



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE
FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Meccanica

**Analisi delle evoluzioni delle
motorizzazioni nel settore automotive-
rally**

**Analysis of the evolution of engines in
the automotive rally sector**

Relatore: Chiar.mo
Flavio Caresana

Tesi di Laurea di:
Aleksandar Angjelkoski

A.A. 2021/2022

INDICE

Introduzione.....	4
Capitolo 1	
Motore e sovralimentazione.....	7
1.1 Concetti base	7
1.2 Cuore delle auto da rally.....	10
1.3 Motore aspirato	12
1.4 Sistema di potenziamento.....	17
Capitolo 2	
Storia del rally	28
2.1 Anni `60.....	28
2.2 Anni `70.....	29
2.3 L'epoca d'oro dei rally	31
2.4 Anni `90.....	39

2.5 Anni 2000 fino ad oggi	40
Capitolo 3	
Verso la sostenibilità	42
3.1 Rivoluzione ibrida	42
3.2 Funzionamento del sistema ibrido	44
3.3 Innovazioni e futuro elettrico?	46
Sitografia	48

Introduzione

Il rally rappresenta una delle più grandi prove che l'uomo e la macchina abbiano mai intrapreso contro il tempo e il terreno. Uno sport di squadra composto non solo dal pilota e copilota, ma da un team completo di persone e tecnici specializzati che lavorano duramente per affrontare le prove speciali a cui vengono sottoposti. Una vera e propria disciplina sportiva automobilistica, che nel corso della sua esistenza ha progredito sotto tutti i punti di vista, soprattutto nella realizzazione di particolari vetture che hanno fatto la storia di questo sport.

Si gareggia con auto derivate, con diversi gradi di elaborazione, da modelli di serie. Tale aspetto rende le macchine facilmente riconoscibili dagli spettatori, ed aiuta all'identificazione e sviluppo della passione verso questo settore del motorsport.

Nel presente lavoro verranno dapprima presentate le tipologie di motorizzazioni, con la definizione di alcuni parametri fondamentali che riguardano la caratterizzazione di un motore e parleremo anche della tecnica di regolazione in aumento della coppia, vale a dire la sovralimentazione.

Successivamente troveremo un capitolo dedicato all'intero background del rally, dalla sua nascita fino ad oggi, per infine prospettare alcune innovazioni che potranno rivoluzionare e rendere ancora più unico questo settore dell'automotive.

Capitolo 1

Motore e sovralimentazione

1.1 Concetti base

Il motore è quell'entità che sviluppa forze o coppie motrici che introducono una determinata potenza meccanica nel sistema, una macchina capace di trasformare una fonte di energia, in forma elettrica, chimica o termica, in lavoro meccanico.

È di notevole importanza la comprensione della differenza tra i termini di coppia e potenza di un motore, grandezze che sono legate fra loro grazie al numero di giri del motore (ω).

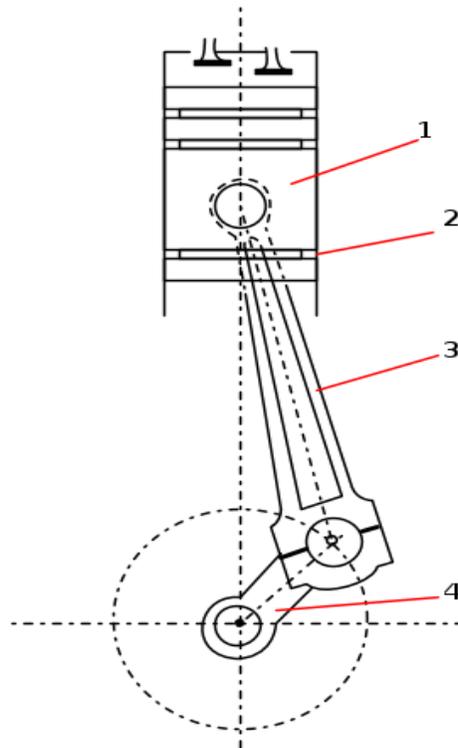
$$P = M\omega$$

La **potenza** (P) esprime la quantità di lavoro che il nostro motore riesce a compiere in un tempo stabilito e la sua unità di misura è il watt che equivale a 1 joule al secondo.

Generalmente nel settore automobilistico il cavallo vapore (CV) è utilizzato come indice per rappresentare la potenza meccanica dei propulsori, legato al watt secondo questa relazione:

$$1kW \cong 1,36 \text{ cavalli vapore}$$

La **coppia (M)** invece indica la capacità del motore di compiere uno sforzo ed è espressa in newton metro. In altre parole, è una forza moltiplicata per una distanza, comunemente chiamata braccio. Per comprenderne al meglio il significato utilizziamo la seguente foto:



Questo è il meccanismo biella-manovella utilizzato per convertire un moto di rotazione in un moto alternativo di traslazione o viceversa, come nel caso dei motori a combustione interna. Essenzialmente maggiore è la distanza tra il punto di fulcro dell'albero motore e l'attacco della biella sulla manovella, maggiore sarà il braccio associato alla forza e conseguentemente anche la coppia. La manovella, che rappresenta il braccio della forza, è indicata con il numero 4, mentre la biella è il componente 3. Questo semplice aspetto genera due motori con caratteristiche completamente differenti, diversi anche in termini di grandezza perché ad esempio il motore di un trattore non ha le stesse dimensioni di un motore di una moto sportiva.

Un motore di una moto che sviluppa 200 CV non avrà sicuramente la coppia necessaria per poter trainare un carico che un trattore riesce a trainare con la massima tranquillità, nonostante magari ha anche meno cavalli ma genera decisamente più coppia.

1.2 Cuore delle auto da rally

I propulsori della auto da rally sono principalmente di due tipi: aspirati o turbo, ai quali dedicheremo due paragrafi per illustrare il loro funzionamento.

Dopo essere stati unici protagonisti delle corse su strada fino ai primi anni '80, i motori aspirati sono ancora adesso nel cuore dei veri amanti del rally grazie al particolare "sound" che emanano, quale ad esempio quello del V6 motore Ferrari Dino 246 montato sulla famosa Lancia Stratos, la prima auto da rally progettata e realizzata esclusivamente avendo come unico scopo quello di vincere il campionato rally.

