



ANPA
Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

**ANALISI DEI FATTORI DI EMISSIONE
DI CO₂ DAL SETTORE DEI TRASPORTI**

Metodo di Riferimento IPCC, metodologia Copert ed analisi sperimentali

RTI AMB-EMISS 3/2001

ANPA
Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente
Unità interdipartimentale Censimento delle Fonti di Emissione

ANALISI DEI FATTORI DI EMISSIONE DI CO₂
DAL SETTORE DEI TRASPORTI

Metodo di Riferimento IPCC, metodologia Copert ed analisi sperimentali

M. CONTALDI¹, M. ILACQUA²

¹ ANPA, Dip. Strategie Integrate, settore Clima Globale, via Vitaliano Brancati 48, 00144 Roma

² ANPA, Dip. Ambiente, Unità Interdipartimentale Censimento delle fonti di emissione, via Vitaliano Brancati 48, 00144 Roma

**AGENZIA NAZIONALE PER LA PROTEZIONE DELL'AMBIENTE
DIPARTIMENTO STATO DELL'AMBIENTE**

Referenza:		
Documento ANPA AMB/EMISS RTI 03/01	Revisione: 0	Titolo: ANALISI DEI FATTORI DI EMISSIONE DI CO ₂ DAL SETTORE DEI TRASPORTI
Autori	M. Contaldi (ANPA-INT-CLIMA) M. Ilacqua (ANPA-AMB-EMISS)	
Data di emissione:	17/05/01	
Lista di distribuzione:		
Sommario:	<p>Il rapporto verifica i fattori di emissione dell'anidride carbonica relativi al settore energetico e in particolare del settore dei trasporti, alla luce delle recenti determinazioni chimico-fisiche sperimentali sui combustibili nazionali condotte dalla SSC (Stazione Sperimentale combustibili) di San Donato Milanese (MI), e li confronta sia con quelli indicati dalla IPCC (Intergovernmental Panel for Climate Change) che con quelli che scaturiscono dalla metodologia COPERT III dell'Agenzia europea dell'ambiente.</p>	
Redatto	Rivisto	Approvato
M. Contaldi M. Ilacqua	R. De Lauretis	M.Cirillo

INDICE

INDICE.....	V
SOMMARIO.....	VI
1. LA STIMA DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA	1
1.1 Considerazioni generali.....	1
1.2 Fattori di emissione nel settore dei trasporti.....	2
2. L'APPROCCIO SETTORIALE CON I FATTORI DI EMISSIONE IPCC...3	
2.1 Introduzione	3
2.2 Descrizione del metodo settoriale utilizzando i fattori di emissione IPCC.....	3
2.3 Procedura seguita per il calcolo delle emissioni di CO₂.....	4
3 LA METODOLOGIA COPERT.....	5
3.1 Descrizione della metodologia.....	6
3.2 Confronto dei fattori di emissione COPERT con i fattori IPCC-OCSE.....	6
4. RISULTATI SPERIMENTALI ED ANALISI CRITICA DELLE METODOLOGIE	9
4.1 Analisi sperimentali.....	9
4.2 Verifica analitica della metodologia Copert	11
4.3 Considerazioni preliminari sui fattori di emissione dei carburanti.....	13
5. CONFRONTO CON I FATTORI DI EMISSIONE IPCC– OECD.....	16
5.1 Aggiornamento fattori di emissione.....	16
5.2 Serie storica dei fattori di emissione.....	17
6. CONCLUSIONI.....	20
7. BIBLIOGRAFIA.....	22
Allegato 1: Fattori di emissione dei carburanti (fonte IPCC, Linee Guida per gli inventari delle emissioni di gas ad effetto serra).....	23
Allegato 2: Approccio di riferimento: emissioni di CO₂ dal settore dei trasporti, anno 1998.....	24
Allegato 3: Emissioni di CO₂ dal settore dei trasporti su strada, anno 1998, stimate dal programma Copert III.....	25

SOMMARIO

Lo scopo di questo lavoro è quello di verificare i fattori di emissione di CO₂ relativi al settore energetico ed in particolare del settore dei trasporti, il cui consumo energetico riferito all'anno 1998 è di 1579 TJ (25,6 % dei consumi energetici nazionali), mentre la quantità di CO₂ emessa nello stesso anno sempre per il settore trasporti ammonta a 112 MT (26,6% delle emissioni nazionali di CO₂). I risultati preliminari di un lavoro sperimentale di analisi dei carburanti della Stazione sperimentale combustibili sono messi a confronto con le indicazioni della metodologia di riferimento per il calcolo delle emissioni della CO₂ elaborata dall'Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC, 1996 revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) e della metodologia implementata nel programma Copert III dell'Agenzia europea dell'ambiente.

SUMMARY

The calculation of CO₂ emission factors from the Italian energy system and specifically from the transportation sector, that consumed 1579 TJ in 1998 (25,6% of total national energy consumption), and produced 112 MT of CO₂ (26,6 % of total national CO₂ emissions) in the same year, is the object of this work. The results of analysis of fuel samples performed by "Stazione sperimentale combustibili" are checked against the emission factors used in the Reference Approach from the Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC, 1996 revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories) and the emission factors considered in the Copert III programme, from EEA (European Environment Agency).

1. LA STIMA DELLE EMISSIONI DI GAS SERRA (a cura di M. Contaldi)

1.1 Considerazioni generali

Le emissioni di gas ad effetto serra possono essere di origine antropogenica o naturale. Le emissioni di origine naturale sono in particolare dovute alle attività vulcaniche, agli incendi forestali di origine naturale ed altri eventi non influenzati dalle attività umane.

Le emissioni di origine antropogenica si riferiscono, invece, a tutte quelle attività influenzate dall'uomo, in particolare alle emissioni di origine energetica, ovvero derivanti dall'uso dei combustibili, a quelle dovute ai processi industriali, all'agricoltura, alle foreste gestite ed al trattamento dei rifiuti. Le emissioni di anidride carbonica (CO₂) di origine energetica corrispondono a circa il novanta per cento delle emissioni di gas ad effetto serra; in questo lavoro si valuteranno le emissioni di anidride carbonica dal sistema dei trasporti. Ovviamente, ma forse non è superfluo ricordarlo, solo le emissioni di origine antropogenica sono oggetto dei trattati internazionali in materia quali la Convenzione sul Clima ed il Protocollo di Kyoto.

La stima di queste emissioni si effettua con cadenza annuale con diverse metodologie approvate da organismi scientifici internazionali quali l'International Panel for Climate Change (IPCC- <http://www.ipcc.ch>). In particolare per le emissioni di anidride carbonica di origine energetica sono previste due diverse metodologie, il metodo cosiddetto di riferimento (*Reference Approach*) o metodo semplificato, e metodi dettagliati o settoriali.

La metodologia è descritta in dettaglio nelle linee guida per gli inventari nazionali delle emissioni di gas ad effetto serra edite da IPCC-OECD nel 1996. Queste linee guida, in tre volumi, sono state recentemente aggiornate e sono disponibili in rete al sito del segretariato della convenzione (<http://www.unfccc.de>).

