

ARPAT
Dipartimento Provinciale di Firenze

Seminario:

FATTORI DI EMISSIONE DA TRAFFICO: DATI SPERIMENTALI IN ITALIA

Organizzato da:
ANPA CTN - ACE
Centro Tematico Nazionale Atmosfera Clima Emissioni.

Contributo:

"Misure dirette sui gas di scarico del parco circolante a Firenze"

Daniele GRECHI

Roma, 6 luglio 2000.

1. Premessa

Nel corso di ripetute campagne (v. tab. 1) sono state misurate le concentrazioni di inquinanti allo scarico dei veicoli provati, ai regimi di minimo e minimo accelerato per le auto a benzina (catalizzate) e a gas (catalizzate e non catalizzate), al minimo e al massimo per le auto diesel, a tre regimi (minimo, medio, massimo) per i veicoli diesel medi e pesanti, al minimo e al regime corrispondente alla velocità di 45 Km/h per i ciclomotori.

Al fine di valutare l'efficienza dei dispositivi catalitici, su 50 auto catalizzate le misure sono state effettuate contemporaneamente a monte e a valle del catalizzatore.

2. Misure in campo

Mediante analizzatori di gas di scarico, sono state rilevate le concentrazioni di:

- ossido di carbonio (CO)
- monossido di azoto (NO)
- idrocarburi totali (HC)
- ossigeno (O₂)
- anidride carbonica (CO₂).

I principi di misura adottati da tali analizzatori sono:

- assorbimento i.r. per CO, CO₂ e HC
- sensore elettrochimico per O₂ e NO_x.

Per l'analisi dei fumi allo scarico dei veicoli diesel, la linea di campionamento è stata integrata con sistema di filtrazione del particolato e si sono utilizzati sensori di CO e di HC con minimo di rivelabilità incrementato di un ordine di grandezza rispetto a quelli standard.

Per l'analisi dei fumi allo scarico dei ciclomotori, la linea di campionamento è stata integrata con sistema di abbattimento dell'olio.

Mediante assorbimento su carbone attivo, eluizione in solfuro di carbonio e analisi gas cromatografica, sono state eseguite determinazioni di benzene su un campione di n. 40 auto a benzina (a monte e a valle del catalizzatore) e di n. 20 ciclomotori.

Nella tabella 2 sono riportati i valori medi di CO, NO, HC_{tot} e benzene (Bz) per ciascuna categoria di veicoli provati.

I valori assegnati alle auto benzina non catalizzate (noKAT) sono stati calcolati in base alle misure eseguite sulle auto catalizzate, a monte del catalizzatore.

I test sugli autoveicoli sono stati condotti a motore caldo, senza carico.

I test sui ciclomotori sono stati condotti a motore caldo, su banco prova velocità per il rilevamento al regime corrispondente alla velocità 45 Km/h.

Nella categoria "diesel medi" sono stati inseriti i veicoli commerciali dotati di motore con cilindrata compresa fra 2000 e 6000 cc (tipicamente 2500 cc, 2800 cc e 5800 cc).

Nella categoria "diesel pesanti" sono stati inseriti i veicoli adibiti a trasporto merci con cilindrata superiore a 6000 cc (tipicamente da 9000 a 15000 cc).

Al fine di garantire il controllo di qualità dei dati prodotti, le prestazioni degli analizzatori sono state ripetutamente verificate mediante miscele di gas a concentrazione nota di componente analizzato.

3. Stima delle concentrazioni medie allo scarico.

Nella tabella 3 si riporta la stima delle concentrazioni medie allo scarico delle varie categorie di veicoli (esprese in massa/volume), al regime stimato come più rappresentativo nell'uso urbano.

Rispetto ai dati di concentrazione rilevati (riportati nella tabella 2), si sono operate le seguenti elaborazioni:

- come valori di emissione da assegnare al regime scelto, si sono assunte le concentrazioni medie relative ai regimi min/min accel per le auto benzina KAT, min/max per le auto diesel, min/medio per veicoli diesel medi e pesanti, min/max per i ciclomotori
- come valore di CO per le auto a benzina noKAT, si è assunta la concentrazione media riscontrata in sede di rilascio del "bollino", pari a 1,8 % v/v (elaborazione su dati 1999)
- come valori di emissione da assegnare ai veicoli diesel pesanti, si sono assunti i valori medi rilevati fra le categorie veicoli diesel pesanti per trasporto merci e bus diesel
- come valori di emissione da assegnare ai ciclomotori, si sono assunti i valori medi pesati relativi alle due sottocategorie (1/3 a miscela, 2/3 con miscelatore)
- come valori di emissione di HC_{tot} allo scarico dei veicoli a benzina (auto KAT, noKAT e ciclomotori), si è arbitrariamente assunto il doppio dei valori misurati, tenuto conto che le misure con analizzatori i.r. rilevano solo la frazione alifatica
- per la conversione dei valori di concentrazione da v/v a massa/volume a 20°C, si sono adottate le seguenti equazioni:
 - $CO (mg/m^3) = CO (\%v/v) * 11500$
 - $NO (mg/m^3) = NO (vpm) * 1,07$
 - $HC (mg/m^3) = HC (vpm) * 3,5$
 - $Bz (mg/m^3) = Bz (vpm) * 3,2$

4. Stima del flusso di massa

Nella tabella 4 si riporta la stima dei flussi di massa di inquinanti per le varie categorie di veicoli (esprese in massa/tempo), calcolati per l'uso urbano.

Sulla base dei dati di concentrazione media a regime rappresentativo dell'uso urbano, (riportati nella tabella 3), il flusso di massa è stato calcolato come prodotto della concentrazione per la portata dei gas di scarico (a temperatura e pressione ambiente).

Il volume di gas di scarico per ciascuna tipologia di veicolo è stato calcolato in base alle seguenti equazioni (con ovvi aggiustamenti per le unità di misura):

- auto a benzina

$$V = Cilindrata * Regime/2 * R \quad \text{con } R (\text{coeff.riemp.cilindri}) = 0,35$$

- Motori diesel

$$V = Cilindrata * Regime/2 * R \quad \text{con } R (\text{coeff.riemp.cilindri}) = 1$$

- Ciclomotori (2 tempi)

$$V = \text{Cilindrata} * \text{Regime} * R \quad \text{con } R (\text{coeff.riemp.cilindri}) = 0,25$$

Nella tabella 5 si riporta la stima dei flussi di massa di inquinanti per le varie categorie di veicoli (esprese in mg/Km), calcolati come rapporto

$$\text{Flusso (mg/min)} / \text{velocità media (Km/min)}$$

Si è ritenuto congruo adottare valori di velocità media per l'uso urbano pari a:

- autovetture (KAT, noKAT, auto diesel e diesel medi) = 25 Km/h
- veicoli diesel pesanti = 20 Km/h
- ciclomotori = 30 Km/h

5. Confronto fra i fattori di emissione per singola tipologia di veicolo a motore

Nella figura 1 si mostrano i valori relativi dei singoli fattori di emissione per ciascun inquinante (espressi in massa per unità di percorrenza) rispetto al relativo fattore stimato per l'auto catalizzata media.

6. Stima delle quote di emissione per categoria di veicoli a motore

In base alla stima dei veicoli circolanti nell'area fiorentina e alla percorrenza annuale media ad essi attribuita, è stata calcolata l'emissione complessiva dei singoli inquinanti da ogni categoria dei veicoli considerati (v. tabella 6).

Nelle figure 2, 3, 4 e 5 si mostrano le quote di emissione attribuibili a ciascuna categoria di veicoli a motore per ciascun inquinante.

La stima è stata condotta con riferimento all'anno 1999 per l'area di Firenze.

Tab. 1 - Campagne di misura

<i>Periodo</i>	<i>veicoli provati</i>	<i>numero</i>
dal 10 al 21 aprile 1996	auto a benzina catalizzate	1204 (di cui 44 con retrofit)
dal 28 giugno al 5 luglio 1997	auto a benzina catalizzate (>50000 Km)	151 (di cui 11 con retrofit)
	auto a GPL non catalizzate	86
	auto a GPL catalizzate	21
	auto a GN non catalizzate	15
	auto a GN catalizzate	3
	ciclomotori	361 (di cui 65% con miscelatore)
dal 16 al 18 dicembre 1997	bus	46
26 e 27 febbraio 1998	diesel medi	17
	diesel pesanti	30
28 febbraio e 1 marzo 1998	auto diesel	27

Tab. 2: concentrazione media degli inquinanti rilevata nei gas di scarico a vari regimi.