Ma a seguito dell'avvento del gruppo turbo-compressore, segnato con la prima vittoria di una vettura con motore turbo nel Campionato Mondiale Rally di Svezia del 1979, la realizzazione di motorizzazioni aspirate ha avuto un drastico calo nel mondo rally, nonostante il lento e difficile sviluppo della tecnologia legata al gruppo turbo, dovuto ad esempio al ritardo nell'erogazione della potenza, il famigerato "turbo lag".

Attualmente le motorizzazioni aspirate sono di maggiore presenza nelle classi di cilindrata inferiori del rally, quali ad esempio le classi R2 ed R3, però bisogna dire che la politica sempre più diffusa del “**downsizing**” tende a far aumentare le motorizzazioni turbo anche tra le auto da rally di piccola cilindrata.

Si tratta di una scelta tecnica basata sulla riduzione della cilindrata (spesso anche del numero di cilindri), contrastata dall’adozione della sovralimentazione con turbocompressore, in modo tale da ottenere potenze e coppie paragonabili ai motori di maggiore cubatura. Da questo possiamo dedurre che, a parità di cilindrata, un motore turbo è nettamente più performante di un motore atmosferico. Il downsizing rappresenta da anni la risposta delle case automobilistiche alla necessità di ridurre le emissioni di anidride carbonica, con lo scopo di indirizzarsi verso un progetto globale più sostenibile.

Vediamo ora il funzionamento e le caratteristiche di un motore aspirato e successivamente la tecnica di sovralimentazione.

1.3 Motore aspirato

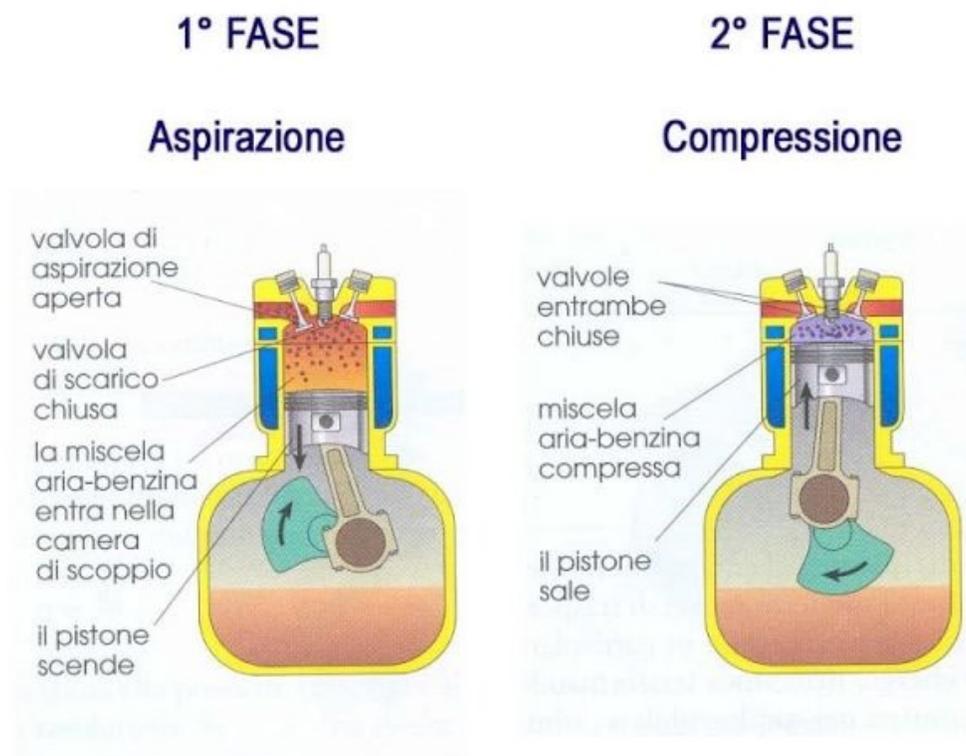
Di principio, ogni motore a combustione interna è un motore aspirato, nome ispirato ad una delle fasi del ciclo termodinamico associato ad esso, ovvero l'aspirazione. Il processo principale che caratterizza il funzionamento di questi motori è la conversione dell'energia chimica prodotta dalla miscela di comburente (aria) e combustibile (benzina, diesel, ecc.) in energia meccanica, che servirà per imprimere un moto rotatorio all'albero motore, che permetterà attraverso la trasmissione, il movimento delle ruote motrici e con esse del veicolo su strada.

Questo movimento viene generato da un ciclo termodinamico costituito di 4 fasi:

(Prendiamo come esempio il ciclo Otto, quello dei motori benzina.)

1. **Aspirazione** dell'aria e del combustibile all'interno della camera di combustione, con il pistone che si sposta verso il PMI e le valvole di aspirazione sono aperte.

2. **Compressione** della miscela aria-benzina da parte del pistone che si sposta dal PMI al PMS, con conseguente innalzamento della pressione interna e del rendimento.
3. **Espansione** della miscela a seguito della rapida combustione avvenuta grazie alla scintilla della candela. (scoppio)
4. **Scarico** dei gas quando il pistone si sposta dal PMI al PMS e contemporaneamente si aprono le valvole di scarico

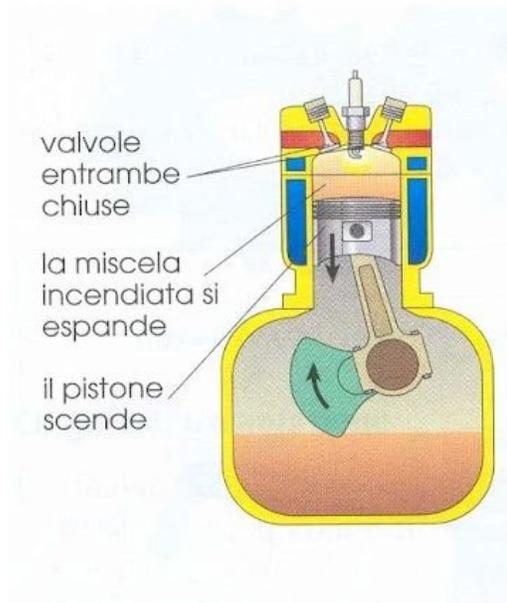


Il punto morto inferiore (PMI) è quello in cui il pistone si trova alla massima distanza dalla testa del cilindro, mentre quando si trova alla

minima distanza dalla testata è arrivato al punto morto superiore (PMS). Il diametro del pistone, inferiore a quello del cilindro di alcuni centesimi di millimetro, viene definito *alesaggio*, ed insieme alla corsa, che è lo spazio percorso dal pistone dal PMI al PMS, rappresentano le misure caratteristiche di un propulsore.

