

EMISSIONI IN ATMOSFERA NELLE AREE URBANE

R.DE LAURETIS, R.LIBURDI

La metodologia di stima

Nell'ambito della realizzazione dell'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera e della sua disaggregazione a livello provinciale (APAT CTN-ACE, 2004) è stata identificata una metodologia semplificata per identificare e quantificare, per le diverse sostanze inquinanti, la quota di emissione attribuibile alle aree urbane a partire dalle emissioni calcolate per le Province.

L'inventario nazionale delle emissioni in atmosfera viene realizzato annualmente sulla base delle metodologie consolidate a livello internazionale. Tali metodologie, per quello che riguarda i gas ad effetto serra, sono indicate nell'ambito della Convenzione sui Cambiamenti Climatici, sito web www.unfccc.int, e della Convenzione sull'Inquinamento Transfrontaliero, www.unece.org, per quello che riguarda le sostanze acidificanti, le sostanze precursori dell'ozono, i metalli pesanti ed i composti organici persistenti.

L'inventario viene correntemente utilizzato per verificare il rispetto degli impegni che l'Italia ha assunto a livello nazionale ed internazionale sulla protezione dell'ambiente atmosferico (APAT, 2004).

In relazione alle metodologie su citate l'inventario delle emissioni deve rispondere ai requisiti di trasparenza, consistenza, comparabilità, completezza e accuratezza nella sua realizzazione, nonché deve essere consegnato ogni anno nei tempi stabiliti. Le stime di emissione sono sottoposte, inoltre, ad un processo internazionale di review che ne verifica la rispondenza alle proprietà suddette, identifica eventuali errori, individua le stime non supportate da adeguata documentazione e giustificazione nella metodologia scelta, invitando quindi il Paese ad una revisione delle stesse.

I dati delle emissioni sono disponibili nel sito: www.sinanet.apat.it/aree/atmosfera/emissioni/emissioni.asp.

La ripartizione provinciale delle emissioni nazionali è stata realizzata per gli anni 1990, 1995 e 2000 seguendo una procedura top-down (APAT CTN-ACE, 2004), a partire quindi dalle emissioni stimate a livello nazionale. Per ciascun processo e attività emissiva si è identificata una o più variabili proxy, correlate alla stima delle emissioni, utili alla costruzione dell'indicatore necessario per disaggregare il dato nazionale a livello provinciale. Le variabili di disaggregazione sono state scelte anche tenendo in considerazione la disponibilità dei dati nel tempo e la relativa facilità nel reperire l'informazione necessaria. Per alcuni processi e attività la variabile proxy selezionata è la stessa utilizzata per la stima a livello nazionale. In altri casi le variabili utilizzate per la stima a livello nazionale sono disponibili a livello regionale e quindi si è dovuto identificare una successiva proxy per disaggregare il dato regionale a livello provinciale. La metodologia di stima, le schede dei singoli processi e le stime di emissione sono disponibili sul sito: www.inventaria.sinanet.apat.it.

A partire dai dati di emissione disaggregati a livello provinciale si è proceduto ad una valutazione delle emissioni nelle principali aree urbane per l'anno 2000. Si è assunto in prima approssimazione la corrispondenza tra l'area urbana e il territorio comunale delle più popolate città italiane. Sono state prese in considerazione le seguenti città: Milano, Torino, Genova, Bologna, Firenze, Roma, Napoli e Palermo.

Al fine di focalizzare lo studio sulle tematiche relative all'inquinamento atmosferico in ambito urbano si sono scelte le sostanze inquinanti che più sono correlate a tale tematica. Gli inquinanti considerati sono stati quindi gli ossidi di zolfo (SO_x), gli ossidi di azoto

(NO_x), i composti organici volatili non metanici (COVNM), il benzene, il monossido di carbonio (CO), l'ammoniaca (NH₃) ed il particolato minore di 10 micron (PM₁₀).

Sulla base delle emissioni provinciali disaggregate per attività/processo emissivo, la metodologia di stima delle emissioni nelle città considerate prevede la valutazione di quanto il processo emissivo si manifesta a livello urbano attraverso l'attribuzione di una "quota urbana" di presenza compresa tra 0 e 1. Tale quota si può riferire alla attività e quindi risultare uguale per tutte le città, come ad esempio la quota parte urbana delle emissioni dei ciclomotori considerata pari al 90% del totale (0,9), o viceversa può assumere valori diversificati per città, come ad esempio la presenza o meno delle attività portuali nella città; in tal caso la quota urbana sarà pari a 1 o 0 in relazione alla presenza o meno del porto.

