

Università degli Studi di Roma «Tor Vergata»

Oggi, l'Ateneo del domani

Ottimizzazione automatica della vita a fatica di componenti meccanici di forma complessa.

Laurea in Ingegneria Meccanica

Laureando: Benacquista Stefano

Relatore: Prof. Marco Evangelos Biancolini

Correlatore: Ing. Stefano Porziani

Anno Accademico 2021-2022

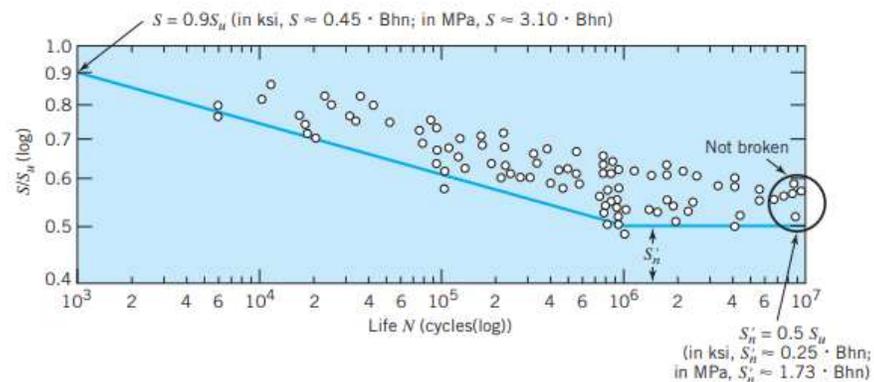


Che cos'è la 'fatica' e da cosa ha origine?

Per fatica si intende quel fenomeno fisico che provoca la rottura di elementi strutturali caratterizzati dall'applicazione di carichi ciclici nel tempo. Si origina in corrispondenza di quelle zone del componente in cui si registrano forti concentrazioni locali di tensione.

Come è possibile migliorare la vita a fatica di questi componenti?

Per migliorare la durata a fatica dei componenti meccanici è possibile agire proprio sulla ridistribuzione delle tensioni cercando di ridurre i picchi di stress presenti sul componente stesso.



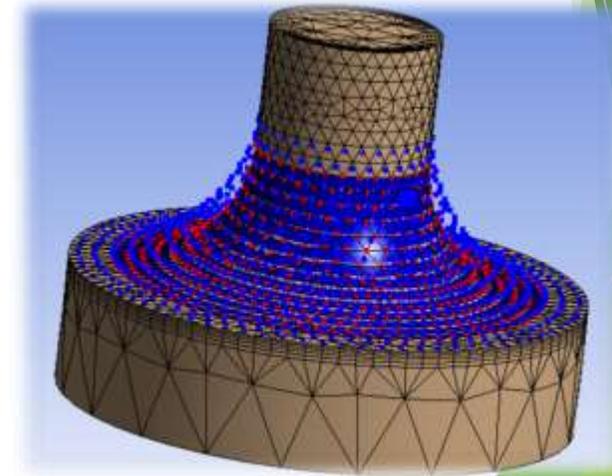
Obbiettivi:

- ▶ Individuare una configurazione geometrica ottimale che possa garantire una più equa distribuzione della tensione e una conseguente riduzione del picco di stress.
- ▶ Garantire il rispetto dei vincoli di forma e simmetria che contraddistinguono la geometria iniziale.

Strumenti utilizzati

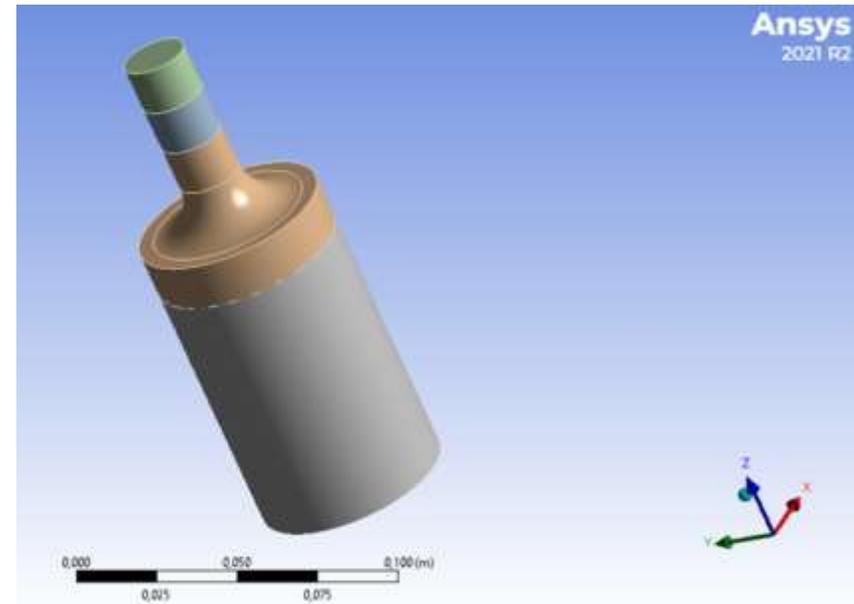
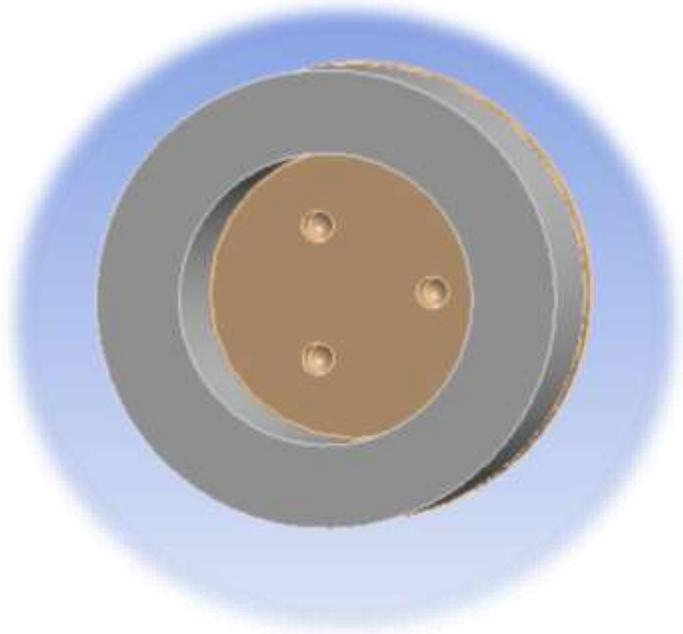


