

# **Risultati dei controlli alle emissioni dei veicoli relativi al periodo 1999/2000 «Bollino blu»**

**Dott.ssa Costanza Cucci, consulente ARPAT**

**Maggio 2000**

# Risultati dei controlli alle emissioni dei veicoli relativi al periodo 1999/2000 «Bollino blu»

Dott.ssa Costanza Cucci, consulente ARPAT

## 1. Introduzione

L'Ordinanza del Sindaco di Firenze n. 1946 del 25 marzo 1999, ridefinendo alcune disposizioni in materia di controllo dei gas di scarico degli autoveicoli circolanti nel centro abitato, ha attivato a partire dal 15.04.99, le nuove modalità di controllo delle emissioni, aventi carattere permanente (nel seguito per motivi di praticità continueremo a riferirci a queste con l'indicazione "campagna di controllo Bollino blu", anche se in realtà le nuove modalità non hanno scadenza o validità annuale ma sono da intendersi procedere senza interruzione o necessità di nuovi atti amministrativi).

La peculiarità principale di questa edizione consiste nell'estensione dell'obbligo di controllo a categorie di veicoli precedentemente escluse dal provvedimento (precisamente, le autovetture con contrassegno di tipo "B" e "C" che alla data del 1° agosto 1999 risultavano immatricolate da più di quattro anni), nelle quali rientrano sia vetture munite di dispositivo di abbattimento delle emissioni inquinanti (cosiddetta "marmitta catalitica"), sia i cosiddetti "ecodiesel".

Il controllo sui veicoli catalizzati comporta un altro aspetto di rilievo e novità in quanto richiede che vengano misurate anche le concentrazioni di inquinanti diversi dal tradizionale monossido di carbonio (CO), come gli idrocarburi (HC) ed il biossido di carbonio (CO<sub>2</sub>), e quelle di ossigeno, necessarie per la determinazione del rapporto "lambda" (viene inoltre richiesta quando possibile la misura delle concentrazioni di ossidi di azoto NO<sub>x</sub>).<sup>1</sup> Non esistendo una disposizione normativa che stabilisca i livelli di riferimento per la concentrazione di queste sostanze nei gas di scarico, questo aspetto assume importanza soprattutto dal punto di vista informativo. Infatti i dati relativi a questi inquinanti risultano di particolare rilevanza ai fini di una migliore caratterizzazione delle sorgenti inquinanti ed in particolare per la determinazione del potenziale inquinante delle auto catalizzate (destinate a coprire una percentuale sempre maggiore del parco circolante), sulle quali si dispone ancora di limitata documentazione.

In questo contesto è stata parzialmente ridefinita anche la metodologia da seguire nei controlli, come stabilito nel protocollo di intesa tra l'Amministrazione Comunale e le Associazioni degli autoriparatori, assunto con Deliberazione della Giunta Comunale n. 375/206 del 12 marzo 1999.

Dal punto di vista normativo, l'estensione dei controlli alle categorie precedentemente esentate, si inquadra nella direttiva del Ministero dei Lavori Pubblici del 7 luglio 1998: "Direttiva sul controllo dei gas di scarico degli autoveicoli ai sensi dell'art. 7 del Nuovo Codice della Strada". Le modalità di svolgimento dei controlli ed i livelli di riferimento per le concentrazioni di inquinante sono quelle previste nel D.M. 5 febbraio 1996.

Si riportano di seguito i valori di riferimento utilizzati per stabilire la rispondenza dei veicoli alle disposizioni normative.

- **Autoveicoli a benzina non catalizzati**

| Periodo di immatricolazione | Limiti per le emissioni CO (regime minimo) |
|-----------------------------|--|
| prima del 1970              | 5.5 % vol.                                 |
| dal 1970 al 1/10/1986       | 4.5 % vol.                                 |
| dopo 1/10/1986              | 3.5 % vol.                                 |

<sup>1</sup> Si ricorda che molti autoriparatori non sono ancora provvisti della strumentazione necessaria per eseguire il controllo sui veicoli catalizzati e quindi la misura delle concentrazioni di tutti questi inquinanti.

- **Autoveicoli a benzina catalizzati**

## a) TENORE DI OSSIDO DI CARBONIO (CO)

| Regime del motore          | Limiti per le emissioni CO |
|----------------------------|----------------------------|
| Minimo                     | 0.5 % vol.                 |
| 2000 - 2500 giri al minuto | 0.3 % vol.                 |

## b) VALORE DEL RAPPORTO "LAMBDA"

Il valore di "lambda"<sup>2</sup> misurato con motore a regime di 2000-2500 giri al minuto deve essere pari a  $1 \pm 0.03$ , o conforme alle specifiche del costruttore, se esibite dall'utente

- **Autoveicoli diesel**

| Tipologia di motore  | Coefficiente di assorbimento (m <sup>-1</sup> ) | Opacità % (valore corrispondente) |
|----------------------|---|-----------------------------------|
| aspirazione naturale | 2.5 m <sup>-1</sup>                             | 63 %                              |
| a turbo compressione | 3.0 m <sup>-1</sup>                             | 70 %                              |

Per quanto concerne i veicoli a benzina, l'unico inquinante sottoposto a limite normativo continua ad essere il CO. Occorre però rilevare che, per la prima volta, in questa edizione della campagna è stata data indicazione di rilevare anche il valore di CO "corretto", definito secondo la formula:

$$CO_{\text{corr.}} = 15 \times CO / (CO + CO_2)$$

da "assumere nel caso in cui la somma di CO e CO<sub>2</sub> sia inferiore a 15; diversamente si assume come risultato della prova quello indicato dallo strumento" (Circolare 22 maggio 1995, n 55/1995 del ministero dei Trasporti e della Navigazione). Inoltre, per le vetture catalizzate, deve essere misurato anche il valore del rapporto "lambda", parametro non rilevato nelle non catalizzate.

Riguardo ai veicoli diesel non si rilevano variazioni rispetto agli anni precedenti; tuttavia, a livello operativo è stata quest'anno fornita alle autofficine una tabella di conversione tra coefficiente di assorbimento espresso in m<sup>-1</sup> ed opacità percentuale, nell'intento di uniformare la presentazione dei dati restituiti dagli autoriparatori.

## 2. Caratteristiche tecniche della Campagna Bollino Blu

### 2.1 Modalità di svolgimento dei controlli

Il controllo si svolge secondo la prassi ormai consolidata nei vari anni di attuazione del provvedimento (la prima campagna risale al 1995): una prima misura effettuata sui gas di scarico (il

<sup>2</sup> Il rapporto "lambda" rappresenta il rapporto tra il valore reale e quello teorico, stechiometrico, della quantità di aria comburente riferita alla quantità di combustibile. La formula che definisce il parametro "lambda" è piuttosto complessa e coinvolge il rilevamento di CO, CO<sub>2</sub>, HC e O<sub>2</sub>. Sostanzialmente questo parametro informa sulla qualità del processo di combustione: soltanto se il suo valore rientra nell'intervallo indicato si hanno le condizioni per il corretto funzionamento del catalizzatore.

cui risultato -R1- viene registrato sulla scheda con i dati del veicolo) stabilisce lo stato delle emissioni del veicolo rispetto al limite di riferimento; qualora questo risultato superato, il veicolo viene sottoposto a messa a punto (ed eventuale sostituzione di parti usurate) in modo da riportare la concentrazione di inquinante entro il valore normativo. Con una seconda misura (il cui risultato -R2- viene ancora registrato sulla scheda) si accerta la regolarità del veicolo necessaria per il rilascio del bollino.

I risultati del controllo ed i dati del veicolo devono essere riportati in una scheda, che (come esplicitamente menzionato nel protocollo di intesa) deve essere compilata in ogni sua parte e secondo le modalità indicate. In questa edizione della campagna è stato aggiornato il formato delle schede, in modo da potervi riportare le informazioni precedentemente non contemplate.

Si sottolinea questo punto perché uno dei problemi rilevati in fase di elaborazione è stata la mancanza di uniformità dei dati presentati, dovuta anche alla compresenza di schede di vecchio e nuovo formato.

## 2.2 Campionamento delle schede

Le schede raccolte in seguito ai controlli sono state campionate con criterio sistematico e tasso di estrazione prestabilito. In particolare, come negli anni precedenti, sono stati eseguiti due campionamenti separati, uno per i veicoli a benzina e uno per i diesel, in modo da rappresentare adeguatamente entrambe le categorie.

