

# QUALI MISURE PER RIDURRE L'INQUINAMENTO?

IN EMILIA-ROMAGNA PIÙ DEL 60% DELLA POPOLAZIONE È ESPOSTA A VALORI DI  $PM_{10}$  OLTRE IL VALORE LIMITE PER LA PROTEZIONE DELLA SALUTE UMANA. LE MISURE DI RIDUZIONE DELLE EMISSIONI INQUINANTI (SIA DIRETTE, SIA DEGLI INQUINANTI PRECURSORI) DEVONO ESSERE COORDINATE TRA LE VARIE REGIONI DEL BACINO PADANO.

In Emilia-Romagna, analogamente a quanto accade per la maggior parte delle zone e agglomerati della pianura padana, il valore limite giornaliero per  $PM_{10}$  è stato sistematicamente superato fin dalla sua entrata in vigore nel 2005. Situazioni critiche, ma meno estese e persistenti, si sono manifestate per la media annua di  $PM_{10}$ ,  $PM_{2,5}$  e  $NO_2$ , mentre il valore limite per l'ozono viene sistematicamente superato su gran parte del territorio durante il periodo estivo. In Emilia-Romagna più del 60% della popolazione è esposta a valori di  $PM_{10}$  che superano il valore limite giornaliero per la protezione della salute umana. L'analisi della serie storica di misure ha mostrato che per ottenere il rispetto del limite giornaliero per  $PM_{10}$  è necessario che la concentrazione media annua sia di 28 anziché 40  $\mu g/m^3$  (soglia equivalente per valore limite giornaliero). Le stime mostrano che circa il 70% del particolato è di origine secondaria e una frazione significativa dell'inquinamento è dovuta alla concentrazione di fondo, che dipende in larga misura dalla diffusione e trasporto di inquinanti dalle regioni limitrofe all'interno del bacino padano. Di conseguenza le misure di riduzione delle emissioni inquinanti applicate sul territorio dell'Emilia-Romagna

devono essere accompagnate a misure coordinate tra le varie regioni del bacino padano che portino a una riduzione complessiva delle emissioni inquinanti. Le azioni dirette sulle emissioni di  $PM_{10}$  agiscono inoltre solo su una porzione limitata dell'inquinamento, cioè su quello dovuto alla frazione primaria (circa 30%). Per ottenere una riduzione significativa della concentrazione in aria di  $PM_{10}$  occorre agire anche e in misura sostanziale sugli inquinanti precursori del particolato di origine secondaria, costituiti principalmente dagli ossidi di azoto ( $NO_x$ ) e composti organici volatili (COV) e altri inquinanti tra i quali, in misura non trascurabile, l'ammoniaca ( $NH_3$ ). In questa situazione, di quanto vanno ridotte le emissioni inquinanti per ottenere che vengano rispettati i limiti di concentrazione in aria per le sostanze più critiche ( $PM_{10}$ ,  $NO_2$ , ozono)? Per rispondere a questa domanda nel corso dell'istruttoria tecnica del piano regionale integrato per la qualità dell'aria (Pair 2020) è stato utilizzato lo strumento Riat+ [1] messo a punto nell'ambito del progetto europeo Life+ Opera (documentazione e software scaricabili dal sito [www.operatool.eu](http://www.operatool.eu)). Riat+ è un ambiente modellistico integrato che utilizza dati geografici e di

