

# TOR VERGATA



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI ROMA

Relatore:

Marco Evangelos BIANCOLINI

Correlatore:

Stefano PORZIANI

Candidato:

Luca CERNIGLIA

0282464

Corso di Laurea  
Triennale in  
Ingegneria Meccanica

Ottimizzazione strutturale  
di un cerchione  
automobilistico

# Introduzione

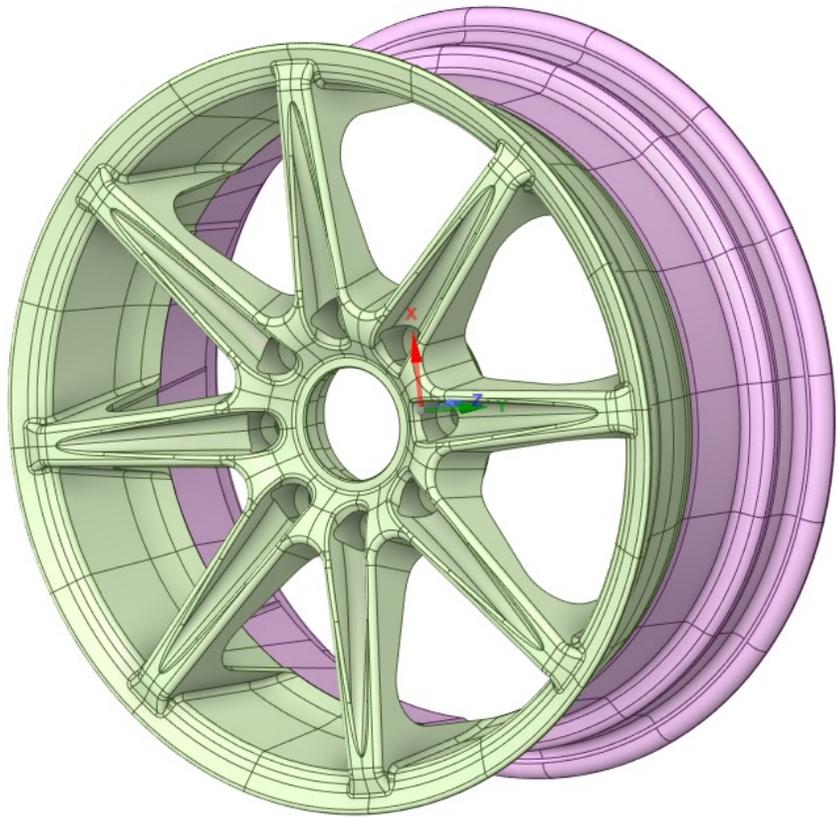


Nel settore Automotive i cerchioni, oltre ad trasmettere il moto tra motore e pneumatici e sostenere la vettura, rappresentano uno dei principali elementi ad influenzare il look complessivo dell'automobile.

Da un confronto con Nissan è emerso che molto spesso le aziende si dedicano unicamente al concepimento dello stile, affidando al fornitore verifiche strutturali, modifiche, e realizzazione.

Con l'obiettivo di occuparsi interamente della progettazione del componente, è stata richiesta, da Nissan, l'ideazione di un Workflow di progettazione.

# Introduzione



È stato condotto uno studio sul Workflow di progettazione strutturale di un cerchione automobilistico.

Preso una geometria di partenza, è stata condotta un'analisi statica preliminare, attraverso il Metodo degli Elementi Finiti (FEM), e, successivamente, un processo di Ottimizzazione di Forma tramite il mesh morphing e la teoria delle Radial Basis Function (RBF).

Il tutto realizzato nell'ambiente Ansys Workbench tramite i software messi a disposizione, in particolare Ansys Mechanical, OptiSLang e l'ACT Extension RBF Morph.

# Certificazione TÜV

È stata presa come riferimento la “Certificazione per ruote in lega non di primo equipaggiamento” proposta da TÜV Rheinland e i relativi scenari di carico.

➤ **Prova a flessione rotante:** simula le forze laterali che agiscono sulla ruota in curva.

$$M_{bm} = S_{bm} \cdot F_V \cdot (\mu \cdot r_{dyn} + d)$$

- 50% del momento flettente massimo per  $1.8 \cdot 10^6$  cicli.
- 75% del momento flettente massimo per  $2 \cdot 10^5$  cicli.

➤ **Prova di rotolamento:** simula le sollecitazioni cui è sottoposta la ruota in marcia rettilinea.

$$F_{cw} = S_{cw} \cdot F_V$$

- Forza massima per  $1.33 \cdot 10^6$  cicli.