Allo stesso modo si è valutata la presenza in ambito urbano di grandi impianti di combustione e/o di impianti industriali. La regola adottata è quella proposta dall'Organizzazione mondiale della Sanità (EEA, 1996) e consiste nel considerare gli impianti contenuti all'interno di un raggio calcolato come proporzionale alla radice quadrata della popolazione:

Raggio della città = costante* Rad. quadr. (popolazione)

dove il valore costante è pari a 0,01 km.

Quindi per una città con 1.000.000 di abitanti si considerano come urbane le emissioni degli impianti che si trovano nel raggio di 10 chilometri dal centro della città.

Tale metodo si basa sulla ipotesi semplice che il rapporto tra popolazione e superficie dell'area urbana sia costante in relazione ad una determinata dimensione della città. Tale metodo può ovviamente dare luogo ad errori in particolare perché non tiene in considerazione la forma della città. Ad esempio per quello che riguarda Genova gli impianti industriali presenti alle porte della città sarebbero esclusi dal conteggio delle emissioni urbane di tale città.

Nel caso di Genova abbiamo deciso quindi di tenere in considerazione tale specificità includendo gli impianti industriali che appartengono al tessuto urbano della città e conteggiandone le emissioni in quelle urbane.

Una volta determinate le quote urbane, le emissioni relative ai processi selezionati, con "quota urbana" maggiore di zero, sono calcolate per ogni singola città, utilizzando l'indicatore calcolato come il rapporto della popolazione presente nel comune e quella della relativa provincia.

Le emissioni così calcolate sono infine aggregate per settori principali di emissione e confrontate tra loro al fine sia di evidenziare i principali settori emissivi e le relative quote percentuali, nonché confrontare i risultati tra città diverse al fine di evidenziare tematiche comuni e differenze specifiche.

L'analisi dei dati

In considerazione della semplicità della metodologia di stima delle emissioni e della potenziale incertezza sulla stessa, l'analisi dei dati è stata principalmente focalizzata sul confronto tra le distribuzioni delle emissioni piuttosto che sui quantitativi totali riconducibili ad ogni città, anche se si danno indicazioni di quantità medie pro capite annue di emissioni per alcune sostanze inquinanti.

La prima considerazione che si può trarre dall'analisi dei dati delle emissioni stimate nelle aree urbane è che le emissioni in atmosfera delle 8 grandi città considerate, nelle quali sono residenti circa 8.000.000 di abitanti pari al 14% della popolazione totale

nazionale, ammontano complessivamente a circa il 25-28% delle emissioni totali nazionali per quello che riguarda COVNM, Benzene e CO, al 17-20% di NO_x e PM₁₀ e al 8-9% delle emissioni di SO_x e NH₃.

L'analisi dei dati evidenzia, città per città, il peso relativo dei trasporti su strada rispetto agli altri settori per le sostanze considerate. Infatti in tutte le città in esame le emissioni dei trasporti su strada sono responsabili di più del 50% delle emissioni di tutte le sostanze con eccezione degli ossidi di zolfo, per il quale il maggior contributo emissivo in ambito urbano deriva dal riscaldamento e dal trasporto marittimo nelle città portuali, e dell'ammoniaca dove le emissioni prevalenti provengono dalla gestione dei rifiuti in discarica. In figura 1 sono riportate le ripartizioni percentuali delle emissioni di COVNM nel 2000 in relazione ai principali settori emissivi mentre in figura 2 sono riportate le emissioni medie annue pro capite per le città considerate suddivise per settore di emissione.