Mediante il metodo di riferimento si calcolano le emissioni di anidride carbonica valutando il contenuto di carbonio dei combustibili fossili utilizzati dal sistema energetico e sottraendo quanto di questo non è emesso sotto forma di anidride carbonica per un qualsiasi motivo (perdite, usi non energetici); la quantità di carbonio così ottenuta è considerata emessa sotto forma di CO₂. La metodologia prevede che con pochi dati di partenza, disponibili, nel caso dell'Italia, direttamente dal Bilancio Energetico Nazionale (BEN), a cura del Ministero dell'Industria, sui quantitativi di combustibili prodotti o importati, sia possibile giungere ad una stima approssimata delle emissioni. A tal fine sono indicati un gran numero di valori stimati a livello internazionale da utilizzarsi nel caso non siano disponibili valutazioni più precise.

Il metodo settoriale prevede la stima dettagliata dei quantitativi di combustibili fossili effettivamente bruciati nei vari settori di utilizzo e sono in genere possibili almeno due diversi livelli di approfondimento dipendenti dal livello di

disaggregazione settoriale. La decisione sul livello di approfondimento è lasciata al paese, in base ai dati disponibili. Nel caso italiano la stima è fatta con una metodologia comune europea, la metodologia CORINAIR, proposta dall'Agenzia Europea per l'Ambiente ed utilizzata per la valutazione anche di altri inquinanti.

Il calcolo delle emissioni effettuato con i due metodi dovrebbe portare a risultati analoghi, se fatto partendo dagli stessi dati di base.

1.2 Fattori di emissione nel settore dei trasporti

Per quanto riguarda il settore dei trasporti, il cui peso percentuale sul totale dei consumi energetici riferiti all'anno 1998 è del 25,6 %, e in termini di CO₂ prodotta è del 26,6% sul totale delle emissioni riferite sempre all'anno 1998, la metodologia settoriale IPCC fornisce una serie di fattori di emissione per i diversi carburanti, basati su valori medi internazionali. Inoltre il BEN riporta esplicitamente i consumi del settore, pertanto è possibile effettuare una stima dettagliata delle emissioni utilizzando i consumi del settore ed i fattori di emissione internazionali.

Nel caso di utilizzo della metodologia CORINAIR per eseguire la stima dettagliata delle emissioni del settore dei trasporti è anche possibile utilizzare un modello di calcolo, il modello COPERT, che calcola automaticamente le emissioni di anidride carbonica sulla base di una serie di parametri sulle caratteristiche del combustibile. Per il consumo complessivo di combustibile del settore si fa sempre riferimento al BEN.

Nel settore dei trasporti queste due diverse metodologie di dettaglio portano a emissioni complessive diverse, pur partendo dagli stessi consumi complessivi. Il problema era già evidente nel corso della stima delle emissioni del 1994 ⁽³⁾ ma è diventato non più eludibile nel caso dell'inventario del 1997 ^(4,5) realizzato presso questa Agenzia, quando tutte le altre differenze tra le diverse metodologie di stima sono state risolte.

Per dirimere la questione è stata avviata una attività di approfondimento analitico e sperimentale dei fattori di emissione che ha portato ad alcuni interessanti risultati. Nei successivi capitoli saranno prima brevemente descritte le due metodologie analitiche ed i fattori di emissione utilizzati, quella IPCC e quella utilizzata da Copert, e quindi analizzati criticamente i risultati alla luce di una serie di dati sperimentali sui carburanti.

³ ENEA, inventario emissioni nazionali 1994 nell'ambito di:
Corinair 1994 Inventory, by M. Ritter, EEA 1998, ISBN 92-9167-102-9

⁴ Brini S., Desiato F., Fortuna F., Gaudio D., Liburdi R. Scalambretti R., Emissioni in atmosfera e qualità dell'aria in Italia, ANPA, Serie Stato dell'Ambiente 6/1999

⁵ Saia S., Contaldi M., De Lauretis R., Ilacqua M. Liburdi R., Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale, ANPA, Serie Stato dell'ambiente 12/1999

2. L'APPROCCIO SETTORIALE CON I FATTORI DI EMISSIONE IPCC (a cura di M. Contaldi)

2.1 Introduzione

Le emissioni di CO₂ sono prodotte quando viene bruciato del combustibile contenente carbonio. Per ottenere una valutazione delle emissioni di CO₂ dal sistema dei trasporti il metodo proposto parte dagli usi finali del combustibile (metodologia del tipo "bottom-up"). Il Bilancio Energetico Nazionale, contiene i dati di consumo finale dei diversi settori economici, in particolare il settore dei trasporti, i fattori di emissione sono specificati in letteratura e comunque nella metodologia IPCC, pertanto la stima delle emissioni si risolverebbe in una serie di semplici operazioni matematiche.

La metodologia prevede una ampia libertà del paese nella scelta dei fattori di emissione. I dati sono però controllati dal segretariato della Convenzione sul Clima ed eventuali differenze dei fattori di emissione dai valori indicati nelle metodologie approvate vanno giustificati.

2.2 Descrizione del metodo settoriale utilizzando i fattori di emissione IPCC

I dati necessari sono ricavabili da diverse fonti statistiche, nel seguito indicate in modo dettagliato, la più importante delle quali è:

- il BEN (Bilancio Energetico Nazionale, edito annualmente dal Min. Industria).

Secondo la metodologia di riferimento dell'IPCC (IPCC revised Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 2) , le emissioni totali annue di CO₂ dal settore dei trasporti si calcolano come segue:

1. si stima, per ogni tipo di carburante, il consumo annuo e si converte tale consumo in unità energetiche (Tcal);
2. si moltiplica, per ciascun tipo di carburante, tale consumo per il relativo fattore di emissione in modo da valutarne la quantità in massa di C emesso;
3. si converte il carbonio emesso in emissioni di CO₂ tenendo conto di una eventuale combustione incompleta;
4. si sommano le emissioni relative ai vari tipi di carburante.

Moltiplicando i consumi interni lordi di ciascun combustibile per il relativo fattore di emissione e sommando su tutti i combustibili si ottiene la valutazione delle cosiddette emissioni apparenti. Il nome "emissioni apparenti" è giustificato dal fatto che esse corrispondono alle emissioni che si avrebbero se tutto il carbonio contenuto nei combustibili usati fosse ossidato a CO₂.

Per valutare le emissioni “reali” del settore di pertinenza del paese nell’ambito della Convenzione sul Clima bisogna sottrarre alle emissioni apparenti le seguenti tre componenti:

1. le emissioni di CO₂ originate dalla combustione di biomasse in quanto si assume che le emissioni di CO₂ dovute alla combustione di biomasse sia uguale all’assorbimento di CO₂ dovuto alla sua ricrescita (nel caso dei trasporti questo si applica, ad esempio, al biodisel). Le emissioni di CO₂ originate dalla combustione di biomasse sono contabilizzate solo per informazione da inserire nelle Comunicazioni Nazionali in ottemperanza all’articolo 4.1(a) della Convenzione sui Cambiamenti Climatici;
2. le emissioni di CO₂ dovute ai trasporti internazionali navali ed aerei, i primi sono evidenziati nel bilancio energetico nazionale, i secondi lo erano fino al 1975, attualmente essi vengono stimati;
3. le emissioni evitate in quanto il carbonio contenuto nei combustibili non è stato ossidato. Esistono degli appositi fattori di default nel caso non si disponesse di stime più precise.

