

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Meccanica

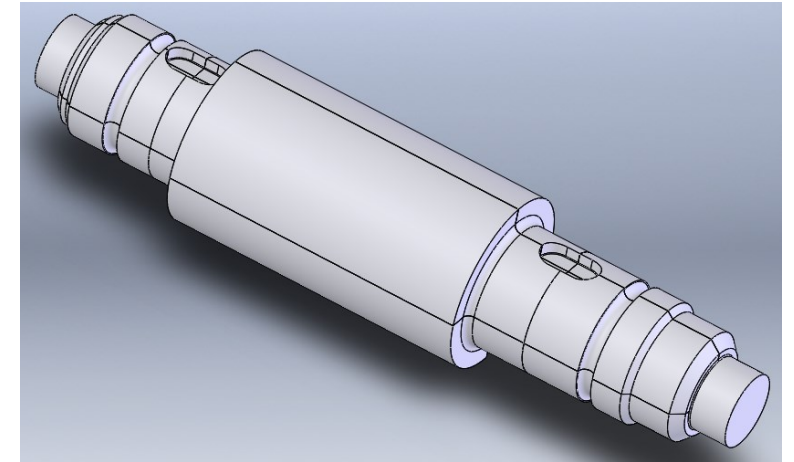
Relazione per la prova finale
Simulazioni FEM strutturali di un riduttore bistadio
mediante Solidworks Simulation

Tutor universitario: Prof. Alberto Campagnolo

Padova, 16/09/2022

Laureando: *Leonardo Romio*

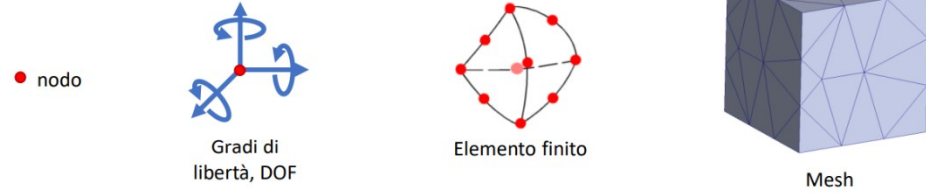
- **Oggetto di analisi:** Albero intermedio di un riduttore bistadio
- **Obiettivi:**
 - Verifiche a fatica flessionale mediante calcolo del K_t in tre sezioni critiche con analisi FEM;
 - Verifiche a deformabilità dell'albero mediante il calcolo di frecce e rotazioni da analisi FEM.



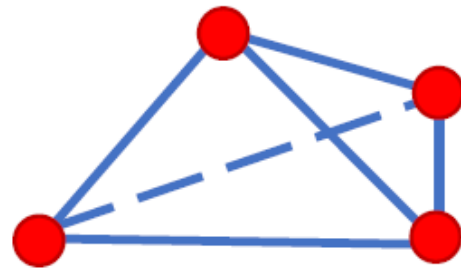
- **Fasi del lavoro:**

1. **Introduzione sul metodo agli elementi finiti:** descrizione, definizioni di base e passi per eseguire l'analisi;
2. **Addestramento a Solidworks Simulation: telaio piano:** costruzione geometrica, analisi agli elementi finiti, calcolo dello spostamento, reazioni vincolari e diagrammi di sollecitazione;
3. **Addestramento a Solidworks Simulation: piastra forata:** costruzione geometrica, analisi agli elementi finiti, calcolo del K_{tg} ;
4. **Albero intermedio del riduttore: calcolo K_t da analisi FEM:** costruzione geometrica, analisi e calcolo del K_t per tre sezioni critiche;
5. **Albero intermedio del riduttore: calcolo frecce e rotazioni da analisi FEM:** calcolo frecce e rotazioni tramite modello solido e modello trave, confronto dei risultati e considerazioni finali.