Il processo di ottimizzazione è stato guidato utilizzando come strumenti, Workbench e il solutore FEM Ansys Mechanical con integrato RBF Morph. RBF Morph, in particolare, è un software sviluppato per le applicazioni areodinamiche della Formula 1 che consente di semplificare notevolmente il processo di ottimizzazione permettendo al progettista di intervenire direttamente sulla geometria.

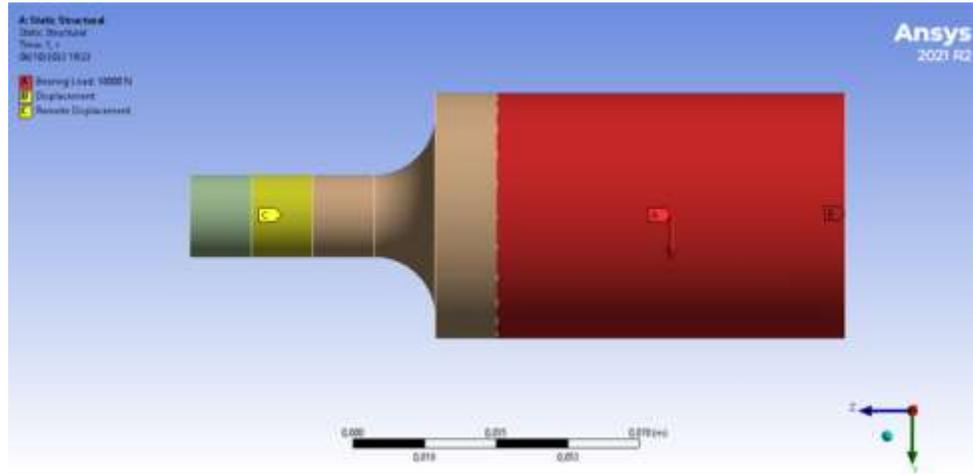


Il componente

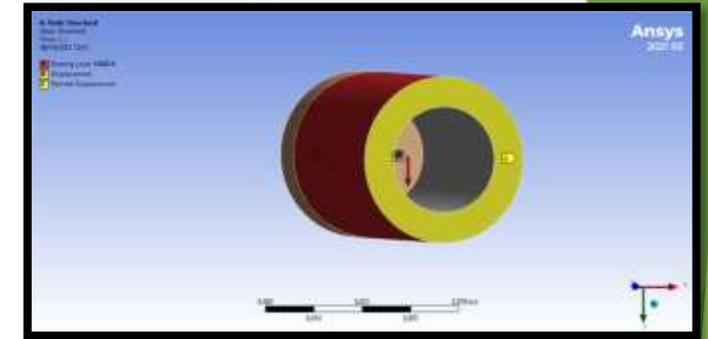
Il componente meccanico oggetto di studio è stato messo a disposizione dall'azienda Sacmi Spa che si occupa della progettazione e realizzazione di macchinari ad uso industriale. Il componente è un esempio rappresentativo di un loro reale problema relativo alla progettazione di macchinari destinati al taglio di piastrelle ceramiche.



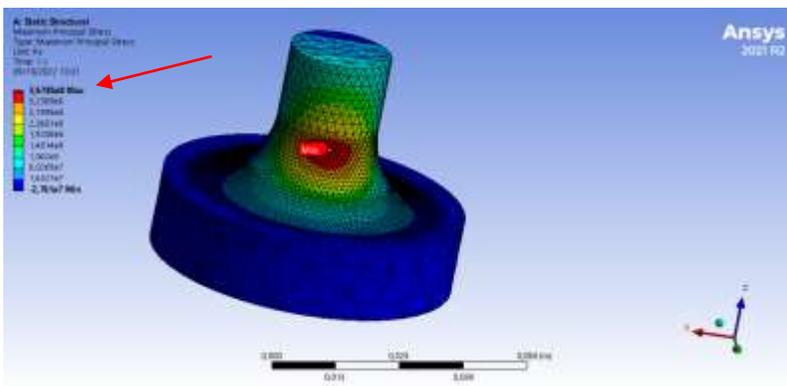
Condizioni di carico applicate



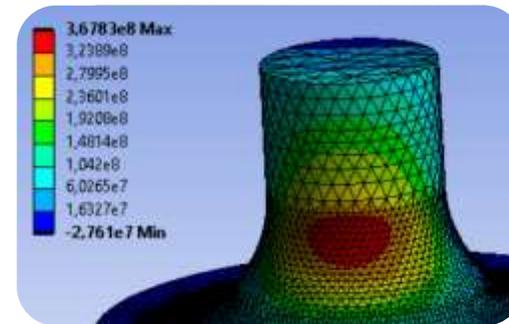
Un carico radiale con unica componente diretta lungo y e pari a 10000N è applicato sulla superficie del cilindro indicata con 'A'; in giallo sono indicate invece le condizioni di spostamento applicate alle corrispondenti zone colorate. In base a questa particolare configurazione di carico e condizioni di spostamento è possibile considerare il componente soggetto a sollecitazione di momento flettete.