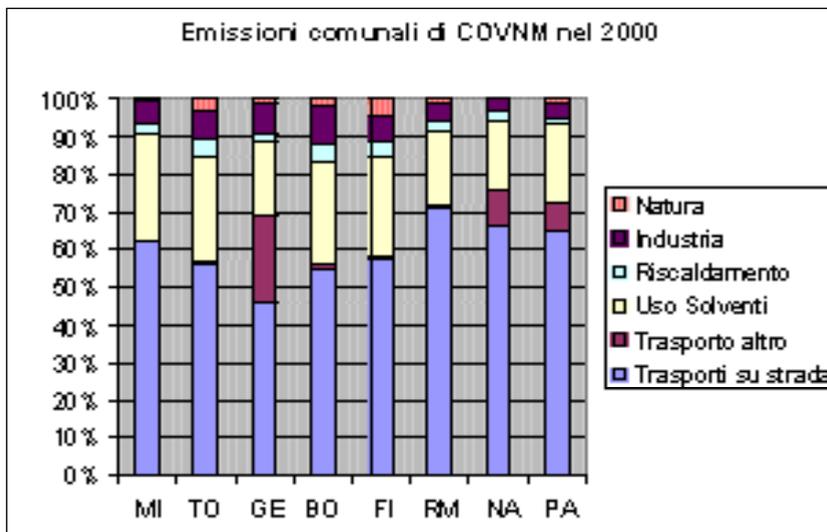


Figura 1 - Emissioni comunali di COVNM nel 2000

Fonte: APAT

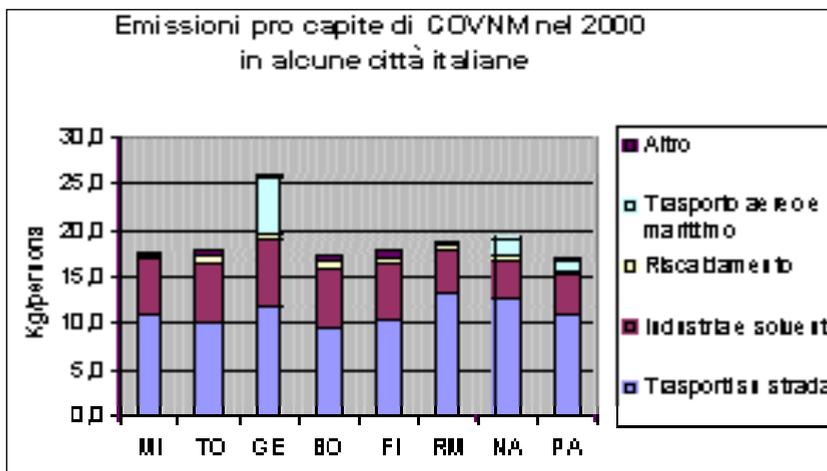


Figura 2 - Emissioni pro capite di COVNM nel 2000 in alcune città italiane

Fonte: APAT

L'analisi dei dati mostra una certa omogeneità nella distribuzione delle emissioni di COVNM nelle diverse aree urbane, evidenziando la specificità di Genova, dove le emissioni in porto rivestono un peso aggiuntivo rilevante. Più in dettaglio, si può osservare che le emissioni dal settore dei trasporti pesano per il 60-70% del totale mentre quelle dovute all'uso dei solventi sono pari al 20-30%. Il resto delle emissioni attiene prevalentemente a processi di produzione o attività industriali che si svolgono in ambito urbano come la produzione del pane o la pavimentazione delle strade.

La emissione pro capite annua media è compresa tra i 15 e 20 chilogrammi per tutte le città eccetto Genova dove si avvicina ai 25 kg.

Si può inoltre osservare l'incidenza relativa dei ciclomotori sul totale delle emissioni di COVNM del settore trasporto stradale. Infatti le emissioni da trasporto su strada sono dovute in tutte le città per il 54-58% alle automobili, per il 37-41% ai ciclomotori e moto, per il 4,5% ai veicoli merci e per il 0,3% ai bus.

La distribuzione delle emissioni di Benzene, che si può osservare in figura 3, evidenzia che in tutte le città, con eccezione di Genova, il settore dei trasporti ed in particolare quelli su strada rappresenta più del 95% delle emissioni urbane. Per quello che riguarda Genova, aver considerato l'impianto siderurgico interno alla città ha comportato che le emissioni fuggitive di benzene dalla cokeria nel 2000 pesino per il 25% delle emissioni totali cittadine.

