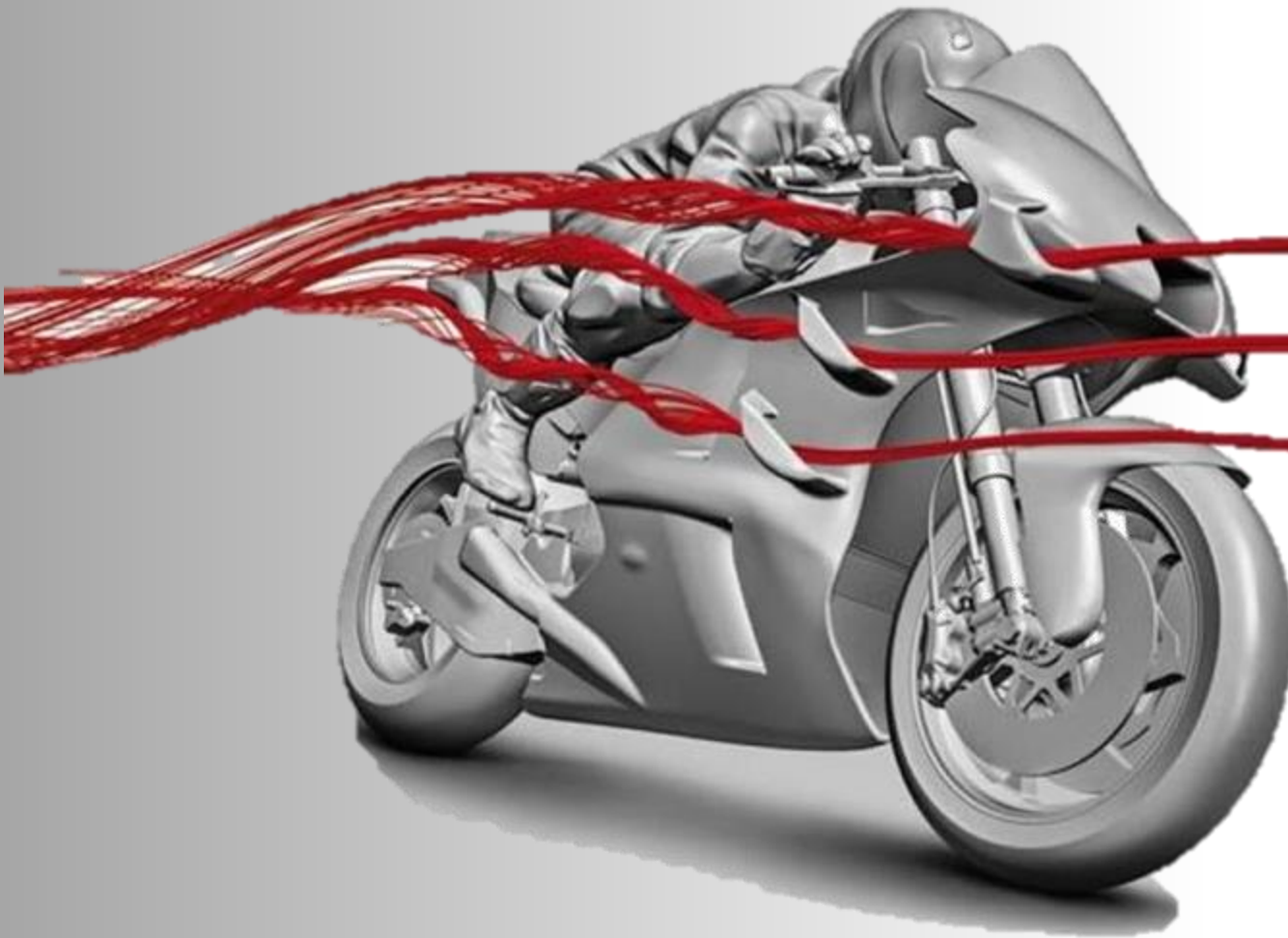


# Ottimizzazione aerodinamica di una MotoGP

---

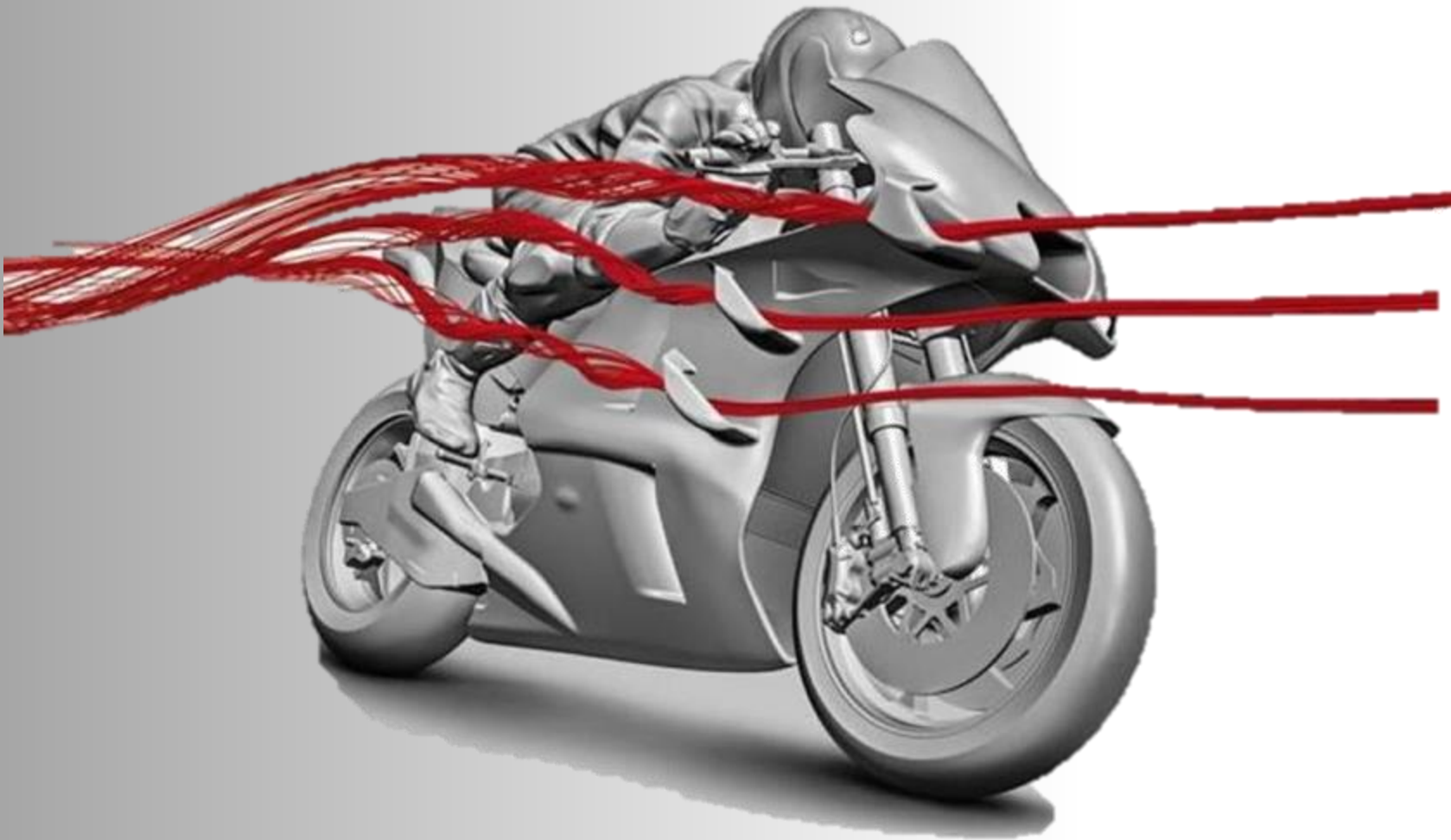


Relatore: Prof. Marco E. Biancolini

Correlatore: Ing. Stefano Porziani

Candidato: Filippo Ricci

# Ottimizzazione aerodinamica di una MotoGP



Analisi fluidodinamica



Ottimizzazione  
tramite RBF Morph



Analisi dei risultati

# Fluidodinamica

---

Metodologia

```
graph LR; A[Metodologia] --- B[Identificazione equazioni d'interesse]; A --- C[Creazione e validazione del modello]; A --- D[Obiettivi di ottimizzazione];
```

Identificazione equazioni d'interesse

Creazione e validazione del modello

Obiettivi di ottimizzazione

# Fluidodinamica

## Utilizzo della CFD

### Equazioni d'interesse

#### Equazioni di Navier-Stokes istantanee:

- Conservazione della massa:

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0$$

- Conservazione della quantità di moto:

$$\frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + \nu \frac{\partial^2 u_i}{\partial x_j \partial x_j}$$

Decomposizione di  
Reynolds:  
 $\mathbf{u} = \mathbf{U} + \mathbf{u}'$

#### Equazioni di Navier-Stokes mediate (RANS):

- Conservazione della massa:

$$\frac{\partial U_i}{\partial x_i} = 0$$

- Conservazione della quantità di moto:

$$\frac{\partial U_i}{\partial t} + U_j \frac{\partial U_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial P}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j} \left( \nu \frac{\partial U_i}{\partial x_j} - \overline{u'_i u'_j} \right)$$