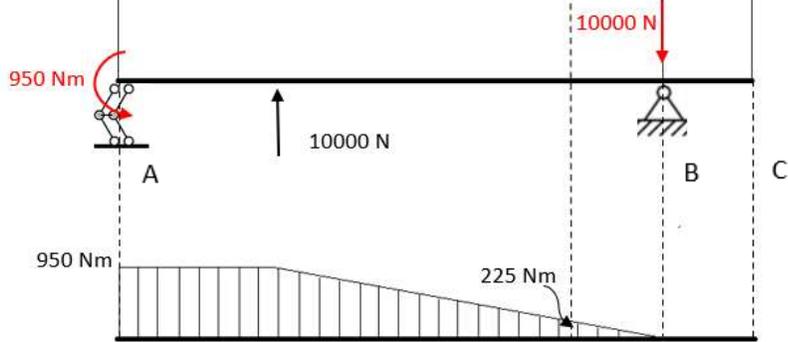
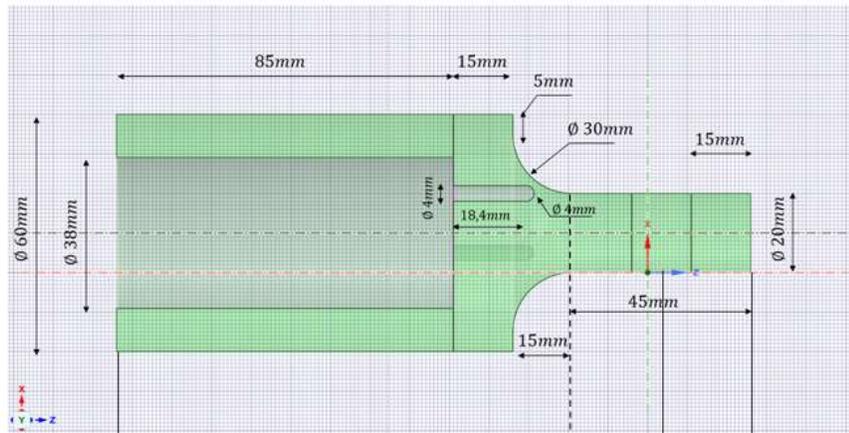


E' possibile a questo punto valutarne l'effetto sul componente in termini di tensioni.



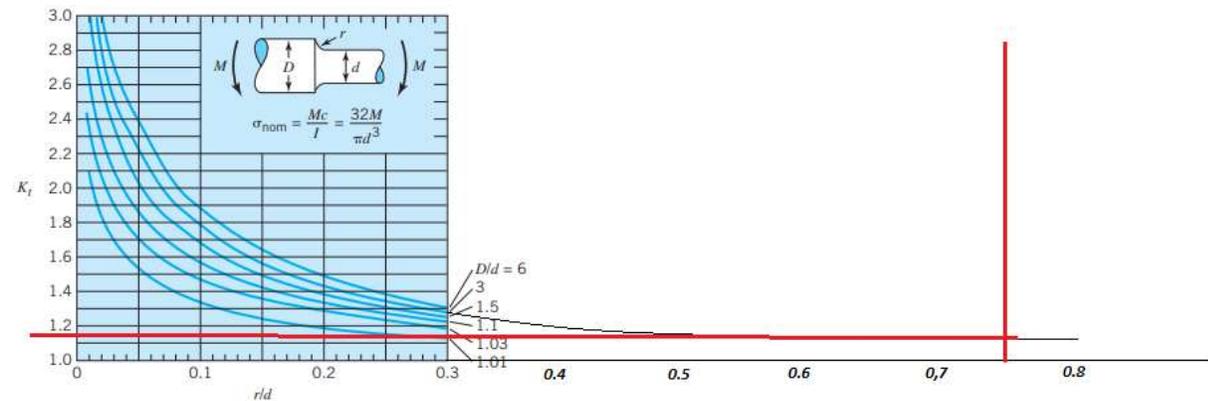
Analizzando la configurazione iniziale si osserva una tensione massima sul raccordo pari circa a 368 Mpa



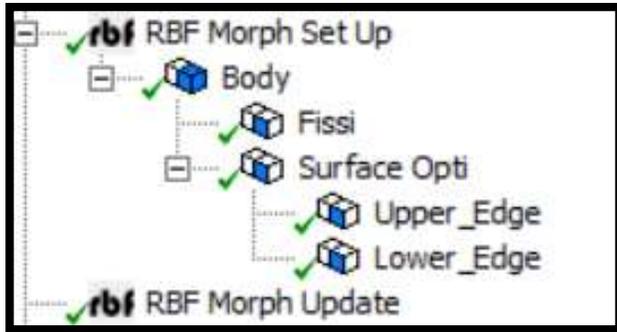


Prima ancora di passare all'analisi dei risultati, può essere interessante esaminare lo stato di tensione sul raccordo analizzando il componente in una configurazione semplificata che prevede l' assenza dei fori.

