

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

Relazione per la prova finale
ANALISI NUMERICHE PER VALUTARE LO STATO TENSIONALE
E DI DEFORMAZIONE DI UN ALBERO PER RIDUTTORE
BISTADIO

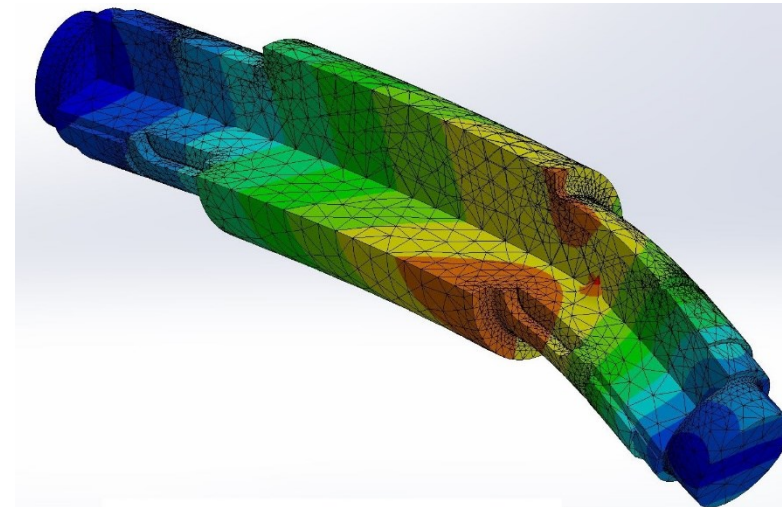
Tutor universitario: Prof. Alberto Campagnolo

Laureando: *Francesco Poggi*

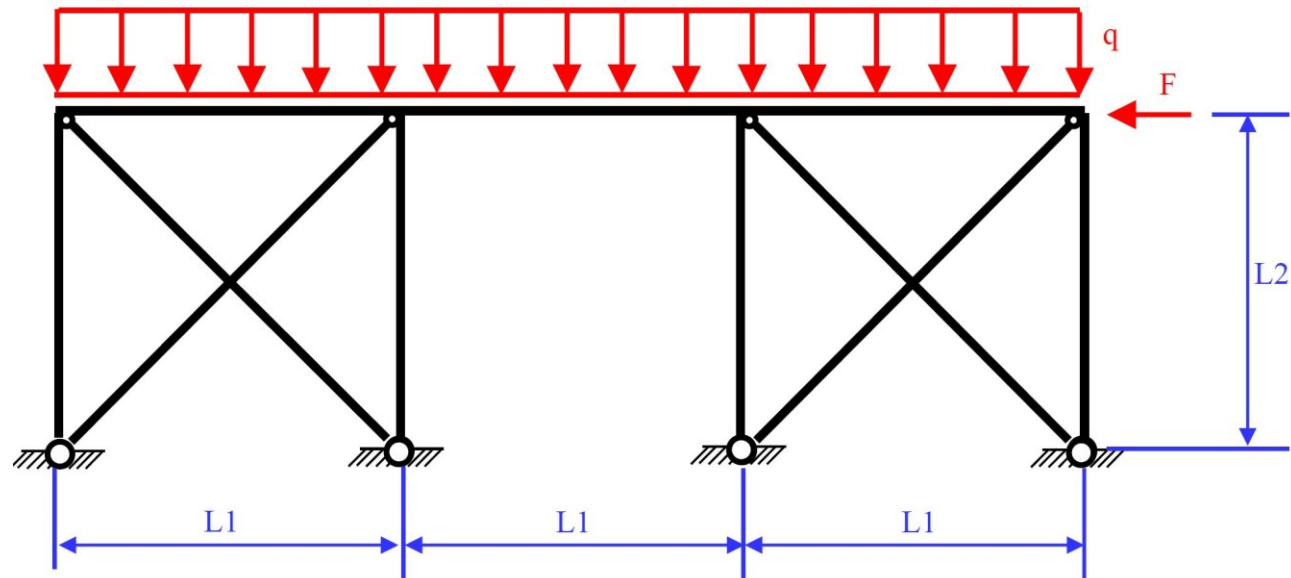
Padova, 13/03/2023

- Introdurre l'analisi FEM in 1D, 2D e 3D
- Valutare lo stato di tensione e deformazione dell'albero intermedio del riduttore
- Valutare le strategie per raggiungere l'efficienza computazionale
- Confrontare i risultati con quelli ricavabili per via teorica

3D **SOLIDWORKS**
SIMULATION



- Elementi tipo trave
- Preparazione del modello
 - Assegnazione dei profili
 - Assegnazione del materiale
- Applicazione dei vincoli
 - Cerniere
 - Planarità
- Applicazione dei carichi
 - Distribuito
 - Concentrato
- Verifica della deformata

