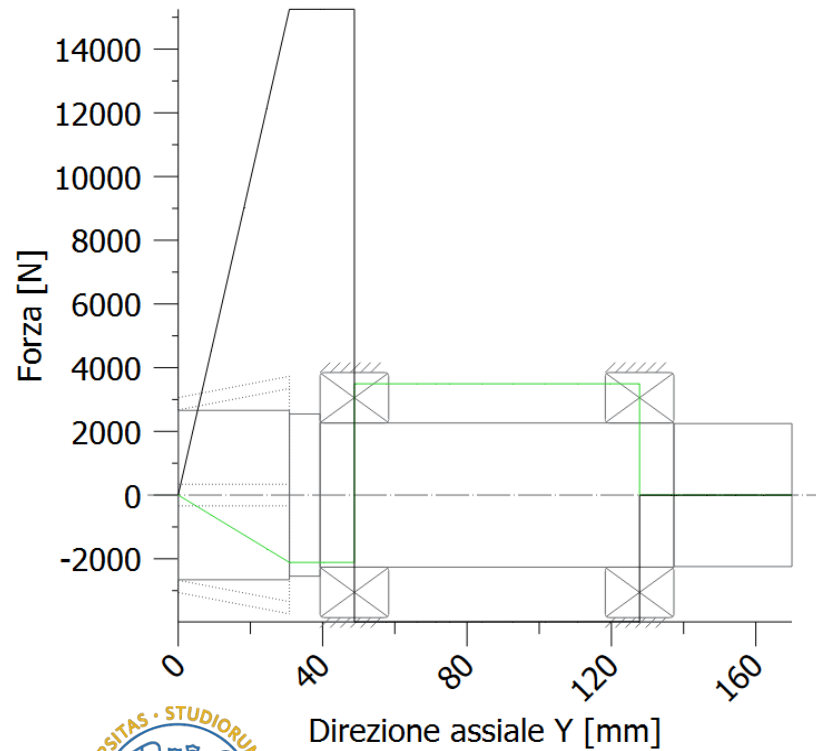
ALBERO INPUT:



UNIVERSITÀ
DI PARMA

DIMENSIONAMENTO ALBERI

ALBERO INPUT:



UNIVERSITÀ
DI PARMA

— Assiale
— Radiale/Flettente

— Torcente
— Flettente

— Assiale
— Radiale

DIMENSIONAMENTO ALBERI

ALBERO INPUT:

inflessione massima	72.46 μm
tensione equivalente massima	117.84 N/mm ²
durata minimale di vita del cuscinetto	7872.10 h
sicurezza statica minimale del cuscinetto	3.69
sicurezza minimale alla fatica	2.62
sicurezza statica minimale	4.74

Risultati	S ₀	L _{10h}
Cuscinetto SX (SKF 32008 X)	3.69	7872 h
Cuscinetto DX (SKF 32008 X)	13.77	211451 h

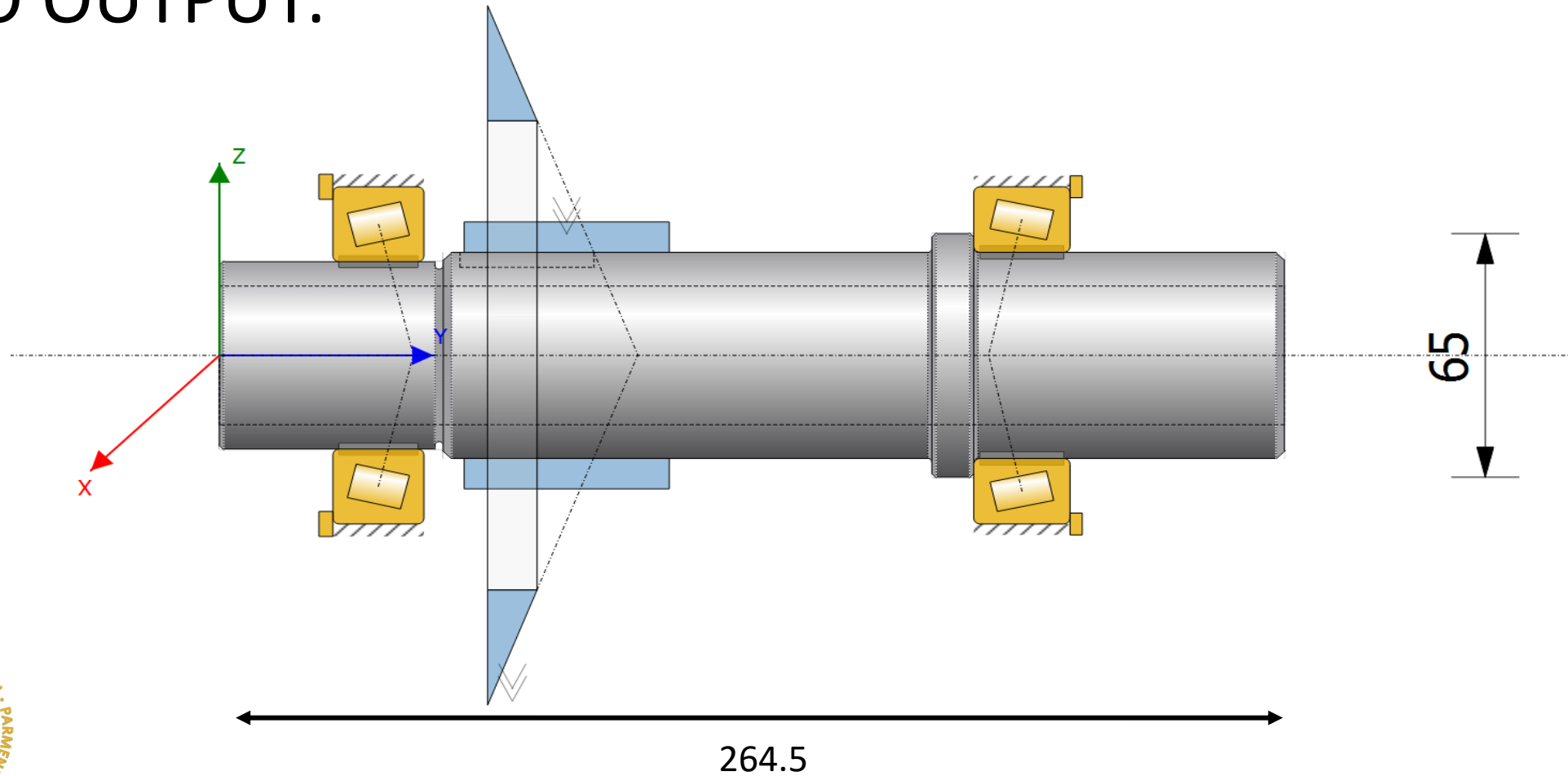
	SICUREZZE		RISULTATI [%]	
	FATICA	STATICO	FATICA	STATICO
Sezione cuscinetto SX	2.60	4.83	216.91	402.46
Sezione ruota conica	19.91	17.65	1659.37	1471.15
Sezione intaglio 2 - PROFILO SCANALATO	7.59	4.74	632.71	394.91
Sezione cuscinetto DX	6.91	6.72	576.05	560.20
Sezione intaglio 1 – GOLA	4.30	4.81	358.29	400.95