Per i veicoli a benzina il tasso di estrazione è stato di 1/20; successivamente all'estrazione le schede sono state separate in due sottogruppi, quello dei veicoli non catalizzati e quello dei catalizzati. Questa scelta è stata fatta con l'intento di stabilire la proporzione relativa delle due categorie nel parco veicolare a benzina soggetto a controllo.

Per quanto concerne la categoria dei diesel, al solito meno numerosa, il tasso di estrazione prestabilito è stato di 1/10, con l'obiettivo di disporre di un campione statisticamente significativo. Sono state inoltre raccolte a parte *tutte* le schede relative a controlli eseguiti sui veicoli ATAF, CAP e LAZZI. Il gruppo di schede ottenuto è stato analizzato separatamente, in modo da evidenziare le eventuali caratteristiche di questi automezzi rispetto ai parametri valutati nella campagna.

Complessivamente sono state raccolte circa 70.000 schede relative ai veicoli a benzina e circa 3.100 schede per i veicoli diesel. Il gruppo di schede relativo a ATAF, CAP e LAZZI contiene infine 260 schede.

Rispetto agli anni precedenti risulta difficoltoso fare un raffronto per valutare l'adesione alla campagna, poiché le direttive dell'Ordinanza n. 1946/99 circa la decorrenza dell'obbligo di circolazione sono quest'anno molto articolate. In particolare, da un lato risultavano sollevati dall'obbligo di controllo i veicoli soggetti a revisione, dall'altro per i veicoli di vecchia immatricolazione la validità del bollino rilasciato nell'anno precedente diviene semestrale; sussiste poi un gruppo di veicoli per i quali il bollino rimane con validità annuale

## 3. I risultati della campagna

### 3.1 Veicoli a benzina

Il gruppo di schede selezionato per i veicoli a benzina contiene complessivamente 3.438 schede, di cui 2.057 relative a veicoli non catalizzati e 1.381 relative a veicoli catalizzati.

Le autovetture catalizzate rappresentano quindi circa il 40% dei veicoli controllati del parco a benzina.

Prima di presentare le caratteristiche del campione analizzato, occorre affrontare la questione delle schede errate, la cui presenza riduce di fatto la rappresentatività del campione.

Purtroppo occorre segnalare che in questa edizione della campagna, con l'introduzione delle nuove schede e delle nuove modalità di controllo, la percentuale di schede errate o incomplete è risultata elevata. Nel gruppo relativo ai veicoli non catalizzati la percentuale di schede errate è circa il 6%, ma per i veicoli catalizzati le schede compilate completamente in ogni parte rappresentano solo il 63%: per questa categoria di veicoli è già stata redatta una casistica dettagliata delle più frequenti tipologie di errore<sup>3</sup>. Nell'auspicio che il problema venga risolto semplicemente arrivando a munire tutte le schede di rilevazione dello scontrino stampato direttamente dall'analizzatore, si segnala che la probabilità di errore è proporzionale alla numerosità dei campi da compilare in una scheda e quindi può essere opportuno ripensare alla stessa struttura della scheda, eliminando i campi che possono risultare ridondanti o poco significativi.

### 3.1.1 Composizione per età della popolazione veicolare a benzina

In Figura 1 è rappresentata la composizione per età del campione analizzato. Sono stati riportati sia i veicoli catalizzati che quelli non catalizzati: ovviamente la compresenza delle due categorie riguarda soltanto gli anni di immatricolazione 1991 e 1992 (a decorrere dal 31.12.92 è entrato in vigore l'obbligo di immettere sul mercato soltanto veicoli dotati di "marmitta catalitica"). In particolare soltanto il 3% dei veicoli immatricolati nel 1991 risultano catalizzati, mentre l'anno successivo questa percentuale sale all'85%.<sup>4</sup>

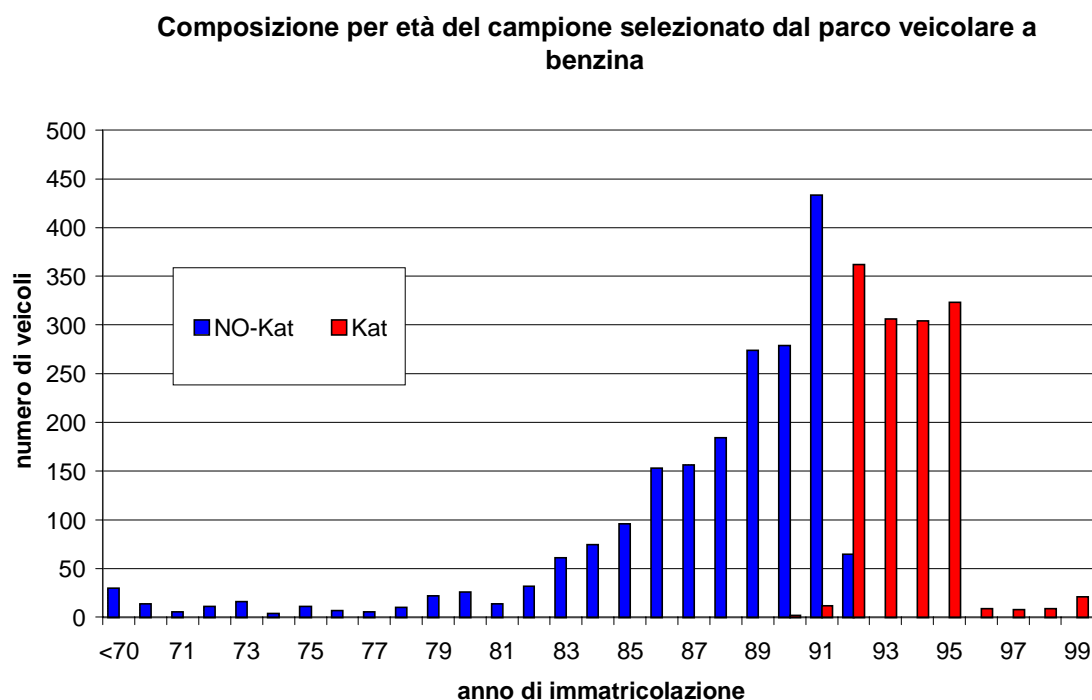


Figura 1 Composizione per età della popolazione veicolare a benzina.

Come risulta dalla figura il campione delle auto non catalizzate rispetta la distribuzione già nota dalle elaborazioni precedenti, con un massimo in corrispondenza dell'anno 1991 e in generale un addensamento della popolazione tra il 1989 ed il 1991 (circa il 49% del totale).

Riguardo alla categoria delle catalizzate si osserva invece che i veicoli controllati si distribuiscono

<sup>3</sup> Cfr. C. Cucci: "Relazione preliminare sulla campagna di controllo delle emissioni 1999/2000 'bollino blu': primi risultati sui veicoli a benzina catalizzati" - Marzo 2000

<sup>4</sup> Queste stime derivano dal campione analizzato e possono essere distorte rispetto alla suddivisione reale a causa delle modalità di esecuzione della campagna.

in modo praticamente uniforme tra il 1993 ed il 1995; si segnala comunque una piccola percentuale (circa il 3%) di veicoli immatricolati successivamente al 1995 che hanno aderito al controllo nonostante non rientrassero tra quelli soggetti ad obbligo.

### 3.1.2 Risultati sui veicoli non catalizzati

#### Stime per le concentrazioni di CO

Come già osservato nell'introduzione il tenore di CO nei veicoli non catalizzati deve essere misurato al regime di minimo del motore (e soltanto in questo regime). Si ricorda inoltre che qualora la somma di CO e CO<sub>2</sub> risulti inferiore al valore 15, si assume come valore di CO il CO<sub>corr</sub> corretto secondo la formula già citata. Questo è un elemento di cui tenere conto in eventuali raffronti con i risultati delle campagne precedenti, nelle quali il valore di CO corretto non veniva riportato. Si valuta comunque che la cosa non abbia effetti apprezzabili.