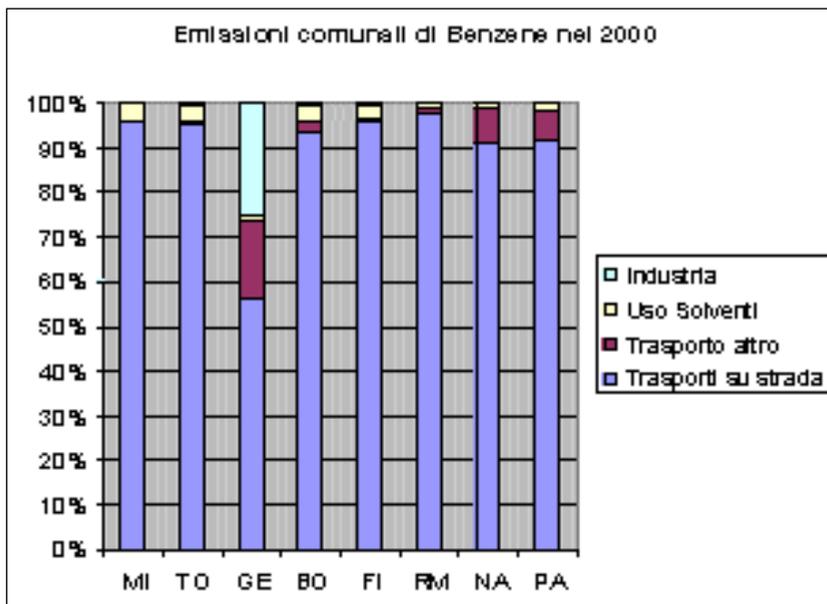


Figura 3 - Emissioni comunali di Benzene nel 2000
Fonte: APAT

Le emissioni di CO, così come a livello nazionale, sono prevalentemente relative alla mobilità urbana con percentuali superiori all'85% per tutte le città, mentre le emissioni da riscaldamento variano tra il 5% ed il 15%.

In figura 4 è riportata la distribuzione delle emissioni di NO_x per settore di emissione e per le città in esame. Anche per quanto riguarda gli ossidi di azoto le emissioni sono, in tutte le città, per più del 70% dovute al settore trasporti ed in particolare ai trasporti su strada (più del 50%). Il peso del settore trasporti varia, di città in città, in relazione alle emissioni per il riscaldamento. Infatti per le città del centro sud, dove i con-

sumi per riscaldamento sono più limitati, le emissioni dei trasporti, inclusi quelli aerei e marittimi, rappresentano anche più del 90% delle emissioni complessive. La città dove le emissioni da riscaldamento pesano di più è Bologna con il 32%; quella con il minor peso è Palermo dove tali emissioni sono pari a circa il 2% del totale.

Le emissioni dai trasporti marittimi e aerei, con eccezione di Roma e Milano, sono sostanzialmente dovute alle emissioni in porto dalle attività marittime. Si può inoltre osservare dal grafico che tali emissioni, per città come Napoli, Palermo e Genova, pesano tra il 10 e il 20% del totale.

Avendo considerato l'impianto siderurgico di Genova in ambito urbano, le emissioni delle attività industriali, per questa città, raggiungono un peso pari a circa il 14% sul totale. Anche per gli ossidi di azoto è interessante vedere come sono distribuite le emissioni del trasporto su strada; queste sono dovute, per tutte le città, per circa il 50% da automobili e moto, per il 46-47% da trasporto merci e per il restante 4% da trasporto passeggeri su bus.

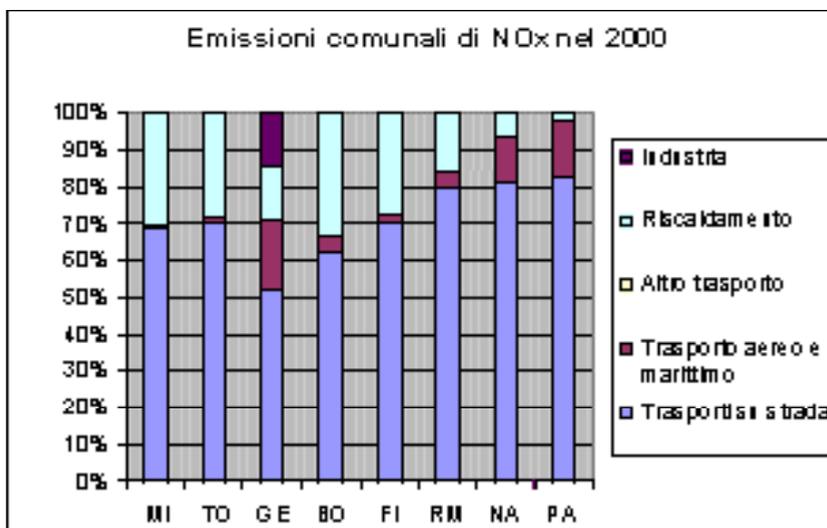


Figura 4 - Emissioni comunali di NOx nel 2000
Fonte: APAT

In figura 5 sono infine riportate, a titolo indicativo, le quantità medie pro capite di emissione annua suddivise per settore di emissione. Le emissioni variano da un minimo di circa 6 kg pro capite emesse a Palermo fino ad un massimo di circa 11 kg di NO_x emessi a Genova nel 2000.

