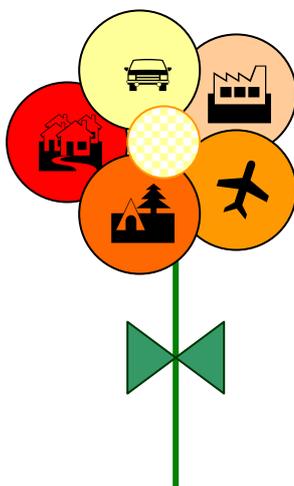

CONVENZIONE TRA COMUNE DI BOLOGNA E ARPA RELATIVA ALLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO INTEGRATIVO SULLA QUALITA' DELL'ARIA

Attività di monitoraggio e supporto tecnico
per il periodo novembre 2012 – novembre 2013

Stima delle emissioni degli impianti termici



Ottobre 2013

Relazione tecnica a cura di: Dott.ssa Pamela Ugolini

SOMMARIO

| | |
|--|----|
| PREMESSA | 3 |
| COS'È UN INVENTARIO DELLE EMISSIONI | 3 |
| METODOLOGIA DI STIMA DELLE EMISSIONI | 3 |
| L' INVENTARIO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA | 5 |
| I RISULTATI NEL COMUNE DI BOLOGNA | 6 |
| FONTI SPECIFICHE DI EMISSIONE | 7 |
| <i>AEROPORTO</i> | 7 |
| <i>TRATTAMENTO E SMALTIMENTO RIFIUTI</i> | 8 |
| LE EMISSIONI DA RISCALDAMENTO CIVILE | 8 |
| <i>CONSUMO DI BIOMASSA LEGNOSA</i> | 9 |
| LE EMISSIONI DAI PROCESSI PRODUTTIVI | 10 |
| LE EMISSIONI DA ATTIVITA' CON USO SOLVENTI | 11 |
| LE EMISSIONI DA ESTRAZIONE E DISTRIBUZIONE DI COMBUSTIBILI FOSSILI | 12 |
| LE EMISSIONI DA TRAFFICO STRADALE | 12 |
| LE EMISSIONI DA AGRICOLTURA | 15 |
| ANALISI DEI CONTRIBUTI EMISSIVI | 15 |
| CONCLUSIONI | 20 |
| BIBLIOGRAFIA | 21 |

PREMESSA

Tra le attività inserite nell'allegato tecnico per l'anno 2013 alla Convenzione tra comune di Bologna e Arpa "Attività di monitoraggio integrativo sulla qualità dell'aria" (PGBO/2013/2208 del 19/02/2013), la presente relazione risponde al punto 1 per il quale è prevista l'integrazione del *Monitoraggio dell'impatto da impianti termici* sulla qualità dell'aria con i contributi emissivi estrapolati, a livello comunale, dall'Inventario Regionale delle Emissioni aggiornato al 2010.

Il presente documento è il risultato dell'attività di estrazione a livello comunale dei dati dell'inventario regionale delle emissioni per le diverse tipologie di fonti emissive, e di analisi dell'entità delle emissioni degli impianti termici, in rapporto alle altre sorgenti urbane.

È strutturato secondo un'introduzione generale e descrittiva delle fonti metodologiche e dei dati, un'illustrazione dei dati a scala comunale e per alcune fonti specifiche, con un approfondimento sui diversi settori. Sono stati infine elaborati i contributi percentuali delle diverse sorgenti emissive.

COS'È UN INVENTARIO DELLE EMISSIONI

L'inventario delle emissioni rappresenta una raccolta organizzata di informazioni e dati su tutte le attività antropiche e/o le sorgenti naturali che danno luogo ad emissioni in atmosfera, allo scopo di quantificarne i contributi e valutarne la distribuzione spaziale e temporale.

È pertanto un archivio in grado di organizzare i dati relativi alle emissioni di un certo territorio, considerando sia le emissioni direttamente misurate che tutti i dati che ne permettono la stima indiretta (es. fattori di emissione, indicatori delle attività, ecc.), nonché informazioni accessorie quali la localizzazione e caratteristiche delle sorgenti.

Un inventario è quindi composto da un sistema informatico (database, algoritmi, interfaccia, siti web, ecc.) e dai dati in esso contenuti.

METODOLOGIA DI STIMA DELLE EMISSIONI

La metodologia utilizzata per la stima delle emissioni è quella descritta dall'European Environmental Guidebook EMEP/CORINAIR (COoRdination INformation AIR) [1], che costituisce il riferimento principale per la redazione degli inventari delle emissioni. Il progetto europeo CORINAIR, da cui prende corpo il Guidebook, ha sviluppato una procedura standardizzata per la stima delle emissioni ed una nomenclatura univoca per le sorgenti emissive, detta SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution), giunta alla sua ultima revisione nel 1997 e pertanto denominata SNAP97.

La metodica CORINAIR stima l'emissione a partire da un indicatore che caratterizza l'attività della sorgente e da un fattore di emissione, che rappresenta l'emissione riferita all'unità di attività della sorgente e viene espresso, ad esempio, come quantità d'inquinante emesso per unità di prodotto processato o come quantità di inquinante emesso per unità di combustibile consumato.

In particolare il carico emissivo (E) dell'inquinante i-esimo di un determinato settore è dato dal prodotto del fattore di emissione (FE) dell'inquinante i-esimo e del dato di attività (A) specifico per la sorgente:

$$E_i = A * FE_i$$

In base alla classificazione SNAP97, tutte le attività antropiche e naturali che possono dare origine a emissioni in atmosfera sono ripartite in undici Macrosettori, ognuno suddiviso in ulteriori due livelli di dettaglio (Settore e Attività), in modo tale che ad ogni singola attività che potenzialmente produce emissioni in atmosfera risulta assegnato un codice che la identifica in modo univoco.

Macrosettore 1 - Produzione energia e trasformazione combustibili

Il macrosettore considera le emissioni dovute ai processi di trasformazione dell'energia sia in centrali elettriche e/o adibite al teleriscaldamento sia in impianti di trasformazione dei combustibili.

Macrosettore 2 - Combustione non industriale

Prende in considerazione le fonti di tipo residenziale, commerciale e istituzionale dovute al riscaldamento degli edifici, nonché alla produzione di acqua calda e alla cottura dei cibi

Macrosettore 3 - Combustione nell'industria

Comprende le emissioni dovute ai processi combustivi e pertanto sono considerate tutte quelle attività industriali correlate ai processi che necessitano di energia prodotta in loco tramite combustione.

Macrosettore 4 – Processi produttivi

Sono comprese le emissioni specifiche di un determinato processo, ovvero quelle legate alla produzione di un dato bene materiale. Si stimano quindi le emissioni dovute alle lavorazioni nell'industria siderurgica, meccanica, chimica (organica ed inorganica), del legno, della produzione alimentare.

Macrosettore 5 – Estrazione e distribuzione di combustibili fossili

Afferiscono a questo macrosettore le emissioni dovute all'estrazione, al trattamento di combustibili fossili solidi, liquidi o gassosi, nonché alla loro distribuzione (reti di distribuzione e condotte).

Macrosettore 6 – Uso di solventi

Sono comprese in questo macrosettore le attività di verniciatura e i suoi vari campi di utilizzo (verniciatura nelle carrozzerie, in edilizia, verniciatura del legno, di rivestimenti metallici, di imbarcazioni...), lo sgrassaggio dei metalli, la pulitura a secco, le attività di sintesi o lavorazione di prodotti chimici contenenti solventi o per la cui produzione vengono impiegati solventi e altri usi di solventi quali ad esempio l'industria della stampa, l'applicazione di colle e di adesivi.

Macrosettore 7 - Trasporti Stradali

Include le emissioni derivanti dal traffico su strada.

Macrosettore 8 - Altre Sorgenti Mobili e macchinari

Il macrosettore include oltre a traffico aereo e attività marittime, i trasporti non su strada o "off-road" e le attività di altri macchinari, le ferrovie e i trasporti sulle vie navigabili interne.

Macrosettore 9 – Trattamento e smaltimento rifiuti

Questo macrosettore comprende tutte le attività legate allo smaltimento e al trattamento dei rifiuti e si articola secondo i seguenti ambiti: inceneritori di rifiuti, discariche, cremazione, trattamento di acque reflue, produzione di biogas, compostaggio.

Macrosettore 10 - Agricoltura

Le emissioni del comparto agricoltura derivano sia dalle coltivazioni, in relazione al tipo di coltura ed alla quantità di fertilizzanti utilizzati, sia dall'allevamento animale, sulla base delle diverse tipologie animali e delle modalità di gestione dei reflui zootecnici.

Macrosettore 11 - Altre sorgenti di Emissione ed Assorbimenti

Il macrosettore comprende sia le attività non antropiche che generano emissioni (attività fitologica di piante, arbusti ed erba, fulmini, emissioni spontanee di gas, emissioni dal suolo, vulcani, combustione naturale, ecc...) sia antropiche che ad esse si ricollegano (foreste gestite,

piantumazioni, ripopolamenti, combustione dolosa dei boschi). Inoltre contempla gli assorbimenti forestali di CO₂.

