



ISS Marco Casagrande  
Liceo Scientifico Opz. Scienze Applicate

---

Esame di Stato 2015/2016

## DALLA FORMULA 1 ALLA STRADA

Prestazioni, efficienza ed affidabilità

Candidato:  
Luigi Maninchedda  
Classe V<sup>a</sup> C LSA

Giugno 2016

*A Babbo, Simonetta,  
Stefania e Samuele,  
che non smettono mai  
di credere in me.*

*Grazie di cuore  
a tutti voi.*

# Indice

<b>Licenze sui contenuti</b>	<b>3</b>
<b>Introduzione</b>	<b>4</b>
<b>1 Motori Ibridi</b>	<b>5</b>
1.1 Introduzione . . . . .	5
1.2 Il nuovo concetto di motore: la “Power Unit” . . . . .	6
1.3 Il motore termico . . . . .	6
1.4 La turbina e sistema intercooler . . . . .	10
1.5 Il sistema ERS . . . . .	11
<b>2 Oli Lubrificanti</b>	<b>14</b>
2.1 Introduzione . . . . .	14
2.2 La composizione degli oli . . . . .	14
2.3 L’analisi degli oli . . . . .	16
<b>3 Aerodinamica</b>	<b>18</b>
3.1 Introduzione . . . . .	18
3.2 L’aerodinamica nelle vetture di <i>Formula 1</i> <sup>®</sup> . . . . .	18
3.3 L’aerodinamica nelle vetture stradali . . . . .	21
<b>Bibliografia e Sitografia</b>	<b>23</b>

# Licenze sui contenuti

Molti contenuti presenti nella tesina sono ricavati dal sito [www.formula1.com](http://www.formula1.com) e sono di proprietà della Formula One group company.

Come riportato nel sito:

*The F1 FORMULA 1 logo, F1 logo, F1 FIA FORMULA 1 WORLD CHAMPIONSHIP logo, FORMULA 1, FORMULA ONE, F1, FIA FORMULA ONE WORLD CHAMPIONSHIP, GRAND PRIX, F1 GRAND PRIX, FORMULA 1 GRAND PRIX and related marks are trademarks of Formula One Licensing BV, a Formula One group company. All rights reserved.*

Mediante concessione della Formula One group company è possibile utilizzare per scopo didattico il materiale presente nel sito, secondo le seguenti linee guida, riportate dal sito ufficiale [www.formula1.com](http://www.formula1.com):

- Students can download, print out and keep material from Formula1.com for educational and research purposes;
- Students can incorporate material from Formula1.com into educational projects, provided that the projects are not reproduced and are not for commercial purposes;
- Any material incorporated into projects can be cut and pasted, but must not be modified or adapted and any extract used should be used in its entirety with identification of its source as 'Formula1.com'.

# Introduzione

*"Ho trovato uomini che indubbiamente amavano come me l'automobile. Ma forse non ne ho trovati altri con la mia ostinazione, animati da questa passione dominante nella vita che a me ha tolto il tempo e il gusto per quasi ogni altra cosa. Io non ho alcun diverso interesse dalla macchina da corsa."*

*Enzo Ferrari*

Sono del parere che la passione sia qualcosa da noi incontrollabile, qualcosa di cui non possiamo fare a meno per non sentirci perduti in noi stessi. La mia passione per la *Formula 1*<sup>®</sup> è nata in tenera età, guardando le imprese del grande Schumacher e le vittorie della Rossa di Maranello. Non guardavo però con ammirazione solo i piloti, ma tutto ciò che gli stava attorno: la squadra, gli ingegneri, i tecnici, la vettura. È stato proprio in quel momento che mi sono innamorato. Il mio sogno è sempre stato e sempre sarà quello di diventare Ingegnere Meccanico e poter, un giorno, progettare e costruire quelle auto che ho tanto sognato e che continuo a sognare.

Per questo motivo ho deciso di parlare, in questa tesina, del rapporto che si interpone tra il mondo delle corse automobilistiche ed il mondo delle vetture stradali. La maggior parte delle persone pensa che il *Motorsport* sia solo un gioco, mera competizione tra scuderie rivali, ma non è così: grazie alle corse è stato possibile portare sulla strada elementi che oggi ci sembrano quasi scontati, come i freni a disco, gli specchietti retrovisori e le cinture di sicurezza, solo per citarne alcuni.

In particolare, la tesina, si concentrerà su tre temi principali: il motore ibrido, gli oli lubrificanti e l'aerodinamica. Ho scelto queste aree di sviluppo perché le considero fondamentali nella creazione di un'autovettura e perché sono strettamente legate al percorso di studi che affronterò nel prossimo futuro.

# Motori Ibridi

## 1.1 Introduzione

Le moderne automobili a nostra disposizione possiedono motori sempre più efficienti e sviluppati, che hanno l'obiettivo di erogare più potenza consumando meno carburante. Questo importante sviluppo si deve soprattutto all'impegno di tecnici, ingegneri e case produttrici che ogni giorno investono grandi capitali nelle corse automobilistiche, dove vengono sperimentate nuove tecnologie, nuove modalità costruttive ma soprattutto ogni componente viene spinto all'estremo delle sue capacità. Queste metodologie di sviluppo nel mondo delle competizioni permettono di sviluppare motori sempre più all'avanguardia, non solo nelle vetture da corsa, ma anche nelle vetture che tutti i giorni utilizziamo. I motori delle auto stradali non sono altro che il prodotto di decenni di sviluppo di propulsori molto più complessi e potenti che però lavoravano ad un regime più alto. Abbassando il regime di lavoro dei propulsori è stato possibile adattare le caratteristiche tipiche dei motori da corsa alla strada, permettendo la produzione di elementi in serie più economici, affidabili e rispettosi dell'ambiente. In questo capitolo verranno analizzati nel dettaglio tutti i componenti di una Power Unit di *Formula 1*<sup>®</sup>, cercando di capire quali siano le grandi potenzialità di questo motore e quali grandi vantaggi può avere se adattato ad una qualsiasi auto di serie.