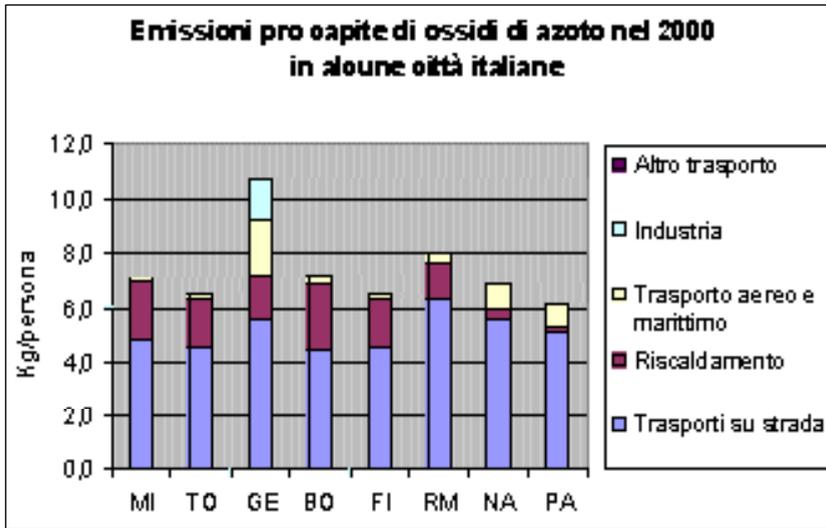


Figura 5 - Emissioni pro capite di NO_x nel 2000 in alcune città italiane
Fonte: APAT

Sulla base della metodologia indicata dall'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA, 2003) e riportata anche dall'APAT sull'Annuario dei dati ambientali per ciò che riguarda le emissioni nazionali (APAT, 2003), si sono ricostruite le emissioni delle sostanze precursori dell'ozono sommando le emissioni di COVNM e NO_x in modo ponderato per ottenere le emissioni complessive in una unità di misura equivalente. In sostanza le emissioni di NO_x vengono moltiplicate per un coefficiente di correzione pari a 1,22 mentre le emissioni di COVNM hanno un peso pari a 1.

Le emissioni totali così ottenute sono state suddivise per settori e si sono analizzate le distribuzioni percentuali ottenute. In figura 6 sono riportate tali distribuzioni per tutte le città previste dallo studio.

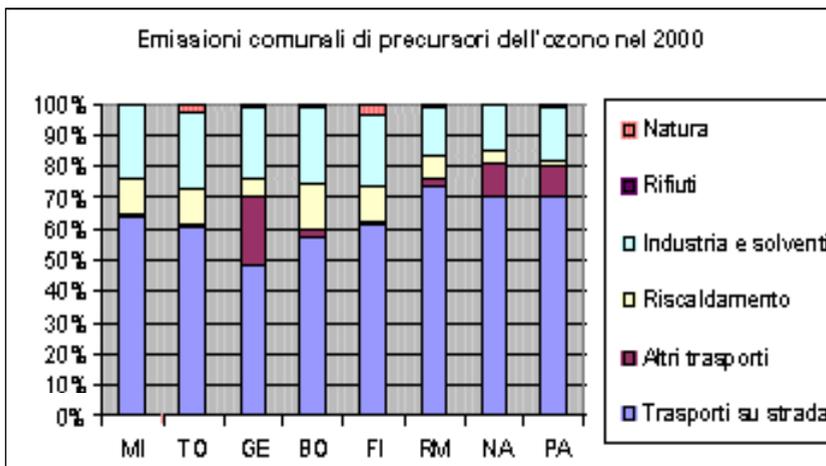


Figura 6 - Emissioni comunali delle sostanze precursori dell'ozono nel 2000
Fonte: APAT

La sintesi dei risultati ottenuti non è molto dissimile da quanto già riscontrato nelle analisi dei singoli inquinanti. Il settore dei trasporti, ed in particolare quelli su strada, raggiunge percentuali di emissione comprese tra il 60% a Bologna, e l'80% a Napoli e Palermo il riscaldamento tra circa l'1% a Palermo e il 14% a Bologna, il settore industriale e l'uso dei solventi tra il 15% ed il 25%, mentre il resto delle emissioni è sempre minore del 3% e si riferisce alla gestione dei rifiuti ed alle emissioni naturali dei parchi cittadini.