Le stime effettuate si riferiscono ai seguenti inquinanti: metano (CH₄), monossido di carbonio (CO), anidride carbonica (CO₂), protossido di azoto (N₂O), ammoniacca (NH₃), composti organici volatili non metanici (COVNM), ossidi di azoto (NO_x), anidride solforosa (SO₂), particolato totale (PTS) e polveri sottili (PM10).

La tabella 1 riassume gli inquinanti considerati per macrosettore esaminato.

| Descrizione macrosettore | CO | SO2 | COV | CH4 | NOx | PTS | CO2 | N2O | NH3 | PM10 |
|--|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|
| 1-Produzione energia e trasformazione combustibili | | | | | | | | | | |
| 2-Combustione non industriale | | | | | | | | | | |
| 3-Combustione nell'industria | | | | | | | | | | |
| 4-Processi produttivi | | | | | | | | | | |
| 5-Estrazione e distribuzione combustibili | | | | | | | | | | |
| 6-Uso di solventi | | | | | | | | | | |
| 7-Trasporto su strada | | | | | | | | | | |
| 8-Altre sorgenti mobili e macchinari | | | | | | | | | | |
| 9-Trattamento e smaltimento rifiuti | | | | | | | | | | |
| 10-Agricoltura | | | | | | | | | | |
| 11-Altre sorgenti e assorbimenti | | | | | | | | | | |

Tabella 1 – Inquinanti considerati per macrosettore di attività

L' INVENTARIO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

L'Inventario delle emissioni in atmosfera del 2010 è un prodotto della "LP2: Aggiornamento all'anno 2010 ed ampliamento con scenari tendenziali della base di dati relativa all'inventario delle emissioni dell'Emilia-Romagna" del progetto *Adeguamento e sviluppo del sistema informativo regionale ambientale a supporto della regione e degli enti locali in relazione alle funzioni attribuite dal D.Lgs. 155/2010 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"*, affidato dalla Regione Emilia-Romagna ad ARPA con Deliberazione G.R. n. 2160 del 27 dicembre 2010.

Le attività sono state condotte utilizzando il software INEMAR (INventario EMissioni ARia), che consiste in un sistema applicativo realizzato per la costruzione dell'inventario delle emissioni, ovvero per stimare le emissioni dei diversi inquinanti, a livello comunale, per diversi tipi di attività (es.: riscaldamento, traffico, agricoltura e industria) e per tipo di combustibile, secondo la classificazione internazionale adottata nell'ambito degli inventari EMEP-Corinair.

Inizialmente realizzato dalla Regione Lombardia, con una collaborazione della Regione Piemonte, dal 2003 Inemar è gestito da ARPA Lombardia e dal 2006 è sviluppato nell'ambito di una collaborazione interregionale, che tutt'ora vede fra i partecipanti le Regioni Lombardia, Piemonte, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Emilia-Romagna, Puglia, Marche e le province autonome di Trento e di Bolzano .

Rispetto al precedente inventario, l'aggiornamento 2010 contiene alcuni elementi che lo rendono sostanzialmente diverso, sia per la metodologia sia per i numeri in esso contenuti:

- ◆ **MACROSETTORE 1 - ENERGIA E TRASFORMAZIONE COMBUSTIBILI:** sono stati utilizzati i dati Emission Trading (dati di emissione di CO₂ e di consumo di combustibile) e, se disponibili, i dati di misura diretta degli inquinanti autorizzati ricavati dai report annuali delle aziende sottoposte ad AIA;
- ◆ **MACROSETTORE 3 e 4 - COMBUSTIONE INDUSTRIA, PROCESSI PRODUTTIVI:**
 - le emissioni degli impianti maggiormente impattanti sono state trattate come sorgenti puntuali pertanto elaborate sulla base dei dati di controllo (fonte report annuale AIA) per gli inquinanti autorizzati; per i restanti inquinanti le emissioni sono state stimate a partire da fattori di emissione per gli indicatori di attività;
 - i restanti impianti sono stimati come sorgenti diffuse e le stime si basano su indicatori di attività quali consumo di combustibile/quantità prodotta.

I RISULTATI NEL COMUNE DI BOLOGNA

Si riporta nel seguito la sintesi dei risultati delle stime delle emissioni per macrosettore ed inquinante così come estrapolati, a livello comunale, dall'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera.

I dati di emissione ottenuti sono affetti da un grado di incertezza variabile, sia in relazione all'attendibilità dei dati base utilizzati, sia per le approssimazioni insite nelle metodologie di calcolo. La consapevolezza che i risultati ottenuti sono affetti da incertezze, talvolta significative, è necessaria per un loro corretto utilizzo ed interpretazione, tenendo presente che l'obiettivo da perseguire è il progressivo affinamento delle stime e la riduzione dei margini di incertezza ad esse associate al fine di costituire basi dati sempre più rappresentative della situazione reale.

Preme sottolineare inoltre che il quadro di stime e valutazioni di seguito descritto si riferisce alle emissioni, cioè al quantitativo di inquinante emesso in atmosfera espresso in tonnellate/anno. Per quanto riguarda le immissioni, cioè le concentrazioni che descrivono l'impatto sull'ambiente e sulla salute, la relazione con le emissioni non è diretta poiché è necessario tener conto dei meccanismi di dispersione e rimozione degli inquinanti nonché di formazione della componente secondaria in alcuni casi significativa.

Nella Tabella 2 vengono riassunte le emissioni annue comunali suddivise per macrosettore.

Si rileva che per il Macrosettore 1 - Energia e Trasformazione Combustibili le tonnellate di inquinanti emessi derivano interamente dall'attività di Produzione di Energia da Teleriscaldamento in cui sono computati alcuni impianti di cogenerazione e teleriscaldamento, rientranti nel sistema di Emission Trading (ET), che operano sul territorio comunale di Bologna.

Per il Macrosettore 11 è stata effettuata una stima degli assorbimenti forestali di CO₂ a livello regionale basandosi sui dati di superficie forestali e di stock di carbonio comunicati da ISPRA, utilizzando dati regionali per la disaggregazione alla scala comunale .

| Descrizione macrosettore | CO | SO2 | COV | CH4 | NOx | PTS | CO2 | N2O | NH3 | PM10 |
|--|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|--------------|---------------|-------------|--------------|--------------|
| | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno |
| 1-Produzione energia e trasformazione combustibili | 18.7 | 0.2 | 2.3 | 2.3 | 93.6 | 0.2 | 52.3 | 0.1 | | 0.2 |
| 2-Combustione non industriale | 1171.7 | 29.3 | 370.4 | 96.7 | 650.3 | 61.3 | 916.8 | 54.6 | 1.4 | 58.8 |
| 3-Combustione nell'industria | 128.5 | 318.5 | 77.4 | 10.6 | 417.7 | 45.5 | 244.1 | 15.2 | 0.0 | 18.4 |
| 4-Processi produttivi | 13.9 | 30.4 | 187.5 | 0.1 | 40.2 | 13.9 | 107.8 | 0.0 | 58.4 | 10.3 |
| 5-Estrazione e distribuzione combustibili | | | 295.5 | 24.8 | | | | | | |
| 6-Usi di solventi | | | 1765.7 | | | 0.2 | | | | 0.1 |
| 7-Trasporto su strada | 2168.4 | 15.4 | 409.7 | 48.0 | 2213.6 | 230.6 | 541.2 | 15.8 | 45.7 | 183.7 |
| 8-Altre sorgenti mobili e macchinari | 357.6 | 27.2 | 113.7 | 0.1 | 219.0 | 7.3 | 63.1 | 0.9 | 0.0 | 7.1 |
| 10-Agricoltura | | | 0.0 | 19.3 | 3.4 | 0.0 | | 12.3 | 72.4 | 0.0 |
| 11-Altre sorgenti e assorbimenti | | | | | | | -10.2 | | | |
| TOTALE | 3858.8 | 421.0 | 3222.4 | 202.0 | 3637.8 | 358.9 | 1915.0 | 98.8 | 177.9 | 278.6 |

Tabella 2 – Emissioni nel Comune di Bologna ripartite per macrosettore - 2010

FONTI SPECIFICHE DI EMISSIONE

A completamento delle informazioni di Tabella 2, si riportano a seguire i dati emissivi relativi a fonti specifiche di emissione ricadenti in altri comuni, ma che comunque per importanza e impatto interessano sia direttamente sia indirettamente anche il territorio del comune di Bologna. Pertanto i risultati dell'Inventario sono stati estratti per evidenziare le pressioni emissive dell'aeroporto e dell'inceneritore di rifiuti solidi urbani.

Aeroporto

Le emissioni da attività aeroportuali sono attribuibili a tutte le operazioni, a terra ed in volo, effettuate dagli aerei e sono calcolate sulla base dei cicli LTO (landing-take off), termine con il quale si indicano tutte le operazioni quali rullaggio, sosta in arrivo e partenza, decollo ed atterraggio; ogni classe di aereo ha i suoi tipici cicli LTO, intesi come insieme di tempi tipici di operazione. Pertanto le emissioni non comprendono la quota dovuta al traffico di crociera (>1.000 m).