## 1.2 Il nuovo concetto di motore: la “Power Unit”

Negli ultimi anni il concetto di motore si è allargato di molto: quello che una volta era considerato l’anima di un’autovettura oramai non lo è più, perché sostituito, nelle auto più moderne, da un impianto molto complesso denominato “Power Unit”.

La Power Unit si presenta come una sorta di unità motrice composta da svariati elementi che contribuiscono alla produzione di energia meccanica mediante l’utilizzo di diverse forme di energia: cinetica, termica, chimica ed elettrica.

La Power Unit di *Formula 1*<sup>®</sup> è definita in questi termini dal regolamento tecnico:

*"The internal combustion engine, complete with its ancillaries, any energy recovery system and all actuation systems necessary to make them function at all times."*<sup>1</sup>

Ovvero:

*"Il motore a combustione interna, completo di componenti ausiliari, qualsiasi sistema di recupero dell’energia e tutti i sistemi necessari per farli funzionare in ogni momento."*

Si può quindi intuire che il motore è solo una piccola parte del propulsore, che si è evoluto ed è diventato una potente unità che combina elementi di natura diversa che cooperano nella produzione di energia meccanica. Nello specifico, una Power Unit di una monoposto di *Formula 1*<sup>®</sup> è formata da 3 componenti principali:

1. Motore termico
2. Gruppo Turbo-Intercooler.
3. Sistema ERS

Nei paragrafi successivi verranno analizzati uno per uno tutti gli elementi costitutivi di una Power Unit di *Formula 1*<sup>®</sup>.

## 1.3 Il motore termico

Come la maggior parte delle auto in circolazione, anche le vetture di *Formula 1*<sup>®</sup>. possiedono un motore termico. Per il Regolamento Tecnico imposto dalla FIA<sup>2</sup> esso deve essere un V6 da 1600 cc con inclinazione a 90° e un massimo regime di 15000rpm. Per ogni cilindro devono essere obbligatoriamente presenti due valvole di entrata e due valvole di scarico. Le valvole di scarico devono essere posizionate nella parte esterna della “V”, mentre quelle all’interno devono essere adibite all’entrata dei gas nella camera di combustione. Le valvole devono essere azionate da un elemento circolare di tipo

---

<sup>1</sup>2016 FORMULA 1<sup>®</sup> TECHNICAL REGULATIONS - art. 1.22

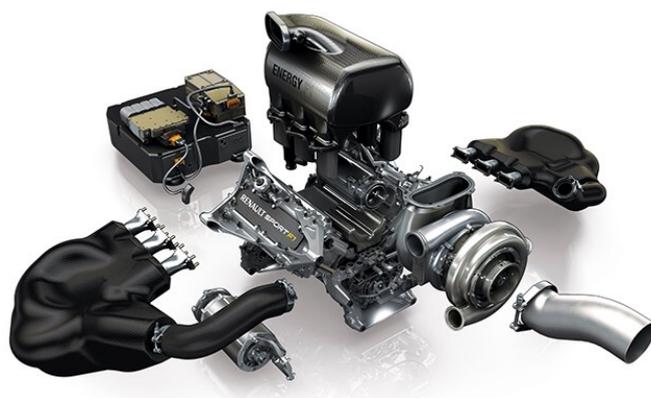
<sup>2</sup>Federazione internazionale dell’automobile

meccanico, detto albero a camme.<sup>3</sup>

La cilindrata ed il numero stesso di cilindri sembrano essere riduttivi per un'auto da corsa: ripensando alle grandi auto del passato che avevano a disposizione 12, 10 o 8 cilindri con cilindrata che si avvicinavano ai 3000 cc. Eppure, nonostante la ridotta dimensione, questi propulsori riescono ad erogare la stessa potenza di motori molto più ingombranti.

Il segreto si trova in una sola parola: efficienza.

I motori termici di ultima generazione sfruttano tecnologie di altissimo livello che cercano di migliorare le prestazioni limitando tutti gli sprechi di energia, che in una macchina termica sono per lo più la dispersione di calore per gli attriti tra i componenti, ma anche cercando di concentrarsi su elementi più piccoli che possono sembrare ininfluenti e trascurabili. Ogni singolo pezzo di un motore è studiato per rendere al cento per cento nelle situazioni più estreme, a 15000 rpm nel bel mezzo di un rettilineo con velocità che sfiorano i 360 km/h.

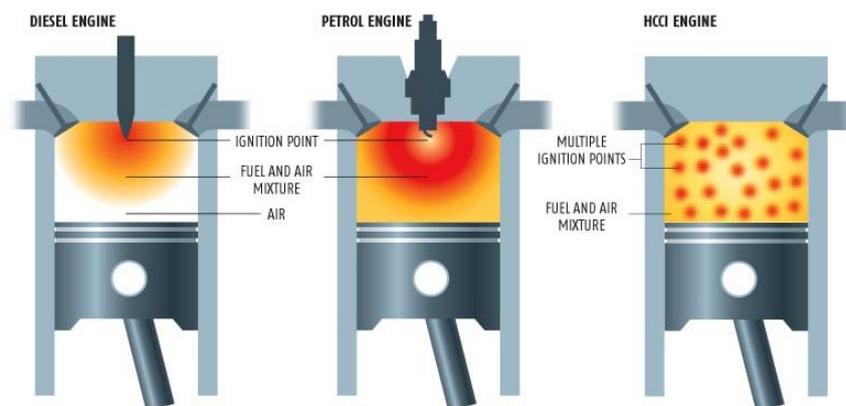


Per fare un esempio, le valvole di entrata e scarico di un pistone possono sembrare elementi passivi all'interno di un'autovettura, mossi solamente dall'albero a camme. Gli ingegneri e i tecnici che lavorano sulle auto di *Formula 1*<sup>®</sup> si sono concentrati sullo sviluppo di queste valvole che, sotto i limiti del regolamento, sono diventate degli elementi idraulici attivi, che velocizzano l'immissione e lo scarico dei gas, migliorando i consumi, disperdendo meno energia e aumentando le prestazioni.