Turbolenza

# Fluidodinamica

## Utilizzo della CFD

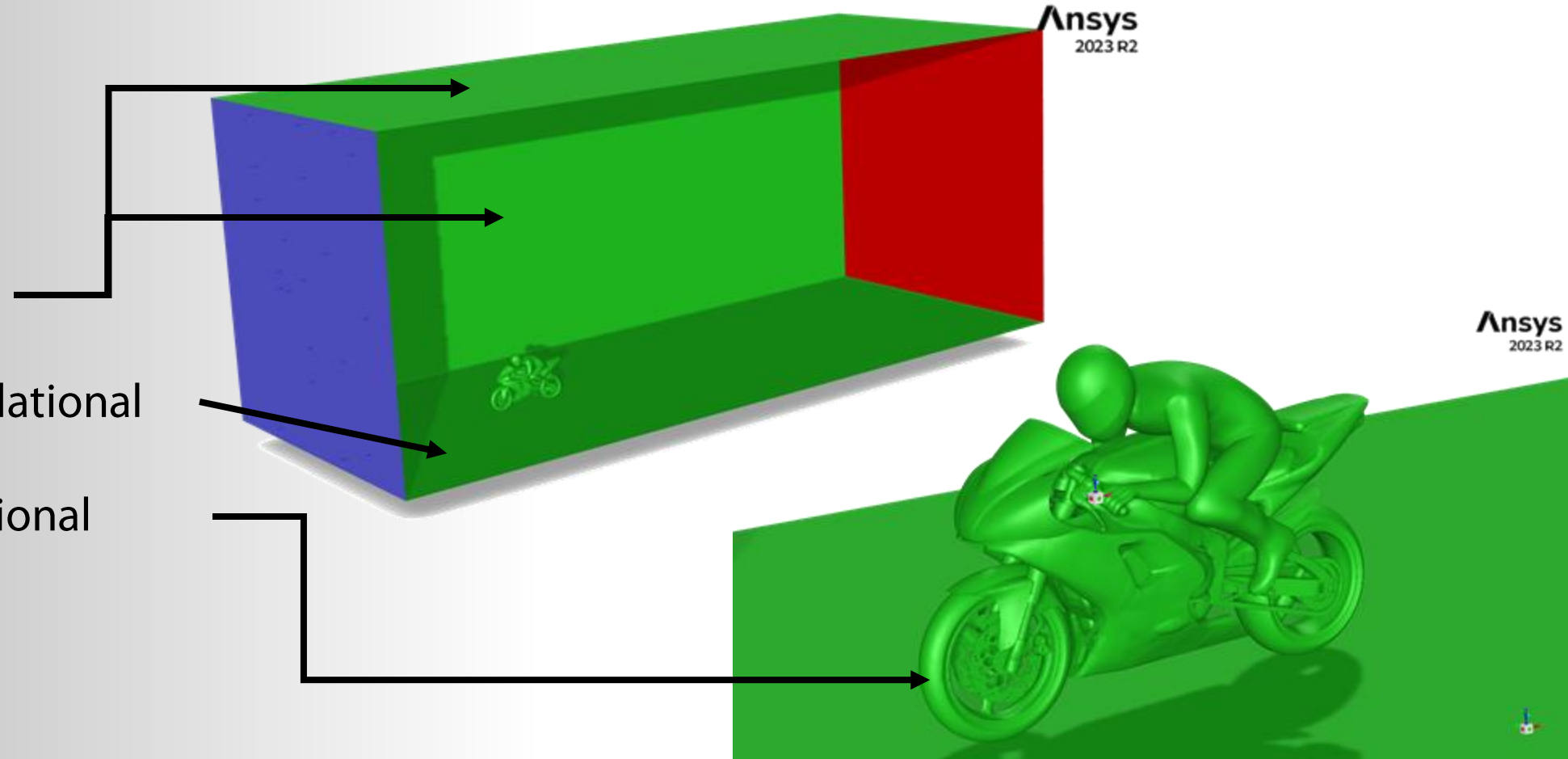
## Creazione del modello

- **Inlet:** 200 km/h

- **Wall:**

- Stationary
- Moving translational
- Moving rotational

- **Outlet:** 0 Pa



# Fluidodinamica

## Utilizzo della CFD

## Obiettivi

### Parametri di ottimizzazione:

- Intensità delle turbolenze

- Coefficiente di drag:  $C_d = \frac{F_d}{\frac{1}{2}\rho v^2 A}$

- Coefficiente di lift:  $C_l = \frac{F_l}{\frac{1}{2}\rho v^2 A}$

### Obiettivi di ottimizzazione:

- Vibrazioni, rumori, effetto scia

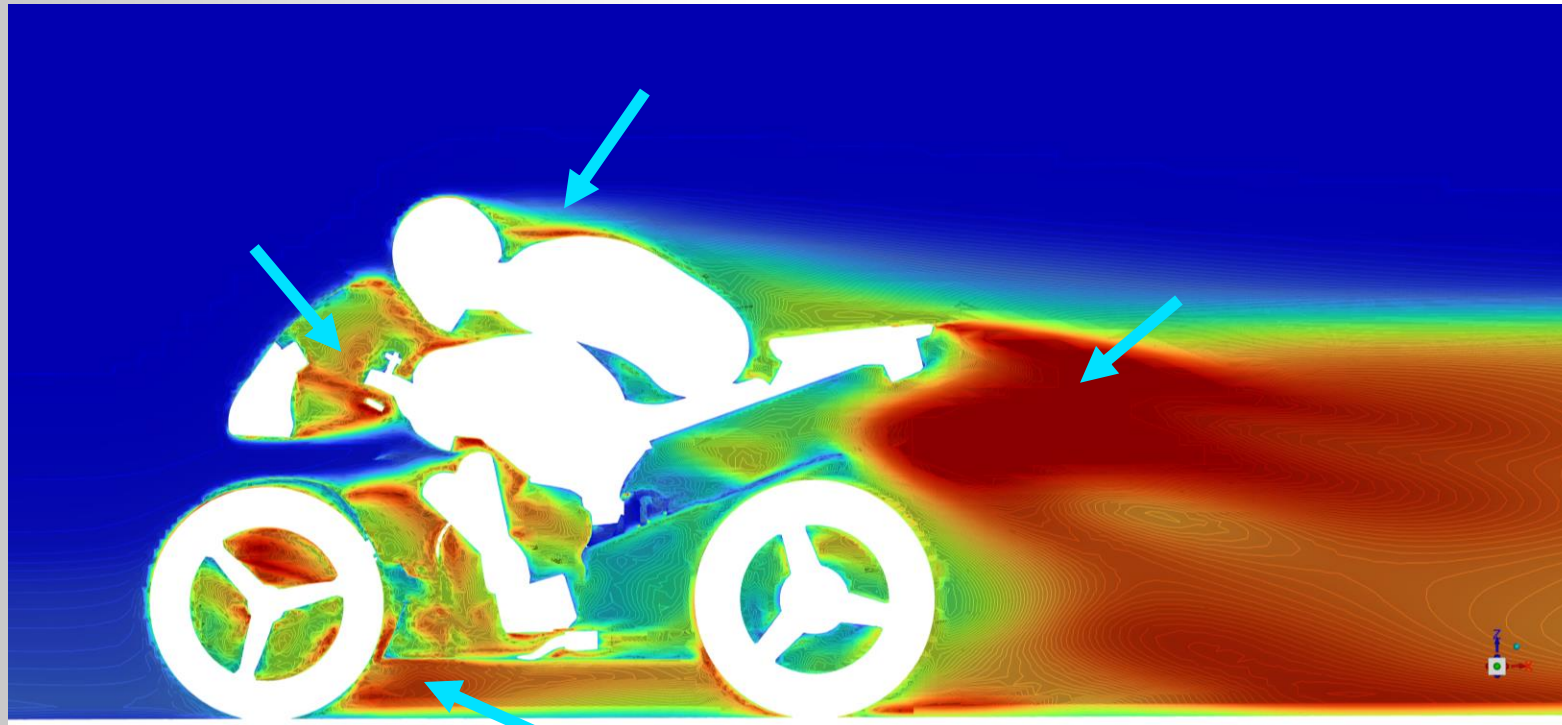
- Forza di drag:  $F_d = \frac{1}{2} C_d \rho v^2 A$

- Forza di lift:  $F_l = \frac{1}{2} C_l \rho v^2 A$

# Fluidodinamica

Utilizzo della CFD

Obiettivi



Turbulent Intensity  
[ % ]

0 1 3 4 5 7 8 9 10 12 13



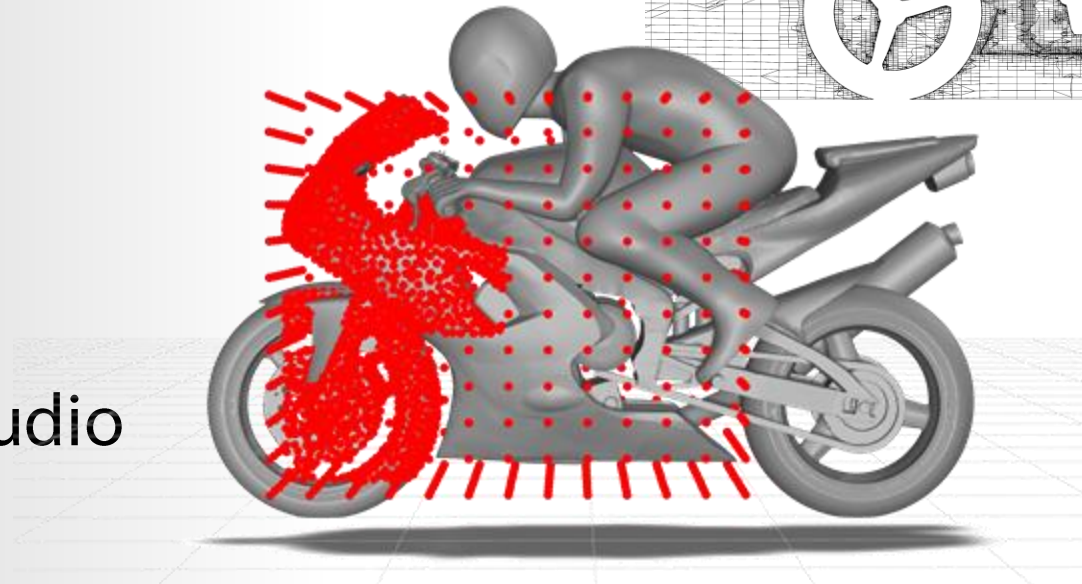
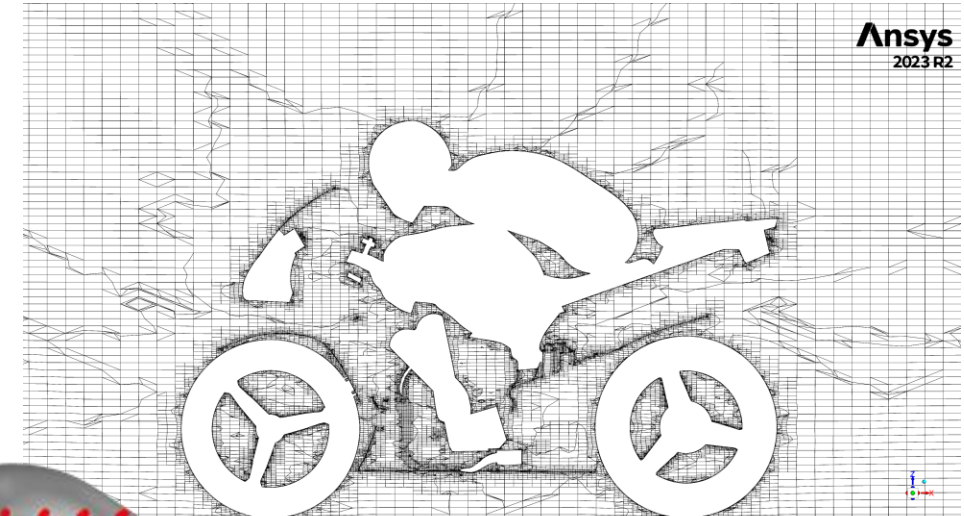


# Mesh Morphing

## RBF Morph

## Obiettivi

- La mesh
- Come viene modificata
- Vantaggi
- Applicazione al caso di studio





# Modello v1

## Ottimizzazioni

Casco

### Motivo:

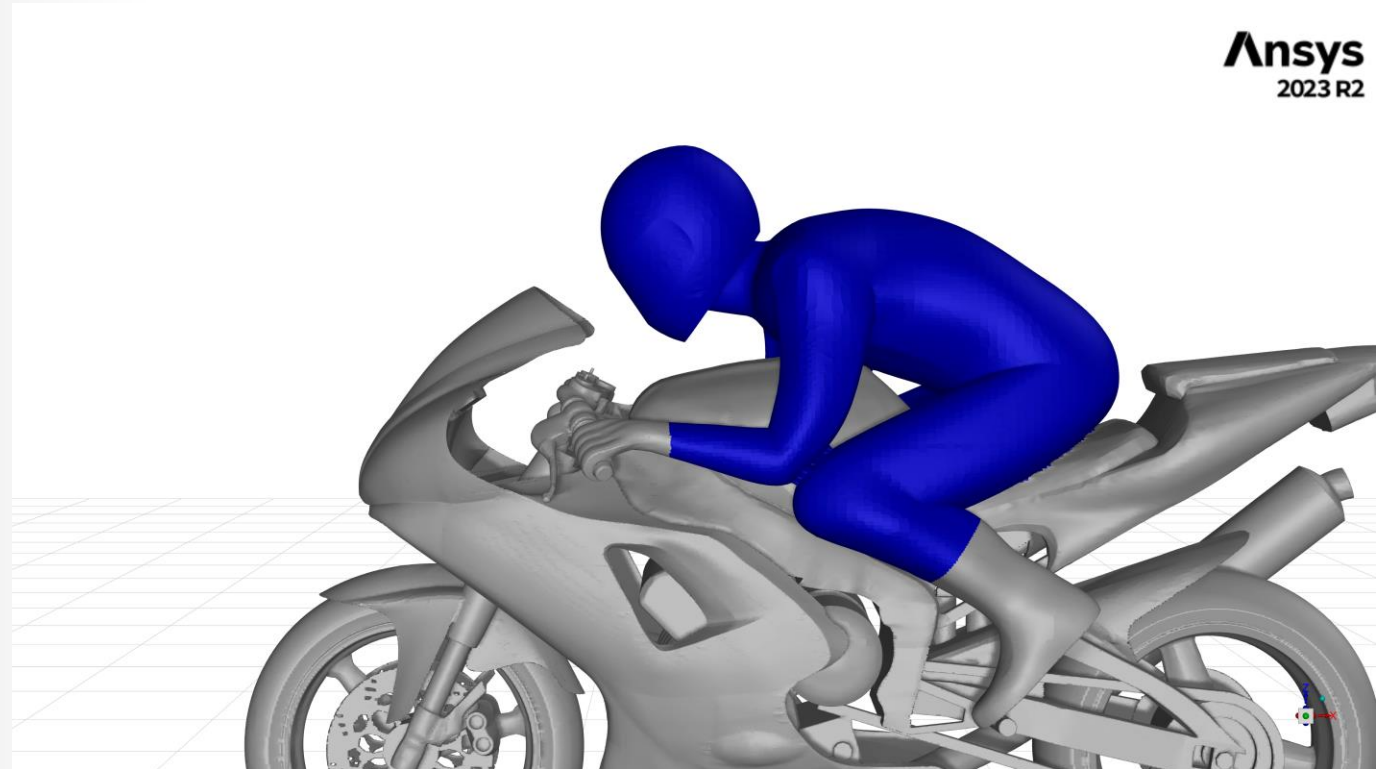
Turbolenze tra casco e schiena del pilota

