

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria Aerospaziale

***Relazione per la prova finale
«L'aerodinamica delle vetture di
formula 1»***

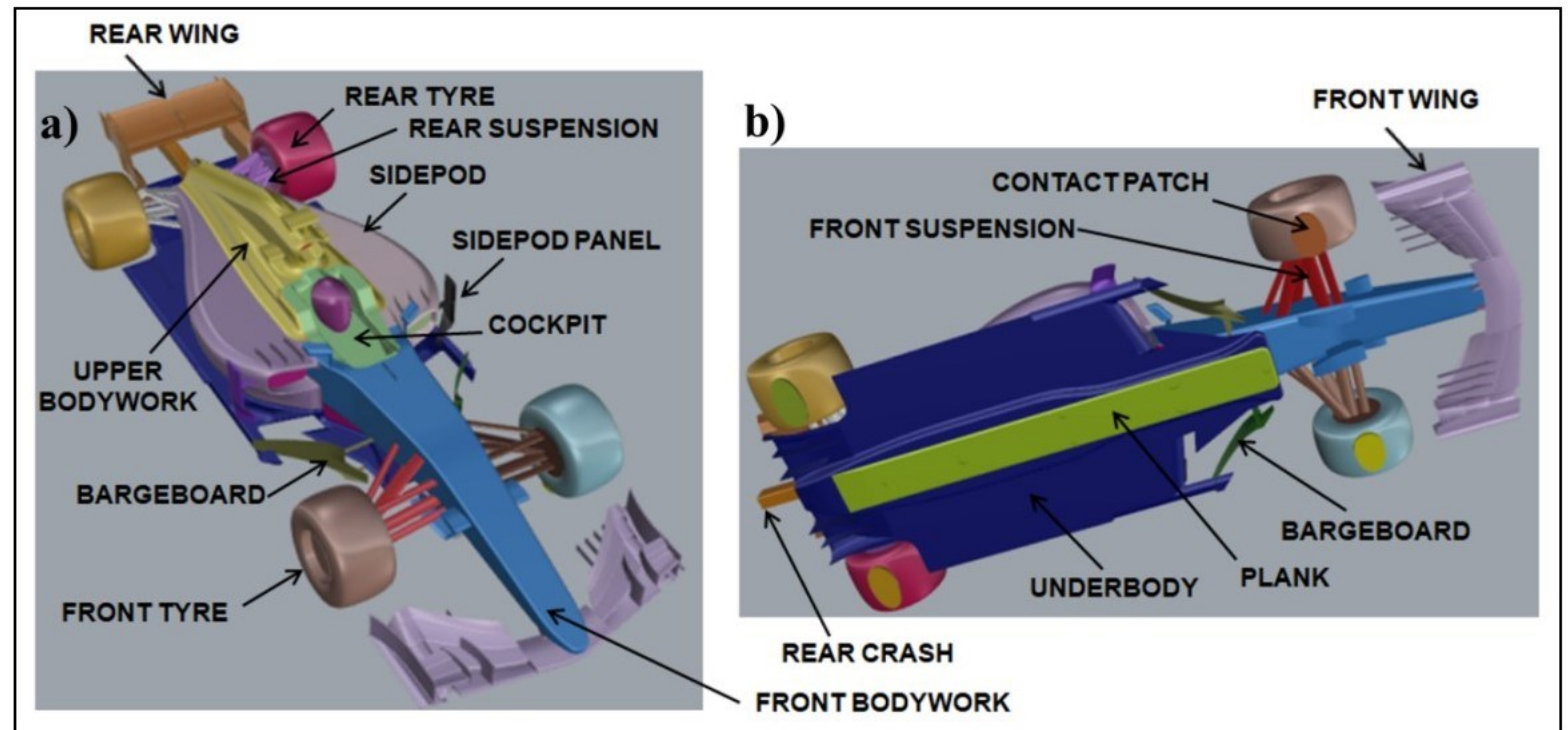
Tutor universitario: Prof. Francesco
Picano

Laureando: *Enrico Pivato*

Padova, 10/11/2022

L'aerodinamica delle vetture di Formula 1 è molto complessa e non sempre è facile capire le scelte tecniche degli ingegneri. In particolare si può dire che:

- Ogni componente è studiato per avere un'alta efficienza aerodinamica
- Le ali e il fondo sono progettate solo per puri scopi aerodinamici
- L'effetto Venturi è il principale protagonista della creazione di carico
- Gli scopi aerodinamici sono opposti a quelli di un aereo: il carico deve essere generato in direzione dell'asfalto