➤ **Prova di torsione:** simula le sollecitazioni cui è sottoposta la ruota durante la frenata e l’accelerazione.

$$M_t = S_t \cdot F_V \cdot r_{dyn}$$

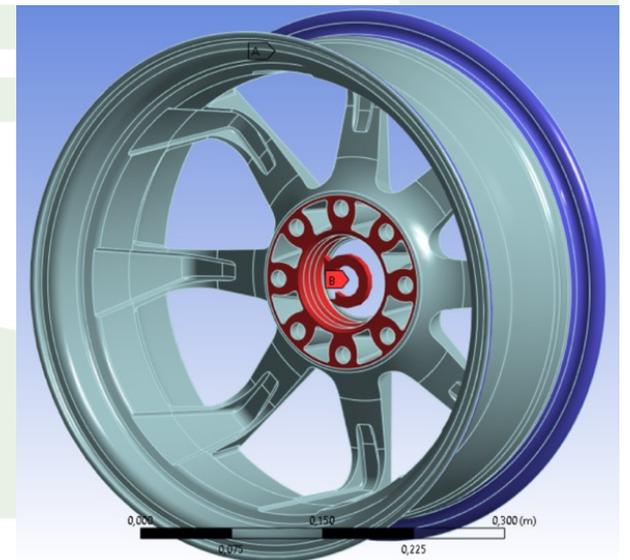
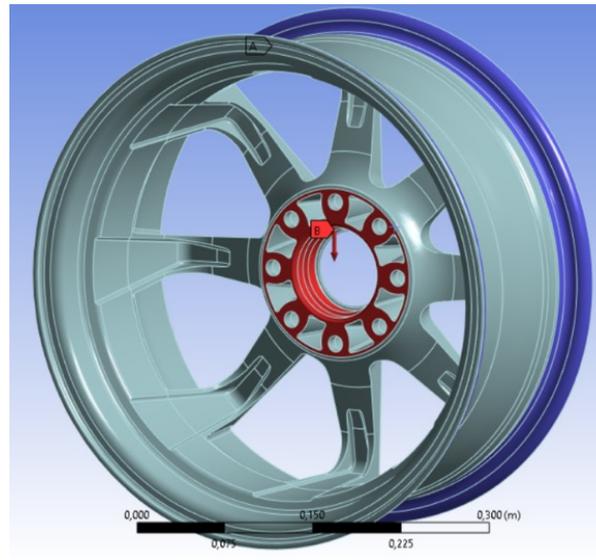
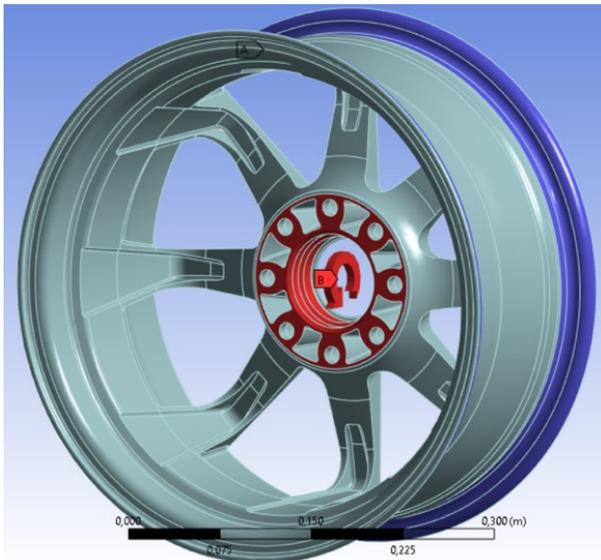
- Momento torcente massimo per  $10^6$  cicli.



$S_{bm}$	$S_{cw}$	$S_t$	$F_V$ [N]	$\mu$	$r_{dyn}$ [m]	$d$ [m]
2	2.5	1	4905	0.9	0.24	0.014

# Certificazione TÜV

Prove di carico	Simbolo	Valore
BM50%	$M_{bm50\%}$	1127 Nm
BM75%	$M_{bm75\%}$	1691 Nm
CW	$F_{cw}$	12259 N
T	$M_t$	1176 Nm



# Tensioni ammissibili

Per ogni condizione di carico sono stati calcolati i valori ammissibili a fatica.

$$\sigma_{allowable} = \frac{1}{\gamma_k} \frac{S_F \cdot K_n \cdot K_k \cdot K_t}{K_f \cdot K_d \cdot K_i \cdot K_c}$$