I valori medi per le concentrazioni di CO rilevati rispettivamente nel primo e secondo controllo sono:

$$R1: \quad 2,45 \pm 0,08 \text{ (\% vol.)}$$

$$R2: \quad 1,14 \pm 0,05 \text{ (\% vol.)}$$

Queste stime sono state ottenute utilizzando l'approssimazione normale e le incertezze relative ai valori presentati si riferiscono ad un intervallo di confidenza del 95%<sup>5</sup>.

Tra il primo ed il secondo rilevamento si osserva quindi una riduzione del 53% nella concentrazione di CO.

Rispetto ai dati ottenuti dalla campagna bollino giallo (1998/99) si registra un calo considerevole e superiore a quello aspettato in base al trend stabilito nel corso dei vari anni di attuazione della campagna. La stima ottenuta per R1 è diminuita del 21% (valore del 1999: R1=3,13 ± 0,06), quella per R2 si riduce del 49% (valore del 1999: R1=1,70 ± 0,02).

Si osserva comunque che le medie per le concentrazioni di CO risultano ormai stabilmente attestare sotto il limite normativo più restrittivo (3,5 % vol.) fin dal primo controllo.

Per quanto riguarda la percentuale di veicoli risultati fuori norma al primo controllo, si sono ottenute le seguenti stime:

$$\begin{aligned} \text{percentuale di veicoli "IN": } & 83,9 \pm 0,8\% \\ \text{percentuale di veicoli "OUT": } & 16,1 \pm 0,8\% \end{aligned}$$

Rispetto all'anno precedente la percentuale di veicoli OUT risulta ancora diminuita (dato della campagna 1998/99 per i veicoli OUT: 33%).

In Figura 2 è stata rappresentata la composizione percentuale IN-OUT per anno di immatricolazione: non emerge nessuna dipendenza significativa di questo dato dall'anno di immatricolazione.

Si riporta infine in Figura 3 l'andamento delle medie di CO con l'anno di immatricolazione dei veicoli. La linea continua rappresenta il riferimento normativo più restrittivo e, come si osserva dal grafico, anche i veicoli di più vecchia immatricolazione vi rientrano.

<sup>5</sup> L'errore è stimato considerando due deviazioni standard della media.

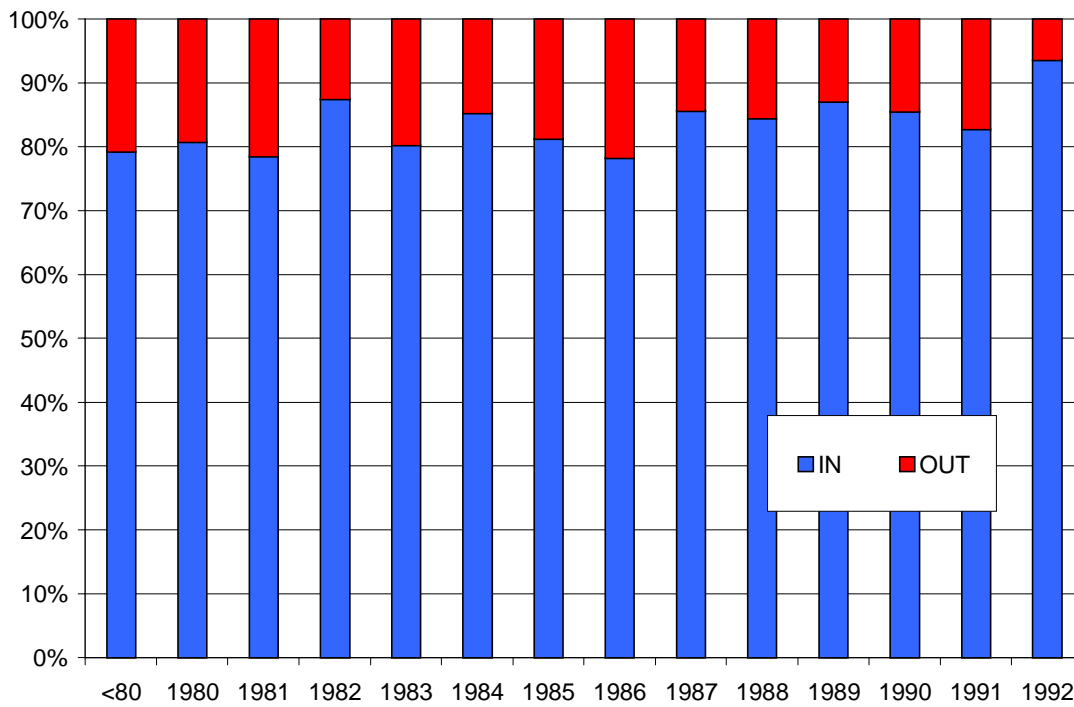


Figura 2 Rappresentazione del contributo % di veicoli a norma (IN) e fuori norma (OUT-barre tratteggiate) per anno di immatricolazione.

**Andamento delle medie di CO (R1 e R2) con l'anno di immatricolazione**

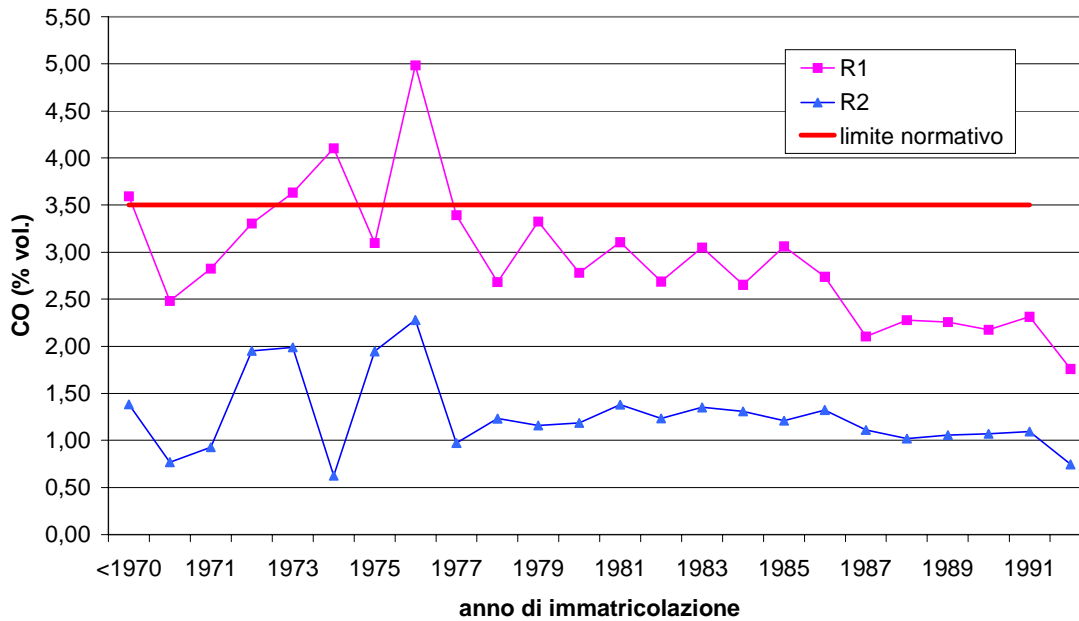


Figura 3 Concentrazioni medie di CO ottenute al primo (R1) e secondo (R2) controllo riportate al variare dell'anno di immatricolazione. La linea tratteggiate rappresenta il limite normativo.

### 3.1.3 Risultati sui veicoli catalizzati

#### Stime per le concentrazioni di CO

Le prescrizioni normative per la categoria delle vetture catalizzate risultano più articolate rispetto al caso delle non catalizzate, prevedendo sia la misura del CO a due regimi del motore, sia la valutazione del parametro "lambda". Premesso, da quanto risulta dalle schede, che in numerosissimi casi la misura non è stata eseguita in modo completo, si riportano le stime ottenute dalle informazioni disponibili. Anche in questo caso è stato considerato il CO corretto ove necessario.

Si riportano i risultati dell'elaborazione nella seguente tabella:

| Regime motore                      | MINIMO    | 2000 GIRI  |
|------------------------------------|-----------|------------|
| <b>I rilev. (R1)</b><br>CO % vol.  | 0,33±0,06 | 0,08±0,004 |
| <b>II rilev. (R2)</b><br>CO % vol. | 0,26±0,02 | 0,07±0,01  |

Si osserva che questi valori confermano sostanzialmente quelli già ottenuti dall'elaborazione preliminare.

