

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

***Relazione per la prova finale
«Emissioni veicolari e qualità dell'aria:
l'impatto dei MCI e le tecnologie per il
controllo degli inquinanti»***

Tutor universitario: Prof. Anna Stoppato

Laureando: *Andrea Fazio*

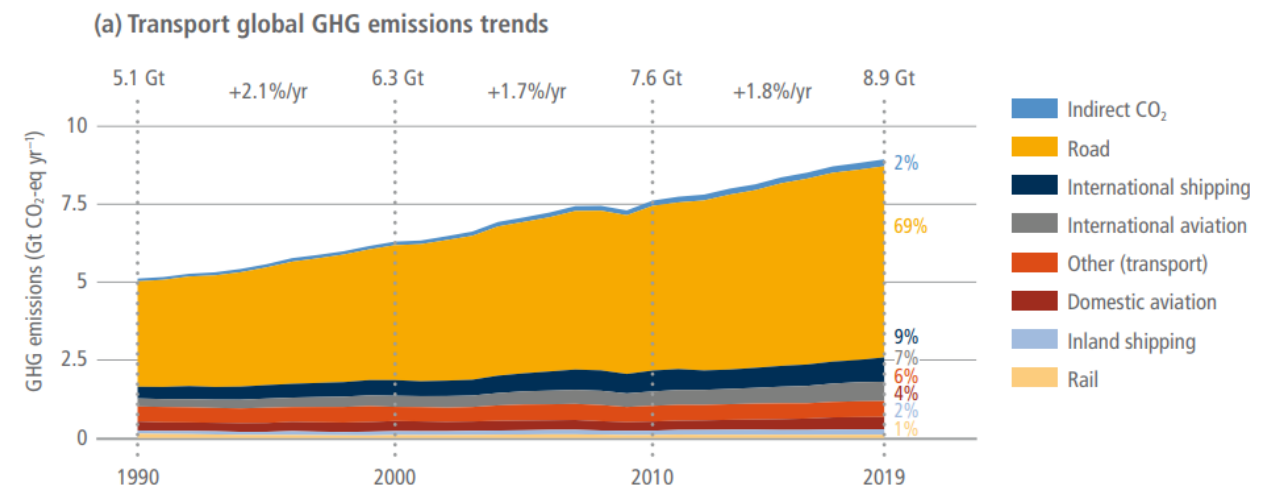
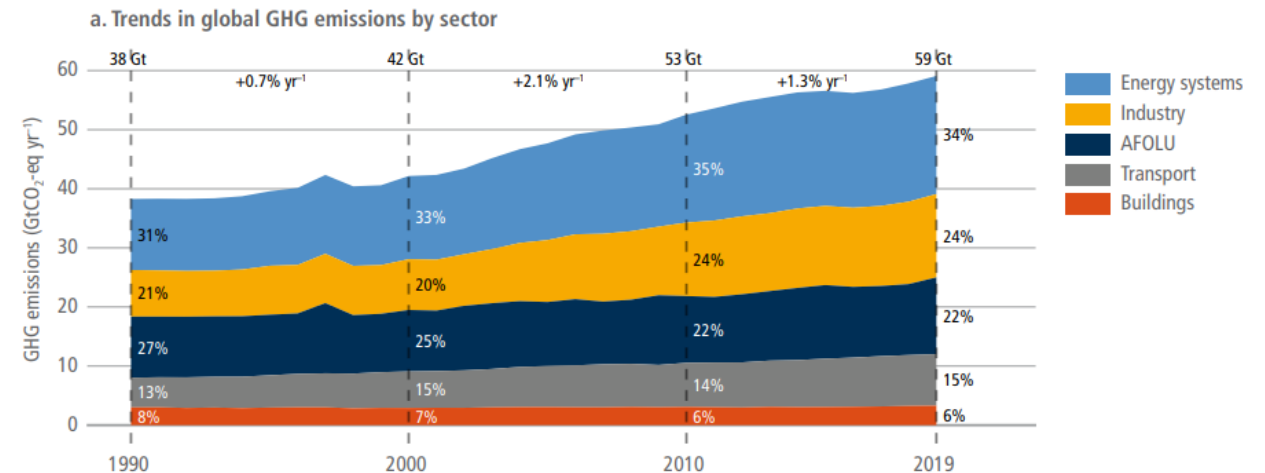
Padova, 16/07/2024