### Metodo di modifica:

Traslazione verso il basso del casco

### Superfici coinvolte:

- Mobili: Casco
- Libere: Collo
- Fisse: Serbatoio, manubrio, cupolino

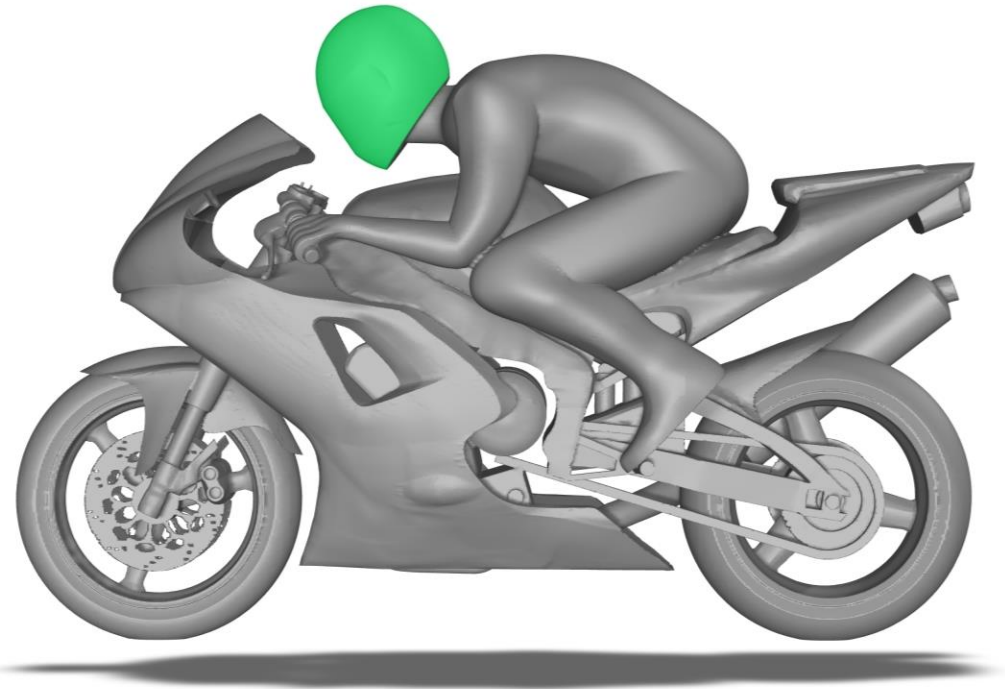


# Modello v1

Ottimizzazioni

Casco

	Iniziale	v1	Incremento
$C_d$	0.4900	0.4973	+1.4897 %
$C_l$	0.0860	0.0807	-6.1627 %
$F_d$ [N]	487.2254	489.7514	+2.5259
$F_l$ [N]	85.5130	79.4750	-6.0379



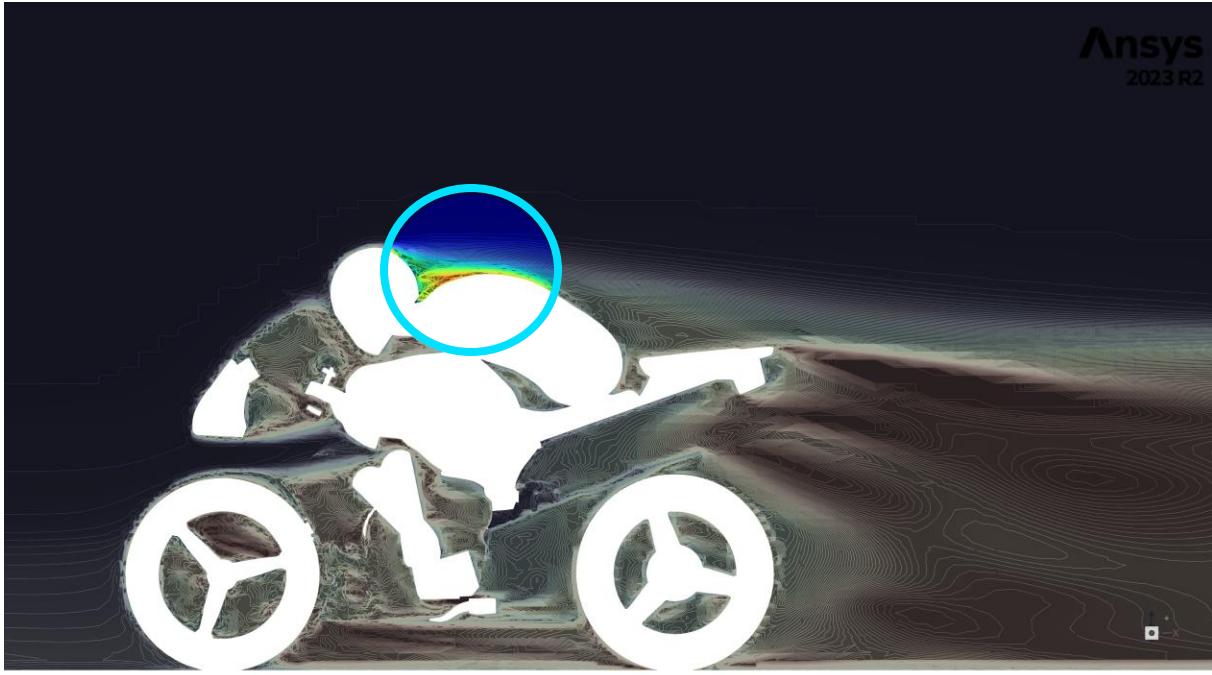
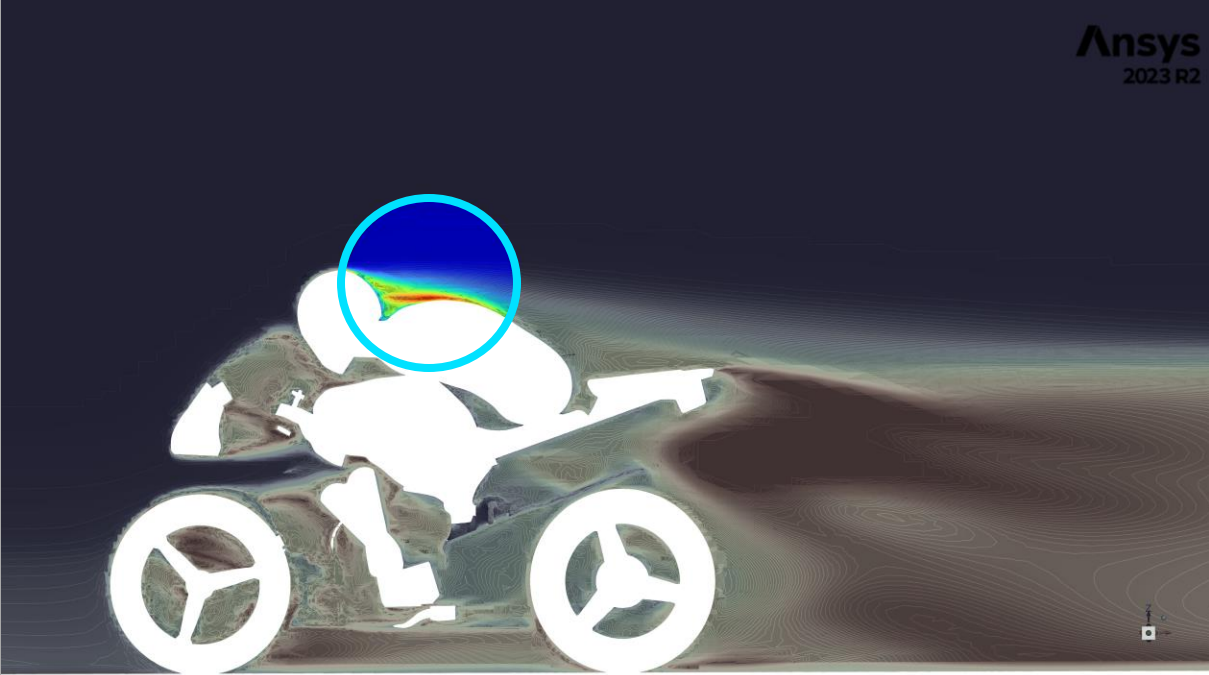
# Modello v1

Ottimizzazioni

Casco

Iniziale

Abbassamento del casco



Turbulent Intensity [%]



# Modello v2

## Ottimizzazioni

Carena ant.

Motivo:

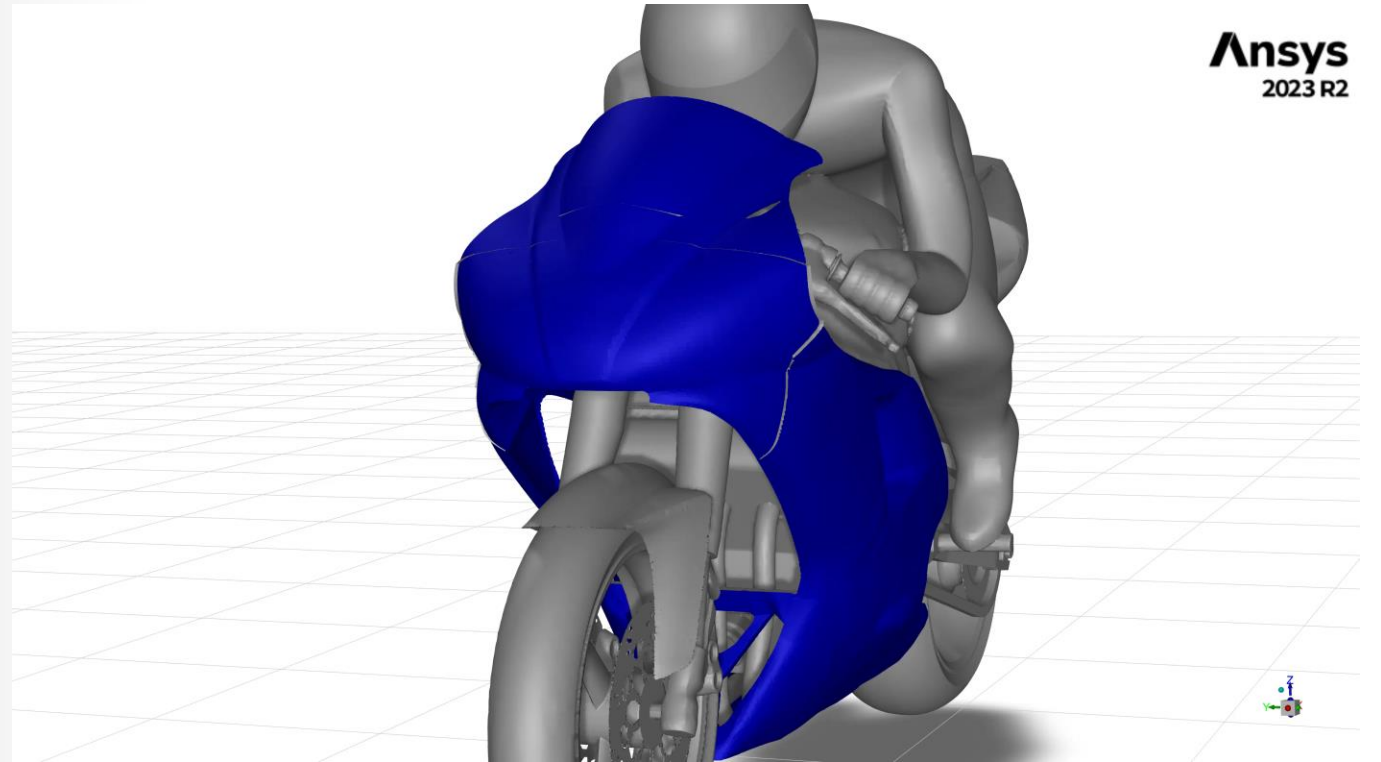
Turbolenza su manubrio e spalle

Metodo di modifica:

