

TARGHE ALTERNE

Valutazione degli effetti delle restrizioni alla circolazione veicolare attuate nel periodo ottobre 2003 – marzo 2004 sugli inquinanti atmosferici e sui flussi di traffico

A cura del Settore Ambiente – Unità Specialistica Impatto Ambientale
Lo studio è il risultato di un prodotto "gruppo di lavoro" interno all'Amministrazione Comunale di Modena formato dalla Dott.ssa Nadia Paltrinieri, Capo Settore, Dott. Daniele Bertoni, Responsabile Unità Specialistica, Dott.ssa Daniela Campolieti, Ing. Ludovica Interlandi, P.I. Elisa Rigolon, Gruppo di lavoro

PREMESSA

In attuazione di quanto concordato a livello regionale nel 2° Accordo di Programma sulla qualità dell'aria, nel periodo ottobre 2003 - marzo 2004 il Comune di Modena ha adottato misure di restrizione della circolazione veicolare preventive e programmate al fine di contenere i casi di superamento dei limiti di qualità dell'aria.

Tali restrizioni competono ai Sindaci dei Comuni a rischio di episodi acuti di inquinamento atmosferico sulla base di una norma dello Stato (D.M. 163/99) la quale riconosce come maggior fonte di inquinamento atmosferico nelle aree urbane il traffico veicolare.

Alle restrizioni della circolazione si associano azioni sulla mobilità a basso impatto e sul trasporto pubblico promosse dal Comune di Modena, così come strumenti di tutela della qualità dell'aria quali il controllo dei gas di scarico degli autoveicoli che a Modena è obbligatorio dal 1992 e il controllo delle emissioni degli impianti di riscaldamento.

L'insieme di queste politiche non impedisce tuttavia

il verificarsi di situazioni di criticità, con superamento dei limiti di qualità dell'aria, sempre legate a condizioni meteorologiche di scarso rimescolamento dell'atmosfera tipiche dell'area padana, per affrontare le quali le restrizioni della circolazione costituiscono di fatto le sole azioni possibili nel breve termine.

1. DESCRIZIONE DEL PROVVEDIMENTO ATTUATO

L'Accordo di Programma sulla qualità dell'aria, sottoscritto in data 14.07.2003, dai Comuni capoluogo dell'Emilia Romagna, dalle Province e dalla Regione stabiliva che fossero adottate le seguenti limitazioni:

1. nei periodi 02.10.2003 – 10.12.2003 e 07.01.2004 – 31.03.2004, nelle giornate di giovedì, nelle fasce orarie 8.30 – 12.30 e 14.30 – 19.30:

- circolazione a targhe alterne per tutti i veicoli;
- divieto di circolazione per i veicoli non catalizzati, non ecodiesel e per i ciclomotori con motore a due tempi non catalizzati che non hanno effettuato il controllo dei gas di scarico;

2. nel periodo 02.10.2003 – 31.03.2004, nelle giornate di lunedì, martedì, mercoledì e venerdì, divieto di circolazione per i veicoli non catalizzati, non ecodiesel e per i ciclomotori con motore a due tempi non catalizzati nelle fasce orarie 8.30 – 10.30 e 17.30 – 19.30, anche se in regola con il controllo dei gas di scarico. Relativamente a quanto previsto al precedente punto 1, il Comune di Modena, restando in linea con quanto stabilito con le restrizioni degli anni scorsi, ha vietato la circolazione, nelle fasce orarie indicate, ai veicoli non catalizzati, non ecodiesel e ai ciclomotori con motore a due tempi non catalizzati anche se in regola con il controllo dei gas di scarico.

Tale decisione è stata dettata dal fatto che tali veicoli, anche se correttamente mantenuti e revisionati sono molto più inquinanti di quelli catalizzati: dal raffronto tra i fattori di emissione, infatti, risulta che un'auto diesel non catalizzata emette polveri sottili da 3 a 7

volte in più rispetto ad una catalizzata e che un'auto a benzina non catalizzata inquina, per il monossido di carbonio e gli ossidi di azoto, da 2 a 4 volte in più rispetto ad una catalizzata.

L'area urbana interessata da questi provvedimenti è quella individuata in figura 1; all'interno della stessa, che ha dimensioni di poco inferiori all'anello delle tangenziali, sono comprese tutte quelle strade nelle quali, a seguito di simula-

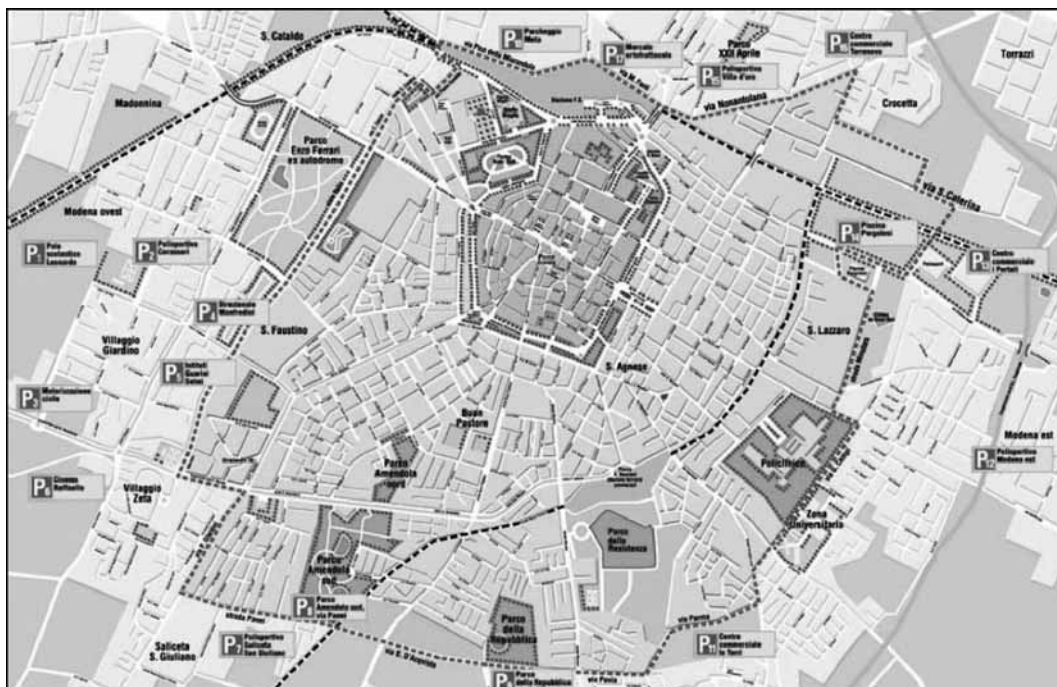


Fig. 1: Area soggetta alle limitazioni della circolazione

zione condotta in collaborazione con ARPA, risultano probabili superamenti dell'obiettivo di qualità per il Benzene.