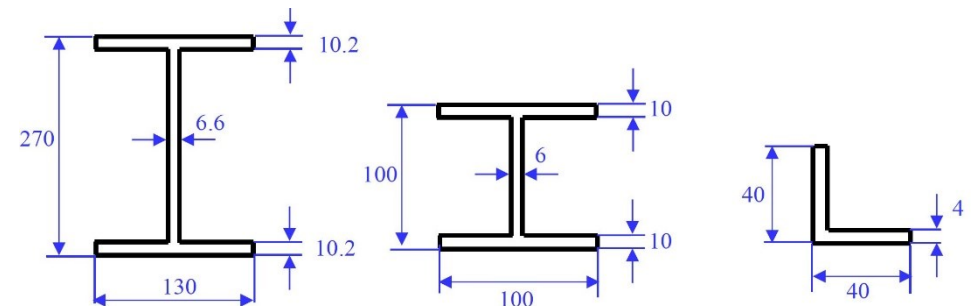


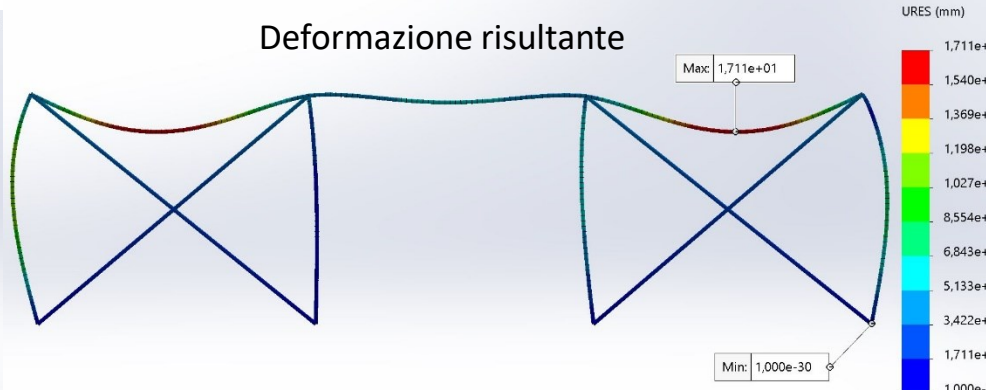
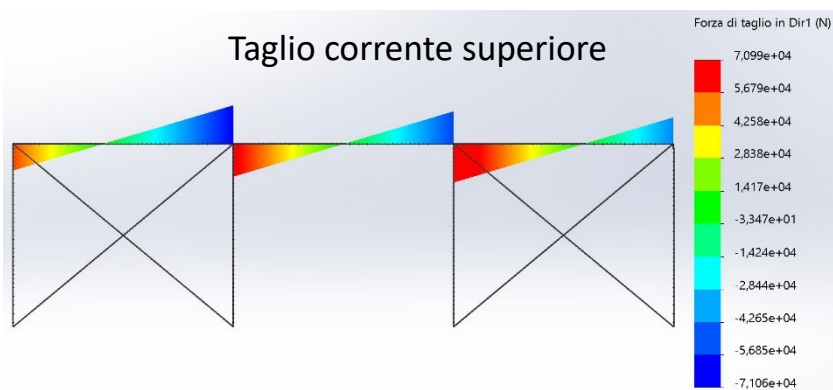
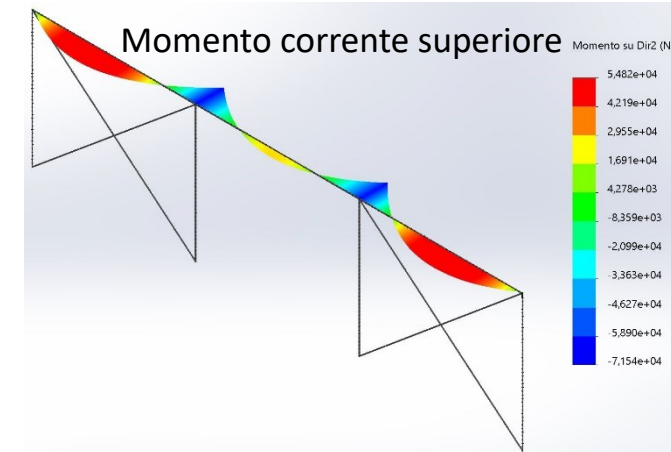
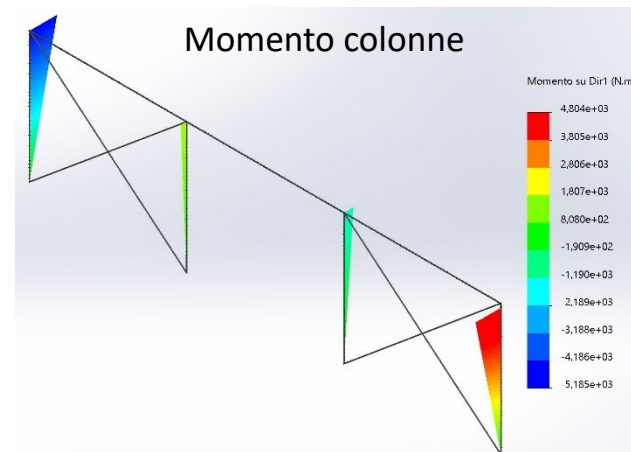
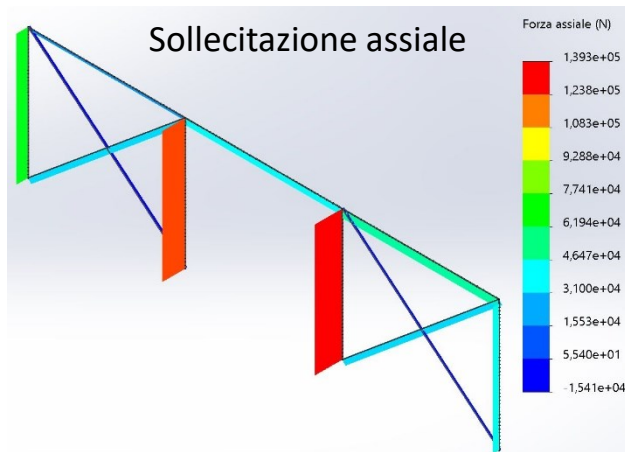
DATI

$F = 60 \text{ kN}$
 $q = 20 \text{ kN/m}$
 $L1 = 6000 \text{ mm}$
 $L2 = 5000 \text{ mm}$

MATERIALE

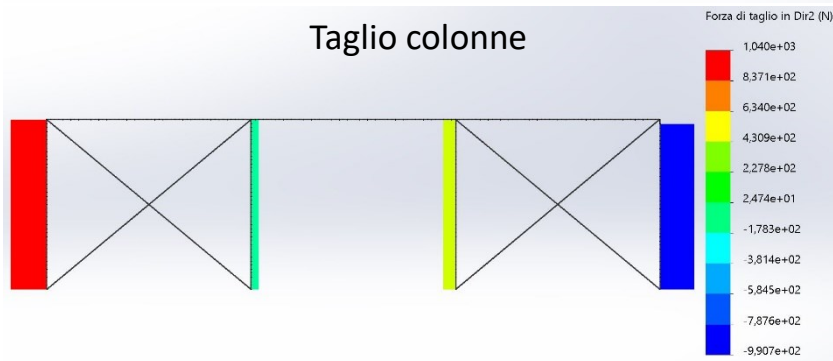
Acciaio Fe 430
 $\sigma_{adm} = 190 \text{ MPa}$
 $E = 206000 \text{ MPa}$
 $\nu = 0.3$





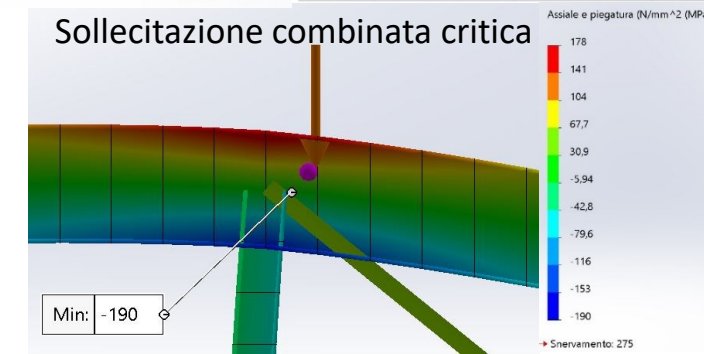
Spostamento risultante giunti

Giunto sup 1	Giunto sup 2	Giunto sup 3	Giunto sup 4
3.028 mm	2.960 mm	3.817 mm	3.592 mm
Giunto inf 1	Giunto inf 2	Giunto inf 3	Giunto inf 4
1e-30 mm	1e-30 mm	1e-30 mm	1e-30 mm