Le emissioni di ossidi di zolfo presentano la realtà più variegata tra le città italiane; si possono infatti identificare diversi gruppi di città che hanno distribuzioni di emissione simili. In figura 7 sono presentate le emissioni relative al 2000 distribuite per settore di emissione.

Un primo gruppo è costituito dalle città con attività marittime, come Napoli e Palermo, dove le emissioni per il trasporto marittimo sono quelle prevalenti e rappresentano l'84-88% del totale, i trasporti su strada pesano il 10-11%, ed il riscaldamento tra l'1% ed il 6%.

Analogamente per città come Milano, Torino e Firenze le emissioni di ossidi di zolfo sono prevalentemente dovute all'uso di combustibili con zolfo per riscaldamento, emissioni comprese tra l'81% ed il 93%, mentre il resto proviene dai trasporti stradali. Anche per Bologna e Roma il riscaldamento è il principale settore emissivo ma con un peso minore.

Il settore che contribuisce maggiormente alle emissioni di SO_x per Genova è il settore industriale ed in particolare l'impianto siderurgico, 47%, mentre per il resto delle emissioni ha una distribuzione simile alle città di porto.

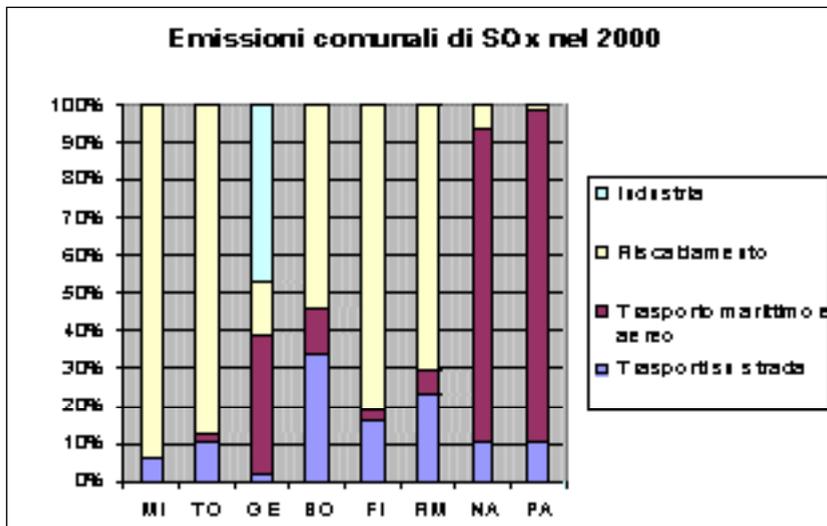


Figura 7: Emissioni comunali di SOx nel 2000

Fonte: APAT

Le emissioni di ammoniaca presentano una distribuzione molto simile per tutte le città ad eccezione di Milano e Firenze. Il settore rifiuti è il settore prevalente, tra il 52% ed il 64%, mentre le emissioni dal trasporto su strada variano tra il 36% ed il 48% e sono minori dove il parco autoveicoli è ancora prevalentemente non catalizzato. A Milano e Firenze invece sono i trasporti su strada ad essere il settore principale di emissione con valori pari all'82% ed il 60% rispettivamente, mentre il resto delle emissioni attiene al settore rifiuti.

L'analisi delle emissioni di PM_{10} non si discosta molto dalle analisi delle sostanze riportate precedentemente.

In figura 8 sono riportate le emissioni delle città in esame, suddivise per settore e relative all'anno 2000.