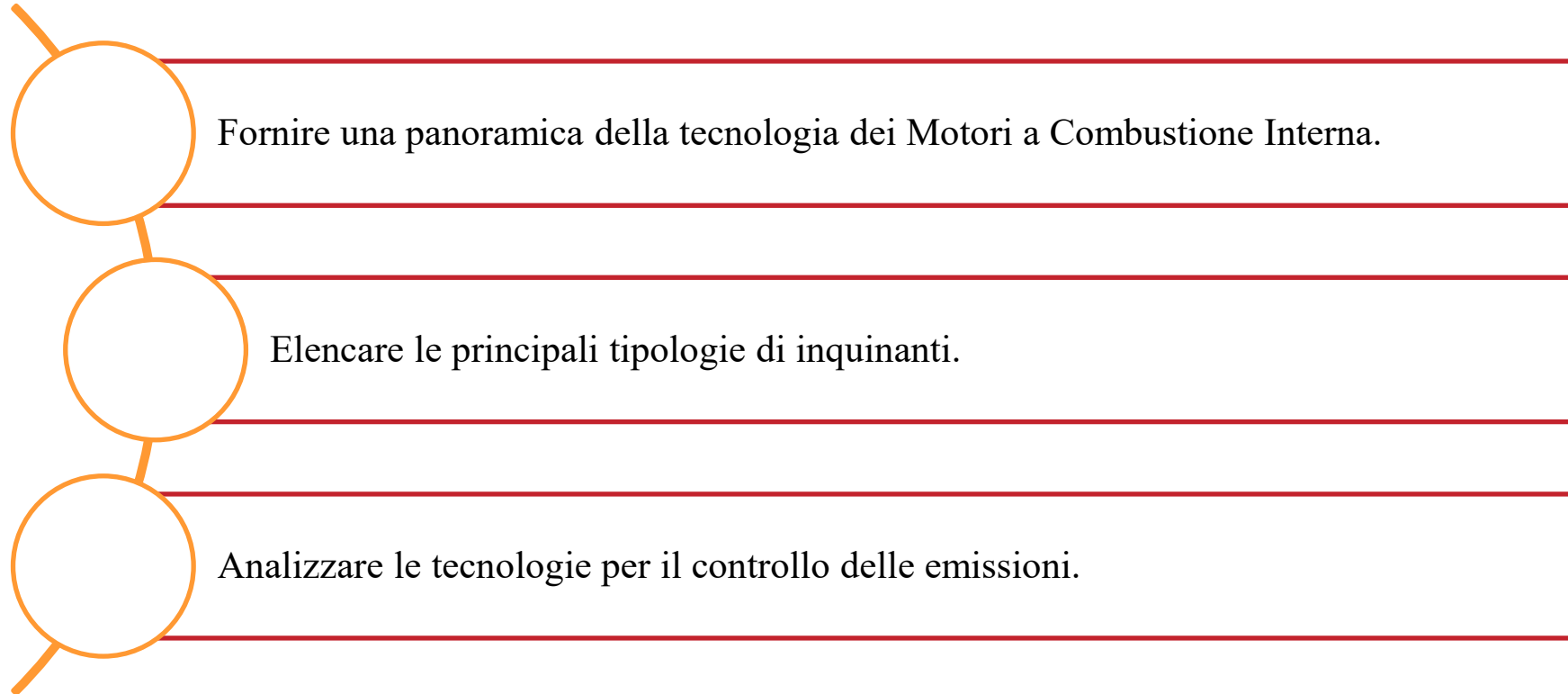
RUOLO CRUCIALE DEL SETTORE DEI TRASPORTI

Rappresenta un pilastro fondamentale della società odierna.

È causa di un elevato consumo di energia e di un'emissione considerevole di gas serra (GHG).