$S_F$ [MPa]	$K_k$	$K_f$	$K_d$	$K_i$	$K_c$	$\gamma_k$
89	1	1	1	1.25	1	1.12

	BM50%	BM75%	CW	T
$K_n$	1.49	1.86	1.54	1.58
$K_t$	1	1	0.8	1

Prove di carico	$\sigma_{allowable}$ [MPa]
BM50%	95
BM75%	118
CW	78
T	100

# Analisi strutturale preliminare

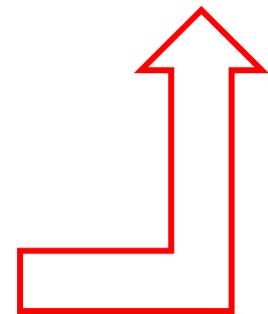
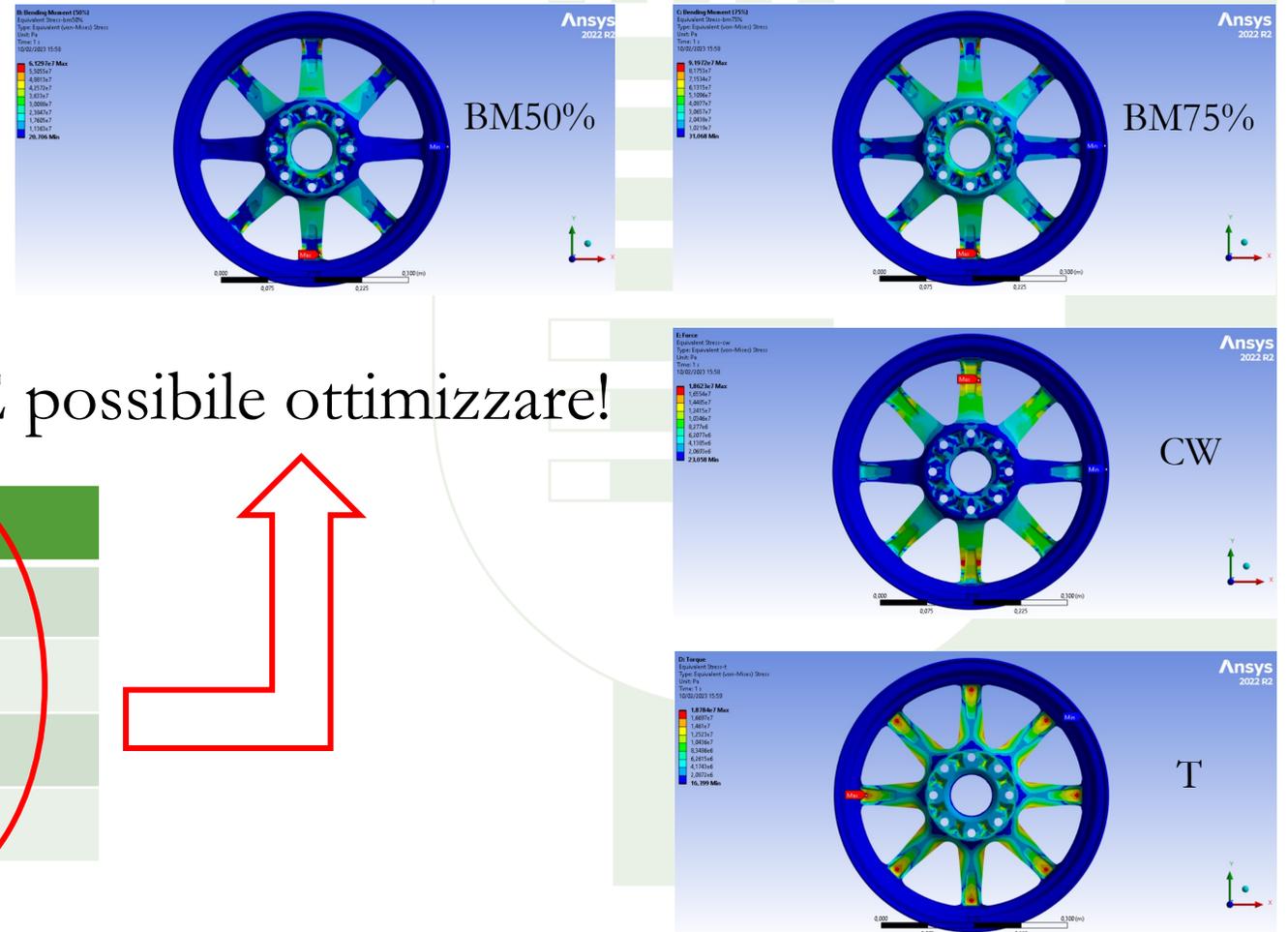
Il materiale scelto per il cerchione è una lega di alluminio per getti, l' $AlSi_7Mg$ .

In tutte le prove di carico sono state fissate le balconate esterne del cerchio, come previsto dal quadro normativo.

$$FI = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_{allowable}} < 1$$

Prove di carico	$\sigma_{VM_{max}}$ [MPa]	FI
BM50%	61.3	0.645
BM75%	92	0.779
CW	18.6	0.239
T	18.8	0.188

È possibile ottimizzare!