Negli ultimi anni è poi stato inserito un nuovo sistema chiamato HCCI (*Homogeneous Charge Compression Ignition, motori a carica omogenea e accensione a pressione*) all'interno dei motori termici di *Formula 1*<sup>®</sup>. Quest'ultimo è un sofisticatissimo meccanismo che permette di incrementare la potenza erogata dal motore ad ogni ciclo di combustione. I normali motori a benzina sono del tipo HCSI (*Homogeneous Charge Spark Ignition, motori*

<sup>3</sup>2016 FORMULA 1<sup>®</sup> TECHNICAL REGULATIONS - artt. 5.1.2, 5.1.3, 5.1.7, 5.1.8, 5.1.9

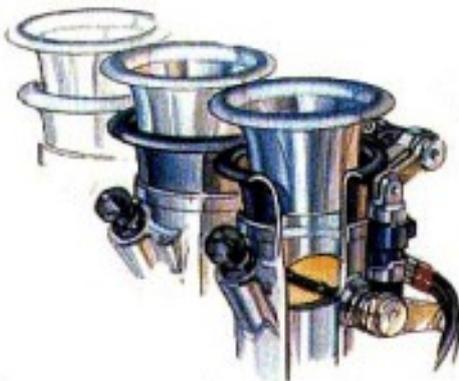
a carica omogenea ed accensione a scoppio), ovvero motori nei quali l'iniezione del combustibile avviene in maniera omogenea all'interno del cilindro, cosicché anche lo scoppio sia omogeneo all'interno della camera di combustione. La miscela aria/benzina viene accesa mediante l'utilizzo di una candela, strumento che dà la scintilla iniziale ad ogni ciclo per fare in modo che lo scoppio abbia atto e che la rotazione continui. I motori Diesel sono invece del tipo SCCI (*Stratified Charge Compression Ignition, motori a carica stratificata e accensione a pressione*), ovvero motori nei quali il carburante viene iniettato nella camera di combustione durante la fase di compressione del pistone, generando diverse aree stechiometriche, alcune più ricche di combustibile e altre più ricche d'aria, facendo in modo che si crei una combustione più "concentrata" nella zona della testa del pistone, senza sprecare carburante in eccesso. Ciò che è importante, però, è che questa combustione non ha bisogno di un innesco per poter essere accesa (a differenza della candela dell'HCSI): si accende per le elevate pressioni sviluppate dal pistone che sale molto velocemente lungo il cilindro e che provoca quindi un'autoignizione del combustibile. Il motore HCCI unisce i pregi di HCSI e SCCI, creando una combustione a carica omogenea con accensione a pressione. Il carburante, che nel caso di auto di *Formula 1*<sup>®</sup> è la benzina, entra nella camera di combustione nella fase di carica dell'aria attraverso un iniettore, controllato elettronicamente, in modo tale che la miscela aria/benzina che entra abbia la possibilità di diffondersi per tutta la camera di combustione in maniera omogenea e non ci siano zone stechiometricamente diverse fra loro. La benzina, a differenza del gasolio, necessita di una scintilla per innescare la combustione; dato che per regolamento non è possibile agire sulle benzine in maniera sensibile (modificandone per esempio il numero di ottani), per creare una miscela che riesca ad innescarsi prima della scintilla è necessario aumentare fortemente la pressione in camera di combustione, portandola all'elevatissimo limite di 300 Bar.



Per aumentare la pressione viene utilizzato il sistema dei "Tromboncini di aspirazione ad altezza variabile", delle protuberanze che all'apertura delle

valvole di aspirazione riescono a creare delle onde di pressione che spingono l'aria già compressa dal sistema di turbo compressione/intercooler creando una pressione talmente alta da portare la miscela aria/benzina alla combustione prima della scintilla detonante.

Questi tromboncini devono essere ad altezza variabile, perché la loro efficienza alla risposta delle onde di pressione dipende dalla loro estensione, ma soprattutto dal regime di rotazione del motore. Nello specifico a bassi regimi dovranno mantenere una distensione di molto maggiore rispetto a quella che possono avere ad alti regimi, questo perché le onde di pressione devono essere sincronizzate con il movimento di apertura/chiusura delle valvole di aspirazione e devono anche evitare eventuali depressioni che possono portare alla perdita di potenza invece che al guadagno di quest'ultima.

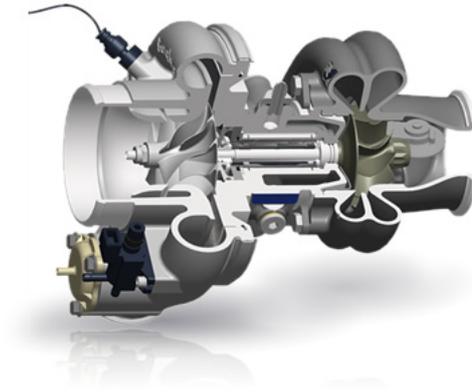


Il vantaggio di questi motori HCCI è che possono raggiungere picchi di potenza di gran lunga superiori rispetto agli HCSI e SCCI, unendo i pregi dei due tipi di propulsori, diminuendo i consumi e anche le emissioni di polveri sottili.