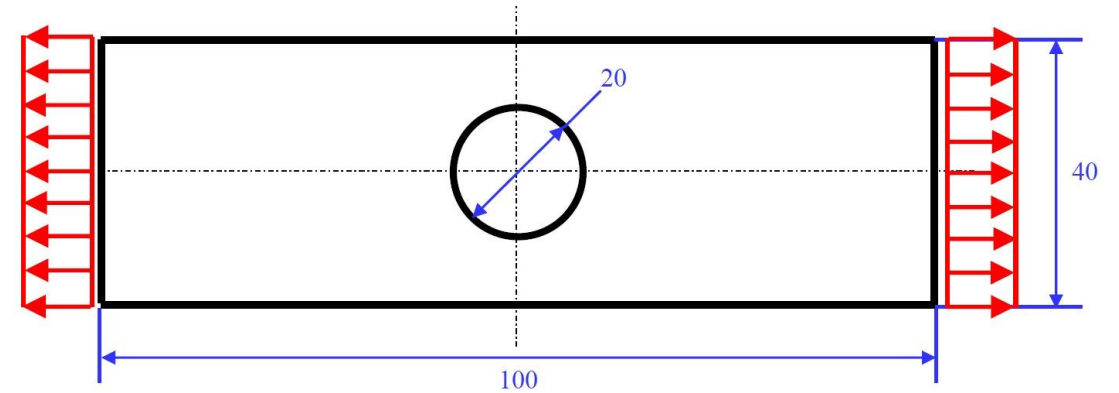


Reazioni vincolari

	Giunto 1	Giunto 2	Giunto 3	Giunto 4
FX	2e+04 N	1.16e+04 N	1.91e*04 N	9.2e+03 N
FY	7.46e+04 N	1.06e+05 N	1.55e+05 N	2.45e+04 N
FZ	-5.5e-07 N	8.24e-08 N	1.86e-05 N	1.9e-05 N
F res	7.72e+04 N	1.06e+05 N	1.56e+05 N	2.62e+04 N



- Elementi tipo shell (tensione piana)
- Preparazione del modello
 - Assegnazione del materiale
 - Semplificazioni per simmetria
- Applicazione dei vincoli
 - Simmetria
- Applicazione dei carichi
 - Trazione
- Mesh
 - Analisi di sensibilità della mesh
- Verifica della deformata



Spessore piastra = 1 mm

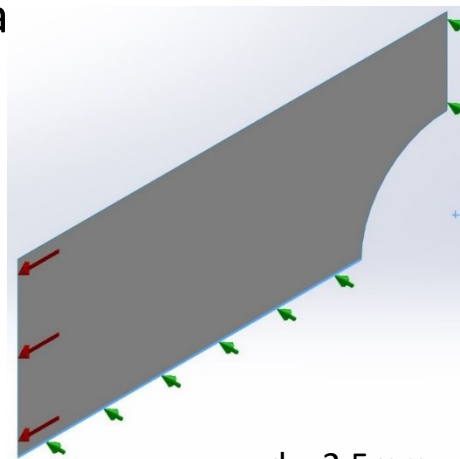
Tensione di trazione = 1 MPa

Materiale:

Acciaio Fe360

$E = 206000$ MPa

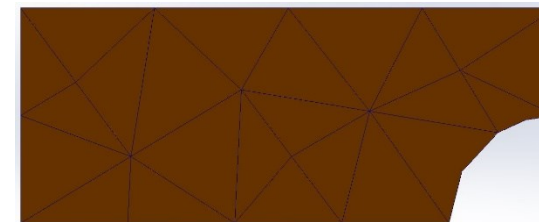
$\nu = 0.3$



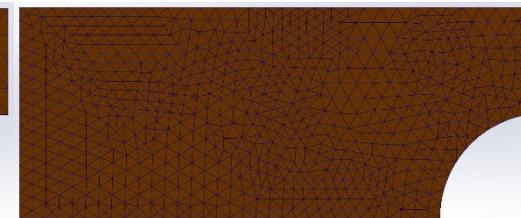
$d = 2.5$ mm



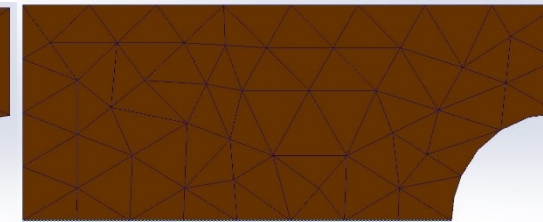
$d = 10$ mm



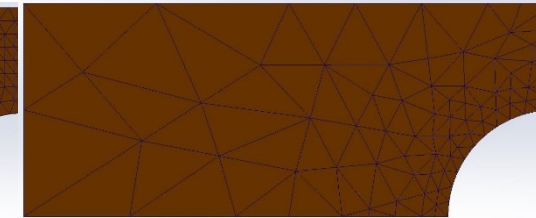
$d = 1.2$ mm



$d = 5$ mm



$d = 1.2$ mm con controllo mesh



Analisi di sensibilità della mesh

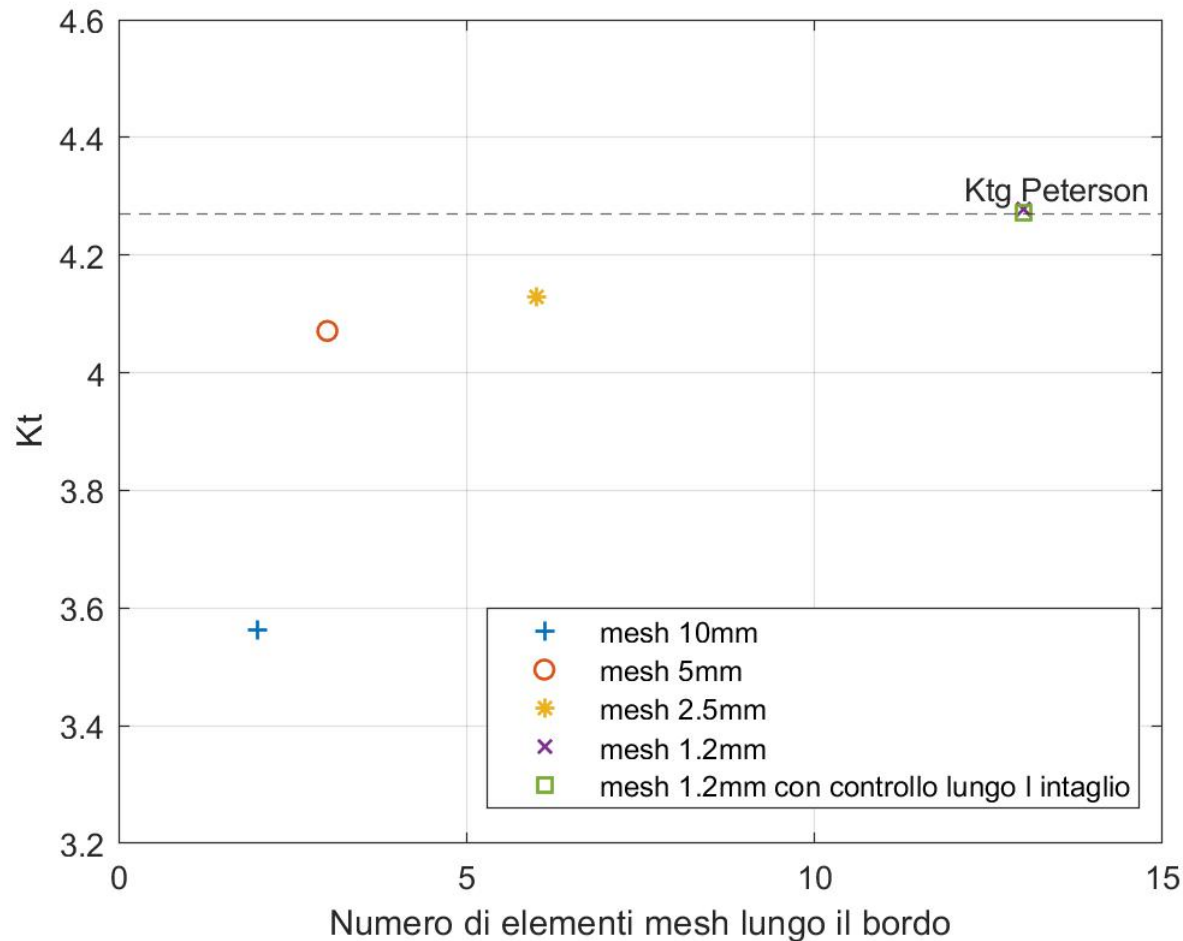


Grafico della deformatata

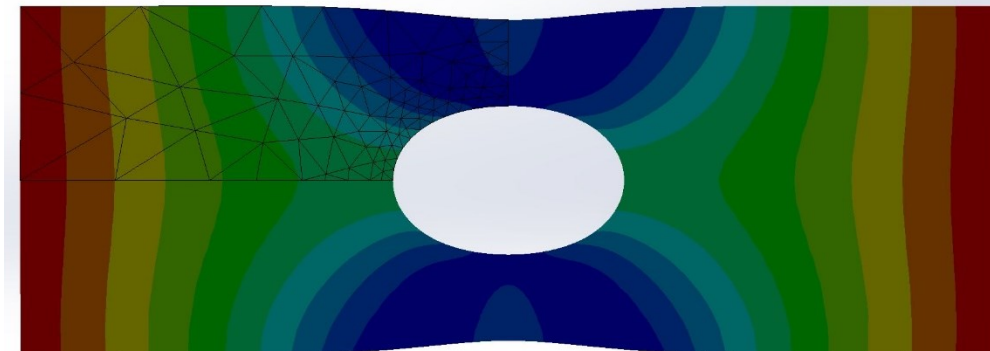
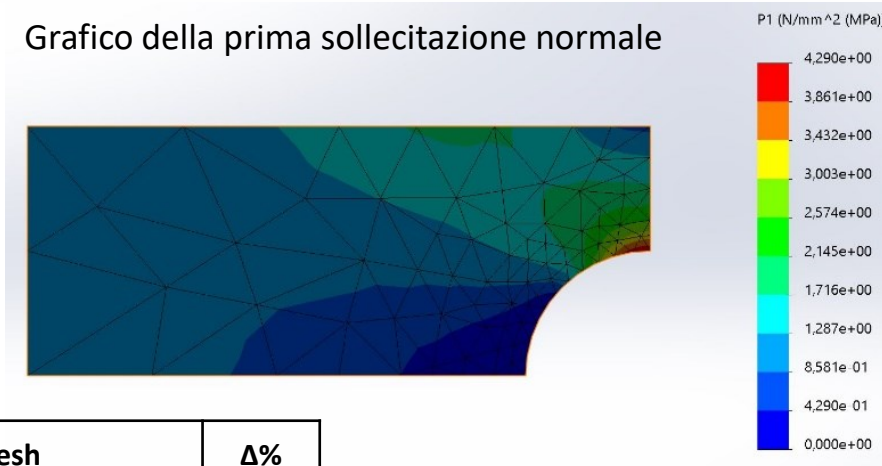


Grafico della prima sollecitazione normale



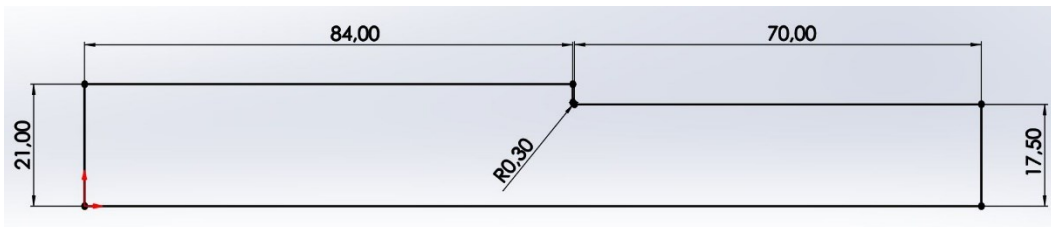
Mesh	$\Delta\%$
10mm – 5mm	12.5
5mm – 2.5mm	1.38
2.5mm – 1.2mm	3.5
1.2mm – 1.2mm controllo	0.14

- Preparazione del modello
 - $L \approx 2 * \varphi$
 - Assegnazione del materiale
 - Semplificazioni per simmetria
- Applicazione dei vincoli
 - Vincoli su faccia posteriore
 - Simmetria ed antimetria
- Applicazione dei carichi
 - Carico a farfalla
- Mesh
 - Analisi di sensibilità della mesh
- Verifica della deformata



Sezione A	Spallamento cuscinetto sinistro
Sezione B	Gola di scarico filettatura sinistra
Sezione D	Spallamento ruota sinistra

Schizzo di riferimento



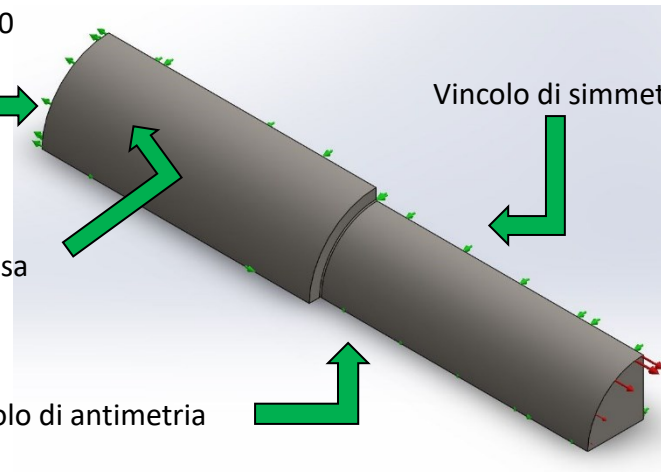
Vincolo su facce piate: $z=0$

Vincolo di geometria fissa

Vincolo di antimetria

Vincolo di simmetria

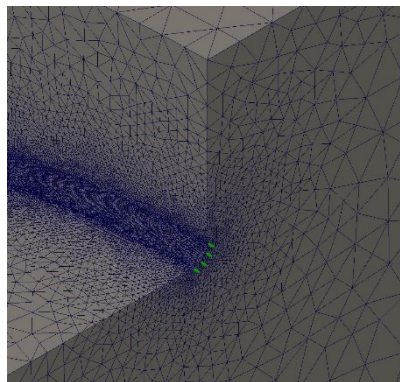
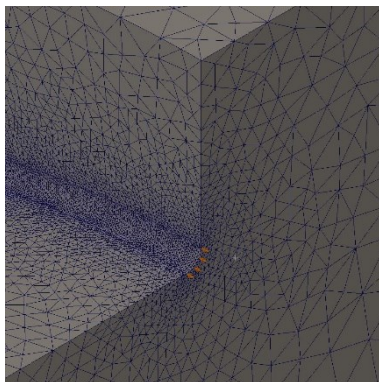
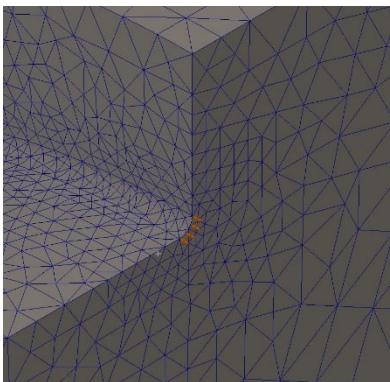
Carico di pressione a farfalla con apice 1 MPa sulla sezione netta