2.3 Procedura seguita per il calcolo delle emissioni di CO₂

Nell’allegato 1 sono indicati i fattori di emissione per ciascun tipo di carburante. Tali fattori di emissione, che tengono conto di una eventuale combustione incompleta per mezzo del fattore di ossidazione indicato in tabella, sono estratti dal volume 2 dell’IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

In allegato 2 è riportata la tabella 1.A(a) SECTORAL BACKGROUND DATA FOR ENERGY - Fuel Combustion Activities - Sectoral Approach, sh. 3 of 4 per l’anno 1998 estratto dalla I versione dell’inventario per quell’anno. Tale tabella è utile per illustrare il procedimento adoperato per il calcolo delle emissioni della CO₂, a partire dai combustibili sia primari che secondari destinati ai trasporti, e poi calcolare il quantitativo di carbonio che viene ossidato a CO₂, utilizzando i relativi fattori di emissione.

I fattori di emissione riportati in allegato 2 sono leggermente diversi da quelli in allegato 1 in quanto risultati di una serie di elaborazioni ed arrotondamenti.

Le stime dei consumi contenute nell’Allegato 2 sono già al netto dei carburanti utilizzati per i bunkeraggi marittimi ed aerei e dei biocombustibili. La stima per questi ultimi e per i bunkeraggi marittimi è esplicitamente menzionata nel BEN, il carbonio contenuto nei combustibili usate per il traffico aereo internazionale è stato stimato in modo convenzionale⁶.

⁶ Per quanto riguarda i consumi da trasporto aereo internazionale, si è considerato che tale consumo sia pari a circa due terzi del consumo nazionale di carboturbo.

3 LA METODOLOGIA COPERT (a cura di M. Ilacqua)

Una analoga stima settoriale è effettuata dal programma Copert III.

In allegato 3 sono riportate le stime di emissione di gas serra da parte del traffico su strada effettuate con il programma Copert III sulla base dei consumi di carburanti stimati dal BEN per il 1998. Queste stime sono state effettuate con la metodologia descritta nei seguenti paragrafi.

3.1 Descrizione della metodologia

La metodologia COPERT stima le emissioni di CO₂ sulla base del consumo di carburante, assumendo che il carbonio contenuto in esso sia portato tutto allo stato di massima ossidazione, ovvero a CO₂

Nel caso si vogliano calcolare le emissioni complessive di anidride carbonica si utilizza il calcolo stechiometrico, supponendo che tutto il carbonio sia ossidato ad anidride carbonica, con la seguente formula :

$$E_{CO_2}^{CALC} = 44,011 \times \frac{FC}{12,011 + 1,008r_{HC}} \quad (1)$$

dove,

r_{HC} rapporto tra numero di atomi di idrogeno e carbonio nel combustibile impiegato (~1,8 per benzina e ~2,0 per diesel).

FC Fuel consumption, consumo di combustibile, in peso

$E_{CO_2}^{CALC}$ Emissioni calcolate di CO₂, in peso

Nel caso si intendesse calcolare le emissioni di anidride carbonica all'uscita del tubo di scarico dei veicoli vanno tenuti in considerazione i quantitativi di carbonio contenuti nelle emissioni di monossido di carbonio, composti organici volatili e particolato. Si applica la formula seguente:

$$E_{CO_2}^{CALC} = 44,011 \times \frac{FC^{CALC}}{12,011 + 1,008r_{HC}} - \frac{E^{CO}}{28,011} - \frac{E^{VOC}}{13,85} - \frac{E^{PM}}{12,011} \quad (2)$$

dove E^{CO} = emissioni di CO in peso per mole di carburante combusto

E^{VOC} = emissioni di VOC in peso per mole di carburante combusto

E^{PM} = emissioni di particolato carbonioso per mole di carburante combusto

Da quanto precede è implicita l'assunzione che la miscela idrocarburica sia costituita esclusivamente dai componenti idrogeno e carbonio. Infatti nella formulazione (2), relativamente alla parte per il calcolo della quantità stechiometrica di anidride carbonica prodotta, sono presi in considerazione solo i pesi atomici del carbonio e dell'idrogeno.

3.2 Confronto dei fattori di emissione COPERT con i fattori IPCC-OCSE

Un controllo incrociato tra i dati emissivi del trasporto su strada dell'Allegato 2 (riga b. Road transportation) e dell'Allegato 3 (somma dei totali per tipologia di carburanti) evidenzia differenze piccole ma non trascurabili tra le emissioni calcolate con il modello Copert e quelle fatte a partire dai fattori di emissione IPCC-OCSE sulla base degli stessi consumi di carburanti (differenza percentuale pari a 4% per la benzina, 3,5% per il gpl, inferiore all'1% per il gasolio). Tali differenze percentuali sono le stesse per gli inventari degli anni precedenti (1990-1996).

La valutazione comparata mostra che il modello Copert si basa per il calcolo delle emissioni su di un rapporto medio tra idrogeno / carbonio (rapporto H/C) dei carburanti (benzina e gasolio), ritenuto dalla metodologia indipendente dal contenuto energetico o dalla densità dei carburanti e desunto dalla letteratura internazionale. In particolare i rapporti H/C consigliati dal programma, sono pari a 1,8 per le benzine, 2,0 per i gasoli e 2,58 per il gpl.

Dalle considerazioni precedenti è evidente che esiste una differenza tra i fattori di emissione utilizzati da Copert e quelli IPCC-OCSE:

- il dato IPCC-OCSE stima le emissioni a partire da un determinato contenuto energetico dei carburanti e nulla dice del rapporto H/C;
- il dato BEN, normalizza le benzine ed i gasoli rispetto al loro contenuto energetico che risulta diverso da quello IPCC-OCSE;
- la metodologia seguita dal modello Copert si basa su considerazioni termochimiche di base.

L'analisi delle differenze tra i fattori di emissione suddetti è effettuata nel capitolo 4.

Con valutazioni indirette (ad esempio eq. (1)) è possibile ricavare dei rapporti H/C per i primi due approcci (IPCC e MICA) e confrontarli con quelli consigliati nel modello Copert, con i dati di letteratura e con i risultati sperimentali. In tabella 1 sono illustrate per ogni approccio di stima le seguenti informazioni : %C, %H, H/C, fattore emissione CO₂ derivato. Si sottolinea che nel caso del dato indicato come "fattore emissione BEN" non si tratta di una composizione del prodotto comunicata dal Ministero Industria ma di un fattore di emissione (e quindi del rapporto H/C) ricavato da una benzina che abbia il potere calorifico indicato nel BEN ed il fattore di emissione per unità di energia indicato dall'IPCC/OECD.

Anche una rapida lettura dei dati in tabella mostra l'estrema variabilità dei dati con differenze, per la benzina, fino al 5% nelle emissioni specifiche ed addirittura del 25% nel rapporto H/C. Per il gasolio i fattori di emissione sono più costanti ma i rapporti H/C variano fino al 15%. La differente composizione dei carburanti, prodotti con miscele di diversi idrocarburi, non può giustificare simili variazioni per benzina e gasolio. Le differenze tra le varie fonti, già esaminate nel precedente capitolo, sono quindi ancora più evidenti e lo è anche l'importanza di effettuare campagne sperimentali che correlassero l'analisi chimica dei carburanti nazionali (e quindi il rapporto H/C) con il loro contenuto energetico.