Rispetto alle vetture non catalizzate si ha una riduzione di circa un fattore 10 sul tenore di ossido di carbonio; questo risultato, peraltro già noto da elaborazioni precedenti, indica come per questo inquinante il passaggio alle vetture catalizzate abbia rappresentato una misura di risanamento sostanziale della qualità dell'aria. Da questo punto di vista, ovvero nei termini di una ulteriore significativa riduzione delle emissioni di CO, con un parco veicolare ormai costituito in massima parte da veicoli catalizzati, la campagna di controllo - come attualmente congegnata - non potrà in futuro che avere efficacia via via più limitata.

Si osserva in ogni modo che anche per le vetture catalizzate la messa a punto del veicolo comporta una riduzione nella concentrazione media di CO che percentualmente ammonta al 21% per la misura al regime di minimo ed al 12% per quella a 2000 giri.

Per quanto concerne la stima della percentuale di veicoli risultati conformi alla normativa (IN) fin dal primo controllo, occorrono alcune premesse. Per stabilire se un veicolo catalizzato sia conforme alla normativa sono necessari tre dati (misura a due regimi del motore e valore di "lambda"), e l'assenza nella scheda di uno qualsiasi di essi impedisce di classificare "IN" il veicolo in oggetto. D'altra parte un'alta percentuale di schede (43%) risultava priva di almeno uno dei dati necessari e questo può aver portato ad una possibile sovrastima del valore ottenuto per i veicoli "OUT". Infine esiste un ulteriore elemento di indeterminazione, legato al valore del coefficiente "lambda", che, come previsto dalla stessa normativa, può superare i limiti stabiliti se esplicitamente indicato dal costruttore. Tenendo conto di questi aspetti risulta chiaro che la questione della valutazione del numero di veicoli catalizzati a norma non sia attualmente univocamente definita e richieda ulteriori analisi, basate su dati più completi. I dati disponibili permettono di estrarre comunque delle stime che possono senza dubbio fornire una indicazione di massima sulla categoria dei veicoli catalizzati. Considerando tutti i limiti normativi si sono ottenute le seguenti stime delle percentuali di veicoli IN e OUT al primo controllo<sup>6</sup>:

<sup>6</sup> Si riporta il dettaglio dell'analisi dei dati ai fini di una maggiore trasparenza sulla valutazione del dato fornito.

Numero totale di schede analizzate : 1512, delle quali 864 (57%) con tutti i dati necessari.

Numero di schede valide per il dato parziale di R1 minimo: 1315 (86%) (utili per il raffronto con le non catalizzate).

Totale schede con almeno un valore "OUT" o assente uguale a 232 (15% delle 1512).

Subtotale delle schede valide aventi almeno valore OUT, uguale 49 (6% delle 864)

percentuale di veicoli "IN":  $85 \pm 1\%$   
 percentuale di veicoli "OUT":  $15 \pm 1\%$

Si riporta inoltre il dato parziale ottenuto considerando soltanto il limite sul tenore di CO al regime di minimo, in modo da effettuare una sorta di parallelo con la categoria delle non catalizzate (dato ottenuto considerando soltanto il riferimento  $CO \leq 0,5$  %vol., che è il valore limite per le catalizzate):

percentuale di veicoli "IN":  $92 \pm 1\%$   
 percentuale di veicoli "OUT":  $8 \pm 1\%$

Confrontando questo dato con quello ottenuto per i veicoli non catalizzati si rileva una forte differenza a sfavore di questi ultimi.

### Stime per le concentrazioni di HC

Come già accennato gli idrocarburi (HC) non sono soggetti a limiti normativi e non esistono valori di riferimento per effettuare valutazioni sulla regolarità delle emissioni di un veicolo relativamente a questi inquinanti. Si riportano di seguito i risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati disponibili, ricordando che le schede complete di tutti i dati sugli HC rappresentavano solo il 40% del totale.

Rispetto al caso dell'ossido di carbonio, le concentrazioni rilevate per gli HC coprono un intervallo di valori estremamente ampio e ciò rende poco significativo il calcolo del valore medio degli HC rilevati al primo e secondo controllo, che comunque possono essere utili a scopo indicativo.

Si riportano innanzitutto i valori massimo e minimo ottenuti per gli HC (in ppm) nei dati analizzati:

|   |             |             |
|---|-------------|-------------|
| misura effettuata al regime di minimo:    | R1: {0-992} | R2: {0-504} |
| misura effettuata al regime di 2000 giri: | R1: {0-801} | R2: {0-395} |

Nonostante l'ampiezza di questi intervalli, si può supporre sulla base dei dati che l'intervento di messa a punto produca un lieve effetto di riduzione delle concentrazioni: si osserva infatti che l'intervallo relativo ad R2 è meno ampio ad entrambi i regimi.

Allo scopo di evidenziare eventuali effetti di riduzione sugli HC dovuti alla messa a punto, sono state selezionate le schede complete dei dati R1 e R2 (che ancora una volta sono un sottogruppo del totale) e su queste si è calcolata la concentrazione media di HC.

Le stime ottenute sono:

|                      |                |                |                |
|----------------------|----------------|----------------|----------------|
| regime di minimo:    | R1: $84 \pm 4$ | R2: $78 \pm 4$ | riduzione: 6%  |
| regime di 2000 giri: | R1: $45 \pm 2$ | R2: $40 \pm 2$ | riduzione: 11% |

È dunque presente un effetto di abbattimento correlabile con l'operazione di messa a punto; tuttavia il tasso di riduzione degli HC risulta molto inferiore a quello che si ottiene per il CO sulle vetture non catalizzate. Per quanto riguarda infine l'andamento della concentrazione di HC con l'anzianità dei veicoli, non si è evidenziata nessuna tendenza significativa, come emerge anche dalla figura 4, riportata a titolo di esempio.

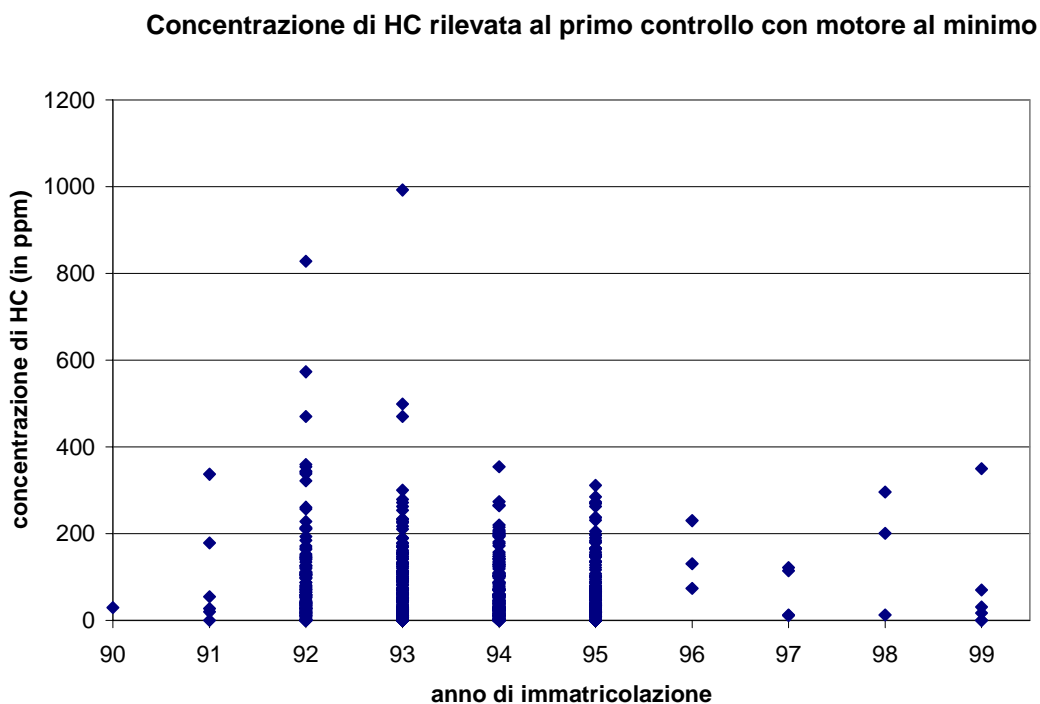


Figura 4: Dispersione delle concentrazioni di HC rilevate al primo controllo con motore al regime di minimo rispetto all'anno di immatricolazione.

