

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

Relazione per la prova finale
**« Analisi dell'aerodinamica
delle monoposto F1 2022 »**

Tutor universitario: Prof. Picano Francesco

Laureando: *Marco Todesco*

Padova, 15/03/2023

Monoposto F1

- Vetture monoposto a ruote scoperte
- Velocità massima $\cong 300 \text{ km/h}$
- Downforce massima \longrightarrow Resistenza minima
- Analisi flussi: equazioni Navier-Stokes e CFD
- Evoluzione regolamento 2022



- Evoluzione vetture F1
- Regolamento FIA 2022
- Forze aerodinamiche: analisi flussi
- Ground effect: fondo della vettura
- Design delle componenti aerodinamiche



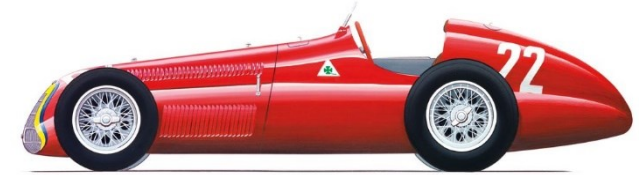
- Front wing
- Rear wing
- Ruote

- **1950:** Campionato mondiale F1



Alfa Romeo 159

- forma a sigaro
- elevato drag
- minima aderenza in curva



- **1970-1980:** evoluzione aerodinamica e strutturale



Ferrari 312B e LOTUS 80

- strutture alari
- maggiore aderenza in curva