Caratterizzazione chimico-fisica di combustibili per autotrazione

1° semestre settembre 2000 - febbraio 2001

	Carbonio	Idrogeno	H/C	CO ₂
	% m/m	% m/m		fattore emissione (kg CO ₂)/(kg fuel)
CAMPIONI DI BENZINA				
media valori misurati	86,035	13,528	1,875	3,152
<small>(dopo neutralizzazione errore sperimentale)</small>				
approccio IPCC / OECD	84,500	15,300	2,158	3,102
approccio BEN	83,030	16,970	2,436	3,042
approccio COPERT	86,878	13,122	1,800	3,183
Dati di letteratura:				
Pery C.			2,140	3,113
Heywood			1,900	3,167
CAMPIONI DI GASOLIO				
media valori misurati autotrazione	86,64	13,33	1,834	3,175
<small>(dopo neutralizzazione errore sperimentale)</small>				
media valori misurati riscaldamento	86,68	13,21	1,816	3,176
approccio IPCC / OECD	87,53	12,47	1,698	3,207
approccio BEN	86,22	13,78	1,905	3,159
approccio COPERT	85,63	14,37	2,000	3,138
Dati di letteratura:				
Pery C.			1,910	3,162
Heywood			1,830	3,183
CAMPIONI DI GPL				
media valori misurati autotrazione	82,59	17,41	2,513	3,026
approccio IPCC / OECD	81,38	18,62	2,727	2,982
approccio BEN	81,62	18,38	2,684	2,901
approccio COPERT	82,20	17,80	2,580	3,012
Dati di letteratura:				
Pery C.			2,610	3,014

Tabella 1 - Confronto tra i rapporti H/C

Fonte: elaborazioni ANPA su dati IPCC, MICA, COPERT

4. RISULTATI SPERIMENTALI ED ANALISI CRITICA DELLE METODOLOGIE (a cura di M. Ilacqua)

4.1 Analisi sperimentali

Grazie al contratto in essere tra ANPA e la Stazione sperimentale dei combustibili per la caratterizzazione di un campione rappresentativo dei carburanti prodotti in Italia, è stato possibile utilizzare delle analisi relative ai parametri carbonio, idrogeno, potere calorifico superiore, zolfo, di un numero di campioni rappresentativi del mercato nazionale a partire da settembre 2000.

Vediamo a questo punto di dare alcuni ragguagli tecnici sulle determinazioni sperimentali eseguite.

Per la determinazione del contenuto di carbonio e idrogeno nelle benzine, il campione di combustibile viene bruciato e successivamente viene determinata la CO₂ e H₂O prodotte, dopo separazione cromatografica e rivelazione a conducibilità termica. La metodica analitica impiegata per il carbonio ed idrogeno nel gasolio è ASTM D5291.

La ripetibilità (indice di precisione nella serie di determinazioni analitiche, espresso come deviazione dal valore medio di determinazioni ripetute quando siano state eseguite nella stessa serie, dallo stesso operatore, nello stesso laboratorio, sulla stessa strumentazione) della prova atta a determinare il contenuto percentuale in peso di carbonio (%C) è pari a 0,98% per il livello di carbonio (LC %) = 87%, ovvero per il livello %C = 87%, due prove analitiche si dicono in ripetibilità se il risultato ottenuto, si colloca all'interno dell'intervallo $(87 + 0,98/2)$ ed $(87 - 0,98/2)$. La formula che mette in relazione la ripetibilità al livello di carbonio (LC%) è per il carbonio $r = 0,0072 (LC\% + 48,48)$, mentre per l'idrogeno $r = 0,11 * \sqrt{LH\%}$, dove LH% è il livello di idrogeno; pertanto per il riferimento 13% H $r = 0,42$. Per quanto riguarda invece la riproducibilità (indice della precisione fra le serie, espresso come deviazione dal valore medio di determinazioni ripetute in serie diverse, eseguite in tempi diversi eventualmente da operatori ed in laboratori diversi) della prova analitica per il carbonio è $R = 0,018 (LC\% + 48,48)$, mentre per l'idrogeno $R = 0,2314 * \sqrt{LH\%}$.

Per la determinazione del potere calorifico superiore (metodo ASTM D 240) per benzine e gasoli, il campione in esame viene bruciato in bomba con ossigeno, e misurata la quantità di calore sviluppata durante la combustione con formazione di prodotti allo stato gassoso, ad eccezione dell'acqua. La ripetibilità per il potere calorifico superiore è per qualsiasi livello $r = 0,13$; la riproducibilità $R = 0,4$.

Per la determinazione dello zolfo (metodo EN ISO14596) il campione viene esaminato mediante spettrometria di fluorescenza ai raggi X. Si utilizza uno standard interno per correggere eventuali interferenze della matrice.

Prendendo in esame il GPL, la determinazione del C% e H% è stata effettuata utilizzando il metodo (EN 27941); per il potere calorifico inferiore invece si è ricorso al metodo (DIN 51612). Entrambe le determinazioni per il GPL sono da calcolo basato sull'analisi strumentale gas-cromatografica eseguita su campioni rappresentativi.

Il lavoro sperimentale prosegue tuttora ed alla data di pubblicazione del presente rapporto si dispone solo di una parte dei dati. In tabella 2 sono riportati i dati medi risultanti dalle analisi disponibili, per benzina, gasolio e gpl.

Questi dati sono tuttavia sufficienti a verificare la metodologia Copert per il calcolo delle emissioni stechiometriche di CO₂, dato che si dispone di rilevazioni precise del rapporto H/C e di tutti gli altri composti chimici contenuti in un discreto numero di campioni .

Caratterizzazione chimico-fisica di combustibili per autotrazione

1° semestre settembre 2000 - febbraio 2001

	Carbonio Analizzatore CHC % m/m	Idrogeno Analizzatore CHO % m/m	H/C	Ossigeno %m/m	Zolfo EN ISO 14596 mg/kg	Pot. Cal. Inf. kcal/kg
CAMPIONI DI BENZINA						
media valori	86,029	13,527	1,875	0,438	64	10365
CAMPIONI DI GASOLIO						
media autotrazione	86,356	13,309	1,837	0,304	305	10248
media riscaldamento	86,375	13,209	1,822	0,282	1347	10179
CAMPIONI DI GPL						
media autotrazione	82,480	17,520	2,532			11007

Tabella 2 – Risultati preliminari analisi campioni carburanti, dati grezzi

Fonte: Tittarelli

4.2 Verifica analitica della metodologia Copert

Come già visto nel capitolo III nella metodologia implementata in Copert è implicita l'assunzione che la miscela idrocarburica sia costituita esclusivamente dai componenti idrogeno e carbonio. Infatti nella formulazione (1) sono presi in considerazione solo i pesi atomici del carbonio e dell'idrogeno. Nel caso invece vi sia l'introduzione di un additivo ossigenato, come nelle moderne benzine senza piombo, il suddetto calcolo va rivisto onde tenere in conto la nuova circostanza, inoltre si prende in considerazione anche la presenza di zolfo, per quanto minima, per omogeneità con i dati sperimentali disponibili

La nuova formulazione pertanto è derivata impostando un bilancio di massa applicato ai singoli componenti del combustibile, con la seguente formula:

$$1 = \frac{n_H (AW)_H + n_C (AW)_C + n_O (AW)_O + n_S (AW)_S}{(MW)_{fuel}} \quad (3)$$

Dove:

n_H = atomi di idrogeno
 n_C = atomi di carbonio
 n_O = atomi di ossigeno
 n_S = atomi di zolfo