Alla luce di tali criticità, la gestione e la mitigazione delle emissioni generate da questo settore assumono una grande importanza.

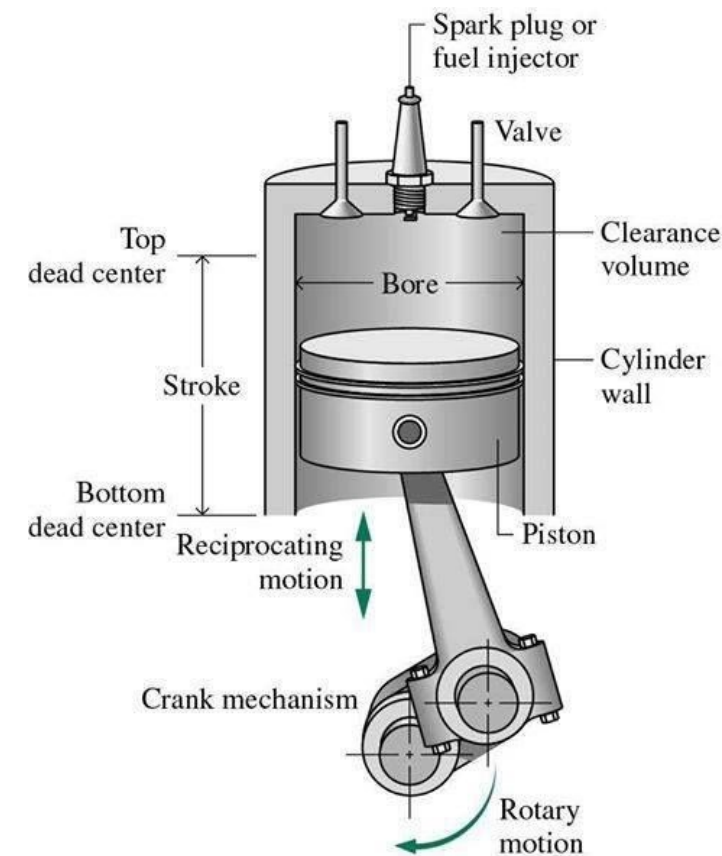




I Motori a Combustione Interna sono macchine termiche motrici che convertono l'energia chimica di un combustibile in energia meccanica. Sono macchine a flusso periodico, dove il moto alternativo di uno stantuffo, all'interno di un cilindro, è trasformato in moto rotatorio dell'albero motore attraverso un meccanismo di biella-manovella.

A seconda dello schema di accensione, possono essere classificati in:

Motori ad accensione comandata (SI):	Motori ad accensione per compressione (CI):
L'aria è premiscelata al combustibile sotto forma di vapore, tale miscela viene accesa tramite una scintilla fatta scoccare tra gli elettrodi di una candela, realizzando una combustione molto rapida.	Il combustibile viene iniettato, all'interno del sistema stantuffo-cilindro, suddiviso in fini goccioline, in aria calda e compressa, in modo da provocarne l'autoaccensione e garantendo una combustione prolungata nel tempo.



Le emissioni dei veicoli rientrano in cinque principali categorie:

ANIDRIDE CARBONICA (CO₂)

La combustione di qualsiasi combustibile a base di carbonio, tra cui benzina e gasolio, rilascia anidride carbonica come sottoprodotto.

MONOSSIDO DI CARBONIO (CO)

Viene prodotto dalla combustione incompleta di un combustibile a base di carbonio in condizioni di difetto di ossigeno.

PARTICOLATO (PM)

Formato principalmente a causa di una miscela irregolare di aria e combustibile, è composto prevalentemente da particelle di carbonio non bruciato (fuliggine) e metalli residuali derivanti dall'usura del motore.

OSSIDI DI AZOTO (NO_x)

Si generano quando l'azoto contenuto nell'aria reagisce con l'ossigeno all'interno del motore, sottoposto a temperature elevate. Questo processo è più marcato nei motori diesel, che raggiungono temperature di combustione più alte rispetto ai motori a benzina.