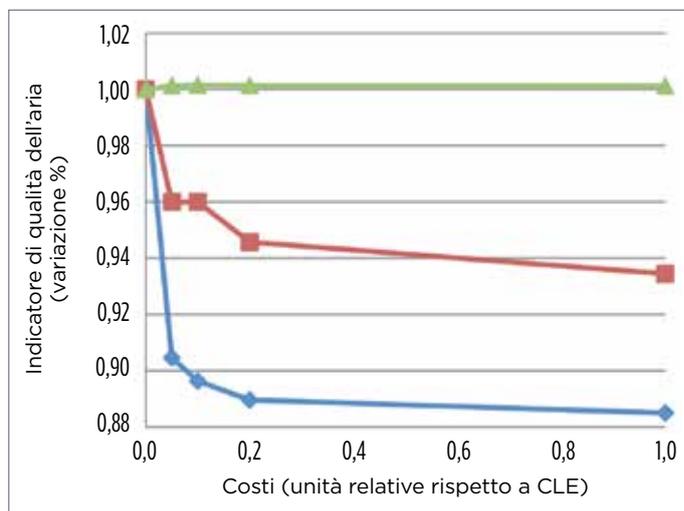
emissioni e modelli di ottimizzazione/simulazione. Per implementare Riat+ sul territorio regionale, Arpa ha utilizzato i dati attuali e proiettati al 2020 dell'inventario regionale delle emissioni (Inemar-ER), combinati con un modello Sorgente-Recettore (S-R) che collega le sorgenti inquinanti alle concentrazioni in tutti i punti della regione. Il modello S-R è basato sul modello chimico di trasporto e dispersione Ninfa [2]. Riat+ utilizza inoltre una base di dati che contiene oltre 680 misure, descritte attraverso la loro efficacia nell'abbattere gli inquinanti e il relativo costo. Le misure tecnologiche sono state ricavate dallo strumento Gains-I [3] integrato con ulteriori misure energetiche specificatamente messe a punto nell'ambito del progetto. L'applicazione di Riat+ all'Emilia-Romagna ha prodotto le curve di Pareto, una per ogni indicatore della qualità dell'aria, rappresentate in figura 1. Ogni curva individua cinque scenari, ciascuno dei quali rappresenta una combinazione ottimale delle misure di riduzione e dei relativi costi. L'asse delle ordinate rappresenta la diminuzione rispetto al valore della concentrazione media annua di  $PM_{10}$  calcolato come media spaziale sull'intero dominio. La diminuzione di concentrazione è



FIG. 1  
OTTIMIZZAZIONE  $PM_{10}$

Curva di Pareto dell'ottimizzazione di  $PM_{10}$  (concentrazione media annuale in blu, e i relativi effetti su  $NO_2$  in rosso e ozono - AOT40 in verde).

- $PM_{10}$  media annuale
- $NO_2$  media annuale
- AOT40 estate



espressa come riduzione percentuale rispetto al valore di riferimento stimato nello scenario tendenziale (Cle2020) rappresentato dal primo punto della curva. Lo scenario tendenziale rappresenta la proiezione delle emissioni all'anno 2020 risultante dall'applicazione delle misure di regolamentazione delle emissioni già contenute nella normativa e nella pianificazione attualmente vigente. I costi, rappresentati nell'asse delle ordinate, sono espressi in unità relative e sono indicati come costi aggiuntivi rispetto ai costi associati alla realizzazione dello scenario Cle2020. L'analisi della curva mostra come il massimo beneficio al minimo costo si otterrebbe per il secondo punto nella curva. Questo scenario è stato pertanto scelto dal Pair come obiettivo di riduzione delle emissioni di inquinanti, obiettivo da raggiungere attraverso le misure del piano (scenario obiettivo di piano). Come mostra la curva, obiettivi più ambiziosi in termini di riduzione della concentrazione di  $PM_{10}$  produrrebbero un aumento sostanziale dei costi, con benefici ambientali relativamente assai più limitati.

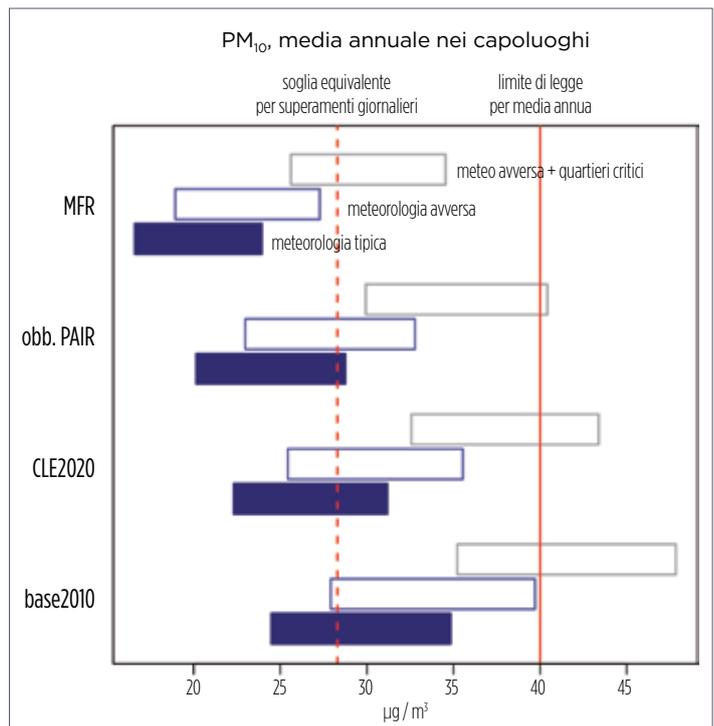
Dato che lo scenario obiettivo è stato scelto in modo da ottenere la massima riduzione della concentrazione di  $PM_{10}$ , che rappresenta l'inquinante più critico, è interessante stimare anche gli effetti che le misure introdotte produrrebbero sui vari indicatori, rappresentati dalle curve rossa e verde di *figura 1*. Si nota come nel caso dell'ozono le azioni ipotizzate sarebbero ininfluenti, in quanto la dinamica dell'inquinamento da ozono è