Nell'Accordo di Programma era, inoltre, contemplata la possibilità da parte delle singole Amministrazioni, in caso di eventi meteorici di durata e di intensità tali da far prevedere un abbassamento significativo delle concentrazioni di inquinanti nell'aria, di revocare le restrizioni programmate e, viceversa, di adottare ordinanze contingibili e urgenti in caso di consistente incremento delle concentrazioni degli inquinanti atmosferici.

Per tali ragioni, nelle giornate di giovedì 27.11.2003, 26.02.2004 e 11.03.2004 è stata revocata la circolazione a targhe alterne, mentre nelle giornate di mercoledì 11.02.2004 e venerdì 19.03.2004 sono state disposte le restrizioni della circolazione normalmente riguardanti la sola giornata di giovedì.

2. LA SITUAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA A MODENA

Dal mese di aprile 2002, con decreto del Ministero dell'Ambiente n° 60, sono state recepite nella normativa italiana due direttive della Comunità Europea, relative ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per gli inquinanti atmosferici, le quali hanno cambiato sostanzialmente lo scenario dei limiti di qualità dell'aria.

Per ogni inquinante sono stati fissati valori limite per la protezione della salute umana (mediati sul tempo di un'ora, di 24 ore o su 365 giorni) e un numero massimo di superamenti di tali limiti nell'arco dell'anno. Il rispetto di entrambi questi valori è fissato a seconda del tipo di inquinante, a partire dal 2005 oppure dal 2010 e, pertanto, la normativa prevede un adeguamento graduale introducendo dei margini di tolleranza che ogni anno si riducono di una percentuale costante; in tabella 1 sono riportati i valori limite stabiliti dal D.M. 60/02 e i valori di riferimento per il 2003.

Come si potrà notare, l'unico inquinante per il qua-

le è rimasto in vigore il livello di attenzione è l'Ozono. In questa fase transitoria restano, comunque, in vigore anche gli standard di qualità dell'aria per il Biossido di Azoto, Monossido di Carbonio, Polveri Totali, Biossido di Zolfo e Piombo.

Dalle stazioni di monitoraggio dell'inquinamento atmosferico presenti sul territorio del Comune di Modena, negli ultimi anni sono state rilevate particolari criticità per quanto riguarda il biossido d'azoto (NO₂), le polveri sottili (PM₁₀) e, nella stagione estiva, l'ozono (O₃).

Nel corso del 2003, sono stati rilevati due superamenti del valore limite orario per l'NO₂ (270 µg/m³) dalla stazione di p.zza XX Settembre e uno solo dalla stazione di largo Garibaldi, quindi non è stata superata la soglia dei 18 superamenti consentiti dalla normativa; è stato, invece, superato il valore limite annuale: infatti, la concentrazione media di NO₂ nell'anno 2003 è risultata pari a 61,8 µg/m³ contro il valore di riferimento di 54 µg/m³.

Per quanto riguarda le polveri sottili, considerando la media delle stazioni di p.zza XX Settembre e via Nonantolana, la concentrazione media annuale è risultata pari a 43 µg/m³, pertanto entro il valore limite annuale previsto per il 2003, mentre il numero complessivo di superamenti del valore limite giornaliero è stato di 59, quindi superiore ai 35 consentiti.

Nella tabella 2 sono riportati il numero di superamenti mensili, ottenuti considerando la media dei valori rilevati dalle stazioni di monitoraggio di via Nonantolana e p.zza XX Settembre, e nel grafico di figura 2 sono rappresentate le concentrazioni medie mensili di PM₁₀.

Dall'esame degli stessi, risulta che i mesi più critici nei quali si rileva il maggior numero di superamenti e dove la concentrazione media di PM₁₀ è più elevata sono quelli di gennaio, febbraio e marzo; superamenti del valore limite sono stati rilevati anche nei mesi di novembre e dicembre.

Tab. 1: Valori limite per gli inquinanti atmosferici

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore limite D.M. 60/02	Valore limite + margine di tolleranza 2003	n° max di superamenti all'anno
Biossido di Zolfo	24 ore	125 µg/m ³	125 µg/m ³	3
	1 ora	350 µg/m ³	410 µg/m ³	24
Biossido di Azoto*	365 giorni	40 µg/m ³	54 µg/m ³	-
	1 ora	200 µg/m ³	270 µg/m ³	18
Monossido di Carbonio	media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	14 mg/m ³	-
Polveri sottili	365 giorni	40 µg/m ³	43,2 µg/m ³	-
	24 ore	50 µg/m ³	60 µg/m ³	35
Benzene*	365 giorni	5 µg/m ³	10 µg/m ³	-
Piombo	365 giorni	0,5 µg/m ³	0,7 µg/m ³	-
Ozono	1 ora	180 µg/m ³ (livello di attenzione)	180 µg/m ³ (livello di attenzione)	-

* = i valori limite stabiliti dal D.M. 60/02 per questi due inquinanti entreranno in vigore nel 2010; per tutti gli altri inquinanti l'anno di entrata in vigore dei relativi valori limite è il 2005.

Tab. 2: N° superamenti mensili del valore limite per il PM10 (anno 2003)

GENNAIO	13	LUGLIO	0
FEBBRAIO	13	AGOSTO	0
MARZO	15	SETTEMBRE	0
APRILE	0	OTTOBRE	1
MAGGIO	0	NOVEMBRE	6
GIUGNO	1	DICEMBRE	10
TOTALE		59	

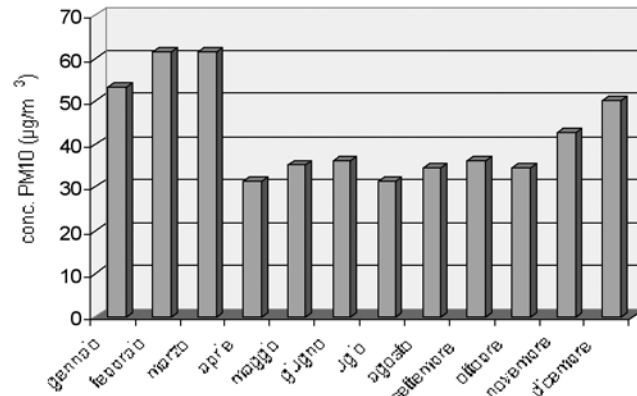


Fig. 2: Concentrazione media mensile di PM10 (anno 2003)

Per quanto riguarda il 2004, limitando l'analisi della situazione alle sole polveri sottili, la media giornaliera delle concentrazioni rilevate dalle centraline di monitoraggio di via Nonantolana e p.zza XX Settembre è risultata, fino al 30 aprile, per 36 volte superiore al valore limite (che per il 2004 corrisponde a 55 µg/m³), pertanto è già stata superata la soglia dei 35 superamenti consentiti.