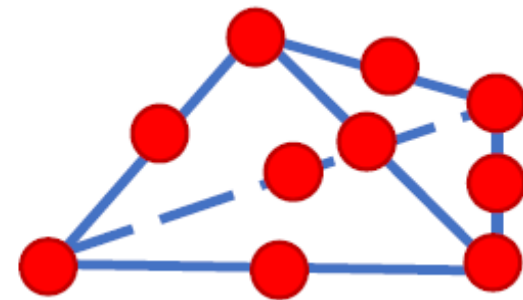
- **Elementi di base dell'analisi:**



- **Tipi di elemento finito:**

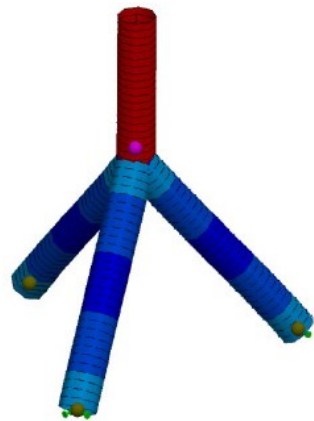


Elemento del primo ordine

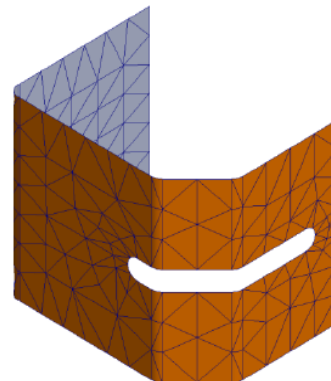


Elemento del secondo ordine

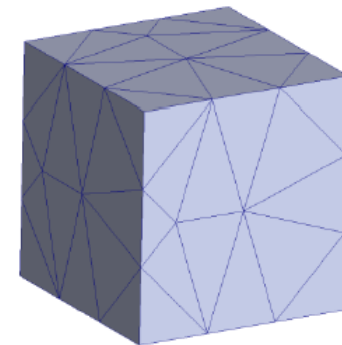
- **Tipi di mesh:**



Mesh a trave

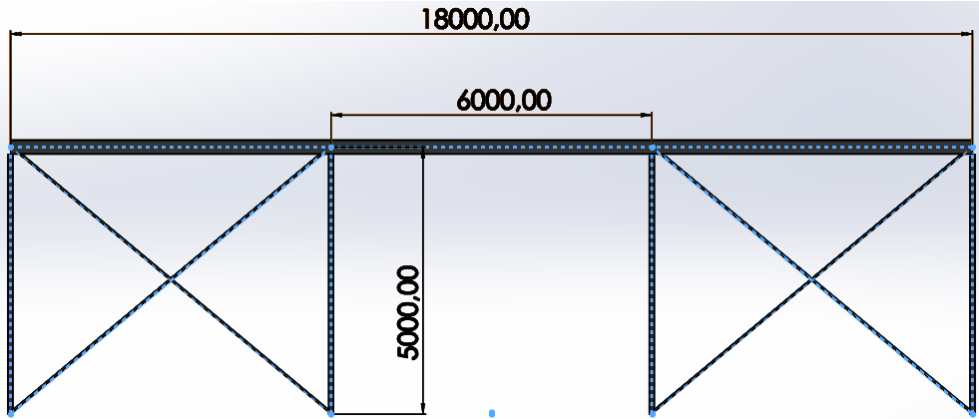


Mesh a shell

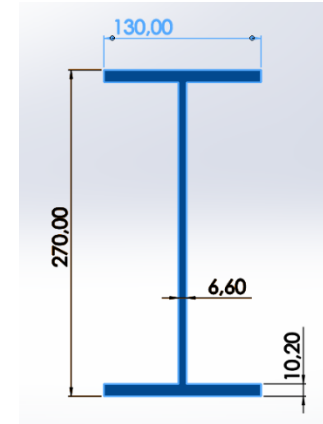


Mesh solida

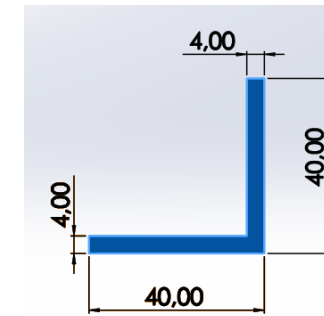
Geometria telaio con quote



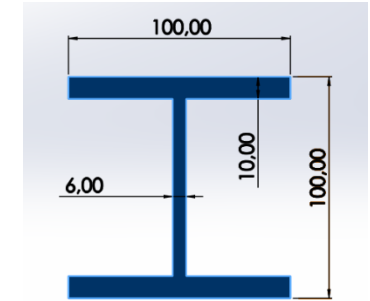
Sezioni telaio quotate



Corrente superiore
IPE 270



Controventi
L 40x4



Colonne
HE 100 B

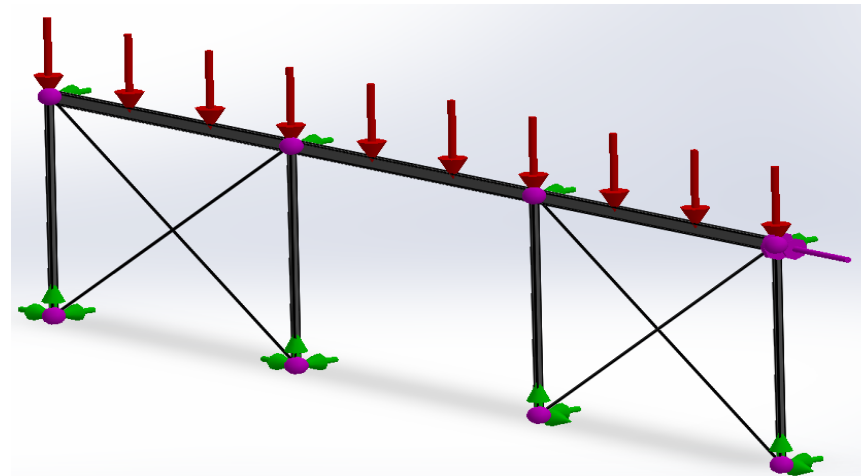
Materiale: acciaio Fe430

Carichi applicati:

Carico distribuito $q = 20 \text{ kN/m}$

Carico concentrato $F = 60 \text{ kN}$

Vincoli: cerniere alla base,
giunti superiori coincidenti al
piano xy



Deformata flessionale

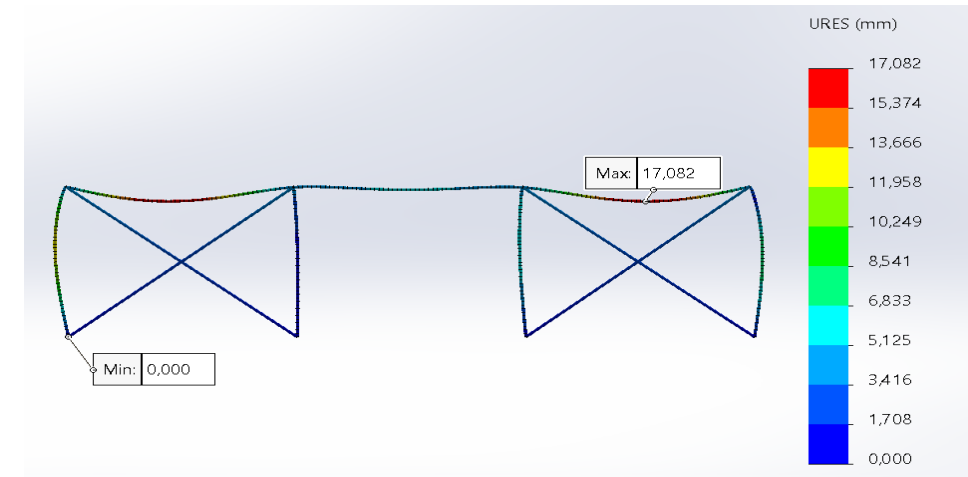
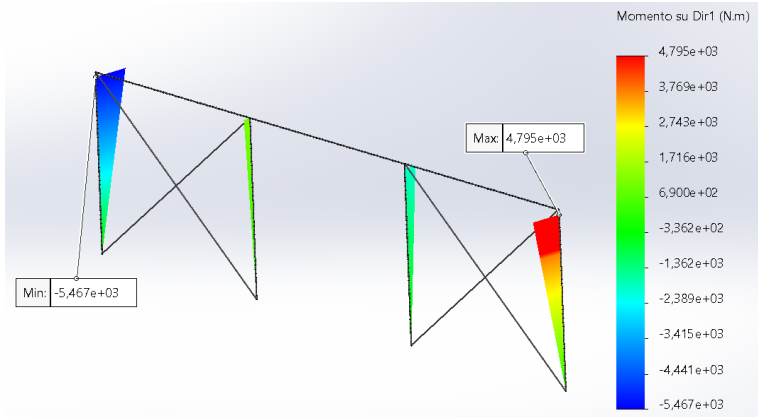
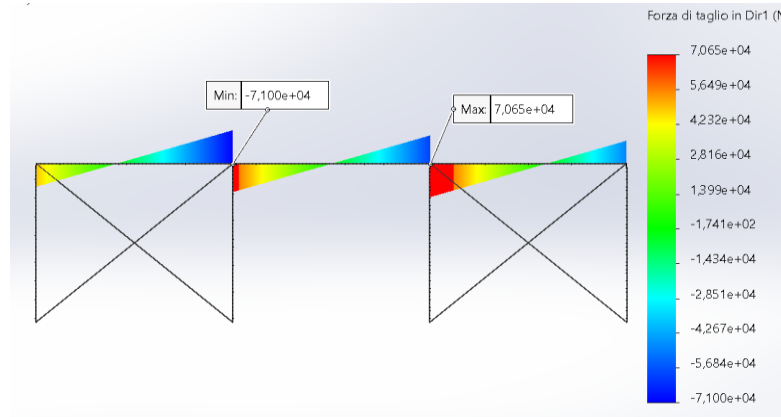