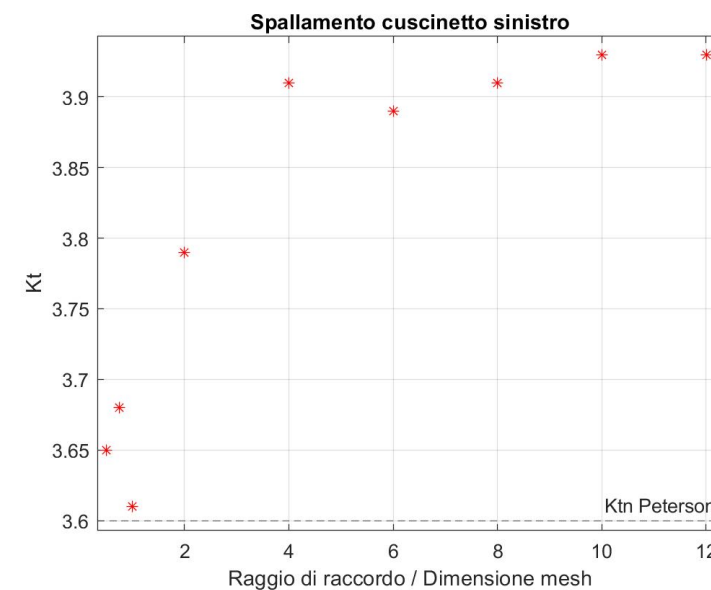
$$\frac{R}{d} = 1$$

$$\frac{R}{d} = 6$$

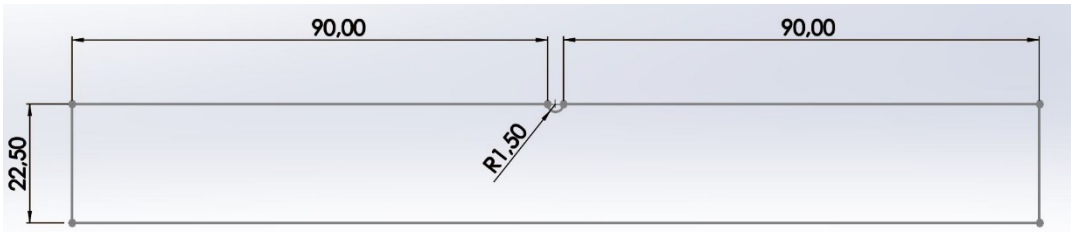
$$\frac{R}{d} = 12$$



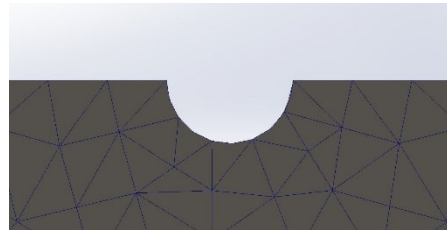
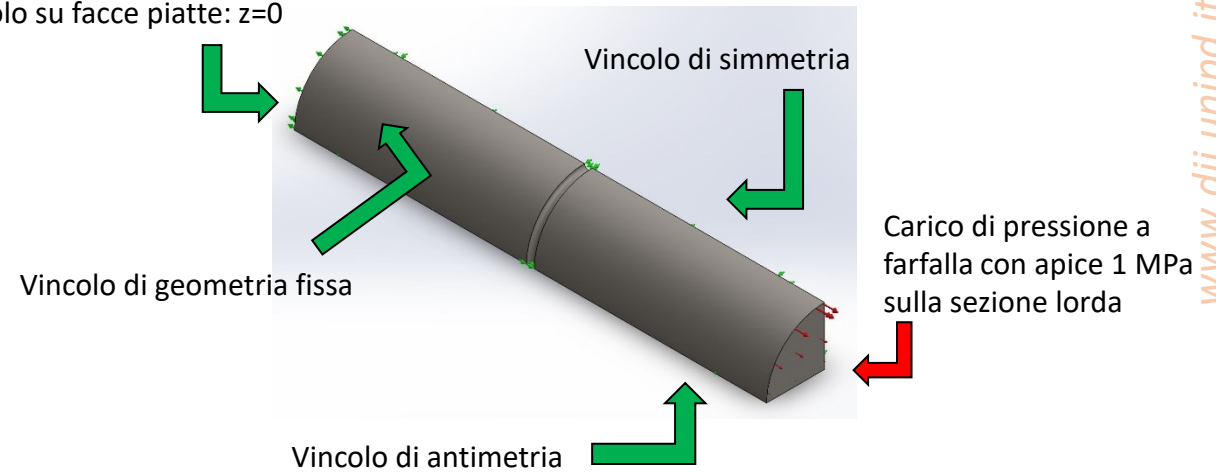
$\frac{R}{d}$	K_t	$\Delta\%$
0.5	3.65	
0.75	3.68	0.81
1	3.61	-1.94
2	3.79	4.74
4	3.91	3.1
6	3.89	-0.5
8	3.91	0.5
10	3.93	0.5
12	3.93	0