IDROCARBURI (HC)

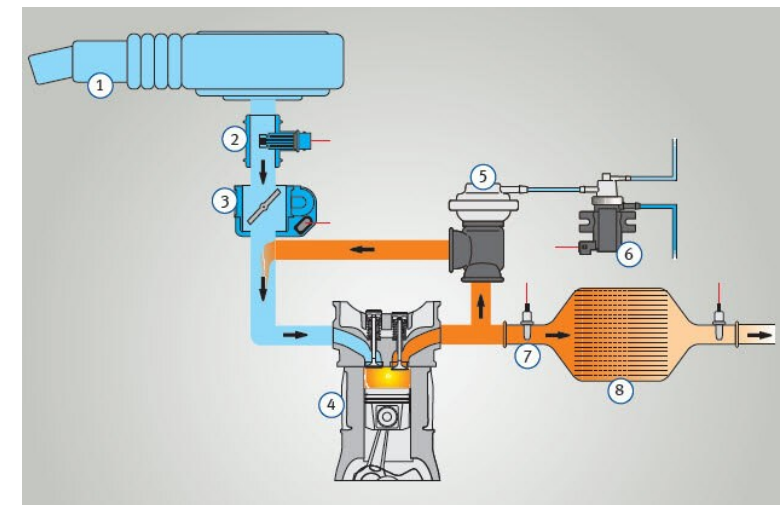
Si formano quando la combustione del combustibile è incompleta. Questo può accadere per diversi motivi, come:

- Miscela aria-combustibile irregolare;
- Temperatura di combustione troppo bassa;
- Tempi di combustione troppo brevi.

Una più profonda conoscenza dei fenomeni chimico-fisici che regolano la combustione, unitamente all'implementazione di soluzioni innovative sia nella progettazione dei motori che nei sistemi di post-trattamento, ha permesso di realizzare tecnologie all'avanguardia in grado di abbattere significativamente le emissioni nocive.

EXHAUST GAS RECIRCULATION

L'EGR interviene direttamente nel processo di combustione. Il suo principio di funzionamento si basa sulla reintroduzione controllata di una porzione dei gas di scarico, prelevati a valle dei cilindri, nel flusso di aria fresca in ingresso al motore. Questo sistema comporta una diminuzione della quantità di ossigeno disponibile per la combustione e, conseguentemente, un abbassamento della temperatura all'interno dei cilindri.