Aumento o diminuzione della larghezza della carena anteriore

Superfici coinvolte:

- Mobili: Carena anteriore
- Libere: Strumentazione
- Fisse: Telaio, radiatore, manubrio



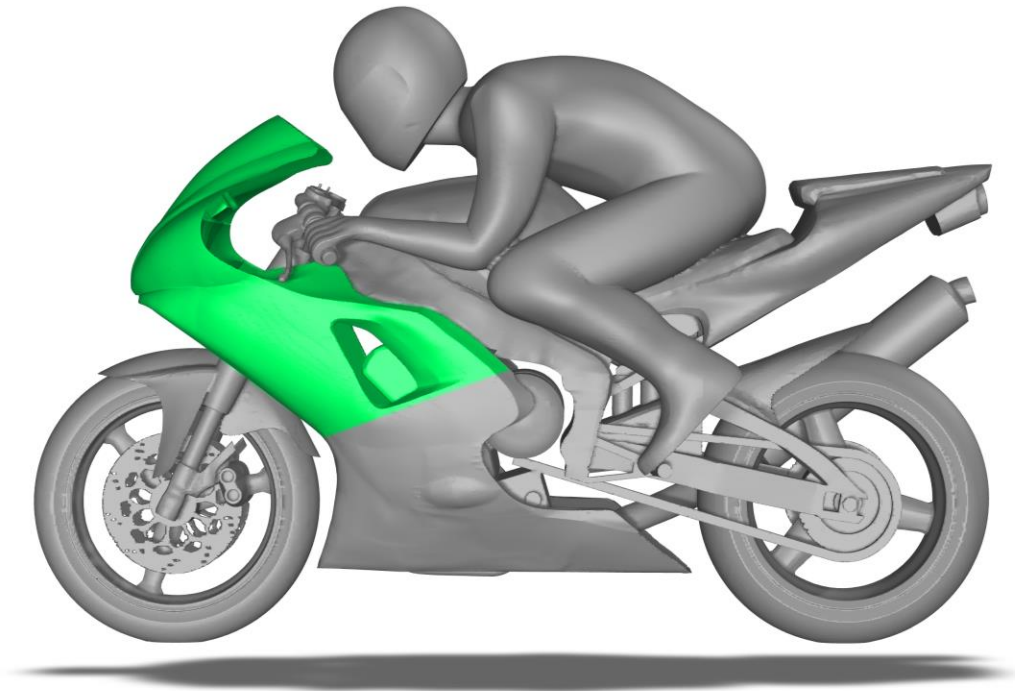
# Modello v2

## Ottimizzazioni

Carena ant.

	Iniziale	Allargamento	Incremento
$C_d$	0.4900	0.5026	+2.5714 %
$C_l$	0.0860	0.0922	+7.2093 %
$F_d$ [N]	487.2254	499.7731	+12.5476
$F_l$ [N]	85.5130	91.6814	+6.1683

	Iniziale	Restringimento	Incremento
$C_d$	0.4900	0.4717	-3.7346 %
$C_l$	0.0860	0.1053	+22.4418 %
$F_d$ [N]	487.2254	467.2327	-19.9927
$F_l$ [N]	85.5130	104.3027	18.7896





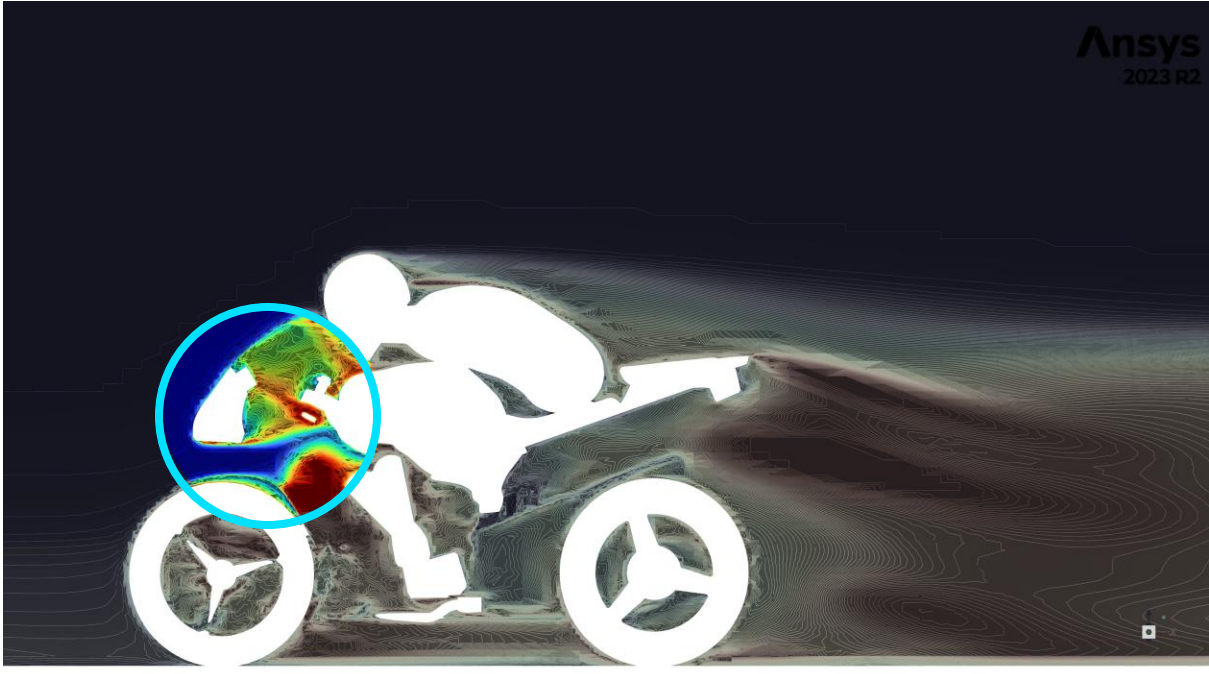
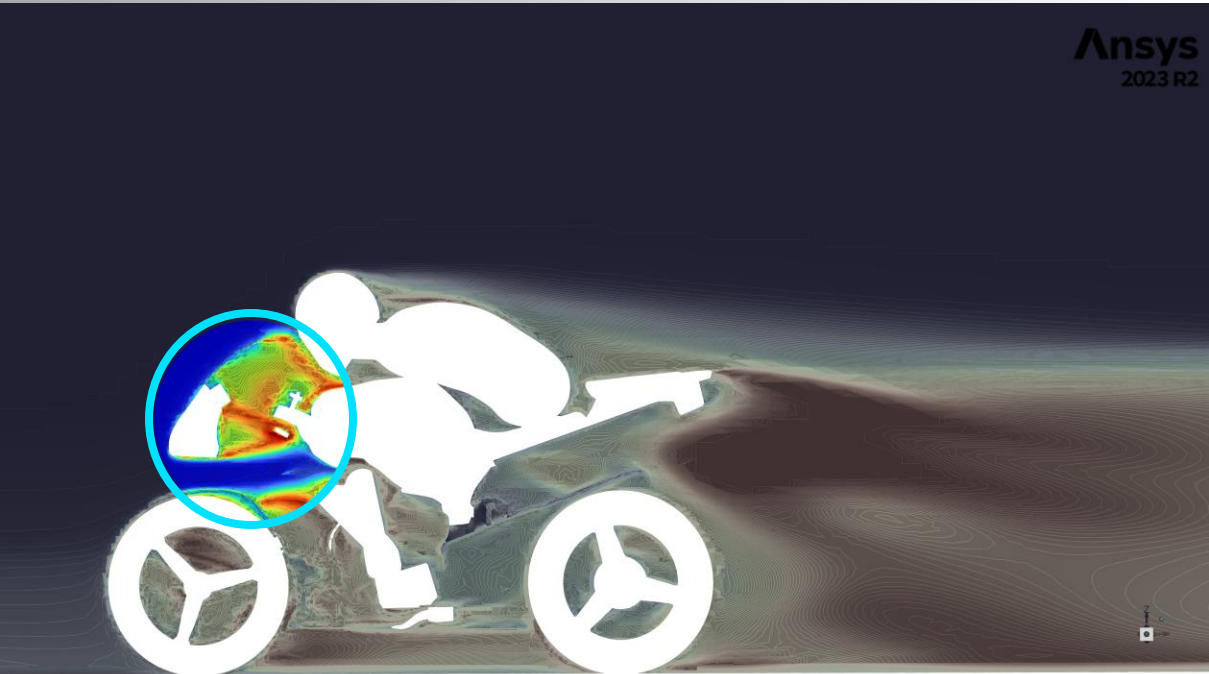
# Modello v2

Ottimizzazioni

Carena ant.

Iniziale

Allargamento della carena



Turbulent Intensity  
[ % ]





# Modello v3

## Ottimizzazioni

### Carena inf.

#### Motivo:

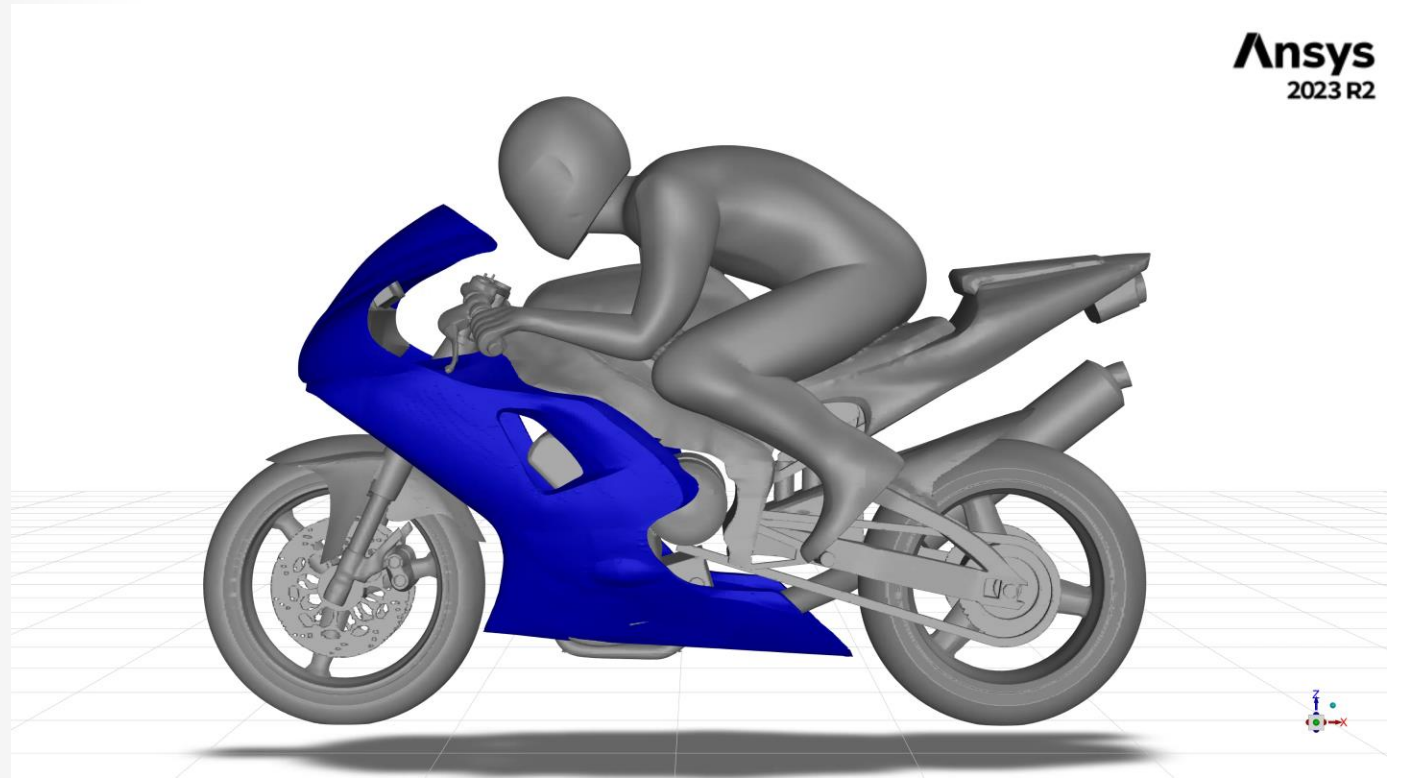
Turbolenza dietro ruota anteriore

#### Metodo di modifica:

Aumento o diminuzione dell'inclinazione della carena inferiore

#### Superfici coinvolte:

- Mobili: Carena inferiore
- Libere: Carena centrale
- Fisse: Ruota anteriore, telaio, marmitta