# Ottimizzazione di forma

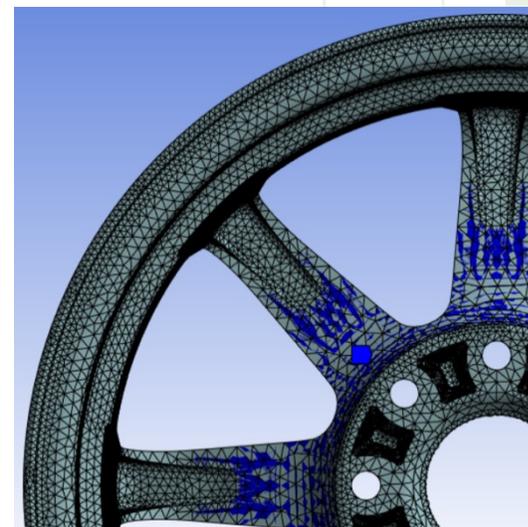
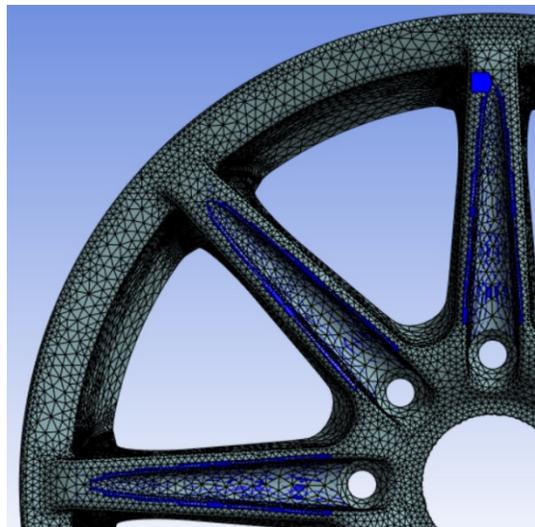
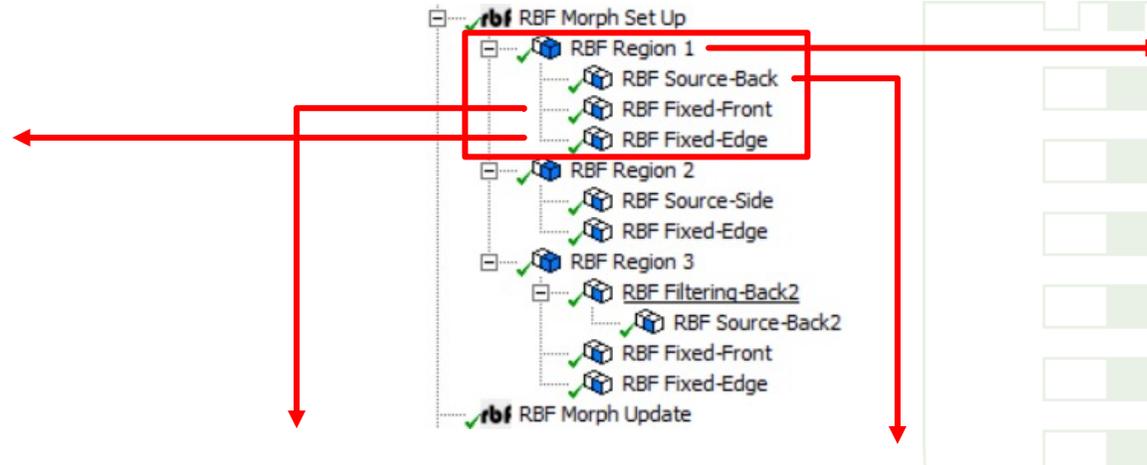
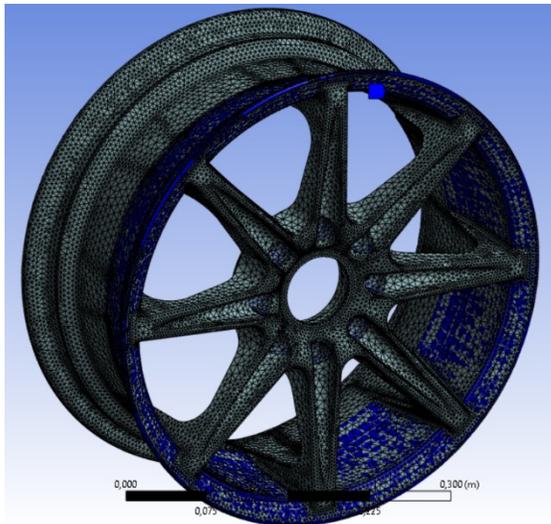
Nell'ottimizzazione di forma, fissata la topologia, si agisce sulla frontiera del dominio di progetto ricercando una forma ottimale per la parte.

È stato utilizzato un metodo mesh-based in cui ai nodi di superficie della mesh viene applicato un campo di distorsione, interpolato a livello globale dalle Radial Basis Function (RBF), tramite il programma RBF Morph.