Nei grafici di figura 3 è rappresentata, mese per mese, la distribuzione di tali superamenti rispetto al valore limite di 50 µg/m³ (che entrerà in vigore nel 2005), al valore limite attuale di 55 µg/m³ e, infine, al valore di riferimento per il 2003 (60 µg/m³).

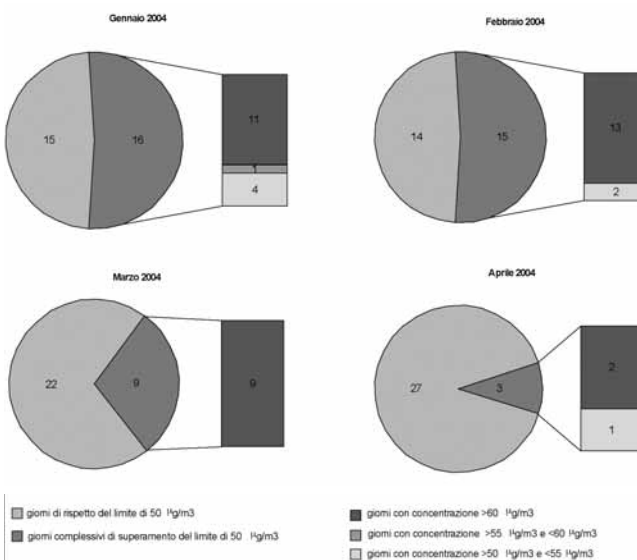


Fig. 3: Distribuzione dei superamenti di PM10 rilevati nel periodo gennaio - aprile 2004 (media delle stazioni di Modena)

3. EFFETTI DELLA MANOVRA ANTINQUINAMENTO 2003 - 2004 SULLE CONCENTRAZIONI DEGLI INQUINANTI ATMOSFERICI RILEVATE DALLE STAZIONI DI MONITORAGGIO

La manovra antinquinamento è stata attuata nel periodo in cui, come precedentemente descritto, si rileva il maggior numero di superamenti dei valori limite di qualità dell'aria proprio perché, agendo sui momenti di massima criticità, si riduce maggiormente l'immissione di inquinanti in atmosfera.

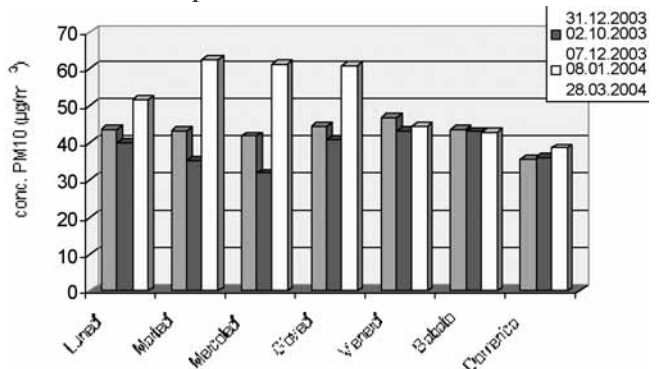


Fig. 4: Settimana tipica per il PM10 in diversi periodi temporali

Nel grafico di figura 4 vengono posti a confronto gli andamenti della settimana tipica delle concentrazioni di PM10 nei due periodi di attuazione della manovra antinquinamento con quello dell'intero anno 2003.

Dallo stesso, si può notare un generale calo delle concentrazioni di PM10 nella giornata di domenica dovuto al minor numero di veicoli in circolazione rispetto agli altri giorni della settimana; inoltre, emerge che nei primi tre mesi del 2004 le concentrazioni medie di PM10 nelle giornate di lunedì, martedì, mercoledì e giovedì sono risultate nettamente superiori alle concentrazioni medie dei medesimi giorni negli altri periodi.

Ciò si può spiegare valutando le condizioni meteorologiche avutesi nei due periodi di attuazione della manovra antinquinamento 2003 - 2004 che sono illustrate nei grafici di figura 5 e 6.

Da tali grafici, si notano lunghi spazi di tempo con assenza di precipitazioni atmosferiche e bassa velocità del vento nei mesi di gennaio e febbraio, con conseguenti innalzamenti delle concentrazioni di PM10. È evidente, quindi, la stretta correlazione tra le concentrazioni di PM10 e il verificarsi dei fenomeni atmosferici: all'aumento della velocità del vento o in presenza di pioggia si rileva sempre una diminuzione delle concentrazioni di PM10.

Sulla base di quanto sopra riportato e dagli stessi grafici di figura 5 e 6, in ragione della forte dipendenza delle concentrazioni con la meteorologia, non è, quindi, possibile rilevare quantitativamente la diminuzione delle concentrazioni di PM10 avutasi a seguito del calo dei veicoli in circolazione registrato nelle giornate di giovedì.