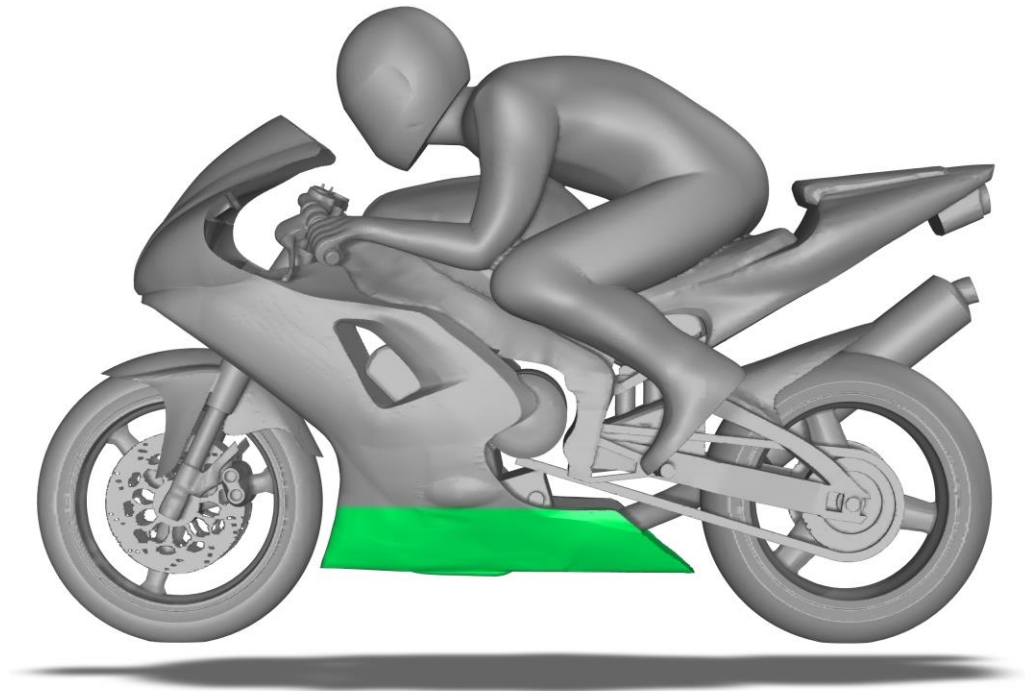
# Modello v3

Ottimizzazioni

Carena inf.

	Iniziale	Antioraria	Incremento
$C_d$	0.4900	0.4909	+0.1836 %
$C_l$	0.0860	0.0687	-20.1162 %
$F_d$ [N]	487.2254	489.8727	+2.6472
$F_l$ [N]	85.5130	68.5562	-16.9567

	Iniziale	Oraria	Incremento
$C_d$	0.4900	0.4849	-1.040 %
$C_l$	0.0860	0.0914	+6.2790 %
$F_d$ [N]	487.2254	482.0266	-5.1987
$F_l$ [N]	85.5130	90.8584	+5.3453



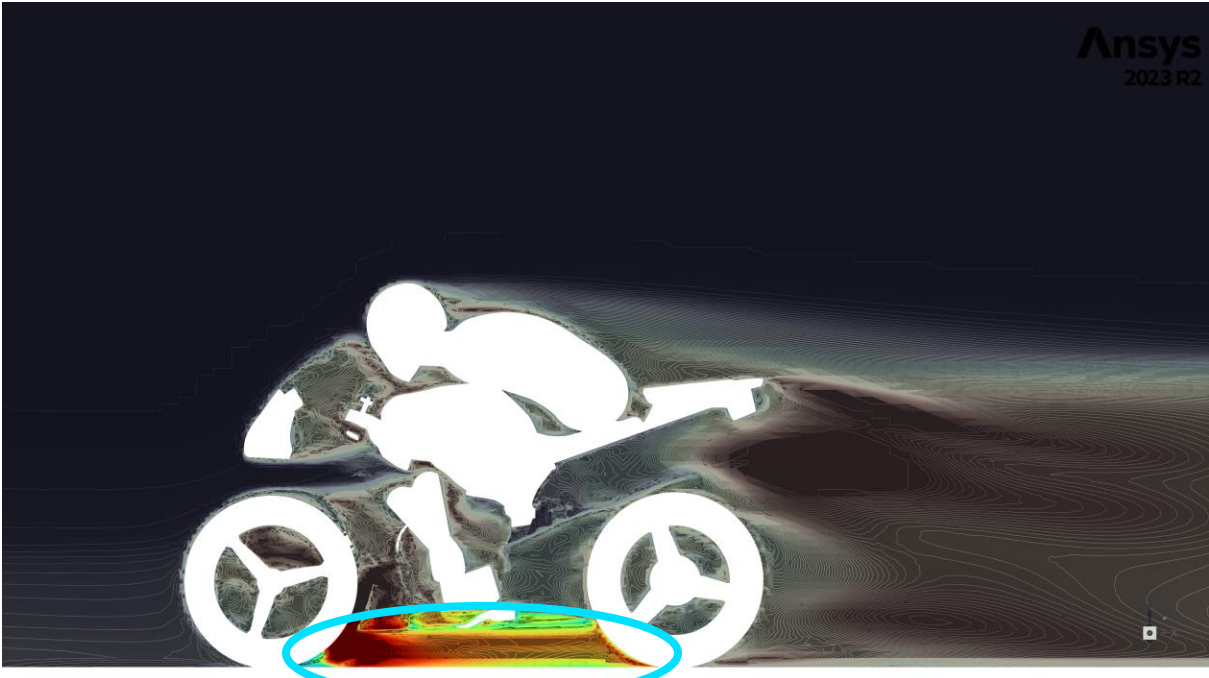
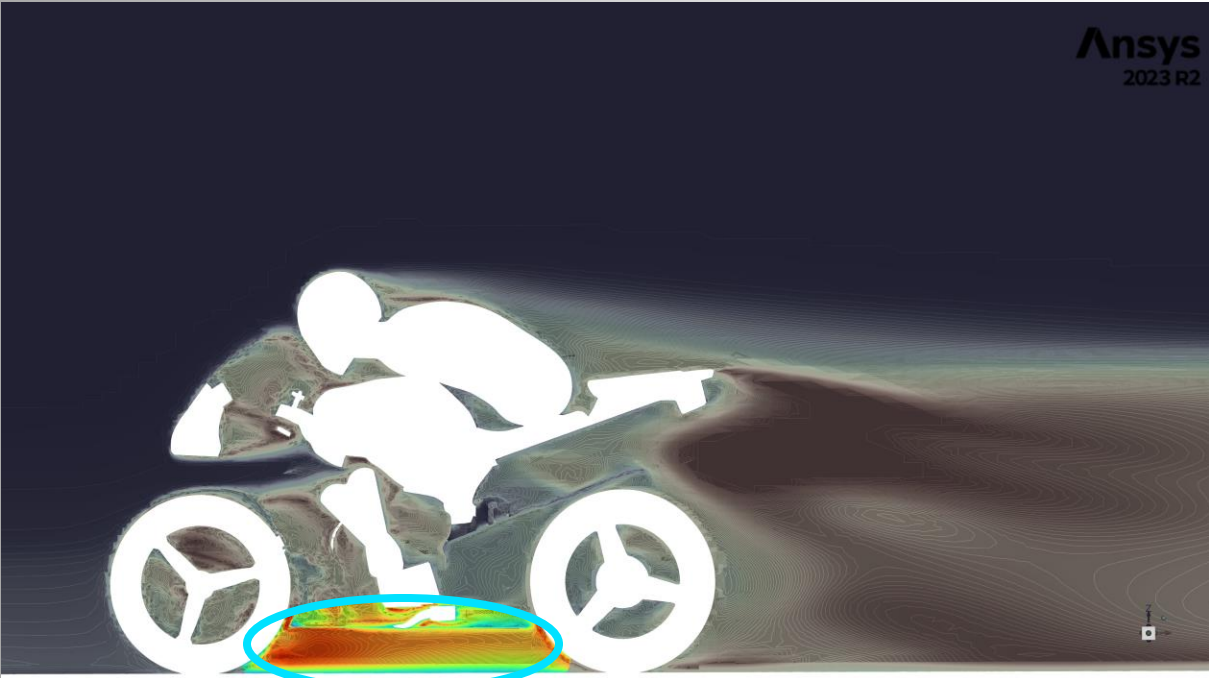
# Modello v3

Ottimizzazioni

Carena inf.

Iniziale

Rotazione della carena



Turbulent Intensity  
[ % ]