**UNIVERSITÀ
DI PARMA**

DIMENSIONAMENTO ALBERI

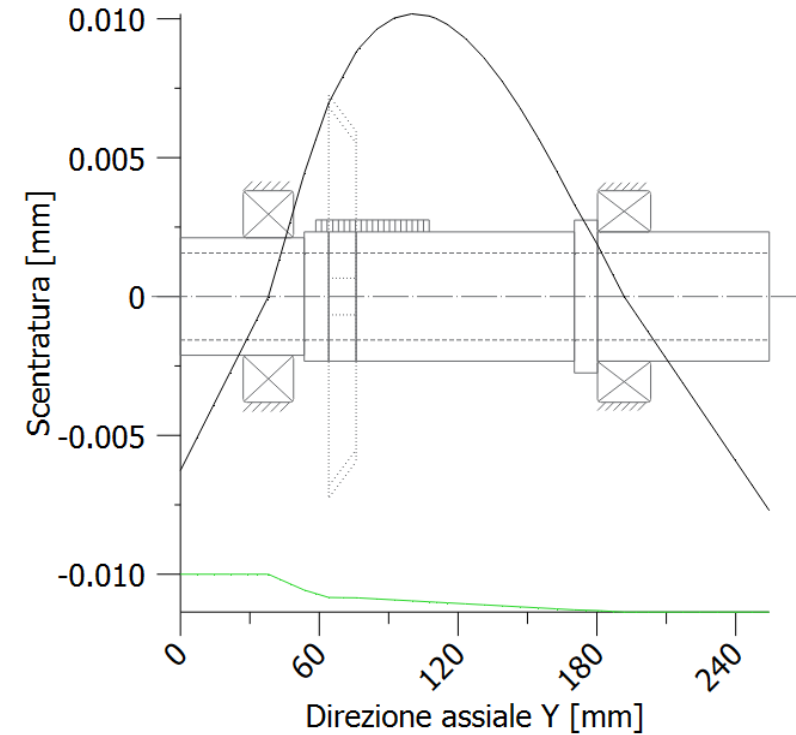
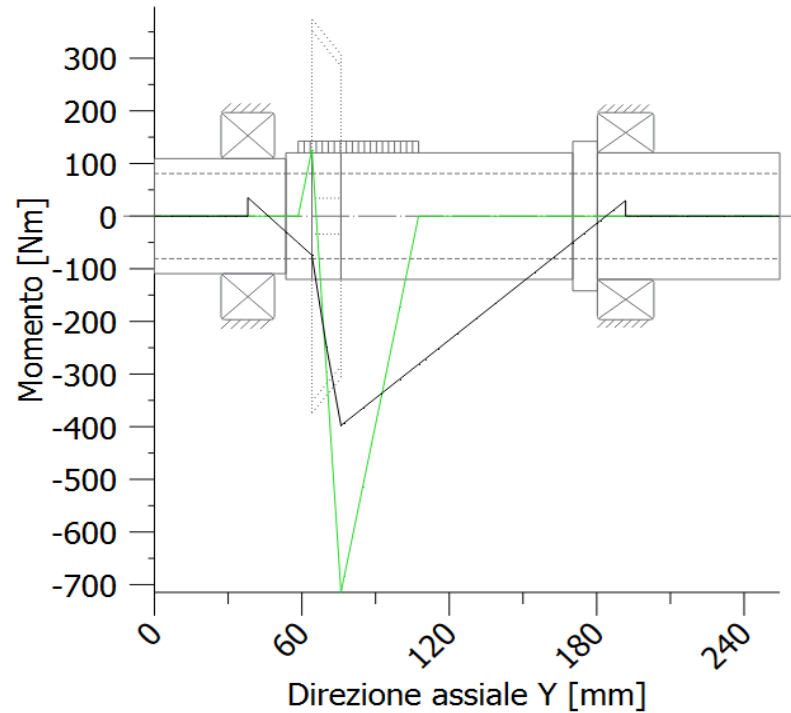
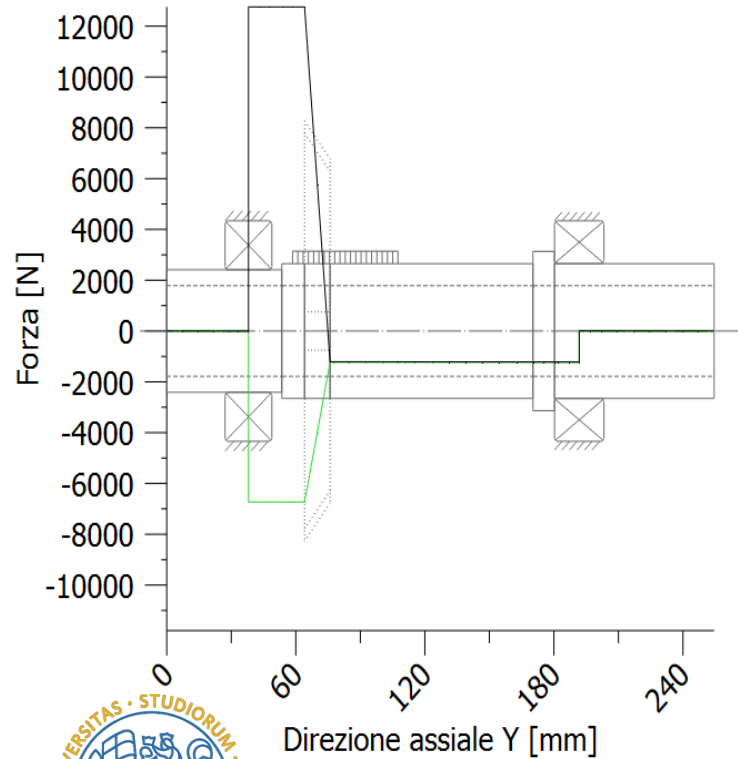
ALBERO OUTPUT:



UNIVERSITÀ
DI PARMA

DIMENSIONAMENTO ALBERI

ALBERO OUTPUT:



— Assiale
— Radiale/Flettente

— Torcente
— Flettente

— Assiale
— Radiale

DIMENSIONAMENTO ALBERI

ALBERO OUTPUT:

inflessione massima	10.18 μm
tensione equivalente massima	65.35 N/mm ²
durata minimale di vita del cuscinetto	176316.41 h
sicurezza statica minimale del cuscinetto	7.17
sicurezza minimale alla fatica	27.72
sicurezza statica minimale	122.89

	S_0	L_{10h}
Cuscinetto SX (SKF 30210)	7.17	176316 h
Cuscinetto DX (SKF 32011 X)	31.39	> 1000000 h

	SICUREZZE		RISULTATI [%]	
	FATICA	STATICO	FATICA	STATICO
Sezione intaglio 2 - SPALLAMENTO	241.81	475.65	20151.25	39637.43
Sezione cuscinetto DX	61.55	285.21	5129.31	23767.73
Sezione cuscinetto SX	9999.99	9999.99	999999.99	999999.99
Sezione intaglio 1 - GOLA	27.72	122.89	2309.59	10240.79



**UNIVERSITÀ
DI PARMA**

SCELTA TENUTE

TENUTA	DENOMINAZIONE e MISURE [mm]
Tenuta profilo scanalato - INPUT	TSS YJ 38 YJ3800520-N7MM – 52 x 6.5
Tenuta carter pignone - INPUT	SKF HMS5 RG 55x68x8
Tenuta coperchio DX - OUTPUT	SKF HMS5 RG 50x70x10
Tenuta coperchio SX - OUTPUT	SKF HMS5 RG 55x70x10

LE TENUTE SONO STATE SCELTE BASANDOSI SULLE CONDIZIONI DI ESERCIZIO FORNITE DA SKF.