Sono stati estratti a livello di attività, i dati del Macrosettore 8 – Altre sorgenti mobili, all'interno del quale sono comprese le emissioni provenienti dall'aeroporto Guglielmo Marconi, riferite ai comuni di Anzola dell'Emilia, Calderara di Reno e Bologna. Nella stessa tabella viene evidenziata la quota emissiva del solo comune di Bologna.

| Settore | CO | SO2 | COV | NOx | PTS | CO2 | PM10 |
|--------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | t/anno |
| Traffico aereo | 426.8 | 35.6 | 137.1 | 283.0 | 3.6 | 82.2 | 3.6 |
| Traffico aereo - Bologna | 339.0 | 26.8 | 108.1 | 189.8 | 2.7 | 60.8 | 2.7 |

Tabella 3 – Emissioni da traffico aereo – 2010

Trattamento e Smaltimento Rifiuti

Nella tabella 4 sono riportati i dati emissivi dell'inceneritore FEA (Frullo Energia Ambiente) S.r.l., ubicato nel comune di Granarolo dell'Emilia, che smaltisce principalmente i rifiuti solidi urbani (RSU), ed in minor misura i rifiuti speciali non pericolosi ed i rifiuti sanitari, della città di Bologna e dei Comuni limitrofi.

| Settore | CO | SO2 | COV | NOx | PTS | CO2 | N2O | NH3 | PM10 |
|-----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | t/anno |
| Incenerimento rifiuti | 23.2 | 0.9 | 4.1 | 107.7 | 0.8 | 23.8 | 20.6 | 3.9 | 0.8 |

Tabella 4 – Emissioni da impianti di incenerimento rifiuti – 2010

LE EMISSIONI DA RISCALDAMENTO CIVILE

Per la stima dei contributi emissivi sono stati utilizzati i dati di vendita e/o consumo a livello provinciale delle diverse tipologie di combustibile, disaggregati successivamente a scala comunale proporzionalmente alle superfici riscaldate delle abitazioni occupate suddivise per tipologia di combustibile (dati ISTAT) ed in funzione dei gradi giorno associati ai singoli comuni (adottando quindi ipotesi di consumi differenziati per unità di superficie riscaldata nelle diverse zone climatiche).

In particolare :

- ♦ per gasolio e GPL si fa riferimento alle vendite 2009 riportate nel Bollettino Petrolifero Nazionale, ipotizzando che il quantitativo venduto sia corrispondente al combustibile consumato; poiché per il GPL non è specificata la quota destinata ad uso riscaldamento, è stata applicata la percentuale sul totale ricavata dai consumi a livello nazionale, per i quali tale suddivisione viene fatta;
- ♦ per il gas naturale si fa riferimento ai dati SNAM relativi alle quantità di gas distribuita a livello provinciale, per il 2010;
- ♦ per la biomassa si sono utilizzati i dati di consumo stimati a livello regionale da un'indagine condotta da ARPA Emilia-Romagna (2011) "Indagine sul consumo di biomassa legnosa in Emilia-Romagna".

Al fine di evidenziare i contributi specifici per fonte e tipologia di combustibile, i dati dell'inventario sono stati estratti a livello di Settore e/o Attività, ovvero al livello di dettaglio più elevato.

Il quadro emissivo in Tabella 5 riporta le tonnellate annue emesse dagli impianti termici residenziali e commerciali-istituzionali, suddivise per tipologia di combustibile utilizzato.

Dai dati emerge come gli impianti di tipo **commerciale ed istituzionale** (caldaie termiche), alimentati esclusivamente a gas metano, abbiano poca incidenza sulle emissioni complessive provenienti dall'intero macrosettore 2. Le percentuali più elevate di emissioni si rilevano per gli ossidi di azoto e l'anidride carbonica con valori rispettivamente pari a 1.5 e 1.6% del totale emesso da tutte le sorgenti di riscaldamento.

| Settore | Attività o combustibile | CO | SO2 | COV | CH4 | NOx | PTS | CO2 | N2O | NH3 | PM10 |
|---------------------------------------|-------------------------|---------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|--------------|-------------|------------|-------------|
| | | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno | t/anno |
| Impianti residenziali | gas naturale (metano) | 402.1 | 8.0 | 80.4 | 48.3 | 611.2 | 3.2 | 884.6 | 48.3 | 0.0 | 3.2 |
| | gasolio | 3.9 | 19.3 | 0.6 | 1.4 | 11.6 | 1.0 | 14.3 | 2.7 | 0.0 | 1.0 |
| | legna e similari | 758.8 | 1.9 | 288.0 | 46.3 | 14.3 | 57.0 | 0.0 | 2.0 | 1.4 | 54.5 |
| Impianti commerciali ed istituzionali | gas naturale (metano) | 6.4 | 0.1 | 1.3 | 0.8 | 9.8 | 0.1 | 14.3 | 0.8 | 0.0 | 0.1 |
| | TOTALE | 1171.1 | 29.3 | 370.3 | 96.7 | 646.8 | 61.3 | 913.2 | 53.7 | 1.4 | 58.8 |

Tabella 5 – Emissioni da impianti di riscaldamento civile - 2010

Gli impianti **residenziali** alimentati a gas metano sono responsabili del 94% delle emissioni di NO_x, di circa il 97% di CO₂, mentre l'alimentazione a gasolio determina le emissioni maggiori di SO₂ (circa il 66%).

Inoltre si osserva come gli impianti (stufe, caminetti, cucine) alimentati a **legna e similari** (pellets o cippato) contribuiscano in maniera significativa all'emissione di alcuni inquinanti:

- a circa il 93% di PTS e PM10 delle emissioni complessive provenienti dalle sorgenti di riscaldamento domestico,
- a circa il 78% delle emissioni di COV e
- a circa il 65% delle emissioni di CO.

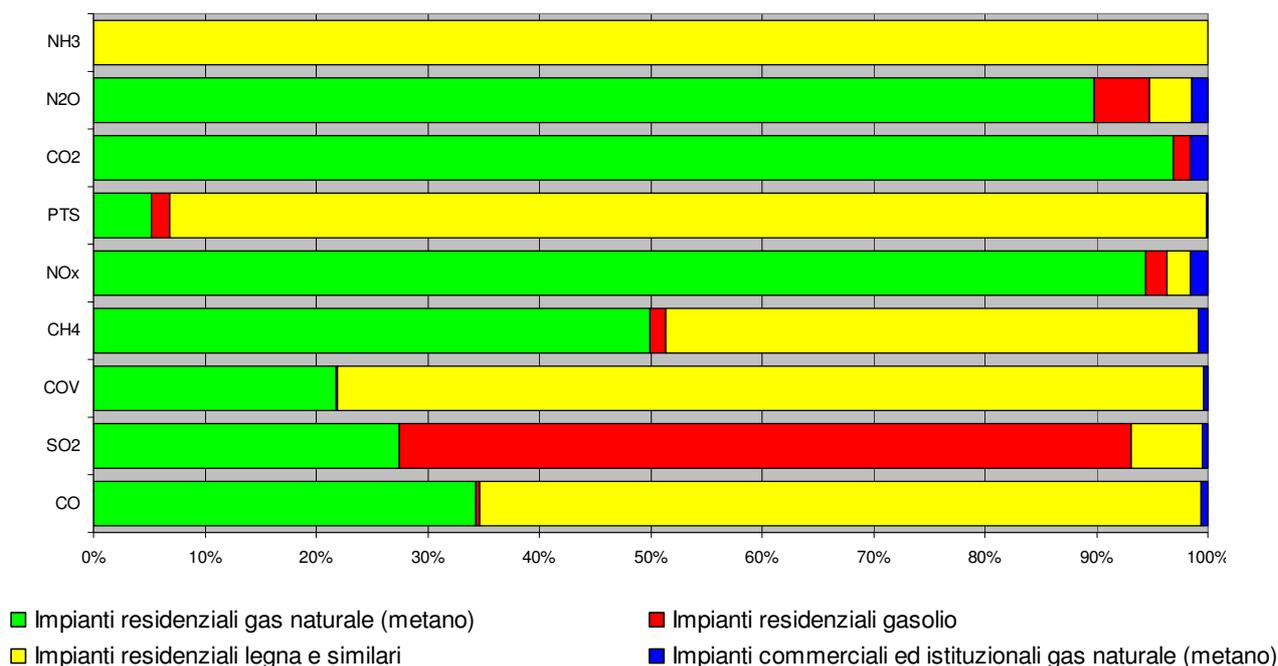


Figura 1 – Incidenza percentuale dei contributi per tipo di impianto di riscaldamento

Consumo di Biomassa Legnosa

Negli ultimi anni anche in Italia si sta registrando una vera e propria riscoperta dell'utilizzo della biomassa legnosa come fonte energetica domestica, in ragione della sua competitività dal punto di vista economico rispetto ai combustibili tradizionali.

