

LE EMISSIONI IN ATMOSFERA DAI VEICOLI.

Note tecniche su criticità di stima e su soluzioni alternative per carburanti, retrofit e tecnologie motoristiche.

F. Avella^(a), M. Beggiato^(b), G. Cattani^(c), R. De Lauretis^(c), F. Del Manso^(d), N. Di Carlo^(c), D. Grechi^(e), G. Pede^(f), P. Picini^(f), G. Pino^(c), M.V. Prati^(g), G. Zamboni^(h)

^(a) Stazione Sperimentale dei Combustibili, Milano, ^(b) ARPAL, ^(c) APAT, ^(d) Unione Petrolifera,

^(e) ARPAT, Dipartimento provinciale di Firenze, ^(f) ENEA, ^(g) CNR – Istituto Motori, Napoli,

^(h) Università di Genova.

Abstract.

Il Rapporto “Qualità dell’ambiente urbano” edito da APAT si va configurando e consolidando come un appuntamento annuale in cui numerosi autori offrono contributi monografici specialistici per illustrare i variegati aspetti della problematica richiamata dal titolo del citato Rapporto.

I destinatari della pubblicazione sono, almeno in via principale, gli Amministratori locali ai quali si intende mettere a disposizione uno strumento di ricognizione sui problemi ambientali, sullo stato attuale e sulle possibili misure di miglioramento della situazione.

Uno dei temi più sentiti è certamente quello della qualità dell’aria e delle emissioni da traffico in quanto, salvo poche eccezioni, proprio queste sono individuate come il più rilevante fattore di pressione e la principale causa di inquinamento atmosferico.

I media pongono grande attenzione al tema anche per i riflessi sul vivere quotidiano determinati dall’armamentario dei provvedimenti assunti per mitigare l’effetto del traffico. Si pensi alle varie forme dirette e indirette di restrizione alla circolazione (targhe alterne, zone a traffico o a sosta controllati, “blocco” veicoli EURO 0, etc..), si pensi agli investimenti per infrastrutture (piste ciclabili, parcheggi, etc...) o per incentivare veicoli a più basso impatto (elettrici, a gas, etc...).

Nel “mare magnum” delle misure adottate si trova un po’ di tutto, con efficacia talvolta deludente o poco documentata.

Nello spirito del Rapporto sulle aree urbane, ci sembra utile tentare una estrema sintesi di quanto la tecnologia mette a disposizione per ridurre le emissioni inquinanti allo scarico dei veicoli a motore (in questo senso va letto il termine “alternative” nel titolo di questa nota).

Lo sforzo (e il limite) è quello di costringere in forma di schede le informazioni essenziali relative alle varie soluzioni tecnologiche, limitandosi a trattare solo di quelle concretamente disponibili ad oggi o nel brevissimo orizzonte temporale e, per ciascuna di esse, offrire la valutazione sommaria ma tecnicamente corretta dei presumibili vantaggi ottenibili nonché l’effettivo campo di impiego.

Le schede proposte fanno riferimento a tre gruppi distinti di tecnologie disponibili, di cui uno è relativo ai carburanti “alternativi” impiegabili al posto della normale benzina o gasolio, uno è relativo ai “retrofit” ovvero quei dispositivi installabili post vendita per depurare i gas di scarico, il terzo illustra le nuove tecnologie motoristiche correntemente applicate su veicoli presenti nel normale circuito commerciale e che presentano un più basso impatto.

Un contributo introduttivo, meno schematico ma certamente utile, verte su alcuni aspetti generali della problematica e punta a chiarire il reale significato tecnico di talune definizioni nonché a illustrare i problemi e le incertezze di stima quando si tratti di valutare l’efficacia di taluni provvedimenti di scenario.

Riteniamo importante che il “decisore” sia ben informato anche di aspetti solo apparentemente di dettaglio in modo che possa avere maggiore consapevolezza di cosa e quanto sia effettivamente possibile fare e valutare.

Per taluni degli argomenti trattati, nel CD allegato sono inseriti articoli che più diffusamente illustrano i singoli aspetti.

1. Aspetti generali sulle modalità di stima delle emissioni da traffico.

1.1. Differenza fra limiti di omologazione e fattori di emissione.

1.1.1. Cos'è il limite di omologazione.

Un qualsiasi veicolo (compreso le parti che lo compongono quali i dispositivi di frenatura e di illuminazione, le cinture di sicurezza, gli indicatori di direzione, i sedili, etc...), per poter essere immesso sul mercato e poter circolare liberamente nel territorio dell'Unione Europea, deve essere sottoposto a prove di omologazione effettuate secondo procedure specifiche.

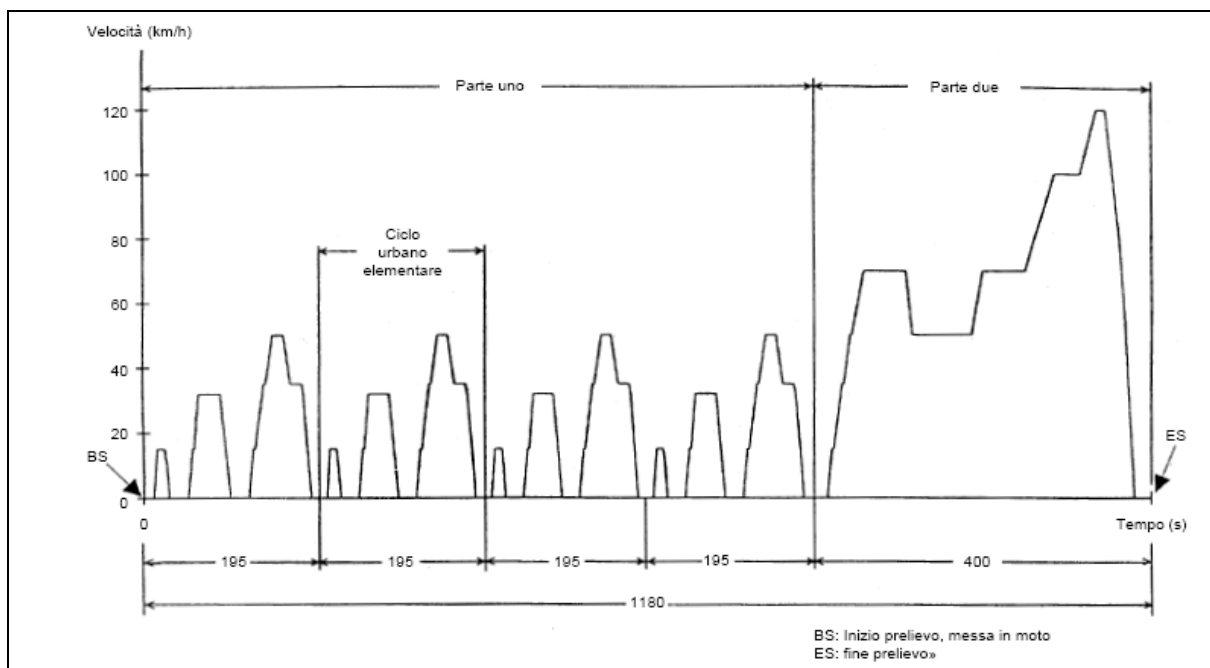
Anche le emissioni di sostanze nocive allo scarico devono rispettare dei limiti massimi di emissione.