Come detto in precedenza, lavorare in queste condizioni è molto difficile, ma allo stesso tempo estremamente importate. Le componenti che vengono utilizzate per costruire questi motori con queste elevate prestazioni, devono essere perfette nella fattura ed estremamente resistenti, così da poter reggere agli stress provocati dalle sollecitazioni durante la marcia. Inoltre, il tema dei consumi sta diventando sempre più importante sia per i prezzi che i carburanti hanno raggiunto, sia per i problemi derivanti dalla combustione di idrocarburi. Per questo motivo, trasportare componenti progettate per produrre prestazioni elevate in vetture da competizione, in vetture che invece hanno lo scopo di possedere una grande affidabilità e bassi consumi, diventa essenziale e le case produttrici che lavorano nel mondo della *Formula 1*<sup>®</sup> sono molto avvantaggiate rispetto alle altre, perché hanno la possibilità di testare nuove soluzioni da poter poi applicare alla vita di tutti i giorni.

## 1.4 La turbina e sistema intercooler

Per produrre potenza e aumentare l'affidabilità non si lavora solo sul motore termico, ma anche su tutte le componenti che lo circondano. Nello specifico, per incrementare le prestazioni, anche a bassi regimi, è essenziale l'utilizzo di motori sovralimentati, i cosiddetti "Motori Turbo". Il turbo, detto propriamente turbocompressore, fu inventato dall'ingegnere svizzero Alfred J. Büchi che lavorava nel campo delle turbine a vapore, nel 1905. I motori turbo vanno differenziati da quelli aspirati in quanto, in quest'ultimi, l'aria necessaria alla combustione entra naturalmente all'interno del cilindro attraverso un elemento chiamato carburatore. Essa entra alla stessa pressione atmosferica, di conseguenza, dentro al cilindro, quando il pistone si trova a fondo corsa, sarà presente circa la stessa quantità di ossigeno che si trova nello stesso volume "all'aperto".



L'ingegner Büchi si chiese, osservando i gas prodotti dalle turbine a vapore, se fosse stato possibile aumentare la quantità di ossigeno contenuta all'interno del cilindro durante la combustione. Prese così vita una invenzione rivoluzionaria, il turbocompressore che, come dice la parola stessa, comprime l'aria utilizzando una turbina. Il meccanismo è molto semplice e si basa su leggi termodinamiche basilari, come la legge fondamentale dei gas: i gas di scarico uscenti dalla combustione attraverso le valvole di scarico vengono convogliati verso una turbina che, ruotando, raccoglie aria dall'esterno e la convoglia dentro i condotti del turbo. Quest'aria viene poi fatta passare attraverso un dispositivo chiamato intercooler, che raffredda l'aria convogliata dal turbo. Questo è un passaggio fondamentale, perché una certa quantità d'aria, se raffreddata, andrà ad occupare un volume minore, o per meglio dire, nello stesso volume dato, quello del cilindro, sarà possibile contenere più aria, ovvero più ossigeno, permettendo combustioni più efficienti: con un maggior apporto di ossigeno è possibile inserire in camera di combustione una quantità di carburante maggiore aumentando la potenza, nelle auto da

corsa, mentre nelle auto stradali è possibile aumentare l'efficienza del motore evitando che del carburante rimanga incombusto dopo l'esplosione della miscela benzina/aria.

Nelle moderne auto di *Formula 1*<sup>®</sup> è presente per regolamento una sola turbina, collegata ai sei cilindri, che sovralimenta il motore<sup>4</sup>. Ma i grandi sviluppi di questi motori non sono finiti qui. La turbina, come vedremo, fa parte anche del grande e complesso sistema chiamato ERS.

## 1.5 Il sistema ERS

L'ERS, acronimo di "Energy Recovery System", è la parte elettrica dei moderni propulsori di *Formula 1*<sup>®</sup>, che rende le vetture "ibride". Questa tecnologia ha lo scopo di recuperare tutta l'energia che solitamente viene dispersa dai motori termici durante le fasi di frenata o inattività (energia cinetica e termica), per poterla poi recuperare nelle fasi di accelerazione, colmando la mancanza di potenza dovuta alle piccole dimensioni del propulsore termico. L'ERS è formato da quattro componenti principali: due motogeneratori elettrici, una batteria e il sistema delle centraline di controllo. Queste componenti sono quelle strettamente legate al sistema ERS. A loro volta esse sono collegate al motore termico (tramite il sistema turbo e l'albero motore), che risulta essere sia l'elemento che produce tutta l'energia, ma anche l'elemento che l'assorbe quando vi è la necessità.

Per capire bene come funziona tutto il sistema è necessario analizzare ogni componente per poi poter dare una visione d'insieme dell'intero sistema propulsore/turbo/ERS.

I due motogeneratori presenti all'interno dell'ERS sono l'MGU-K e l'MGU-H, dove MGU sta per "Motor Generator Unit", K per "Kinetic" e H per "Heat".

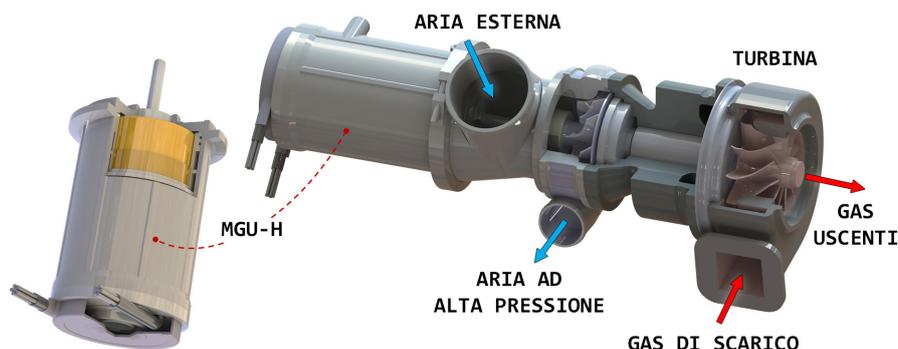
Il primo, l'MGU-K, è il motogeneratore cinetico collegato direttamente all'albero motore. Ha lo scopo di recuperare l'energia dissipata dal motore in fase di rilascio, quando viene chiusa la farfalla e per inerzia l'albero motore continua a girare (grazie al contributo del volano) e di restituire questa energia in fase di accelerazione, fornendo un surplus di potenza al propulsore termico soprattutto a bassi regimi, quando il turbo ha difficoltà a svolgere il suo compito.