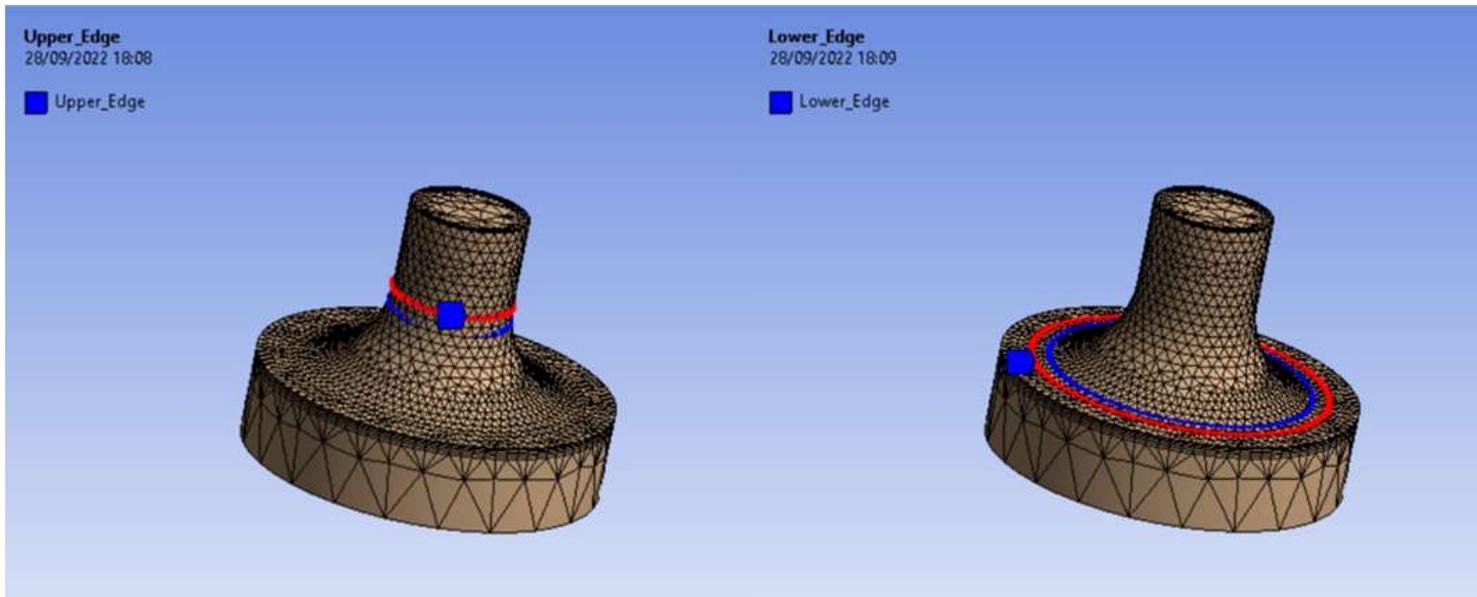
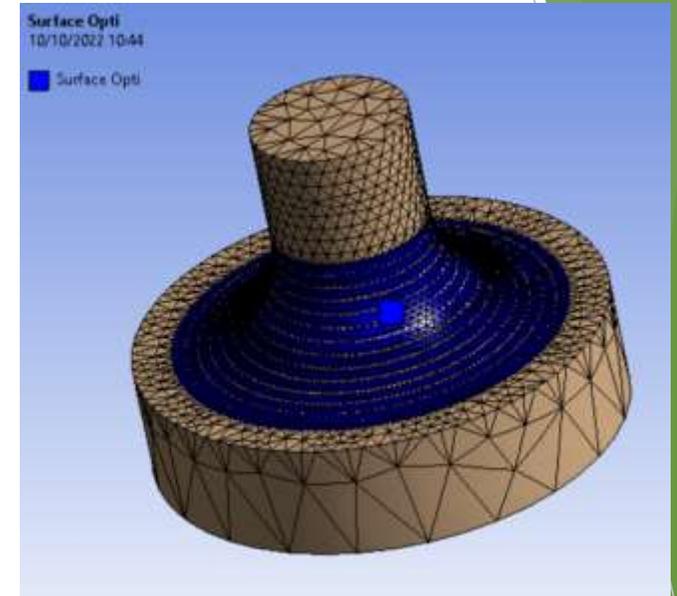
Il valore della σ_{nom} in prossimità del raggio è pari a 286,6 Mpa. Ricavando il valore del K_t per una barra a sezione circolare soggetta a momento flettente, $\sigma_{max} = K_t \sigma_{nom}$ è pari a 329,6 MPa