Gli inquinanti sottoposti al controllo di laboratorio per l'omologazione sono il monossido di carbonio (CO), gli idrocarburi incombusti (HC), gli ossidi di azoto (NOx) e, per i veicoli diesel, anche il materiale particolato (PM). I veicoli a due ruote, le autovetture e gli autoveicoli commerciali leggeri (peso a pieno carico $\leq 3,5$ t) sono sottoposti a una prova di simulazione di percorso su banco dinamometrico a rulli per verificare se rispettano i limiti alle emissioni imposti con le direttive europee in vigore. La prova viene effettuata misurando la quantità in grammi dei singoli inquinanti prodotti da un veicolo durante lo svolgimento di un ciclo di guida standardizzato europeo (ciclo NEDC per gli autoveicoli a quattro ruote) nel quale sono stabiliti le velocità, le accelerazioni, i cambi di marcia ed il numero di volte e la durata in cui il veicolo è fermo. I limiti sono espressi in g/km.

Per gli autoveicoli commerciali pesanti (peso a pieno carico $\geq 3,5$ t) vengono effettuate tre prove differenti secondo la direttiva attuale (EURO 4 ed EURO 5) sul solo motore (al banco dinamometrico) ed i limiti sono espressi in g/kWh.

In figura I è riportato il profilo delle velocità relativo al ciclo di omologazione NEDC attualmente utilizzato per gli autoveicoli passeggeri e per i veicoli commerciali leggeri. Il ciclo è composto di quattro cicli elementari "urbani" e da un ciclo "extraurbano". Durante il ciclo elementare urbano, della durata di 195 secondi, la velocità massima è di 50 km/h, mentre la velocità media è pari a 18,7 km/h. Nel ciclo extraurbano la velocità massima è di 120 /h e la velocità media è pari a 62,6 km/h.

Figura 1 – Ciclo di guida standard europeo per l'omologazione delle autovetture e degli autoveicoli commerciali leggeri (NEDC) (Direttiva 91/441/CE e successive modifiche).



1.1.2. Cos'è il fattore di emissione.

Come è facile intuire, nell'uso quotidiano il profilo di velocità, le accelerazioni, i cambi marcia e gli "stop&go" sono profondamente diversi da quelli del ciclo di omologazione e dipendono fortemente dalle reali condizioni di traffico e dallo stile di guida che si possono avere in un determinato contesto spazio-temporale. Per avere una stima delle emissioni in condizioni di marcia più possibilmente vicine alle reali condizioni di guida sono state elaborate, partendo da dati sperimentali, dei fattori di emissione dipendenti dalla velocità media di spostamento e che tengono conto della temperatura di esercizio del motore e della presenza degli eventuali dispositivi di abbattimento. In genere, i maggiori livelli di emissione si hanno sia in condizioni di basse velocità medie di spostamento (traffico congestionato) che a velocità di spostamento elevate (motore che funziona ad alti carichi).

Come si vede dalla Figura II il fattore di emissione è una curva (Fonte COPERT III) che ha un andamento che dipende dalla velocità media di spostamento. Il limite alle emissioni valido per l'omologazione è invece un valore fisso, indipendente dalla velocità e determinato come precedentemente detto.

Pertanto per la stima delle emissioni determinate dal traffico autoveicolare occorre considerare il fattore di emissione di una specie inquinante di una specifica categoria di autoveicoli e non il valore del limite di omologazione.

Come corollario delle informazioni di cui sopra, possiamo dire che il rispetto del limite di omologazione, che può essere ampio o contenuto, viene verificato su veicoli o motori nuovi, su un ciclo standardizzato non reale e solo per taluni inquinanti (c.d. "regolamentati").

Invece, il fattore di emissione viene determinato in base all'esito di rilevamenti su veicoli in uso (in buono stato di manutenzione ma non nuovi) su cicli reali diversificati e può essere determinato per tutti gli inquinanti. Rappresenta un dato medio per una intera categoria di veicoli.

Il rispetto di limiti di omologazione più bassi non implica necessariamente più bassi fattori di emissione.

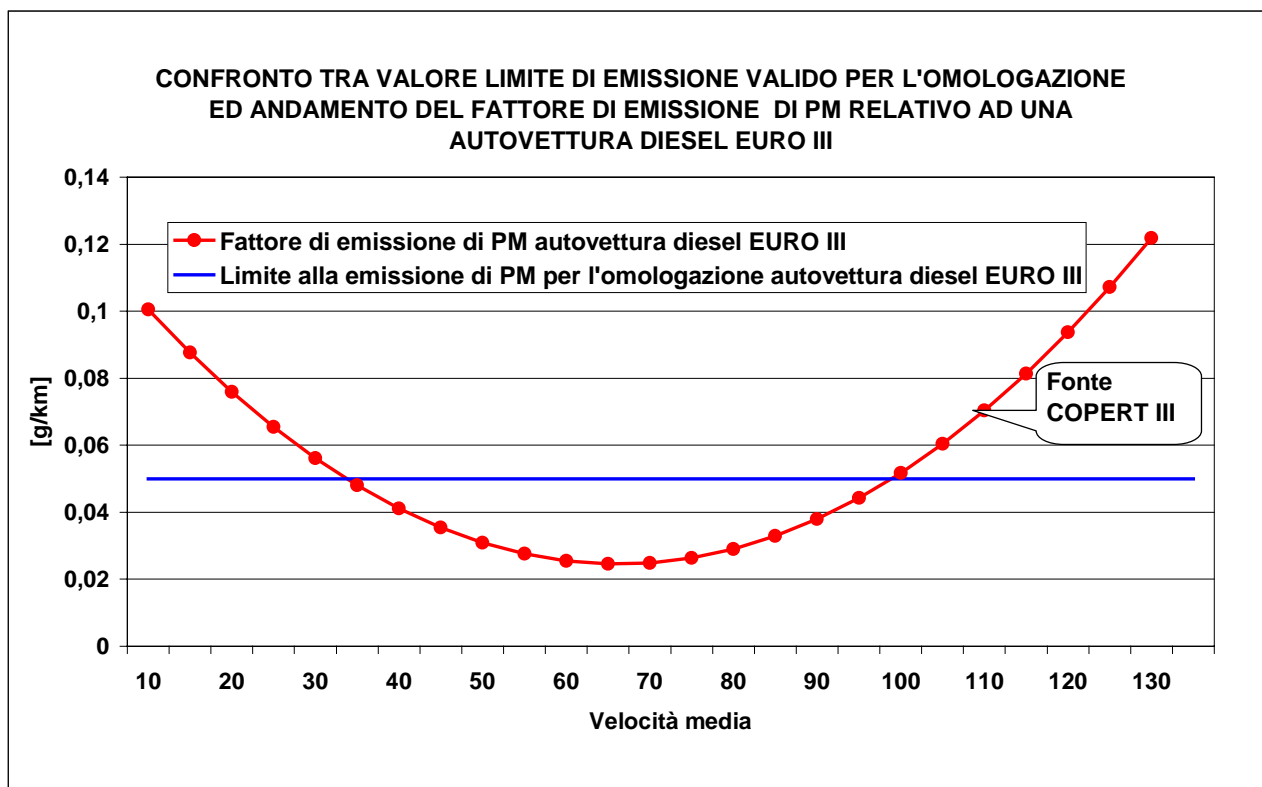


Figura 2 - Confronto tra limite di omologazione e fattore di emissione.

1.2. Calcolo delle emissioni da traffico.

La stima delle emissioni di inquinanti atmosferici da trasporti stradali si avvale di un modello di calcolo denominato COPERT (COMputer Programme to calculate Emissions from Road Traffic).

Il punto di partenza della stima è il reperimento dei dati di input relativi al fattore di emissione, al parco circolante e alle percorrenze per ciascuna categoria di veicoli a motore.

Le categorie di veicoli in cui viene suddiviso il parco circolante sono oltre 100 e tendono a differenziare le caratteristiche strutturali del veicolo (cilindrata, peso, etc...), quelle di impiego (trasporto passeggeri o merci) e quelle tecnologiche (carburante di alimentazione, limite di omologazione).