Componenti di una vettura di formula 1

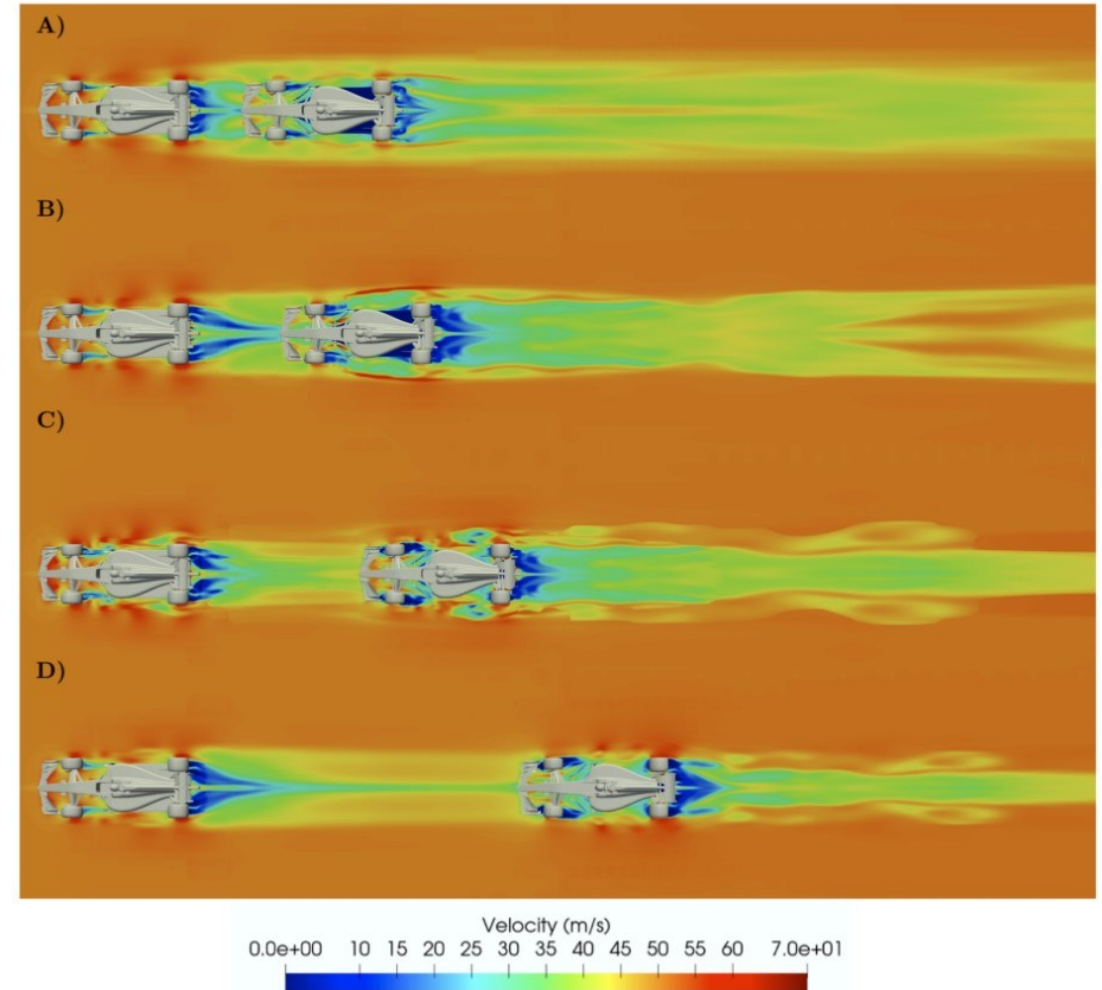
I componenti che hanno una maggiore efficienza aerodinamica sono gli stessi che sono progettati per fini puramente aerodinamici

- *Ala anteriore*: 25% della downforce, 15% del drag
- *Ala posteriore*: 25-30% della downforce (in base alla configurazione), 25%-20% del drag (all'aumentare della downforce, diminuisce il drag)
- *Fondo della vettura*: 60% della downforce, 15% del drag
- *Ruote*: 30% del drag totale
- *Sospensioni*: 3% del drag (seppur non siano progettate per scopi puramente aerodinamici)

Come si può notare la somma delle percentuali di downforce è maggiore del 100%, questo perché alcuni elementi creano portanza