Diagramma di sollecitazione del momento



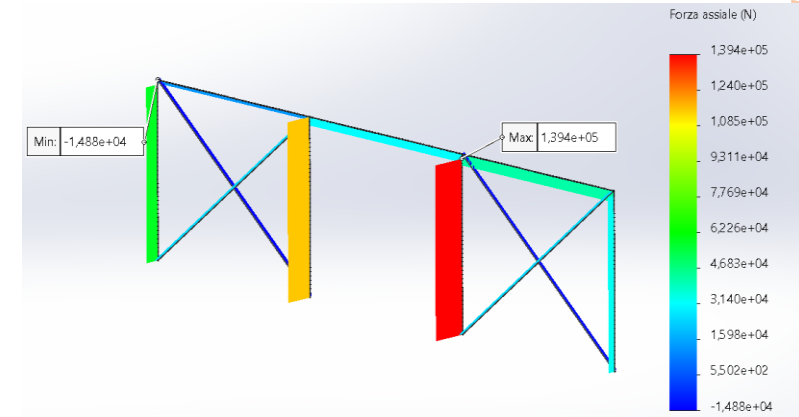
Direzione 1

Diagramma di sollecitazione del taglio

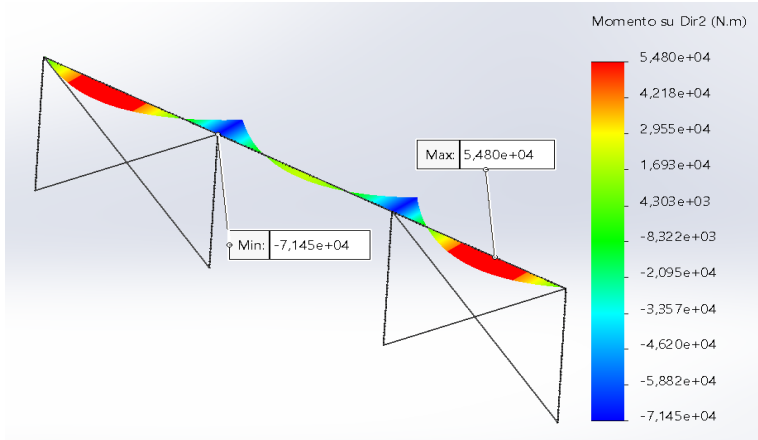
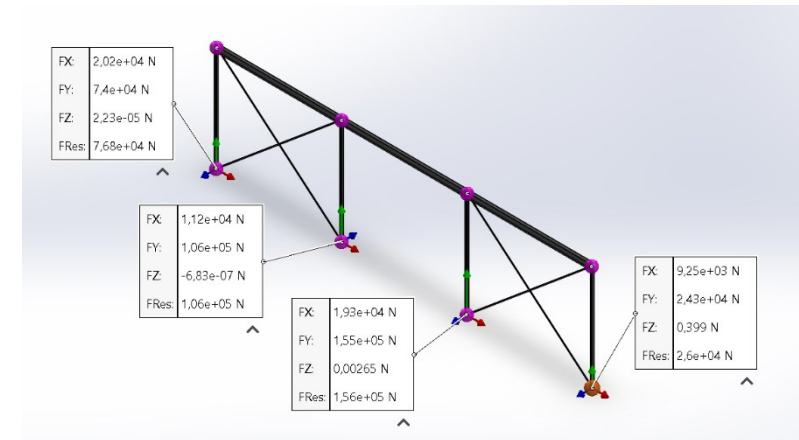


Direzione 1

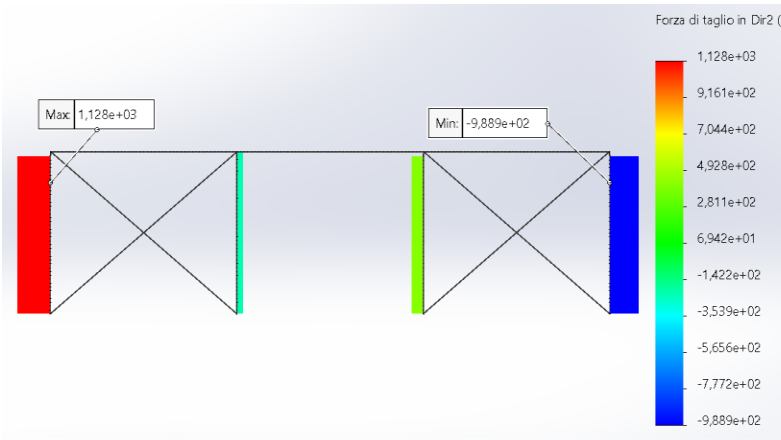
Diagramma di sollecitazione dello sforzo assiale