- sliding skirts



- **1980-1990:** incremento performance

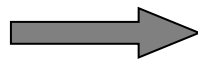


Ferrari 641 F1

- rear wing
- front wing

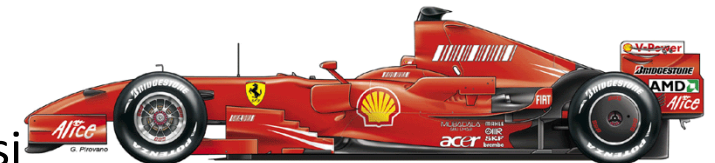


- **2000 in poi:** applicazione tecnologica massima



Ferrari F2007

- Vortici per controllo flussi

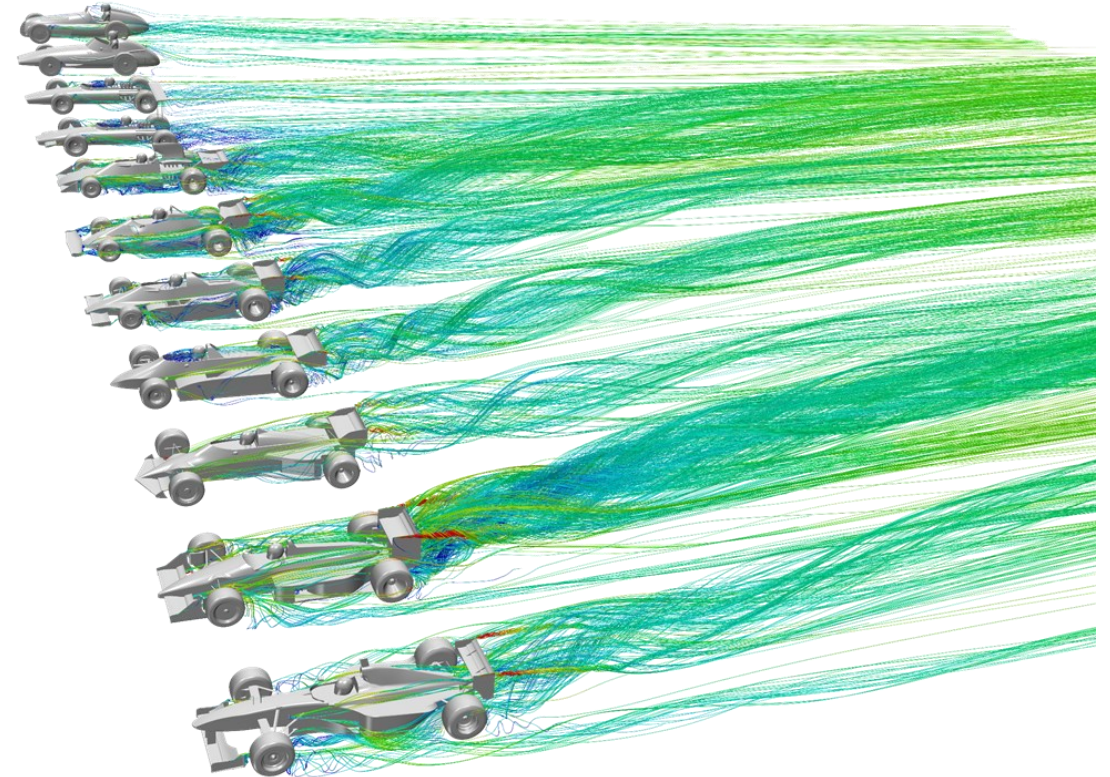


Studi CFD \longrightarrow equazioni Navier-Stokes \longrightarrow ipotesi incomprimibilità $M \cong 0,25 \div 0,27$

$$\vec{\nabla} \cdot \vec{V} = 0$$

$$\rho \left[\frac{\partial \vec{V}}{\partial t} + (\vec{V} \cdot \vec{\nabla}) \vec{V} \right] = \rho \vec{g} - \vec{\nabla} p + \mu \nabla^2 \vec{V}$$

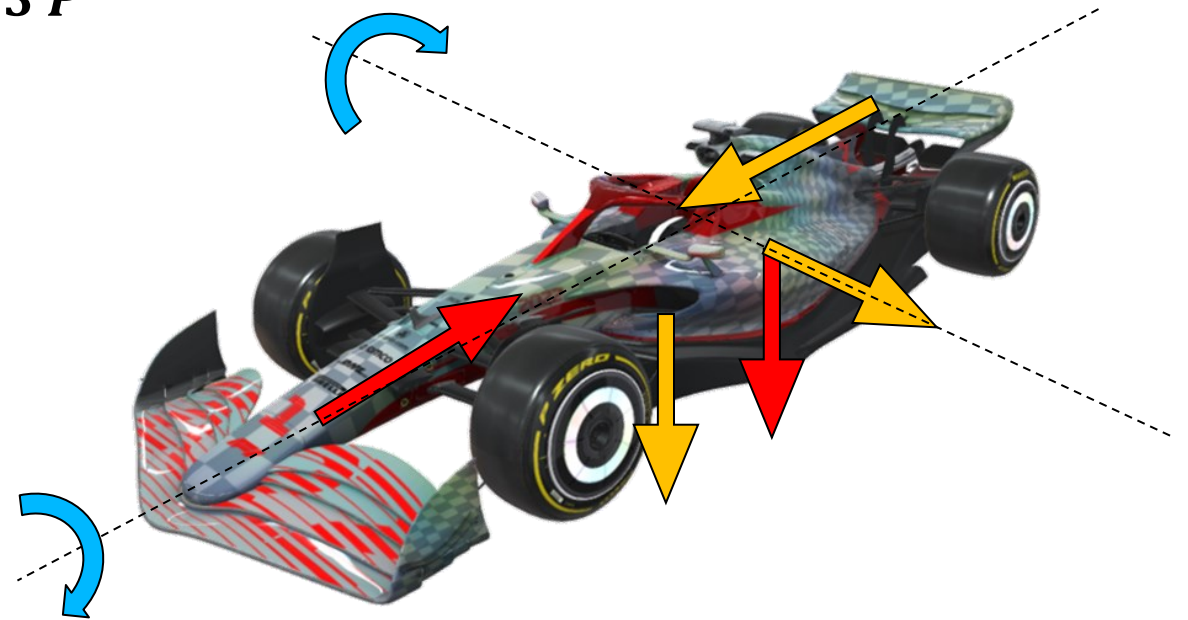
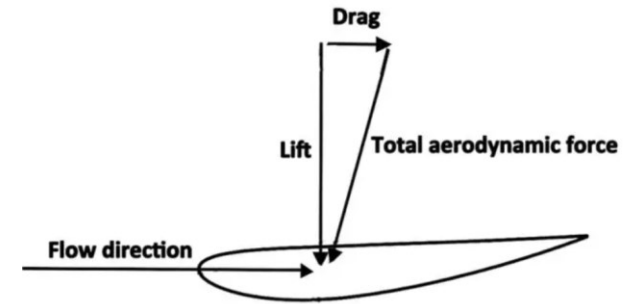
- semplificazione struttura della vettura
- minimizzare disturbo dei flussi
- elementi aerodinamici lineari
- eliminazione appendici aerodinamiche
- maggiore allungamento muso e crash box
- effetto suolo