1.2.1. Fattori di emissione.

Per ciascuna classe dei veicoli individuata come sopra indicato, occorre disporre del fattore di emissione che esprime la quantità di ciascun inquinante emesso nella percorrenza di 1 km, in cui deve essere compresa una quota a “freddo” da fissare in funzione del ciclo di guida (tipo di percorso, velocità media).

I fattori di emissione sono reperibili in letteratura anche se per taluni di essi vi sono differenze non trascurabili secondo la fonte. I fattori di emissione per veicoli nuovi o relativamente nuovi non sono disponibili o non lo sono quelli derivanti da prove sperimentali.

In una valutazione più completa, si dovrebbero stimare anche le emissioni evaporative (tipicamente di benzina dal sistema di alimentazione del motore e dal serbatoio) e non solo quelle dallo scarico. Tuttavia, specie per i veicoli più moderni, queste sono trascurabili e comunque limitate a vapori di benzina (HC). Per il PM è invece significativa la quota di emissioni dovute alle usure (freni, frizione, pneumatici, asfalto), chiaramente non influenzata dalle caratteristiche tecnologiche del motore quanto piuttosto da quelle del veicolo e in particolare dal peso e dallo stile di guida. Altra

importante sorgente di PM da traffico è costituita dalla quota di “risospensione”, anch’essa funzione soprattutto del fondo stradale e del peso del veicolo.

1.2.2. Parco circolante.

Per i dati relativi al parco circolante, la fonte di riferimento è l'ACI, che fornisce i dati relativi alla consistenza numerica in base alle risultanze sullo stato giuridico dei veicoli, tratte dal Pubblico Registro Automobilistico (PRA)¹, per tipologia di veicolo (autovetture, autocarri merci, autobus, e motocicli) e, all’interno di una stessa tipologia, per alimentazione, cilindrata, portata o fasce d’uso, standard emissivo.

I dati nazionali per le varie tipologie di veicoli sono disaggregati sia a livello comunale (per i comuni con più di 30.000 abitanti) che provinciale, secondo la ripartizione in categorie così come richiesta per la stima delle emissioni inquinanti.

Le principali criticità e incertezze del sistema sono determinate da varie cause. Vi sono differenze tra il circolante teorico (iscritto al PRA) e quello effettivo imputabili a: disallineamento temporale fra effettiva dismissione del veicolo e registrazione della radiazione, veicoli iscritti ad altri registri diversi dal PRA (es.: Ministero della Difesa, Croce Rossa Internazionale, Ministero degli Esteri), veicoli fermi presso i concessionari, veicoli radiati d’ufficio perchè non risulta pagata la tassa automobilistica per almeno tre anni consecutivi (si tratta di circa 1,9 milioni di veicoli, di cui 1,2 milioni di autovetture, parte dei quali, potenzialmente potrebbero circolare comunque).

Inoltre, nell’ambito della disaggregazione provinciale e comunale, un fattore di incertezza tra parco veicolare iscritto e realmente circolante è legato ai veicoli iscritti in una provincia ma circolanti effettivamente in altre. È il caso, in particolare, dei mezzi di proprietà di aziende (che spesso iscrivono i loro mezzi nella provincia dove è presente la sede legale, pur operando su altre province del territorio) e delle aziende di trasporto pubblico.

Per il parco veicolare ciclomotori non si dispone di un database ufficiale a livello nazionale, né a livello provinciale o comunale. I dati esistenti e disponibili sono quelli relativi al numero di contrassegni personali (c.d. targhette) rilasciati dagli uffici provinciali della Motorizzazione Civile che, com’è noto, sono riferiti ai singoli cittadini e non a ciascun ciclomotore.

Altri dati disponibili sono le stime effettuate dalla Associazione Nazionale delle Imprese di Assicurazione (ANIA, anni 1998 – 2000) e i dati relativi al venduto annuo forniti dai costruttori aderenti all’Associazione Nazionale Ciclo Motociclo Accessori (ANCMA). Utilizzando i dati disponibili, stime relative al parco nazionale dei ciclomotori circolanti nel 2004 sono state effettuate da ANCMA (5.388.881) e dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti - Ufficio di Statistica (4.632.399). Si osserva una forbice piuttosto ampia che, stante l’autorevolezza degli Enti produttori dei dati, dimostra l’incertezza di cui soffrono i dati di base.

Per ottenere una stima relativa al parco ciclomotori su base provinciale e comunale, è possibile considerare il rapporto tra numero di contrassegni emessi annualmente su base provinciale e nazionale come variabile *proxy* da cui stimare il numero di ciclomotori per provincia, partendo dalla stima nazionale. Per ottenere la stima su base comunale, è possibile introdurre l’ulteriore ipotesi che il rapporto fra il totale dei motocicli e il totale dei ciclomotori sia pari a quello a livello provinciale.

I risultati ottenuti con tale metodologia appaiono notevolmente sovrastimati rispetto a quelli, incerti per altri motivi, ricavabili dal riscontro sul pagamento della tassa di circolazione per ciclomotori. Tuttavia questi ultimi risultati trovano sommario riscontro anche in verifiche “sul campo”, basate sul rapporto fra motocicli (targati) e ciclomotori, rapporto che ormai in molte realtà urbane si aggira intorno all’unità.

Il numero di ciclomotori disaggregato per standard emissivo può essere ottenuto introducendo l’ulteriore ipotesi che l’anno di immatricolazione del ciclomotore sia uguale all’anno di emissione

¹ Il PRA è l’Istituto in cui vengono registrati tutti gli eventi legati alla vita “giuridica” del veicolo dalla sua nascita, con l’iscrizione, alla sua morte, con la radiazione.

del contrassegno. In questo modo è sufficiente sommare il numero di contrassegni emessi nell'intervallo di validità di ciascuna direttiva sulle emissioni (1993-1998 per i Convenzionali EURO 0; 1999-2002 per le motorizzazioni EURO 1; da 2003 per le motorizzazioni EURO 2). La stima finale è soggetta ovviamente a un'incertezza notevole, pur offrendo un quadro verosimile della situazione.

Ad accrescere anche notevolmente l'incertezza della stima di parco circolante in un dominio spaziale relativamente piccolo (es. area urbana) interviene la differenza fra il circolante effettivo nell'area e la quantità di veicoli di proprietà di residenti nel/nei comune/i dell'area urbana che è la base informativa dei dati rilevati dal PRA. Si tenga conto che le aree urbane costituiscono poli attrattori e che il pendolarismo per motivi di studio e di lavoro può incrementare non poco l'entità dei veicoli in circolazione in un determinato ambito spaziale, indipendentemente dall'effettiva residenza del proprietario dei medesimi (scambi intercomunali, interprovinciali o addirittura interregionali in funzione della rete infrastrutturale e dei collegamenti socio economici fra aree).

1.2.3. Percorrenze annue totali e in ambito urbano.

Le percorrenze medie annue distinte per ciascuna tipologia di veicoli possono essere ricavate come risultato di una analisi incrociata delle differenti fonti informative come il Conto Nazionale dei Trasporti (CNT - Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti), le pubblicazioni dell'ACI, dell'Unione Petrolifera e della Confederazione generale italiana del Traffico e dei Trasporti (CONFETRA). Tutte queste fonti infatti forniscono, peraltro non in maniera esaustiva e continuativa, dati di percorrenze medie per classi di veicoli variamente aggregate.

La disaggregazione per tipologie di veicolo viene quindi ottenuta da un lato individuando percorrenze tali che i valori medi per classi aggregate di veicoli siano confrontabili con quelli pubblicati e, dall'altro proporzionando, all'interno di ciascuna classe, le percorrenze medie in modo da rispettare le differenze tra quelle delle diverse tipologie di veicoli, principalmente in funzione delle anzianità degli stessi e del tipo di alimentazione. Quindi, ad esempio, ai veicoli a gasolio o a gas di petrolio liquefatto (GPL) vengono attribuite percorrenze medie annue più alte di quelle dei veicoli a benzina, così come ai veicoli più nuovi rispetto a quelli più vecchi.