$(AW)_H$ = Peso atomico dell'idrogeno
 $(AW)_C$ = Peso atomico del carbonio
 $(AW)_O$ = Peso atomico dell'ossigeno
 $(AW)_S$ = Peso atomico dello zolfo
 $(MW)_{fuel}$ = Peso molecolare del combustibile
 W_{CO_2} = Peso della anidride carbonica (Kg CO_2)
 W_{fuel} = Peso del combustibile (Kg $_{fuel}$)

$$\frac{1}{n_C} = \frac{\frac{n_H}{n_C} (AW)_H + \frac{n_C}{n_C} (AW)_C + \frac{n_O}{n_C} (AW)_O + \frac{n_S}{n_C} (AW)_S}{(MW)_{fuel}} \quad (4)$$

Una mole di carbonio si trasforma in una mole di CO_2 , secondo la reazione seguente:



poiché :

$$\frac{1}{n_C} = \frac{(MW)_{CO_2}}{(W)_{CO_2}} \quad (6)$$

$$W_{CO_2} = \frac{(MW)_{CO_2}}{\frac{1}{n_C}} \quad (7)$$

Combinando la (4) con la (7) si avrà:

$$W_{CO_2} = \frac{(MW)_{CO_2}}{\frac{\frac{n_H}{n_C}(AW)_H + (AW)_C + \frac{n_O}{n_C}(AW)_O + \frac{n_S}{n_C}(AW)_S}{(MW)_{fuel}}} \quad (8)$$

Per una mole di combustibile sarà $(MW)_{fuel} = W_{fuel}$

$$W_{CO_2} = \frac{(MW)_{CO_2} W_{fuel}}{\frac{n_H}{n_C}(AW)_H + (AW)_C + \frac{n_O}{n_C}(AW)_O + \frac{n_S}{n_C}(AW)_S} \quad (9)$$

ponendo

$$\frac{n_H}{n_C} = r_{HC} ; \quad \frac{n_O}{n_C} = r_{OC} ; \quad \frac{n_S}{n_C} = r_{SC} ;$$

la formula di COPERT corretta sarà pertanto:

$$E_{\text{CO}_2}^{\text{CALC}} = 44,011 \times \frac{\text{FC}}{12,011 + 1,008r_{\text{H:C}} + 15,999r_{\text{O:C}} + 32,064r_{\text{S:C}}} \quad (10)$$

4.3 Considerazioni preliminari sui fattori di emissione dei carburanti

Sulla base delle considerazioni nei due paragrafi precedenti è stato possibile ricomputare i fattori di emissione dei carburanti, applicando opportuni fattori di correzione che tengono conto degli errori sperimentali nella determinazione dei contenuti di carbonio, idrogeno. Ad esempio, con riferimento ai dati di tabella 2 posizionata a pag. 13, il contenuto di ossigenati nel gasolio è sicuramente nullo.

In tabella 3 sono riportati, per diverse tipologie di carburanti descritte nel seguito, i valori corretti dei contenuti di carbonio, idrogeno ed ossigeno, il nuovo rapporto H/C ed i fattori di emissione calcolati secondo diverse metodologie:

- bilancio di massa
- formula Copert non corretta (Copert standard), che ipotizza che il carburante sia costituito esclusivamente da atomi di H e di C (anidride carbonica in funzione del rapporto idrogeno-carbonio eq. (1))
- formula Copert rivista, che tiene in considerazione la presenza di zolfo e dei composti ossigenati introdotti nelle nuove formulazioni dei carburanti (Copert new formula eq. (10))

Per comodità di confronto in tabella 3 oltre ai valori sperimentali sono stati riportati i fattori di emissione per diverse tipologie di carburanti, in particolare per il carburante medio indicato da IPCC/OECD e, per benzina e gasolio, un fattore di emissione per i carburanti nazionali ottenuto considerando il fattore di emissione IPCC inversamente proporzionale al potere calorifico dei carburanti ed i poteri calorifici indicati nel BEN.

Come si potrà notare i fattori di emissione di CO₂ calcolati con un bilancio di massa e con la formula di Copert opportunamente corretta sono coincidenti. Le residue differenze tra i vari tipi di carburante sono contenute, massimo 1,6% per le benzine, e riconducibili a differenti composizioni chimiche. Si può quindi affermare che le diverse metodologie utilizzate sono compatibili e comunque corrette. Inoltre a questo punto sono noti i fattori di emissione tipici dei carburanti nazionali, applicabili però per gli anni 2000 e seguenti. Resta aperto il problema

di quale fattore applicare per gli anni precedenti, vedi il successivo paragrafo “serie storica dei fattori di emissione”.

Se si volesse riprodurre con il modello Copert attuale, in attesa di una sua revisione, il fattore di emissione sperimentale non resta che modificare in modo opportuno il rapporto H/C, fino a riprodurre il dato sperimentale. Eventuali ulteriori variazioni potranno dipendere dal completamento del programma sperimentale in corso e da successive analisi di controllo nel corso degli anni.

Caratterizzazione chimico-fisica di combustibili per autotrazione
1° semestre settembre 2000 - febbraio 2001

	Parametri combustibili				Fattori emissione calcolati (*)		
	Carbonio (dopo neutralizzazione errore sperimentale) % m/m	Idrogeno % m/m	Ossigeno % m/m	H/C	CO2 bilancio di massa kg CO2/kg	CO2 Copert standard kg/kg	CO2 Copert rivisto kg/kg
CAMPIONI DI BENZINA							
parametri sperimentali	86,035	13,528	0,431	1,875	3,152	3,166	3,152
parametri IPCC	84,500	15,300		2,158	3,102		
parametri IPCC interpolati (**)	85,850	13,970		1,939	3,151		
CAMPIONI DI GASOLIO							
parametri sperimentali autotrazione	86,62	13,35		1,837	3,174	3,175	3,174
parametri sperimentali riscaldamento	86,62	13,25		1,822	3,174	3,178	3,174
parametri IPCC	87,53	12,47		1,698	3,207		
CAMPIONI DI GPL							
parametri sperimentali autotrazione	82,48	17,52		2,532	3,022	3,022	3,022
parametri IPCC	81,38	18,62		2,727	2,982		

(*) vedi cap. IV.2

(**) vedi cap. V

Tabella 3 - Risultati preliminari analisi campioni carburanti, dati elaborati
 Fonte: elaborazioni ANPA su dati Tittarelli, COPERT

5. CONFRONTO CON I FATTORI DI EMISSIONE IPCC - OECD

(a cura di M. Contaldi)

5.1 Aggiornamento fattori di emissione

Sulla base delle determinazioni precedenti sono stati ricomputati i fattori di emissione nelle diverse unità di misura, da impiegarsi nelle determinazioni degli inventari 1999 – 2000. Con riferimento ai dati in tabella 4 si puntualizza che i dati IPCC – OCSE ed i dati utilizzati fino ad oggi per gli inventari (benzina e gasolio 1990-1998) sono inclusi per un più facile confronto.

Come già ricordato nel precedente paragrafo i dati della tabella 4 aggiornano quelli riportati in Allegato 1 a partire dal 2000.