tipica di una scala sovra regionale, mentre benefici maggiori si avrebbero per la concentrazione media annua di  $NO_2$ . Scelto l'obiettivo è necessario valutare quale sarebbe la concentrazione in aria degli inquinanti realizzando le riduzioni delle emissioni previste dallo scenario obiettivo di piano. La *figura 2* mostra la stima dell'intervallo di concentrazione nei capoluoghi associato a diversi scenari emissivi. Le barre indicano l'intervallo di variazione della concentrazione media annuale di  $PM_{10}$  relativa ai 9 capoluoghi della regione valutati considerando le

condizioni meteorologiche tipiche (barre blu) o avverse (barre bianche con bordo blu). Le barre bianche con bordo grigio indicano invece l'intervallo associato alle peggiori condizioni possibili, ovvero condizioni meteorologiche avverse in presenza di elevate sorgenti di inquinanti (quartieri critici). Gli intervalli di concentrazione sono posti a confronto con il valore limite per la media annua (linea rossa) e con il valore limite equivalente per la media giornaliera (linea rossa tratteggiata). Le stime di *figura 2* mostrano

**FIG. 2**  
SCENARI EMISSIVI

Variazione della concentrazione di  $PM_{10}$  in diversi scenari emissivi, di riferimento (base 2010), tendenziale (Cle2010), obiettivo di piano (ob. Pair), massima riduzione possibile (Mfr).



come nello scenario obiettivo di piano la concentrazione di  $PM_{10}$  scenderebbe al di sotto della soglia equivalente negli anni caratterizzati da condizioni meteorologiche tipiche. Si verificherebbero invece situazioni critiche sporadiche negli anni con meteorologia avversa e frequenti in situazioni a intensa densità emissiva.

Come è possibile ottenere la riduzione delle emissioni che costituisce lo scenario obiettivo di piano? L'analisi costi benefici ha permesso di selezionare, nell'ambito delle oltre 680 misure esaminate, quelle più efficaci al minimo costo. Nel diagramma di *figura 3* sono rappresentate, per ciascun macrosettore di intervento, le riduzioni delle emissioni relative allo scenario obiettivo di piano (punto 2 della curva di Pareto).

Si può notare che sarebbe possibile ottenere una significativa riduzione di  $NH_3$  agendo sul settore dell'agricoltura, mentre per ridurre le emissioni di  $NOx$  sarebbe necessario agire principalmente sui trasporti stradali e sulle altre sorgenti mobili. Infine, per ridurre una larga parte di emissioni di  $PM_{10}$  primario dovrebbero essere promosse azioni principalmente nel settore del riscaldamento degli edifici (combustione non industriale). L'analisi ha permesso inoltre di selezionare le tecnologie attualmente disponibili e più efficaci per ottenere i risultati mostrati. Senza entrare nei dettagli della lunga lista di tecnologie applicabili per abbattere le emissioni in ciascun macrosettore, possiamo citare a titolo di esempio alcune delle principali azioni individuate e riportate dai documenti del piano aria [4]. Nel settore dei trasporti stradali le misure più efficaci sono legate alla sostituzione dei vecchi veicoli commerciali pesanti e leggeri con veicoli a ridotte emissioni (Euro 6). Questa misura applicata in