Per i ciclomotori possono essere utilizzate le percorrenze riportate in ricerche di mercato ad hoc (es. Piaggio, 2001). Per i motocicli sono disponibili dati ACI. Mentre, per quel che riguarda le percorrenze con modalità di guida autostradale, è possibile fare un confronto con quanto pubblicato da AISCAT e Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti sul CNT relativamente al traffico sulle autostrade.

Per passare alle percorrenze limitatamente al solo ambito urbano possiamo fare riferimento a output di modelli trasportistici, quando possibile verificati con dati di flussi di traffico disponibili a livello locale. Con modalità più empiriche, possiamo attribuire un fattore moltiplicativo alle percorrenze annuali che può essere ipotizzato in funzione dell'uso specifico delle varie tipologie di veicoli. Ad esempio, possiamo immaginare pari a 1 il fattore per i ciclomotori (tipico ed esclusivo uso "urbano") e, viceversa, pari a 0,1 per i veicoli merci pesanti (trasporti a largo raggio).

La validazione dell'esito della stima di emissione, calcolata su base annuale come sommatoria dei contributi di ciascuna categoria di veicoli ottenuti mediante il prodotto dei tre fattori (emissione, parco circolante, percorrenza), viene effettuata attraverso il riscontro con la quantificazione dei consumi di carburanti per lo stesso anno di riferimento (desunti dal Bilancio Energetico Nazionale – Ministero delle Attività Produttive) in virtù del fatto che, parallelamente al fattore di emissione, è fissato il consumo specifico. Se ciò è relativamente semplice a livello nazionale, i margini di incertezza crescono sensibilmente nella riduzione del dominio spaziale di valutazione e in particolare per stime a livello comunale (di cui non sono noti dati ufficiali di carburanti erogati).

La valutazione di scenario locale in funzione di variazione della composizione del parco circolante o del carburante di alimentazione soffre di incertezze talvolta molto elevate per la inadeguata conoscenza del fattore di emissione di veicoli nuovi o di quelli relativi a uso di carburanti diversi da benzina/gasolio.

Consistenti indeterminazioni si hanno anche sulla stima del parco circolante di ciclomotori e dell'intero parco circolante in ambiti territoriali soggetti a forti flussi quotidiani o periodici (pendolarismo, zone turistiche).

2. Raccolta di schede.

Di seguito si presenta una scheda per ciascun carburante o dispositivo retrofit o tipologia di motore che ad oggi viene indicato come migliorativo rispetto alle soluzioni correnti ed è sovente oggetto anche di incentivi sia a livello nazionale che locale.

Nella logica di illustrare brevemente solo quanto sia disponibile da subito e per questo sia oggetto di attenzione da parte dei decisori pubblici attraverso provvedimenti cogenti o in procinto di essere assunti, si trascura tutto quanto fa parte di soluzioni importanti e possibili ma la cui adozione su scala adeguata si verificherà in un futuro non immediato come, ad esempio, l'idrogeno e le celle a combustibile o *fuel cell*.

Inoltre, non vengono presentate schede riferite ad altri dispositivi o prodotti che, pur essendo presenti sul mercato, non sembrano mostrare effetti significativi in termini di riduzione delle emissioni inquinanti o, quantomeno, i benefici dichiarati non appaiono ancora sufficientemente documentati.

A titolo di esempio, ricordiamo la famiglia di dispositivi che vengono proposti per provocare una non meglio specificata "polarizzazione" delle molecole di carburante. L'EPA ha pubblicato specifici rapporti di prova su vari modelli di questo tipo di dispositivi, senza tuttavia riscontrare gli effetti dichiarati dal costruttore (<http://www.epa.gov/otaq/consumer/reports.htm>) né sulle emissioni né sui consumi di carburante.

Anche taluni additivi per l'olio lubrificante, indicati come migliorativi delle prestazioni del veicolo in quanto dovrebbero determinare l'aumento della compressione nei cilindri, non appaiono testati in maniera sufficiente e, salvo le generiche dichiarazioni dei produttori, non sembrano adeguatamente valutati in termini di efficacia di riduzione delle emissioni allo scarico.

Gli argomenti di ogni scheda sono più diffusamente ed esaustivamente trattati in articoli inseriti nel CD allegato alla pubblicazione.

2.1. Carburanti alternativi.

2.1.1. Bioetanolo.

Sinonimi	Alcol etilico, etanolo.
Composizione	Alcol etilico ($\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$) idrato (95 % vol) o anidro.
Origine	Fermentazione e distillazione di cereali da amido (grano, mais, ecc...), coltivazioni zuccherine (sorgo zuccherino, topinambur, bietola), prodotti ortofrutticoli eccedentari, residui e sottoprodotti agroindustriali (vinacce, ecc...). L'etanolo per uso autotrazione da miscelarsi con benzina dovrà essere conforme alla norma di qualità europea EN 15376 (11 parametri chimico-fisici) ancora in via di definizione in ambito CEN.
Disponibilità	Attualmente non disponibile se non per contingenti di importazione molto limitati e a disposizione di aziende petrolifere per produzione di ETBE.
Campo di applicazione	Tipicamente per veicoli a benzina a 2 e a 4 tempi (in Svezia è sperimentato l'uso di miscela stabilizzata di bioetanolo 15% - gasolio 85% su bus). Il bioetanolo puro (idrato), come sostituto integrale delle benzina (in uso in Brasile), e la miscela all'85% volume di bioetanolo anidro in benzina (E85, già disponibile in Svezia) possono essere impiegati solo in motori appositamente progettati (FFV = Flex Fuel Vehicle). L'uso di bioetanolo anidro come componente fino al 5% volume nella benzina non richiede modifiche ai motori degli autoveicoli in circolazione. L'etanolo può essere usato anche come etere (ETBE = etere etil- <i>terz</i> -butilico) da aggiungere alla benzina in quantità non superiori al 15 % volume.
Effetto sulle emissioni	<ul style="list-style-type: none"> - CO_2: riduzione in quanto "fonte rinnovabile" (la quantità emessa viene riassorbita in fase di crescita della pianta, salvo quota necessaria per la trasformazione e il trasporto-distribuzione); - l'uso di benzina contenente etanolo al 5% volume (E5) non determina significative variazioni delle emissioni inquinanti regolamentate e non regolamentate, mentre non vi sono dati sufficienti a caratterizzare le emissioni inquinanti dei veicoli dedicati (FFV) non ancora in commercio in Italia, alimentabili con la miscela E85.
Costo	Non determinato. In ogni caso significativamente più alto della benzina.
Effetti negativi	<p>L'etanolo presenta:</p> <ul style="list-style-type: none"> - numero di ottano MON più basso del corrispondente etere (ETBE) in grado di non compensare la perdita di numero di ottano determinata dalla riduzione degli idrocarburi aromatici nella benzina; - tensione di vapore più elevata che determina una penalizzazione economica per l'espulsione dei butani (idrocarburi leggeri impiegati per modulare la tensione di vapore della benzina finita) e l'incompatibilità con la specifica estiva della benzina (a meno di una esplicita deroga, che dovrebbe essere comunque concessa a livello UE); - più elevata concentrazione di benzene nei vapori a causa della formazione di un azeotropo col benzene contenuto nella benzina; - elevata solubilità in acqua e igroscopicità del prodotto anidro che possono causare fenomeni di "smiscelazione" con separazione delle fasi benzina-etanolo, rendendo difficoltoso o impossibile l'avviamento del motore. Per mantenere anidro il carburante occorrono pesanti azioni nella catena distributiva (bonifica completa del sistema dalla presenza di acqua, con adattamento di linee e serbatoi per prevenire possibili ingressi accidentali; impiego continuato di benzine contenenti etanolo, per mantenere anidro il sistema; adozione delle precedenti precauzioni da parte di tutti gli operatori, per consentire le permutate di prodotto). Considerato che il sistema logistico nazionale, caratterizzato da una forte presenza di cabotaggi e dalla prescrizione