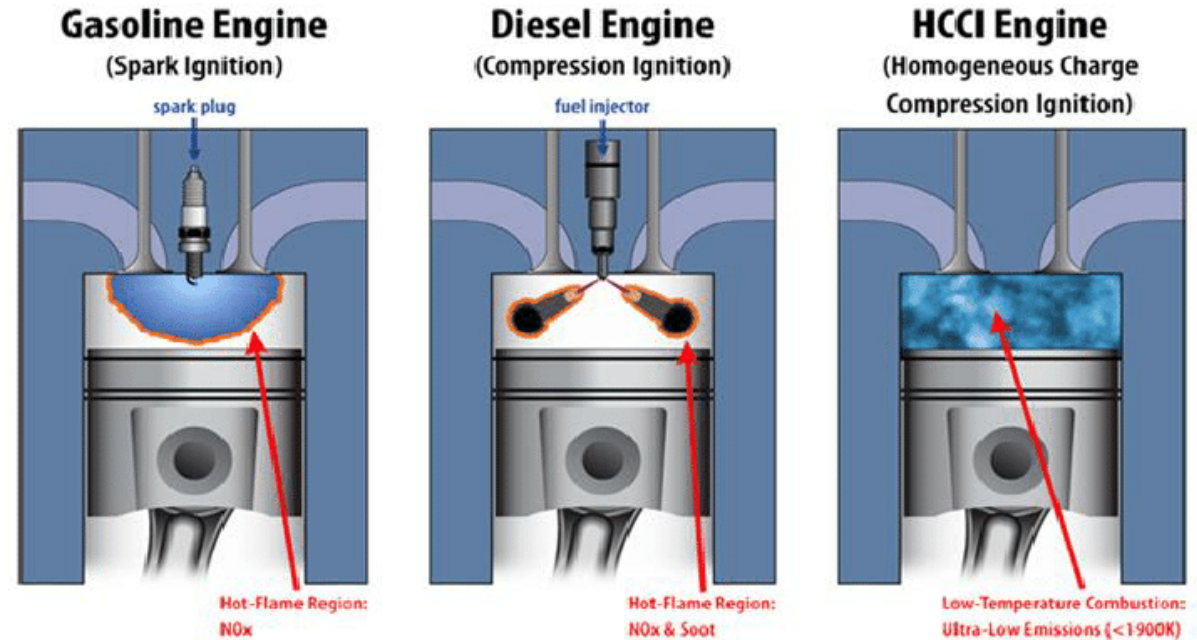
LOW TEMPERATURE COMBUSTION

Si tratta di un processo che permette di bruciare il combustibile in maniera graduale e senza propagazione del fronte di fiamma, a temperature inferiori rispetto a quelle che si raggiungono in un convenzionale processo di combustione.

Una strategia promettente di combustione a bassa temperatura è la tecnologia HCCI (Homogeneous Charge Compression Ignition). Essa combina i vantaggi dei motori ad accensione comandata e quelli dei motori ad accensione per compressione.

In questo processo il combustibile viene iniettato molto prima dell'inizio della combustione, durante la fase di aspirazione; ma invece di accendere la miscela tramite scintilla, si raggiungono quei valori di temperatura per i quali la miscela reagisce spontaneamente, in molteplici punti, con la sola compressione.

Tale meccanismo garantisce una combustione più completa ed uniforme, con conseguenti riduzioni significative delle emissioni di NO_x e PM.

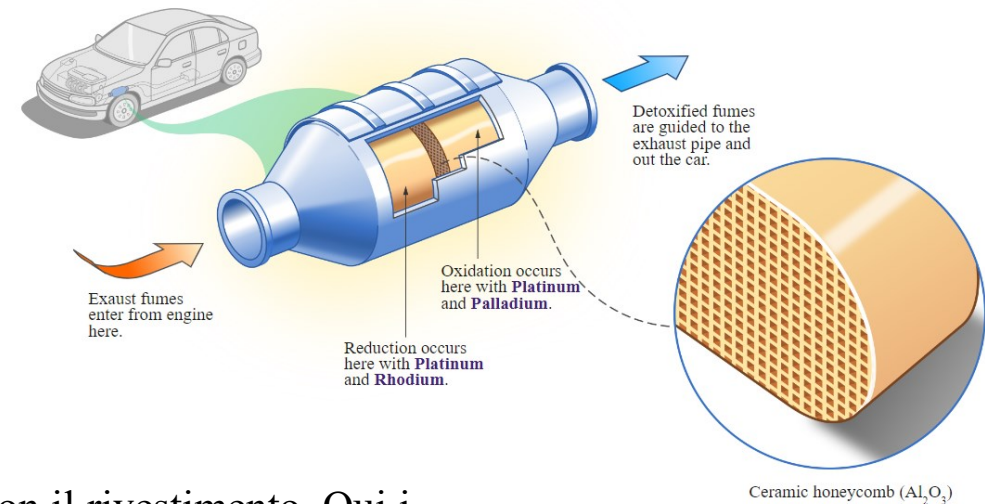


CONVERTITORE CATALITICO

Il convertitore catalitico sfrutta il principio della catalisi per accelerare le reazioni chimiche che trasformano i gas nocivi in emissioni più pulite. È composto da un monolito ceramico, a struttura a nido d'ape, posto all'interno di un involucro di acciaio inossidabile.

Tale monolito è rivestito da un sottile strato di metalli preziosi come platino, palladio e rodio.

Attraversando il convertitore catalitico, i gas di scarico entrano in contatto con il rivestimento. Qui i metalli preziosi agiscono come catalizzatori accelerando le reazioni chimiche che convertono i gas nocivi in composti meno dannosi.