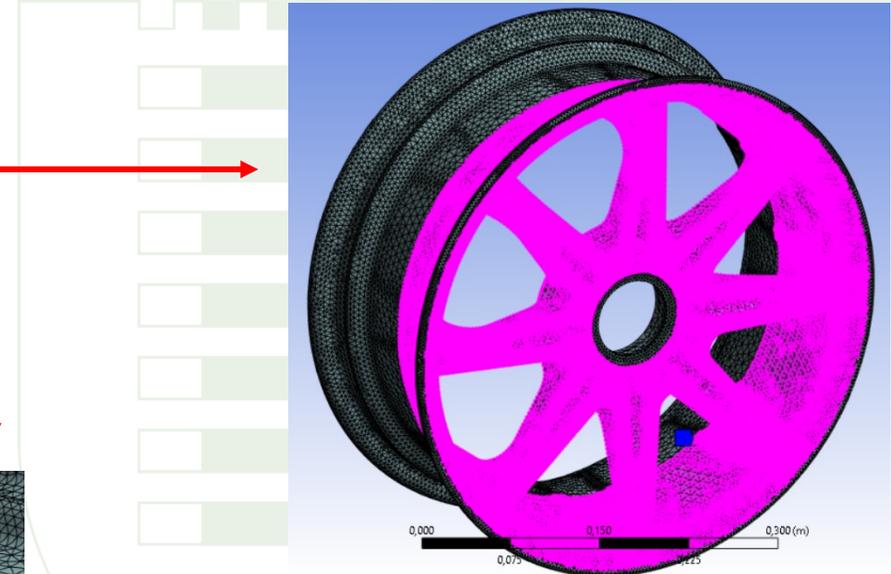
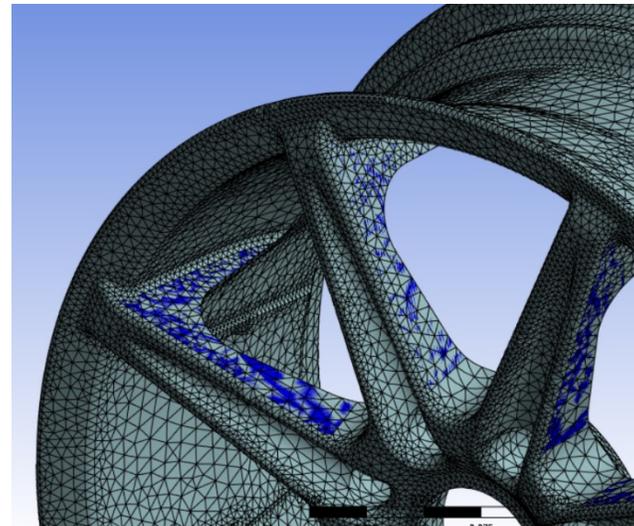
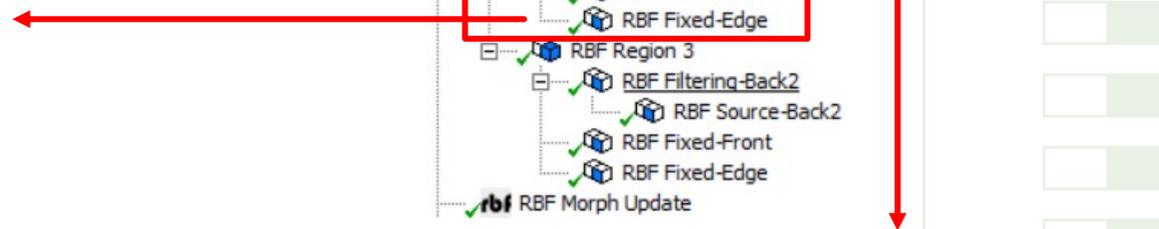
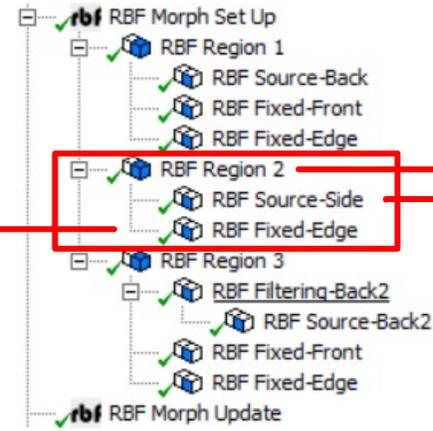
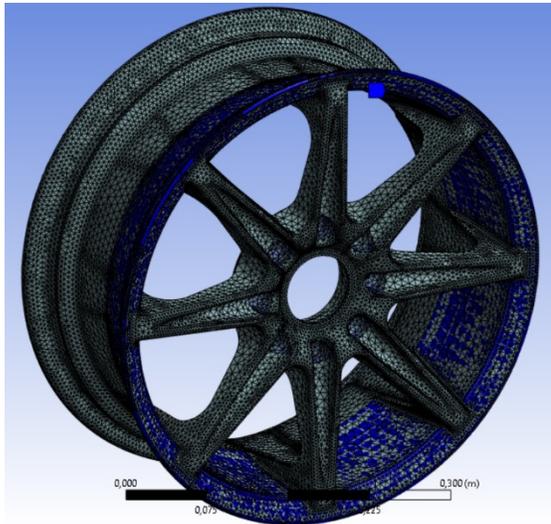
È stato utilizzato uno degli strumenti Ansys per l'automazione delle ottimizzazioni, OptiSLang. L'utilizzo del software richiede come unica operazione preliminare il setting, all'interno di Ansys Mechanical, dei parametri di input e output. Una volta collegato OptiSLang all'analisi FEM si aprirà automaticamente una finestra con la quale si potrà personalizzare il proprio sistema da ottimizzare.