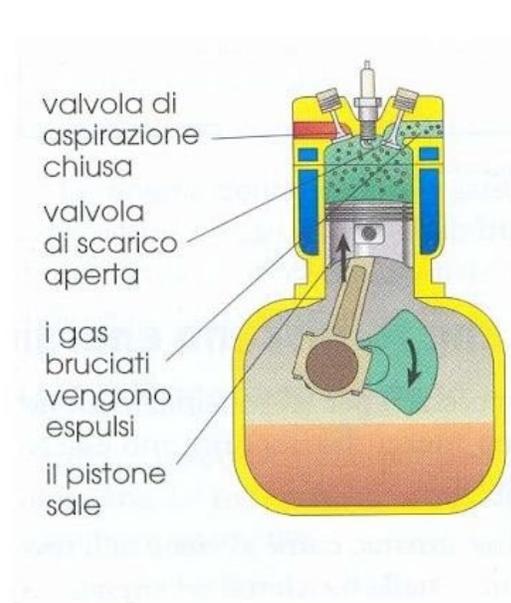
3° FASE

Scoppio - espansione



4° FASE

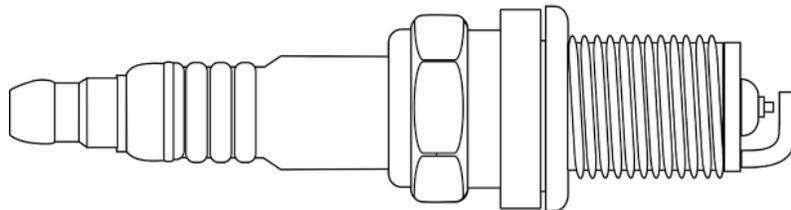
Scarico



La principale classificazione dei motori aspirati, che vale anche per i motori turbo, è determinata dal modo in cui si innesca la combustione all'interno della camera di combustione. Abbiamo due tipi di accensioni:

- **Accensione spontanea:** caratterizzante dei motori diesel, nei quali la combustione avviene spontaneamente, quando il combustibile raggiunge determinate condizioni di temperatura e pressione con l'aria compressa.
- **Accensione comandata:** caratterizzante invece dei motori benzina, in cui l'impianto di accensione fa generare una scintilla all'interno della camera di combustione grazie alla candela, presente sulla testa di ogni cilindro.

Immagine rappresentante una candela:



Concludendo, possiamo dire che il motore aspirato è il motore più semplice in termini di realizzazione e complessità perché, non essendo dotato di un sistema di sovralimentazione, abbiamo solo la presenza del blocco motore. E da un punto di vista della guida, il vantaggio di un propulsore aspirato è di avere una risposta molto diretta e prevedibile, più si aumentano i numeri di giri del motore e più esso spinge. A mio parere, l'unico difetto di un motore aspirato è che se si vuole salire di potenza bisogna aumentarne le dimensioni, motivo per cui le supercar aspirate hanno motori 5000cc, 6000cc (cc sta per centimetri cubici che esprimono la cubatura di un motore) con dieci o dodici cilindri. Così facendo, aumenta notevolmente il costo del motore e il suo ingombro.

In compenso, quando abbiamo un motore V8, V10 o addirittura un V12, bisogna dire che il sound che questi propulsori generano è una libidine, inimitabile per un motore turbo.

1.4 Sistema di potenziamento

Da sempre si è cercato il modo di riuscire ad incrementare il più possibile la potenza di un propulsore a combustione interna. Possiamo dire che esiste una risposta ben decisa e concreta, secondo la quale per accrescere la potenza di un motore, mantenendone invariate le sue dimensioni e quindi la sua cubatura, dovremmo per forza o aumentare la sua velocità massima di rotazione (rpm o giri al minuto) o innalzare i rendimenti termico e volumetrico del propulsore stesso.

Queste succede perché, se manteniamo costante la cilindrata totale del nostro motore, ci si ritrova in uno dei limiti che affligge ogni motore atmosferico, cioè la quantità di aria e combustibile che lo stesso motore è in grado di aspirare naturalmente andando a riempire il cilindro prima della compressione e dello scoppio.

Analizzando poi i tre termini elencati prima, scopriamo che: il rendimento termico, nonostante la sua importanza, non può venirci in contro poi più di tanto. Essendo, infatti, legato al rapporto di compressione, alla forma della camera di combustione, alla dosatura della miscela di carburante e alle modalità con le quali si svolge la

combustione, questo parametro non è facilmente modificabile; il rendimento volumetrico, invece, è un parametro più facilmente utilizzabile ed una delle metodiche che permette la modifica di questo rendimento è proprio la sovralimentazione.

Per sistema di potenziamento, o più comunemente detto “**sovralimentazione**”, si intende l’operazione attraverso la quale si incrementa la densità dell’aria comburente inviata al cilindro, in modo da aumentare corrispondentemente la massa di miscela immessa per ogni ciclo, così facendo si riesce a migliorare il coefficiente di riempimento e quindi il rendimento volumetrico. Per ottenere ciò un motore sovralimentato è dunque equipaggiato con un compressore inserito nell’impianto di alimentazione.

Vediamo ora alcuni cenni teorici considerando la formula che esprime la potenza utile erogata dal motore:

$$P = \frac{\lambda_v V_d \rho_{atm} n k_i}{\varepsilon} \frac{1}{\alpha} \eta_g$$

Dove:

V_d è la cilindrata totale del motore, ρ_{atm} è la densità dell'aria atmosferica, n è la velocità di rotazione espressa in giri al secondo, $\frac{k_i}{\alpha}$ è la cosiddetta tonalità termica, data dal rapporto tra il potere calorifico inferiore e il rapporto di miscela, η_g il rendimento globale, ε rappresenta il numero di giri dell'albero motore per ciclo termodinamico (=1 se 2 tempi; =2 se 4 tempi) ed λ_v è il coefficiente di riempimento esprimibile come:

$$\lambda_v = \frac{m_{aria\ aspirata}}{\rho_{atm} V_d}$$

Questo parametro è di notevole importanza perché quando equivale ad 1 rappresenta il coefficiente di riempimento di riferimento, ovvero la situazione in cui la massa di aria aspirata è quella che occuperebbe l'intera cilindrata del motore, mentre per gli altri due casi si hanno:

- $\lambda_v < 1$ MOTORI NON SOVRALIMENTATI
- $\lambda_v > 1$ MOTORI SOVRALIMENTATI

È immediato verificare che un aumento della massa di miscela introdotta nei cilindri si traduce, a parità degli altri parametri caratteristici del motore, in un incremento di potenza erogata, cosicché è possibile ottenere un determinato valore di potenza con una cilindrata minore.