La combustione del legno può essere considerata "CO₂ neutra", poiché l'anidride carbonica rilasciata in fase di combustione è pari a quella fissata dalla pianta. Ma trattandosi di un processo di combustione rilascia in atmosfera anche altre sostanze inquinanti (SO_x, NO_x, COV, CO, particolato).

Grazie all'indagine condotta sul consumo di biomassa in regione è possibile ricavare per il comune di Bologna le emissioni provenienti da questa tipologia di combustibile [2].

Considerando le emissioni in funzione del tipo di apparecchio utilizzato (Tabella 6) si evidenzia che la combustione della legna in sistemi tradizionali, spesso scarsamente efficienti sotto il profilo energetico, è responsabile nel suo complesso di più del 90% delle emissioni di questo settore; tra i sistemi di combustione il contributo dato dal caminetto aperto risulta preponderante. Risulta invece poco rilevante il contributo dei sistemi a miglior tecnologia (sistemi BAT) e basati su tecnologie innovative [2].

| | CO | SO2 | COV | CH4 | NOx | PTS | N2O | NH3 | PM10 |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Attività o combustibile | t/anno |
| Camino aperto tradizionale | 463.2 | 1.1 | 231.6 | 26.5 | 8.3 | 43.1 | 1.2 | 0.8 | 41.4 |
| Stufa tradizionale a legna | 214.7 | 0.5 | 42.2 | 12.3 | 3.8 | 10.0 | 0.5 | 0.4 | 9.6 |
| Camino chiuso o inserto | 53.3 | 0.1 | 10.5 | 3.0 | 1.0 | 2.5 | 0.1 | 0.1 | 2.4 |
| Stufa automatica a pellets o cippato o BAT legna | 10.2 | 0.1 | 1.0 | 3.0 | 0.9 | 0.7 | 0.1 | 0.1 | 0.6 |
| Altri sistemi (stufe caminetti cucine ecc.) | 9.0 | 0.0 | 0.7 | 0.4 | 0.1 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Stufa o caldaia innovativa | 8.5 | 0.0 | 2.0 | 1.2 | 0.2 | 0.6 | 0.1 | 0.0 | 0.6 |

Tabella 6 – Emissioni da biomassa legnosa in funzione del tipo di combustore - 2010

LE EMISSIONI DAI PROCESSI PRODUTTIVI

Si analizzano in questo paragrafo le emissioni derivanti dal settore produttivo, sia per quanto riguarda le produzioni industriali sia i processi di combustione a servizio delle stesse.

Il dettaglio di estrazione dei dati è tale da consentire di individuare le singole attività che ricadono nel territorio comunale e che originano emissioni in atmosfera.

Le attività produttive sono distinte in puntuali o diffuse in funzione dell'entità delle emissioni. Sono stati trattati come sorgenti puntuali le aziende maggiormente impattanti sul territorio che sono sottoposte alla normativa AIA. La stima delle emissioni da tale comparto è stata condotta secondo un approccio bottom up.

Infatti gli impianti sottoposti alla normativa AIA devono predisporre annualmente un Report per rendicontare all'autorità competente gli impatti dell'attività sull'ambiente e le prestazioni energetiche; pertanto in tali report vengono dichiarati sia i valori di emissioni in atmosfera che di consumo di materia prima ed energia.

Le emissioni diffuse da attività produttive sono stimate sulla base di indicatori di attività che descrivono il consumo energetico del comparto produttivo e la produzione. I dati di consumo di energia per il comparto produttivo sono stati ricavati dal bollettino energetico regionale con dettaglio sui settori ed i tipi di combustibile utilizzato.

I risultati a livello comunale, suddivisi per tipologia di attività, sono riportati in Tabella 7.

| | CO | SO2 | COV | CH4 | NOx | CO2 | N2O | NH3 | PM10 |
|---|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Descrizione attività | t/anno |
| Combustione nelle caldaie turbine e motori a combustione interna | 44.9 | 123.3 | 8.8 | 8.9 | 302.7 | 201.7 | 13.7 | 0.0 | 10.4 |
| Forni di processo senza contatto | 0.3 | 3.0 | 0.2 | 0.2 | 2.3 | 1.3 | 0.1 | 0.0 | 0.1 |
| Processi di combustione con contatto | 83.3 | 192.2 | 68.3 | 1.4 | 112.7 | 41.2 | 1.4 | 0.0 | 7.9 |
| Processi nelle industrie chimiche inorganiche | 9.9 | 0.0 | 10.9 | 0.0 | 39.8 | 15.3 | 0.0 | 58.4 | 5.4 |
| Processi nelle industrie chimiche organiche | 0.0 | 0.0 | 97.1 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 4.7 |
| Processi nelle industrie del ferro e dell'acciaio e nelle miniere di carbone | 4.0 | 0.3 | 1.5 | 0.1 | 0.4 | 0.2 | 0.0 | 0.0 | 0.1 |
| Processi nelle industrie di metalli non ferrosi | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.0 | 0.1 |
| Processi nell'industria del legno pasta per la carta alimenti bevande e altro | 0.0 | 30.2 | 78.0 | 0.0 | 0.0 | 92.3 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

Tabella 7 – Emissioni macrosettori attività produttive e combustione industriale - 2010

Visualizzando i dati in grafico (Figura 2) risulta evidente come i processi di combustione legati alle attività produttive, rappresentano i contributi emissivi maggiori per gli inquinanti ad eccezione di COV ed NH₃.

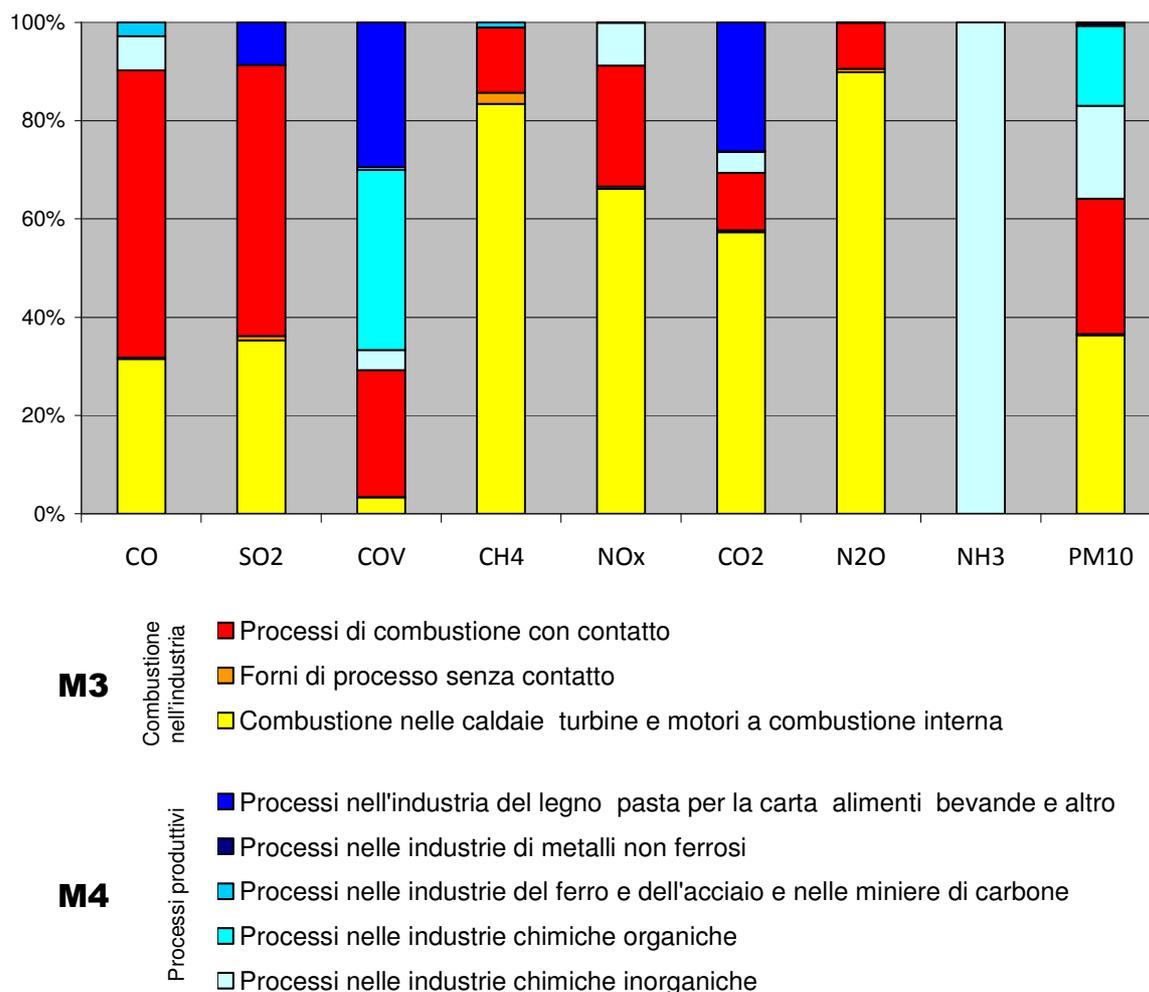


Figura 2 - Contributo percentuale alle emissioni inquinanti per tipo di attività

LE EMISSIONI DA ATTIVITA' CON USO SOLVENTI

Le emissioni di questo macrosettore riguardano principalmente l'inquinante VOC; la stima delle emissioni realizzata mediante l'elaborazione dei dati contenuti nei catasti provinciali delle autorizzazioni risulta parziale, in quanto una quantità significativa di solventi viene introdotta in atmosfera anche da emissioni non convogliate e da attività a ridotto inquinamento atmosferico.