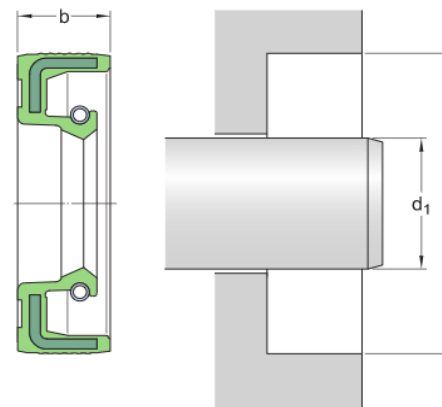
**UNIVERSITÀ
DI PARMA**

SCELTA TENUTE

SKF HMS5 RG 55x68x8:

VELOCITA' ALBERO: 7.5 m/s
RPM: 1791

Type of outside diameter	Rubber metal reinforced
Materiale labbro	Gomma nitrilica (NBR)
Design della tenuta	HMS5
Conformità allo standard	ISO 6194, DIN 3760



Dimensioni

d_1	55 mm	Diametro albero
D	68 mm	Diametro foro supporto
b	8 mm	Larghezza di tenuta

Applicazioni e condizioni di esercizio

Temperatura di esercizio	min. -40 °C
Temperatura di esercizio	max. 100 °C
Temperature di esercizio ammissibili, per brevi periodi	max. 120 °C
Velocità superficiale albero	max. 8,22 m/s
Velocità dell'albero	max. 2 880 r/min
Variazione di pressione	0.03 N/mm ²



UNIVERSITÀ
DI PARMA

ULTERIORI VERIFICHE

PROFILO SCANALATO TRA RUOTA CONDOTTA E ALBERO DI OUTPUT:

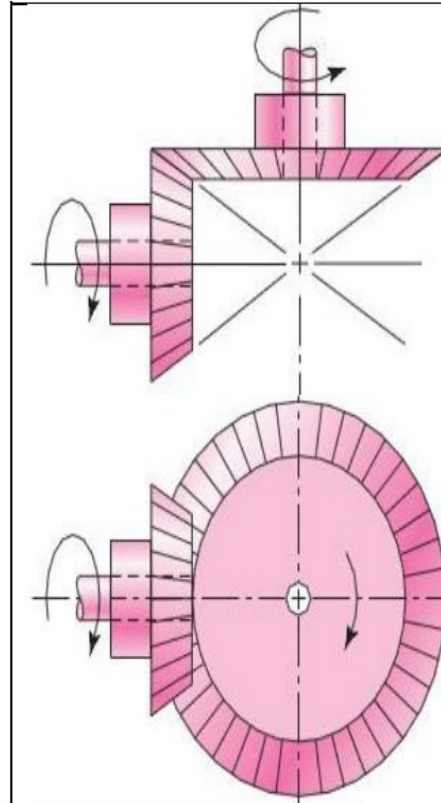
$$P = 80 \text{ kW}$$

$$M_t = 1109.02 \text{ Nm}$$

$$F_t = 14218.2 \text{ N}$$

$$F_a = 5496.8 \text{ N}$$

$$F_r = 2114.2 \text{ N}$$



$$F_t = \frac{2M_t}{d_{m1}}$$

$$S' = F_t \tan(\alpha_o)$$

$$F_{r1} = S' \cos(\beta_1) = F_t \tan(\alpha_o) \cos(\beta_1)$$

$$F_{a1} = S' \sin(\beta_2) = F_t \tan(\alpha_o) \sin(\beta_2)$$

OSS: β_1 semi angolo cono 1;

β_2 semi angolo cono 2.

OSS2: $F_{r1} = F_{a2}$ e $F_{a1} = F_{r2}$.

$$M_{t1} = \frac{60P_1}{2\pi n_1}$$

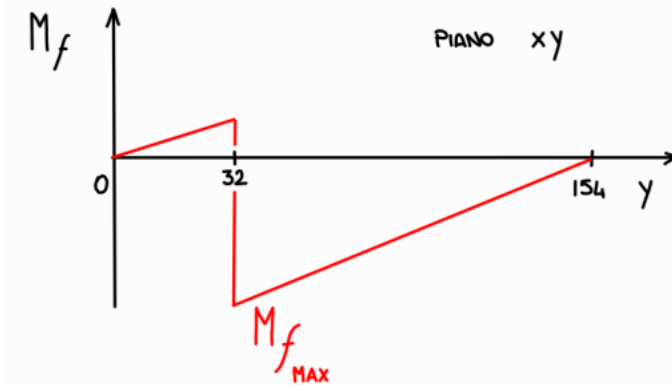
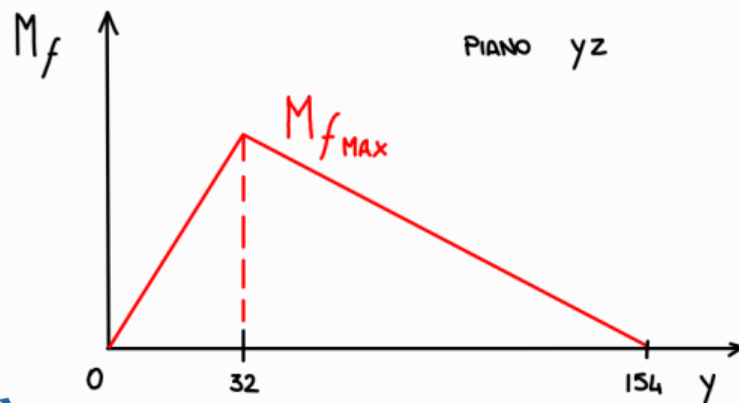
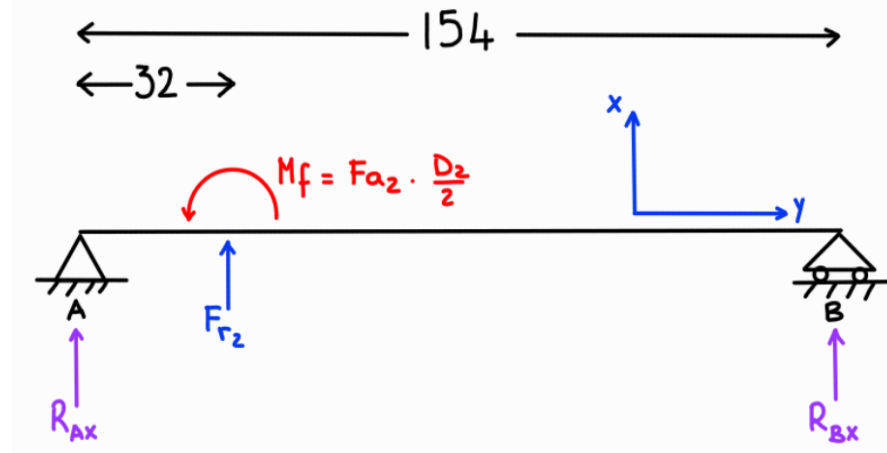
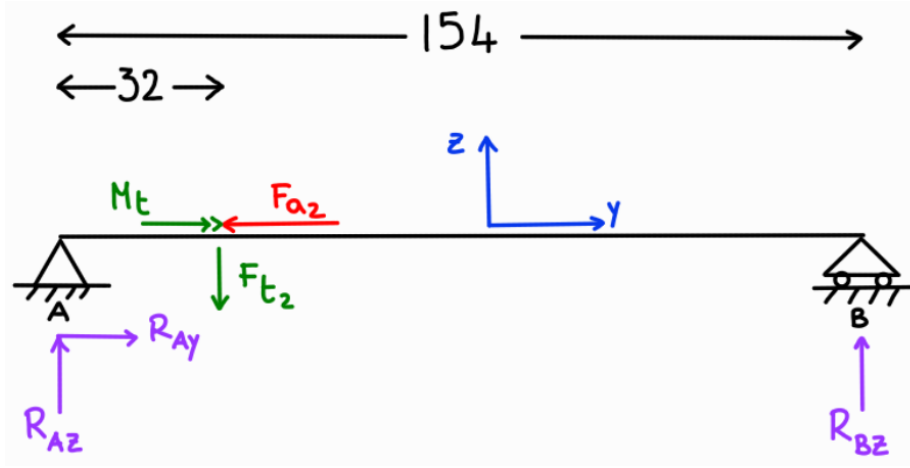
$$M_{t2} = F_t \frac{d_{m2}}{2}$$