Reazioni vincolari



Direzione 2



Direzione 2

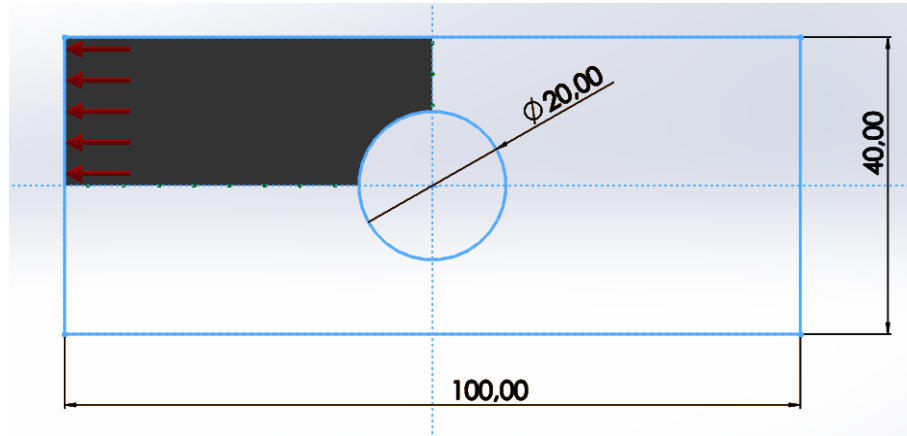
Geometria della piastra con quote

Materiale: acciaio Fe360

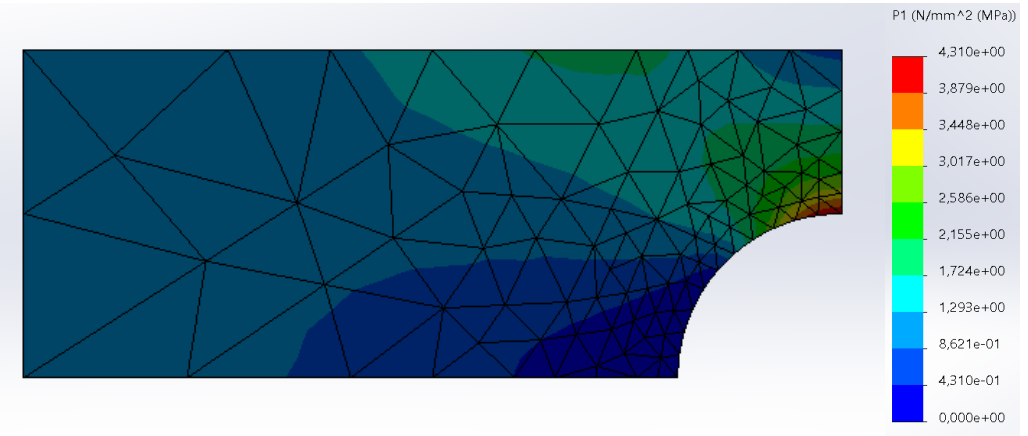
Carichi applicati:
pressione pari ad 1,0 MPa
che pone la piastra in
trazione

Vincoli: vincoli avanzati di
simmetria

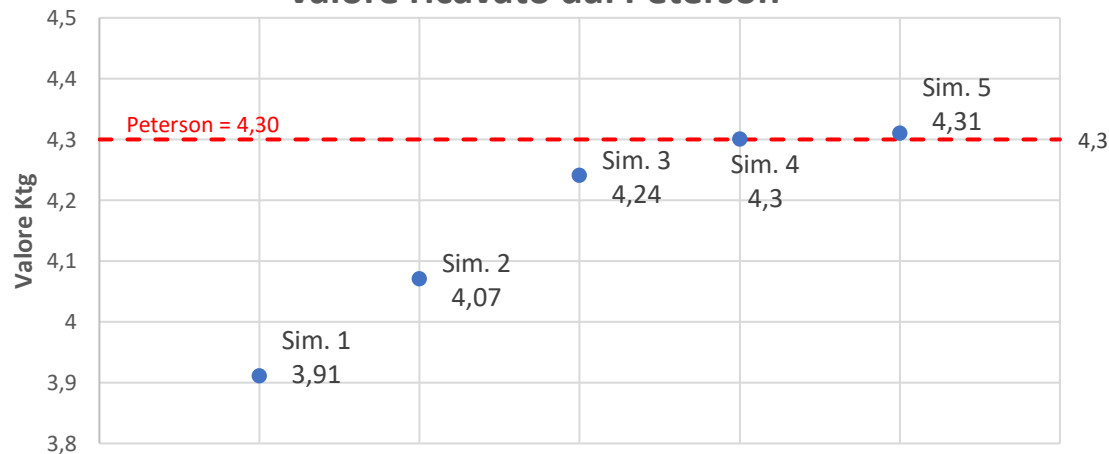
Spessore: $s = 1,0$ mm



Risultato analisi statica 5

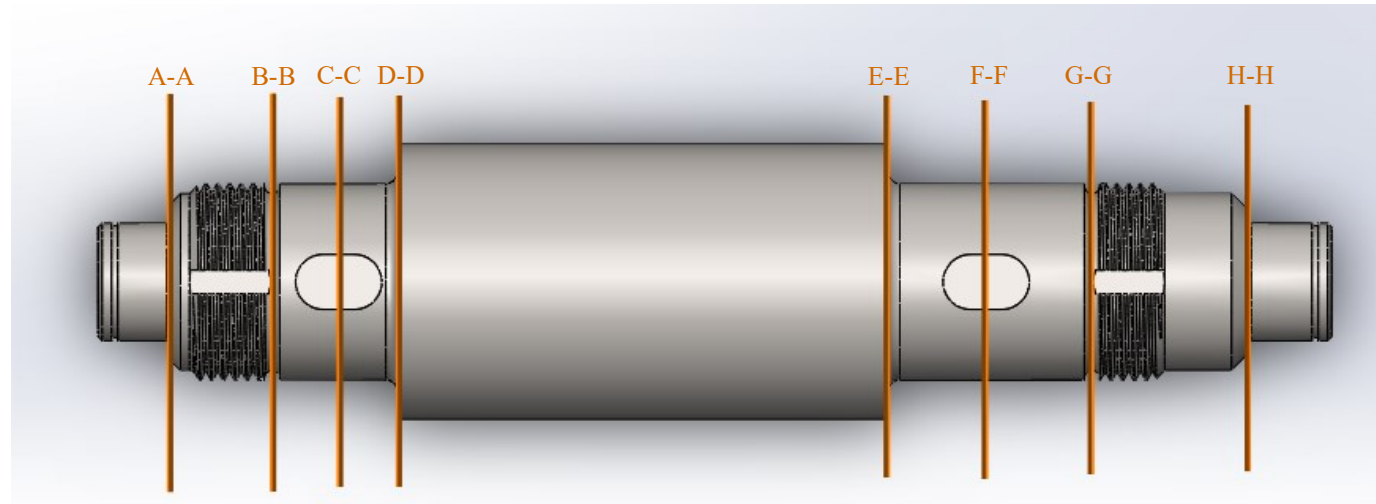


Andamento del coefficiente K_{tg} confrontato con il valore ricavato dal Peterson



Simulazione	K_{tg}	Dev. %
1	3,914	8,98%
2	4,071	5,33%
3	4,238	1,44%
4	4,296	0,09%
5	4,31	0,23%
Peterson	4,3	

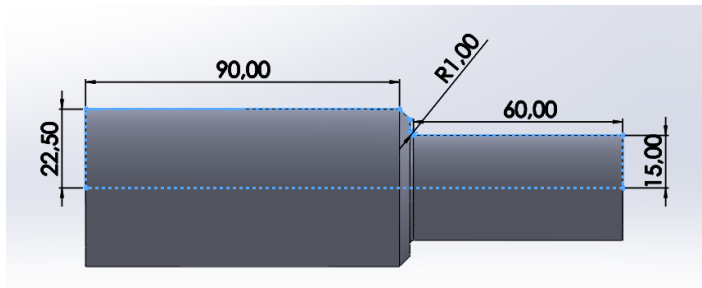
Albero intermedio del riduttore con le relative sezioni



- **Materiale:** acciaio C40 bonificato, $\sigma_s = 370 \text{ MPa}$.
- **Sollecitazione:** Pressione pari ad 1,0 MPa con distribuzione non uniforme.