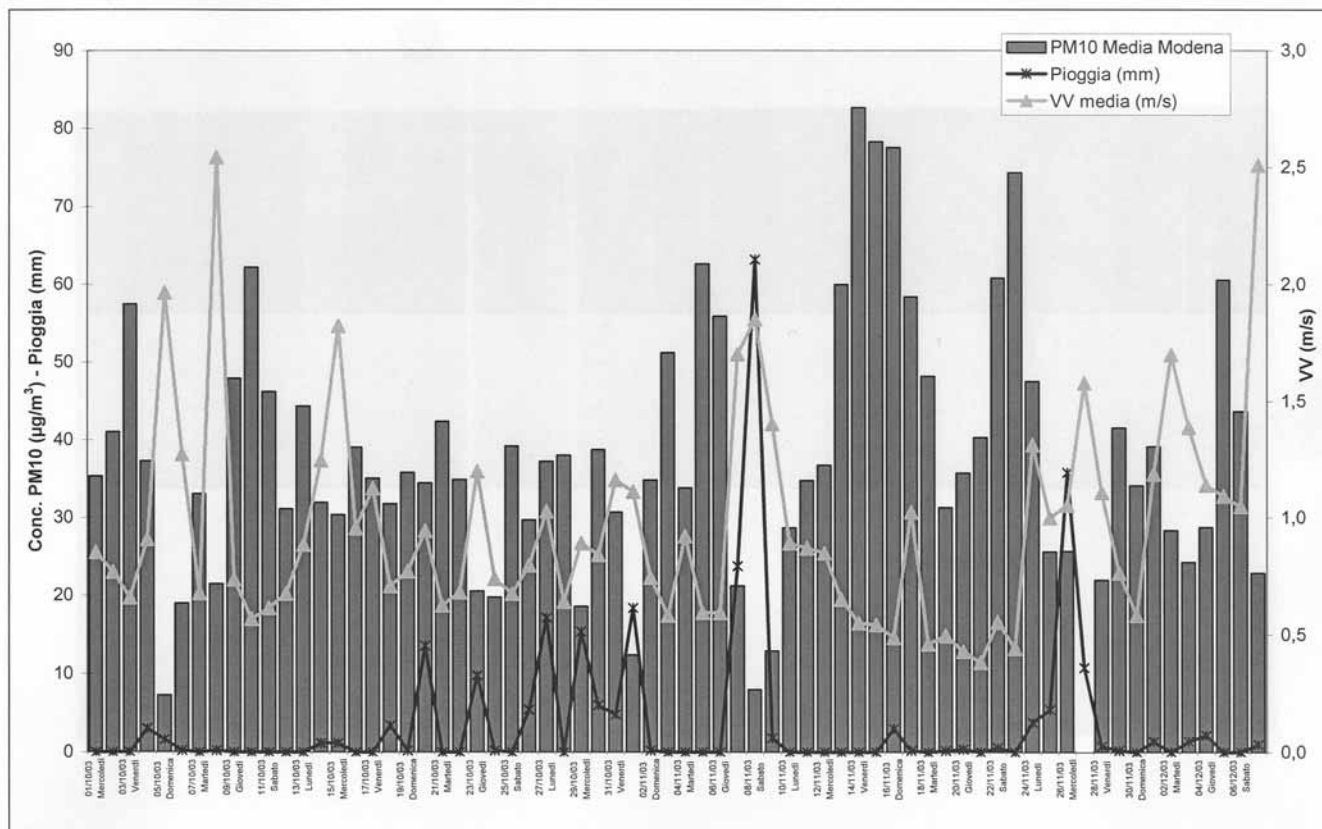


Fig. 5: Variazioni delle concentrazioni di PM10 rispetto alla situazione meteorologica nel periodo ottobre - dicembre 2003

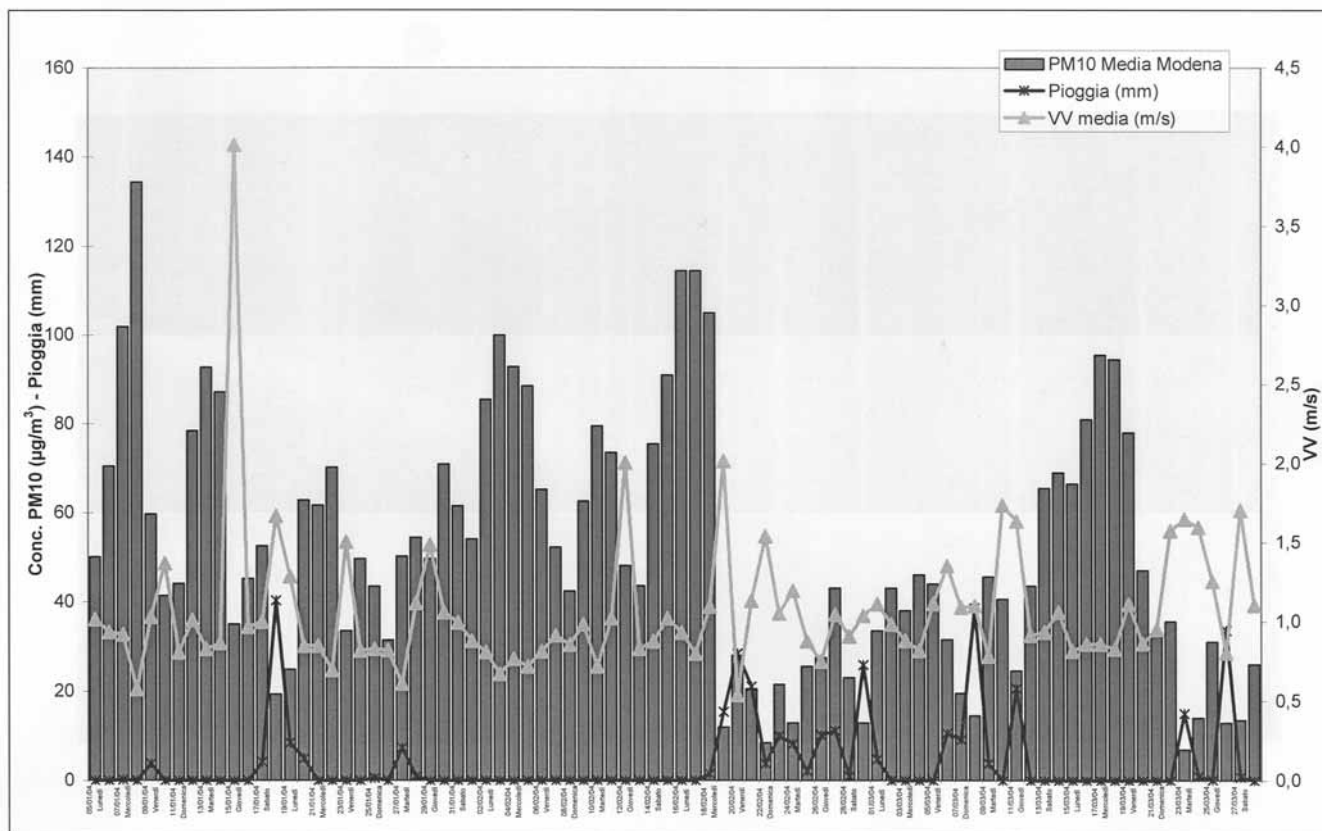


Fig. 6: Variazioni delle concentrazioni di PM10 rispetto alla situazione meteorologica nel periodo gennaio - marzo 2004