UNIVERSITÀ
DI PARMA

ULTERIORI VERIFICHE

PROFILO SCANALATO TRA RUOTA CONDOTTA E ALBERO DI OUTPUT:



ULTERIORI VERIFICHE

PROFILO SCANALATO TRA RUOTA CONDOTTA E ALBERO DI OUTPUT:

$$M_{f \max} = \sqrt[2]{(M_{fyz}^2 + M_{fxy}^2)} = 533448,9 \text{ Nmm}$$

COEFFICIENTE DI SICUREZZA:

$$n = \text{Fattore di sicurezza con intaglio} = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{\sigma_a}{\sigma_{wK}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_s}\right)^2}}$$



**UNIVERSITÀ
DI PARMA**

ULTERIORI VERIFICHE

PROFILO SCANALATO TRA RUOTA CONDOTTA E ALBERO DI OUTPUT:

DATI:

$$\sigma_{wo} = \textit{Limite di fatica} = 0.5 \cdot Rm \cdot C_{surf} \cdot C_{load} \cdot C_{size}$$

- $Rm = 800 \text{ Mpa}$ (dato cautelativo)
- $C_{load} = 1$ (perché il dato che ci interessa sarà il limite a fatica a flessione)
- $C_{surf} = 0.75$ (superficie fresata con Rm pari a 800 MPa)
- $C_{size} = 0.81$ ($C_{size} = 1.189 d^{-0.097}$)

$$\sigma_{wo} = 244 \text{ MPa}$$



ULTERIORI VERIFICHE

PROFILO SCANALATO TRA RUOTA CONDOTTA E ALBERO DI OUTPUT:

$$\sigma_a = \frac{M_{fmax}}{W} = \frac{M_{fmax}}{\frac{\pi(D^4 - d^4)}{32D}} = 40 \text{ MPa} \quad \tau_m = \frac{Mt}{W_p} = \frac{Mt}{\frac{\pi(D^3 - d^3)}{16}} = 47.2 \text{ Mpa}$$

$$n = \text{fattore di sicurezza con intaglio} = \sqrt{\frac{1}{\left(\frac{\sigma_a * Kt}{\sigma_{wo}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_m}{\tau_s}\right)^2}} = 2.46$$



PROGETTAZIONE CARTER

COPERCHIO ANTERIORE:

SCALA 2422:1

$F_x = -1232 \text{ N}$

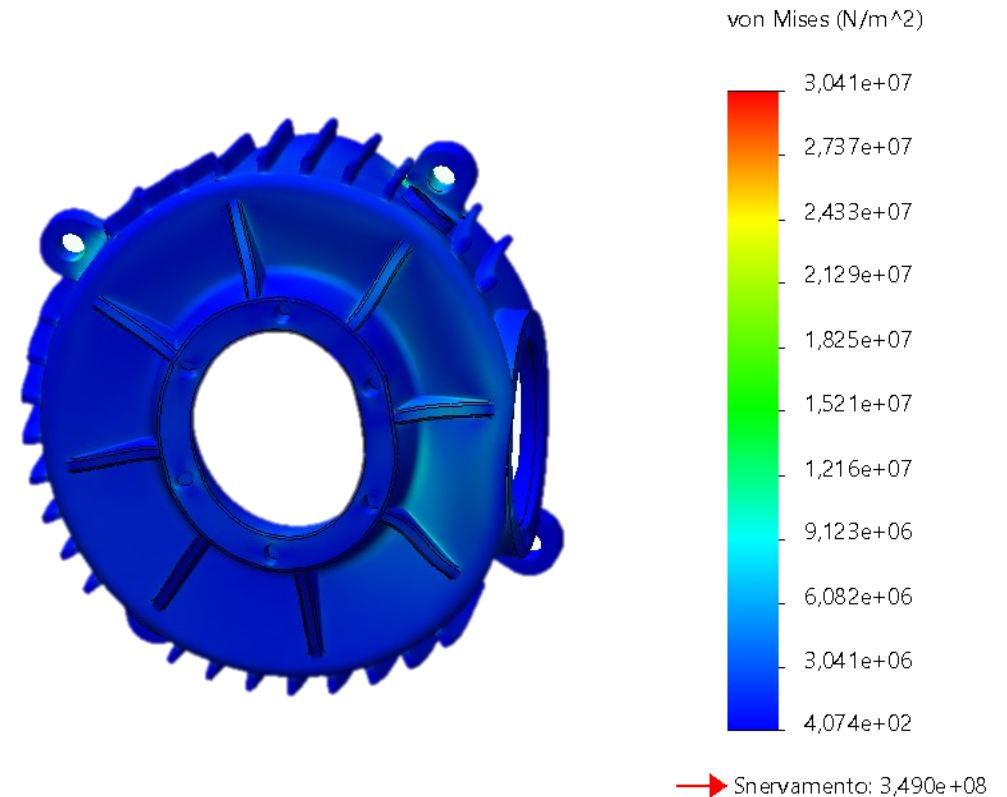
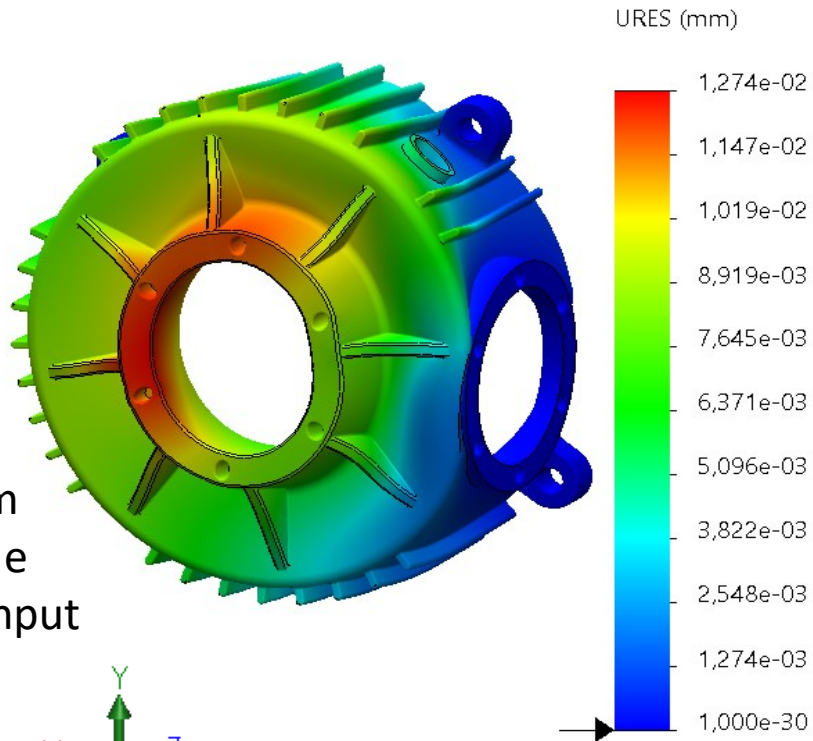
$F_z = 2756 \text{ N}$