# Modello v4

## Ottimizzazioni

Larg. codone

### Motivo:

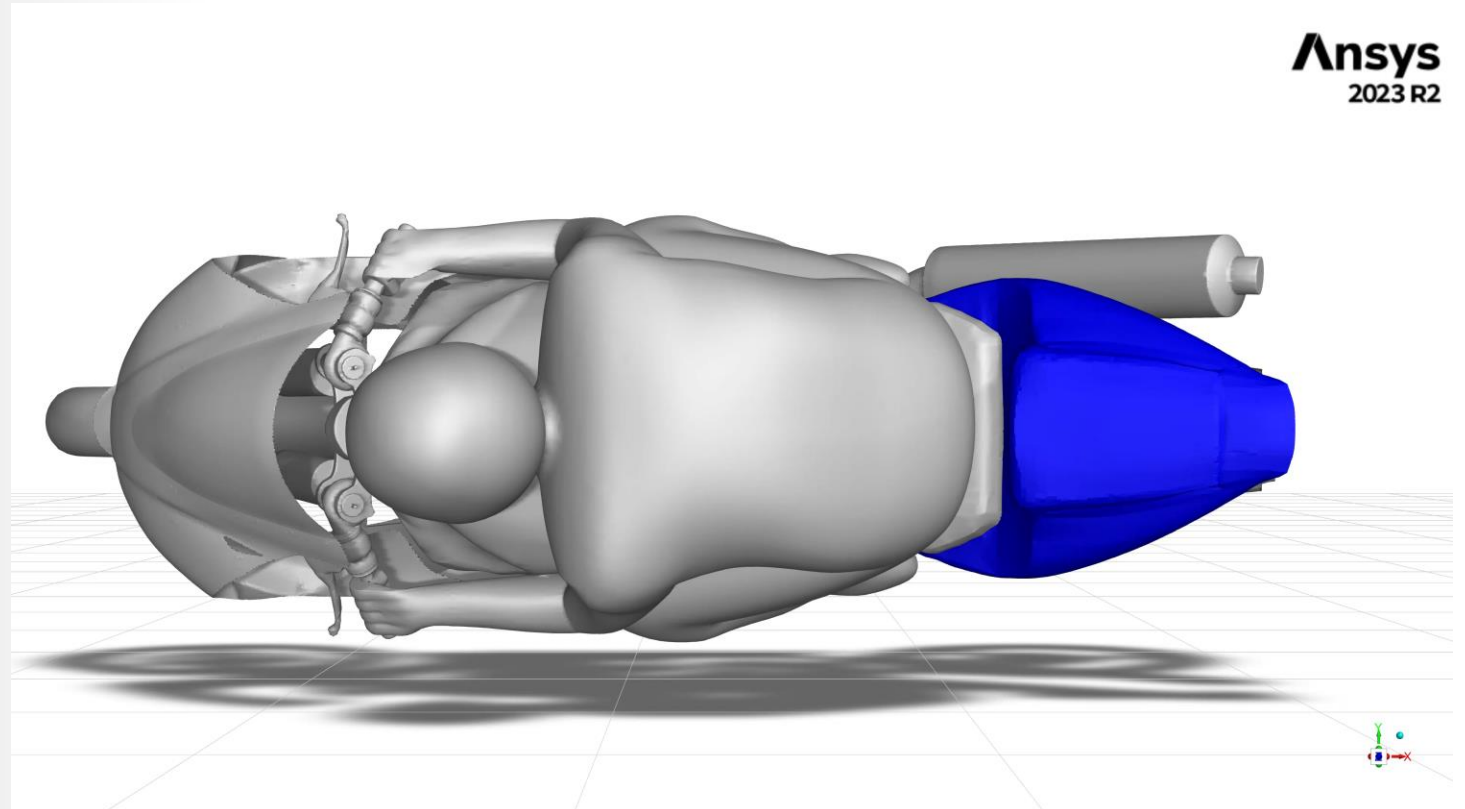
Turbolenza oltre la fine della moto

### Metodo di modifica:

Aumento o diminuzione della larghezza del codino della moto

### Superfici coinvolte:

- Mobili: Codino
- Libere: Carena posteriore
- Fisse: Sella, corpo pilota, marmitta



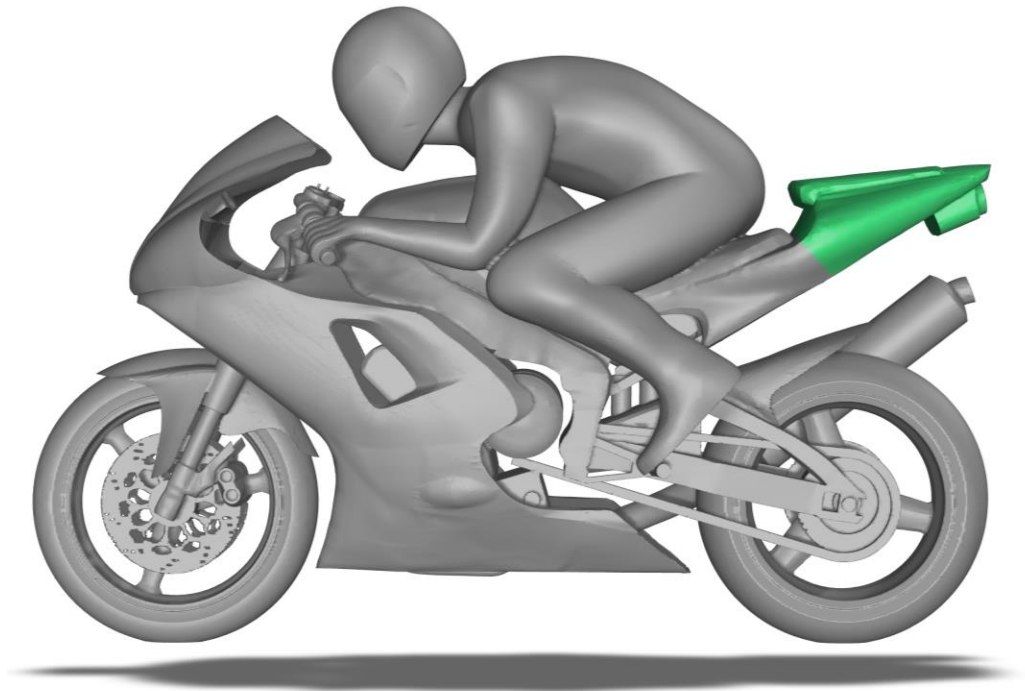
# Modello v4

Ottimizzazioni

Larg. codone

	Iniziale	Allargamento	Incremento
$C_d$	0.4900	0.4912	0.2448 %
$C_l$	0.0860	0.0897	4.3023 %
$F_d$ [N]	487.2254	488.4186	+1.1932
$F_l$ [N]	85.5130	89.1920	+3.6790

	Iniziale	Restringimento	Incremento
$C_d$	0.4900	0.4880	-0.4081 %
$C_l$	0.0860	0.0840	-2.3255 %
$F_d$ [N]	487.2254	485.2367	-1.9886
$F_l$ [N]	85.5130	83.5243	-1.9886





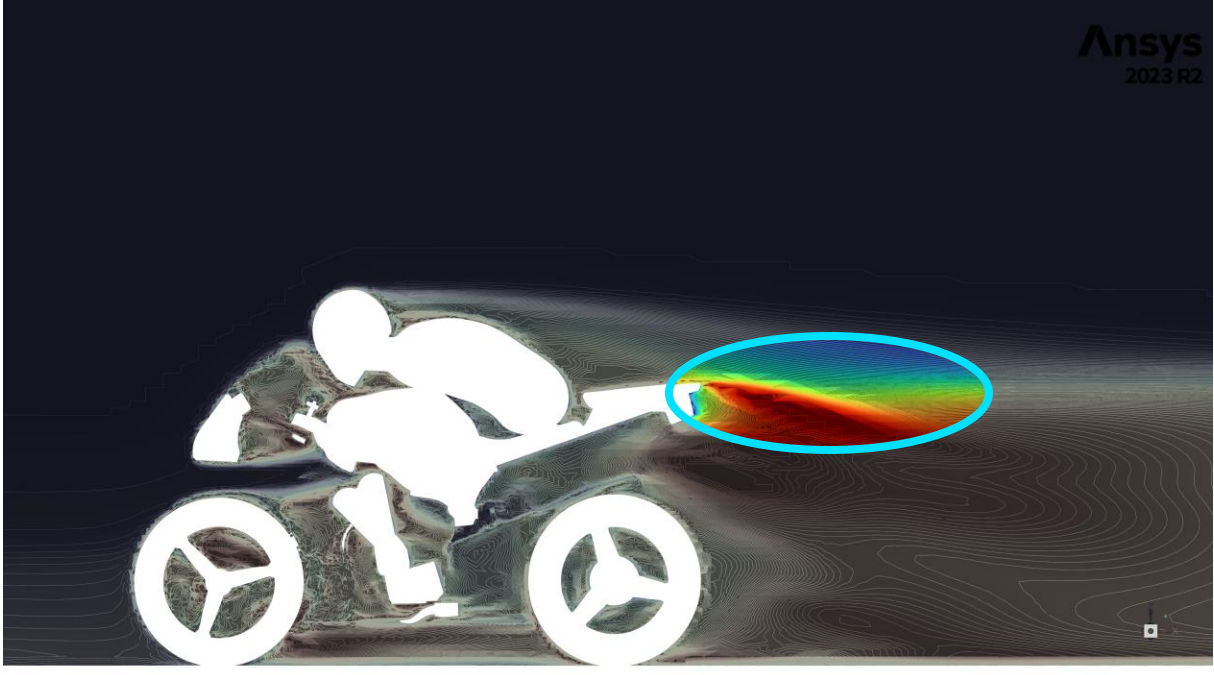
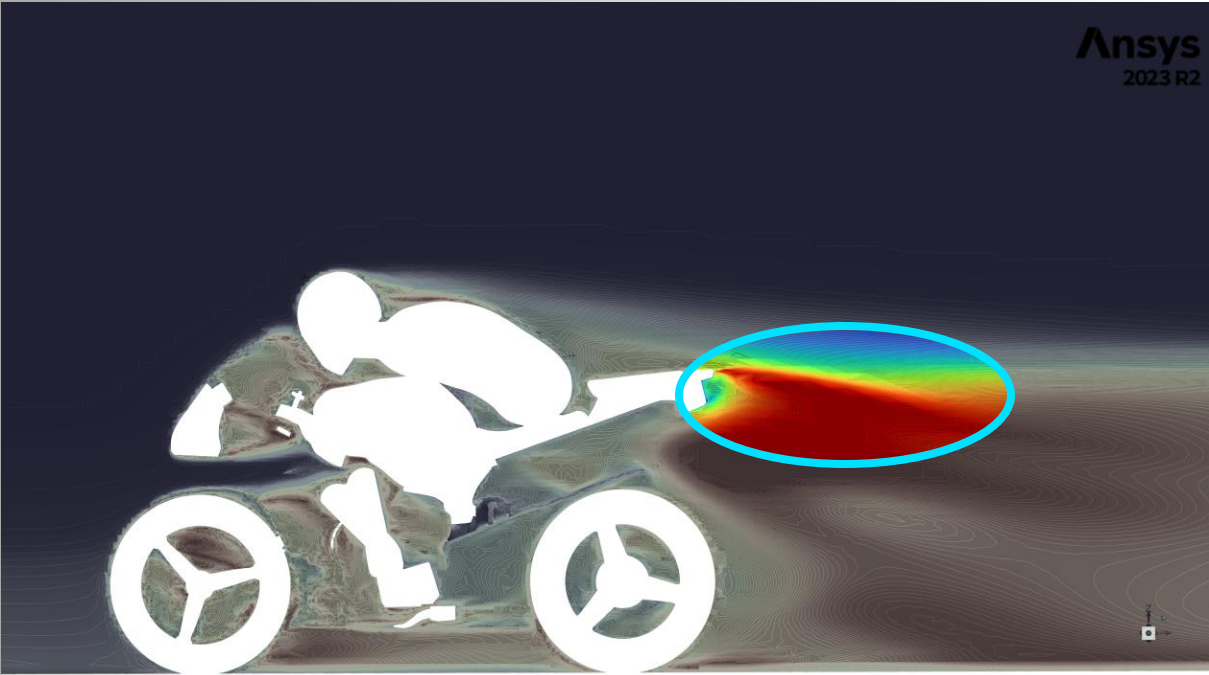
# Modello v4

Ottimizzazioni

Larg. codone

Iniziale

Restringimento del codino



Turbulent Intensity [%]