Si è proceduto pertanto utilizzando indicatori di attività resi disponibili a dettaglio regionale da ENEA nell'ambito del progetto GAINS.

I dati di attività sono stati disaggregati a dettaglio comunale mediante opportune variabili proxy, quali il numero di aziende e di addetti per categoria ATECO.

Per il comune di Bologna il contributo emissivo per tipologia di attività è riportata in Tabella 8, dove si evince come il 61% delle emissioni complessive di COV sia attribuibile alle attività inerenti la verniciatura, nello specifico di legno e autoveicoli.

| Settore | COV (t/anno) |
|--|--------------|
| Altro uso di solventi e relative attività | 387.7 |
| Produzione o lavorazione di prodotti chimici | 300.1 |
| Verniciatura | 1078.0 |

Tabella 8 – Emissioni da uso solventi - 2010

LE EMISSIONI DA ESTRAZIONE E DISTRIBUZIONE DI COMBUSTIBILI FOSSILI

La stima delle emissioni relativa alle reti di distribuzione del gas metano comprende le emissioni che scaturiscono dai settori:

- Condotte in pressione
- Reti di distribuzione

La stima delle emissioni è stata effettuata a partire dal quantitativo di gas naturale relativo alle reti di distribuzione, utilizzando il dato provinciale riferito all'anno 2009 presente sul Bollettino Petrolifero Nazionale.

Per la disaggregazione dell'emissione a livello comunale è stata utilizzata la proxy "abitanti residenti" (fonte ISTAT).

In Tabella 9 vengono riportate le stime per il comune di Bologna.

| Attività | COV t/anno | CH4 t/anno |
|--|---------------|---------------|
| Stazioni di servizio (incluso il rifornimento di veicoli) | 294.7 | 0 |
| Reti di distribuzione | 0.8 | 24.8 |

Tabella 9 – Emissioni da reti di distribuzione e stazioni di servizio – 2010

LE EMISSIONI DA TRAFFICO STRADALE

La valutazione delle emissioni da traffico veicolare viene effettuata utilizzando la metodologia di calcolo messa a punto nel modello COPERT (Computer Programme to calculate Emissions from Road Transport) nell'ambito del Guidebook CORINAIR.

Tale metodologia si basa per la stima sia delle emissioni a freddo (da veicoli i cui motori sono in fase di riscaldamento), sia delle emissioni a caldo (da veicoli i cui motori hanno raggiunto la temperatura di esercizio) su specifici fattori di emissione espressi in funzione della categoria veicolare, del tipo di combustibile utilizzato e della velocità di viaggio.

Le emissioni a caldo sono le emissioni prodotte durante la marcia del veicolo dal momento in cui il motore e i sistemi di abbattimento raggiungono la temperatura di esercizio, mentre per emissioni a freddo si intendono convenzionalmente le emissioni prodotte durante la prima parte della marcia del veicolo, fino al momento in cui il motore raggiunge i 70°C, o il catalizzatore raggiunge la temperatura di attivazione (anche detta di "light-off").

Ai fini della realizzazione dell'inventario delle emissioni, per il differente approccio di calcolo adottato, queste vengono inoltre distinte in due categorie: emissioni diffuse ed emissioni lineari.

Le emissioni lineari sono le emissioni derivanti dal traffico che si verifica su tratti stradali definiti e vengono stimate sulla base del numero di passaggi veicolari sui diversi archi della rete (o grafo) che possono derivare sia da rilievi sia da simulazioni modellistiche (modelli di assegnazione del traffico).

Le emissioni diffuse riguardano le emissioni non associabili ad un percorso definito, e vengono stimate a partire dai dati di vendita dei combustibili, dalla composizione del parco immatricolato (dati ACI) e dalle percorrenze medie annue previste dei veicoli.

Alle emissioni allo scarico (exhaust) vanno aggiunte, nel caso specifico delle polveri, le emissioni non-exhaust, cioè generate meccanicamente dal passaggio dei veicoli per usura dei freni, dei pneumatici e del manto stradale.

Esiste inoltre una quota di emissioni evaporative, costituite da COV, dovute all'evaporazione della frazione più volatile del combustibile attraverso le varie componenti del sistema di alimentazione del veicolo e sono significative solo per i veicoli alimentati a benzina. Tali emissioni si producono durante la marcia ("perdite in movimento" o "running losses") e nelle soste a motore caldo ("Hot/Warm soak losses"), nonché a veicolo fermo per effetto dell'escursione giornaliera della temperatura ambiente ("perdite diurne" o "diurnal losses").

In Tabella 10 vengono indicate le stime emissive suddivise per ciclo di guida, cui è associabile una data tipologia di strada.

In ambito urbano prevalgono le emissioni di CO, COV e CH₄, mentre per i restanti inquinanti i dati riportati evidenziano che i maggiori contributi alle emissioni derivano dalle strade extraurbane, all'interno delle quali sono considerate le strade provinciali, statali e la tangenziale per i tratti che ricadono nel territorio comunale.

La componente non-exhaust del particolato è stimata pari a 87.1 tonnellate annue, ovvero quasi il 50% delle emissioni totali di particolato nel comune di Bologna.

| Tipo strada | CO | SO2 | COV | CH4 | NOx | CO2 | N2O | NH3 | PM10 |
|--------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | t/anno |
| Autostrade | 154.1 | 2.0 | 28.9 | 3.4 | 479.7 | 65.2 | 1.5 | 3.3 | 15.8 |
| Strade extraurbane | 987.7 | 11.3 | 115.2 | 13.4 | 1566.3 | 400.8 | 9.4 | 36.8 | 60.9 |
| Strade urbane | 1026.6 | 2.1 | 265.6 | 31.1 | 167.6 | 75.2 | 4.9 | 5.5 | 19.9 |

Tabella 10 – Emissioni per tipologia di guida - 2010

Visualizzando il contributo percentuale alle emissioni inquinanti per le diverse tipologie veicolo e rispettiva alimentazione (Figura 3), emerge che i mezzi alimentati a gasolio hanno un ruolo determinante nelle emissioni NOx e PM10.

I ciclomotori, che transitano esclusivamente su strade urbane, forniscono un contributo rilevante alle emissioni di COV e CO. Fonti emissive importanti di COV sono anche i motocicli e le automobili a benzina in relazione agli apporti evaporativi.