Ottimizzazione parametrica



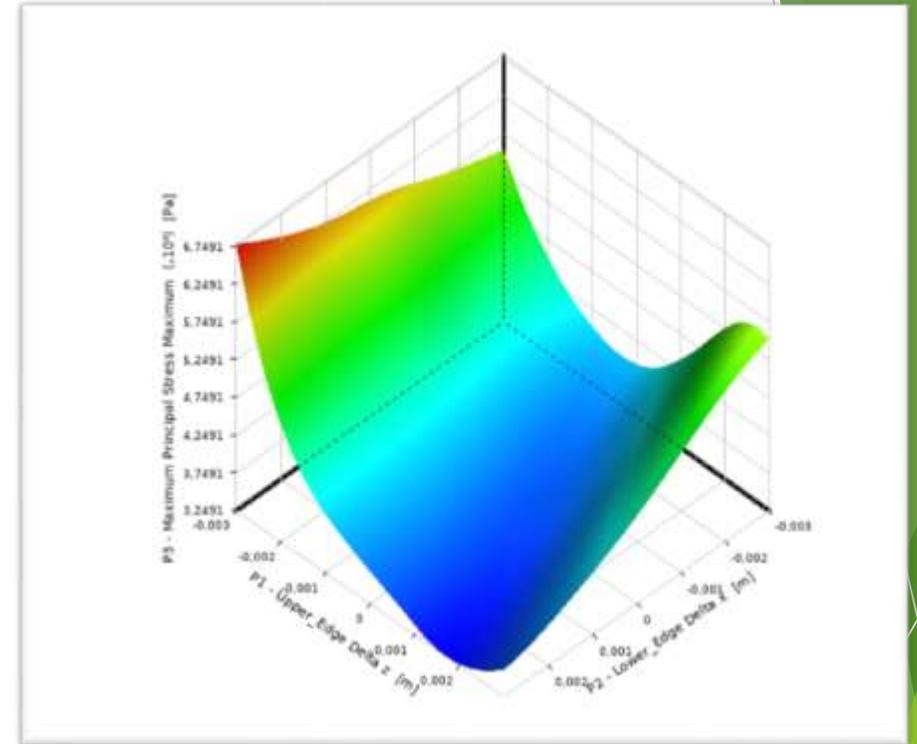
Dovendo agire sulla superficie 'Surface Opti', sono stati definite le due sorgenti 'Upper_Edge' e 'Lower_Edge' per controllare la geometria del raccordo mentre in tutto il resto del volume i nodi della griglia sono stati mantenuti fissi.



Una volta avviato il calcolo l'algorithmo genera in modo casuale dei Design Point (DP).

	A	B	C	D
1	Name	P1 - Upper_Edge Delta z (m)	P2 - Lower_Edge Delta x (m)	P3 - Maximum Principal Stress Maximum (Pa)
2	1	-0,0003	0,0009	3,7664E+08
3	2	0,0007	0,0013	3,5211E+08
4	3	-0,0029	-0,0007	5,8104E+08
5	4	0,0001	0,0021	3,6589E+08
6	5	-0,0025	-0,0015	5,0055E+08
7	6	0,0025	-0,0029	5,4984E+08
8	7	-0,0001	0,0025	3,7167E+08
9	8	0,0023	0,0023	3,4255E+08
10	9	-0,0015	-0,0001	4,2429E+08
11	10	-0,0019	0,0029	4,6841E+08
12	11	-0,0011	-0,0003	4,0287E+08
13	12	-0,0021	-0,0011	4,6344E+08
14	13	-0,0005	0,0001	3,822E+08
15	14	0,0011	-0,0027	4,3512E+08
16	15	-0,0013	0,0019	4,1912E+08
17	16	0,0019	-0,0005	4,0162E+08
18	17	0,0017	0,0017	3,3608E+08
19	18	0,0005	-0,0009	3,5775E+08
20	19	-0,0023	-0,0017	4,7831E+08
21	20	-0,0027	-0,0021	5,2306E+08
22	21	-0,0007	-0,0025	3,8595E+08
23	22	0,0021	0,0005	3,8026E+08
24	23	0,0027	0,0015	3,7888E+08
25	24	-0,0017	0,0007	4,3976E+08
26	25	0,0013	-0,0023	4,323E+08
27	26	0,0003	-0,0013	3,6181E+08
28	27	0,0015	0,0011	3,3963E+08
29	28	0,0009	0,0003	3,4968E+08
30	29	0,0029	-0,0019	5,202E+08
31	30	-0,0009	0,0027	4,0037E+08

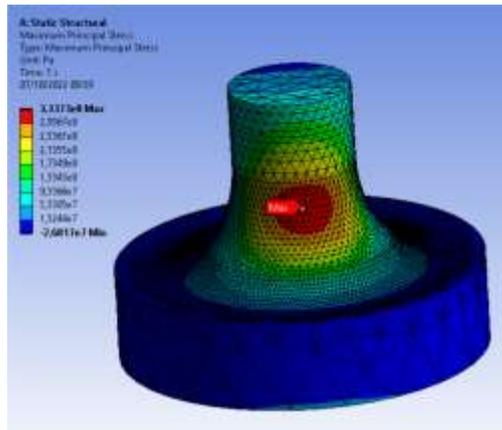
L'interpolazione dei DP permette di ottenere, anche se in modo approssimato, la valutazione continua della risposta del sistema nello spazio parametrico