Proprio per sanare le lacune del sistema turbo a bassi regimi ed evitare il fastidiosissimo, nonché controproducente, "turbo lag", è stato introdotto nella stagione 2014 il secondo motore elettrico: l'MGU-H, con la H che sta per Heat, in italiano calore. Questo motogeneratore non sfrutta direttamente il calore, ma le conseguenze che il calore stesso ha sulla turbina. In fase di rilascio, o quando il motore si trova ad alti regimi, la turbina è spinta dai gas di scarico e genera quindi energia che viene recuperata dall'MGU-H. In

---

<sup>4</sup>2016 FORMULA 1<sup>®</sup> TECHNICAL REGULATIONS - art. 5.1.6

fase di accelerazione invece l'MGU-H funziona da motore, facendo ruotare la turbina più velocemente in maniera tale da convogliare all'interno del motore termico un'elevata quantità d'aria anche a bassi regimi di rotazione.



Dal punto di vista fisico questi due motogeneratori sono motori a magneti permanenti "*brushless*" (senza spazzole) a flusso radiale, raffreddati a liquido<sup>5</sup>. Sono stati scelti i motogeneratori senza spazzole per la loro efficienza e affidabilità, anche se richiedono un controllo elettronico molto sofisticato. Sono formati da un corpo mobile, detto "rotore", sul quale sono fissati i magneti permanenti, aventi polarità sempre uguale. All'interno del rotore è posizionato un elemento fisso, detto "statore", sul quale sono posizionate bobine di rame che generano un campo magnetico (nel caso in cui si stia utilizzando la modalità motore), o sulle quali viene indotto un campo magnetico (nel caso in cui si stia generando energia elettrica). In entrambe le situazioni le correnti, o i movimenti creati, sono frutto dell'iterazione dei campi magnetici dei magneti permanenti e di quelli indotti nelle bobine di rame (Legge di Faraday-Lenz).

Le batterie che consentono l'accumulo e il prelievo dell'energia elettrica sono sistemi a ioni di litio da circa 20-25 kg di massa.

È importante sottolineare come queste batterie, come del resto quelle tradizionali, lavorino con corrente continua, mentre i motogeneratori sono in grado di lavorare solamente con corrente alternata trifase.

Il meccanismo che collega i due sistemi è il sistema delle centraline di controllo, formato da un insieme di sensori e dal gruppo "inverter", che è in grado di convertire la corrente elettrica da alternata a continua e viceversa. Per il sistema ERS è più corretto parlare di "Co-Inverter" perché lavora in entrambe le direzioni, dalla batteria verso il motogeneratore e dal motogeneratore verso la batteria.

Tutte queste trasformazioni di corrente avvengono a voltaggi e amperaggi

<sup>5</sup>Da "f1analisitecnica.com"

molto elevati, per questo generano molto calore e anche l'impianto ERS necessita, come d'altronde il motore termico, di un sistema di raffreddamento a liquido, che mantiene una temperatura massima costante di 100°C, limite che consente di non accusare perdite di efficienza durante gli scambi di corrente.

Il funzionamento del gruppo dei motogeneratori si complica notevolmente quando (essendo concesso dal regolamento) si vuole trasferire l'energia prodotta dall'MGU-H all'MGU-K. I motogeneratori riescono a creare corrente alternata trifase che varia nel tempo, in base al regime di rotazione che il generatore riesce a mantenere. Per fare in modo che la corrente prodotta dall'MGU-H arrivi con le giuste specifiche all'MGU-K è necessario utilizzare un sistema a "doppio inverter". Il primo inverter converte la corrente alternata trifase proveniente dall'MGU-H in corrente continua con specifiche fisse, mentre il secondo inverter converte questa corrente continua nella corrente alternata con le specifiche adatte al regime di rotazione dell'MGU-K.

Questa è una vera e propria rivoluzione nel campo dei motori ibridi, perché permette di produrre energia cinetica in quantità illimitata sfruttando il calore fornito dal motore termico, senza passare per un sistema di batterie.

Questa innovazione permette di abbattere in maniera drastica i consumi, fornendo una sorta di "pedalata assistita" al motore termico, che faticerà meno ai bassi regimi e avrà bisogno di meno carburante agli alti. Inoltre, non sfruttando la batteria, questa tecnologia permette di diminuire drasticamente anche il consumo della batteria stessa che, essendo meno stressata e eseguendo meno cicli di ricarica, potrà sicuramente avere una durata di vita maggiore.

Nelle auto di serie i motori ibridi sono arrivati molto prima che in *Formula 1*<sup>®</sup>, ma dal 2014 (anno di introduzione del sistema ERS) ed ancor prima dal 2009 (introduzione del KERS), il loro sviluppo è incrementato fortemente, con lo scopo di produrre motori, o meglio, Power Unit sempre più efficienti, sia per quel che riguarda le componenti, sia per quel che riguarda i consumi, nell'ottica di una vita sempre più ecosostenibile.

# Oli Lubrificanti

## 2.1 Introduzione

Per fare in modo che un motore renda al 100%, è necessario che venga lubrificato nella maniera giusta, prestando molta attenzione ai materiali che lo compongono, cercando di minimizzarne gli attriti e i consumi in termini di affidabilità e prestazioni.

In questa sezione verranno analizzati i fluidi lubrificanti di motore e cambio, cercando di comprendere come agiscano sulle meccaniche in movimento.



## 2.2 La composizione degli oli

La maggior parte degli oli lubrificanti è composta da due parti: un olio base e un insieme di additivi. Gli oli base rappresentano la componente preponderante nella maggioranza dei lubrificanti e la loro qualità è direttamente legata alle materie prime ed al processo di lavorazione.