Tab. 3: Riduzione dei flussi di traffico in via Giardini

RIDUZIONE DEL N° DI VEICOLI RISPETTO	RIDUZIONE DEL N° DI VEICOLI						RIDUZIONE DEL NUMERO DI VEICOLI		
	RISPETTO A 25/9 (%)			RISPETTO A 11/12 (%)			AL VALORE MEDIO TRA 25/9 E 11/12 (%)		
	DALLE 8.30 ALLE 12.30	DALLE 14.30 ALLE 19.30	NELLE 24 ORE	DALLE 8.30 ALLE 12.30	DALLE 14.30 ALLE 19.30	NELLE 24 ORE	DALLE 8.30 ALLE 12.30	DALLE 14.30 ALLE 19.30	NELLE 24 ORE
02-ott	-17,6	-11,3	-9,0	-17,0	-17,7	-10,9	-17,3	-14,6	-10,0
09-ott	-19,9	-14,1	-12,0	-19,3	-20,3	-13,9	-19,6	-17,3	-13,0
16-ott	-15,3	-10,1	-7,1	-14,7	-16,6	-9,1	-15,0	-13,5	-8,1
23-ott	-14,1	-5,3	-5,9	-13,5	-12,1	-7,8	-13,8	-8,9	-6,9
30-ott	-11,7	-6,4	-5,4	-11,0	-13,2	-7,4	-11,4	-9,9	-6,4
13-nov	-17,1	-10,2	-9,3	-16,5	-16,7	-11,2	-16,8	-13,6	-10,3
20-nov	-18,8	-8,6	-9,6	-18,3	-15,2	-11,5	-18,6	-12,1	-10,5
03-dic	-14,1	-5,0	-7,2	-13,5	-11,8	-9,2	-13,8	-8,5	-8,2
08-gen	-14,9	-7,8	-12,5	-14,3	-14,4	-14,3	-14,6	-11,2	-13,4
15-gen	-13,9	-4,4	-8,1	-13,2	-11,3	-10,0	-13,6	-8,0	-9,0
22-gen	-14,6	-9,0	-10,6	-13,9	-15,6	-12,4	-14,2	-12,4	-11,5
29-gen	-15,4	-9,7	-10,3	-14,8	-16,2	-12,2	-15,1	-13,1	-11,3
05-feb	-16,3	-13,4	-12,4	-15,7	-19,7	-14,2	-16,0	-16,7	-13,3
12-feb	-19,4	-11,1	-11,9	-18,8	-17,5	-13,7	-19,1	-14,5	-12,8
04-mar	-16,1	-9,6	-8,2	-15,5	-16,1	-10,1	-15,8	-12,9	-9,2
MEDIA	-15,9	-9,1	-9,3	-15,3	-15,6	-11,2	-15,6	-12,5	-10,3

4. MONITORAGGIO DEI FLUSSI DI TRAFFICO

Nel periodo di attuazione della manovra antinquinamento il Settore Mobilità Urbana del Comune di Modena ha effettuato monitoraggi dei flussi di traffico su alcuni assi stradali, mediante appositi strumenti contatraffico.

I dati di traffico sono disponibili per via Giardini e viale Monte Kosica.

La valutazione della riduzione dei flussi di traffico si riferisce alle giornate di giovedì, ove era in vigore la circolazione a targhe alterne per i veicoli catalizzati e il divieto di circolazione per quelli non catalizzati, non ecodiesel e per i ciclomotori con motore a due tempi non catalizzati; il confronto viene effettuato rispetto alle giornate di giovedì in cui il provvedimento non era attivo del 25/9 e dell'11/12, nonché rispetto al valore medio tra queste due giornate.

In particolare, la media sarà utilizzata come riferimento per determinare la riduzione del numero di veicoli a seguito dell'adozione del provvedimento di restrizione in quanto è meglio rappresentativa del periodo di attuazione della manovra (stagione autunno - inverno) rispetto alle due singole giornate che si collocano rispettivamente all'inizio della stagione autunnale e nel periodo prenatalizio.

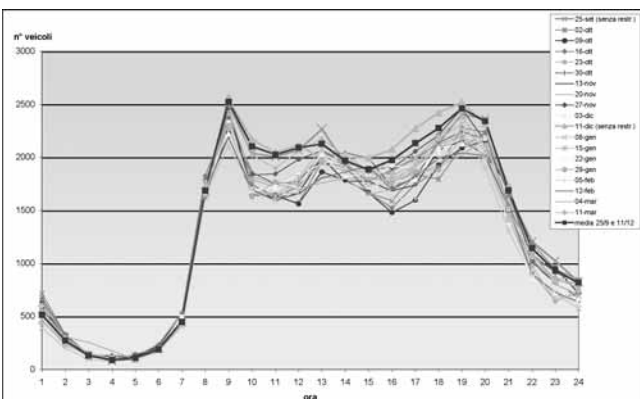


Fig. 7: Andamento dei flussi di traffico in via Giardini

4.1 Via Giardini

Nel grafico di figura 7 si riporta, per ogni giorno in cui sono stati effettuati i monitoraggi, l'andamento dei flussi di traffico nelle diverse ore della giornata.

Con un tratto più spesso sono state evidenziate le giornate senza restrizione della circolazione (25/9, 11/12 e il valore medio tra queste due giornate).

Dal grafico si può notare che la linea dei giorni con restrizione della circolazione segue, nelle prime ore del mattino, lo stesso andamento delle giornate senza limitazione; in corrispondenza dell'orario di inizio della manovra, il numero di veicoli in circolazione si riduce e rimane inferiore al numero di veicoli circolante nelle giornate di confronto per l'intera fascia oraria mattutina di attuazione del provvedimento. Dalle 12.30 alle 14.30 si riscontra un aumento dei veicoli con avvicinamento ai valori "senza restrizione" e, successivamente, un'ulteriore diminuzione fino al termine della limitazione; nelle ore serali non si nota uno slittamento degli spostamenti veicolari e le linee dei giovedì con manovra si assestano sui livelli delle giornate senza restrizione.

Osservando le linee relative alle giornate del 27/11 e dell'11/03, in cui, come detto, il provvedimento è stato sospeso, si riscontra un maggior numero di veicoli in circolazione, soprattutto nel pomeriggio, rispetto ai giovedì con restrizione, a dimostrazione dell'influenza del provvedimento stesso.

Prendendo come riferimento il valore medio dei flussi veicolari orari, dalla tabella 3 risulta che nelle singole fasce orarie di restrizione della circolazione il calo dei veicoli in circolazione è in media del 15,6% alla mattina e del 12,5% al pomeriggio; si può notare, inoltre, che in alcune giornate, nella fascia oraria 8.30 - 12.30 si hanno riduzioni dei flussi di traffico che sfiorano il 20%.

Nell'arco delle 24 ore la riduzione media dei flussi di traffico è, pertanto, pari a 10,3%.