Questo incremento del coefficiente di riempimento comporta anche l'aumento della pressione media effettiva espressa in bar, vale a dire il lavoro per unità di cilindrata, essendo:

$$P_{me} = \lambda_v \rho_{atm} \frac{k_i}{\alpha} \eta_g$$

La pressione media effettiva viene anche chiamata "indice di sfruttamento della cilindrata" perché per essa vale anche questa relazione in termini di coppia M:

$$P_{me} = \frac{M 2\pi \varepsilon}{V_d}$$

Però, sebbene in molti utilizzino la potenza specifica volumetrica (esprimibile in kW/litro o CV/litro) per quantificare il grado di sfruttamento della cilindrata, ciò non è realmente corretto. Propongo un esempio pratico. Una Audi R8 ha una potenza specifica di ben 117,4 CV/litro, mentre un'Audi A1 1.6 turbodiesel sviluppa soltanto 69 CV/litro. Ebbene la A1, con una *pme* massima di quasi 20 bar, sfrutta meglio la cilindrata rispetto alla R8 che ha una *pme* massima di 13,5 bar.

I divulgatori che si spingono un po' oltre riguardo a queste forme di potenza, parlano anche di potenza specifica areale (MW/m²), un altro parametro legato al grado di esasperazione del motore. Esso non è altro che la potenza di un motore rapportata all'area dello stantuffo o pistone:

$$P_{areale} = \frac{P}{Z \frac{\pi D^2}{4}}$$

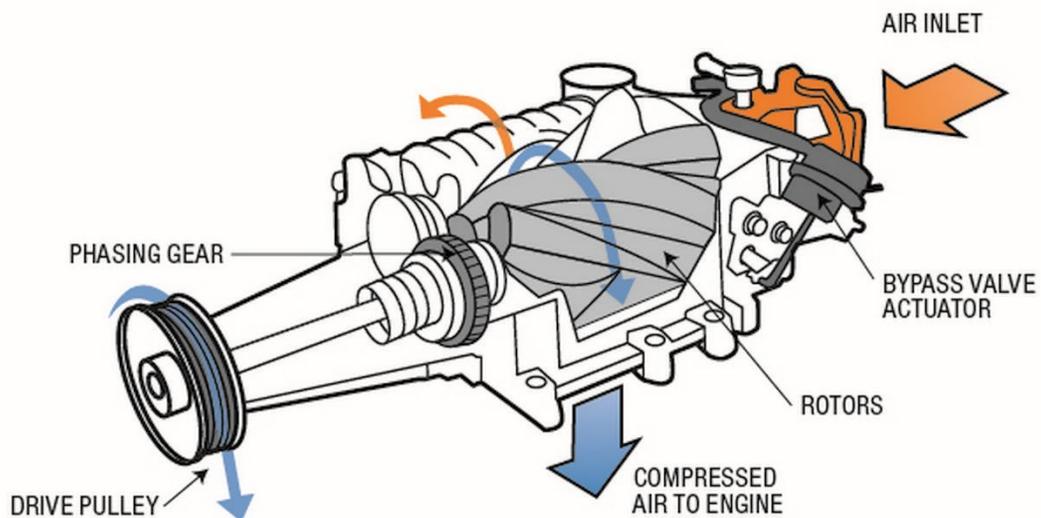
Dove Z indica il numero di cilindri e il termine a fianco rappresenta l'area della sezione del singolo pistone.

Allo stato attuale dello sviluppo tecnologico, in campo automobilistico così come nelle auto da rally, vengono impiegati due differenti sistemi di sovralimentazione:

- **Turbo** (Turbocharged per gli americani)
- **Compressore meccanico** (Supercharged per gli americani)

Schema compressore volumetrico:

POSITIVE DISPLACEMENT SUPERCHARGER

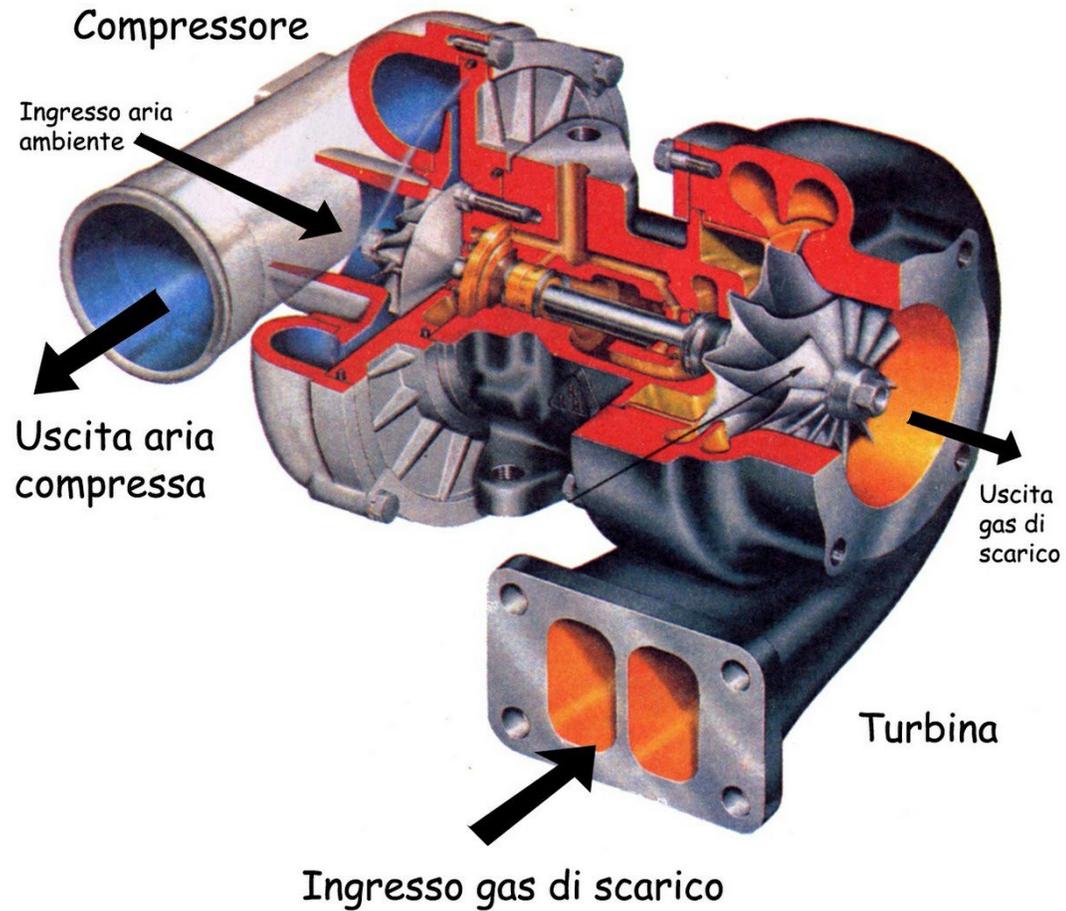


In questa situazione, il compressore è azionato meccanicamente tramite una cinghia o una catena collegata direttamente all'albero motore, assorbendo così una parte del lavoro utile del nostro motore necessario per il suo funzionamento. Una puleggia fissata all'albero motore muove una puleggia (più piccola) fissata ad uno degli alberi del compressore a lobi, nel quale si comprime l'aria che viene poi mandata con maggiore pressione nei cilindri. Sostanzialmente, ad ogni aumento della velocità di rotazione del motore, aumenta la velocità di rotazione del compressore con conseguente incremento di aria compressa e inviata all'interno della camera di combustione.

Attraverso questo tipo di sovralimentazione si riesce ad incrementare le prestazioni del motore su un arco di regime medio-basso, cosa che invece i motori turbo-sovralimentati non riescono a garantire.

Queste caratteristiche fanno sì che i benefici sulla coppia erogata siano percepibili fin dai bassi regimi, consentendo una prontissima risposta al pedale del gas. Per contro, all'aumentare del numero di giri, l'efficienza di questo sistema peggiora perché svolge un ruolo importante l'attrito, il quale aumenta notevolmente. Bisogna dire anche che il rendimento complessivo del motore viene ridotto, cioè aumenta la potenza ma aumentano di molto anche i consumi.

Vediamo ora il gruppo turbo:



Questo sistema è composto da due parti calettate tra loro da un albero:

- Turbina (lato caldo)
- Compressore (lato freddo)

Il vantaggio più grande che si ha usando questo sistema, rispetto ad esempio alla sovralimentazione con il compressore volumetrico, è che non si sottrae energia utile al nostro motore per azionare il compressore, ma si sfrutta l'energia residua dei gas di scarico che altrimenti andrebbe persa. A livello teorico, l'efficienza è migliore e il rendimento del nostro motore aumenta.

Sia il turbo che il compressore al loro interno dispongono di un alloggiamento a forma di chiocciola, dove sono disposte le rispettive giranti (organi rotanti) le quali ruotano alla stessa velocità angolare essendo collegate tra di loro tramite un albero che scorre su due bronzine o due cuscinetti internamente lubrificati. Quando i gas di scarico hanno valori sufficientemente elevati di energia (sotto forma di energia cinetica e di entalpia), si aziona la girante della turbina che conseguentemente provoca la rotazione della girante del compressore; arrivati a questo punto ci troviamo nel caso analizzato per il compressore volumetrico, il quale ha il compito di comprimere l'aria e inviarla in maggiore quantità nel collettore d'aspirazione.

Praticamente, questo è un circolo che si auto alimenta e che consente un sostanziale incremento di prestazioni principalmente a giri medio - alti del motore; il turbocompressore per raggiungere le

ideali condizioni di funzionamento deve essere investito da una notevole quantità di gas di scarico, per vincere le inerzie delle due giranti, che normalmente non è disponibile a basso regime. Motivo per cui si parla spesso del problema del turbo - lag, ovvero il ritardo alla risposta. D'altro canto, il compressore volumetrico consente prestazioni inferiori agli alti regimi, in intervalli di funzionamenti in cui il turbocompressore non ha rivali.

Certamente la soluzione migliore sarebbe l'applicazione contemporanea di un compressore volumetrico per i bassi giri e di un turbocompressore per gli alti, tecnica utilizzata per la prima volta proprio in una particolare auto da rally che vedremo più avanti.

Anche il turbo, nonostante non vi sia un collegamento meccanico con il motore, produce una perdita di carico nel condotto di scarico questo perché proprio la sua presenza lungo il percorso dei gas di scarico crea una certa contropressione che obbliga i pistoni a svolgere maggior lavoro passivo nella fase di espulsione dei gas.

Infine, dato che il motore endotermico è una macchina volumetrica cioè una macchina nella quale il fluido di lavoro viene sostituito ciclicamente, mentre il turbocompressore è una macchina dinamica

dove il fluido si muove a flusso continuo, non è così semplice accoppiare fluidodinamicamente queste due diverse macchine all'atto della progettazione.

Capitolo 2

Storia del rally

2.1 Anni '60

Il termine rally vede la sua nascita verso la prima metà degli anni Sessanta, periodo in cui tale concetto è ancora incerto e questa tipologia di disciplina vive il suo periodo pionieristico. Chiunque abbia un'auto può disputare e vincere le gare, rappresentate da manifestazioni ben diverse tra loro ma che essenzialmente si basano sulla resistenza delle vetture e non sulla velocità impressa dai piloti.

Questo perché bisogna considerare che a quell'epoca solo il fatto di completare percorsi di un migliaio di chilometri rappresentava un'impresa per i piloti, a causa della struttura tecnica delle auto che gareggiavano a velocità medie di 40-50 km/h e della viabilità delle strade.