La scia comporta una generale diminuzione dei coefficienti aerodinamici:

- **Drag:** diminuisce dal 16% a due macchine di distanza fino al 50% quando la distanza è 0.25 volte la misura di una macchina
- **Downforce:** diminuisce fino al 70%, ciò comporta una diminuzione generale dell'efficienza della vettura
- Aumento del carico sull'asse anteriore della vettura: l'ala posteriore perde molta della sua efficacia aerodinamica già a distanze molto elevate
- La macchina che insegue attraversa un flusso d'aria a bassa velocità (vedi figura)
- All'avvicinarsi della vettura che segue, si crea un'unica regione di separazione che cresce sempre più



Velocità dell'aria a 0.25L (A), 0.5L (B), 1L (C), 2L (D); con L= lunghezza della vettura

ALA ANTERIORE

- Ruolo fondamentale di endplates (+13% downforce, +12% drag) e flap (+38% downforce, +124% drag). I flap sono tuttavia convenienti rispetto all'aumento di angolo d'attacco dell'ala
- Dal 2022 è stata semplificata: corda e angolo d'attacco aumentati ridotto il numero di flap e alette varie

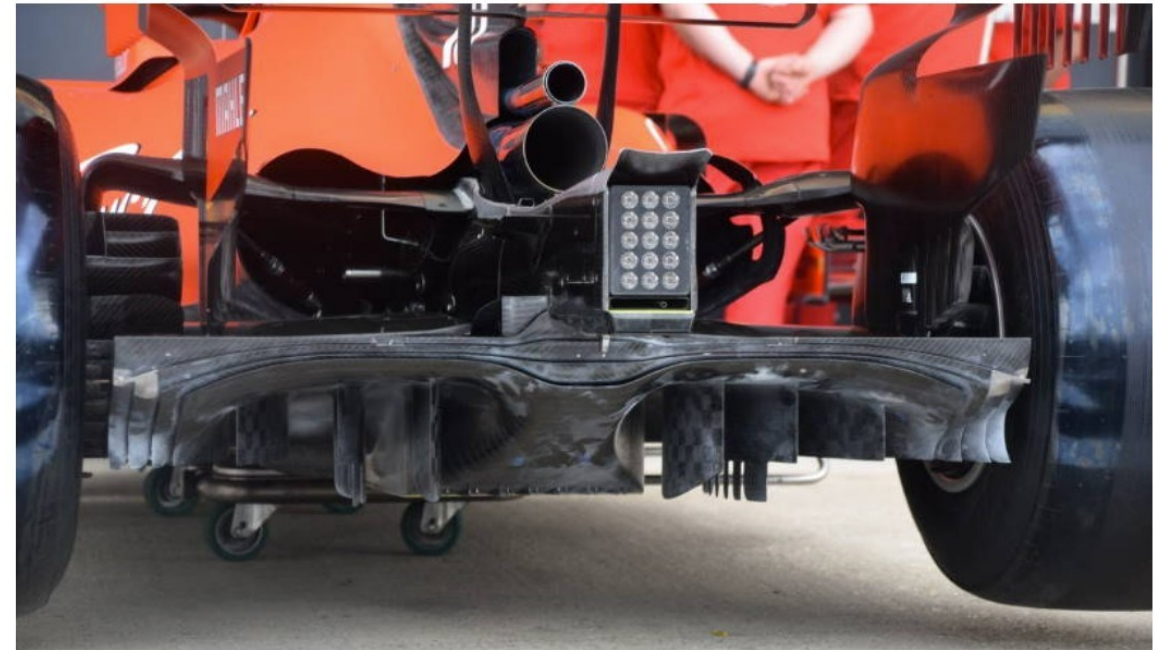
ALA POSTERIORE

- In generale, tanto più l'ala assume dimensioni considerevoli in altezza e larghezza, maggiore sarà l'efficienza globale
- Ospita il DRS (Drag Reduction System) ovvero un alettone mobile
- Dal 2022 non presenta più endplates e non produce più la cosiddetta scia sporca. L'aria verrà spinta verso l'alto non influenzando le vetture inseguatrici

Il diffusore è la parte essenziale per far lavorare a pieno il fondo della vettura e creare una transizione dall'aria a pressione molto bassa (fondo) all'aria a pressione atmosferica. Genera poco drag e molta downforce. Senza diffusore si potrebbe comunque creare una downforce elevata grazie al fondo, tuttavia il diffusore aumenta ancor di più la downforce (soprattutto ad altezze da terra elevate).