	di spianamento con acqua di taluni oleodotti per ragioni di sicurezza, l'utilizzo di etanolo in miscela con benzina appare impraticabile mentre più percorribile risulta l'uso come ETBE (v. nota).
Incentivi	Defiscalizzazione per renderlo competitivo con la benzina. Incentivo alla produzione (L. 81/06); obbligo di immissione di una quota sul mercato (Direttiva 2003/30/CE e Decreto 12/05).
Note	<u>L'ETBE.</u> Al fine di superare i problemi evidenziati ma mantenere il vantaggio di "fonte rinnovabile", la soluzione migliore appare quella di utilizzare come componente di sostituzione parziale della benzina l'etil- <i>terz</i> -butil etere (ETBE) che viene ottenuto per eterificazione dell'etanolo con isobutilene (di derivazione petrolifera). Con l'eccezione della Svezia, dove solo piccole quantità di miscela E85 è venduta per alimentare flotte di qualche migliaio di autoveicoli "dedicati"(FFV), tutte le proiezioni di impiego del bioetanolo in Europa sono sotto forma di ETBE.

2.1.2. Gas Naturale (GN).

Sinonimi	Metano.
Composizione	Dipende dal luogo di provenienza: costituito da 95-98% metano (CH ₄).
Origine	Importazione da vari paesi (Russia, Olanda, Algeria).
Disponibilità	<p>Circa 500 distributori in Italia, soprattutto al centro-nord. Per motivi di sicurezza, l'installazione di un distributore è soggetta a vincoli relativi alle distanze.</p> <p>Il gas naturale per uso autotrazione non è soggetto ad alcuna norma di qualità, ma i requisiti al punto di distribuzione devono mantenersi nei limiti dei parametri chimico-fisici indicati nei "Terms of Reference" predisposti dalla CUNA.</p>
Campo di applicazione	<p>Autoveicoli con motore ad accensione comandata trasformati da solo benzina a bi-fuel (impianto retrofit) o prodotti in fabbrica mono e bi-fuel. E' possibile convertire motori diesel pesanti (per bus e autocarri) in motori ad accensione comandata alimentabili solo col gas naturale anche se a costi molto elevati. Il motore e il veicolo progettati per l'uso di metano offrono prestazioni e caratteristiche migliori rispetto a quelli trasformati.</p>
Effetto sulle emissioni	<ul style="list-style-type: none"> - CO₂: riduzione rispetto alla benzina (per rapporto C/H più basso); - inquinanti regolamentati: riduzione significativa soprattutto per veicoli EURO 0, privi di convertitore catalitico; per autobus alimentati con gas naturale il livello di emissione del particolato e degli ossidi di azoto è nettamente inferiore (da 40 a 86% in meno per PM e da 38 a 58% in meno per NO_x) rispetto a autobus diesel privi di filtro antiparticolato. Per autoveicoli pesanti diesel (bus e autocarri) di modello recente, dotati di tecnologie avanzate di abbattimento delle emissioni (catalizzatori de-NO_x e filtri antiparticolato), i benefici di natura ambientale con l'alimentazione a gas naturale si riducono sensibilmente, come documentato con estese indagini sperimentali condotte negli USA e in Europa; - inquinanti non regolamentati: non è noto l'effetto sull'emissione di particolato per gli autoveicoli leggeri rispetto all'alimentazione a benzina; riduzione significativa per benzene; - efficienza del catalizzatore: ridotta per il metano incombusto.
Costi	<ul style="list-style-type: none"> - carburante: circa due terzi rispetto alla benzina (valutazione come costo chilometrico); - trasformazione post vendita: da 1200 € circa per auto a carburatore, a 2300 € per auto EURO 4; - veicoli nuovi: extracosto rispetto a motorizzazione monofuel a benzina 1000-2000 €.
Effetti negativi	Perdita volume di carico per inserimento bombole, lieve perdita di potenza, minore autonomia di percorso, limitata disponibilità di rifornimento (soprattutto in talune zone).
Aspetti normativi	È richiesta omologazione specifica per aggiornamento carta di circolazione (non comprende verifiche sui gas di scarico).
Incentivi	Sì, per la trasformazione post vendita (quando previsti dalle normative locali e nazionali) e per l'acquisto di veicoli nuovi ad uso commerciale.
Note	L'effettiva riduzione di emissione di inquinanti da un veicolo convertito a gas naturale rispetto allo stesso modello nella configurazione originale alimentato con benzina non risulta ad oggi sufficientemente documentata in quanto non sono disponibili dati sperimentali. Le poche esperienze indicano una minore emissione di CO, ma un incremento di idrocarburi incombusti, costituiti

	<p>prevalentemente da metano e praticamente esenti da idrocarburi aromatici, anche in presenza di un convertitore catalitico trifunzionale dell'ultima generazione.</p> <p>Considerate le caratteristiche della benzina ora in commercio (priva di piombo, benzene <1%), le ridotte emissioni da motori a benzina omologati in base alle Direttive Europee e soprattutto EURO 3 ed EURO 4 (quasi trascurabile per PM), la non obbligatorietà del controllo in officina delle emissioni a seguito della conversione di un veicolo in uso, i vantaggi ambientali risultano più certi se riferiti all'equivalente veicolo diesel, specialmente se di vecchio modello che tuttavia non è convertibile.</p>
--	---

2.1.3. GPL

Sinonimi	Gas di petrolio liquefatto, gas propano liquido, propano-butano.
Composizione	Miscela propano-butano circa 40-60% (variabile in ampio range di valori).
Origine	Petrolifera.
Disponibilità	Ampia disponibilità di distributori in Italia (circa 2100). La qualità (parametri chimico-fisici) del GPL per autotrazione distribuito ai punti vendita è regolamentata attraverso la norma europea EN589.
Campo di applicazione	Solo per veicoli a ciclo Otto trasformati da solo benzina ad alimentazione bi-fuel o prodotti direttamente in fabbrica in versione mono e bi-fuel.
Effetto sulle emissioni	<ul style="list-style-type: none"> - CO₂: riduzione da 10 a 15 % rispetto all'alimentazione a benzina (rapporto C/H più basso); - inquinanti regolamentati: i pochi risultati sperimentali disponibili indicano una diminuzione significativa dei tre inquinanti (CO, HC, NO_x), anche se talvolta è stato riscontrato un incremento dell'emissione degli NO_x; - inquinanti non regolamentati: non significativa per PM, significativa per il benzene, l'1,3-butadiene e gli IPA; - efficienza catalizzatore: praticamente invariata.
Costi	<ul style="list-style-type: none"> - carburante: circa la metà rispetto alla benzina (valutazione come costo chilometrico); - conversione: da 700 € circa per autovetture a carburatore, a 1800 € per auto EURO 4; - veicoli nuovi: extracosto di 1000 € rispetto alla motorizzazione monofuel a benzina.
Effetti negativi	Modesta perdita volume di carico per inserimento bombola, possibili divieti di parcheggio al coperto (ai piani interrati <-1 per impianti non rispondenti alla norma E6701 del 2001).
Aspetti normativi	È richiesta omologazione specifica per aggiornamento carta di circolazione (non comprende verifiche sui gas di scarico in officina).
Incentivi	Sì, quando disponibili, per la conversione post vendita.
Note	<p>L'effettiva riduzione di emissione di inquinanti su un veicolo convertito a GPL rispetto allo stesso modello nella configurazione originale non risulta ad oggi sufficientemente documentata in quanto non è disponibile un numero sufficiente di dati sperimentali. Le poche esperienze indicano una minore emissione di CO, di HC e degli NO_x anche se talvolta è stato osservato un sensibile incremento dell'emissione di quest'ultima specie inquinante.</p> <p>Considerate le caratteristiche della benzina ora in commercio (priva di piombo, benzene <1%), le ridotte emissioni da motori a benzina omologati in base alle Direttive Europee e soprattutto EURO 3 ed EURO 4 (quasi trascurabili per PM), la non obbligatorietà del controllo in officina delle emissioni a seguito della conversione di un veicolo in uso, i vantaggi ambientali risultano più certi se riferiti all'equivalente veicolo diesel, specialmente se di vecchio modello che, tuttavia, non è convertibile.</p>