$F_y = 2463 \text{ N}$

$M_x = 19.585 \text{ Nm}$

$M_y = -21.918 \text{ Nm}$

Vincoli: Bulloni e
parete albero input



PROGETTAZIONE CARTER

COPERCHIO POSTERIORE:

SCALA 385:1

$F_x = 4870 \text{ N}$

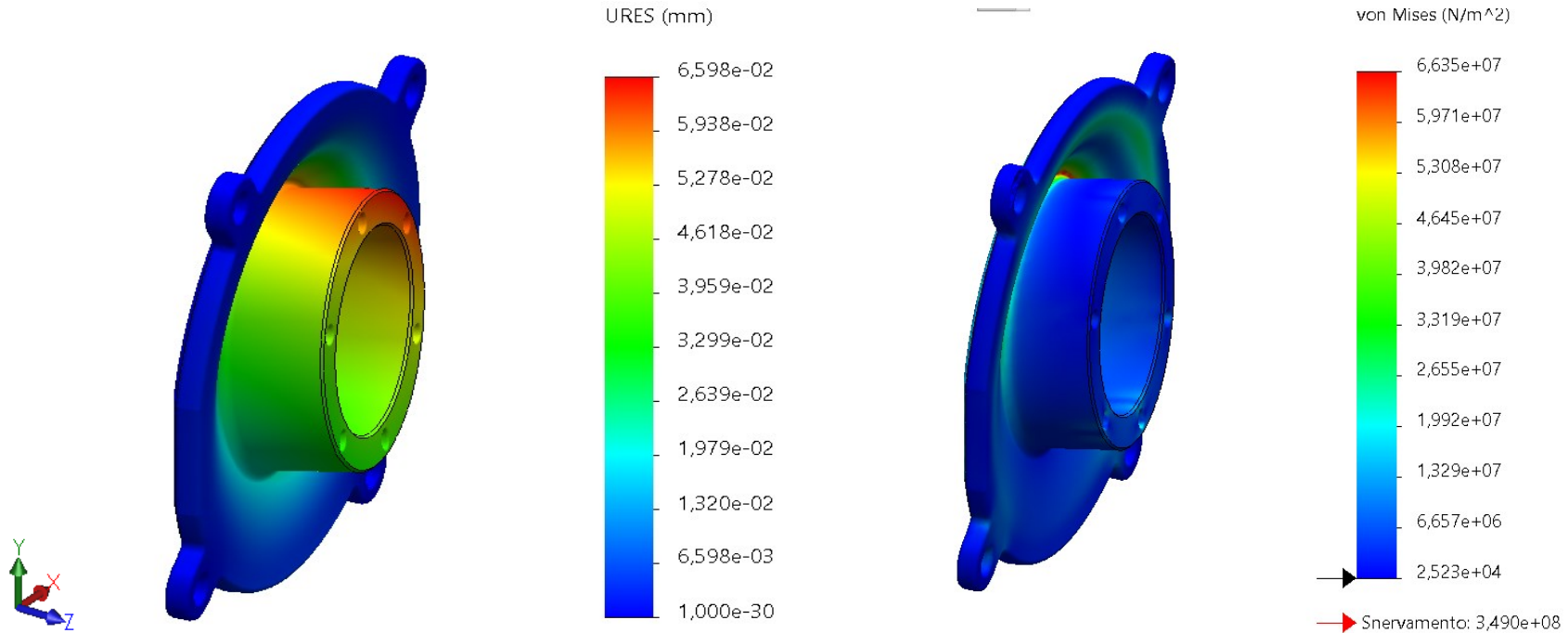
$F_z = -6729 \text{ N}$

$F_y = 11795 \text{ N}$

$M_x = 98.756 \text{ Nm}$

$M_y = -40.779 \text{ Nm}$

Vincoli: Bulloni



UNIVERSITÀ
DI PARMA

PROGETTAZIONE CARTER

COPERCHIO ALBERO INPUT:

SCALA 366:1

$F_{x_sx} = -6341 \text{ N}$

$F_{z_sx} = -5608 \text{ N}$

$F_{y_sx} = 18169 \text{ N}$

$M_{x_sx} = 135 \text{ Nm}$

$M_{y_sx} = 46.834 \text{ Nm}$

$F_{x_dx} = 900 \text{ N}$

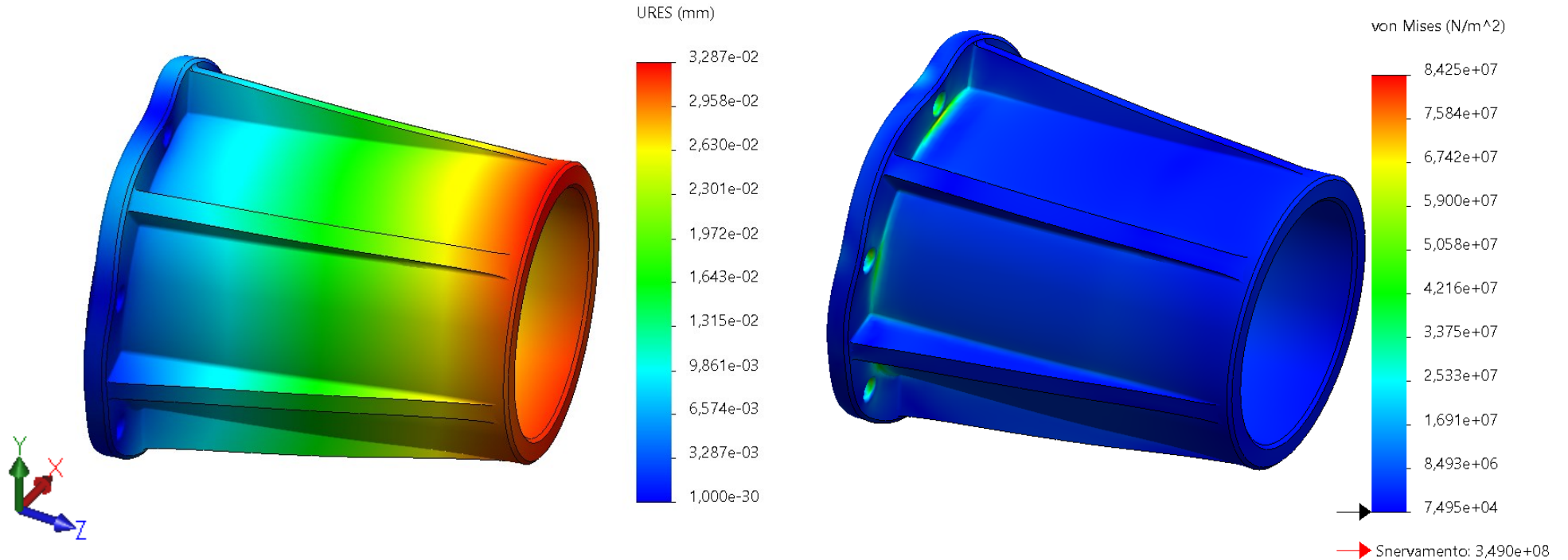
$F_{z_dx} = 3500 \text{ N}$

$F_{y_dx} = 3931 \text{ N}$

$M_{x_dx} = 29 \text{ Nm}$

$M_{y_dx} = 7 \text{ Nm}$

Vincoli: Bulloni e sede



UNIVERSITÀ
DI PARMA

PROGETTAZIONE CARTER

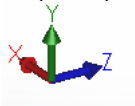
COPERCHIO:

SCALA 2399:1

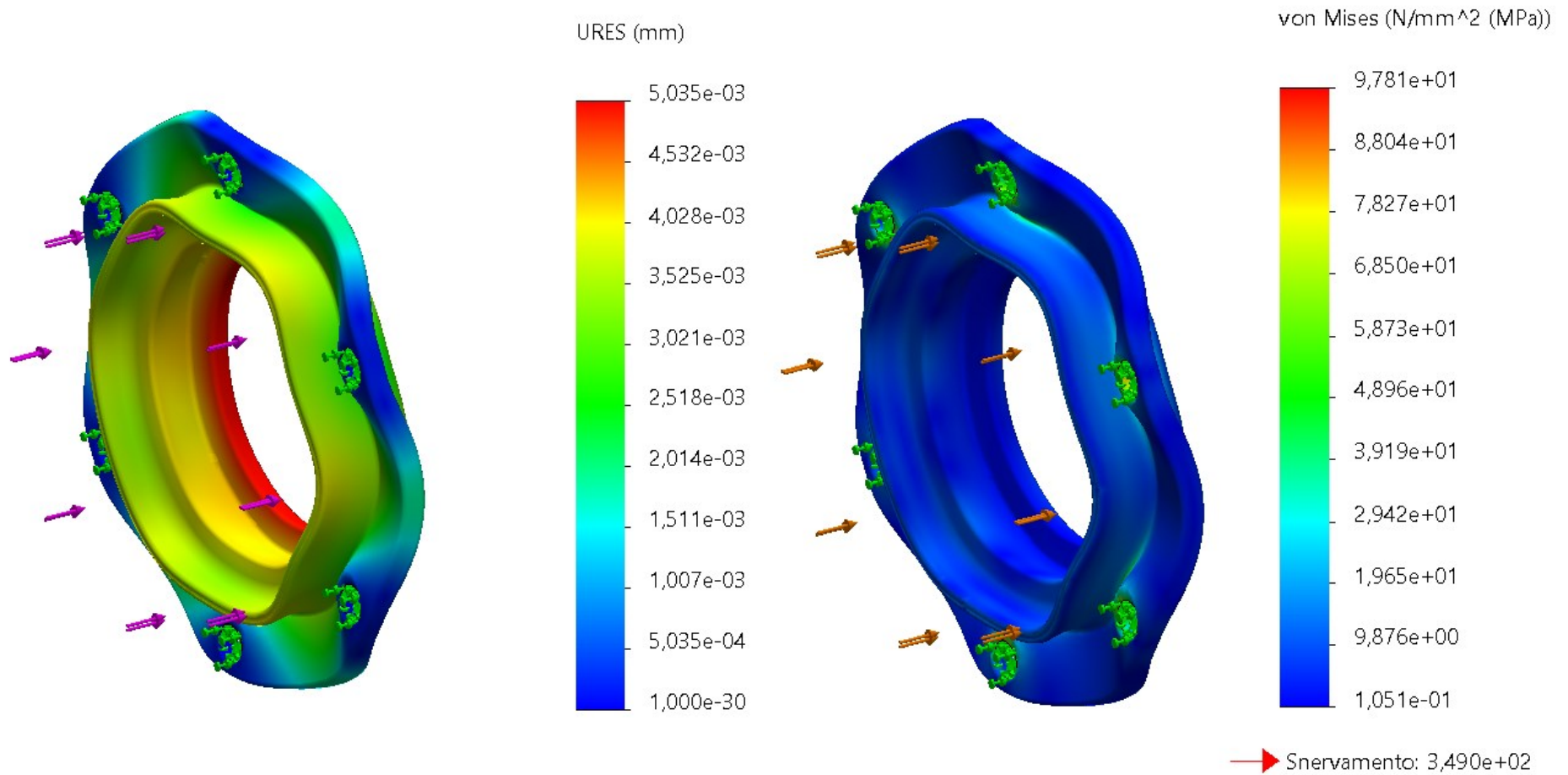
$F_z = 6729 \text{ N}$

Vincoli: Bulloni

*Si è andati a verificare solo un coperchio, quello più sollecitato



UNIVERSITÀ
DI PARMA

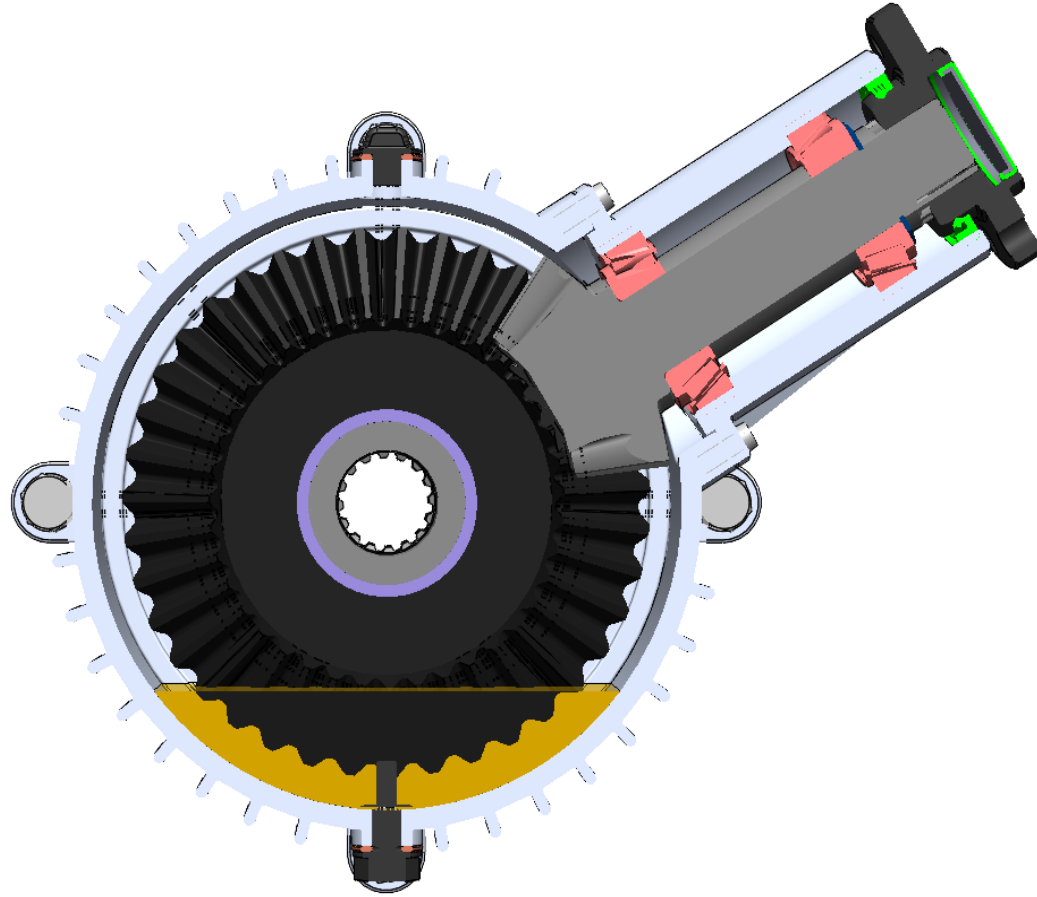


PROGETTAZIONE CARTER

CALCOLO OLIO:

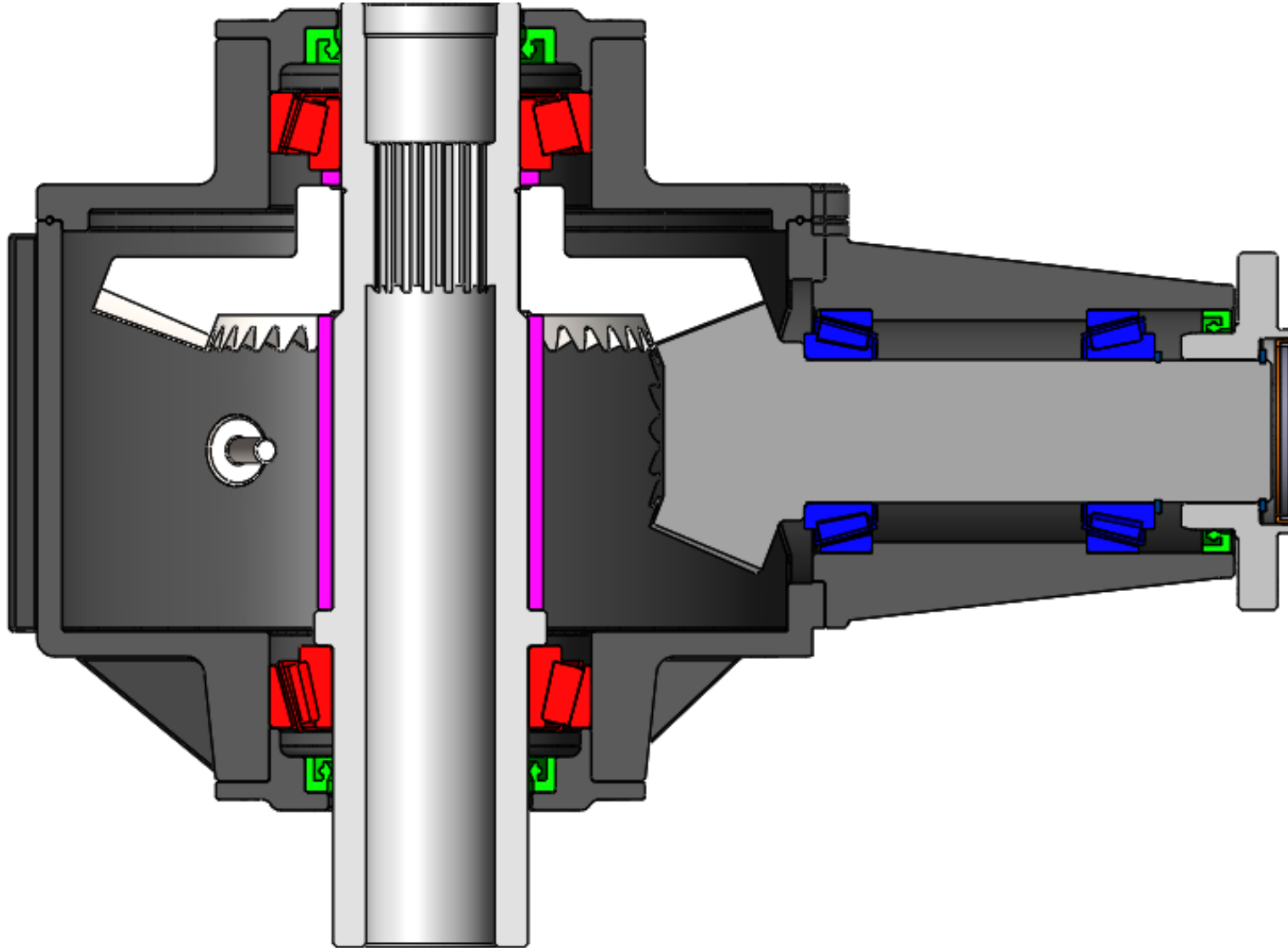
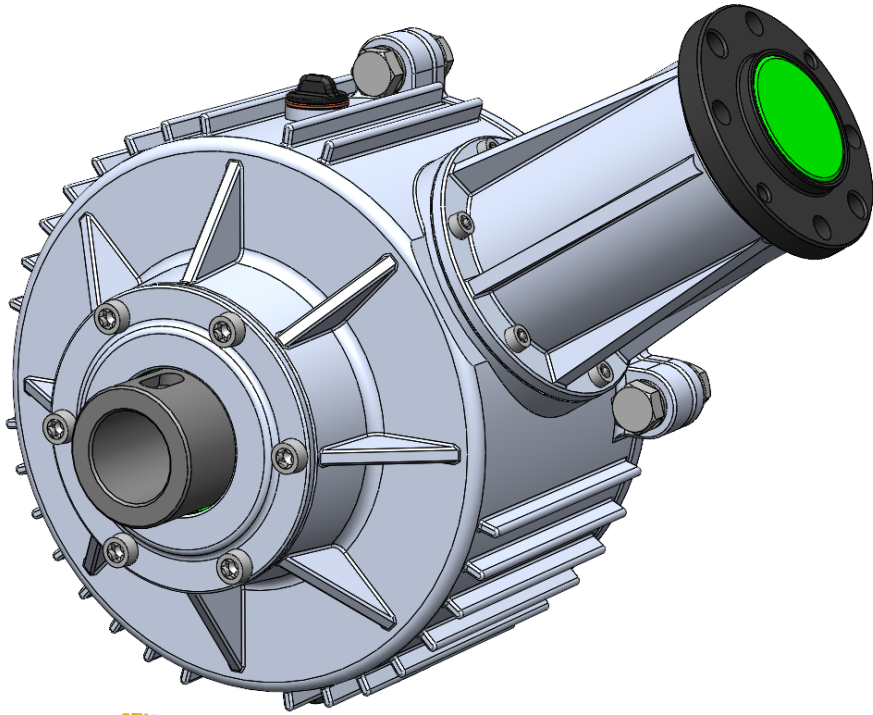
SPIRAX S3 AX 80W-90