2.2 Anni '70

Tutto cambia a partire dalla seconda metà degli anni Settanta, dove nuove regole rendono più interessanti ed avvincenti le gare. Il miglioramento della viabilità e l'incremento dell'affidabilità e delle prestazioni delle auto, in particolare questo ultimo aspetto, sono fattori che accrescono l'interesse delle case automobilistiche, dei media e del pubblico per questo sport. Parliamo di auto di serie, dalle quali si derivano delle versioni da competizione, che vengono modificate nel loro allestimento e i padri costruttori si concentrano sulle potenzialità tecniche ed ingegneristiche.

L'anno 1974 segna la creazione della prima auto da rally concepita a tavolino con l'unico scopo di vincere: La Lancia Stratos



Qui il rapporto tra rally e auto partecipanti si inverte; non si tratta più di un'auto derivata da una produzione di serie, ma si progetta un motore da corsa di cui si predispone una versione stradale da produrre nel numero minimo obbligatorio di esemplari per approvarne l'omologazione.

La Stratos era equipaggiata con motore 6 cilindri a V aspirato di cilindrata pari a 2.418 cm^3 che possedeva 12 o 24 valvole in base al suo utilizzo stradale o da corsa. Il motore si trovava in posizione centrale longitudinale ed arrivava a sprigionare 190 CV a 7.000 giri. Nelle versioni da rally la Stratos raggiungeva potenze nell'ordine di 280 CV a 8.500 giri, con accelerazioni brucianti.

Ma ciò che indubbiamente rimarrà nei cuori dei veri appassionati è il fantastico sound che tale vettura emanava, che consiglio vivamente di ascoltare in uno dei tanti video riguardanti questa auto.

2.3 L'epoca d'oro dei rally

La Stratos aprì le porte verso un periodo pieno di novità e tecnologie che spinsero le auto da rally ad un livello mai visto prima. Il nuovo regolamento consentì la realizzazione di auto spettacolari ed estremamente performanti; si raggiunsero potenze nell'ordine dei 600 CV, che muovevano masse di circa 900 chili.

Nuove norme entrano in vigore dal 1982, generando così la suddivisione delle vetture in tre Gruppi: N, A e B. (gruppi in ordine crescente di sofisticazione)

La classe regina è il Gruppo B, dove è necessaria una produzione minima di 200 esemplari l'anno per la questione omologazione, e le concessioni regolamentari portano alla realizzazione di vetture rappresentanti dei veri e propri laboratori tecnologici su quattro ruote, i cui limiti vanno ben oltre le possibilità di controllo dei piloti. Il rogo nel quale bruciano Henri Toivonen e Sergio Cresto in Corsica, a guida della Lancia Delta S4, la Ford RS200 di Joaquim Santos e Miguel Oliveira che si schianta tra la folla in Portogallo, l'incidente gravissimo avvenuto in Argentina a Vatanen, che gli costò molti giorni in coma, fanno capire al mondo dei rally che è ormai arrivato

il momento di alzare il piede dall'acceleratore. Questo portò, nel 1987, all'eliminazione del gruppo B dal campionato rally.

Vediamo adesso brevemente le caratteristiche dei principali "mostri" che hanno animato la categoria B.



La **Renault 5 Maxi Turbo** montava un motore da 1.550cm³ turbocompresso, in posizione posteriore centrale, capace di erogare 250 CV. Trazione posteriore e peso di circa 950 chili.



L'**Austin Metro 6R4**, unica vettura del Gruppo B a montare un motore V6 da 3.000cm³ aspirato in posizione centrale longitudinale. Potenza massima erogata di circa 410 CV attorno ai 9.000 giri/minuto sprigionabile su tutte e quattro le ruote. Il suo problema era la perdita di potenza ai bassi regimi, essendo un motore aspirato.



La **Peugeot 205 Turbo 16**, dotata di motore 4 cilindri in linea di 1.775cm³ sovralimentata da un turbocompressore in grado di sviluppare 350 CV. Propulsore in posizione centrale trasversale e trazione integrale permanente.



La **Ford RS 200**, che debutta nella categoria B un po' tardi rispetto le altre auto elencate, spinta da un motore turbocompresso di 1.780cm³ capace di erogare 500 CV grazie alla trazione integrale.



La **Lancia Rally 037**, motore 4 cilindri in posizione centrale di cilindrata pari a 2.000cm^3 sovralimentato con compressore volumetrico capace di erogare 325 CV sulle ruote posteriori.

Nelle prime stagioni la vettura si dimostra valida, ma in seguito viene superata dalle Gruppo B di nuova generazione a trazione integrale dotate di turbo che permettono potenze maggiori, motivo per cui la Lancia schiererà anni dopo la mitica Delta S4.



L'**Audi Quattro Sport S1**, colei che succede alla **Audi Quattro Sport**, prima auto da rally con trazione integrale permanente, dotata di un 5 cilindri turbo da 2.133cm³ montato in posizione anteriore longitudinale capace di produrre fino a 450 CV.

L'Audi Quattro Sport S1 ha lo stesso motore della quattro sport montato però su un telaio con passo accorciato e propulsore potenziato fino a 560 CV. La carrozzeria è in materiale composito per risparmiare peso e posteriormente si ha la presenza di un grande spoiler.



Infine, non perché di minore rilevanza, anzi, anche in casa Lancia decisero che era giunto il momento di passare alla trazione integrale, per opporsi alla titolata Audi Quattro, dando vita alla **Lancia Delta S4**, 4 come le ruote motrici e S per la sovralimentazione.

Motore 4 cilindri in linea in posizione centrale longitudinale con cilindrata pari a 1759cm³.

Si tratta della prima auto al mondo dotata di un doppio sistema di sovralimentazione con compressore volumetrico Volumex e

turbocompressore KKK, attraverso il quale un peso piuma di soli 900 kg era in grado di erogare intorno ai 580 CV di potenza.

Con questa tecnica, i tecnici ed ingegneri Lancia presero il meglio dai due metodi di sovralimentazione, da un lato il compressore che non avendo ritardi in risposta garantiva delle spinte ed accelerazioni istantanee, dall'altro lato invece tutta la potenza sprigionabile agli alti regimi di funzionamento del motore grazie al turbocompressore.

In questo modo ai bassi regimi funzionava solo il volumetrico, dando appunto alla macchina quella prontezza di risposta tipica delle auto aspirate, mentre oltrepassata la soglia dei 5000 giri/min si bypassava il compressore ed entrava in gioco il turbo.