Tab. 4: Riduzioni dei flussi di traffico in viale Monte Kosica

	RIDUZIONE DEL N° DI VEICOLI RISPETTO A 25/9 (%)			RIDUZIONE DEL NUMERO DI VEICOLI RISPETTO A 11/12 (%)			RIDUZIONE DEL N° DI VEICOLI RISPETTO AL VALORE MEDIO TRA 25/9 E 11/12 (%)		
	DALLE 8.30 ALLE 12.30	DALLE 14.30 ALLE 19.30	NELLE 24 ORE	DALLE 8.30 ALLE 12.30	DALLE 14.30 ALLE 19.30	NELLE 24 ORE	DALLE 8.30 ALLE 12.30	DALLE 14.30 ALLE 19.30	NELLE 24 ORE
02-ott	-15,7	-13,8	-7,8	-15,7	-14,5	-7,5	-15,7	-14,1	-7,6
09-ott	-12,9	-14,1	-8,6	-12,9	-14,7	-8,3	-12,9	-14,4	-8,4
30-ott	-6,9	-11,3	-4,9	-6,9	-11,9	-4,5	-6,9	-11,6	-4,7
06-nov	-17,3	-15,7	-10,8	-17,3	-16,3	-10,5	-17,3	-16,0	-10,7
13-nov	-12,9	-14,4	-9,5	-12,9	-15,0	-9,2	-12,9	-14,7	-9,3
20-nov	-13,9	-10,7	-8,4	-13,9	-11,3	-8,1	-13,9	-11,0	-8,3
08-gen	-9,5	-13,8	-11,4	-9,5	-14,4	-11,0	-9,5	-14,1	-11,2
15-gen	-10,2	-10,9	-8,6	-10,2	-11,6	-8,3	-10,2	-11,2	-8,4
22-gen	-12,4	-10,3	-8,9	-12,4	-11,0	-8,6	-12,4	-10,6	-8,7
29-gen	-12,0	-10,5	-10,7	-12,0	-11,1	-10,4	-12,0	-10,8	-10,6
04-mar	-10,3	-10,2	-8,3	-10,3	-10,8	-8,0	-10,3	-10,5	-8,2
MEDIA	-12,2	-12,3	-8,9	-12,2	-13,0	-8,6	-12,2	-12,7	-8,7

Nel grafico di figura 8 sono riportate le riduzioni percentuali del numero di veicoli, ora per ora, nei giovedì con restrizione della circolazione rispetto al valore medio tra il 25/9 e l'11/12.

Dallo stesso emerge che nella quasi totalità dei casi, rispetto al dato preso come riferimento, vi sono meno veicoli in circolazione: la percentuale di riduzione è variabile a seconda delle giornate, ma si possono notare diminuzioni che raggiungono il 25%.

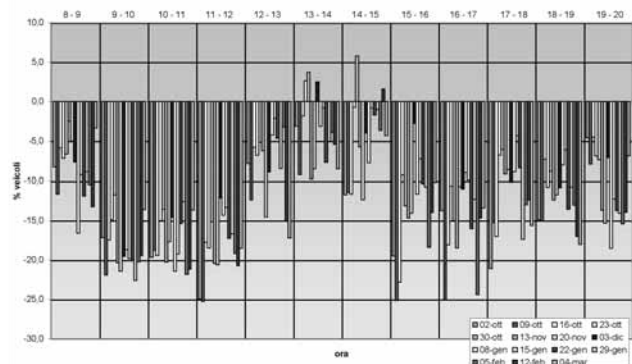


Fig. 8: Riduzione percentuale dei veicoli in circolazione in via Giardini rispetto al valore medio tra i giovedì senza restrizione del 25/9 e dell'11/12

Anche in questo caso le linee dei giovedì senza restrizione e del valore medio sono sempre al di sopra di quelle dei giovedì con il provvedimento di restrizione della circolazione in corso.

Fa eccezione il 27/11 nel quale, infatti, la manovra è stata sospesa.

I dati riportati in tabella 4 evidenziano le percentuali di riduzione dei flussi di traffico in viale Monte Kosica nelle fasce orarie di attuazione della manovra e nelle 24 ore; considerando il confronto con il dato medio tra le due giornate senza restrizioni della circolazione risulta che la riduzione media percentuale dei flussi di traffico nell'intera giornata è dell'8,7%.

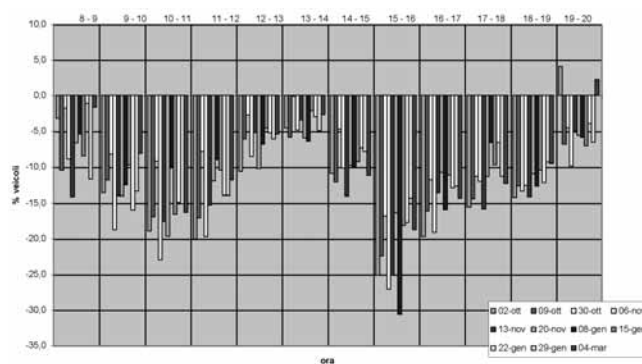


Fig. 10: Riduzione percentuale dei veicoli in circolazione in via Giardini rispetto al valore medio tra i giovedì senza restrizione del 25/9 e dell'11/12

Le riduzioni orarie dei flussi di traffico raggiungono un massimo del 23% nella fascia oraria di restrizione del mattino e superano, alle ore 15.00 del giorno 08.01.2004, il 30%. Oltre a ciò, dal grafico di figura 10, si nota che in tutti i giovedì la riduzione oraria dei flussi di traffico è ampiamente apprezzabile.

In conclusione, dai dati relativi ai flussi di traffico rilevati su via Giardini e viale Monte Kosica si ottiene una riduzione media del numero di veicoli in circolazione nei giovedì in cui è stato in vigore il provvedimento di restrizione pari al 9,5% nell'arco delle 24 ore.

5. STIMA DELLA RIDUZIONE DEI QUANTITATIVI DI INQUINANTI ATMOSFERICI IMMESSI IN ATMOSFERA

La valutazione dei quantitativi di inquinanti non immessi in atmosfera, a seguito della riduzione del numero di veicoli in circolazione nelle giornate con restrizione della circolazione, è stata condotta prendendo come riferimento il parco veicolare immatricolato al 2003 (dati di fonte ACI - tab. 5) e i fattori di emissione totali, relativi al ciclo di guida urbano, riportati in tabella 6.

Tali fattori indicano i quantitativi di inquinanti prodotti per ogni chilometro percorso dai veicoli in un ciclo di guida urbano, ovvero un intero tragitto che comprende la parte a freddo, a caldo e, nel caso dei COVNM, la quota evaporativa. Essi sono differenziati