Esistono diversi tipi di oli base, ottenuti mediante lavorazioni e scopi di lubrificazione diversi fra loro<sup>5</sup>:

- Basi minerali: sono una miscela di idrocarburi ottenuta a partire dal greggio mediante un convenzionale processo di raffinazione o mediante processo di idrogenazione media;

---

<sup>5</sup>Classificazione oli base tratta da "chimicionline.it"

- Basi non convenzionali e sintetiche: sono una miscela di idrocarburi ottenuta a partire da processi di conversione molecolare che includono una fase di idrogenazione spinta, nonché tutti i tipi di basi ottenute mediante processi di sintesi chimica. Sono di qualità superiore e presentano un utilizzo in crescita, soprattutto nel settore degli oli motore;
- Basi ri-raffinate: sono ottenute mediante processi efficienti e moderni di ri-raffinazione degli oli usati;
- Basi vegetali: sono ottenute mediante processi di trattamento chimico-fisico solitamente dei semi delle piante.

Gli additivi rappresentano invece tutto l'insieme di elementi specifici che caratterizzano e differenziano l'olio lubrificante nei minimi particolari: una piccola variazione di questi additivi può portare a grandissime variazioni a livello macroscopico all'interno del motore.

Gli additivi si possono classificare in base alle caratteristiche che presentano<sup>6</sup>:

- Modificatori dell'Indice di Viscosità: in modo da mantenere una buona fluidità a basse temperature ed una elevata viscosità ad alte temperature;
- Miglioratori del punto di scorrimento: per abbassare la temperatura alla quale il lubrificante solidifica;
- Antischiuma: evitano la formazione della schiuma quando l'olio è sottoposto a sbattimento, mantenendo così uniforme la pellicola lubrificante.
- Antiusura: realizzano la formazione di molecole lubrificanti le quali, ancorandosi alle pareti metalliche, resistono alle azioni di sfregamento;
- EP (estreme pressioni): reagiscono con le superfici metalliche ad alte pressioni, formando delle sostanze solide lubrificanti che impediscono la saldatura dei picchi metallici a contatto;
- Detergenti/disperdenti: disaggregano la formazione di depositi (polveri, ceneri, residui carboniosi), impedendone la loro riaggregazione.
- Anticorrosivi: contrastano l'azione degli agenti corrosivi formando un film protettivo sulla superficie metallica.
- Antiossidanti: impediscono l'ispessimento del lubrificante provocato dal processo di ossidazione e ne estendono il periodo di utilizzo.

---

<sup>6</sup>Classificazione additivi tratta da "chimicionline.it"

Gli oli lubrificanti vengono classificati, oltre che per le qualità chimiche, anche e soprattutto per la viscosità. Si tratta di una misura della resistenza allo scorrimento di un fluido che tende ad aumentare al diminuire della temperatura e viceversa. Le variazioni di viscosità differiscono per i vari tipi di oli e sono misurate mediante una grandezza appositamente definita, denominata Indice di Viscosità (I.V.), che indica come varia la viscosità di un certo olio al variare della temperatura ed assume valori tanto più alti quanto minori sono le variazioni di viscosità al variare della temperatura. La viscosità permette inoltre alle superfici in movimento di sopportare un carico ed opporsi al movimento relativo delle superfici stesse ("perdite per attrito").

### 2.3 L'analisi degli oli

L'analisi dell'olio permette di capire se ci sono "malattie" in corso o se serve una cura urgente. In *Formula 1*<sup>®</sup> la ricerca dei lubrificanti ha portato a risultati eccezionali, forse più che con le benzine, limitate da una norma europea che impone percentuali di ossigeno e aromatici in misura fissa.

Analizzando l'olio motore o del cambio, i chimici verificano la presenza di metalli e la loro quantità. Se nell'olio del motore, ad esempio, c'è un eccesso di titanio, significa che le valvole stanno cedendo o se c'è un eccesso di magnesio, magari sono le bronzine che stanno per rompersi e lo stesso dicasi per l'alluminio del basamento. Ogni pezzo di un motore è costruito in metalli di tipo diverso a seconda del loro uso, quindi per le bielle materiale leggero resistente al caldo, per le testate rigido e leggero, le valvole a richiamo idraulico o pneumatico sono leggerissime e durissime, spesso in titanio. Con i regimi di rotazione di 15000rpm, e tolleranze di millesimi di micron, l'uso di un olio sottile, poco denso e resistente, permette al motore di girare ad alto regime senza surriscaldarsi. Ma queste ridotte dimensioni provocano ugualmente un attrito fra le parti: con tolleranze minime, succede che un pistone "sfregi" contro il cilindro per cui, ad alta pressione e temperatura, gli attriti provocano una rimozione millesimale dei metalli che compongono il motore.



Questi residui restano in circolo e si depositano nell'olio. Un'analisi allo spettrometro consente di capire subito quale sia la condizione del propulsore e se sta cedendo qualche particolare. Per poter effettuare l'analisi, i tecnici specializzati prelevano l'olio dal serbatoio (l'olio viene prelevato da un serbatoio perché vengono utilizzati motori a carter secco) e lo inseriscono in uno spettrometro: ad ogni elemento di metallo corrisponde una frequenza e quindi uno specifico segnale sullo schermo dello spettrometro. Se quel metallo, a quella determinata frequenza, è in eccesso, scatta il campanello d'allarme e il motore viene monitorato per evitare cedimenti traumatici.

Lo stesso procedimento vale per l'olio del cambio e anche in questo caso si analizzano i vari metalli per capire se una marcia sta per saltare o se la scatola ha dei problemi. Visto che spesso le scatole del cambio sono in carbonio, se ne verifica la quantità presente nel lubrificante.

Se si considera che un cambio di *Formula 1*<sup>®</sup> resiste per 4 Gran Premi (ovvero fra prove e gara oltre 2000 km) e che ci sono solo 5 motori per 21 gare, si capisce il livello di affidabilità e resistenza raggiunto da una *Formula 1*<sup>®</sup> attuale.