### Stime per le concentrazioni degli NO<sub>x</sub>

Analogamente a quanto fatto per gli HC, vengono riportate le stime ottenute per le concentrazioni di NO<sub>x</sub>, sebbene anche in questo caso la scarsissima percentuale di dati disponibili impedisca di giungere a risultati realmente significativi: soltanto il 10% circa delle schede analizzate conteneva il dato relativo agli NO<sub>x</sub>.

Anche per queste sostanze i valori riportati nelle schede coprono un intervallo estremamente ampio; questo fatto, accompagnato dalla scarsa disponibilità di dati rende la stima della media un dato ben poco significativo. Si riporta comunque il risultato dell'elaborazione per le concentrazioni di NO<sub>x</sub> (in ppm)<sup>7</sup>.

|                                |               |                   |
|--------------------------------|---------------|-------------------|
| Misura al regime di minimo:    | R1: $3 \pm 1$ | R2: $1,3 \pm 0,7$ |
| Misura al regime di 2000 giri: | R1: $4 \pm 1$ | R2: $0,7 \pm 0,5$ |

<sup>7</sup> La presenza di un'alta proporzione di dati nulli (cioè con valore pari a zero) in R2 spiega i valori estremamente bassi delle medie al secondo rilevamento. In effetti si osserverebbe una riduzione dei valori medi tra primo e secondo rilevamento che sulla base delle conoscenze attuali appare inverosimile. Risulterebbe assolutamente necessario per la comprensione di questo aspetto eseguire un'analisi più approfondita con un campione più numeroso e di caratteristiche controllate ed omogenee.

### 3.1.3 Suddivisione del campione per classi di cilindrata

Il campione dei veicoli a benzina è stato suddiviso per classi di cilindrata ed il relativo istogramma è riportato in Figura 5. Risulta particolarmente evidente la diversa distribuzione che caratterizza i veicoli catalizzati e quelli non catalizzati: l'andamento è analogo nei due casi, con un picco sulle medie cilindrata, ma con uno spostamento della distribuzione verso cilindrata più alte per il gruppo delle catalizzate.

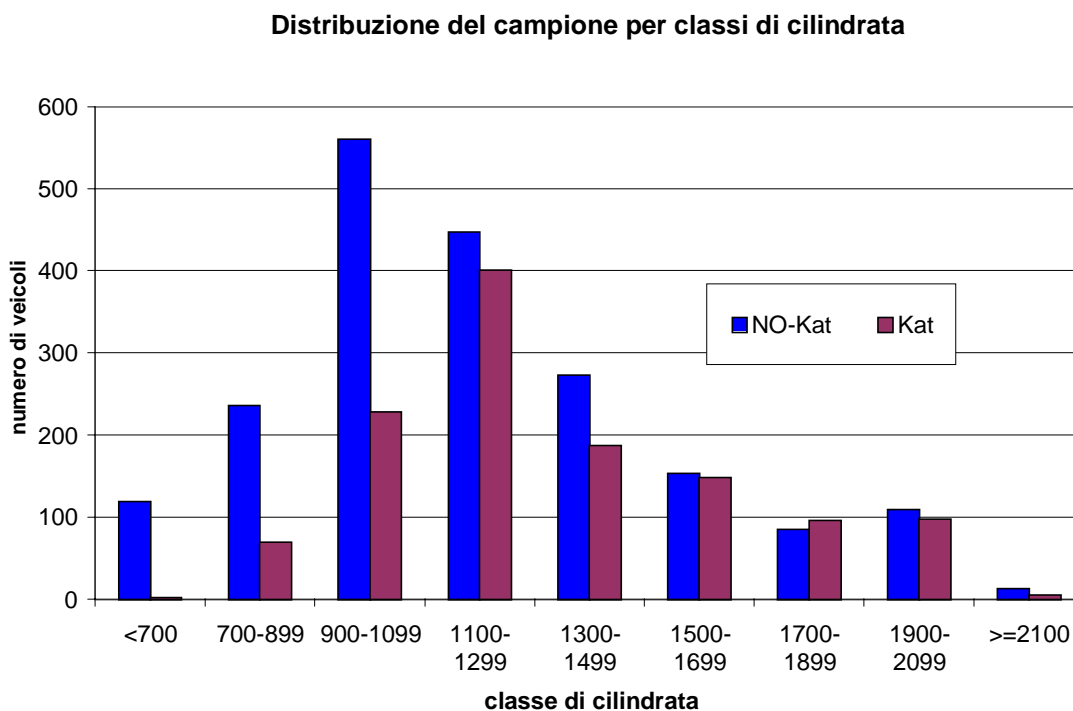


Figura 5 Stima della distribuzione dei veicoli controllati per classi di cilindrata.

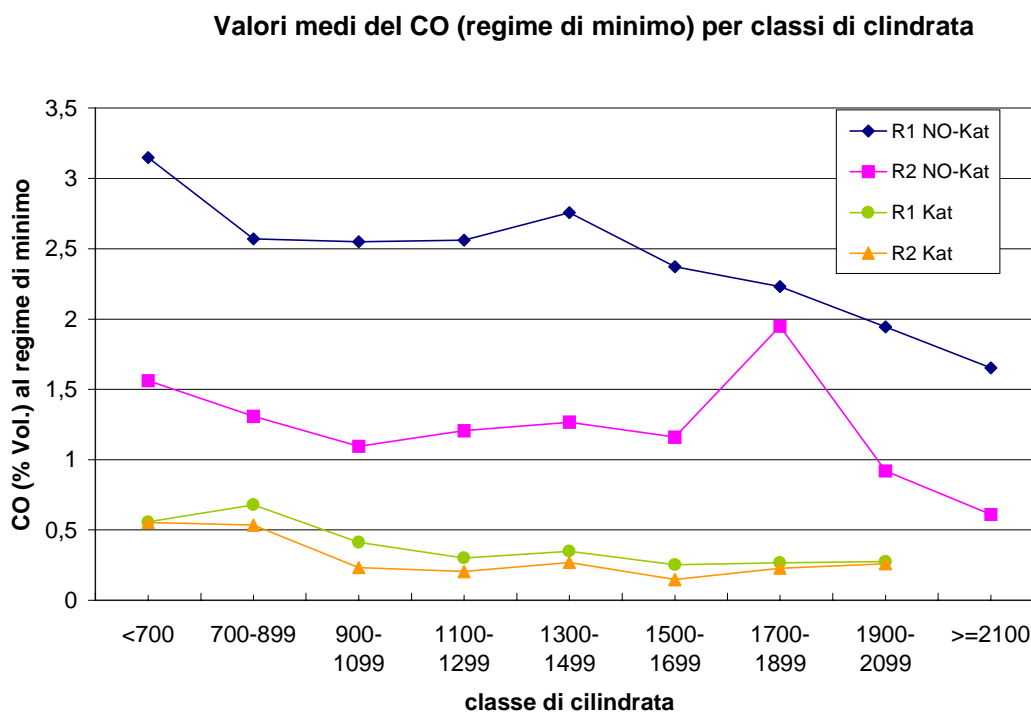


Figura 6 Stime delle concentrazioni medie di CO per classe di cilindrata.

Il 45% circa delle vetture catalizzate presenta una cilindrata compresa tra 900 e 1300 cc, mentre è estremamente scarsa la presenza di vetture a bassa cilindrata (solo il 5% presenta cc<900).

In figura 6 sono stati riportati gli andamenti delle medie di CO per classe di cilindrata per i due gruppi. I risultati sono relativi a misure effettuate al minimo del motore e sono state riportate le medie del primo e secondo rilevamento. Per le vetture catalizzate la classe con cc>2100 non è stata riportata perché troppo scarsamente popolata e quindi non significativa.

Questo grafico evidenzia la già nota, forte differenza tra i livelli medi di CO tipici dei veicoli catalizzati e di quelli non catalizzati. Riguardo all'andamento rispetto alla classe di cilindrata, si può rilevare una vaga indicazione circa le vetture con bassa cilindrata che sembrano essere caratterizzate da valori di CO mediamente più alti.