particolare ai veicoli diesel porterebbe al raggiungimento del 40% circa dell'obiettivo di riduzione nel settore trasporti. Le rimanenti quote sarebbero raggiungibili agendo sui veicoli leggeri (benzina e diesel) in particolare all'interno delle aree urbane, attraverso l'incremento delle aree a basse emissioni e lo spostamento della mobilità urbana verso forme meno inquinanti come il trasporto pubblico, la mobilità ciclabile e i veicoli elettrici, come previsto dal documento preliminare di piano. Nel settore agricoltura, le tecnologie selezionate sono rappresentate dalla applicazione combinata all'allevamento di bovini, suini, pollame e altri animali di alimentazione a basso contenuto di azoto, biofiltrazione e copertura delle vasche di stoccaggio dei liquami associate alla adozione di tecniche di spandimento a basso rilascio di ammoniaca e a un miglioramento dei ricoveri per animali in modo da minimizzare la produzione e il rilascio di ammoniaca. A queste misure si aggiunge l'impiego di fertilizzanti a basso tenore di urea. Queste azioni sono state individuate anche dal *Piano di sviluppo rurale* che prevede di incentivare la riduzione dell'azoto escreto mediante modifiche nell'alimentazione degli animali con diete a ridotto contenuto proteico e basate su adeguati livelli di aminoacidi essenziali. Una quota assai rilevante (oltre l'80%) dell'obiettivo di riduzione delle emissioni di  $PM_{10}$  sarebbe ottenibile attraverso misure rivolte alla sostituzione/controllo degli impianti a biomassa (camini, stufe) utilizzati per il riscaldamento degli edifici. L'aumento della efficienza energetica negli edifici produrrebbe effetti significativi sulle emissioni di  $NOx$  legate al riscaldamento/rinfrescamento e alla produzione di energia con

fonti fossili. In particolare sono stati esaminati i potenziali di riduzione delle emissioni di  $NOx$  dell'aumento dell'utilizzo di pompe di calore (-22%), delle caldaie ad alta efficienza (-14%) delle valvole termostatiche, solare termico e isolamento degli edifici (complessivamente -17%). Molte infine le tecnologie disponibili per ridurre le emissioni nei processi produttivi, nella combustione industriale e dell'industria manifatturiera, che vanno ad esempio dall'impiego più esteso di precipitatori elettrostatici e abbattitori di polveri nei settori maggiormente inquinanti come i cementifici e l'industria siderurgica, all'utilizzo di caldaie e forni ad alta efficienza. Interventi che devono essere valutati e applicati caso per caso in fase di autorizzazione alle emissioni prescrivendo l'applicazione delle migliori tecnologie disponibili.

**Marco Deserti, Michele Stortini, Giovanni Bonafè, Enrico Minguzzi**

Arpa Emilia-Romagna

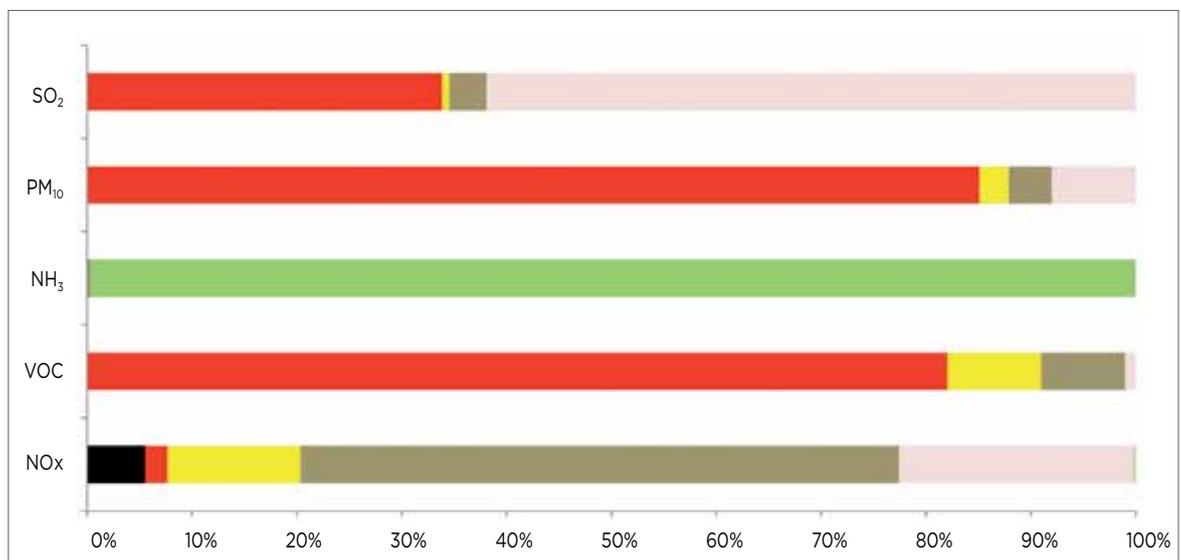
**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