2.1.4. Gasolio emulsionato

Composizione	Miscela stabilizzata di gasolio con 12 – 15 % di acqua e additivi (disperdenti, stabilizzanti, etc..).
Origine	Petroliфера.
Disponibilità	Solo extra rete; l'emulsione è soggetta in Italia alla norma di qualità CUNA NC-637-01.
Campo di applicazione	Solo per veicoli diesel tipicamente facenti parte di flotte (trasporto pubblico locale, distribuzione merci, etc.). Non sono necessarie modifiche al veicolo o al motore.
Effetto sulle emissioni	<ul style="list-style-type: none">- CO₂: lieve riduzione proporzionale alla riduzione netta di consumo di carburante (circa 3-5%);- inquinanti regolamentati: riduzione sensibile dell'emissione di PM (intorno al 40%), significativa quella di NO_x e di CO (in media, rispettivamente, 14% e 11%), invariata o aumentata quella di HC secondo il tipo di motore;- inquinanti non regolamentati: riduzione significativa di IPA (proporzionale al PM).
Costo	Leggermente inferiore al gasolio (risparmio netto 5%).
Effetti negativi	Lieve riduzione potenza (rilevabile in impieghi gravosi).
Aspetti normativi	Nessuna norma per gli autoveicoli alimentati con emulsione.
Incentivi	Accisa ridotta.
Note	Sono di fondamentale importanza la qualità del gasolio base e la demineralizzazione dell'acqua utilizzati per la preparazione dell'emulsione.

2.1.4. Biodiesel.

Composizione	Esteri metilici di acidi grassi ottenuti per transesterificazione dei trigliceridi costituenti gli oli vegetali.
Origine	Oli vegetali ottenuti da varie colture (colza, girasole, soia, palma e altre), oli vegetali esausti e grassi animali.
Disponibilità	In miscela fino al 5% nel gasolio commerciale (B5) e a concentrazioni del 20-30 % in alcuni punti di vendita extra-rete per flotte di autoveicoli diesel pesanti (bus urbani, autocarri). Non disponibile puro ai punti vendita della rete di distribuzione nazionale e ai punti vendita extra-rete. Il biodiesel da impiegare puro o in miscela con gasolio è soggetto alla norma europea EN 14214 che ne fissa i requisiti minimi di qualità (28 parametri chimici e fisici). Le miscele gasolio/biodiesel al 20-30 % volume (B20-B30) sono regolamentate su base nazionale con la norma CUNA 637-02.
Campo di applicazione	Completa intercambiabilità delle miscele fino al 5% volume col gasolio per gli autoveicoli diesel di tutte le classi (leggeri e pesanti) e delle miscele fino al 20% volume per i soli autoveicoli pesanti (flotte dedicate). Nel caso di utilizzo di biodiesel puro sono eventualmente necessarie alcune modifiche al motore dei veicoli esistenti.
Effetto sulle emissioni	- CO ₂ : riduzione per la quota parte di olio vegetale in quanto combustibile originato da “fonte rinnovabile”; - inquinanti regolamentati: nessuna variazione significativa con le miscele fino a 5% volume, mentre con biodiesel puro riduzioni significative medie di emissione CO (circa 50 %), di HC (circa 60-70%) e di particolato (circa 50%) e incremento dell’emissione di NO _x (circa 10%). Gli effetti, comunque, dipendono dal modello di motore e dalla presenza o meno di dispositivi antinquinamento (catalizzatore ossidante); - inquinanti non regolamentati: significativa per SO ₂ (non contiene zolfo), mentre non sono chiari gli effetti determinati dall’uso del biodiesel puro sull’emissione degli IPA e delle aldeidi.
Costo	Come gasolio per miscele fino al 5%, non determinato per quello puro.
Effetti negativi	Nessuno in miscela fino al 5%. L’impiego di biodiesel puro può determinare problemi di compatibilità dei materiali con cui sono costruite le parti meccaniche a contatto col combustibile (tubazioni, pompa di iniezione, iniettori, ecc.) dei motori di autoveicoli diesel convenzionali.
Aspetti normativi	Consentito l’uso in miscela con gasolio fino al 5% e in miscela fino al 30% in flotte dedicate. Obbligo di immissione di una quota sul mercato (Direttiva 2003/30/CE e Decreto 12/05).
Incentivi	Solo a livello di defiscalizzazione contingentata (per renderlo competitivo con gasolio).
Note	Sono in atto le prime sperimentazioni per valutare l’impiego diretto di olio vegetale in luogo di biodiesel o del gasolio. Talune prove sono in corso su motori stazionari (pompe) o lenti (trattori) ed evidenziano la necessità di varie modifiche al motore diesel originale al fine di garantire sufficienti prestazioni ed adeguata affidabilità.

2.2. Retrofit.

2.2.1. Filtri meccanici per fumi diesel.

Tipologie	C-DPF (Catalytic-Diesel Particulate Filter); CR-DPF (Continuous Regenerating-Diesel Particulate Filter).
Principio di funzionamento	Lo scarico dal motore diesel passa attraverso un dispositivo filtrante ceramico o di carburo di silicio, con struttura a nido d'ape chiusa che blocca il particolato. La rigenerazione del filtro viene effettuata automaticamente per autocombustione del deposito carbonioso e può avvenire: <ul style="list-style-type: none"> - in maniera discontinua nel tipo C-DPF attraverso l'incremento della temperatura di combustione determinata da un'iniezione di eccesso di combustibile e facilitata, talvolta, con l'impiego di additivi organo-metallici nel combustibile; questo sistema si presta ad essere impiegato su autovetture e veicoli diesel leggeri; - in maniera continua nel tipo CR-DPF (mediante produzione di NO₂ per ossidazione di NO, presente nei gas scarico, su un catalizzatore ossidante posto a monte del filtro. La frequenza di rigenerazione (per filtri tipo C-DPF) dipende dalla quantità di particolato emesso dal motore e quindi sia dallo standard emissivo del modello di autoveicolo che dal modo di impiego. Nella fase di rigenerazione non si verificano emissioni significativamente maggiori di quelle che si rilevano in fase di accumulo.
Aspetti normativi	E' ammessa la sostituzione del silenziatore originale con uno omologato, comprensivo del dispositivo filtrante. La modifica del sistema di scarico, invece, è soggetta a omologazione. Per i bus, la sostituzione è ammessa solo per veicoli omologati pre-EURO, EURO 1 ed EURO 2. Per i veicoli commerciali pesanti non sono state date indicazioni specifiche. La situazione ad oggi risulta confusa (montaggio libero?? Vietato perché non è consentito alterare la componentistica e la configurazione originale??) Una circolare del Ministero dei Trasporti riguardante la possibilità di inserire il filtro sui veicoli commerciali pesanti è in attesa di parere della CE.
Costo	In funzione della dimensione del filtro (ovvero del motore). In linea di massima 3000-6000 €.
Disponibilità	Disponibili vari tipi prodotti da aziende diverse.
Applicabilità	L'applicazione come retrofit dei filtri a rigenerazione continua è su veicoli diesel, in particolare per bus, veicoli commerciali e macchine operatrici.
Effetti negativi	La presenza del catalizzatore ossidante determina l'incremento di emissione di NO ₂ (aumenta il rapporto NO ₂ /NO). Occorre manutenzione periodica (ogni 40.000-50.000 km). Possibile lieve incremento dei consumi di combustibile l'incremento progressivo della contropressione allo scarico (da 0% a nuovo, fino al 5% prima della rigenerazione, 3% medio).
Limitazioni di impiego	Se con catalizzatore ossidante come i filtri CR-DPF, è richiesto l'uso di gasolio a bassissimo contenuto di zolfo (ULSD <10 ppm di S).
Effetti ambientali	- CO ₂ : lieve incremento proporzionale al consumo; - inquinanti regolamentati: abbattimento di PM (90-95% in massa e 95-99% in numero di particelle); riduzione di CO e di HC se presente il catalizzatore ossidante; nessuna variazione per l'emissione degli NO _x ma cambia il rapporto NO ₂ /NO se presente il catalizzatore; - inquinanti non regolamentati: notevole riduzione dell'emissione di IPA e di altri composti organici adsorbiti sul particolato.