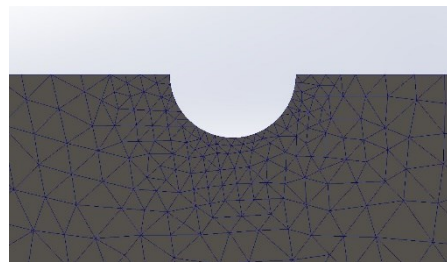
Schizzo di riferimento



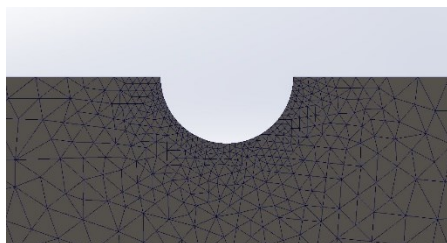
Vincolo su facce piate: z=0



$$\frac{R}{d} = 1$$



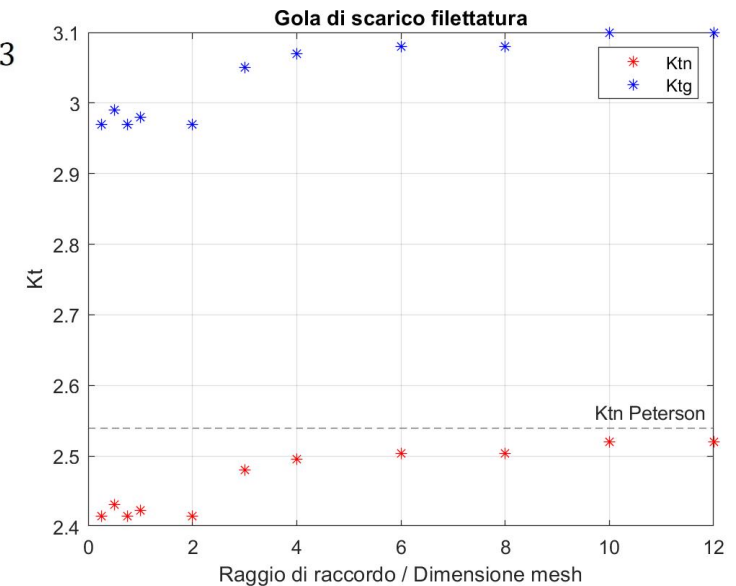
$$\frac{R}{d} = 6$$



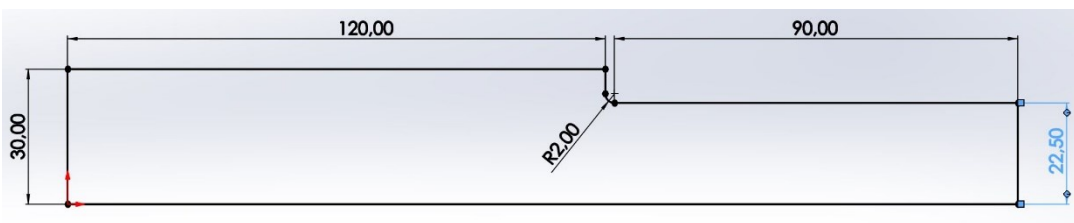
$$\frac{R}{d} = 12$$

$$K_{tn} = K_{tg} * \frac{W_{fn}}{W_{fg}} = K_{tg} * \frac{\frac{\pi}{32} * \varphi_n^3}{\frac{\pi}{32} * \varphi_g^3} = K_{tg} * \frac{42^3}{45^3} = K_{tg} * 0.813$$

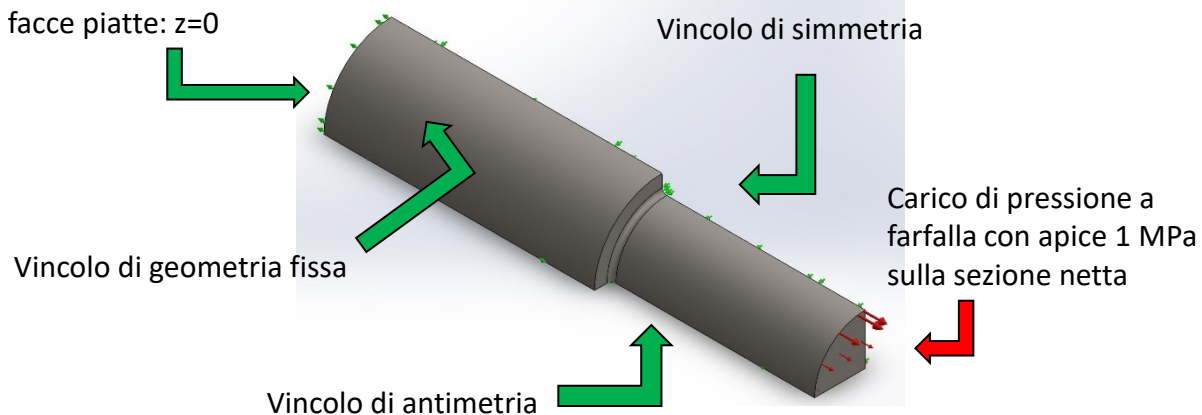
$\frac{R}{d}$	K_{tg}	K_{tn}	$\Delta\%$
0.25	2.97	2.41	
0.5	2.99	2.43	0.67
0.75	2.97	2.41	-0.67
1	2.98	2.42	0.34
2	2.97	2.41	-0.34
3	3.05	2.48	2.6
4	3.07	2.49	0.7
6	3.08	2.5	0.3
8	3.08	2.5	0
10	3.1	2.52	0.65



Schizzo di riferimento



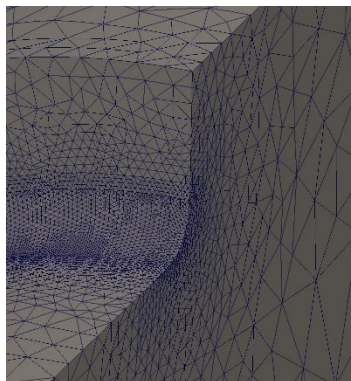
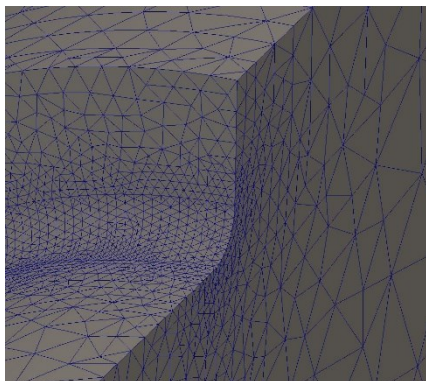
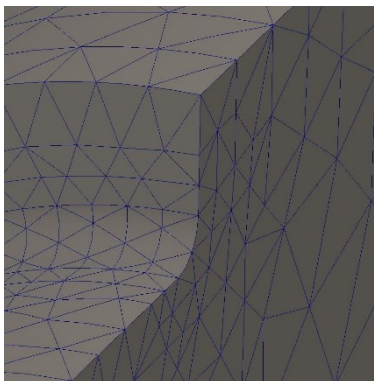
Vincolo su facce piate: $z=0$