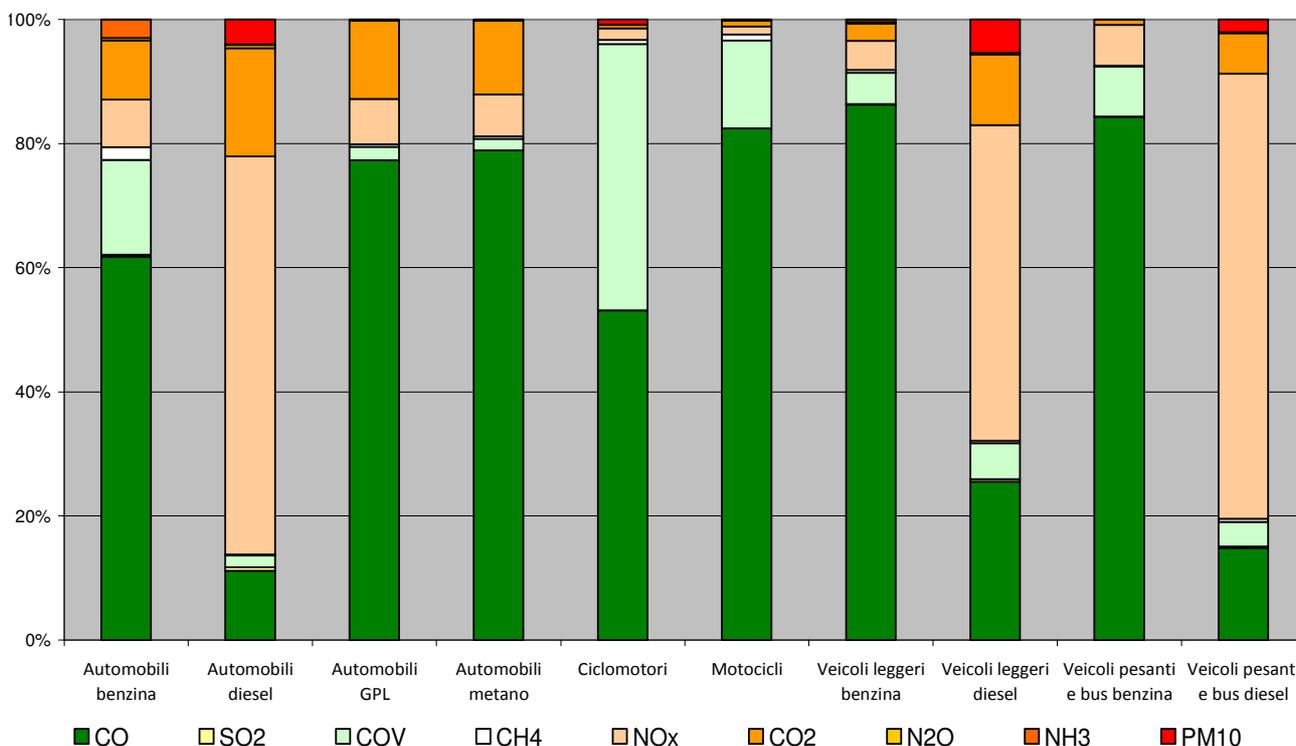


Figura 3 - Contributo percentuale alle emissioni per veicolo e alimentazione

In Figura 4 sono stati elaborati i contributi percentuali di ciascuna categoria veicolare alle emissioni totali di NOx e PM10 dei diversi cicli di guida e tipologia di alimentazione, al fine di comprendere quale tipologia di combustibile sia maggiormente responsabile dei diversi contributi delle categorie veicolari considerate.

Si evince che in ambito autostradale il principale contributo alle emissioni di NOx e PM10 deriva dai mezzi commerciali pesanti diesel, mentre nelle strade extraurbane si osserva una generale equa suddivisione dei contributi fra automobili, veicoli pesanti e leggeri diesel. In ambito urbano invece i contributi maggiori alle emissioni di PM10 sono riconducibili alle automobili e ai mezzi commerciali leggeri alimentati a diesel; per l'NOx risultano invece gli automezzi pesanti diesel, all'interno dei quali vengono conteggiati gli autobus, e a seguire le automobili diesel.

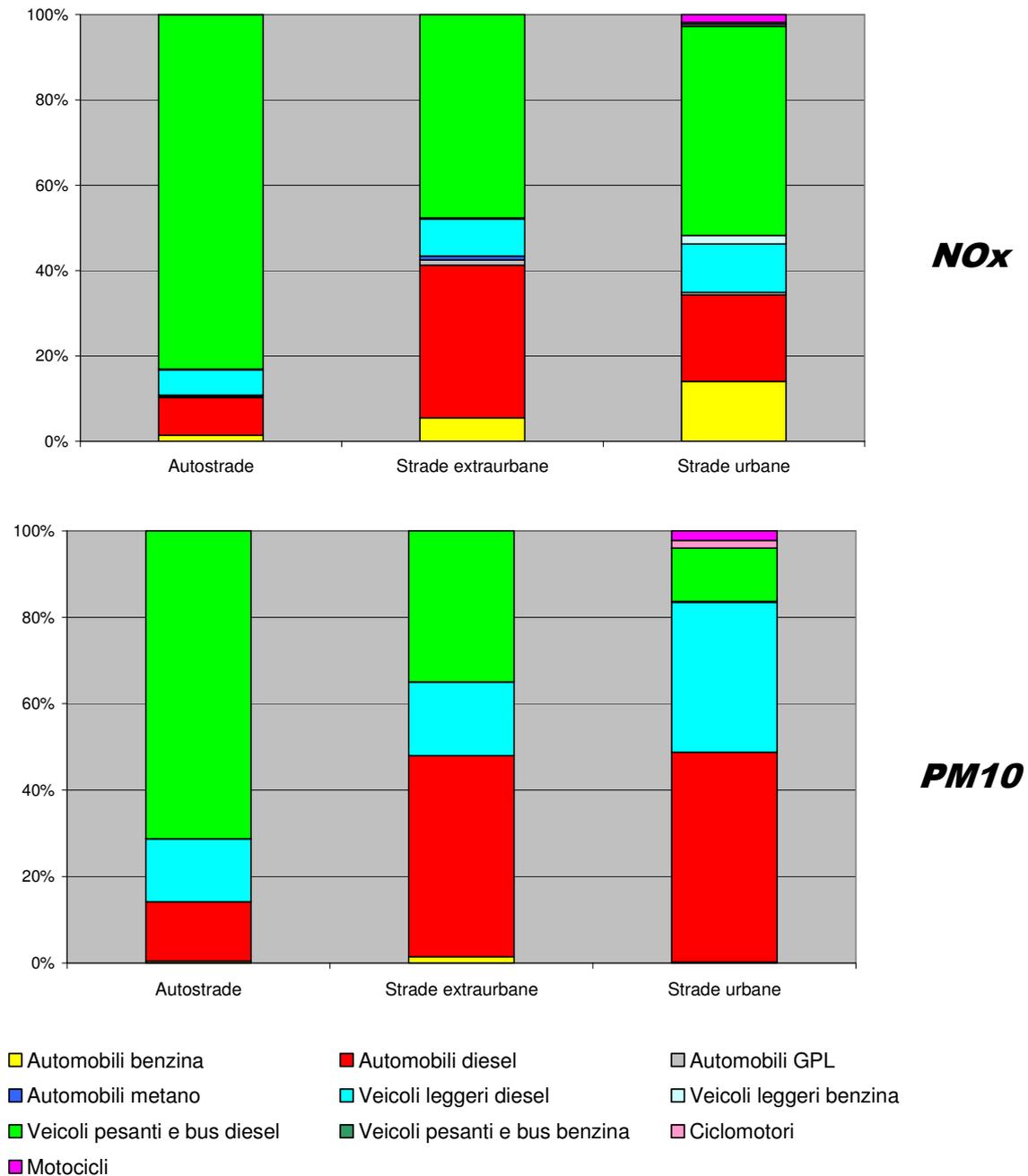


Figura 4 - Contributo percentuale alle emissioni di NOx e PM10 per ciclo di guida e veicolo

LE EMISSIONI DA AGRICOLTURA

Questo settore comprende le emissioni derivanti dall'utilizzo di mezzi agricoli e dalle attività di allevamento bestiame e dalle coltivazioni che possono dare origine ad emissioni di ammoniaca, metano, protossido di azoto, ossidi di azoto e particolato.

I dati emissivi evidenziano contributi poco significativi generati dalle attività agricole, per lo più relativi alle emissioni di gas serra, ammoniaca e in misura minore ossidi di azoto (Tabella 11).

| Attività | CH4 t/anno | NOx t/anno | N2O t/anno | NH3 t/anno |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Coltivazioni con fertilizzanti | 0.0 | 3.4 | 10.4 | 63.6 |
| Coltivazioni senza fertilizzanti | 0.0 | 0.0 | 1.1 | 1.4 |
| Fermentazione enterica | 16.8 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |
| Gestione reflui riferita ai composti azotati | 0.0 | 0.0 | 0.8 | 7.4 |
| Gestione reflui riferita ai composti organici | 2.5 | 0.0 | 0.0 | 0.0 |

Tabella 11 – Emissioni da attività agricole ed allevamenti – 2010

ANALISI DEI CONTRIBUTI EMISSIVI

Per ciascun inquinante è stato realizzato il grafico con il contributo percentuale di ogni macrosettore alle emissioni totali comunali al fine di porre in evidenza il peso del settore di interesse (Figura 5).

Dall'analisi dell'istogramma in Figura 5 si può affermare che le attività relative al riscaldamento civile incidono con percentuali significative alle emissioni dei principali gas serra: anidride carbonica (CO₂) per il 47%, metano (CH₄) per il 48% e protossido di azoto (N₂O) per il 56%.

Per quanto riguarda gli altri macroinquinanti, si osserva che il **riscaldamento** civile ha un'incidenza percentuale alle emissioni totali comunali:

- pari al 18%, per gli ossidi di azoto (NO₂)
- del 21% , per il particolato PM10
- del 31% , per il monossido di carbonio (CO)
- del 7% , per l'anidride solforosa (SO₂)
- dell'11% , per i composti organici volatili (COV).

Relativamente agli altri macrosettori considerati nel presente studio, i grafici evidenziano che:

- ◆ i contributi principali all'emissione di **particolato primario** (65%) e **di ossidi di azoto** (61%) sono dovuti in prevalenza al traffico veicolare;
- ◆ le emissioni di **anidride solforosa** sono emesse per il 76% dalla combustione industriale;
- ◆ il **monossido di carbonio** è emesso in prevalenza dal traffico (57%);
- ◆ i **composti organici volatili** sono emessi per il 57% dalle attività che utilizzano solventi;
- ◆ l'agricoltura e gli allevamenti contribuiscono con percentuali pari al 40% all'emissione di **ammoniaca** e 10% di **metano**.