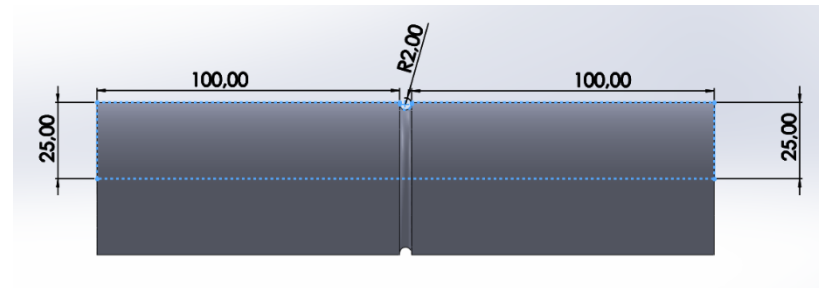
Sezione A-A

Spallamento cuscinetto sinistro



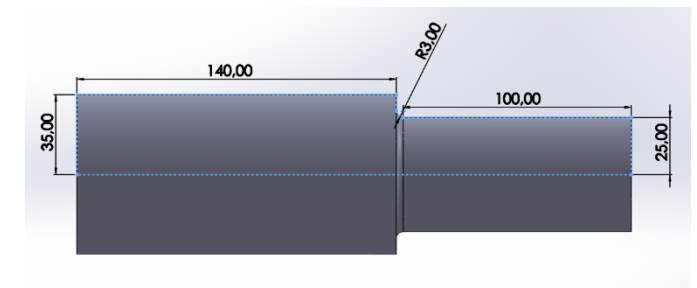
Sezione B-B

Gola di scarico della filettatura di sinistra

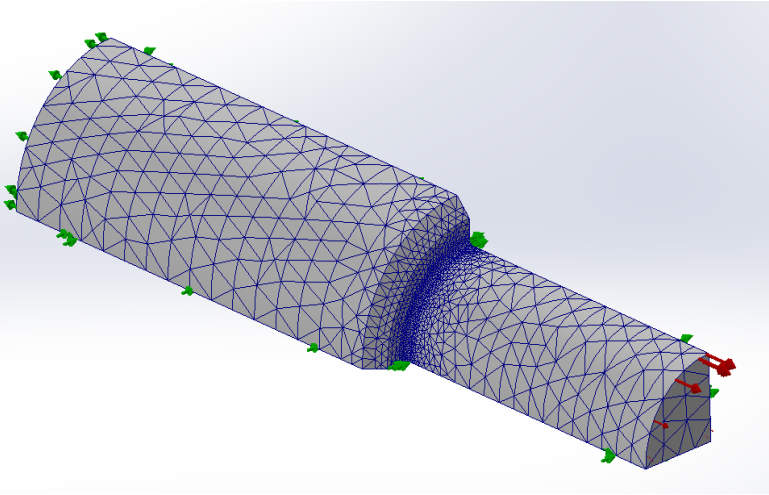


Sezione D-D

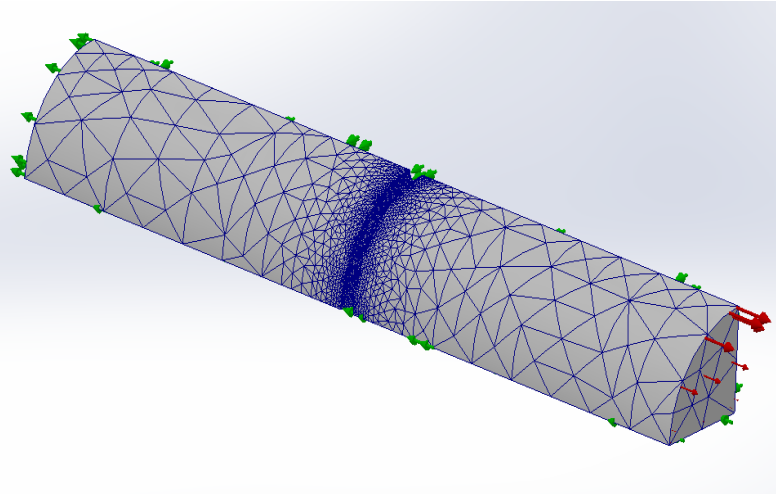
Spallamento ruota dentata di sinistra



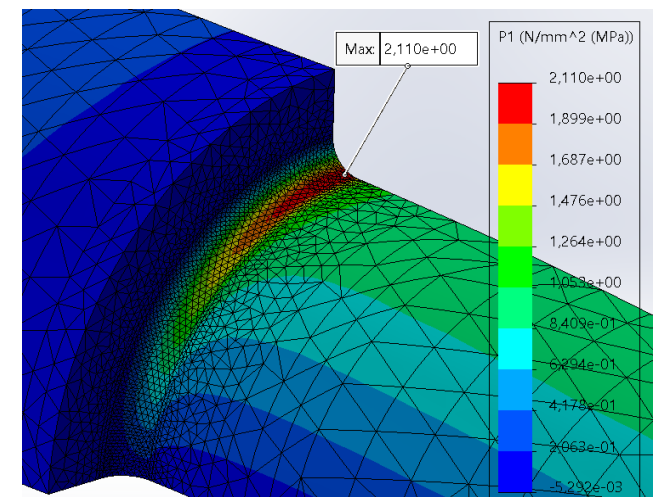
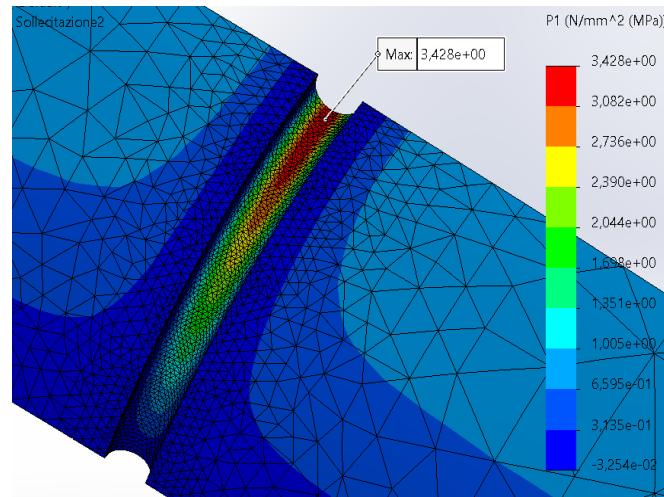
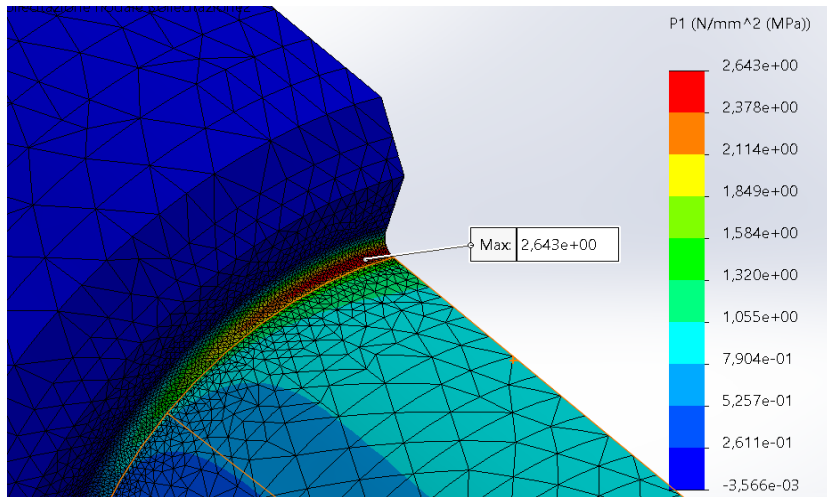
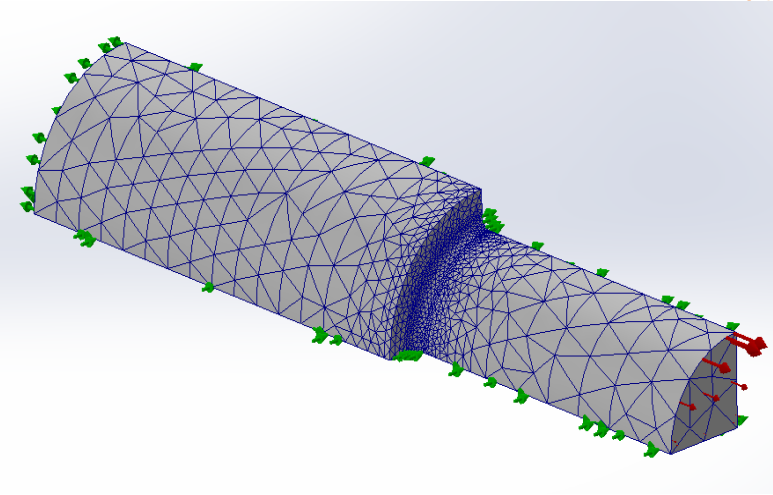
Spallamento cuscinetto sinistro