[1] Eriberto de' Munari, 2013, "Scegliere bene per respirare meglio", *Ecoscienza*, 3/2013, pp. 29-31.  
 [2] Progetto Ninfa-Extended, Rapporto finale (giugno 2011) disponibile su <http://bit.ly/Ninfa-Extended>.  
 [3] M. Amann et al., 2011, "Cost-effective control of air quality and green house gases in Europe: Modeling and policy application", *Environ. Model. and Soft.*, 26, 1489-1501.  
 [4] *Documento preliminare al Piano regionale integrato per la qualità dell'aria*, Pair 2020 (giugno 2013), disponibile su <http://bit.ly/PAIR2020>.

FIG. 3  
RIDUZIONE EMISSIONI

Riduzione delle emissioni in Riat+ relative al punto 2 della curva di Pareto (obiettivo di piano).

- Produzione energia elettrica
- Riscaldamento edifici
- Industria
- Estrazione combustibili fossili
- Uso solventi
- Trasporti su strada
- Altre sorgenti mobili
- Rifiuti
- Agricoltura



FOCUS

# LA QUALITÀ DELL'ARIA IN EMILIA-ROMAGNA NEL 2013

La qualità dell'aria in Emilia-Romagna nel 2013 è stata monitorata dalle 47 stazioni che compongono la Rete regionale di rilevamento. Confermata l'assenza di criticità per alcuni inquinanti come il monossido di carbonio (CO) e il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>). Anche alcuni degli inquinanti contenuti nel particolato atmosferico, quali metalli pesanti e benzo(a)pirene non destano problemi. Confermata la tendenza al graduale miglioramento del particolato fine (PM<sub>10</sub>), essendo il 2013 l'anno nel quale la concentrazione media annuale a livello regionale ha registrato i valori più bassi a partire dal 2001. Nel 2013 le concentrazioni medie annuali di particolato ultrafine (PM<sub>2.5</sub>) sono in linea con quelle degli anni precedenti. Continua la diminuzione delle concentrazioni del biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), importante precursore dell'inquinamento da polveri fini e ozono. I livelli di NO<sub>2</sub> sono comunque significativi in gran parte delle stazioni. Persistono condizioni critiche per quanto riguarda l'ozono troposferico (O<sub>3</sub>), la cui presenza risulta significativa in gran parte delle aree suburbane e rurali in estate. La situazione risulta omogenea e critica sul territorio regionale, con superamenti dei valori obiettivo generalizzati pressoché all'intera regione.

Analizziamo in dettaglio i dati dei singoli inquinanti.

Nel 2013 in nessuna delle stazioni che rilevano PM<sub>10</sub> è stato superato il valore limite annuale per la protezione della salute umana (media 40 µg/m<sup>3</sup>). In 16 stazioni non è stato rispettato il limite dei 35 superamenti della media giornaliera (50 µg/m<sup>3</sup>); ciò si è verificato in tutte le province, con valori compresi tra 37 e 80 superamenti, presso il 75% delle stazioni da traffico e in oltre il 20% di quelle di fondo, a conferma che le caratteristiche topografiche e climatiche della pianura padana influenzano la diffusione e stagnazione delle sostanze inquinanti.

Tale andamento, migliore rispetto a quello dei precedenti anni, è da collegarsi alle condizioni meteorologiche che, nonostante un dicembre caratterizzato da un blocco anticiclonico che ha impedito la dispersione degli inquinanti, ha visto i primi mesi del 2013 e alcuni periodi dell'autunno caratterizzati da condizioni instabili per il passaggio di molte saccature di origine atlantica e vari sistemi frontali, che hanno favorito un continuo ricambio della massa d'aria e piogge abbondanti. Prova ne è anche il numero di giorni favorevoli all'accumulo di particolato che sono stati di gran lunga inferiori a quelli registrati nei due precedenti anni.

