**Sommario**

# MOOC 3a settimana: Il motore a combustione

**Descrizione generale del modulo**

L’obiettivo della 3a settimana è quello di fornire un’introduzione sul funzionamento dei motori a combustione interna e sul relativo impatto sulla società e sull’ambiente. L’argomento viene suddiviso in 5 tematiche.

**Panoramica/Meccanica del motore**

Uno dei requisiti fondamentali per il funzionamento di un motore è la presenza di un’energia legata chimicamente, composta da due elementi principali: carbonio e idrogeno. Durante la combustione, che richiede necessariamente l’intervento dell’ossigeno, quest’ultimo e il carbonio vengono convertiti in anidride carbonica (o CO2), mentre l’idrogeno reagisce con l’ossigeno formando acqua (H2O). Attraverso la combustione, l’energia chimica si trasforma in calore e in lavoro. Il lavoro viene trasferito dal motore alle ruote motrici. In altre parole, si crea la forza di propulsione che consente al veicolo di percorrere determinate distanze. Ed è proprio in questo modo che guidiamo le nostre automobili.

I video disponibili in inglese e in tedesco riassumono i diversi aspetti della meccanica del motore.

**I combustibili di alimentazione del motore**

Sulla base dei diversi combustibili di alimentazione, è possibile distinguere due principali tipologie di motori a combustione interna:

1. Motori con accensione a scintilla, che possono impiegare
   1. Benzina
   2. Alcoli: (bio --) etanolo, metanolo
   3. Combustibili gassosi: gas naturale compresso (GNC); gas di petrolio liquefatti (GPL); biogas (miscela di metano e anidride carbonica); idrogeno

* Accensione supportata da una candela

1. Motori con accensione per compressione, che possono impiegare:
   1. Diesel, biodiesel o esteri metilici dell’olio di colza (RME)

* Auto-accensione quando la temperatura e la pressione sono sufficientemente elevate

Le raffinerie sono in grado di estrarre dal petrolio greggio numerosi tipi di combustibili fossili, ognuno con diverse proprietà chimiche e fisiche – e relative applicazioni. Rispetto alla benzina, le caratteristiche del diesel rendono i motori a combustione interna a tutt’oggi ancora preferibili da un punto di vista dei consumi (e quindi delle emissioni di CO2). Il petrolio greggio è, e rimarrà anche in futuro in un orizzonte di medio termine, economicamente conveniente sotto il profilo della produzione e del trasporto, mentre l’elettricità e le infrastrutture dell’idrogeno necessitano ancora di sviluppi logistici ed economici di ampia portata. I combustibili sintetici e i bio-combustibili possono rivelarsi delle alternative valide per il periodo di transizione e contribuire a ridurre il fenomeno del cambiamento climatico in attesa dello sviluppo del progresso tecnologico. Nel lungo termine, tuttavia, la soluzione più promettente sembra essere rappresentata dall’idrogeno, in associazione a fonti rinnovabili e in un contesto produttivo notevolmente evoluto.

**Preparazione della miscela e combustione**

I processi di preparazione della miscela e della combustione definiscono la qualità dell’energia disponibile, la tipologia e la quantità delle emissioni. Il compito del sistema deputato alla generazione della miscela consiste nel garantire, in ogni condizione di operatività (velocità del motore e coppia), un adeguato rapporto tra aria e carburante nel cilindro, in modo da poter disporre di una quantità sufficiente di combustibile per fornire la coppia necessaria e di un adeguato apporto di aria (ossigeno) per portare a termine il processo di combustione. Mentre in passato erano stati sviluppati svariati impianti di iniezione meccanica progressivamente sempre più complessi, oggi tutto è più semplice grazie all’impiego del controllo elettronico. L’intelligenza di controllo è stata trasferita al software, che ha consentito di realizzare dispositivi più efficienti nelle più svariate condizioni di operatività. Fondamentalmente, i processi che avvengono nella camera di combustione e utilizzano benzina e diesel sono completamente differenti fra loro. La combustione a benzina (detta diffusiva) è molto omogenea, al contrario di quanto si verifica invece con il diesel, dove il processo avviene in condizioni disomogenee.

**Post-trattamento dei gas esausti**

La maggior parte delle emissioni esauste dei motori a combustione interna (80%) consiste di azoto e anidride carbonica. Seguono poi vapore acqueo, ossigeno e altri gas. Solo una minima parte, contenuta attualmente nella misura di poche parti per milione (ppm) a seguito dell’intervento dell’impianto catalitico, è rappresentata da emissioni tossiche. Sebbene i motori a combustione interna emettano oltre 2000 sostanze, la legislazione impone dei limiti esclusivamente sul carbonio, sugli idrocarburi (totali e non metanici), sugli ossidi di azoto (NOx – un valore riassuntivo composto soprattutto da monossido di azoto (NO) e diossido di azoto (NO2), e sui particolati (svariate particelle di diverse dimensioni, la cui misura viene espressa in concentrazione nell’aria). Attualmente, tutti i motori a combustione interna sono dotati di sistemi post-trattamento e la maggior parte delle emissioni si forma nel corso del primo minuto dopo l’avvio del motore, quando il sistema catalitico non è in funzione a causa della temperatura inadeguata. Le soluzioni più moderne e avanzate includono sia un convertitore catalitico, sia un filtro per particolati come parte del sistema di scarico.

**Impatto sociale e ambientale dei motori a combustione interna**

I motori a combustione interna, e la loro relativa infrastruttura, possono beneficiare di quasi 130 anni di progresso e ottimizzazione. La prosperità e la crescita economica del nostro sistema si basano sulle attuali soluzioni di mobilità: qualsiasi cambiamento improvviso potrebbe quindi rappresentare una minaccia per la società attuale. Nei contesti ove queste tipologie di motore hanno ancora un ruolo importante, è pertanto fondamentale una fase di transizione che eviti mutamenti troppo repentini. A causa dell’accessibilità economica e della convenienza, il numero di veicoli a combustione interna in tutto il mondo ha raggiunto cifre esorbitanti (con produzione annuale di circa 100 milioni di unità), con conseguenze ambientali (soprattutto con riferimento al cambiamento climatico) che non possono più essere ignorate. Occorre introdurre sul mercato delle alternative. La propulsione elettrica in e per tutti i veicoli sembra rappresentare una buona soluzione - soprattutto a livello locale, nelle future megalopoli di tutto il mondo -, utile a diminuire drasticamente l’inquinamento atmosferico e acustico. Sulle lunghe distanze, invece, la propulsione elettrica alimentata o supportata da celle a combustibile di idrogeno sembra essere l’opzione più adeguata. L’analisi del ciclo di vita – come unico approccio scientifico – dimostra che i veicoli elettrici riducono notevolmente l’impronta di CO2 solo se utilizzati per lunghi periodi o distanze notevoli. Con riguardo alla produzione e al riciclo, la prestazione di questi veicoli è inferiore rispetto alle soluzioni convenzionali. L’effetto positivo delle auto elettriche in fase di utilizzo è migliore se l’elettricità è prodotta da fonti rinnovabili (vento, acqua, sole). Per far sì che la mobilità elettrica abbia successo e si traduca in un vero beneficio per l’ambiente, tutto il nostro fabbisogno energetico dovrà quindi essere coperto da sorgenti rinnovabili. In un’ottica di lungo termine, la soluzione più auspicabile è probabilmente rappresentata da un sistema basato sull’idrogeno. Tutti i problemi riguardanti la mobilità e l’uso personale possono essere risolti esclusivamente da nuove soluzioni di trasporto e modificando i nostri comportamenti abituali.