E tutto questo grazie ai lubrificanti. Il vantaggio su strada? Una volta si cambiava l'olio ogni 5.000 km, oggi ci sono Case che prevedono tagliandi ogni 50.000 km e la densità è passata da 15 W 50 a 3 W 15, ovvero meno inquinanti, più leggeri e durevoli. Ecco un segno di come la ricerca in *Formula 1*<sup>®</sup> sta aiutando gli automobilisti di tutti i giorni.

# Aerodinamica

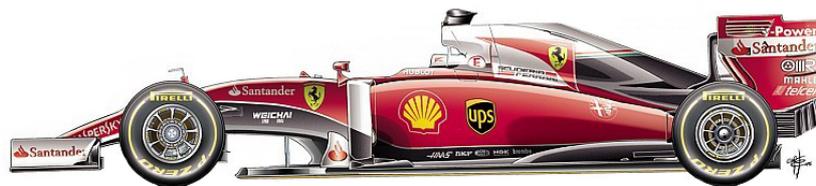
## 3.1 Introduzione

Con il passare degli anni l'aerodinamica è diventata un elemento fondamentale nella progettazione di veicoli da corsa e stradali.

Essa consente di migliorare prestazioni in particolari situazioni di marcia e i consumi di carburante, rendendo le autovetture sempre più evolute, prestazionali e rispettose dell'ambiente.

## 3.2 L'aerodinamica nelle vetture di *Formula 1*<sup>®</sup>

Negli ultimi anni, l'aerodinamica è diventata essenziale nello sviluppo di una monoposto di *Formula 1*<sup>®</sup>: per realizzare una macchina vincente non è importante avere solamente un motore potente e il pilota migliore del Circus; l'elemento fondamentale che rende una vettura competitiva è il telaio in relazione con tutte le componenti aerodinamiche.



Le vetture di *Formula 1*<sup>®</sup> sono "sporche" a livello aerodinamico, perché il cockpit risulta esterno e non riparato da cupolini, ma soprattutto perché le ruote non sono coperte e si trovano esposte a turbolenze continue durante la marcia.

Per pulire i flussi d'aria attorno alla macchina durante il movimento, per diminuire la resistenza all'avanzamento e per migliorare l'aderenza al suolo, bisogna lavorare su tre parametri fondamentali: deportanza, resistenza e bilanciamento aerodinamico.

La deportanza è una forza generata dall'interazione delle componenti aerodinamiche della vettura con i flussi d'aria; questa forza è diretta verso il basso

e ha lo scopo di aumentare l'attrito presente tra gli pneumatici e l'asfalto. Dato che l'attrito è generato dal coefficiente d'attrito, dalla sua impronta a terra e dalla forza agente sullo pneumatico stesso, si cerca di agire su quest'ultima per generare una maggiore aderenza soprattutto in curva.

Per spiegare la creazione della deportanza è utile prendere in considerazione il principio di Bernoulli. Secondo questo principio, velocità e pressione di un fluido sono collegate fra loro, in particolare risultano essere inversamente proporzionali: all'aumentare della velocità diminuisce la pressione e viceversa.

Facendo riferimento ad un'ala di una vettura di *Formula 1*<sup>®</sup>, gli ingegneri e i designer creano dei profili alari che riescono a generare una differenza di velocità dell'aria tra la parte superiore e la parte inferiore del profilo stesso. Le due correnti d'aria che scorrono sopra e sotto l'ala generano a loro volta due pressioni inversamente proporzionali alla velocità di scorrimento. L'aria inferiore dovrà avere velocità maggiore di quella superiore in modo tale da creare una differenza di pressione diretta verso il basso. Moltiplicando il valore della pressione per la superficie alare si ottiene il valore della deportanza. Nel complesso studio dell'andamento aerodinamico non viene presa in considerazione solo l'equazione di Bernoulli, che è estremamente riduttiva e possiede solo natura esemplificativa, ma anche la legge della quantità di moto e l'effetto Coandă, che spiegano altri fenomeni che contribuiscono alla generazione di deportanza e che non sono neanche minimamente citati dall'equazione di Bernoulli, come per esempio l'andamento dell'aria dopo aver lasciato la superficie dell'ala e l'interazione meccanica tra il fluido e l'ala stessa.

In termini tecnici, la deportanza può essere definita come la componente della forza aerodinamica globale, calcolata in direzione perpendicolare alla direzione del vento relativo<sup>7</sup>, ovvero quella componente che riesce ad abbassare un profilo alare che incontra un fluido in movimento.

Per comparare i vari livelli di deportanza e confrontare tra loro i profili alari, si fa ricorso ad un coefficiente adimensionale chiamato *coefficiente di portanza* definito come:

$$C_L = \frac{L}{\frac{1}{2}\rho V^2 S}$$

in cui:

- $\rho$  è densità dell'aria;
- $V$  è la velocità della vettura;
- $S$  è la superficie alare;
- $L$  è la forza di portanza prodotta.

---

<sup>7</sup>Da "Wikipedia.org"

Nelle moderne auto di *Formula 1*<sup>®</sup> la deportanza è generata da apposite componenti distribuite lungo la vettura, ma nel contempo anche dalla vettura stessa che penetra nell'aria. Le componenti più importanti sono l'ala anteriore, l'ala posteriore e il fondo piatto. Nel passato erano presenti altre componenti molto importanti adibite alla generazione di deportanza, come le minigonne e gli scarichi soffiati, ma sono state poi abolite con il passare del tempo per la loro pericolosità, in quanto portavano le monoposto a raggiungere prestazioni troppo elevate.

L'ala anteriore contribuisce circa al 25% del carico aerodinamico totale ed ha il compito di equilibrare le grandi masse presenti nella parte posteriore, gruppo motore/cambio, aumentando l'aderenza delle ruote anteriori in curva.