Non è possibile utilizzare l'analisi bidimensionale per caratterizzare il comportamento di un diffusore, bensì quella tridimensionale. In particolare si possono individuare diverse configurazioni:

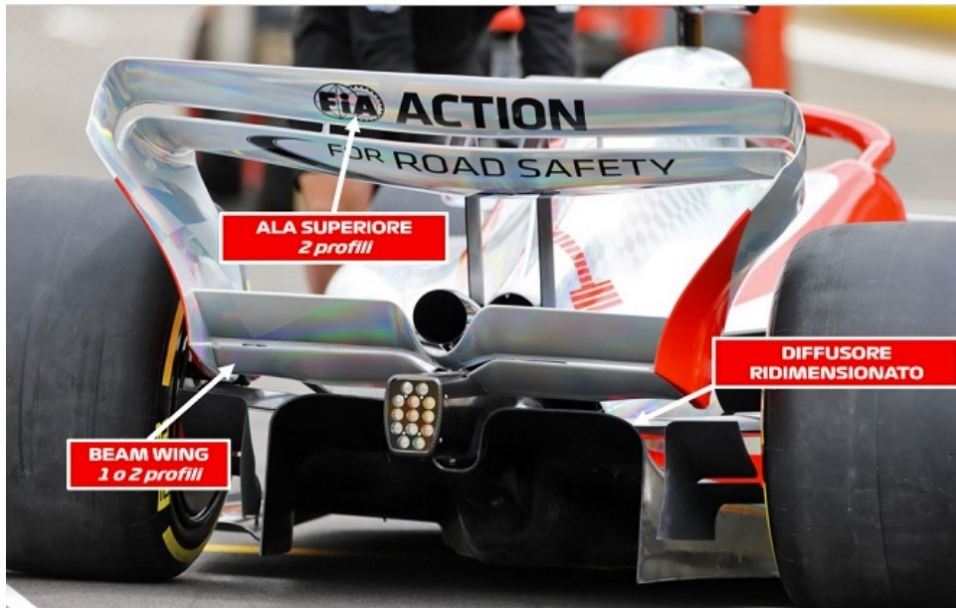
- **Altezza elevata:** formazione di due vortici in entrambi i lati del fondo
- **Altezza diminuita:** si crea una bolla di separazione (viene raggiunto il massimo carico)
- **Altezza ancor più diminuita:** uno dei due vortici viene meno e si ha un calo drastico del carico aerodinamico. Non è possibile individuare con certezza quale dei due vortici si decomponga prima