Tutte le stazioni che rilevano PM<sub>2.5</sub> nel 2013 hanno fornito concentrazioni inferiori al valore limite sulla media annuale che entrerà in vigore nel 2015 (25 µg/m<sup>3</sup>). Le medie annuali sono comprese tra 6 µg/m<sup>3</sup> (stazione Castelluccio a Porretta Terme, Bo) e 24 µg/m<sup>3</sup> (stazione Ballirana, Ra). Nel 2013 la media annuale regionale di PM<sub>2.5</sub> è risultata comparabile con i valori rilevati a partire dal 2008. Il PM<sub>2.5</sub> è di natura prevalentemente secondaria e presenta valori relativamente uniformi sul territorio.

Per il **biossido di azoto** non è stato registrato alcun superamento del livello orario di protezione della salute umana (200 µg/m<sup>3</sup> come massimo della media oraria da non superare più di 18 volte l'anno). Riguardo l'indicatore media annuale, nel 2013 il superamento del valore limite (40 µg/m<sup>3</sup>) si è verificato in 6 stazioni di rilevamento da traffico; tutte le stazioni di fondo hanno invece registrato il rispetto del limite. Questo risultato è in linea con quanto rilevato nei due anni precedenti.

Anche nel 2013 persistono condizioni critiche per quanto riguarda i livelli per la protezione della salute umana per l'**ozono**, che viene sistematicamente superato ogni anno su gran parte del territorio regionale. Il valore obiettivo per la protezione della salute umana (numero di superamenti medi degli ultimi 3 anni della soglia 120 µg/m<sup>3</sup> per il massimo giornaliero della media mobile sulle 8 ore) è stato superato in tutte le stazioni di monitoraggio tranne quattro, a conferma della presenza significativa di ozono in gran parte del territorio della regione, anche in zone rurali. Ciò avviene specie in

condizioni estive, caratterizzate da elevato irraggiamento solare ed elevate temperature che trasformano gli ossidi di azoto, i composti organici volatili e altri inquinanti immessi in atmosfera in ozono, che ristagna nei bassi strati atmosferici. Il valore obiettivo a lungo termine di 120 µg/m<sup>3</sup> come massimo delle medie mobili giornaliere su 8 ore è stato superato in tutta la regione nell'arco del periodo aprile-settembre. Confermata pertanto la criticità per questo inquinante, nonostante i giorni favorevoli alla formazione di ozono rispetto al periodo di riferimento 2001-2012 siano stati complessivamente nella norma, a eccezione del mese di luglio a causa delle condizioni meteorologiche dei mesi estivi, che sono state caratterizzate da un susseguirsi di forti ondate di calore, dovute ad anticicloni per lo più di origine africana alternate a brusche variazioni di temperatura con precipitazioni convettive dovute a saccature di aria fredda proveniente dal Nord Europa.

Il monossido di carbonio CO e il biossido di zolfo SO<sub>2</sub> non rappresentano un problema per la qualità dell'aria, in quanto i valori limite sono ampiamente rispettati; continua comunque il monitoraggio cautelativo di tali inquinanti.

Anche le concentrazioni di **metalli pesanti** nelle polveri (arsenico, cadmio, nichel e piombo), nonché di **benzene** e **benzo(a)pirene** sono tutte ampiamente sotto il limite di legge.

**Simona Maccaferri, Giovanni Bonafè**

Arpa Emilia-Romagna

FIG. 1  
NO<sub>2</sub> 2001-2013

Biossido di azoto (2001-2013), boxplot della concentrazione media annua rilevata dalle stazioni da traffico della rete regionale. La linea rossa rappresenta il valore limite (40 µg/m<sup>3</sup>).

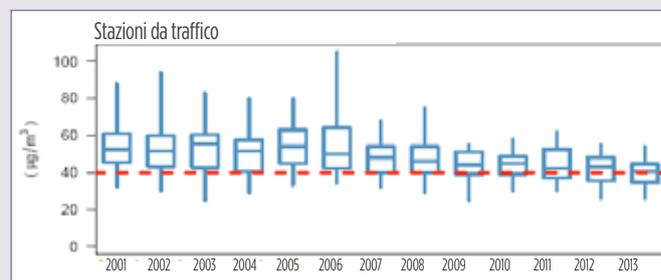


FIG. 2  
PM<sub>10</sub> 2001-2013

PM<sub>10</sub> (2001-2013), boxplot del numero di superamenti del valore limite giornaliero (50 µg/m<sup>3</sup>) da non superare per più di 35 volte all'anno, (linea rossa) stazioni di fondo urbano e suburbano della rete regionale.