Il dato che più colpisce è quello relativo alla benzina, che aumenta considerevolmente il fattore di emissione associato in proporzione inversa al contenuto energetico. In particolare questo fattore risulta molto vicino a quello del gasolio. Tale fatto è certamente dovuto all'introduzione diffusa di ossigenati nella riformulazione delle benzine, per compensare la riduzione del contenuto di idrocarburi aromatici, al fine anche di mantenere la qualità ottanica richiesta dalle normative vigenti. Infatti il potere calorifico degli ossigenati introdotti è sensibilmente inferiore alla classe degli aromatici sostituiti.

Fattori di emissione CO2

	Fattori di emissione stechiometrici				Fattori di emissione inventario 1999			pci tep / t
	tC / TJ	tCO2 / TJ	tCO2 / tep	tCO2 / t	tCO2 / TJ	tCO2 / t	tCO2 / tep	
Confronto fattori emissione internazionali - prove su campioni nazionali								
Benzina - IPCC / OECD	18.90	69.25	2.897	3.102	68.559	3.0714	2.868	1.071
bz. BEN, fat. emis. interp.	19.58	71.75	3.002	3.152	71.034	3.1207	2.972	1.050
benzina, 1990-98	18.90	69.25	2.897	3.042	68.559	3.0119	2.868	1.050
benzina, media 2000	19.84	72.71	3.042	3.153	71.985	3.1218	3.012	1.037
Gasolio - IPCC / OECD	20.20	74.01	3.097	3.207	73.274	3.1750	3.066	1.036
gasolio, 1990-98	20.20	74.01	3.097	3.159	73.274	3.1271	3.066	1.020
gasolio auto, media 2000	20.20	74.02	3.097	3.174	73.284	3.1419	3.066	1.025
gasolio risc., media 2000	20.34	74.54	3.119	3.174	73.790	3.1426	3.087	1.018
GPL - IPCC / OECD	17.20	63.02	2.637	2.982	62.392	2.9518	2.610	1.131
gpl, 1990-98	17.20	63.02	2.637	2.901	62.392	2.8715	2.610	1.100
gpl, media 2000	17.91	65.63	2.746	3.022	64.973	2.9919	2.718	1.101

Tabella 4 - Fattori di emissione aggiornati

Fonte: elaborazioni ANPA su dati IPCC, MICA, Tittarelli

5.2 Serie storica dei fattori di emissione

I dati sperimentali consentono di aggiornare i fattori di emissione per l'anno 2000 ma non danno indicazioni dirette sui fattori da utilizzare per la serie storica dei dati, dal 1990 al 1999.

Le informazioni disponibili a questo proposito sono le seguenti:

- a partire dal gennaio 2000 sono distribuiti in Italia carburanti "riformulati" rispetto agli anni precedenti, vista l'entrata in vigore della nuova direttiva 98/69/EC che fissa limiti precisi per il contenuto dei diversi composti in benzine e gasoli, con l'obiettivo generale di ottenere carburanti più omogenei e più "puliti";
- i dati analitici si riferiscono a questi nuovi carburanti e sono pertanto sicuramente non applicabili "tal quali" agli anni precedenti;
- la transizione è stata graduale, si è sommata all'introduzione generalizzata della benzina senza piombo a partire dal 1993 ed alla riduzione del contenuto di zolfo nei gasoli a partire dal 1996; l'industria ha cominciato ad adeguare la sua produzione alle nuove regole completando la transizione nel 1998-'99;
- non si dispone attualmente di determinazioni analitiche per i carburanti degli anni 1990-'99 analoghe a quelle illustrate nel capitolo IV e che consentano di calcolare i fattori di emissione;
- si dispone di stime relative al potere calorifico dei carburanti nei primi anni '90, riportate nel BEN ed in diverse pubblicazioni, e di alcune stime sul contenuto di zolfo.

Sulla base di questi dati non riteniamo attualmente possibile determinare con precisione il fattore di emissione ma è anche evidente che quello utilizzato finora presenta diverse pecche, con riferimento ai dati riportati in tabella 4:

- confrontando i dati contenuti nelle righe "gasolio/gpl 1990-1998" con quelli delle righe "media 2000" per i diversi carburanti si osserva che le differenze sono inferiori all'1% e sembra possibile utilizzare i nuovi valori anche per il passato;
- confrontando i dati contenuti nelle righe "benzina 1990-1998" con quelli delle righe "media 2000" le differenze sono invece pari al 2% circa e vanno approfondite viste le quantità in giuoco;
- con riferimento ai fattori di emissione IPCC-OECD si osserva che sono riferiti a carburanti piuttosto energetici, in particolare la benzina ha un contenuto calorifico di oltre 10700 kcal/Kg, rispetto ai 10500 kcal/Kg del BEN e i 10360 kcal/Kg misurati;
- il fattore di emissione IPCC-OECD è però espresso in contenuto di carbonio rispetto all'unità di energia, suggerendo il fatto di una relativa invarianza di questo dato al variare del potere calorifico; per Kg di benzina questo equivale a circa 3,102 t di CO₂ per t di carburante;
- il fattore di emissione utilizzato finora (righe benzina gasolio e gpl 1990-1998) si fonda sul contenuto di carbonio rispetto all'unità di energia e stima un fattore di emissione per kg di carburante utilizzando:
 - o il fattore di emissione IPCC per unità energetica

- il contenuto energetico normalizzato per i carburanti (benzine pari a circa 10500 Kcal/kg) come riportato nei BEN
- il fattore di emissione risulta pertanto pari, nel caso della benzina, a circa 3,042 t di CO₂ per t, con una differenza del 2% circa rispetto ai dati sperimentali.

Sulla base dei diversi dati sperimentali di cui si dispone non esiste affatto una relativa stabilità del fattore di emissione rispetto al contenuto energetico dei carburanti, ma anzi si presenta una piccola ma significativa correlazione negativa, ovvero il fattore di emissione per unità di energia prodotta aumenta con il diminuire del contenuto energetico del combustibile. Questo fatto è più pronunciato nel caso di presenza di composti ossigenati ma resta valido anche per le benzine senza questi composti.

Al fine di determinare i fattori di emissione per il periodo 1990-1999 si ritiene, per i gasoli ed il gpl, di adottare i fattori sperimentali rilevati nel 2000 anche per gli anni precedenti, viste le differenze inferiori all'1% con i dati di contenuto energetico riportati nel BEN e con le stime IPCC-OECD.

Per quello che riguarda le benzine, si dispone delle seguenti informazioni:

- come già ricordato il fattore di emissione non è stabile rispetto al contenuto energetico dei carburanti, si rileva invece una significativa correlazione negativa, ovvero il fattore di emissione per unità di energia prodotta aumenta con il diminuire del contenuto energetico;
- utilizzando i dati sperimentali delle sole benzine senza ossigeno (12 campioni attualmente), che sono le più simili ai carburanti utilizzati in precedenza, si è verificata la stabilità della correlazione esistente tra i fattori di emissione per unità energetica ed il potere calorifico; la correlazione dei dati risulta molto elevata e pari ad oltre il 94%;
- degli stessi campioni di benzina senza ossigenati è noto sia il potere calorifico che il fattore di emissione;
- della benzina IPCC-OECD di riferimento sono noti sia il fattore di emissione che il contenuto energetico
- delle benzine nazionali, come già ricordato, è noto solo il contenuto energetico.