Tab. 6: Fattori di emissione totali per ciclo di guida urbano

TIPOLOGIA E ANNO DI IMMATRICOLAZIONE DEL VEICOLO	ALIMENTAZIONE E CILINDRATA	CO [g/veic*km]		NOx [g/veic*km]		Benzene [g/veic*km]		COVNM [g/veic*km]		PM10 tot [g/veic*km]		PM10 gas [g/veic*km]		PM10 gomme [g/veic*km]		PM10 freni [g/veic*km]		PM10 strada [g/veic*km]	
		F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F	F
Auto imm. fino al 1992	Benzina < 1.4 l	32,33	1	1,64	1	0,294	2	6,5373	1	0,0895		0,0719	5	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	Benzina 1.4 -2.0 l	35,07	1	1,97	1	0,381	2	8,4693	1	0,1108		0,0932	5	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	Benzina > 2.0 l	35,07	1	2,38	1	0,447	2	9,9396	1	0,1269		0,1093	5	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	Diesel < 2.0 l	1,28	1	0,71	1	0,008	2	0,4232	1	0,5017		0,4841	1	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	Diesel > 2.0 l	1,28	1	1,09	1	0,008	2	0,4232	1	0,5017		0,4841	1	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
Auto imm. dal 1993 al 1996	GPL	10,77	1	1,76	1	0,000	2	2,2286	1	0,0176				0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	Benzina < 1.4 l	21,19	1	1,29	1	0,127	2	3,6345	1	0,0576		0,0400	5	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	Benzina 1.4 -2.0 l	16,09	1	1,35	1	0,136	2	3,8755	1	0,0602		0,0426	5	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	Benzina > 2.0 l	15,15	1	0,97	1	0,114	2	3,2532	1	0,0534		0,0358	5	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	Diesel < 2.0 l	0,86	1	0,62	1	0,003	2	0,1565	1	0,1306		0,1130	1	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
Auto imm. dal 1997	Diesel > 2.0 l	0,86	1	0,62	1	0,003	2	0,1565	1	0,1306		0,1130	1	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	GPL	4,74	1	0,36	1	0,000	2	0,4482	1	0,0176				0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	Benzina < 1.4 l	14,82	1	0,55	1	0,083	2	2,3659	1	0,0436		0,0260	5	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	Benzina 1.4 -2.0 l	11,27	1	0,59	1	0,096	2	2,7415	1	0,0478		0,0302	5	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	Benzina > 2.0 l	10,61	1	0,43	1	0,092	2	2,6319	1	0,0466		0,0290	5	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
Comm. legg. imm. fino al 1993	Diesel < 2.0 l	0,60	1	0,27	1	0,002	2	0,1086	1	0,0687		0,0511	1	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	Diesel > 2.0 l	0,60	1	0,27	1	0,002	2	0,1086	1	0,0687		0,0511	1	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	GPL	3,32	1	0,16	1	0,000	2	0,1326	1	0,0176				0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	Benzina < 3.5 t	65,00	1	1,90	1	0,301	2	8,6102	1	0,1123		0,0947	5	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	Diesel > 3.5 t	1,97	1	1,31	1	0,014	2	0,6860	1	0,5163		0,4987	1	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
Comm. legg. imm. dal 1994	Benzina < 3.5 t	3,41	1	0,41	1	0,002	2	0,0646	1	0,0183		0,0007	5	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	Diesel < 3.5 t	1,69	1	0,62	1	0,012	2	0,5772	1	0,2965		0,2789	1	0,0065	3	0,0036	3	0,0075	3
	Diesel > 3.5 t	4,49	1	12,29	1	0,050	2	2,4764	1	1,0226		0,9218	1	0,04	3	0,0228	3	0,0380	3
Comm. pes. imm. fino al 1992	Diesel > 3.5 t	2,35	1	8,36	1	0,029	2	1,4342	1	0,7614		0,6606	1	0,04	3	0,0228	3	0,0380	3
Comm. pes. imm. dal 1993 al 1996	Diesel > 3.5 t	1,94	1	6,34	1	0,025	2	1,2555	1	0,4000		0,2992	1	0,04	3	0,0228	3	0,0380	3
Comm. pes. imm. dal 1997	Diesel > 3.5 t	2,81	4	7,64	4	0,008	4			0,4867		0,3859	4	0,04	3	0,0228	3	0,0380	3
BUS	< 50 cm3	15,00	1	0,03	1	0,326	2	9,3117	1	0,0067				0,0032	3	0,0005	3	0,0030	3
Ciclomotori imm. fino al 1997	> 50 cm3	28,72	1	0,10	1	0,120	2	3,4405	1	0,0067				0,0032	3	0,0005	3	0,0030	3
Motocicli imm. fino al 1997	> 50 cm3	28,72	1	0,10	1	0,120	2	3,4405	1	0,0067				0,0032	3	0,0005	3	0,0030	3

¹ Fonte ANPA "Stato dell'ambiente n. 12/2000" tratti dal catalogo emissioni Corinair;
² Fonte ANPA "Stato dell'ambiente n. 12/2000" tratti dal catalogo emissioni Corinair (COVNM moltiplicati per un fattore 0.045 benzina non cat., 0.035 benzina cat. e 0.02 diesel per ottenere % di benzene come da fonte CORINAIR tab. 9.1);
³ Fonte IASIA "PM Emission Factors modello RAINS";
⁴ Fonte CORINAIR per "Urban Bus - 91/542/EEC Stage II - Velocità 30 km/h";
⁵ Fonte "Hammerle et al. (1992)" (il particolato emesso è stimato in prima approssimazione pari al 1.1% degli Idrocarburi Totali).

per le diverse categorie di veicoli oltre che per classi di età, tipo di alimentazione, cilindrata o portata.

Auto benzina non cat.	25.519	17,8%
Auto benzina cat.	65.482	45,7%
Auto diesel non cat.	2.778	1,9%
Auto diesel cat. + ecodiesel	18.815	13,1%
Auto GPL metano	4.995	3,5%
Furgoni benzi - na non cat.	596	0,4%
Furgoni benzina cat.	589	0,4%
Furgoni diesel non cat.	2.824	2,0%
Furgoni diesel	5.946	4,1%
Furgoni GPL metano	138	0,1%
Pesanti diesel	1.205	0,8%
Autobus	706	0,5%
Motocicli, Motocarri	13.691	9,6%
Tot. Veicoli	143.284	100%

Tab. 5: Composizione del parco veicolare nel Comune di Modena (anno 2003 - Fonte ACI)

Le percorrenze chilometriche, a differenza degli altri anni, sono state ottenute moltiplicando la lunghezza degli archi del grafo stradale per il numero di vei-

coli circolanti nell'ora di punta del mattino (7.30 - 8.30), calcolato per ogni arco dal Settore Mobilità Urbana mediante il modello previsionale di traffico VISUM: i Km percorsi in tale fascia oraria da tutti gli autoveicoli sono 332.255.

Attraverso misure di flussi di traffico sui medesimi archi stradali è stato ricavato che in tale fascia oraria viene percorso il 5,5% dei Km/die compiuti da tutti gli autoveicoli che, quindi, risultano essere pari a 6.041.000. Tale valore è stato distribuito tra tutti gli autoveicoli proporzionalmente al numero degli stessi.

Per quanto riguarda le percorrenze chilometriche dei furgoni e dei mezzi pesanti è stato stimato che gli stessi effettuino il 10% dei Km percorsi dalle auto.

Tale metodo di stima dei quantitativi di inquinanti immessi dal traffico veicolare in atmosfera si discosta da quello utilizzato negli anni scorsi per quanto riguarda le modalità di calcolo dei Km percorsi dagli autoveicoli che, in questo modo, risultano circa 5 volte superiori a quelli precedentemente determinati.