	In fase di rigenerazione (per filtri tipo C-DPF), si può avere un incremento dell'emissione di CO.
Note	In alternativa, sono disponibili filtri “usa e getta” non rigenerabili (in materiale cellulosico), installati a valle di un sistema di raffreddamento fumi a temperatura inferiore a 130°C. Una valvola by pass evita l'autoaccensione del filtro in caso di eccesso di temperatura (la presenza di questo elemento sembrerebbe impedirne l'omologazione in base alla bozza di Decreto all'esame della CE).

2.2.2. Catalizzatore ossidante per fumi diesel.

Nome	Oxy-cat.
Principio di funzionamento	Lo scarico dal motore diesel passa attraverso un dispositivo metallico o ceramico, con struttura a nido d'ape aperta, su cui è depositato uno strato di allumina contenente metalli nobili finemente dispersi con attività catalitica ossidante (platino - palladio).
Aspetti normativi	È ammessa la sostituzione del silenziatore originale con uno omologato, comprensivo del catalizzatore.
Costo	In funzione della dimensione del catalizzatore (ovvero del motore). In linea di massima 300-1000 € per autovetture, 1000-3000 € per veicoli pesanti.
Disponibilità	Disponibili vari tipi prodotti da aziende diverse.
Applicabilità	L'applicazione tipica è su veicoli diesel, sia autovetture, commerciali leggeri e pesanti (con vincoli come per filtri antiparticolato – v. scheda 2.2.1.).
Effetti negativi	Incremento di emissione di NO ₂ (come per filtri antiparticolato tipo CR-DPF – v. scheda 2.2.1.).
Limitazioni di impiego	Richiedono l'uso di gasolio a basso contenuto di zolfo (LSD <50 ppm di S). Non è indispensabile l'uso di gasolio ULSD (S <10 ppm) in quanto la formazione di solfati in forma di particelle non provoca inconvenienti come invece avviene nei filtri antiparticolato.
Effetti ambientali	<ul style="list-style-type: none"> - CO₂: nessuno; - inquinanti regolamentati: abbattimento limitato di PM in massa e in numero (20-40%); notevole riduzione di CO e di HC; nessuna variazione sull'emissione degli NO_x totali; - inquinanti non regolamentati: riduzione limitata di IPA e altri composti organici volatili e adsorbiti sul particolato.

2.3. TECNOLOGIE MOTORISTICHE.

2.3.1. Autoveicoli ibridi.

Descrizione	Veicoli dotati sia di motore termico (a benzina o diesel) che di motore(i) elettrico(i).
Tipologie, caratteristiche.	<p>Secondo la modalità di accoppiamento dei due propulsori, si identificano i seguenti tipi:</p> <p><u>1. IBRIDO “SERIE”.</u></p> <p>La coppia alle ruote è fornita dal solo motore elettrico, come nei veicoli elettrici a batteria. Nella marcia a potenza ridotta il sistema di generazione aziona direttamente il motore elettrico e, se c'è un margine, ricarica contemporaneamente le batterie, presenti in numero ridotto rispetto ad un veicolo solo elettrico; le batterie restituiscono questa energia quando richiesto, integrando la potenza erogata dal generatore. Il funzionamento a regime ottimale del gruppo di generazione consente così un livello molto ridotto di emissioni nocive, che si annullano quando il veicolo marcia con la sola energia accumulata dalle batterie. Con questa modalità di utilizzo l'autonomia è però minima, 20-30 km, in funzione del ridotto numero di batterie installate.</p> <p><u>2. IBRIDO “PARALLELO”.</u></p> <p>La trasmissione diretta alle ruote della potenza del motore termico consente nella marcia extraurbana un migliore rendimento rispetto all'ibrido “serie”, esempio tipico ne è la Honda Civic IMA. L'integrazione di potenza, quando necessaria, è fornita da un motore elettrico in parallelo meccanico al termico. Il motore funziona da generatore in frenata; è anche possibile, ma non sempre, la marcia con il solo motore elettrico (a potenza ridotta) con percorrenze ancor minori che nel serie, perché la batteria è ridotta al minimo compatibile con la massima richiesta di potenza del motore elettrico. Schemi meccanici più sofisticati, come quello adottato dalla Toyota per la Prius, uniscono il meglio dei due sistemi, “serie” e “parallelo”, e garantiscono prestazioni ineguagliate in termini di emissioni e consumi. In questa tipologia è compreso un tipo “minimo” dotato, in pratica, di motorino di avviamento opportunamente potenziato.</p> <p><u>3. IBRIDO “SPLIT”.</u></p> <p>Veicoli a quattro ruote motrici, con due sistemi di trazione indipendenti, uno termico ed uno elettrico. Tale configurazione è scarsamente utilizzata perché a fronte di una grande elasticità di funzionamento è fortemente penalizzata dai pesi e dagli ingombri di due motorizzazioni indipendenti, dagli elevati consumi specifici che tali pesi comportano e da un impatto ambientale, nel caso di funzionamento del motore termico, pari a quello di un veicolo convenzionale.</p>
Costruttori	<ul style="list-style-type: none">- ibrido “parallelo”: prodotti di serie Toyota, Honda, Lexus, (Ford e General Motors nell'immediato futuro);- ibrido “serie”: applicato negli autobus da diversi costruttori italiani (IVECO, TecnoBus, BredaMenarini, EPT Cacciamali) ed esteri (Orion).
Costi	<p>Extra costo di acquisto: 0-10% rispetto alla versione a benzina, 0-5% rispetto alla versione diesel.</p> <p>Su tassa di circolazione e costo assicurazione: riduzione per minore potenza del motore termico.</p> <p>Manutenzione: come versioni standard.</p>
Disponibilità	Entro tempi “normali” per auto di serie, su ordinazione per bus.