Si propone pertanto, in attesa di determinazioni analitiche più precise, di interpolare i dati di fattore di emissione e contenuto energetico dei campioni 2000 della benzina di riferimento internazionale e, per mezzo dell'equazione di interpolazione, stimare il fattore di emissione della benzina nazionale utilizzando il suo potere calorifico. Il fattore di emissione risultante è riportato in tabella 4 alla riga "bz BEN, fat. di emissione interpolato". Il dato numerico è molto simile alla media dei valori misurati, ma dal punto di vista metodologico è molto più solido.

Come già accennato questo “fattore di emissione interpolato” è ritenuto sicuramente applicabile dal 1990 al 1995-‘96, nel periodo successivo si è in presenza di una transizione graduale verso i carburanti riformulati e non sarebbe applicabile, ma, in assenza di informazioni, si propone di utilizzarlo comunque.

Cambiare i fattori di emissione cambia ovviamente gli inventari delle emissioni: nel caso dell’inventario 1998 la variazione nelle emissioni è pari a + 1 Mt di CO₂ per la benzina, 0.5 Mt per il gasolio e 0.18 Mt per il GPL. Rispetto al totale delle emissioni energetiche dello stesso anno, pari a 427 Mt di CO₂, si tratta di una variazione complessiva dello 0.4%, più sensibile la variazione delle sole emissioni del trasporto su strada, che aumentano del 2% circa.

6. CONCLUSIONI

Nei capitoli II e III sono state riepilogate le non trascurabili differenze di stima delle emissioni risultanti nel settore dei trasporti dovute all'uso di diverse metodologie (in termini di emissione in peso di anidride carbonica la differenza tra l'applicazione metodologia IPCC-OCSE e modello Copert risulta per la benzina 1 MT, per il gasolio 0,5 MT prendendo come riferimento l'inventario del 1998) . Queste metodologie, il modello Copert e la metodologia settoriale dell'IPCC-OCSE, sono comunque metodi di riferimento a livello internazionale. Sulla base dei dati di letteratura disponibili la spiegazione più probabile per queste differenze è dovuta alla non confrontabilità dei dati di base dei carburanti, dato che una metodologia si riferisce alla composizione chimica e l'altra al contenuto energetico dei carburanti stessi.

Risultati sperimentali preliminari riportati nel capitolo IV correlano la composizione chimica ed il contenuto energetico di una serie di campioni di carburanti rappresentativi della produzione nazionale e consentono valutazioni più precise.

Per quanto riguarda il modello Copert, l'analisi puntuale delle formule termochimiche utilizzate mostra che esse trascurano il contenuto di ossigeno delle benzine e di zolfo dei gasoli, pertanto, nel caso di carburanti con elevati tenori di ossigeno e/o di zolfo i fattori di emissione calcolati si discostano da quelli reali. Si propone quindi la correzione delle formule utilizzate dal modello Copert in modo che tengano conto del contenuto di ossigeno delle benzine.

La correzione del modello va concordata a livello internazionale e sono state intraprese le opportune azioni. Nel frattempo si propone di correggere i fattori H/C utilizzati dal modello utilizzato dall'ANPA in modo da ottenere le emissioni reali di anidride carbonica.

Per quanto riguarda i fattori di emissione IPCC-OCSE, le differenze risultano minime per gasoli e gpl e pertanto i fattori di emissione sperimentali possono essere adottati tranquillamente. Per quanto riguarda le benzine occorre aspettare le conclusioni della campagna sperimentale ma si può fin d'ora affermare che il dato IPCC-OCSE è relativamente basso ed andrà aggiornato. Il dato IPCC è validissimo, si badi bene, né le benzine italiane sono così diverse da quelle di altri paesi, semplicemente il fattore di emissione non tiene conto delle recenti modifiche nella composizione delle benzine, in particolare dell'aggiunta di ossigenati, che modificano in modo significativo questo carburante.

Nel capitolo V si affronta la determinazione di fattori di emissione applicabili per il periodo 1990-1999. Per i gasoli e gpl, viste le differenze inferiori all'1% con i dati IPCC-OECD, si propone di utilizzare i dati sperimentali per tutto il periodo. Per le benzine è stato proposto di utilizzare una interpolazione che tenga conto dei risultati sperimentali attuali e dei fattori di emissione IPCC e consenta di utilizzare le informazioni contenute nel Bilancio energetico. Le variazioni attese negli inventari del settore dei trasporti a causa della revisione dei fattori di emissione

sono dell'ordine del 2%, più contenuta l'influenza sulle emissioni complessive, circa lo 0,5%.

Le analisi sperimentali sui campioni di combustibile non sono complete, pertanto i fattori di emissione riportati nel presente documento sono soggetti a variazioni.

7. BIBLIOGRAFIA

Brini S., Desiato F., Fortuna F., Gaudioso D., Liburdi R. Scalambretti R., Emissioni in atmosfera e qualità dell'aria in Italia, ANPA, Serie Stato dell'Ambiente 6/1999

Contaldi M., De Lauretis R., Picini P. (2000): "Analisi e validazione di metodologie per il calcolo delle emissioni inquinanti dei trasporti", ANPA, Giugno 2000

ENEA, inventario emissioni nazionali 1994 nell'ambito di:Corinair 1994 Inventory, by M. Ritter, EEA 1998, ISBN 92-9167-102-9

European Environment Agency (EEA), "Atmospheric emission inventory guidebook", Joint EMEP-CORINAIR edito nel febbraio 1996

European Environment Agency – European Topic Centre on Air Emission, Recommendations for revised data system for air emission inventories, (Topic Report 1995/2 disponibile nel sito web <http://www.eea.eu.int/frdocu.htm>)

IPCC/IEA/OCSE/UNEP, IPCC 1996 revised Guidelines For National Greenhouse Gas Inventories, Vol. 1-3, IPCC WGI Technical Support Unit, Hadley Centre, Bracknell, UK (sito web <http://www.iea.org/ipcc.htm>)

MICA (Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, Direzione Generale delle Fonti di Energia ed industrie di base), Bilancio Energetico Nazionale, anni vari, sito web <http://www.minindustria.it/ita/default.htm>;

Ntziachristos L. and Samaras Z. LAT/AUTh (European Topic Centre on Air Emissions) with contributions from: S. Eggleston (AEA Technology), N. Gorißen (UBA), D. Hassel (TÜV Rheinland), A.-J. Hickman (TRL), R. Joumard (INRETS), R. Rijkeboer (TNO) and K.-H. Zierock (UBA), Manuale programma Copert III, EEA, July 1999)

Saia S., Contaldi M., De Lauretis R., Ilacqua M. Liburdi R., Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale, ANPA, Serie Stato dell'ambiente 12/1999

Tittarelli P., Stazione sperimentale combustibili, primi risultati analitici del contratto con ANPA per "Analisi caratteristiche carburanti", marzo 2001.

Allegato 1 - Fattori di emissione dei carburanti (Linee Guida per gli inventari delle emissioni di gas ad effetto serra).