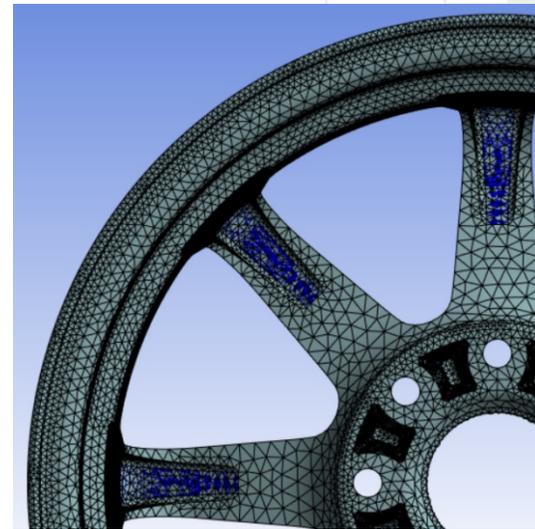
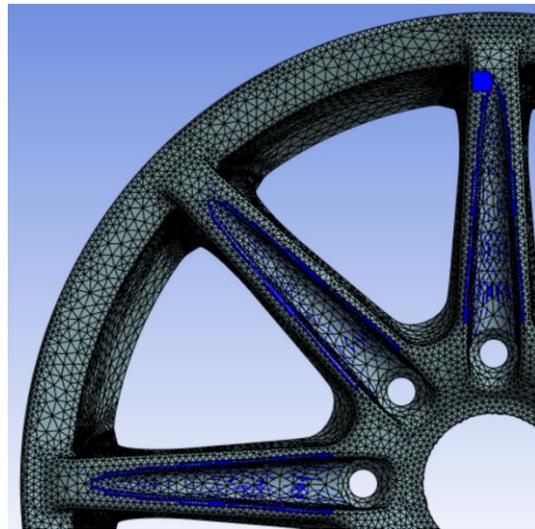
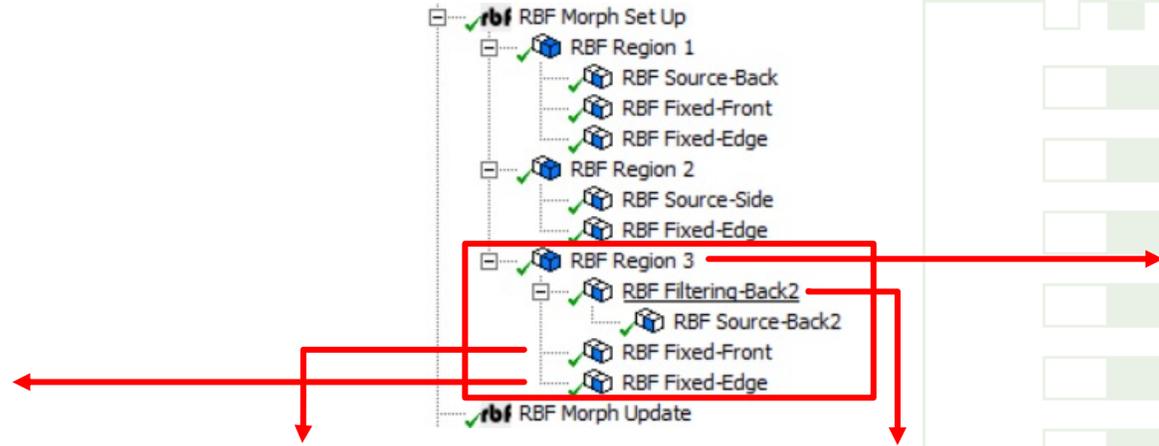
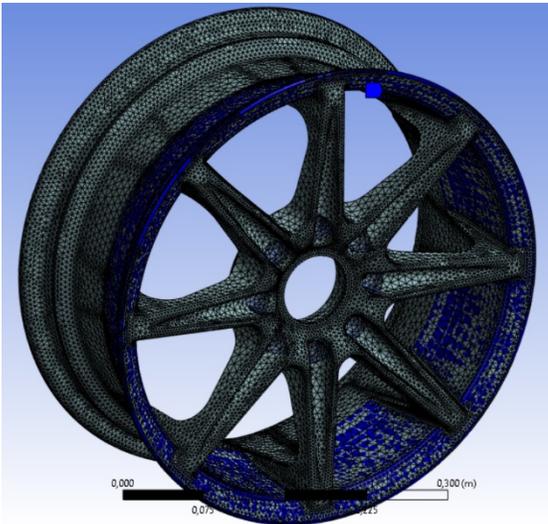
# Set-up RBF Morph