Convertitore catalitico a due vie:

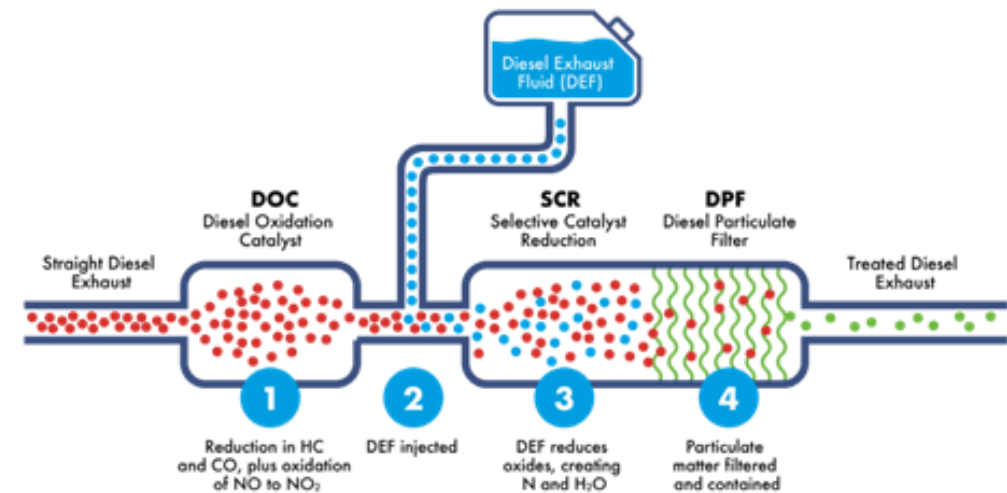
1. $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$
2. $\text{C}_x\text{H}_y + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

Convertitore catalitico a tre vie:

1. $\text{NO}_x \rightarrow \text{O}_2 + \text{N}_2$
2. $2\text{CO} + \text{O}_2 \rightarrow 2\text{CO}_2$
3. $\text{C}_x\text{H}_y + \text{O}_2 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$

CATALIZZATORE SCR

Il sistema SCR opera mediante l'iniezione di un agente riducente, comunemente denominato DEF (da Diesel Exhaust Fluid), nel flusso di scarico del veicolo. Il DEF innesca una reazione chimica di riduzione con gli NO_x presenti nei gas di scarico, convertendoli in azoto, anidride carbonica e vapore acqueo. Tale processo si avvale di catalizzatori specifici, opportunamente rivestiti con ossidi di metalli base come vanadio o zeoliti di rame o ferro, che favoriscono la reazione.



FILTRO ANTIPARTICOLATO

Costituito da una struttura porosa a base di ceramica o cordierite, presenta canali chiusi ad estremità alternate. Questa porosità consente ai gas di passare attraverso, intrappolando al contempo il particolato che viene depositato sulle pareti e trattenuto all'interno del filtro. Per evitare l'intasamento del filtro, la fuliggine accumulata nel DPF deve essere periodicamente rimossa. Questo processo, noto come rigenerazione, consiste essenzialmente nel bruciare e convertire le particelle intrappolate in anidride carbonica.

IL FUTURO DEI MOTORI A COMBUSTIONE INTERNA

Il ruolo dei MCI nel futuro rimane incerto ed è oggetto di acceso dibattito.

Il panorama politico globale tende infatti verso una progressiva elettrificazione dei trasporti con richieste che includono l'eliminazione dei MCI dal trasporto cittadino.

Ma allora perché le case automobilistiche continuano a migliorare i motori a combustione interna nonostante la spinta verso i veicoli elettrici e la possibilità di investire quelle risorse nello sviluppo di auto elettriche?

Fattori economici

Fattori tecnici

Periodo di transizione

Alla luce di queste considerazioni, è ragionevole ipotizzare che i motori a combustione interna continueranno a svolgere un ruolo fondamentale nel trasporto di merci e persone, almeno nel prossimo futuro. Ciò rappresenta un solido argomento a favore di investimenti mirati al miglioramento dell'efficienza e della sostenibilità di questa tecnologia.