<i>Tipo veicolo</i>	<i>Regime (rpm)</i>	<i>CO % v/v</i>	<i>NO vpm</i>	<i>HC tot vpm esano</i>	<i>BENZENE (2) vpm</i>
Auto benzina KAT	Min (1000)	0,15	6	31	1,9
	Min accel. (2500)	0,12	41	13	0,72
Auto benzina noKAT (1)	Min (1000)	0,93	75	191	10,7
	Min accel. (2500)	0,93	312	88	4,9
Auto diesel	Min (800)	0,01	106	0,1	n.r.
	Max (4000)	0,02	100	2,0	n.r.
Veicoli diesel medi	Min (700)	0,02	114	2,7	n.r.
	Medio (1500)	0,04	94	1,0	n.r.
	Max (3000)	0,03	146	1,5	n.r.
Veicoli diesel pesanti	Min (600)	0,02	208	0,5	n.r.
	Medio (1200)	0,02	200	0,5	n.r.
	Max (2200)	0,02	150	0,5	n.r.
Bus diesel	Min (600)	0,03	155	0,1	n.r.
	Medio (1200)	0,03	170	1,5	n.r.
	Max (2200)	0,03	202	2,0	n.r.
Ciclomotori a miscela	Min (1600)	2,95	18	3842	104
	Max (6600) (3)	4,54	56	2763	75
Ciclomotori con miscelatore	Min (1600)	3,64	41	6896	186
	Max (6600) (3)	6,00	86	3399	92

n.r. = non rilevato

(1) Dati rilevati su auto KAT, a monte del catalizzatore

(2) Tenore di benzene nella benzina 0,9-1,0%

(3) Rilevamenti su banco a rulli, alla velocità di 45 Km/h

Tab. 3: concentrazione media degli inquinanti nei gas di scarico a regime medio, espressa in mg/m³ a 20°C.

<i>Tipo veicolo</i>	<i>Regime medio rpm</i>	<i>CO</i>	<i>NO</i>	<i>HC</i>	<i>BENZENE</i>
Auto benzina KAT	1750	1552	25	154	4
Auto benzina noKAT	1750	10695 20700 (1)	207	980	25
Auto diesel	1200	172	111	3,5	n.r.
Veicoli diesel medi	1100	345	111	6	n.r.
Veicoli diesel pesanti (2)	1000	287	196	3	n.r.
Ciclomotori (3)	4100	51175	60	31730	416

n.r. = non rilevato

(1) Concentrazione media rilevata al minimo in sede di controllo delle emissioni (“bollino”) su auto benzina noKAT (anno 1999)

(2) Media dei valori relativi ai diesel pesanti per trasporto merci e ai bus

(3) Media pesata dei valori relativi ai ciclomotori a miscela (35%) e ai ciclomotori con miscelatore (65%)

Tab. 4: flusso di massa medio degli inquinanti per veicolo medio, calcolato in mg/min

<i>Tipo veicolo</i>	<i>tempi</i>	<i>Cilindrata cc</i>	<i>Regime rpm</i>	<i>Volume gas di scarico m³/min</i>	<i>Flusso di massa mg/min</i>			
					<i>CO</i>	<i>NO</i>	<i>HC</i>	<i>BENZENE</i>
Auto benzina KAT	4	1300	1750	0,4	621	10	62	1,6
Auto benzina noKAT	4	1150	1750	0,35	7245	73	342	9
Auto diesel	4	2100	1200	1,26	217	139	4,4	n.r.
Veicoli diesel medi	4	3600	1100	1,98	683	220	12	n.r.
Veicoli diesel pesanti	4	11600	1000	5,8	1665	1137	17	n.r.
Ciclomotori	2	50	4100	0,05	2559	3	1586	21