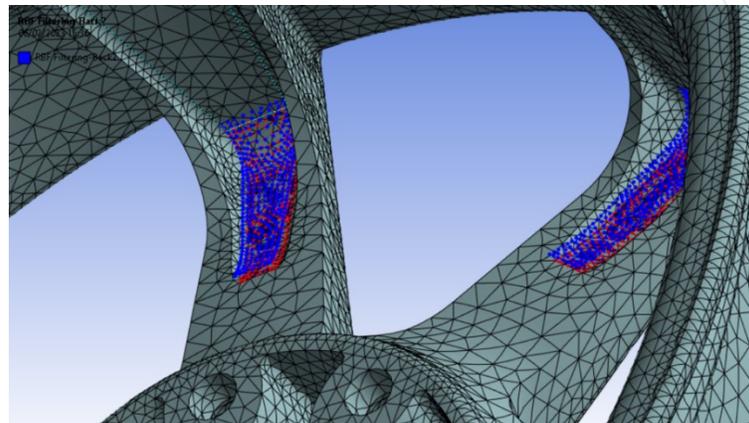
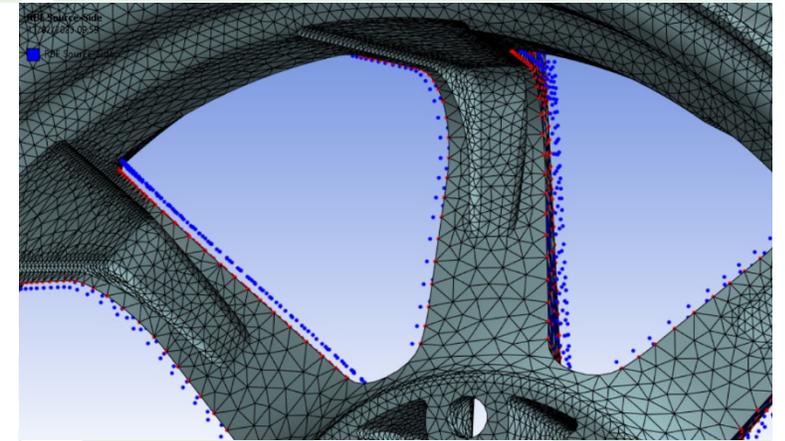
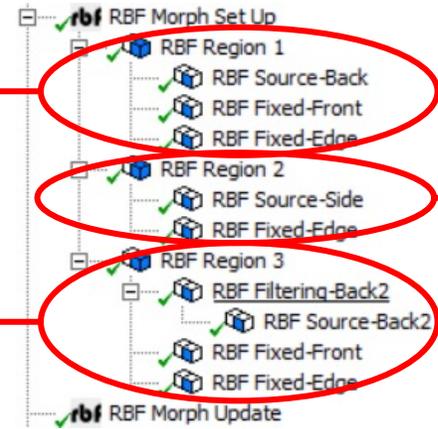
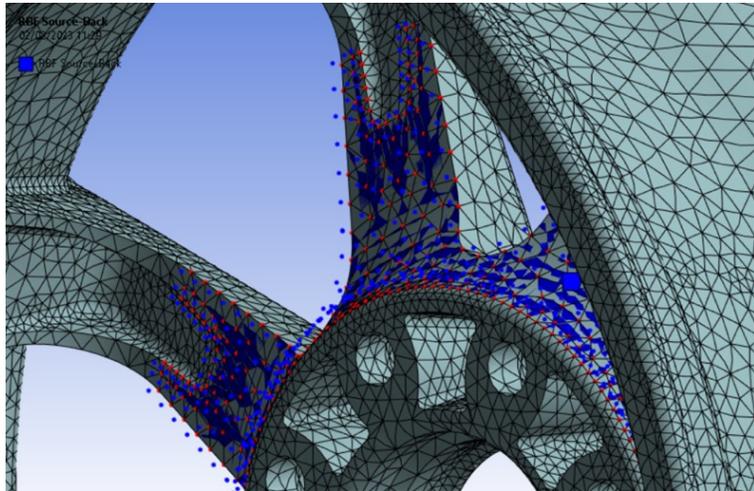
# Set-up RBF Morph



# Set-up RBF Morph



# Anteprime



# Set-up OptiSLang

## Parametrize Inputs

Parametrize the inputs

	Name	Parameter type	Reference value	Constant	Resolution	Range	Range plot
1	RBF_Source_Back2_Delta_z	Optimization	0	<input type="checkbox"/>	Continuous	-0.004 0.004	
2	RBF_Source_Side_Surface_Offset	Optimization	0	<input type="checkbox"/>	Continuous	-0.0015 0.0015	
3	RBF_Source_Back_Surface_Offset	Optimization	0	<input type="checkbox"/>	Continuous	-0.006 0.006	

### Criteria

Name	Type	Expression	Criterion	Limit	Evaluated expression
obj_Volume_Total	Objective	Volume_Total	MIN		0.00280451
constr_FI_bm50_Maximum	Constraint	FI_bm50_Maximum	≤	1	0.645229 ≤ 1
constr_FI_bm75_Maximum	Constraint	FI_bm75_Maximum	≤	1	0.779426 ≤ 1
constr_FI_cw_Maximum	Constraint	FI_cw_Maximum	≤	1	0.238758 ≤ 1
constr_FI_t_Maximum	Constraint	FI_t_Maximum	≤	1	0.187844 ≤ 1
new					