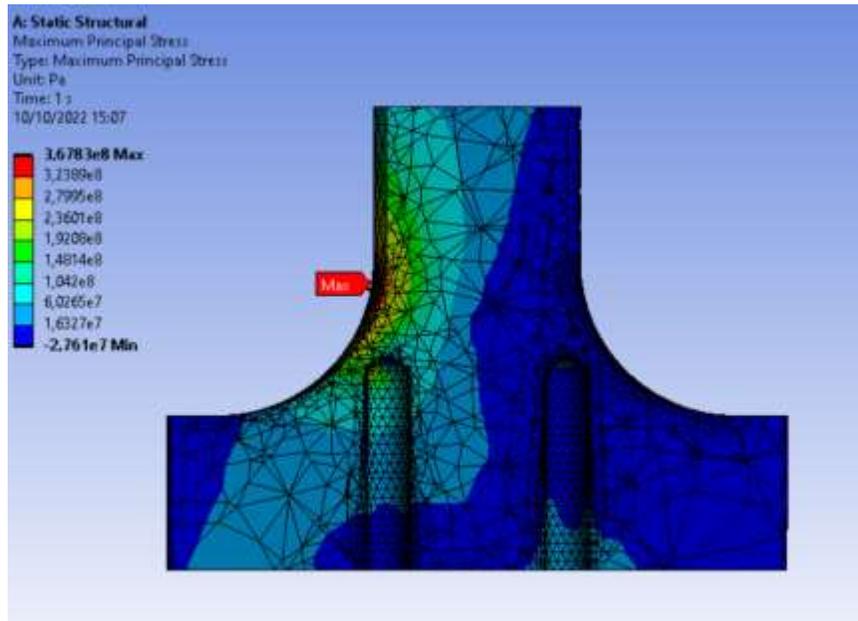
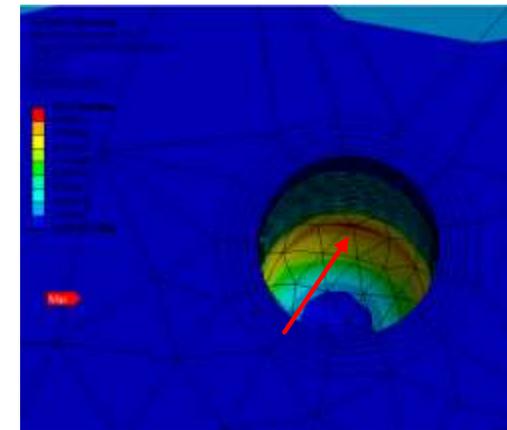
I 30 DP generati in modo casuale



Ottimizzazione parametrica – Risultati ottenuti

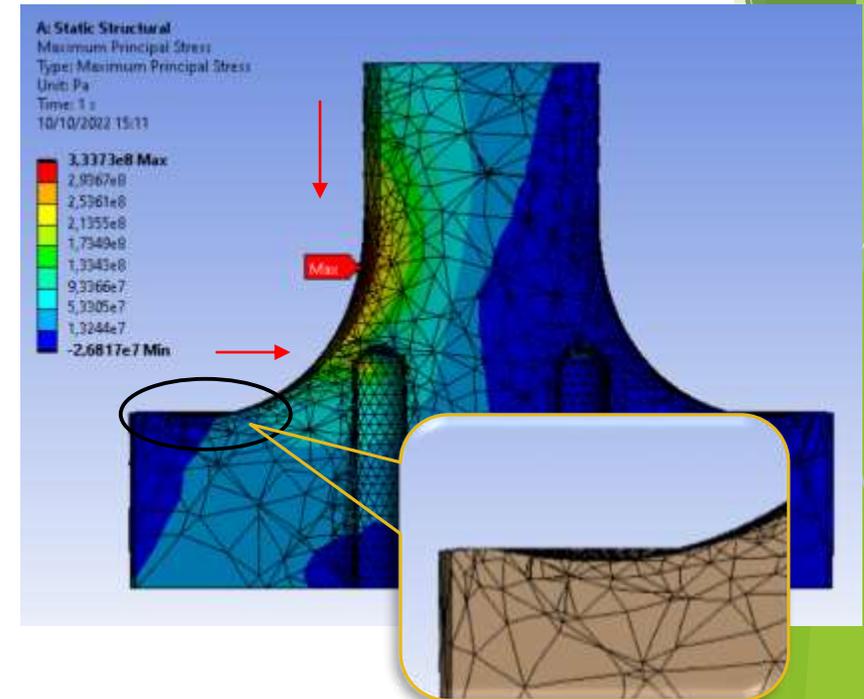


Rispetto alla geometria iniziale si ottiene una riduzione percentuale del picco di stress pari al 9,3%

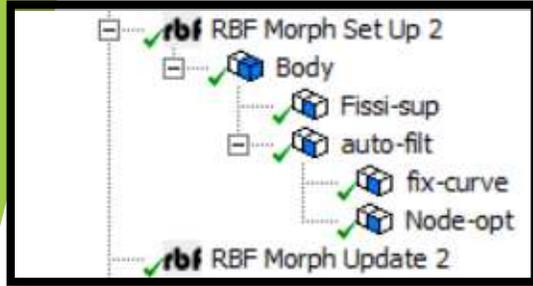


Osservando le due sezioni, si può vedere come in quella a destra la superficie del raggio tende a spostarsi verso il basso. Questo spiega anche il motivo per cui inizia a localizzarsi una concentrazione sull'estremità del foro.

Si nota inoltre una migliore redistribuzione della tensione.