Gola di scarico filettatura di sinistra

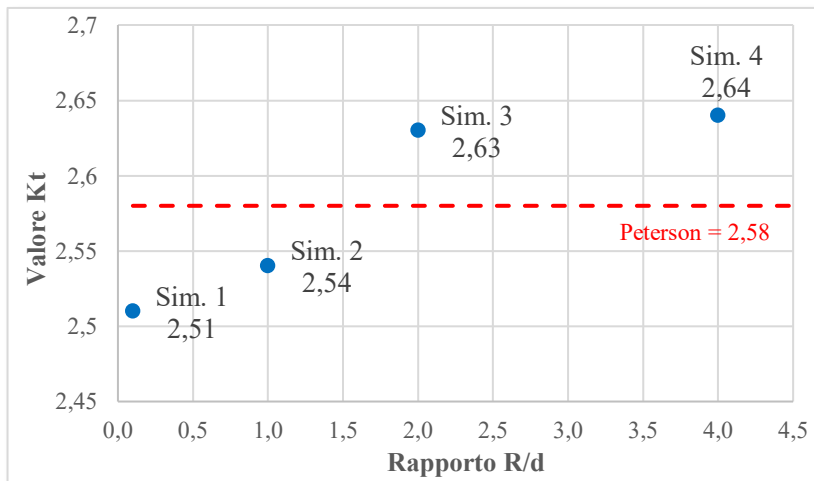


Spallamento ruota dentata di sinistra



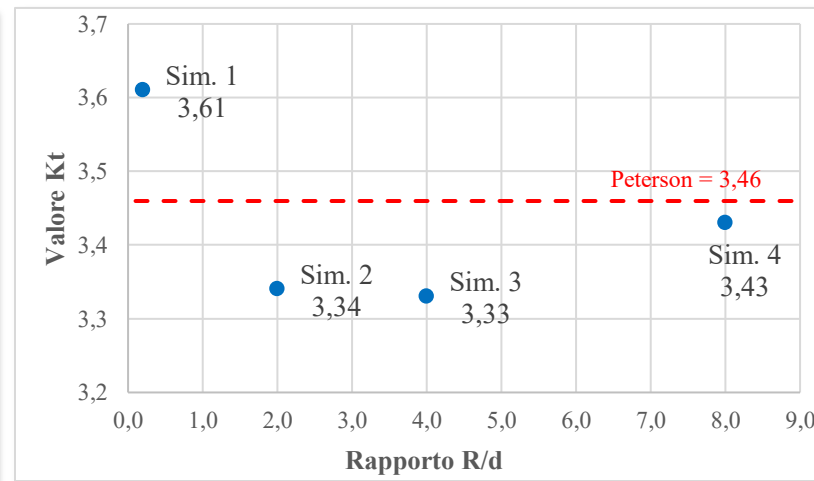
Spallamento cuscinetto di sinistra

Simulazione	K_t	Dev. %
1	2,514	2,56%
2	2,539	1,59%
3	2,631	1,98%
4	2,643	2,44%
Peterson	2,58	



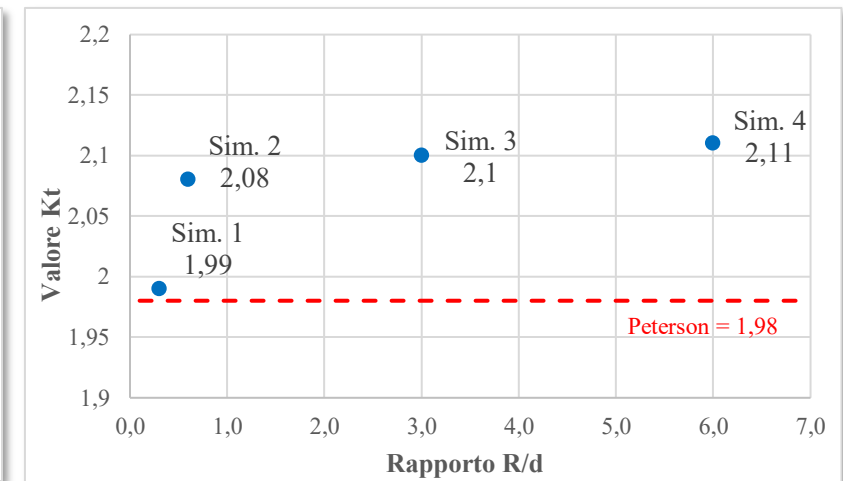
Gola di scarico di sinistra

Simulazione	K_{tg}	Dev. %
1	3,614	4,450867
2	3,339	3,49711
3	3,331	3,728324
4	3,428	0,924855
Peterson	3,46	