### 3.1.4 Suddivisione per classi di chilometraggio

Il campione è stato suddiviso anche per classi di chilometraggio. Nella figura 7 è mostrato l'apporto in percentuale delle due categorie (catalizzate e non) alle classi di chilometraggio. Come atteso, la classe dei veicoli catalizzati, mediamente più recenti, contribuisce in proporzioni maggiori alle fasce con basso chilometraggio.

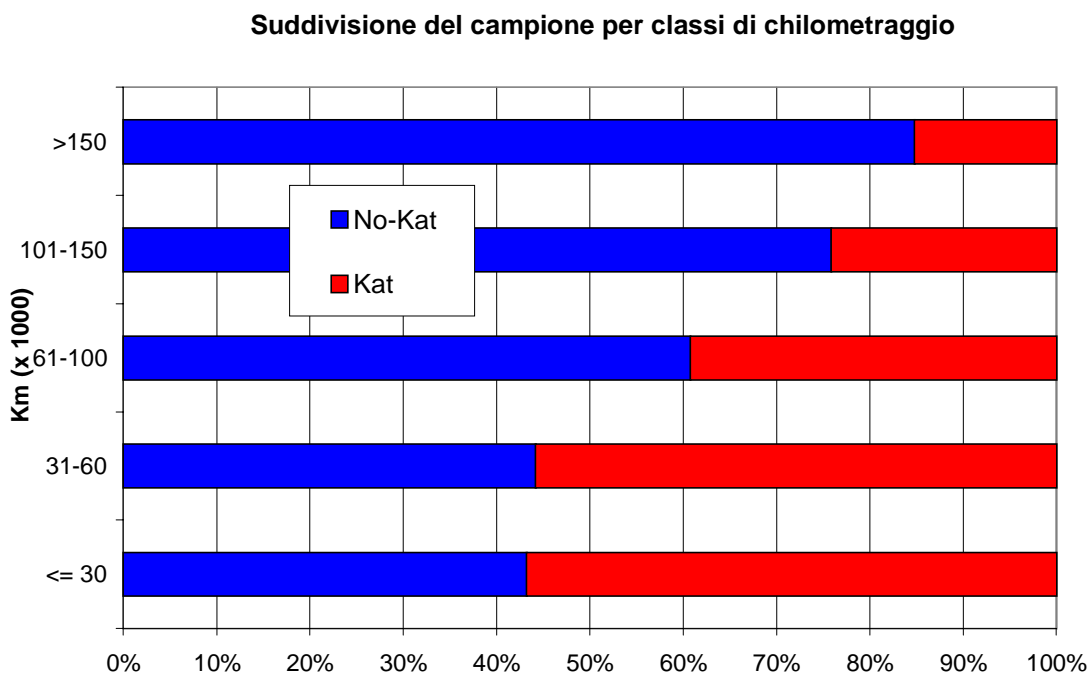


Figura 7 Stima della distribuzione della popolazione controllata in base al chilometraggio dichiarato.

Il dato più interessante che emerge da questa analisi riguarda però le concentrazioni medie di CO. Infatti mentre in tutte le elaborazioni precedenti, compiute sulle vetture non catalizzate, non era mai stato possibile evidenziare un aumento della media di CO con la percorrenza del veicolo (come sarebbe stato ragionevole aspettarsi), dall'analisi del gruppo delle catalizzate emerge questa correlazione. In figura 8 sono state riportate le concentrazioni medie di CO (R1 e R2) per fasce di chilometraggio. Si vede che soprattutto per il dato R2, ma anche per R1, c'è un aumento del valore medio al crescere della percorrenza. Questo dato conferma l'ipotesi secondo la quale per i veicoli non catalizzati, tra i quali rientrano moltissimi veicoli di vecchia immatricolazione, il chilometraggio dichiarato non corrisponde a quello effettivo, soprattutto nel caso dei veicoli più vetusti: ciò altera completamente l'informazione contenuta nel dato del chilometraggio. La figura 9 riporta le medie di CO (R1 e R2) per classi di km percorsi per le vetture non catalizzate:

l'andamento ottenuto conferma quanto appena osservato.

**Medie CO per classi di Km - categoria catalizzate**

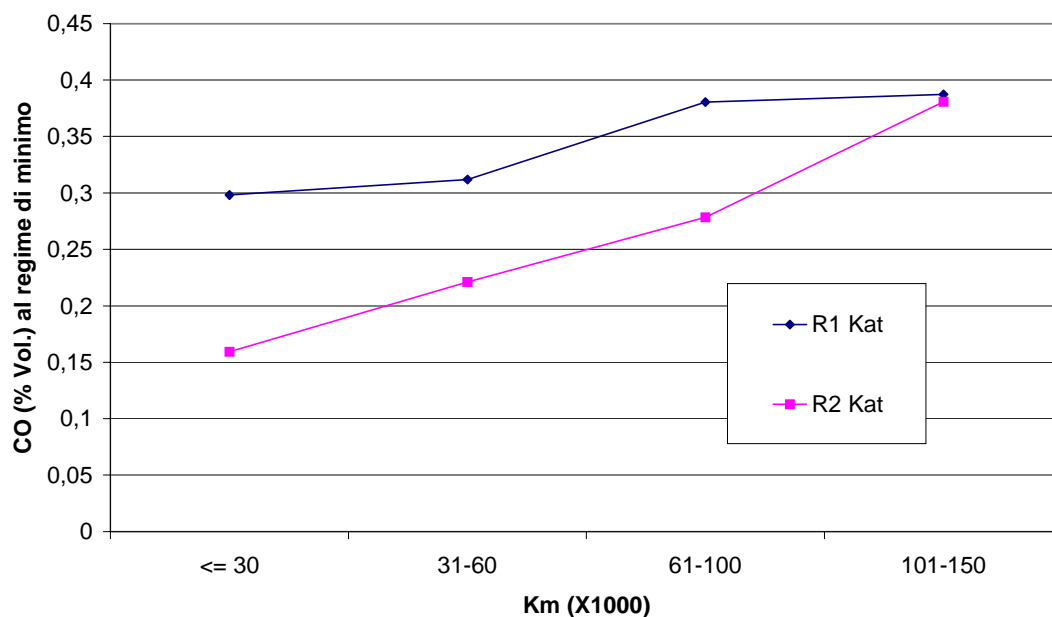


Figura 8 Stime delle concentrazioni medie di CO, al regime di minimo, per classi di chilometraggio (vetture catalizzate).

**Medie CO per classi di Km - categoria NON catalizzate**

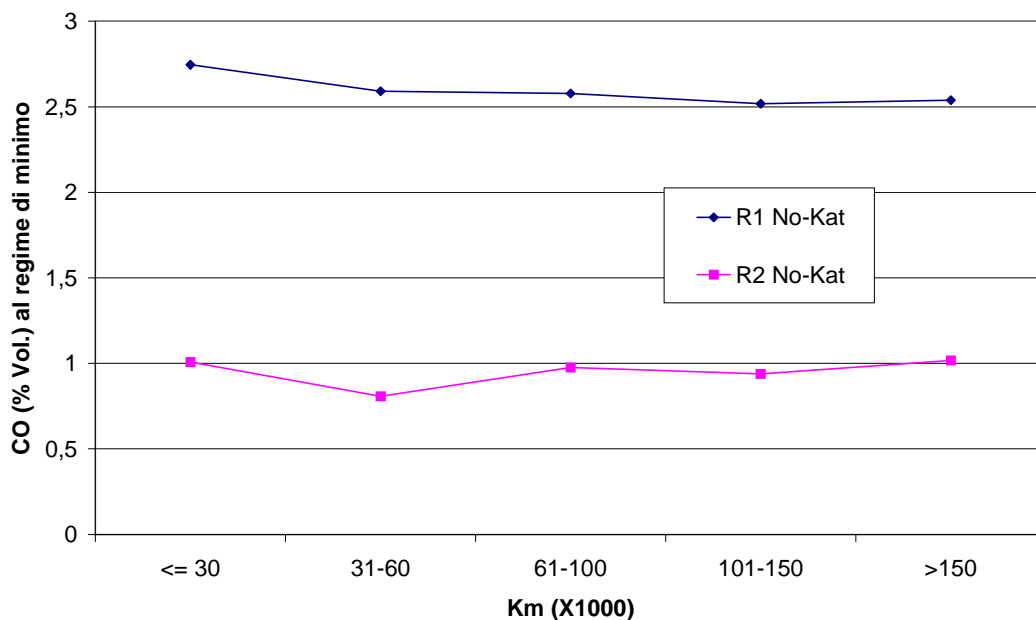


Figura 9: Stime delle concentrazioni medie di CO, al regime di minimo, per classi di chilometraggio (vetture non catalizzate).