L'assenza dell'ala anteriore genererebbe un grande sottosterzo, ovvero quel fenomeno per il quale la macchina tende ad andare dritta in curva e non girare nella direzione in cui è diretto lo sterzo, questo per assenza di attrito tra pneumatico e asfalto. Aumentando la forza premente sugli pneumatici anteriori aumenta anche l'attrito, permettendo così alla vettura di girare.

L'ala posteriore ha il compito di aumentare l'aderenza delle ruote posteriori alle alte velocità, soprattutto in curva, per mantenere sotto controllo la vettura ed evitare che le masse posteriori tendano a spostarsi verso l'esterno, causando sovrasterzo.



Il fondo piatto sfrutta appieno il principio di Bernoulli, causando una vera e propria depressione al di sotto della vettura e facendo in modo che rimanga ancorata al terreno anche in condizioni di aderenza precaria. In tutti e tre i casi il meccanismo è il medesimo: l'aria che scorre al di sotto è più veloce di quella che scorre sopra e si viene a creare una forza attrattiva verso il basso. Si potrebbe pensare quindi che alti valori di deportanza siano essenziali per ottenere alte prestazioni, ma non è così: con un'alta deportanza entra in campo un altro fattore, la resistenza aerodinamica. La resistenza aerodinamica è quella forza che si oppone all'avanzamento di un corpo all'interno di un fluido aeriforme. Viene misurata mediante un coefficiente adimensionale detto *Coefficiente di resistenza aerodinamica*:

$$C_D = \frac{D}{\frac{1}{2}\rho V^2 S}$$

in cui:

- $\rho$  è densità dell'aria;
- $V$  è la velocità della vettura;
- $S$  è la superficie alare;
- $D$  è la forza di resistenza aerodinamica.

È fondamentale che questo coefficiente sia mantenuto a livelli bassi, in modo tale che solo una piccola parte di energia venga dissipata per vincere la penetrazione della vettura nel fluido.

Per far sì che questo sia possibile, vengono studiati profili alari che riescano a dare un'elevata deportanza e poca resistenza all'avanzamento, anche se non sempre ciò è possibile. Si cerca, dunque, di mediare tra portanza e resistenza, cercando di trovare un compromesso che permetta di ottenere il massimo delle prestazioni possibili, con il minimo dispendio energetico.

Si parla così di bilanciamento aerodinamico che consiste nel trovare un equilibrio tra masse, fluidi ed elementi aerodinamici. Non sempre questo è semplice, per questo vengono effettuate molte prove in apposite gallerie del vento, dove vengono sperimentate nuove soluzioni e affinate quelle già esistenti.

### 3.3 L'aerodinamica nelle vetture stradali

La maggioranza delle auto stradali non ha bisogno di un'aerodinamica spinta come quella delle auto di *Formula 1*<sup>®</sup>, dato che non può raggiungere velocità tali da poter generare una deportanza sensibile. L'aerodinamica delle vetture di tutti i giorni, anche se viene studiata e trasferita del mondo delle competizioni, ha uno scopo completamente diverso, finalizzato al miglioramento

dell'efficienza, in particolar modo nel campo dei consumi di carburante. Molto spesso, quando si acquista un'automobile, per determinare quanto consuma si fa riferimento solamente alla potenza del motore, alla cilindrata ed al peso della vettura. Ciò è sbagliato, o meglio, molto riduttivo, perché si va ad escludere tutto il mondo dell'aerodinamica. Lo stesso vale anche nelle condizioni di marcia quotidiane: poggiare qualcosa sopra la capote dell'auto, come un portabagagli o una bicicletta, è molto diverso dal non poggiare nulla, oppure semplicemente tenere un finestrino aperto durante la marcia è molto diverso dal tenerlo chiuso.

Entrambe le situazioni sembrano quasi banalità nella vita di tutti i giorni, ma contribuiscono all'aumento del coefficiente di resistenza aerodinamica del veicolo, aumentando la difficoltà con il quale il motore riesce a portare avanti la vettura.



Spesso non pensiamo a tutto ciò, ma per fortuna c'è qualcun altro che lo fa per noi: ingegneri, tecnici progettisti e designer lavorano molto per ridurre il coefficiente di resistenza aerodinamica di una vettura, cercando di creare veicoli dalle linee più curve, meno spigolose, in maniera particolare nei punti più sensibili della vettura: la maschera frontale, la parte iniziale (bassa) del parabrezza, la parte iniziale (alta) del lunotto posteriore e la coda della vettura.

Questi quattro sono considerati i punti più sensibili perché proprio in questi punti il flusso aerodinamico deve cambiare direzione, per seguire l'andamento della carrozzeria, distaccandosi da essa. Quando avviene questo distacco si vengono a creare dei campi di pressione che generano turbolenze e rallentano il veicolo tanto più quanto sono spigolose le linee che lo compongono.

In un futuro, molto prossimo, vedremo automobili dalla linea molto affusolata in grado di ottimizzare al massimo la potenza erogata dal proprio propulsore, evitando di disperdere energia preziosa per vincere la resistenza dell'aria.

# Bibliografia e Sitografia

## Motori Ibridi

- 2016 FORMULA 1<sup>®</sup> TECHNICAL REGULATIONS
- [www.formula1.com](http://www.formula1.com)
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)
- [www.newsfl.it](http://www.newsfl.it)
- [www.flanalisitecnica.com](http://www.flanalisitecnica.com)
- [www.youtube.com](http://www.youtube.com)
- [it.motorsport.com](http://it.motorsport.com)

## Oli Lubrificanti

- [www.chimicionline.it](http://www.chimicionline.it)
- [www.automoto.it](http://www.automoto.it)
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)

## Aerodinamica

- [www.flanalisitecnica.com](http://www.flanalisitecnica.com)
- [www.wikipedia.org](http://www.wikipedia.org)