QUANTITA' = 0.55 l / 0.50 kg



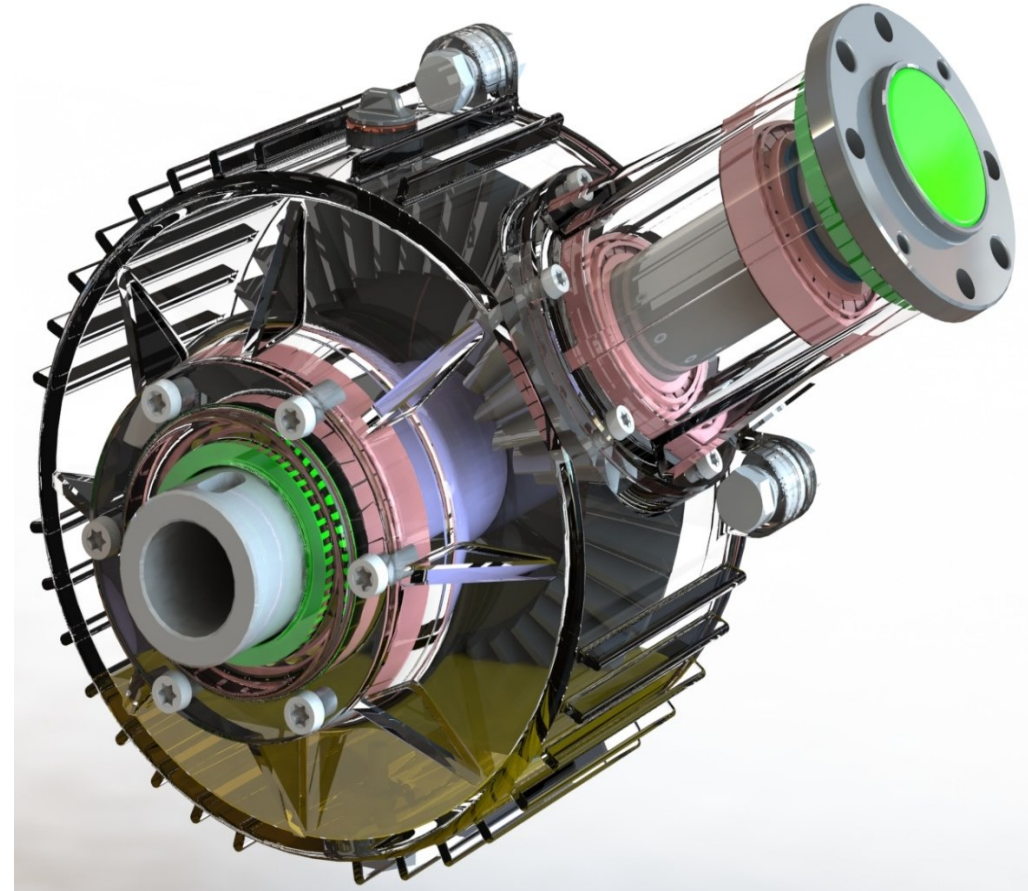
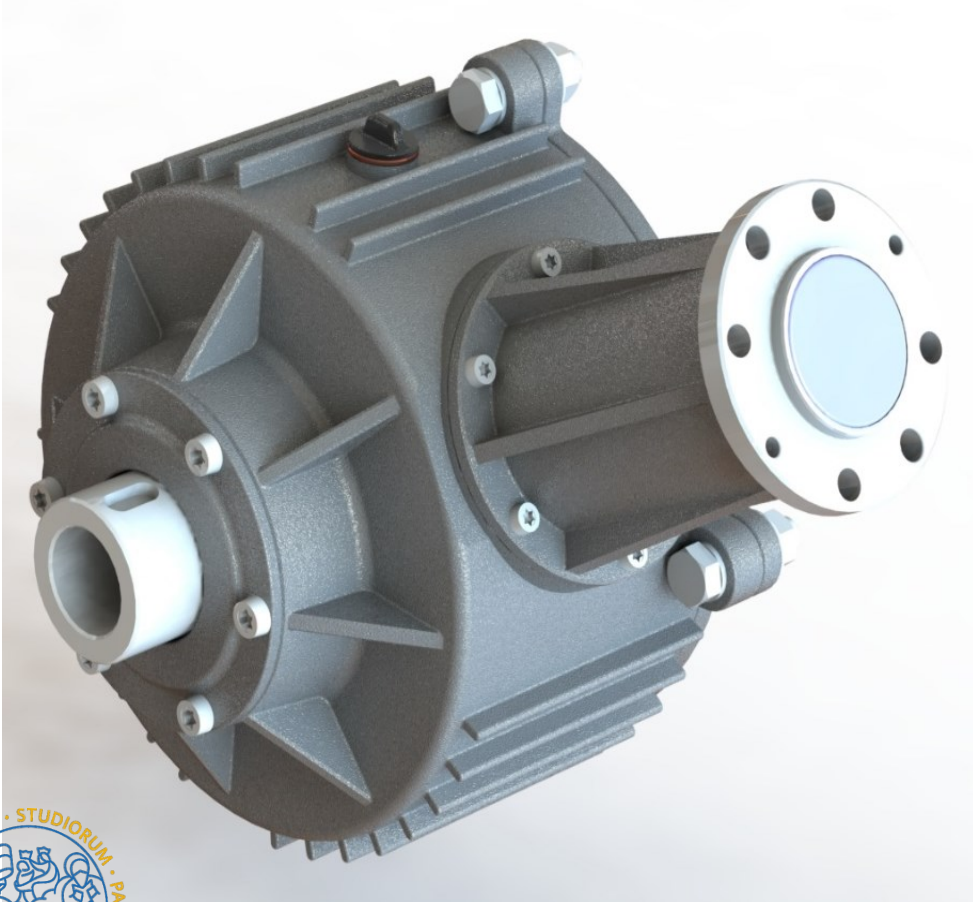
**UNIVERSITÀ
DI PARMA**

CAD E RENDERING



UNIVERSITÀ
DI PARMA

CAD E RENDERING



UNIVERSITÀ
DI PARMA

GRAZIE PER L'ATTENZIONE!



**UNIVERSITÀ
DI PARMA**