Tab. 7: Stima dei quantitativi di inquinanti emessi dal traffico veicolare nel territorio del Comune di Modena in un giorno e in un anno

Tipo veicolo	n° km/die percorsi	Emissioni di inquinanti in un giorno					Emissioni di inquinanti nell'anno					
		CO [kg/die]	NOx [kg/die]	Benzene [kg/die]	COVNM [kg/die]	PM10 [kg/die]	CO [t/anno]	NOx [t/anno]	Benzene [t/anno]	COVNM [t/anno]	PM10 [t/anno]	
Auto benzina non cat.	25.493	1.309.963	43.396	2.292	421	9.358	126	14.986	792	145	3.232	44
Auto benzina cat.	65.482	3.364.807	51.955	2.680	338	9.655	165	17.942	926	117	3.334	57
Auto diesel non cat.	2.778	142.748	183	125	1	60	72	63	43	0	21	25
Auto diesel cat. + ecodiesel	18.815	966.813	597	283	2	108	70	206	98	1	37	24
Auto GPL metano	4.995	256.669	1.801	239	-	296	5	622	82	-	102	2
Furgoni diesel	8.700	604.100	1.074	504	7	369	221	327	153	2	112	67
Pesanti diesel	1.249	604.100	2.179	6.245	25	1.239	503	662	1.899	8	377	153
Totale	127.512	7.249.200	101.185	12.368	795	21.086	1.162	34.808	3.992	273	7.215	371

Questa metodica, basata su dati sperimentali, è stata utilizzata anche da ARPA – Sez. Prov. di Modena per effettuare le stime per il Piano di risanamento della qualità dell'aria della Provincia di Modena; si è, quindi, ritenuto opportuno allinearsi con tale metodo.

Nella tabella 7 sono indicate le emissioni di inquinanti derivanti dal traffico veicolare, stimate per l'arco di tempo di un giorno e di un anno; per quest'ultimo è stato considerato che nelle giornate festive, a seguito della riduzione dei flussi di traffico, vi fosse una riduzione delle emissioni pari a 1/3 rispetto ad un giorno feriale.

Dai dati riportati in tabella 7, si può osservare che le auto a benzina non catalizzate, che corrispondono al 28% delle autovetture alimentate a benzina, immettono in atmosfera quantitativi di inquinanti solo di poco inferiori a quelli immessi dalle auto catalizzate; da questa analisi risulta, pertanto, che per CO, NOx, COVMN e PM10 un'auto non catalizzata emette quanto due auto catalizzate, mentre per quanto riguarda il Benzene la proporzione aumenta fino a tre.

Anche tra gli autoveicoli diesel si nota la netta differenza tra le emissioni di quelli ecodiesel e non: gli autoveicoli "convenzionali", che sono solo 1/6 rispetto a quelli ecodiesel, immettono quantitativi di PM10 di poco inferiori rispetto a quest'ultimi.

A tale proposito, occorrono alcune precisazioni circa i dati emersi dalla campagna di controllo dei gas di scarico 2003 che, in prima lettura, potrebbero risultare in contrasto con la stima appena condotta.

Dall'elaborazione di un campione di tali controlli è risultato, infatti, che un'auto catalizzata a norma al momento del controllo emette, per quanto riguarda gli Idrocarburi, dieci volte in meno rispetto ad un'auto non catalizzata, anch'essa a norma, e venti volte in meno per quanto riguarda il CO ed è apprezzabile un costante calo, negli ultimi anni, del valore medio delle emissioni di inquinanti allo scarico da attribuire al rinnovamento del parco veicolare e al progressivo miglioramento tecnologico perseguito dalle case automobilistiche al fine di ottemperare alle prescrizioni fissate dalla Comunità Europea.

È bene ricordare, però, che vi è una percentuale di veicoli che non adempie all'obbligo di effettuare il controllo e le elaborazioni condotte hanno permesso di stimare che si tratta, per lo più, dei veicoli di vecchia immatricolazione (il 70% di quelli non ecodiesel e il 45% di quelli a benzina non catalizzati) e dei veicoli diesel immatricolati negli ultimi dieci anni (il 50% non effettua il controllo).

Naturalmente il calo delle emissioni inquinanti allo scarico sopra richiamato sarebbe meno evidente se i dati riguardassero anche i veicoli che evadono i controlli.

Inoltre, le emissioni di quasi tutti i veicoli, sia diesel che benzina, sono risultate già entro i limiti stabiliti dalla normativa al momento dell'esecuzione del controllo; tuttavia, ciò non significa che queste auto non inquinano, ma semplicemente che le concentrazioni di inquinanti emesse risultano essere nella norma. E bene ricordare che la prova di controllo dei gas

di scarico viene effettuata per legge a motore caldo, ovvero in una condizione in cui le concentrazioni di inquinanti sono meno elevate rispetto alla fase di riscaldamento del veicolo.

Rapportando le emissioni indicate in tabella 7 alla sola area di attuazione della manovra e considerando una riduzione media dei flussi di traffico pari al 9,5%, in ogni giovedì in cui è stato attuato il provvedimento di limitazione della circolazione si stimano i cali delle immissioni di inquinanti riportati in tabella 8. Nella medesima tabella è indicata anche la riduzione dei quantitativi di inquinanti immessi nell'aria nel periodo di tempo di una settimana considerando che nella stessa vi sia una giornata con circolazione a targhe alterne; in quest'ultimo caso, la positività del risultato è meno evidente rispetto al singolo giorno in quanto l'efficacia si "disperde" tra le giornate a circolazione libera.

Tab. 8: Riduzione delle emissioni di inquinanti in una giornata con restrizione della circolazione

	CO	NOx	Benzene	COVMN	PM10
GIORNO	11%	5%	12%	11%	4%
SETTIMANA	2%	1%	2%	2%	1%

Per meglio comprendere la rilevanza del risultato ottenuto in termini di riduzione delle immissioni di inquinanti a seguito della manovra antinquinamento, si propone in tabella 9 la stima della riduzione delle immissioni a seguito del progressivo aggiornamento del parco veicolare partendo dall'anno 2000.

Tab. 9: Riduzione delle emissioni di inquinanti a seguito della variazione della composizione del parco veicolare circolante

	CO	NOx	Benzene	COVMN	PM10
2001 rispetto al 2000	7%	5%	9%	8%	2%
2002 rispetto al 2001	5%	4%	7%	6%	0%
2003 rispetto al 2002	6%	4%	8%	7%	3%

Come si può notare, per ottenere le riduzioni delle immissioni che si raggiungono in un giorno di attuazione della manovra antinquinamento, per CO, Benzene e Composti Organici occorre attendere l'aggiornamento del parco veicolare che si ha nell'arco di due anni, mentre per NOx è sufficiente un anno solo.

Per le polveri, invece, nell'arco di un anno, non si ottiene il risultato raggiunto con l'attuazione della manovra. •