Fonte: IPCC

Fattori di emissione CO2

	Fattori di emissione stechiometrici				coeffic. di ossida zione	Fattori di emissione inventario 1998		
	tC/TJ	tCO2/TJ	tCO2/tep	tCO2/t		tCO2/TJ	tCO2/t	tCO2/tep
Fattori di emissione internazionali (IPCC / OCSE - Reference approach, 1997)								
Combustibili liquidi								
Petrolio greggio	20.00	73.28	3.066	3.066	0.99	72.549	3.035	3.035
GPL	17.20	63.02	2.637	2.901	0.99	62.392	2.872	2.610
Benzina	18.90	69.25	2.897	3.042	0.99	68.559	3.012	2.868
Kerosene	19.50	71.45	2.989	3.079	0.99	70.735	3.048	2.9595
Carica petrolchimica	(20.0)							
Gasolio	20.20	74.01	3.097	3.159	0.99	73.274	3.127	3.066
Olio combustibile denso	21.10	77.31	3.235	3.180	0.99	76.539	3.148	3.202
Coke di petrolio	27.50	100.76	4.216	3.499	0.99	99.755	3.464	4.174
Orimulsion	22.00	80.61	3.373	2.216	0.99	79.804	2.194	3.339
TAR	23.42	85.82	3.591		0.99		3.306	3.555
Combustibili gassosi								
Gas naturale(dry) IPCC	15.300	56.06	2.346	2.744	0.995	55.780	2.731	2.334
Gas naturale (secco) '98	15.207	55.72	2.331	2.737	0.995	55.441	2.723	2.320
Gas naturale (secco) '99	15.212	55.74	2.332	2.736	0.995	55.459	2.723	2.320
Biomasse								
Biomassa solida	(29.9)	(109.56)					(1.124)	
Biodiesel	(20)							
Biogas	(30.6)							

Allegato 2 - Approccio di riferimento: emissioni di CO₂ dal settore dei trasporti, anno 1998

Fonte: Common reporting format (dati comunicati da Ministero Ambiente a segretariato convenzione sul clima)

**TABLE 1.A(a) SECTORAL BACKGROUND DATA FOR ENERGY
Fuel Combustion Activities - Sectoral Approach
(Sheet 3 of 4)**

Italy
1998
Submission 1998

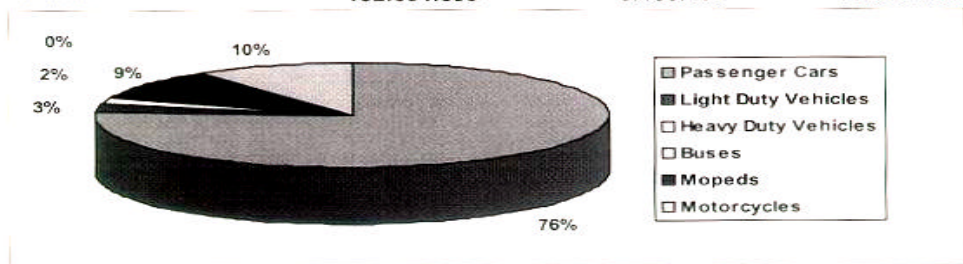
GREENHOUSE GAS SOURCE	AGGREGATE ACTIV		IMPLIED EMISSION FACTORS (2)			EMISSIONS		
	Consumption	⁽¹⁾	CO ₂	CH ₄	N ₂ O	CO ₂	CH ₄	N ₂ O
	(TJ)		(t/TJ)	(kg/TJ)	(kg/TJ)	(Gg)	(Gg)	(Gg)
I.A.3 Transport	1.572.773	NCV				110.167	44	13
Gasoline	807.478	NCV	68,27	38,14	7,83	55.124	31	6
Diesel	672.630	NCV	73,26	15,16	8,18	49.278	10	6
Natural Gas	12.057	NCV	56,32	18,25	8,29	679	0	0
Solid Fuels	0	NCV	0,00	0,00	0,00	0	0	0
Biomass	0	NCV	0,00	0,00	0,00	0	0	0
Other Fuels	80.608	NCV	63,09	39,70	7,20	5.086	3	1
a. Civil Aviation	31.643	NCV				2.238	1	1
Aviation Gasoline	308	NCV	68,56	0,00	0,00	21		0
Jet Kerosene	31.335	NCV	70,75	31,91	15,96	2.217	1	1
b. Road Transportation	1.492.856	NCV				104.435	40	10
Gasoline	775.835	NCV	68,17	38,41	7,50	52.886	30	6
Diesel Oil	633.588	NCV	73,26	14,09	6,19	46.417	9	4
Natural Gas	12.057	NCV	56,32	18,25	8,29	679	0	0
Biomass	0	NCV	0,00	0,00	0,00 ⁽³⁾			
Other Fuels (please specify)	71.376	NCV				4.453	1	0
Liquid Petroleum Gas (LPG)	71.376	NCV	62,39	18,21	5,60	4.453	1	0
		NCV	0,00	0,00	0,00			
c. Railways	26.815	NCV				1.965	0	1
Solid Fuels	0	NCV	0,00	0,00	0,00			
Liquid Fuels	26.815	NCV	73,28	13,80	23,49	1.965	0	1
Other Fuels (please specify)	0	NCV				0	0	0
		NCV	0,00	0,00	0,00			
d. Navigation	21.459	NCV				1.529	3	1
Coal	0	NCV	0,00	0,00	0,00			
Residual Oil	0	NCV	0,00	0,00	0,00			
Gas/Diesel Oil	12.227	NCV	73,28	73,61	77,70	896	1	1
Other Fuels (please specify)	9.232	NCV				633	2	0
gasoline	9.232	NCV	68,56	205,81	19,50	633	2	0
		NCV	0,00	0,00	0,00			
e. Other Transportation	0	NCV				0	0	0
Liquid Fuels		NCV	0,00	0,00	0,00			
Solid Fuels		NCV	0,00	0,00	0,00			
Gaseous Fuels		NCV	0,00	0,00	0,00			

Allegato 3 - Emissioni di CO2 dal settore dei trasporti su strada, anno 1998, stimate dal programma Copert III
 Fonte: COPERT

CO2 Emission Results

Source oriented

Sector	Hot [t]	Cold Start [t]	Total [t]
Passenger Cars	63.307.896	7.463.764	70.771.661
Gasoline <1,4 l	28.619.452	3.504.897	32.124.349
Gasoline 1,4 - 2,0 l	16.378.693	2.217.471	18.596.164
Gasoline >2,0 l	872.436	132.428	1.004.864
Diesel <2,0 l	9.483.941	834.178	10.318.119
Diesel >2,0 l	3.768.190	321.417	4.089.608
LPG	4.185.185	453.373	4.638.558
Light Duty Vehicles	8.402.284	691.717	9.094.001
Gasoline <3,5 t	1.029.259	137.859	1.167.119
Diesel <3,5 t	7.373.024	553.858	7.926.882
Heavy Duty Vehicles	24.010.834	0	24.010.834
Gasoline >3,5 t	26.263	0	26.263
Diesel 3,5 - 7,5 t	2.311.670	0	2.311.670
Diesel 7,5 - 16 t	3.585.046	0	3.585.046
Diesel 16 - 32 t	11.410.476	0	11.410.476
Diesel >32t	6.677.379	0	6.677.379
Buses	2.953.557	0	2.953.557
Urban Buses	779.877	0	779.877
Coaches	2.173.680	0	2.173.680
Mopeds	2.234.750	0	2.234.750
<50 cmY	2.234.750	0	2.234.750
Motorcycles	1.742.379	0	1.742.379
4-stroke <250 cmY	977.056	0	977.056
4-stroke 250 - 750 cmY	571.613	0	571.613
4-stroke >750 cmY	193.710	0	193.710
Grand Total:	102.651.699	8.155.481	110.807.181



Country Italy

Date: #Name?

Copert III - Version 2.0

File: C:\backup\Trasporti\COPERT\Runs_COPIII\Italia98.mdb