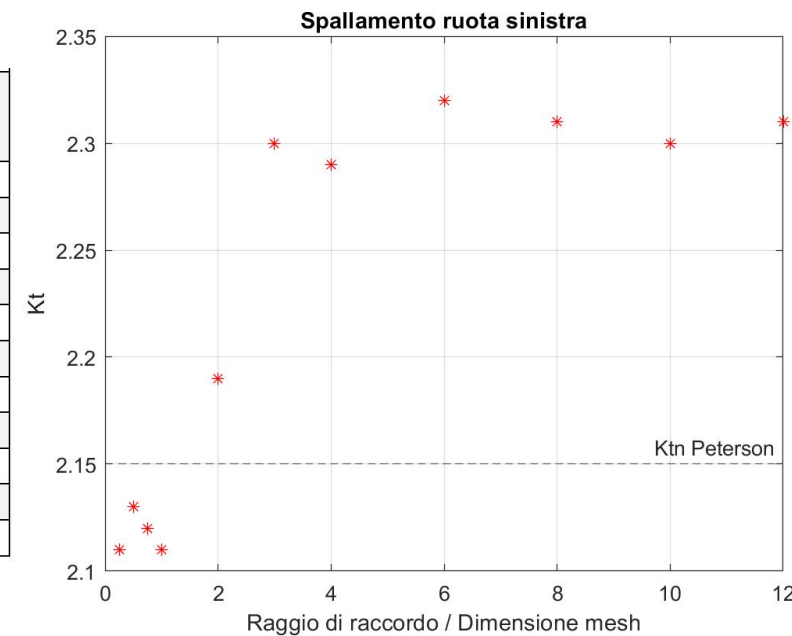
$$\frac{R}{d} = 1$$

$$\frac{R}{d} = 6$$

$$\frac{R}{d} = 12$$

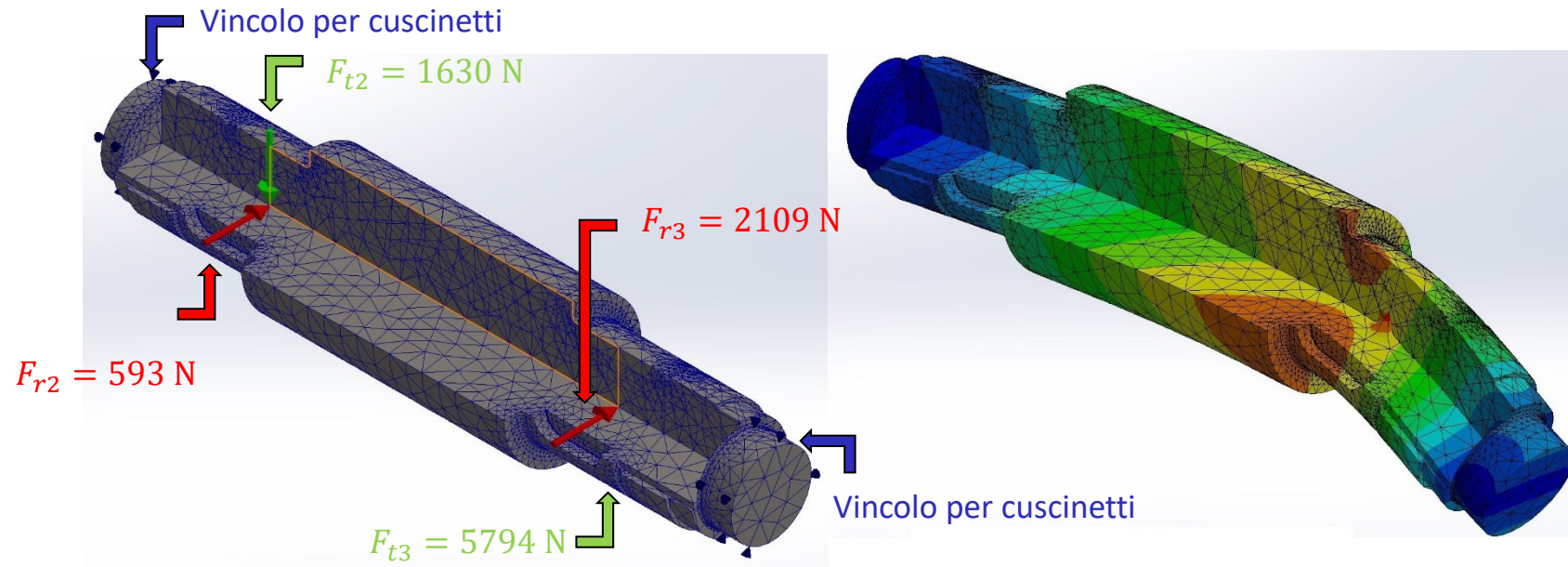
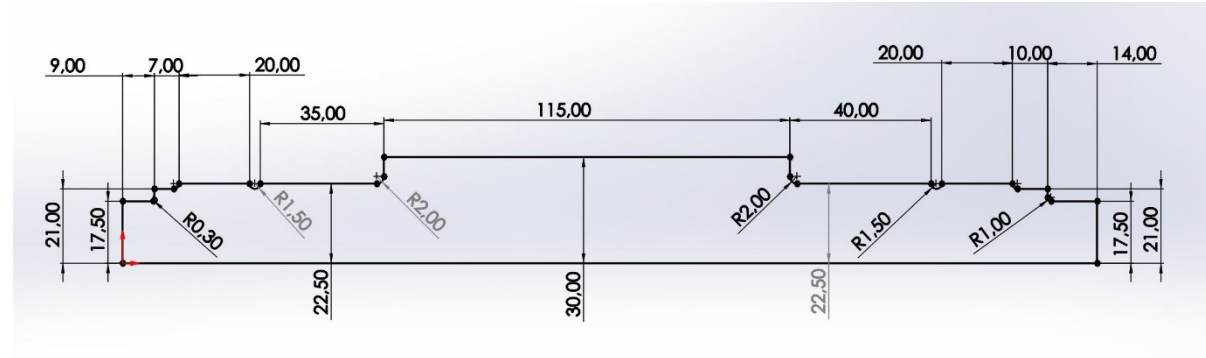


$\frac{R}{d}$	K_t	$\Delta\%$
0.25	2.11	
0.5	2.13	0.94
0.75	2.12	-0.47
1	2.11	-0.47
2	2.19	3.65
3	2.3	4.78
4	2.29	-0.4
6	2.32	1.29
8	2.31	-0.4
10	2.3	-0.4
12	2.31	0.4