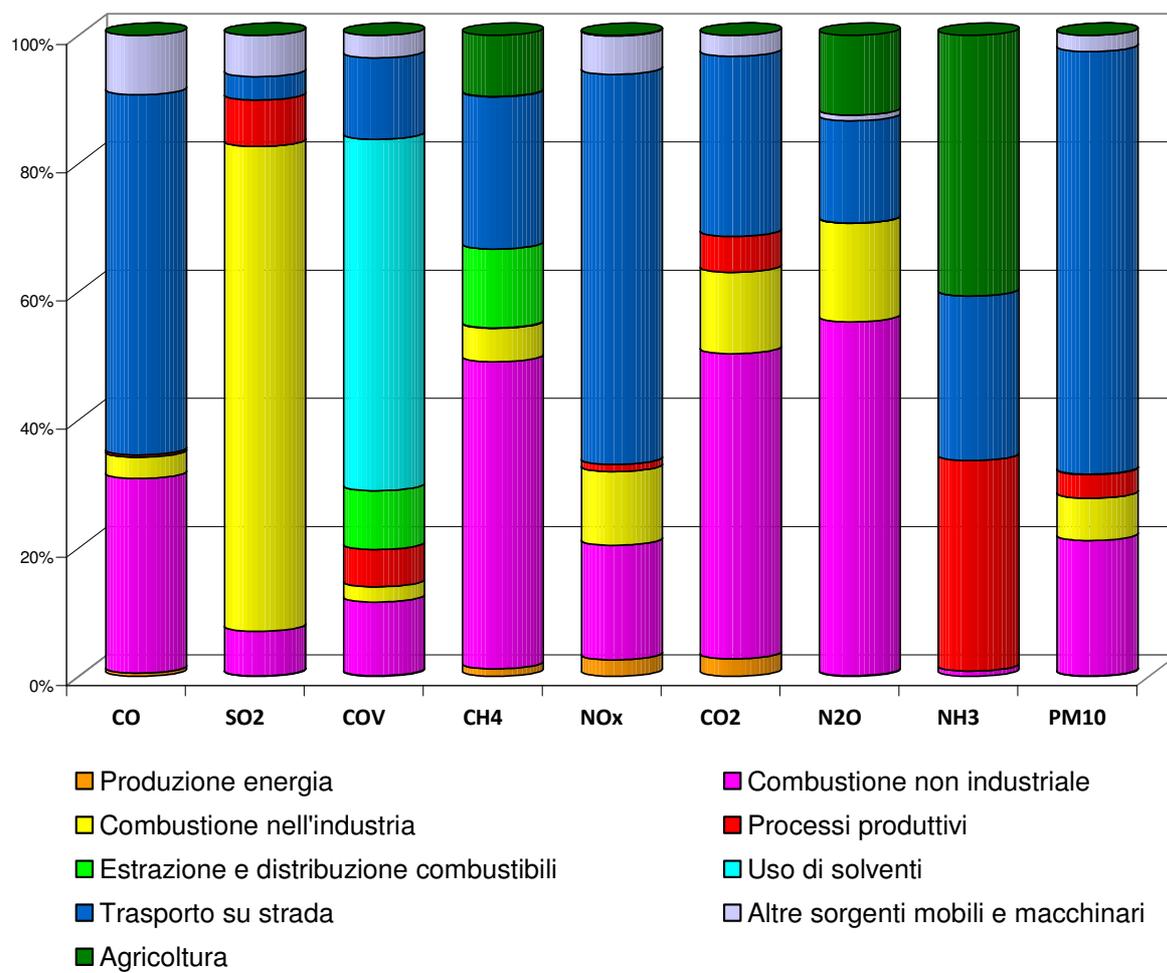


Figura 5 - Contributo percentuale delle diverse fonti per ogni inquinante

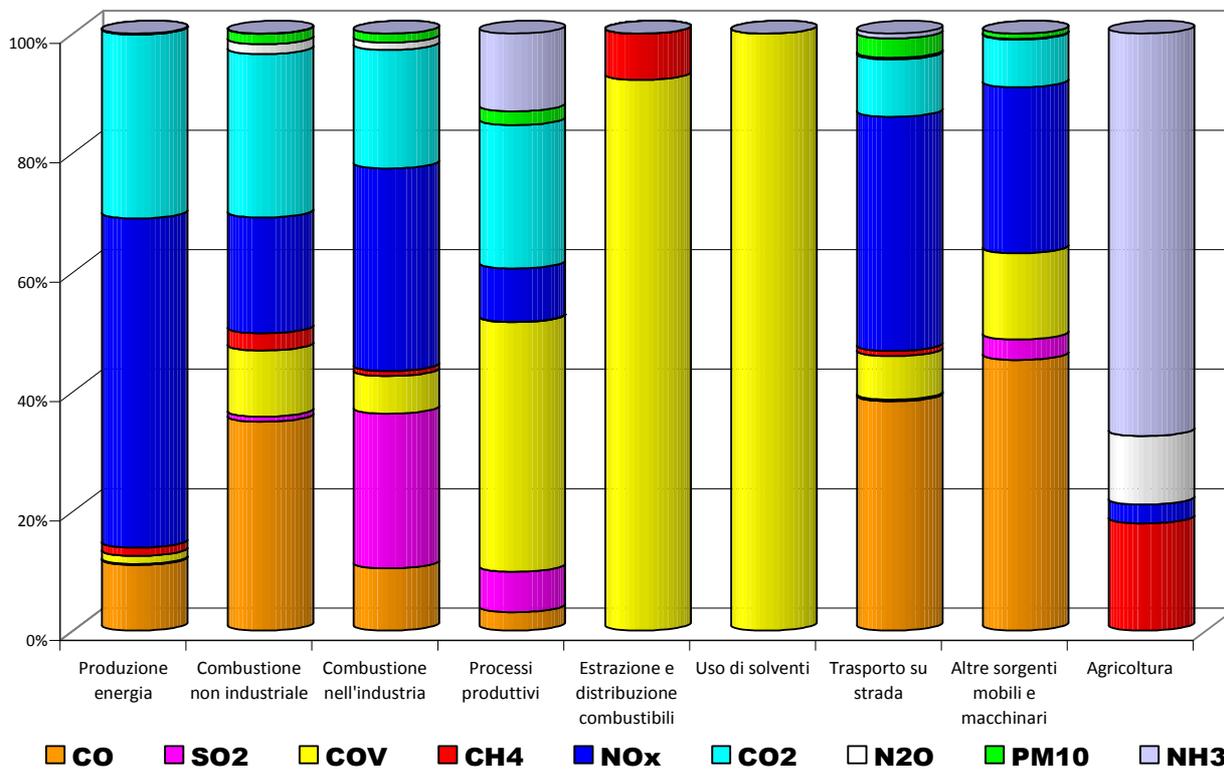
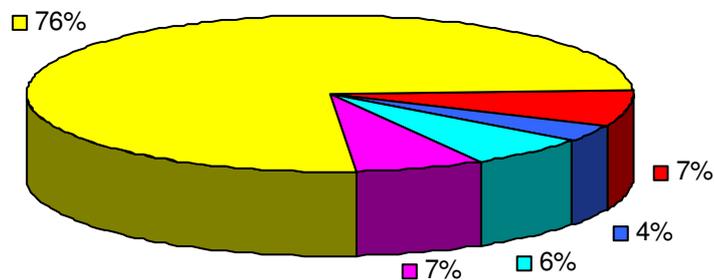


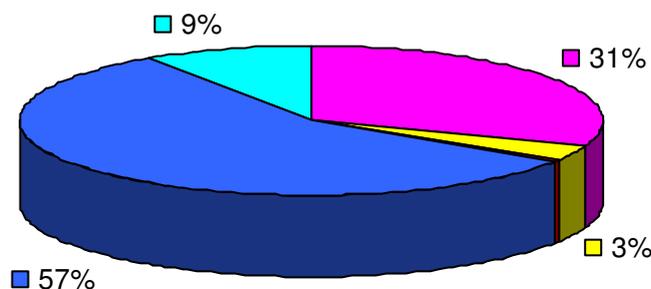
Figura 6 - Contributo percentuale delle diverse fonti ad ogni inquinante

Seguono i grafici a torta del contributo percentuale di ogni macrosettore alle emissioni totali comunali elaborati per singolo inquinante.