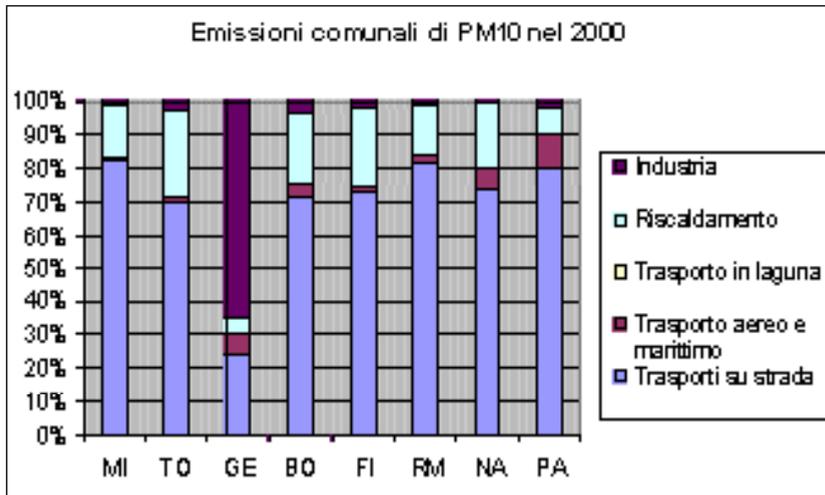


Figura 8 - Emissioni comunali di PM_{10} nel 2000
Fonte: APAT

Le emissioni di PM_{10} da trasporto stradale sono superiori al 70% del totale in tutte le città con l'eccezione di Genova, per la quale le emissioni nell'impianto siderurgico rappresentano circa il 65% del totale.

Le emissioni da riscaldamento pesano in misura variabile dal 26%, per le città del nord, all'8% per quelle del sud. I trasporti marittimi sono la terza fonte di emissione con percentuali che variano tra l'1% ed il 10%.

Per quanto riguarda i trasporti stradali, i veicoli merci sono la fonte principale delle emissioni di PM_{10} con valori pari al 46-47%, seguite dalle autovetture, 34-35% e da moto e ciclomotori, 16-17%, mentre i bus sono responsabili di meno del 3% delle emissioni da trasporto stradale.

La stima delle emissioni del PM_{10} nell'inventario si riferisce solamente al calcolo delle emissioni primarie e non tiene in considerazione le emissioni secondarie e la risospensione delle polveri.

In considerazione dell'importanza che può avere la formazione di particolato secondario sui valori di qualità dell'aria, sulla base di quanto proposto dall'Agenzia Europea per l'ambiente (EEA, 2003), si sono stimate per ogni città, a titolo indicativo, le emissioni di particolato secondario assegnando un differente peso alle emissioni di SO_x , NO_x e NH_3 , sostanze precursori del PM. In particolare le emissioni di SO_x vengono moltiplicate per un fattore pari a 0.54, le emissioni di NO_x per 0.88 e quelle di NH_3 per 0.64. Questi pesi rappresenterebbero il contributo che danno tali sostanze alla formazione di particolato secondario.

Le emissioni così calcolate vengono quindi sommate a quelle primarie per valutare il peso dei differenti settori sul totale delle emissioni.

Si deve osservare comunque che la valutazione delle emissioni utilizzando questa formula comporta una predominanza dell'importanza del particolato secondario rispetto a quello primario.

In figura 9 sono riportate le percentuali di primario e secondario per le città prese in

esame. Si può osservare che, secondo questa procedura di stima, le emissioni secondarie equivalgono a valori compresi tra l'85% ed il 92% del totale delle emissioni.

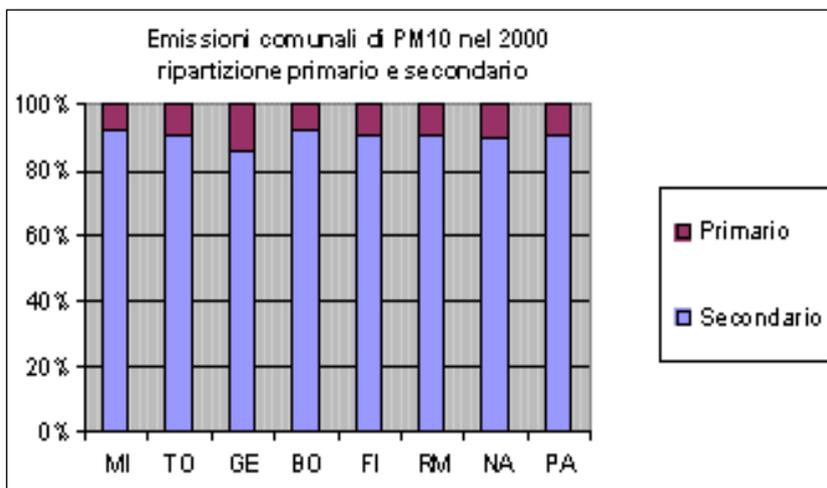


Figura 9 - Emissioni comunali di PM10 nel 2000: ripartizione primaria e secondaria
Fonte: APAT

La ripartizione delle emissioni per settore risultante è riportata in figura 10. Il contributo del settore trasporti, inclusi quelli marittimi ed aerei, è sempre superiore al 60% delle emissioni totali.