n.r. = non rilevato

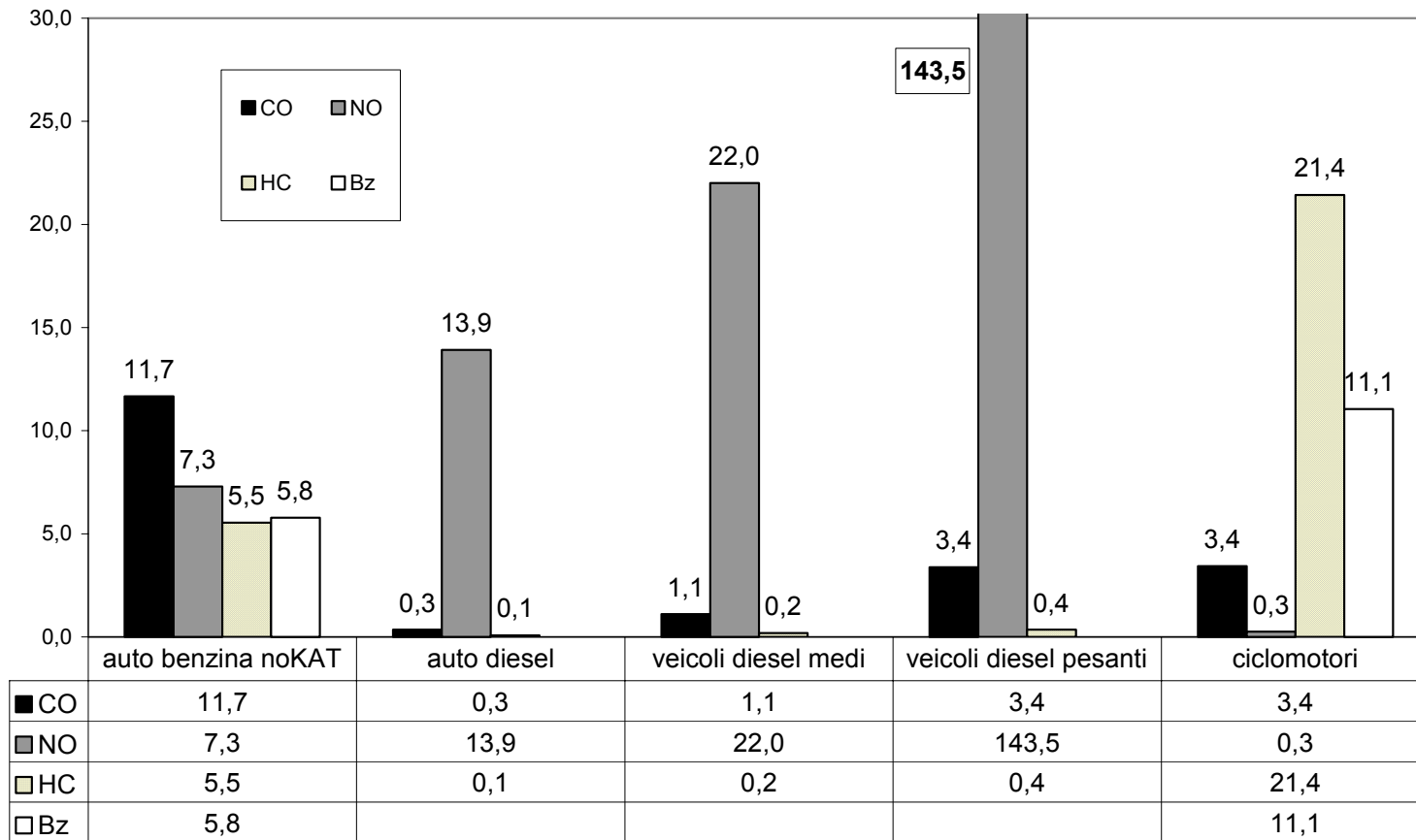
tab. 5: flusso di massa medio degli inquinanti per veicolo medio, calcolato in mg/Km

<i>Tipo veicolo</i>	<i>Vel media Km/h</i>	<i>Vel media Km/min</i>	<i>Flusso di massa mg/Km</i>			
			<i>CO</i>	<i>NO</i>	<i>HC</i>	<i>BENZENE</i>
Auto benzina KAT	25	0,417	1490	24	148	3,8
Auto benzina noKAT	25	0,417	17388	175	820	22
Auto diesel	25	0,417	521	334	11	n.r.
Veicoli diesel medi	25	0,417	1639	528	29	n.r.
Veicoli diesel pesanti	20	0,333	5045	3445	52	n.r.
Ciclomotori	30	0,500	5118	6	3172	42

n.r. = non rilevato

auto KAT
equivalenti

Fig. 1: confronto fra i fattori di emissione per singolo veicolo (auto KAT = 1)



tab. 6: flusso di massa degli inquinanti per categoria di veicoli, calcolato in t/anno (Firenze, 1999)

<i>tipo veicolo</i>	<i>veicoli n°</i>	<i>Km/anno</i>	<i>CO</i>	<i>NO</i>	<i>HC</i>	<i>Bz</i>
auto benzina KAT	280.000	8.000	3337,6	53,8	331,5	8,5
auto benzina noKAT	120.000	7.000	14605,9	147,0	688,8	18,5
auto diesel	6.000	7.000	21,9	14,0	0,5	n.r.
veicoli diesel medi	21.000	20.000	688,4	221,8	12,2	n.r.
veicoli diesel pesanti	2.000	15.000	151,4	103,4	1,6	n.r.
ciclomotori	120.000	3.100	1903,9	2,2	1180,0	15,6
totale			20709,0	542,1	2214,5	42,6

n.r. = non rilevato

fig. 2: stima delle quote di emissione di CO dalle varie categorie di veicoli (Firenze, 1999)