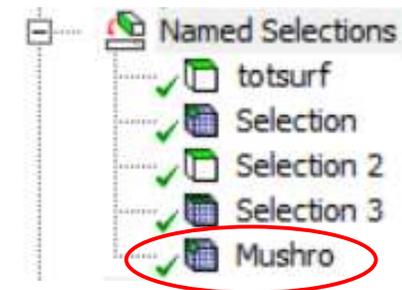
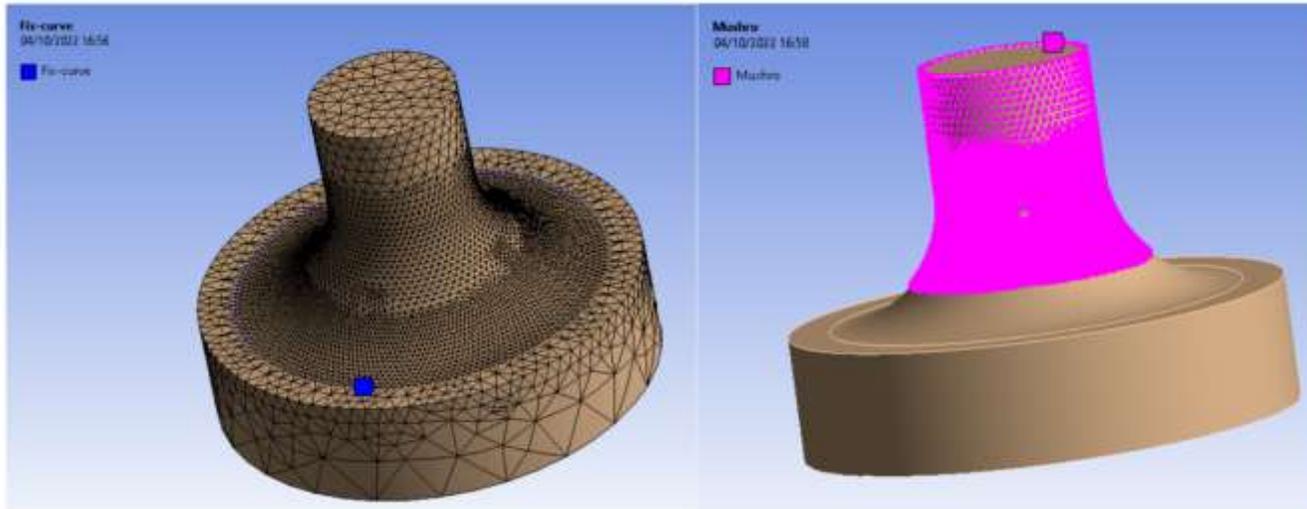
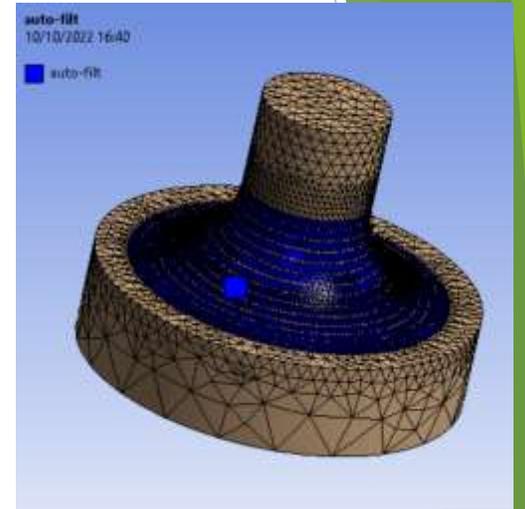


Ottimizzazione BGM



BGM è l'acronimo di Biological Growth Method. L' algoritmo BGM imita il meccanismo di crescita che si verifica con le ossa degli animali o piante. Anche in questo caso lo scopo è ottenere la geometria ottimizzata agendo direttamente sul raggio di raccordo, tuttavia per poter utilizzare l'algoritmo BGM è stato messo a punto un set-up differente.

Alla superficie 'auto-fit' sono state collegate le due sorgenti 'fix-curve' e 'Node-opt'. Inoltre, Node-opt è definita per mezzo della named selection 'Mushro'



auto-filt

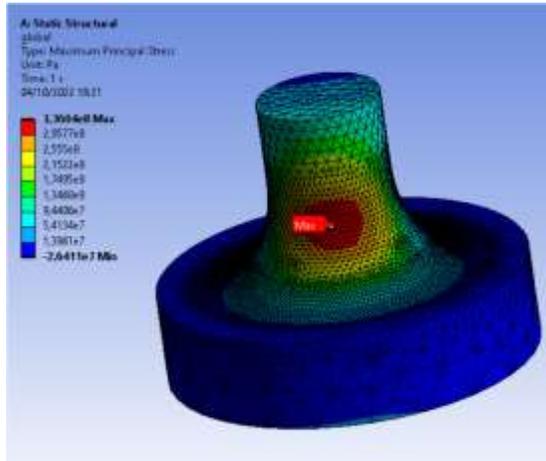
Details of "auto-filt" [collapse] [pin] [maximize] [close]

Node Selection	
Scoping Method	Geometry Selection
Geometry	1 Face
Definition	
Transformation	Translation
Translation Definition	Manual
<input type="checkbox"/> Delta x	0 m
<input type="checkbox"/> Delta y	0 m
<input type="checkbox"/> Delta z	0 m
RBF Function	
Degree	1
Combine Select	
Acting On	Undeformed
If Selected Nodes Overlap	Override
Coord Filtering	Auto
Coordinate System	Coordinate System
<input type="checkbox"/> Auto value	1,54819981360774
RBF Problem	
<input type="checkbox"/> Source	7556
<input type="checkbox"/> Target	16211