Rimane la specificità di Genova dove le emissioni industriali pesano per il 28% del totale. Il contributo del riscaldamento assume valori compresi tra il 15% ed il 35% per le città del centro-nord, mentre è inferiore al 10% per le città del sud; le emissioni relative ai trasporti marittimi contribuiscono per più del 20% per Genova e Palermo.

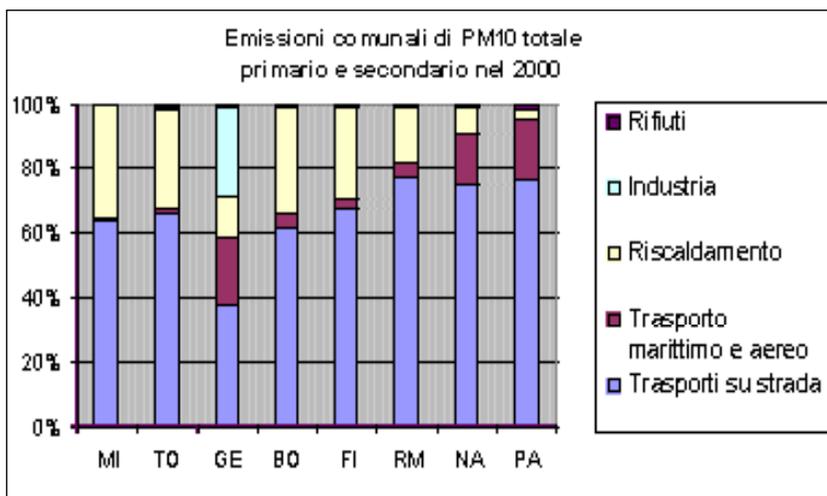


Figura 10 - Emissioni comunali di PM10 totali nel 2000
Fonte: APAT

CONCLUSIONI

In conclusione la metodologia, anche se semplificata, consente di evidenziare per ciascuna sostanza i processi emissivi più rilevanti e caratteristici ed allo stesso tempo lo studio comparato delle emissioni nelle grandi città.

La quantificazione delle emissioni riveste, invece, un maggiore grado di incertezza che si cercherà di ridurre in futuro attraverso l'identificazione e l'utilizzo di variabili più adeguate della popolazione nell'attribuzione delle emissioni dal livello provinciale alle aree urbane.

L'analisi dei dati evidenzia comunque che le emissioni da trasporto stradale sono quelle maggiormente responsabili dell'inquinamento atmosferico a livello urbano.

Non si identificano sostanziali differenze nelle distribuzioni delle emissioni per settore tra le città prese in esame.

La presenza di grandi impianti integrati nell'ambiente urbano può comportare, come avviene a Genova, che le emissioni industriali siano le più rappresentative per alcuni inquinanti, ad esempio gli ossidi di zolfo e il particolato fine. In questo caso la modellistica di dispersione delle emissioni consentirebbe di valutare l'effettivo peso di tali sostanze sulla qualità dell'aria urbana e di supportare adeguatamente il decisore nell'individuare le misure più opportune per la riduzione delle emissioni in ambito urbano ed il rispetto dei valori soglia previsti dalla normativa.

BIBLIOGRAFIA

APAT, 2003, Annuario dei dati ambientali Edizione 2003, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici.

APAT, 2004, Italian Greenhouse Gas Inventory 1990-2001, National Inventory Report 2003, Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici, Rapporti n° 42/2004.

APAT CTN-ACE, 2004, La disaggregazione a livello provinciale dell'inventario nazionale delle emissioni.

EEA, 1996, Review study on European Urban Emission Inventories, European environmental Agency, Topic Report n° 30/1996, Air Emissions.

EEA, 2003, Air pollution in Europe 1990-2000, European environmental Agency, Topic Report n° 4/2003.