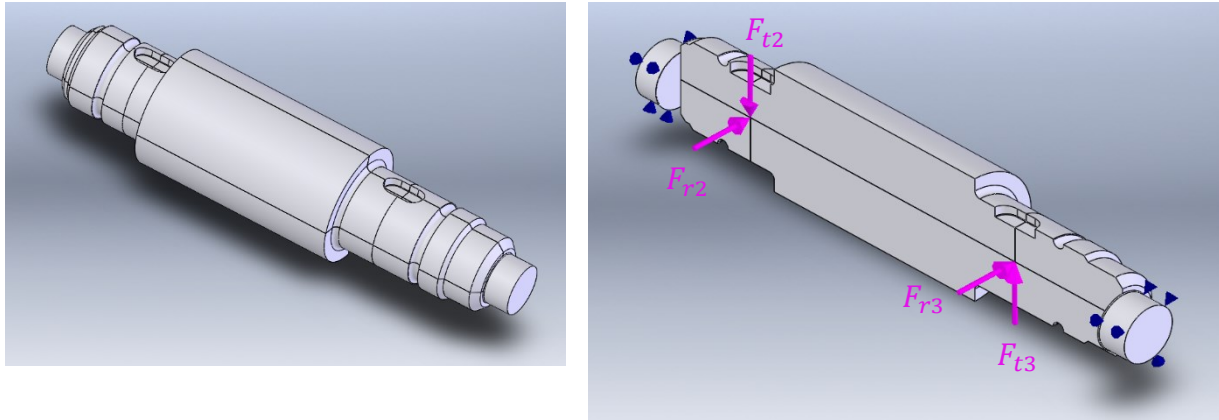


Spallamento ruota dentata di sinistra

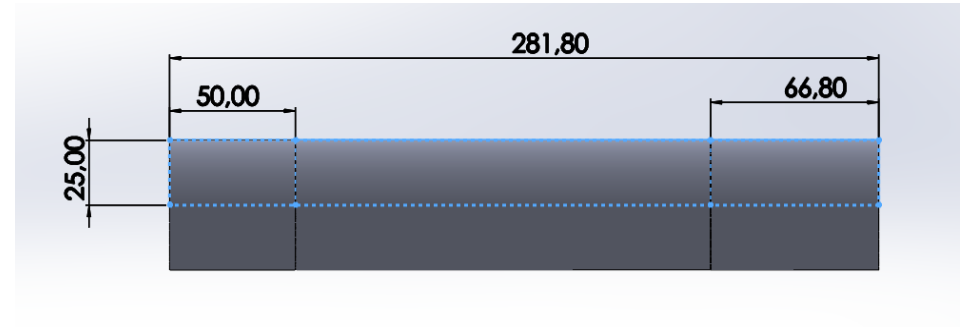
Simulazione	K_{tg}	Dev. %
1	1,986	0,30303
2	2,077	4,89899
3	2,097	5,909091
4	2,11	6,565657
Peterson	1,98	