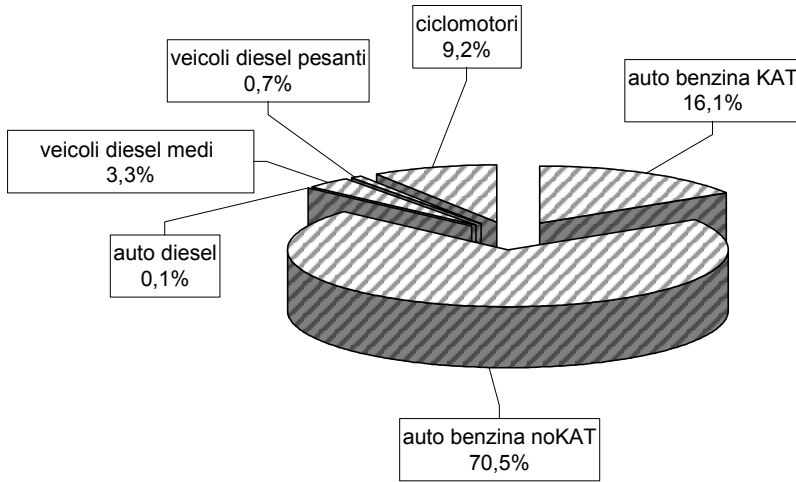


fig. 3: stima delle quote di emissione di NO dalle varie categorie di veicoli (Firenze, 1999)

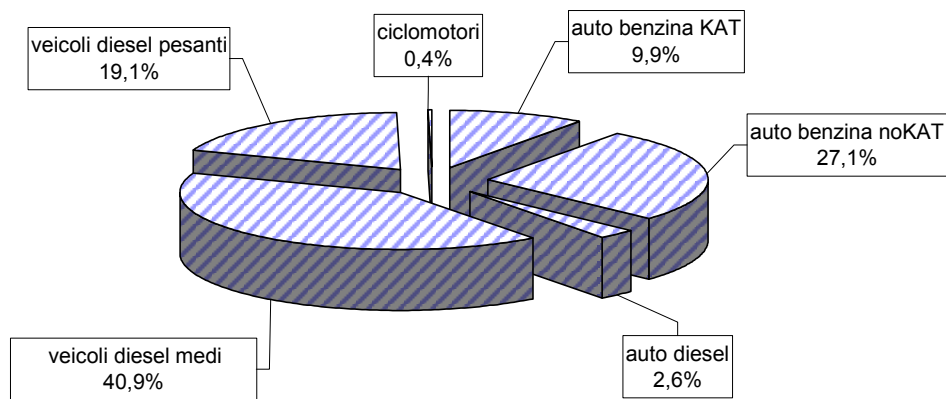


fig. 4: stima delle quote di emissione di HC dalle varie categorie di veicoli (Firenze, 1999)

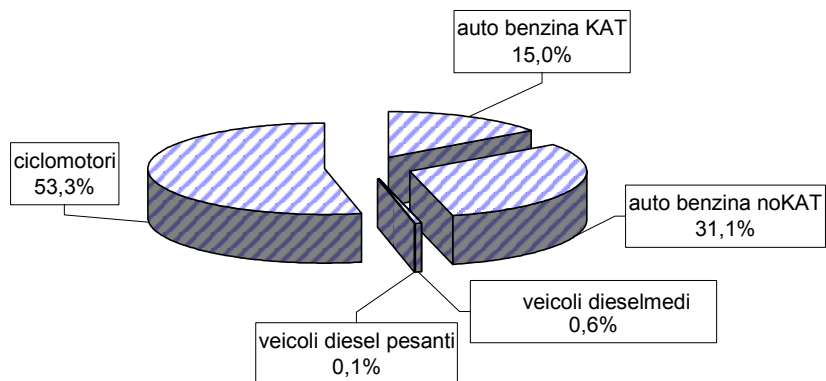


fig. 5: stima delle quote di emissione di BENZENE dalle varie categorie di veicoli (Firenze, 1999)