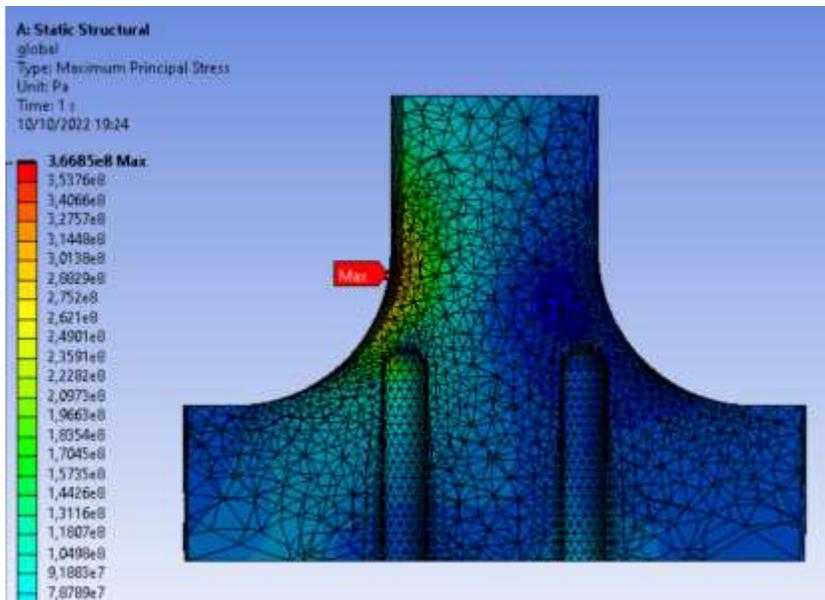
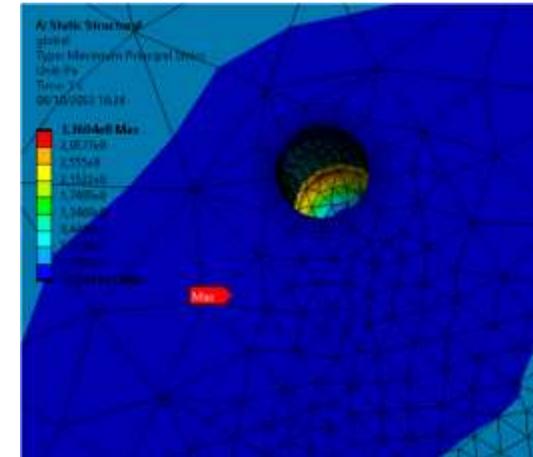
E' stato inoltre necessario in questo caso utilizzare la funzione Coord Filtering per garantire il rispetto della simmetria cilindrica in fase di ottimizzazione.



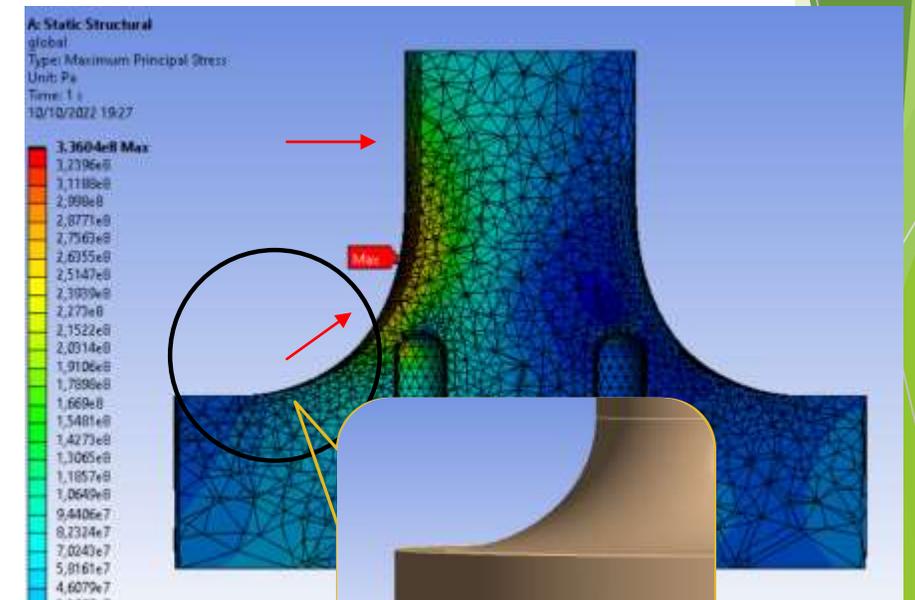
Ottimizzazione BGM – Risultati ottenuti



Rispetto alla configurazione iniziale, si ottiene una riduzione percentuale del picco di tensione pari a circa l' 8,4%. Anche qui è possibile notare l'insorgere della concentrazione sull'estremità del foro.



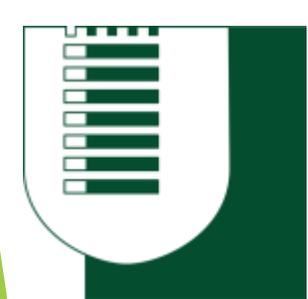
In questo secondo caso, nella sezione ottimizzata a destra si può notare come il raggio di raccordo tende a schiacciarsi nella parte bassa; si nota anche uno spessore ridotto del materiale in corrispondenza della testa del foro.



Conclusioni

Come è stato possibile osservare, entrambi gli approcci hanno consentito di ottenere una non trascurabile riduzione del picco di tensione. La geometria ottenuta attraverso algoritmo di calcolo parametrico è caratterizzata da una riduzione percentuale pari al 9,3% rispetto alla configurazione iniziale mentre quella ottenuta con algoritmo BGM presenta una riduzione percentuale pari all'8,4%. Dunque, il metodo basato sui parametri si è mostrato leggermente più generoso consentendo di ottenere circa lo 0,9% di riduzione in più. Importante è anche la presenza della concavità alla base del raggio, assente nell'ottimizzazione con BGM. Quest'ultima infatti potrebbe risultare utile nel risolvere problemi di ingombro con altri componenti.





Università degli Studi di Roma «Tor Vergata»

Oggi, l'Ateneo del domani

Grazie per l'attenzione!

Stefano Benacquista