Profili alari invertiti = lift verso il basso \longrightarrow downforce

Forze distribuite \longrightarrow forze concentrate \longrightarrow momenti

- forza peso: $P = m g$
- downforce (deportanza): $L = \frac{1}{2} \rho v_{\infty}^2 C_L Area \cong 3 P$
- Resistenza (drag): $D = \frac{1}{2} \rho v_{\infty}^2 C_D Area$
- trazione: $T = m a$
- forze laterali: $F_{LAT} = \left| m \frac{v^2}{r} \right|$

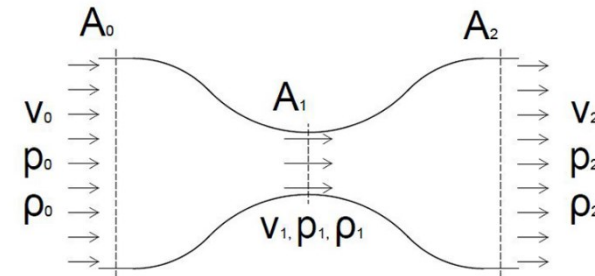


Generazione di **depressione sul fondo** vettura \longrightarrow differenza pressione \longrightarrow downforce

- Sensibilità all'altezza da terra
- Diminuzione disturbo del flusso superiore

Effetto venturi: fenomeno idrodinamico per fluidi incomprimibili \longrightarrow **equazione Bernoulli**
su condotti con restringimento **conservazione massa**

$$\left. \begin{aligned} A_0 V_0 &= A_1 V_1 \\ \frac{1}{2} \rho V_0^2 + p_0 &= \frac{1}{2} \rho V_1^2 + p_1 \end{aligned} \right\} p_1 < p_0$$



- Fondo convergente-divergente

Porpoising: oscillazione verticale \longrightarrow cut-off flusso \longrightarrow controllo altezza da terra
• stallo flusso

- Indirizzare flussi su vettura \longrightarrow **upwash**
- 4 ali piane sovrapposte \longrightarrow evita stallo
- **Endplates** } pressure side – suction side $\longrightarrow \Delta p$ cresce \longrightarrow downforce $\approx 20\%L_{TOT}$
- **Flaps** }
- No spigoli vivi \longrightarrow controllo generazione vortici
- C_L aumenta 40% } efficienza profili diminuisce
- C_D aumenta 125%