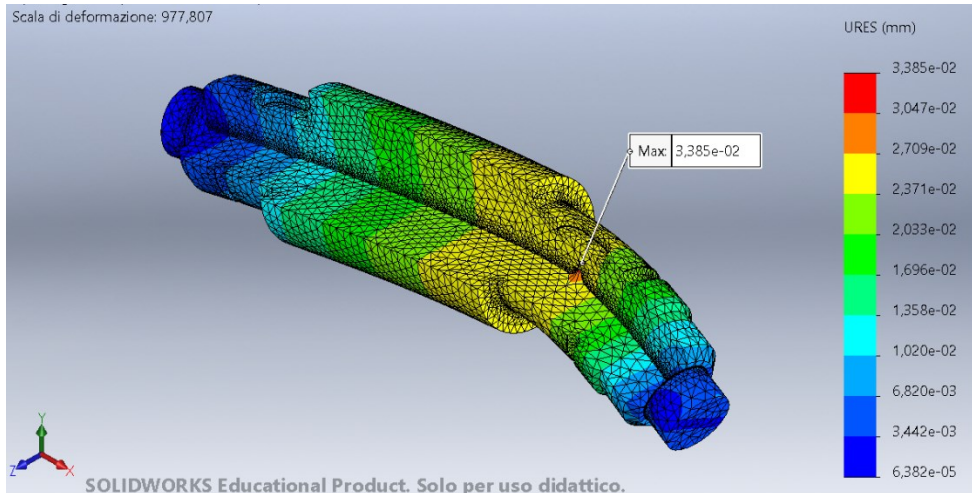
Modello solido con profilo reale



Modello trave



Deformata flessionale

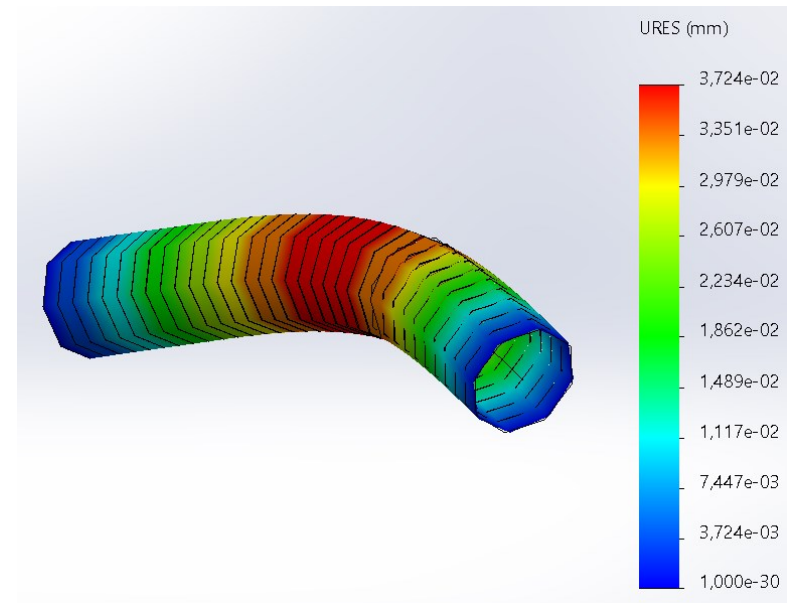


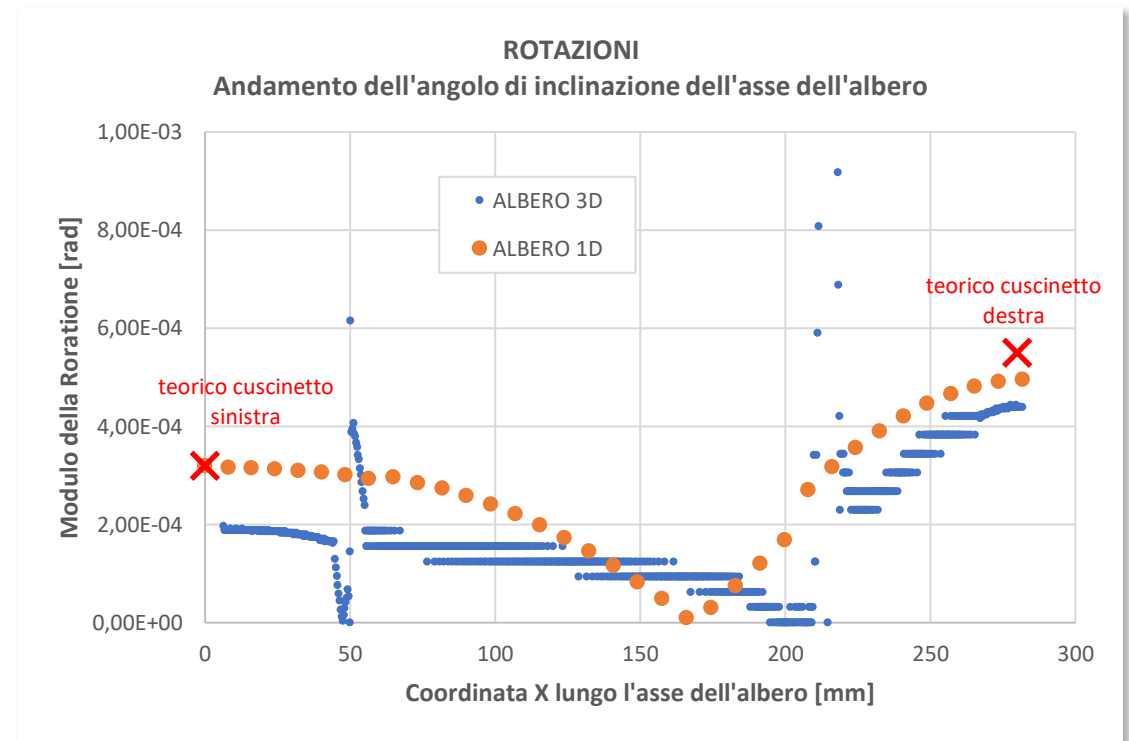
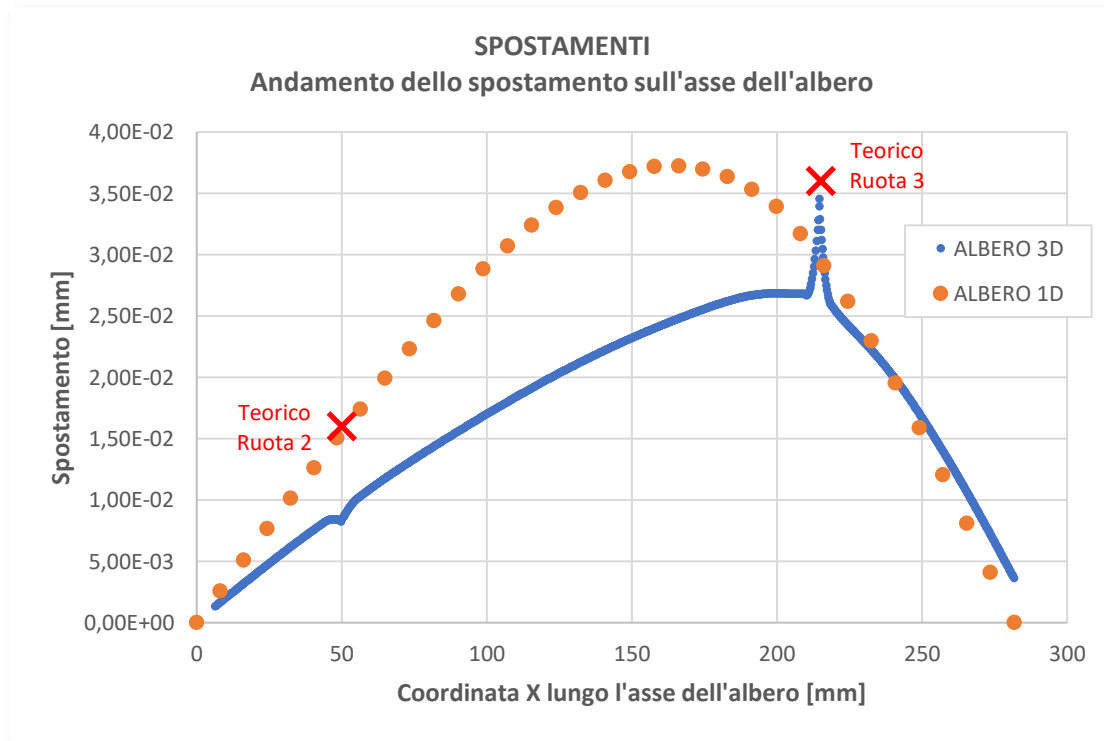
Carichi applicati:

- $F_{t2} = 1963,72 \text{ N}$
- $F_{r2} = 714,71 \text{ N}$
- $F_{t3} = 6654,88 \text{ N}$
- $F_{r3} = 2422,18 \text{ N}$

Materiale: Acciaio
C40 bonificato
 $\sigma_s = 370 \text{ MPa}$.

Deformata flessionale





	Freccia ruota 2 [mm]	Freccia ruota 3 [mm]	Rotazione cuscinetto sinistra [rad]	Rotazione cuscinetto destra [rad]
Modello solido	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$4,4 \cdot 10^{-4}$
Modello trave	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$2,9 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$4,9 \cdot 10^{-4}$
Calcoli analitici	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$3,6 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-4}$

Formula usata per calcolare le rotazioni:

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

- **Verifiche a fatica flessionale mediante il calcolo del K_t :**

	Spallamento cuscinetto	Gola di scarico	Spallamento ruota dentata
K_t da analisi FEM	2,64	3,43	2,11
K_t da Peterson	2,58	3,46	1,98
Dev. %	2,44%	0,92%	6,56%

- **Verifiche a deformabilità: calcolo frecce e rotazioni:**

	Freccia ruota 2 [mm]	Freccia ruota 3 [mm]	Rotazione cuscinetto sinistra [rad]	Rotazione cuscinetto destra [rad]
Modello solido	$8,3 \cdot 10^{-3}$	$3,4 \cdot 10^{-2}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	$4,4 \cdot 10^{-4}$
Modello trave	$1,5 \cdot 10^{-2}$	$2,9 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$4,9 \cdot 10^{-4}$
Calcoli analitici	$1,6 \cdot 10^{-2}$	$3,6 \cdot 10^{-2}$	$3,2 \cdot 10^{-4}$	$5,5 \cdot 10^{-4}$

- **Confronto modello solido e modello trave:** Discrepanza tra i risultati ottenuti dai modelli 2D e 3D sia nel calcolo delle frecce che delle rotazioni. In entrambi i casi il modello trave risulta in favore di sicurezza.