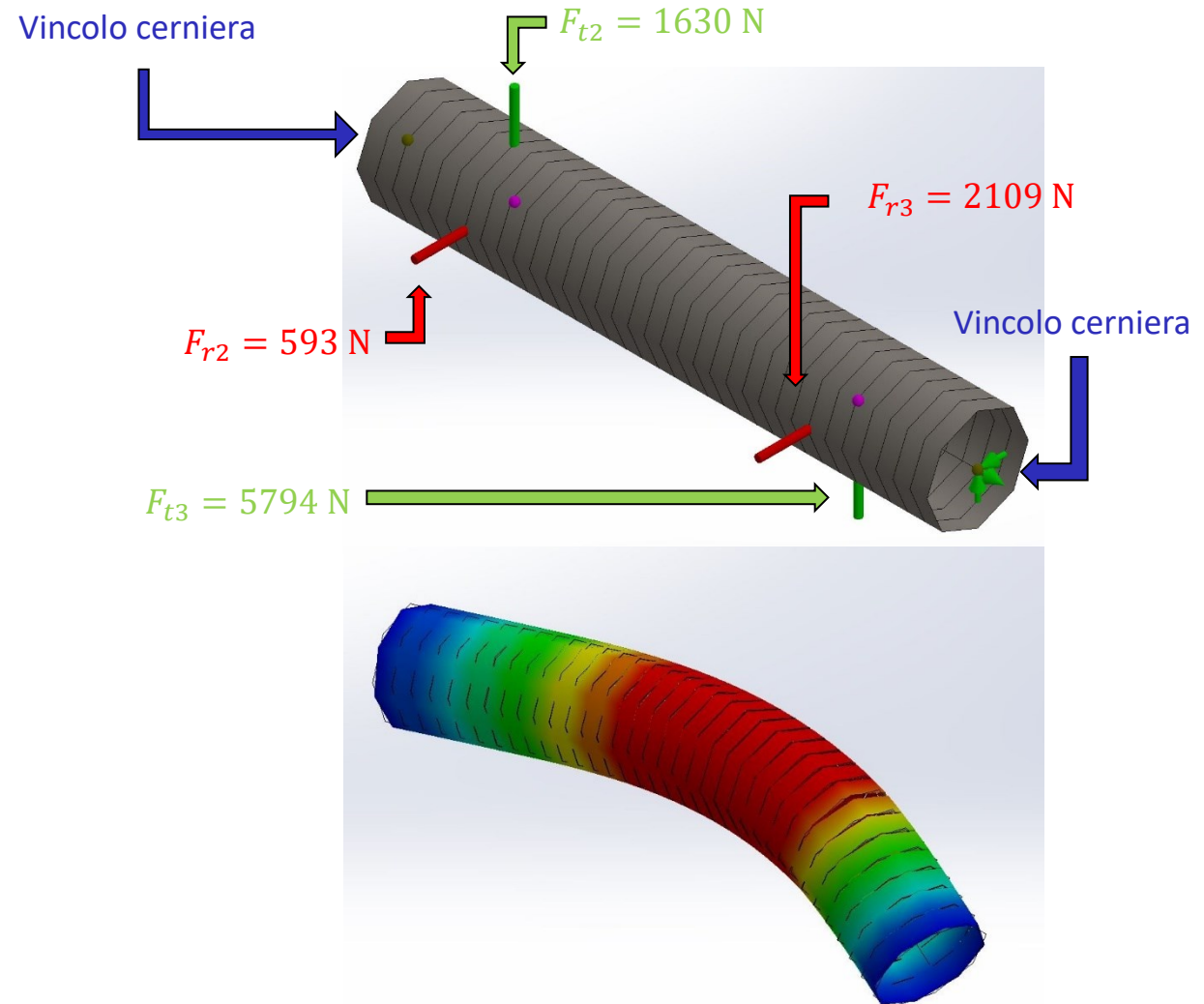


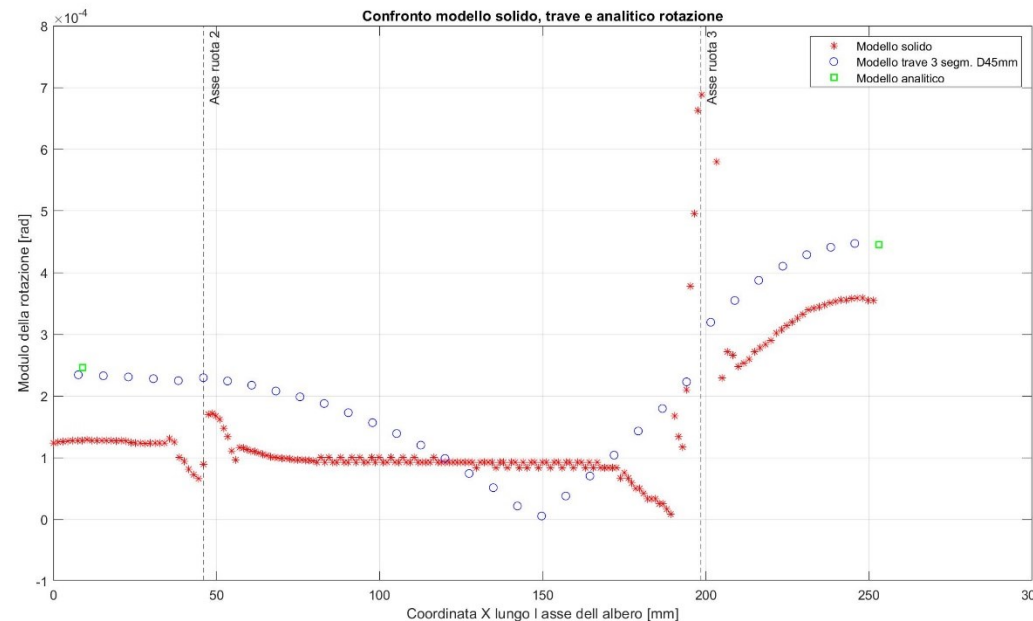
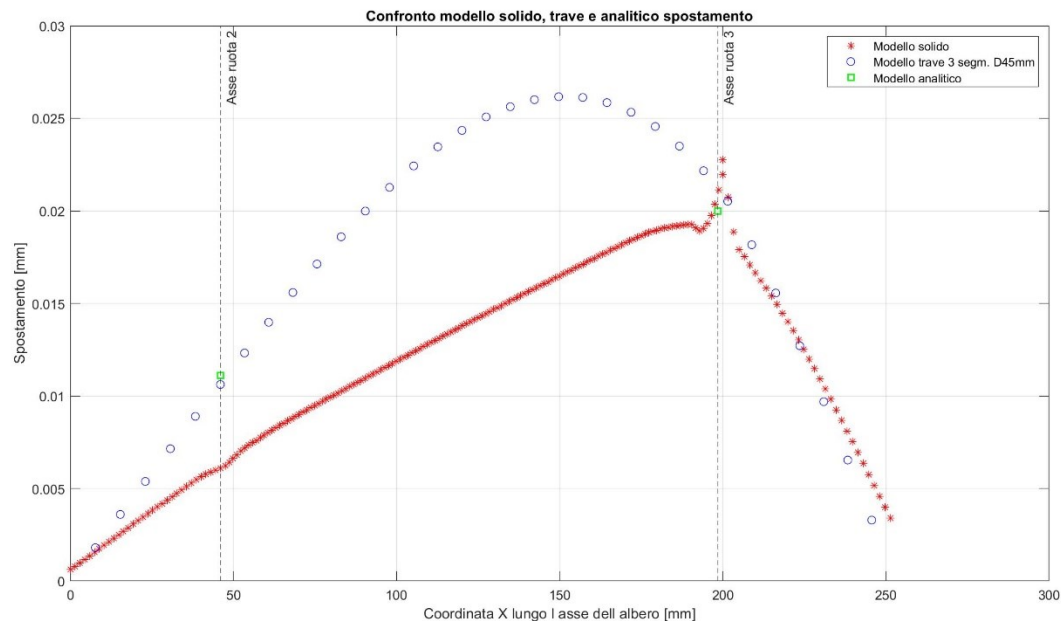
- Preparazione del modello solido
 - Rimozione feature geometriche superflue
 - Assegnazione del materiale
 - Divisione dei corpi
- Applicazione dei vincoli
 - Vincoli per cuscinetti
- Applicazione dei carichi
- Mesh
 - Analisi di sensibilità della mesh
- Verifica della deformata
 - Attenzione alla deformazione sui punti di applicazione dei carichi

Schizzo di riferimento



- Preparazione del modello trave
 - Diametro costante
 - Assegnazione del materiale
 - Divisione dei cilindri
- Applicazione dei vincoli
 - Cerniere
- Applicazione dei carichi
- Verifica della deformata





$$\varphi(x) = \frac{df(x)}{dx} \approx \frac{\Delta f(x)}{\Delta x}$$

	Freccia sotto la ruota 2 [mm]	Freccia sotto la ruota 3 [mm]	Modulo della rotazione al cuscinetto di sinistra [rad]	Modulo della rotazione al cuscinetto di destra [rad]
Modello analitico	1.11*10 ⁻²	1.99*10 ⁻²	2.45*10 ⁻⁴	4.45 * 10 ⁻⁴
Modello trave	1.06*10 ⁻²	2.14*10 ⁻²	2.38*10 ⁻⁴	4.5*10 ⁻⁴
Modello solido	6.1*10 ⁻³	1.99*10 ⁻²	1.23*10 ⁻⁴	3.6*10 ⁻⁴