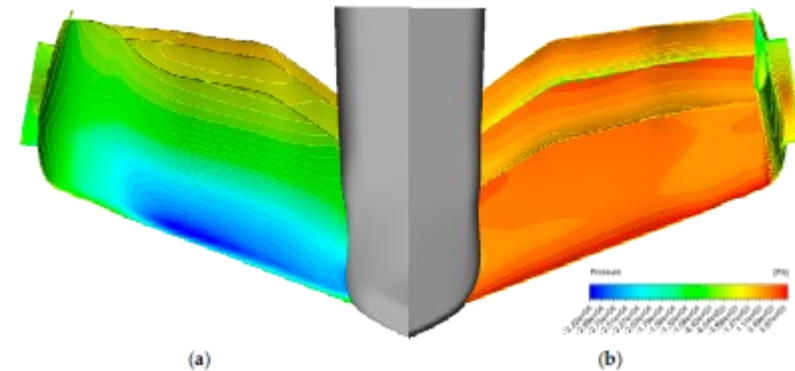
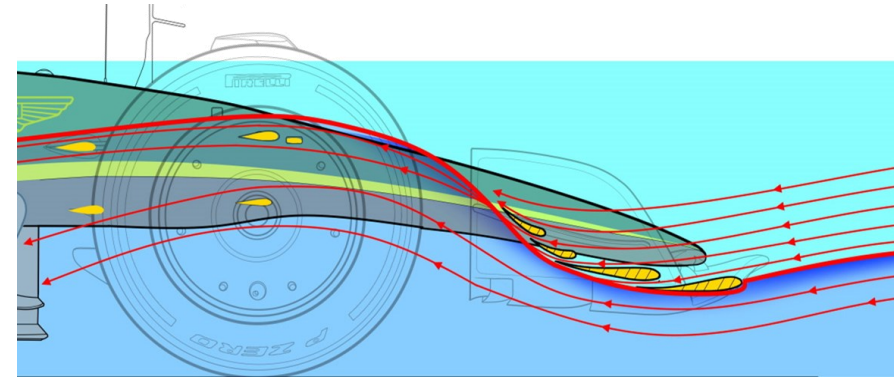
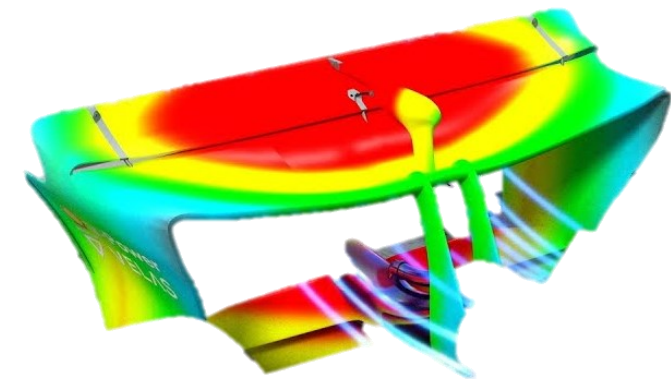
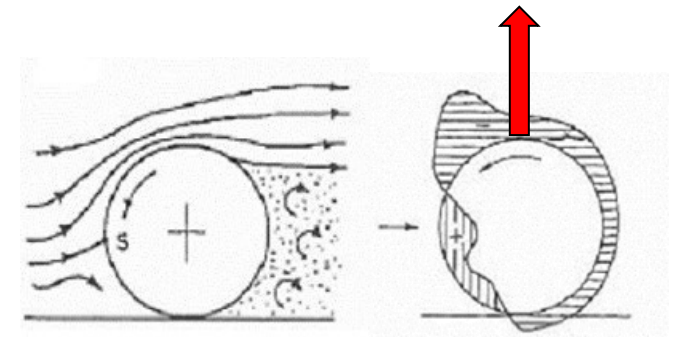


Figure 12. Pressure field in lower (a) and upper (b) surfaces of the Formula One 2022 front wing.

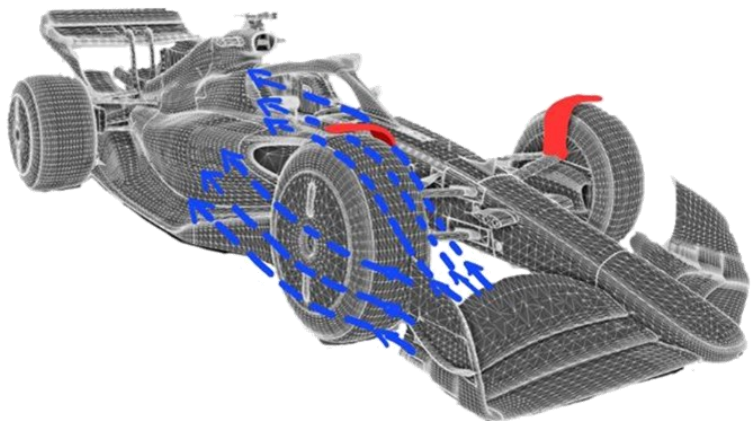
- angoli di attacco negativi, calettamento variabile DRS
- elevato carico
- **endplates** a collo di bottiglia } upwash → quantità moto
effetto suolo
- **beam wing**
- **non perfetto isolamento** alta e bassa pressione
- carico maggiore su centro ala



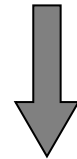
- generano resistenza $\approx 30\%D_{TOT}$ \longrightarrow **upwash**
sidewash
- **pressure drag e skin friction drag**
- pneumatico sleek \longrightarrow cilindro con circolazione \longrightarrow effetto Magnus
 $L_p = |-\rho V \Gamma|$



- aumento dimensioni \longrightarrow rilascio vortici \longrightarrow **copricerchi**
winglet superiore ad ala di gabbiano



- costante evoluzione degli elementi aerodinamici
- aumento prestazioni e risoluzione condizione porpoising
- standard di sicurezza elevati → reintroduzione effetto suolo
- combinazione incremento potenza motore ed efficienza aerodinamica



diminuire divario tecnologico-prestazionale tra le scuderie del mondiale F1

1960-1980: campioni mondiali 10 diverse scuderie

2000-2022: campioni mondiali 4 scuderie