Le auto del gruppo B erano veramente indomabili, pericolose e gli standard di sicurezza dell'epoca erano pressoché insufficienti. La morte del pilota Henri Toivonen, l'unico in grado di portare al limite la S4, e del copilota Sergio Cresto, oltre a vari incidenti e tragedie, fece decidere alla FIA di abolire il gruppo B ritenuto estremamente pericoloso.

2.4 Anni '90

Con l'abolizione del Gruppo B, le vetture del Gruppo A rimangono le uniche in grado di giocarsi la vittoria del mondiale, obbligando le case automobilistiche, come Lancia, Ford e Audi, a sviluppare nuove auto sulla base del regolamento Gruppo A. In questa categoria si presentano anche nuove marche automobilistiche come Mazda, Mitsubishi, Subaru e Toyota mentre abbandonano Peugeot e Austin.

Dalla stagione 1997, attraverso un nuovo regolamento tecnico, si introduce un nuovo gruppo, denominato **WRC**, che permette maggiore libertà nello sviluppo tecnico suscitando così maggiore interesse verso nuovi costruttori. Inizialmente però, le prestazioni delle vetture di questo nuovo gruppo rispetto a quelle del Gruppo A erano simili e non determinanti, motivo per cui Mitsubishi con la **Lancer Evo V**, vettura del Gruppo A dotata di motore 4 cilindri in linea 2000cm³ turbocompresso, riuscirà a vincere i mondiali dal 1997 al 1999, nonostante la presenza di vetture WRC.

2.5 Anni 2000 fino ad oggi

Gli anni duemila sono segnati da una perdita di potenza delle auto da rally, mentre emergono nuove questioni riguardanti la sicurezza dei piloti e non solo. Purtroppo, troppi spettatori non capiscono i potenziali pericoli e non si rendono conto della velocità delle vetture. Di conseguenza, si posizionano in luoghi pericolosi, riponendo troppa fiducia nelle capacità dei conducenti e nell'affidabilità delle auto, e dimostrando spesso una mancanza di comprensione o conoscenza di base delle norme di sicurezza. È responsabilità di tutti assicurarsi che tutti gli spettatori si trovino in una posizione sicura e siano consapevoli dei pericoli di un'auto che perde il controllo. Motivo per cui una delle più grandi sfide per il rally è garantire la sicurezza del pubblico.

A causa della crisi economica internazionale, nel 2009 Suzuki, Subaru e Mitsubishi, tre dei principali costruttori della massima serie, decidono di ritirare le proprie squadre ufficiali dal Campionato rally.

Nel 2011 viene introdotto il nuovo regolamento tecnico, che prevede per tutte le WRC l'uso di un motore **turbo** con cilindrata pari a 1600cm³. Le vetture finora utilizzate sono la **Citroën DS3**, la **Ford Fiesta**, la **Mini Countryman** la **Volkswagen Polo**, che dal 2013 è diventata l'auto da battere. Nel 2014 si rimette in gara anche la **Hyundai**, con la **i20 WRC**, mentre nel 2016 è stato il turno della Toyota con la **Yaris WRC**.

Nel 2017 entrano in gioco le WRC Plus, vetture più veloci e performanti rispetto le WRC. Modifiche che, come l'allargamento della flangia del turbo, permettono ai motori di passare dai circa 300 CV dichiarati delle auto WRC a quasi 380 CV.



Ford Fiesta WRC Plus

Capitolo 3

Verso la sostenibilità

3.1 Rivoluzione ibrida

Partiamo da un dato importante: fino all'anno scorso, le auto da rally del campionato del mondo, come la Ford Fiesta WRC plus, potevano tranquillamente essere acquistate e circolare sulle strade ma nelle versioni di produzione di serie che sono nettamente meno performanti.

Da quest'anno, le World Rally Car plus (WRC) saranno sostituite da nuove auto chiamate **Rally1**, dei veri e propri prototipi super tecnologici, costruite praticamente da zero dalle scuderie di costruttori con un telaio spaceframe progettato per offrire ancora più protezione in caso di incidente, e che presentano tantissime novità che riguardano non solo la performance ma anche la sostenibilità. Il cambiamento più significativo è quello associato all'introduzione di un motore elettrico accoppiato a quello classico a combustione interna, raggiungendo così una potenza di picco pari a circa 514 CV.

Il motore a combustione, 1.6 litri turbo, viene utilizzato praticamente durante tutto lo svolgimento della gara, mentre la potenza extra del motore elettrico fornisce delle spinte ulteriori, dette "boost", utilizzabili solamente ad intervalli limitati dal regolamento e durante le fasi sotto accelerazione secondo mappe create dai team e dai piloti.

Ogni vettura sarà dotata di un'unità ibrida comune fornita dall'azienda tedesca **Compact Dynamics**, la quale fornisce già componenti di questo genere per altre categorie del motorsport come la Formula 1, Formula E e l'Endurance. L'unità ha un peso complessivo di circa 87 kg ed è classificata come P3: questo vuol dire che il motore elettrico lavorerà a valle del cambio sull'albero di trasmissione. La batteria da 3.9 kWh, fornita dall'azienda **Kreisel Electric**, è abbinata ad un motore MGU capace di fornire fino a 100 kW di potenza (136 CV) e 180 Nm di coppia.

Nella fase di frenata e rilascio, il sistema recupera l'energia che generalmente viene dissipata e con questa ricarica la batteria, la quale potrà essere anche ricaricata dall'esterno collegando la vettura ad un alimentatore durante le pause servizio. La frenata può ricaricare la batteria sino a 30 kW.

Vediamo ora le modalità di utilizzo di tale sistema.