## 3.2 Veicoli diesel

### 3.2.1 Note sul parco diesel controllato

Il campione selezionato per i veicoli diesel contiene 316 schede (tasso di estrazione 1/10). Percentualmente quindi il parco diesel rappresenta circa il 5% del totale dei veicoli controllati. Questa percentuale è in accordo con le stime ottenute dalle elaborazioni svolte negli anni scorsi. Si è osservato un miglioramento nella qualità dei dati presentati per questa categoria di veicoli, per i quali sussisteva l'ambiguità sull'unità di misura (dato espresso in  $m^{-1}$  o in opacità percentuale) che adesso sembra superata. Tuttavia permane una forte presenza di schede non complete e in qualche modo errate. Approssimativamente le schede non corrette ammontano al 17% del totale. Sono state inoltre analizzate le schede relative ai controlli effettuati su di un gruppo di veicoli adibiti al trasporto pubblico: 89 vetture ATAF, 34 vetture CAP e 136 LAZZI.

### 3.2.2 Composizione per età

La distribuzione per età del parco veicolare diesel è rappresentata in Figura 10.

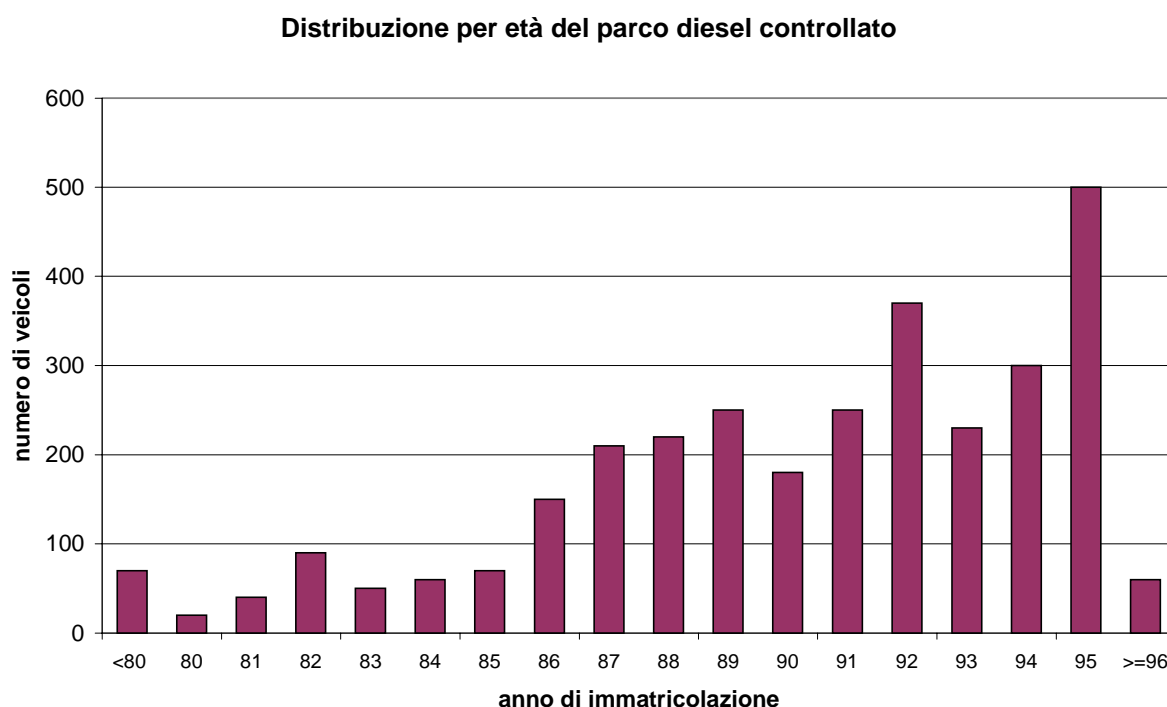


Figura 10 Stima della distribuzione per anno di immatricolazione del parco diesel controllato.

Diversamente dalle elaborazioni degli anni precedenti, sono state questa volta incluse anche vetture di recente immatricolazione, essendo l'obbligo di controllo adesso esteso anche ai cosiddetti "ecodiesel". In particolare da questa analisi il 58% del parco diesel controllato risulta immatricolato tra il 1990 ed il 1995. Si osserva infine che analogamente alla classe dei veicoli a benzina, anche per i diesel gli anni di immatricolazione successivi al 1995 risultano, in questo campione, assai scarsamente popolati: ciò ovviamente si spiega tenendo conto del fatto che l'obbligo di controllo riguarda soltanto i veicoli immatricolati da più di quattro anni.

L'andamento della distribuzione sugli anni fino al 1992 risulta più o meno confrontabile con quello delle elaborazioni precedenti.

### 3.2.3 Stime per le concentrazioni di inquinante

Per i veicoli diesel si misura la fumosità delle emissioni valutando il loro coefficiente di assorbimento. I valori medi ottenuti in questa campagna per il primo (R1) ed il secondo (R2) rilevamento sono:

$$R1: 1,6 \pm 0,2 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

$$R2: 1,30 \pm 0,1 \text{ (m}^{-1}\text{)}$$

La riduzione percentuale nel valore medio misurato tra il primo e il secondo controllo è del 19% circa.

Si segnala un notevole calo (30% per R1 e 17% per R2) rispetto ai valori della campagna precedente (R1:  $2,3 \pm 0,2$  e R2:  $1,57 \pm 0,08$  per la campagna "bollino giallo"); nell'eseguire il confronto occorre considerare che quest'anno sono state incluse nell'elaborazione molte vetture di recente immatricolazione le quali tendono ad abbassare la media della concentrazione di inquinante. Per quanto concerne la percentuale di veicoli IN e OUT si sono ottenuti i seguenti dati:

percentuale di veicoli IN al primo controllo:  $89 \pm 1 \%$   
 percentuale di veicoli OUT al primo controllo:  $11 \pm 1 \%$

Anche su questo fronte si registra un miglioramento rispetto all'anno precedente (% OUT nella campagna 1998/99: 28%).

In Figura 11 è presentata la suddivisione IN-OUT per anno di immatricolazione. L'istogramma risulta piuttosto irregolare. Si osserva tuttavia una progressiva crescita dei veicoli IN con il diminuire dell'anzianità del veicoli, a conferma della correlazione ormai notissima tra potenziale inquinante ed usura del mezzo.

**Numero di veicoli IN-OUT per anno di immatricolazione**

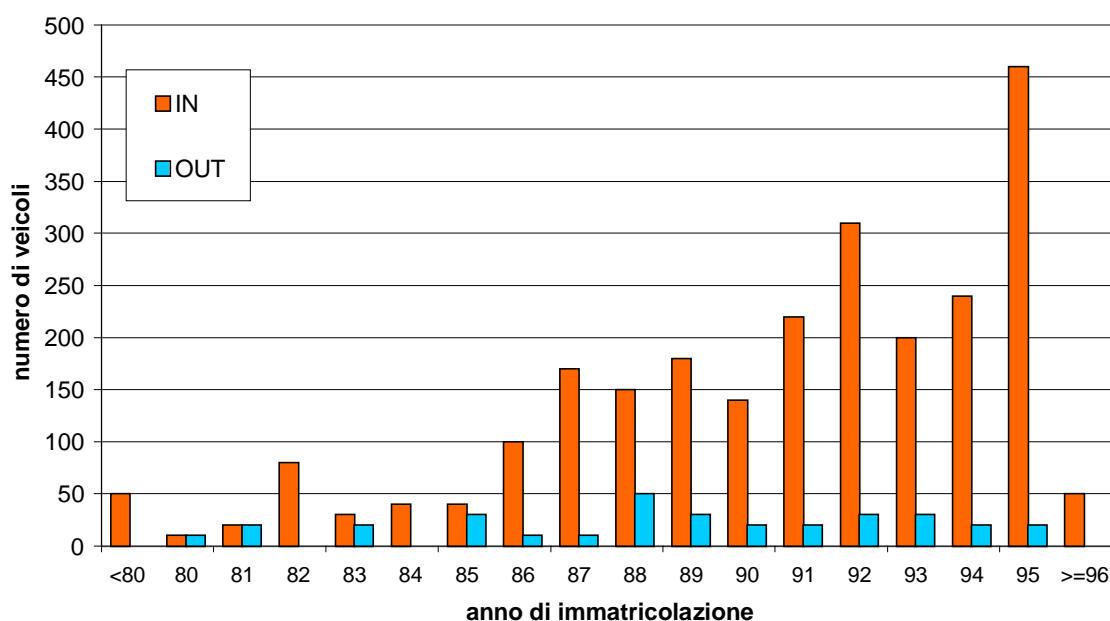


Figura 11 Stima della suddivisione tra numero di veicoli IN e OUT per anno di immatricolazione