Maximum number of samples: 100

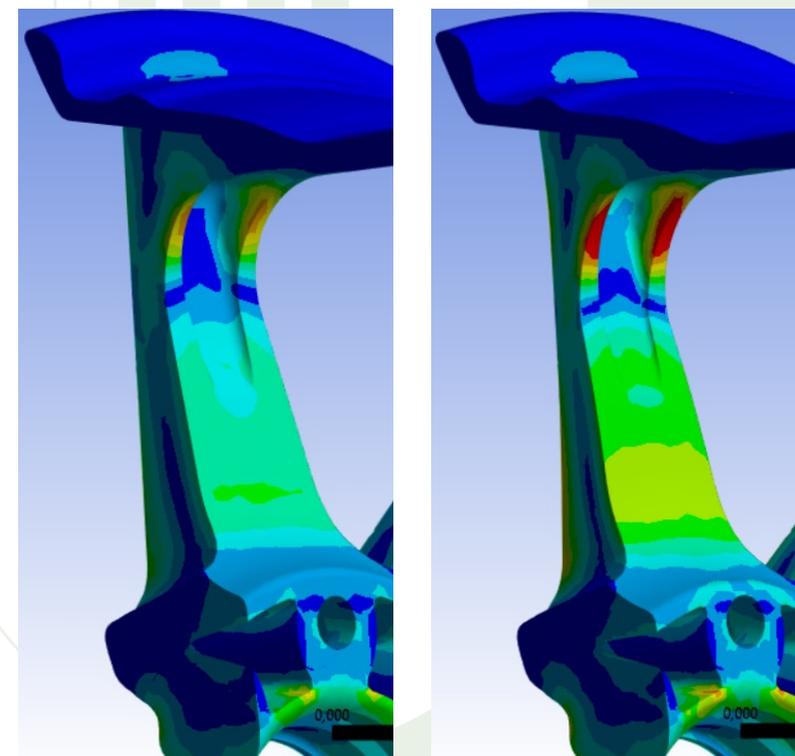
- Inserire gli intervalli all'interno dei quali possono variare i valori dei parametri in input.
- Definire gli obiettivi: i parametri di output possono essere impostati come obiettivo (da minimizzare o massimizzare) o come vincolo.
- Selezionare il valore massimo di iterazioni svolte dal programma (budget).

Il programma procede variando i parametri in ingresso al sistema e memorizzando di volta in volta i valori in uscita, così da individuare la combinazione migliore.

# Risultati ottimizzazione di forma

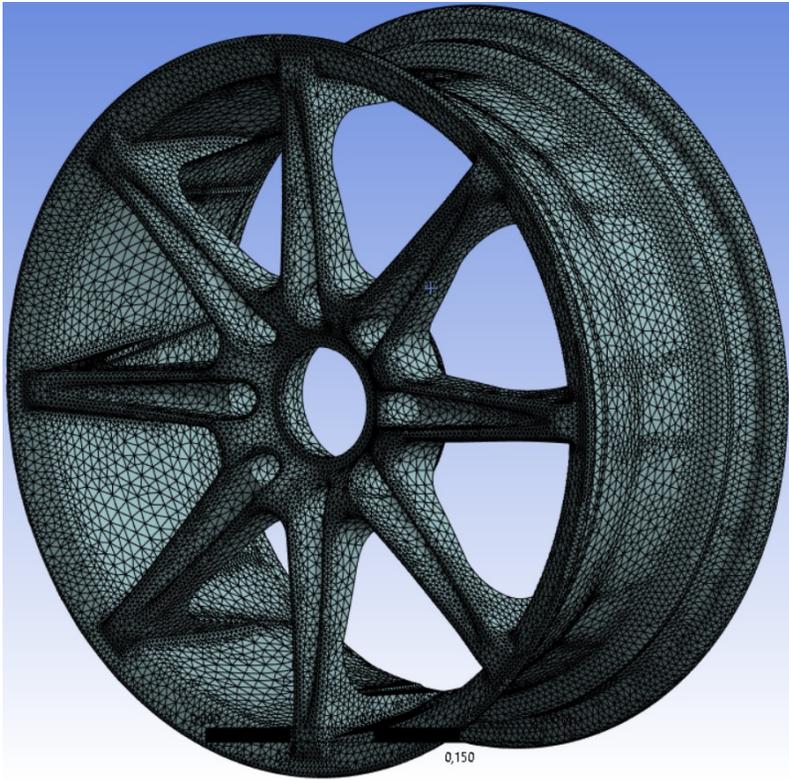
È stato alleggerito il componente levando materiale dove superfluo e assicurandosi che tutti i FI fossero mantenuti ugualmente al di sotto del valore di soglia.

Parametri	Valori
RBF Source-Back, Surface Offset (input)	$-3.8 \cdot 10^{-3} m$
RBF Source-Side, Surface Offset (input)	$-0.9 \cdot 10^{-3} m$
RBF Source-Back2, Delta z (input)	$+3.8 \cdot 10^{-3} m$
$FI_{bm50\%}$ (output)	0.825
$FI_{bm75\%}$ (output)	0.996
$FI_{cw}$ (output)	0.316
$FI_t$ (output)	0.247



Da 7.517 kg a 7.115 kg! -5.35%

# Conclusioni



L'obiettivo è stato raggiunto; quanto proposto rappresenta un metodo applicabile a nuove geometrie tramite la semplice attuazione dei vari passi, nell'ordine in cui sono stati esposti.

- Individuare il quadro normativo che si intende prendere come riferimento.
- Procedere con un'analisi strutturale della configurazione iniziale, così da valutare la base di partenza.
- Individuare le superfici da parametrizzare e procedere con il morphing.
- Valutare i risultati ottenuti e scegliere la configurazione ottimale.

Va detto che “per manufatti di questo tipo” la migliore regione sulla quale intervenire con modifiche della forma, senza rischiare di incorrere in alterazioni delle regioni di collegamento con il mozzo e con lo pneumatico, è quella dei raggi.

---

# GRAZIE PER L'ATTENZIONE!

Luca CERNIGLIA

TOR VERGATA



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI ROMA