# Modello v5

## Ottimizzazioni

Alt. codone

### Motivo:

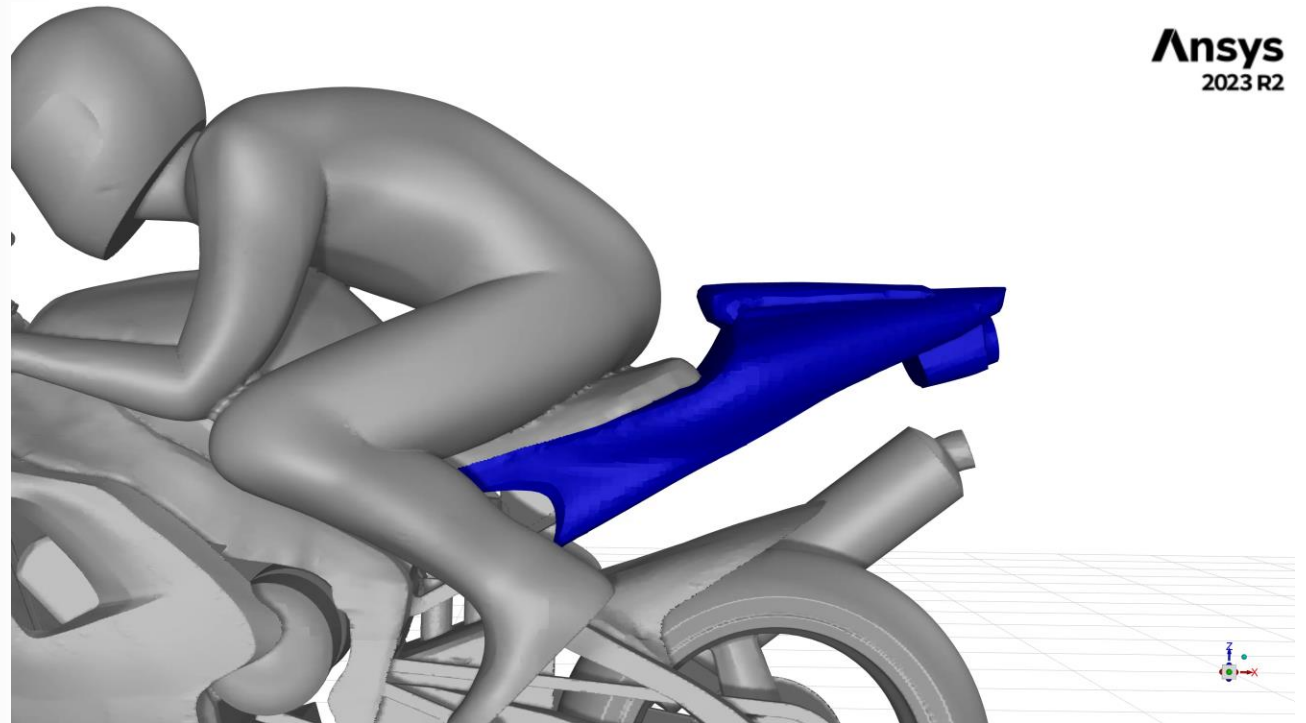
Turbolenza oltre la fine della moto

### Metodo di modifica:

Aumento o diminuzione dell'altezza del codino della moto

### Superfici coinvolte:

- Mobili: Codino
- Libere: Carena posteriore
- Fisse: Sella, corpo pilota, marmitta



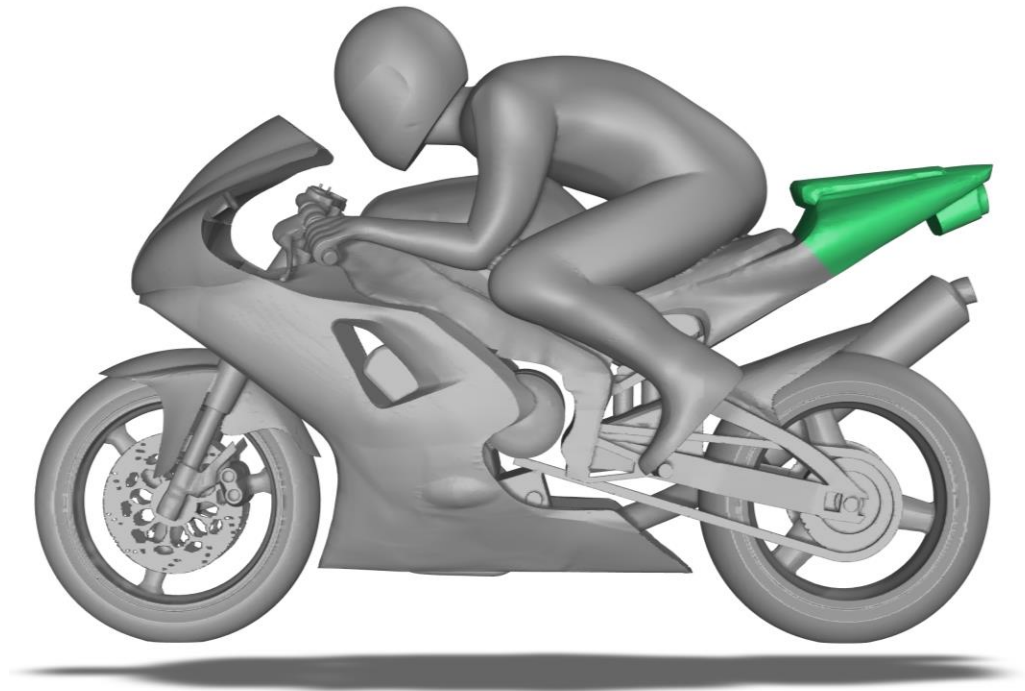
# Modello v5

Ottimizzazioni

Alt. codone

	Iniziale	Aumento	Incremento
$C_d$	0.4900	0.4890	-0.2040 %
$C_l$	0.0860	0.0938	+9.0697 %
$F_d$ [N]	487.2254	486.2311	-0.9943
$F_l$ [N]	85.5130	93.2688	+7.7558

	Iniziale	Riduzione	Incremento
$C_d$	0.4900	0.4851	-1.023 %
$C_l$	0.0860	0.0870	+1.1627 %
$F_d$ [N]	487.2254	482.3532	-4.8722
$F_l$ [N]	85.5130	86.5073	+0.9943



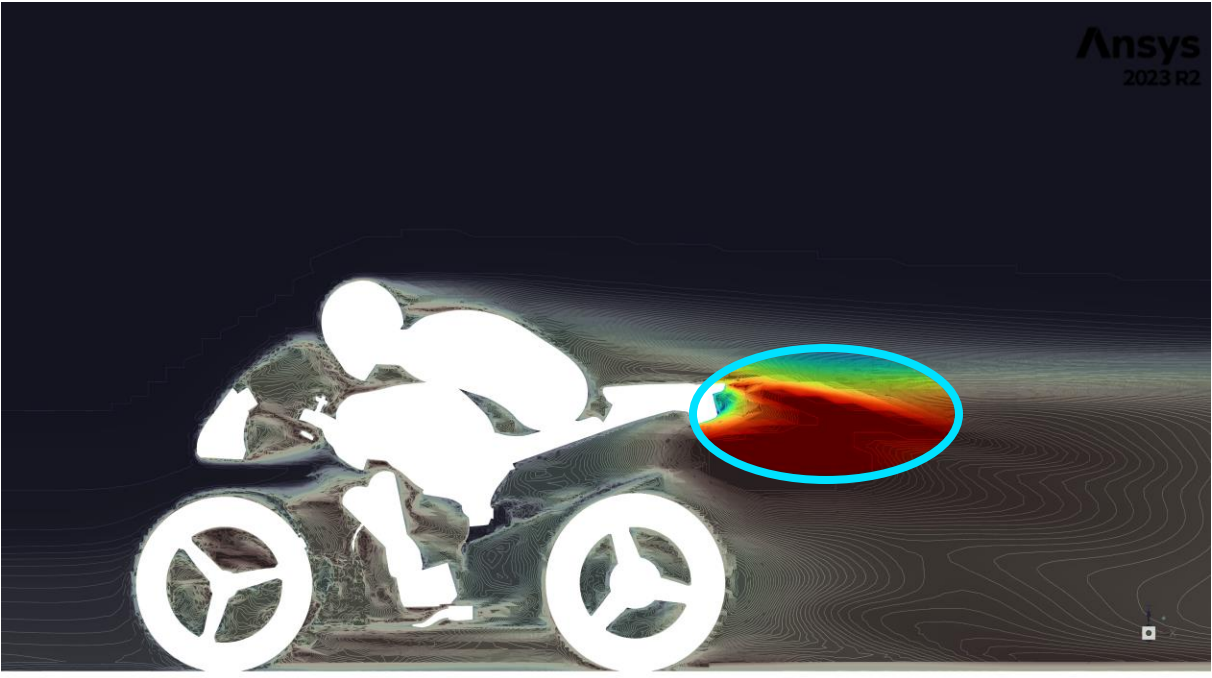
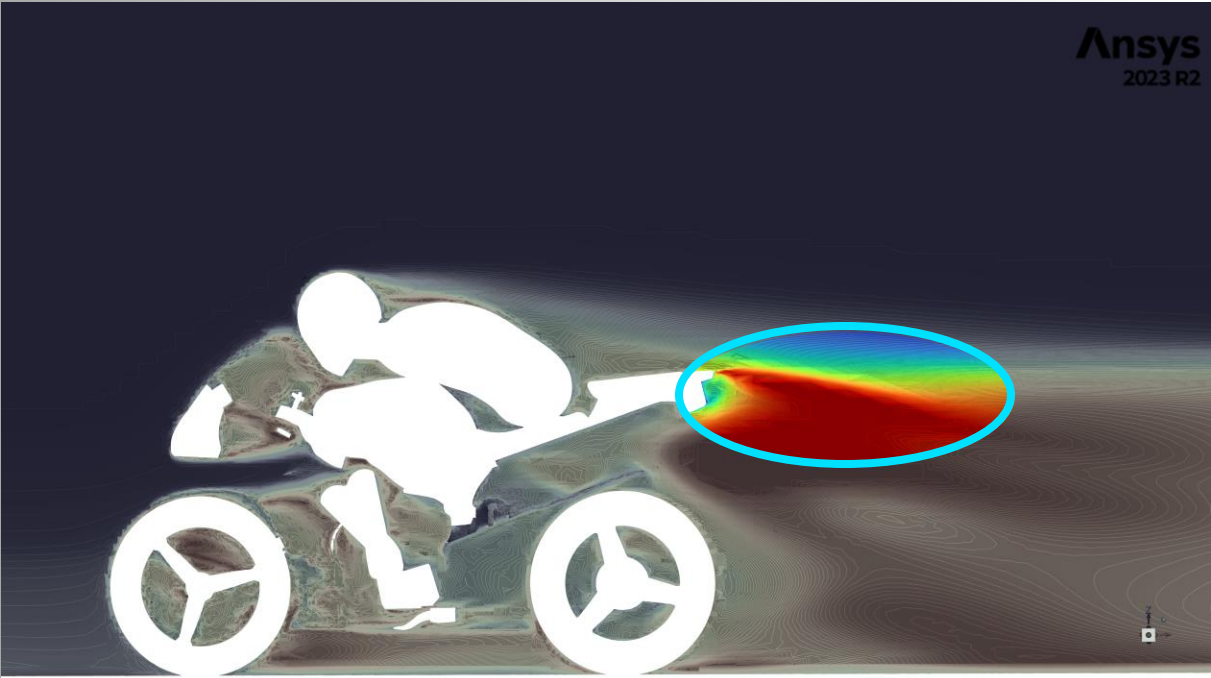
# Modello v5

Ottimizzazioni

Alt. codone

Iniziale

Aumento altezza codino



Turbulent Intensity [%]



# Modello Multi-Sol

Ottimizzazioni

Unione

Criterio di scelta:

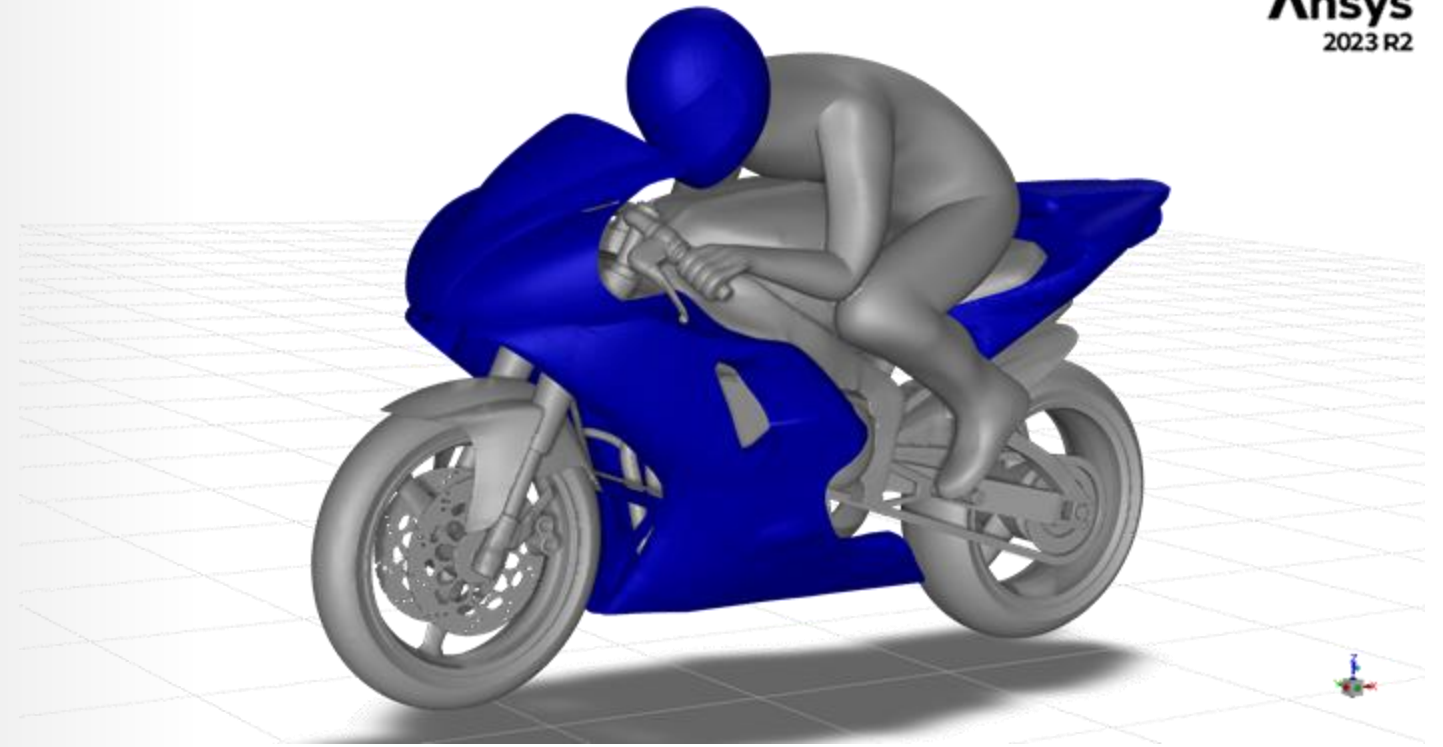
Sovrapposizione delle ottimizzazioni più efficaci per ogni zona

Metodo:

Utilizzo a step di Multi-Sol,  
coefficienti di amplificazione fissati

Superfici coinvolte:

- Sovrapposizione superfici singole

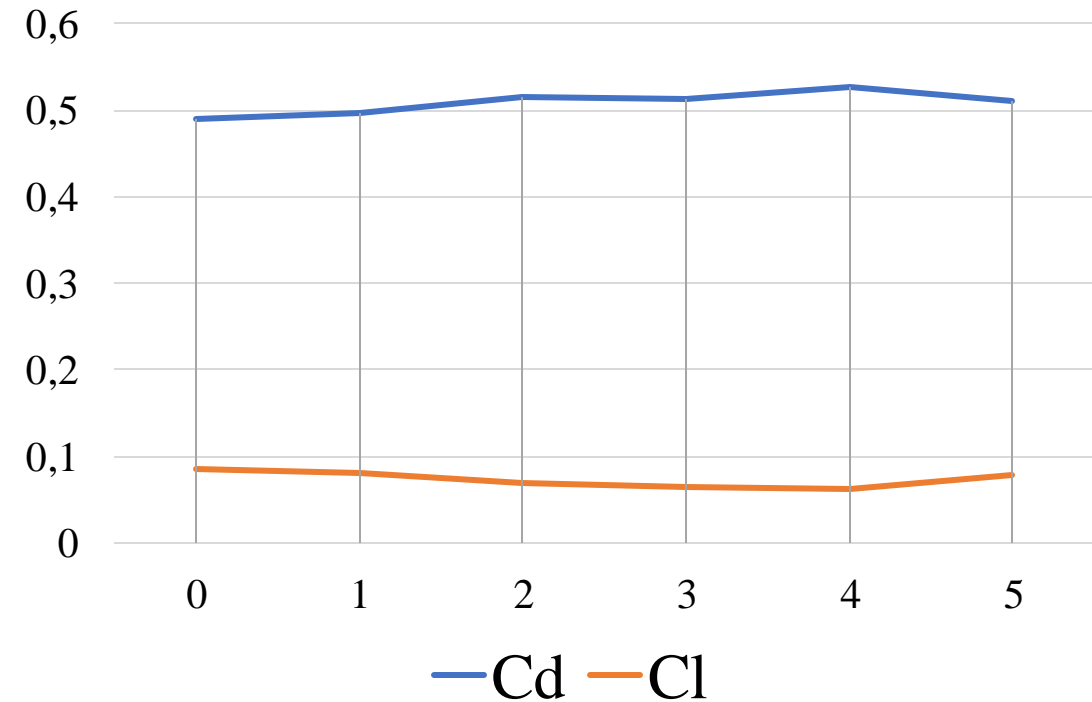


# Modello Multi-Sol

Ottimizzazioni

Unione

	$C_d$	$C_l$	$F_d$ [N]	$F_l$ [N]
Iniziale	0.4900	0.0860	487.2255	85.5130
Casco	+1.4897 %	-6.1627 %	+ 2.5259	-6.038
Carena ant	+ 5.0408 %	-20.4651 %	+ 22.1995	-17.8140
Carena inf	+ 4.8979 %	-25.8140 %	+ 21.8468	-22.3247
Larg codino	+7.3265 %	-27.2093 %	+35.0749	-23.3415
Alt codino	4.2653 %	-10.0090 %	+ 18.7765	-8.8550





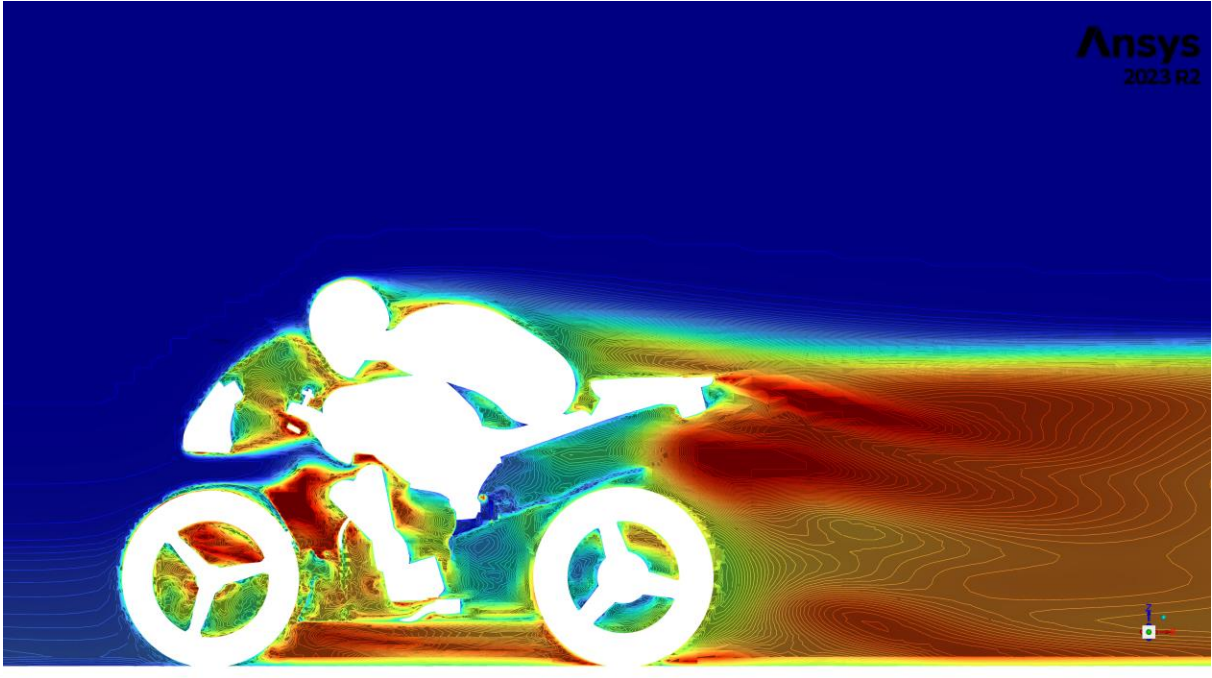
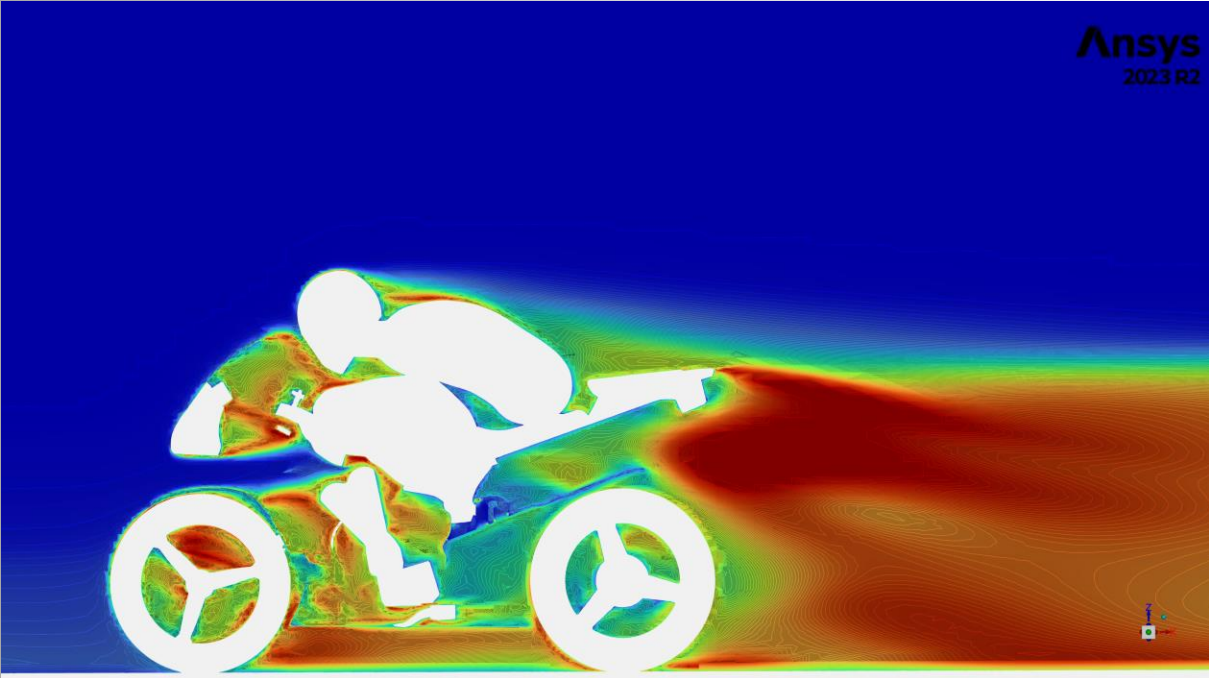
# Modello Multi-Sol

Ottimizzazioni

Unione

Iniziale

Sovrapposizione modifiche



Turbulent Intensity  
[ % ]





# Conclusioni

## Analisi risultati

### Singole ottimizzazioni

	Cd %	Cl %
Abbassamento casco	+1.4897	-6.1627
Allargamento carena	+2.5714	+7.2093
Restringimento carena	-3.7346	+22.4418
Rotazione antioraria carena	+0.1836	-20.1162
Rotazione oraria carena	-1.0408	+6.2790
Allargamento codino	+0.2448	+4.3023
Restringimento codino	-0.4081	-2.3255
Aumento altezza codino	-0.2040	+9.0697
Riduzione altezza codino	-1.000	+1.1627

### Unione ottimizzazioni


	Cd %	Cl %
Iniziale	-	-
Casco	+1.4897	-6.1627
Carena ant.	+5.0408	-20.4651
Carena inf.	+4.8979	-25.8139
Largh. cod.	+7.3265	-27.2093
Alt. cod.	+4.2653	-10.041

# Sviluppi futuri

- Ulteriori combinazioni delle ottimizzazioni
- Aggiunta appendici aerodinamiche:
  - Coperture cerchi
  - Ali anteriori
  - Ali posteriori
  - Convogliatori



---



**Grazie per l'attenzione**