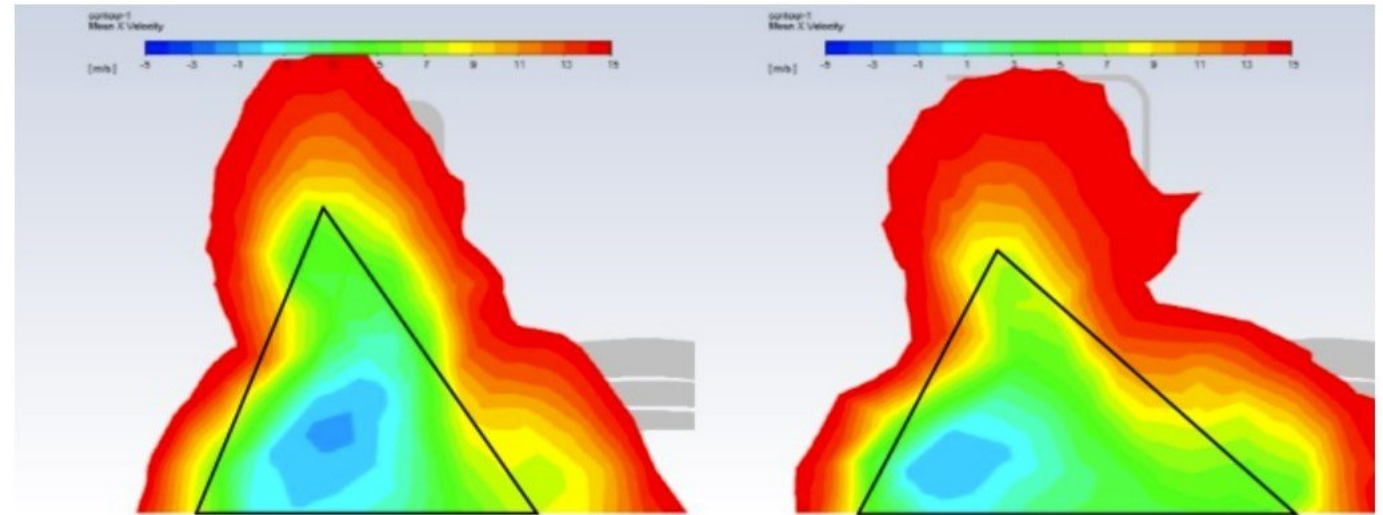
Diffusore in una vettura di formula 1

Il 2022 ha sancito un anno di svolta per la formula 1 con l'introduzione di nuovi componenti.

Deflettore di flusso: agisce in modo tale da accelerare il flusso nello spazio tra esso e la ruota e induce ad un calo di pressione che continua fino alla superficie posteriore. Si crea maggior drag e portanza. Notevole riduzione della turbolenza



Beam wing delle vetture del 2022



Andamento della velocità dell'aria senza deflettore di flusso (sinistra) e con deflettore di flusso (destra)

Beam wing: si crea una zona di bassa pressione nella superficie inferiore dell'ala. Grazie a ciò, si accelera l'aria in uscita dal diffusore creando maggior downforce. Si genera anche del drag indotto

Non è una parola nuova alla formula 1. Si tratta di un movimento di oscillazione sull'asse verticale (deriva dall'inglese «porpoise»). Si può descrivere come un ciclo di movimenti:

1. All'aumentare della vicinanza della parte anteriore della vettura con l'asfalto, l'effetto suolo aumenta di efficacia
2. L'ala e il bordo d'attacco del fondo si avvicinano sempre più all'asfalto fino allo stallo
3. L'avantreno perde carico e si alza
4. Alzandosi rientra in gioco l'effetto suolo: viene aumentata la downforce e l'avantreno viene spinto nuovamente verso il basso
5. Ricomincia il ciclo

Le macchine ne soffrono maggiormente sul rettilineo poiché le velocità sono maggiori e quindi l'effetto suolo aumenta.

Ci sono più soluzioni che in questo momento possono limitare il porpoising, seppur sia difficile eliminarlo completamente.

- Alzare l'altezza da terra della vettura: si ritarda l'insorgere dello stallo ma si perde in termini di downforce avendo più distanza dal suolo
- Irrigidire le sospensioni per contrastare il rimbalzo. Tuttavia, aumenta la probabilità di sovraccarichi istantanei sulle ruote riducendo il grip, diminuendo la vita delle gomme, aumentando il rischio di esplosione degli pneumatici.
- Reintroduzione di componenti usati in passato come l'inerter: dispositivo in grado di accumulare una grossa quantità di energia e di restituirne in quantità minore al sistema. Al momento l'unica via possibile è il cambiamento dei parametri delle sospensioni (lunghezza, rigidità,..)

1. Guerrero A., Castilla R.; Aerodynamic Study of the Wake Effects on a Formula 1 Car; 2020
2. Ravelli U., Savini M.; Aerodynamic Simulation of a 2017 F1 Car with Open-Source CFD Code; 2018
3. Newbon J., Sims-Williams D., Dominy R.; Aerodynamic Analysis of Grand Prix Cars Operating in Wake Flows; 2017
4. W. Toet, Aerodynamics and aerodynamic research in Formula 1, 2016
5. W. Toet; Aerodynamics of F1; 2014
6. Martins D.; Correia J.; Silva A., The Influence of Front Wing Pressure Distribution on Wheel Wake Aerodynamics of a F1 Car, 2021
7. Castro X.; Rana Z.; Aerodynamic and Structural Design of a 2022 Formula One Front Wing Assembly, 2020
8. Zhen L.; Wheel Aerodynamics: The Flow Deflector Explained; Racecar Engineering ; 2022
9. Mitchell S.; F1 2022 Overtaking Comparison Using CFD Analysis, Racecar Engineering; 2021
10. Hughes M.; What is 'porpoising' – and why is it causing the F1 teams a headache at 2022 pre-season running?; 2022
11. Diffusers, Racecar Engineering, 2019
12. Chris Sungkyun Bang, Zeeshan A. Rana, L'aszl'o K'on'ozsy, Veronica Marchante Rodriguez, Clive Temple; Aeroelastic Analysis of a Single Element Composite Wing in Ground Effect Using Fluid–Structure Interaction; 2022