Affidabilità	Non diversa da veicoli tradizionali.
Incentivi	Solo per enti pubblici (Decreti Ronchi).
Tipo di utilizzo (per massimizzazione efficacia)	<p>Uso urbano (riduzione delle emissioni per uso propulsione elettrica in accelerazione e recupero in frenata, frequenti soste con spegnimento del motore termico).</p> <p>Se dotati di accumulatore di capacità sufficiente, possono essere guidati in solo elettrico (es. in aree di particolare rilievo ambientale) sia pure con limitata autonomia (20-30 Km).</p>
Effetti negativi	Nessuno di rilievo.
Limitazioni di impiego	Nessuna di rilievo.
Effetti ambientali	<p>Le prestazioni dei veicoli ibridi in campo ambientale sono state oggetto di numerosissime campagne di sperimentazione, al banco e su strada.</p> <p><u>Emissione inquinanti regolamentati</u>: riduzione generalizzata.</p> <p>Esempi:</p> <ul style="list-style-type: none"> -bus IBRIDO rispetto a diesel: CO –95%, NOx – 60%, PM – 70% -auto PRIUS rispetto a limiti EURO 4: CO – 82%, NOx – 87%, HC – 80% <p><u>Emissione inquinanti non regolamentati</u>: Sono ipotizzabili analoghe riduzioni di emissione per benzene, IPA, aldeidi.</p> <p>Il miglioramento ottenibile nelle emissioni è evidente, ed il maggior costo d'acquisto è già ripagato, in alcuni casi, dal minor costo di esercizio.</p> <p><u>Consumi ed emissione di CO₂</u>: riduzione 10-20% rispetto a diesel, 20-30% rispetto a benzina.</p>

2.3.2. Ciclomotori con motore a 2 tempi a iniezione e a 4 tempi.

Generalità	<p>Il motore a 2 tempi (2T), a fronte di innegabili vantaggi in termini di semplicità costruttiva e di potenza specifica, è caratterizzato da elevate emissioni di incombusti (HC) e di olio lubrificante.</p> <p>All'applicazione della Direttiva Europea 97/24/CE, in vigore dal 17/6/99, è stato possibile rispettare i limiti imposti per la prima e la seconda fase (EURO 1 e EURO 2) anche con motori 2T, attraverso modifiche sulla taratura dei motori e l'introduzione del catalizzatore ossidante allo scarico e/o l'iniezione di aria secondaria. Tuttavia, alcuni costruttori hanno puntato su motori a 4 tempi (4T) o a 2 tempi con iniezione diretta (2Ti), nonostante l'incremento dei costi, ma anche in previsione di ulteriori restrizioni sui limiti di omologazione.</p>
Costo	Extra costo rispetto a motorizzazione 2T: 10 - 20% (200 – 400 €).
Incentivi	Periodicamente vengono erogati incentivi per l'acquisto di veicoli di tecnologia più recente. L'ultimo accordo di programma tra il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio ed ANCMA, siglato nell'aprile 2005 e divenuto operativo il 20/05/05, stabiliva un contributo di 250 €, per un budget complessivo di 2.5 milioni di €, per l'acquisto di veicoli EURO 2, senza obbligo di rottamazione di un vecchio veicolo. Tale tipo di accordo ha indubbiamente immesso sul mercato ciclomotori più "puliti", ma non ha tolto dalla circolazione molti di quelli vecchi e più inquinanti.
Tipo di utilizzo	Tipicamente urbano.
Consumi ed emissioni di CO ₂	La motorizzazione 4T presenta consumi ed emissioni di CO ₂ inferiori del 30-40% rispetto alla motorizzazione 2T; è presumibile che anche i motori 2Ti presentino benefici rispetto ai propulsori tradizionali.
Emissioni di inquinanti regolamentati	<p><u>1. Motorizzazione 4T rispetto a 2T</u></p> <ul style="list-style-type: none"> - HC: notevolmente inferiori (non si verifica il corto circuito della carica tipico dei motori 2T nel momento in cui le luci di lavaggio e di scarico sono contemporaneamente aperte, che provoca il passaggio di miscela fresca direttamente dal cilindro allo scarico); - CO: inferiori (si possono utilizzare miscele più "magre" in quanto non è necessario integrare la lubrificazione); - NO_x: incrementate; l'unico dato disponibile, riferito a veicolo EURO 1, evidenzia un fattore di emissione pari a 200 mg/km, paragonabile a quelli delle auto a benzina EURO 1 e 2 (la miscelazione dei gas di scarico con la carica fresca nella fase di lavaggio che si verifica nel motore 2T comporta minori temperature nel cilindro e quindi una ridotta formazione di questo inquinante). <p><u>2. Motorizzazione 2Ti rispetto a 2T</u></p> <p>Non sono disponibili dati consolidati: l'applicazione dell'iniezione diretta è finalizzata ad eliminare il cortocircuito della carica e, di conseguenza, l'emissione di HC dovrebbe risultare notevolmente ridotta.</p>
Emissioni di inquinanti non regolamentati	<p>PM: il tipo di tecnologia motoristica ed il particolare sistema di lubrificazione del motore 2T causano notevoli emissioni di questo inquinante.</p> <p>Per i ciclomotori pre EURO ed EURO 1 con motore 2T i fattori di emissione a caldo di PM disponibili possono ritenersi sufficientemente affidabili:</p> <ul style="list-style-type: none"> - pre EURO 1: 200 mg/km (circa come auto diesel pre EURO); - EURO 1: 30 mg/km (circa come auto diesel EURO 4); <p>Per i ciclomotori EURO 2 equipaggiati con motori 2T tradizionali (con catalizzatore ossidante + iniezione di aria secondaria) l'emissione di PM a caldo dovrebbe risultare ridotta (intorno ai 5 mg/km), così come per i motori 4T (per i quali sono disponibili dati solo per versioni EURO 1, intorno ai 15</p>

	<p>mg/km). Nel caso dei motori 2Ti, due diverse attività sperimentali hanno invece evidenziato emissioni a caldo di PM elevate (circa 100 mg/km). Ulteriore aspetto da approfondire sono le emissioni a freddo, che per i 2T tradizionali catalizzati risultano consistenti (circa 100 mg/km), mentre mancano informazioni su tutte le altre motorizzazioni.</p> <p>Le emissioni di benzene, in prima approssimazione, sono proporzionali a quelle di HC totali.</p>
Effetti ambientali	<p>Considerate le consistenti riduzioni di emissione conseguibili con l'uso del motore 4T e 2Ti rispetto al tradizionale 2T, gli effetti ambientali sono da considerarsi senz'altro positivi su HC e benzene. Per il PM i benefici sono invece da valutare sulla base della diffusione delle due tipologie di motorizzazioni e delle ulteriori informazioni necessarie alla definizione di fattori di emissione consolidati. La loro quantificazione non risulta peraltro agevole in considerazione delle incertezze connesse alla determinazione del numero di veicoli (v. punto 1.2.2. "Parco circolante") e agli altri dati necessari (suddivisione per standard emissivo, fattori di emissione, etc...).</p>
Note	<p>È pratica diffusissima la manomissione del motore per aumentarne le prestazioni. Tale operazione è relativamente semplice sui propulsori a 2 tempi, talvolta già predisposti per le modifiche ed in grado di sviluppare potenze ben superiori a quelle necessarie per procedere alla velocità massima stabilita dal Codice della Strada. In queste condizioni il comportamento in termini di emissioni è ben differente da quello misurato nella fase di omologazione e di questo bisogna tenere conto nella definizione dei fattori di emissione e nel calcolo dei relativi inventari. Come già evidenziato nella descrizione iniziale, i motori a 4T erogano potenze sensibilmente inferiori e quindi, oltre ad essere probabilmente più complessa, l'eventuale manomissione non consente incrementi elevati di prestazioni e velocità.</p> <p>Inoltre, non appare sufficientemente garantita l'efficienza del catalizzatore posto allo scarico di un motore 2T nell'incremento delle percorrenze e nelle modalità di impiego in campo.</p> <p>I fattori di emissione a caldo di alcune tipologie veicolari calcolati per una velocità media tipica della guida in ambito urbano (fonte: database COPERT III) mostrano che i ciclomotori 2T nelle versioni EURO 2 emettono una quantità di HC, per chilometro percorso in ambito urbano, di poco inferiore ad una autovettura EURO 1 (cc<1400) e circa 20 volte superiore ad una analoga autovettura a benzina EURO 4.</p> <p>In estrema sintesi, la motorizzazione 4T risulta intrinsecamente più pulita e quindi più affidabile e molto meno suscettibile di pratiche di manomissione.</p>