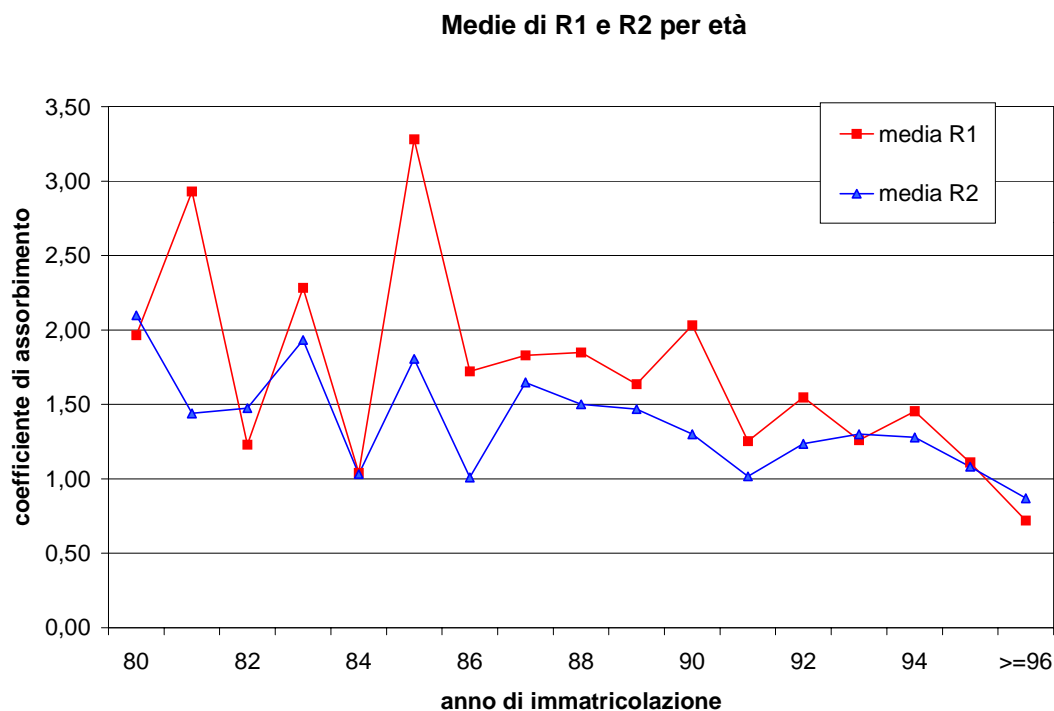


Figura 12 Stime per le medie del coefficiente di assorbimento al variare dell'anno di immatricolazione.

In Figura 12 è infine riportato l'andamento in base all'età di immatricolazione della fumosità media misurata nel primo e secondo rilevamento. Entrambe le curve sono piuttosto irregolari, presumibilmente a causa della forte incertezza che caratterizza le stime soprattutto degli anni meno popolati. Limitando l'osservazione alle annate più popolate (parte destra del grafico) si rileva un andamento più regolare ed una lieve diminuzione della media al diminuire dell'età.

### 3.2.4 Risultati per i veicoli ATAF, CAP, LAZZI

Le schede relative ai controlli effettuati sui veicoli ATAF (89 vetture), CAP (34 vetture) e LAZZI (136 vetture) sono poco numerose e quindi l'informazione che se ne estrae ha carattere puramente indicativo. Inoltre si sottolinea che in tal caso si tratta di autocontrolli, cioè che le misure sono state effettuate dalle stesse Aziende.<sup>8</sup>

In tutti i casi è stato effettuato un solo controllo (R1) e, da quanto risulta dalle schede presentate, tutti i veicoli rientravano nei limiti normativi. Si riportano, a titolo di informazione, le medie ottenute sui tre sottogruppi di vetture:

|                   |   |
|-------------------|---|
| Autovetture ATAF  | R1: $0,65 \pm 0,04 \text{ (m}^{-1}\text{)}$ |
| Autovetture Cap   | R1: $0,39 \pm 0,05 \text{ (m}^{-1}\text{)}$ |
| Autovetture Lazzi | R1: $1,03 \pm 0,04 \text{ (m}^{-1}\text{)}$ |

<sup>8</sup> Si sottolinea anche che i risultati possono dipendere in modo sostanziale dal tipo di veicoli oggetto del controllo: dispositivi tipo "tubo Venturi" in genere presenti sugli autobus di linea urbana favoriscono la diluizione dei fumi di scarico e comportano quindi valori minori del coefficiente di assorbimento rispetto a quelli che si misurano sugli autobus delle linee extraurbane, in genere non dotati di tale dispositivo.

## 4. Conclusioni

Con il completamento normativo prodotto dalla Direttiva del Ministero dei Lavori Pubblici del 7 luglio 1998: "Direttiva sul controllo dei gas di scarico degli autoveicoli ai sensi dell'art. 7 del Nuovo Codice della Strada", e dall'adeguamento ad essa contenuto nell'Ordinanza del Sindaco di Firenze n. 1946 del 25 marzo 1999, l'obbligo di controllo delle emissioni degli autoveicoli è divenuto permanente. Le misure raccolte in questo primo anno di applicazione ("bollino blu" 1999/2000) assumono grande interesse in quanto per la prima volta sono stati sottoposti a controllo anche i veicoli dotati di catalizzatore ed "ecodiesel". Questo ha conferito all'iniziativa valore di mezzo di indagine su una categoria di veicoli (i mezzi catalizzati) destinati a coprire una percentuale sempre maggiore del parco a benzina circolante, ma sui quali è ancora disponibile scarsa informazione, soprattutto relativamente alle caratteristiche del loro potenziale inquinante. Accanto al carattere "esplorativo" assunto in questo primo anno di applicazione, l'iniziativa mantiene ovviamente la sua funzione tradizionale di strumento di risanamento della qualità dell'aria a medio termine: i dati confermano ancora una volta l'efficacia dell'intervento di manutenzione dei veicoli e loro messa a punto nel mantenere le emissioni medie di CO stabilmente sotto il limite di riferimento normativo.

La riduzione media del CO tra prima e dopo la messa a punto è stata stimata del 53% per i veicoli non catalizzati e del 21% per i catalizzati. Circa le caratteristiche emerse sul parco catalizzato è anzitutto da segnalare il valore medio di CO che si conferma di circa un fattore 10 più basso di quello tipico nei veicoli non catalizzati; relativamente agli altri inquinanti studiati (HC e NO<sub>x</sub>) non è stato invece possibile estrarre per ora un'indicazione sui valori medi tipici, essendo i dati disponibili ancora scarsi. A questo proposito si ricorda infatti che, nonostante le indicazioni operative fornite agli autoriparatori sulla compilazione delle nuove schede, permane una forte percentuale di schede incomplete e prive soprattutto dei dati relativi agli inquinanti privi di limite di riferimento.

Infine, relativamente al parco diesel controllato, si è rilevato un miglioramento nella qualità dei dati pervenuti che permettono di ottenere stime più significative. Queste confermano la presumibile efficacia della campagna nella riduzione dei valori medi di particolato<sup>9</sup>, nonché nella ulteriore riduzione della percentuale di veicoli OUT al primo controllo (che nel parco diesel continuava finora ad essere consistente).

---

<sup>9</sup> La riduzione del coefficiente di assorbimento medio non assicura direttamente una riduzione del particolato emesso.