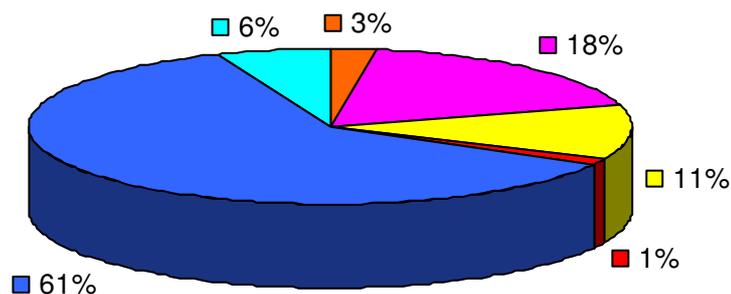
SO₂



CO



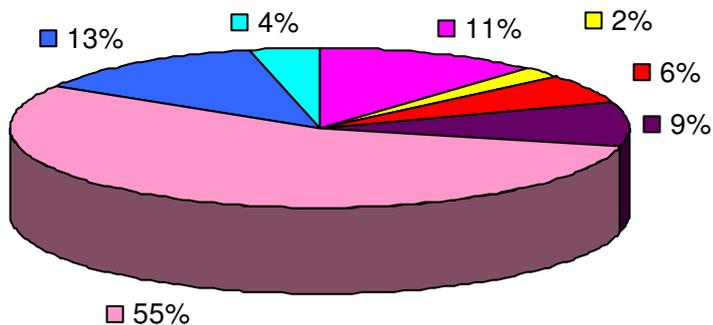
NO_x



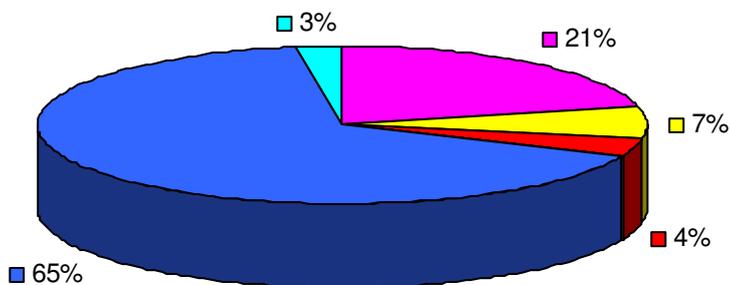
| | |
|---|------------------------------------|
| Produzione energia | Combustione non industriale |
| Combustione nell'industria | Processi produttivi |
| Estrazione e distribuzione combustibili | Uso di solventi |
| Trasporto su strada | Altre sorgenti mobili e macchinari |
| Agricoltura | |

Contributo percentuale di ogni macrosettore alle emissioni totali comunali di SO₂, CO e NO_x

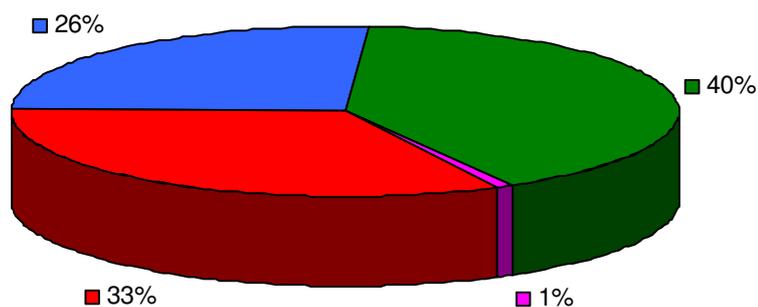
COV



PM10



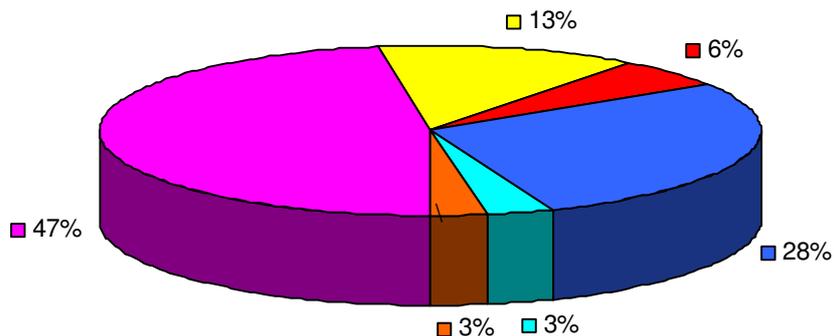
NH3



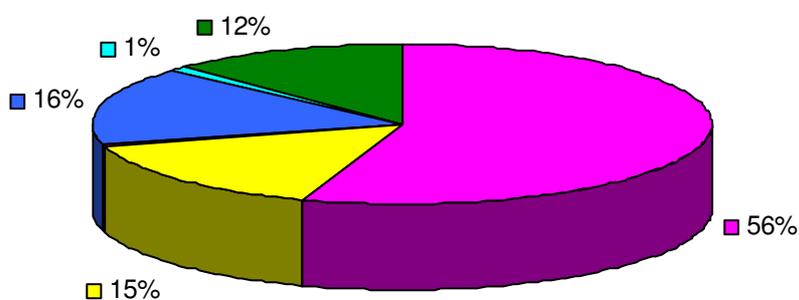
| | |
|---|------------------------------------|
| Produzione energia | Combustione non industriale |
| Combustione nell'industria | Processi produttivi |
| Estrazione e distribuzione combustibili | Uso di solventi |
| Trasporto su strada | Altre sorgenti mobili e macchinari |
| Agricoltura | |

Contributo percentuale di ogni macrosettore alle emissioni totali comunali di COV, PM10 e NH₃

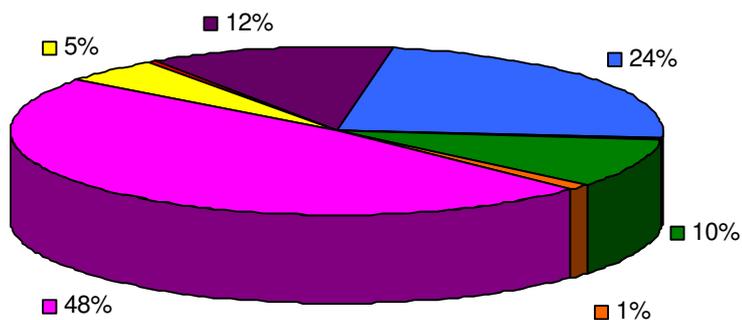
CO2



N2O



CH4



| | |
|---|------------------------------------|
| Produzione energia | Combustione non industriale |
| Combustione nell'industria | Processi produttivi |
| Estrazione e distribuzione combustibili | Uso di solventi |
| Trasporto su strada | Altre sorgenti mobili e macchinari |
| Agricoltura | |

Contributo percentuale di ogni macrosettore alle emissioni totali comunali di CO₂, N₂O e CH₄

CONCLUSIONI

La finalità del presente studio è stata quella di rapportare il contributo emissivo degli impianti termici civili ai contributi derivanti dalle altre sorgenti presenti in ambito urbano.

L'analisi è stata pertanto focalizzata al macrosettore "Combustione non industriale", valutandone i contributi percentuali alle emissioni totali dei principali macroinquinanti estratti dall'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera – anno 2010.

Dai dati e relativi grafici è possibile affermare che:

- ⇒ il riscaldamento civile produce in prevalenza NO_x, CO e CO₂ ed in misura minore COV;
- ⇒ la combustione legata ai processi di combustione energetica determina principalmente emissioni di NO_x;
- ⇒ per i processi produttivi, cui può associarsi anche la combustione industriale, sono significative le emissioni di NO_x, COV e SO₂;
- ⇒ il traffico stradale contribuisce principalmente alle emissioni di CO ed NO_x; lo stesso dicasi per il settore "Altre sorgenti mobili";
- ⇒ l'agricoltura (che comprende anche le attività di allevamento bestiame) emette in prevalenza NH₃ e CH₄;
- ⇒ le attività che coinvolgono l'uso di prodotti a base di solvente o comunque contenenti solventi e le attività nel settore estrazione e distribuzione combustibili causano un apporto esclusivo di COV
- ⇒ traffico e riscaldamento civile forniscono il contributo prevalente alle emissioni di PM₁₀..

Si ribadisce quanto sottolineato in precedenza: le percentuali riportate si riferiscono a stime sui quantitativi di inquinanti emessi dai diversi settori e da questi non è possibile ricavare in modo diretto le immissioni, cioè le concentrazioni rilevate dalla rete di controllo della qualità dell'aria. I due dati sono correlati, ma la relazione non è semplicemente lineare in virtù di aspetti chimico-fisici e meteorologici di cui è necessario tener conto.

Il Responsabile Area S.O.
Monitoraggio e Valutazione Aria
Dott. Andrea Mecati

Documento firmato digitalmente secondo le norme vigenti (D.P.R. 28 Dicembre 2000 n. 445; D.Lgs. 07 marzo 2005 n. 82 s.m.i.; D.P.C.M. 30 marzo 2009) dal Dirigente di riferimento.

Da sottoscrivere in caso di stampa

La presente copia composta di n. pagine, è conforme in tutte le sue componenti all'originale informatico firmato digitalmente.

Documento assunto agli atti con protocollo n. del

.....
(luogo) (data)
.....
(nome cognome) (qualifica) (firma)

BIBLIOGRAFIA

[1] EMEP/EEA, 2010. "Air Pollutant Emission Inventory Guidebook, 3rd Edition, 2009 updated June 2010"

[2] Tugnoli S., Deserti M., 2011. "Risultati dell'indagine sul consumo domestico di biomassa legnosa in Emilia-Romagna" , ARPA Emilia-Romagna