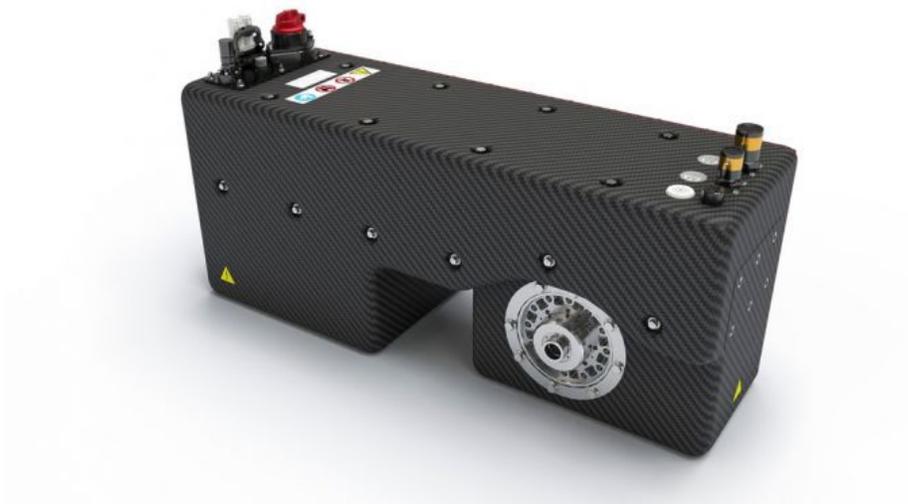
3.2 Funzionamento del sistema ibrido

La prima mappatura e quindi la potenza extra ibrida si attiva alla partenza di ogni prova speciale dove il pilota avrà a disposizione la massima potenza, in combinazione con quella del motore termico, per circa dieci secondi. Oppure il pilota potrà disattivare la spinta dell'ibrido premendo sul pedale del freno o rilasciando l'acceleratore, o addirittura tirando la leva del freno a mano otterrà l'intera disattivazione della propulsione ibrida. Questa rappresenta la **Stage Start Mode**.

Poi abbiamo la modalità completamente elettrica, **Full Electric Mode**, dove l'auto funzionerà esclusivamente in elettrico durante gli spostamenti nei centri abitati e nelle zone del service park per un tragitto massimo di circa 20 chilometri. In questa situazione sarà sicuramente lo spettacolo a risentirne, perché il sound delle auto, la loro accensione e tutto il resto sono fattori che rappresentano l'attrazione principale per tutti gli spettatori, anche quando le auto procedono lentamente o sono ferme.

Infine, troviamo la **Stage Mode**. I piloti in prova speciale avranno a disposizione tre mappe di copia ibrida omologate e potranno così decidere come usufruire dei 136 CV di potenza extra. Le mappe si basano solamente sulla posizione del pedale acceleratore e del pedale freno e per poterle utilizzare i piloti dovranno aver accumulato abbastanza energia così da raggiungere la fase di rigenerazione valida, "valid regen". Questo significa anche che il sistema ibrido si modellerà sullo stile di guida di ciascun pilota e non solo sulle caratteristiche della prova speciale da effettuare.

Ricapitolando, l'unità ibrida si compone di un motore generatore MGU, un'unità di controllo e una batteria, il tutto in un involucro di carbonio per resistere ad eventuali impatti:



3.3 Innovazioni e futuro elettrico?

La sicurezza è stata uno dei principali temi riguardanti la ricerca e lo sviluppo delle nuove Rally1. Il nuovo telaio spaceframe, dotato di un rollbar disegnato appositamente per le competizioni, costituisce la base della vettura e secondo i test e le simulazioni della FIA (Federazione Internazionale dell'Automobile), rispetto alle auto da rally WRC precedenti, le Rally1 hanno confermato un incremento significativo delle performance di sicurezza in tutti gli scenari di crash presi in considerazione.

Gli impatti laterali hanno mostrato una riduzione del 51% delle intrusioni nella zona dei piloti. Nella zona posteriore invece, l'introduzione di un secondo rollbar ha ridotto l'intrusione del 38%. La sezione del tetto può assorbire fino al 115% di energia in più durante un cappottamento rispetto le WRC precedenti. Inoltre, anche gli impatti frontali vengono assorbiti molto meglio, riducendo le intrusioni frontali addirittura del 70%.

Un'altra grande novità del 2022 sarà il passaggio all'uso di carburante 100% sostenibile, privo di idrocarburi fossili e fornito da P1 Racing Fuels.

Un grande progetto per il futuro è che i parchi assistenza del WRC possano essere alimentati da fonti di energia sostenibili; in un futuro prossimo si prevede di utilizzare anche generatori ad idrogeno.

Nel più lungo termine, il WRC potrebbe avere infatti il potenziale per diventare completamente elettrico. Mentre i governi e le case automobilistiche tentano di eliminare completamente i motori a combustione nel perseguire i loro obiettivi di cambiamento climatico, i rally potrebbero diventare lo sport motoristico ideale presso cui mettere in mostra la varietà e le prestazioni sempre più all'avanguardia dei veicoli elettrici. Ci sono già state alcune auto elettriche da rally sperimentate con successo: Pirelli ha recentemente collaborato con il pluricampione austriaco Raimund Baumschlager per la creazione di una Skoda Fabia a propulsione elettrica dai risultati promettenti. Tutto ciò, però, fa ancora parte del futuro. Per ora, infatti, l'introduzione dell'alimentazione ibrida per il 2022 è solo l'inizio di un'entusiasmante nuova era per il WRC: una rivoluzione che promette di regalare ancor più emozioni e, al tempo stesso, di compiere un importante passo avanti verso un mondo più sostenibile.

Sitografia

[WRC - Ecco come funzionerà l'ibrido sulle Rally1 - Rallyssimo](#)

[Rally Montecarlo, come funzionano le WRC ibride - RED Live \(red-live.it\)](#)

[Il rally e l'evoluzione della specie \(pirelli.com\)](#)

[I veicoli ibridi: facciamo chiarezza \(autotecnica.org\)](#)

[Ingeup - L'incredibile storia del rally!](#)

[Cosa sono i rally \(thatsrally.it\)](#)

[Il motore delle auto da rally \(thatsrally.it\)](#)

[WRC | Come funzionerà l'unità ibrida e la potenza extra nelle nuove Rally1: la sintesi \(motorionline.com\)](#)

[Lancia Rally 037 - Tecnica - Compressore Volumetrico](#)

[25 domande più frequenti sulle auto da rally – Racemarket.net Blog](#)

[Carburanti verdi e sistemi plug-in, dal 2022 la FIA elettrifica il mondiale Rally - La Stampa](#)

[Motore auto aspirato o turbo: quali sono le differenze? | Verti](#)

Appunti della materia Macchine e sistemi energetici del prof. Flavio

Caresana.