

Università degli Studi della Calabria
Facoltà di Ingegneria

Dipartimento di Modellistica per l'Ingegneria

Dottorato di Ricerca in

Ambiente Salute e Processi Ecosostenibili

Ciclo XXI

Sviluppo di modelli Integrati per la Qualità dell'Aria.

SETTORE DISCIPLINARE ICAR/03

Tutor

Ch.mo Prof. Nicola Pirrone



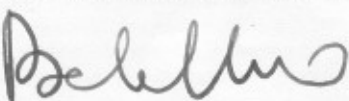
Co-Tutor

Dott.ssa Francesca Sprovieri



Coordinatore

Ch.mo Bruno de Cindio



Candidato

Andrea Algieri



Anni Accademici 2005/2008

Capitolo 1. Introduzione.	1
Capitolo 2. L'inquinamento atmosferico	6
2.1. Gli Inquinanti principali	6
2.2. Caratterizzazione degli inquinanti primari e secondari.	9
2.3. L'Inquinamento atmosferico in area urbana	13
2.3.1. I fattori che influenzano la Qualità dell'Aria Urbana.	14
2.4. Le sorgenti di emissioni	17
2.4.1. Le sorgenti Antropiche	17
2.4.2. Le sorgenti Naturali	22
2.5. Gli effetti dell'inquinamento atmosferico.	25
2.5.1. Gli effetti sulla salute umana.	26
2.5.2. Gli effetti sugli ecosistemi	30
2.5.3. Gli effetti sui materiali	32
Capitolo 3. La Legislazione in materia di inquinamento Atmosferico.	33
3.1. La normativa Europea	35
3.2. La Normativa Italiana	38
Capitolo 4. Caratterizzazione, localizzazione e scenari di riduzione delle emissioni antropiche nell'area Urbana.	46
4.1. Aspetti Socio-Economici e Territoriali dell'area CORE.	47
4.2 Stima delle emissioni da Combustione residenziale: metodologia.	52
4.2.1 Emissioni residenziali a livello provinciale e comunale	54
4.3 Stima delle emissioni da trasporto Il modello COPERT: Metodologia	64
4.3.1. Stima delle emissioni veicolari a livello provinciale	69
4.3.2. Stima delle emissioni veicolari in ambito urbano	81
4.3.3. Strategia di riduzione delle emissioni veicolari.	97
Capitolo 5. Applicazione del modello di simulazione WRF-Chem in ambito urbano.	103

5.1. Il modello Weather Research and Forecasting-Chemical (WRF-Chem.).	103
5.2. Set up del dominio modellato: il “Dominio Urbano”(DU).	106
5.3. Le Emissioni	109
5.4. Il Periodo e gli eventi simulati	110
5.4.1. 1° Evento.	111
5.4.2. 2° Evento.	116
5.4.3. 3° Evento.	121
Capitolo 6. Conclusioni	124
Bibliografia	126
Appendici	132
Appendice 1: Emissioni da Combustioni Residenziali	133
Appendice 2: Emissioni Provinciali da trasporto Veicolare	143

Capitolo 1.

Introduzione

L'inquinamento atmosferico rappresenta un grande problema per la salute umana e per l'ambiente (COM, 2005). Un elevato numero di impatti sulla salute umana quali, la riduzione dell'aspettativa di vita media, la morte prematura di centomila persone all'anno nella sola Europa e l'aumento dei casi di malattie croniche e acute, sono imputabili all'inquinamento atmosferico, così come gli sono attribuibili l'intensificarsi di fenomeni quali l'eutrofizzazione dei sistemi acquatici e l'acidificazione delle foreste (EEA SEC 1133, 2005). Questi fenomeni provocano, come risultato finale, lo stravolgimento dei relativi ecosistemi lagunari, fluviali e forestali con conseguente perdita di flora e di fauna. Infine, ma non per questo di poca importanza, sono gli impatti dell'inquinamento atmosferico sull'agricoltura e sui materiali (Stanners & Bourdeau, 1995).

Molteplici e differenziate sono le sorgenti di inquinanti atmosferici, sia essi primari o secondari, così come diversi sono i settori che contribuiscono in maniera massiccia alla loro emissione e/o conseguente formazione in atmosfera. Tra i principali settori che contribuiscono all'inquinamento atmosferico possono essere annoverati quello dei trasporti, della produzione di energia, dell'industria e dell'agricoltura e delle combustioni domestiche.

Nelle aree urbane, che oggi rappresentano, e ancora di più lo saranno nel futuro, il luogo, dove sono maggiormente presenti le forti interconnessioni degli aspetti ambientali, economici e sociali¹, le emissioni provenienti dal traffico automobilistico, il riscaldamento domestico e le sorgenti industriali, sono le fonti principali di inquinamento atmosferico. Le città rappresentano i luoghi in cui maggiormente si concentrano fonti di squilibri per l'ambiente con conseguenze dirette sulla vita dei cittadini. Le cause di tali squilibri sono da attribuire fondamentalmente al crescente fenomeno della urbanizzazione, all'aumentata densità della popolazione e all'incremento dell'entità del traffico veicolare privato,

¹ Accordo di Bristol: <http://www.communities.gov.uk/corporate/>

pubblico e commerciale. Nelle città risultano quindi amplificati i problemi ambientali legati a modelli di consumo non sostenibili.

La possibilità di predisporre interventi efficaci per la risoluzione del problema ambientale, in termini soprattutto di riduzione degli impatti determinati dalle pressioni sull'ambiente, nel caso specifico dall'inquinamento atmosferico, dipende in larga misura dalla possibilità di disporre di informazioni corrette sul fenomeno e sulle correlazioni che lo legano ad altre dinamiche di carattere sociale ed economico. Lo studio e l'analisi della qualità dell'aria nelle città e nelle aree urbane in generale, è, dunque, di fondamentale importanza sia per ridurre gli effetti nocivi sulla salute umana (WHO, 2000); WHO, 2002.; (Hertel, et al., 2001)), che, allo stesso tempo, per favorire e potenziare la crescita economica e sociale (SEC(2006)16, 2006). Il problema dell'inquinamento atmosferico urbano non è più considerato un problema locale, così come era stato fatto inizialmente, ma è considerato come un problema globale (Vardoulakis, S., et al. 2002). Questo emerge sia dalla considerazione che le emissioni di inquinanti "urbani" (emissioni dai riscaldamenti domestici, dalle industrie e dal traffico veicolare) sono rilevabili anche a lunghe distanze dalla sorgente (*inquinanti transfrontalieri*), sia dalla consapevolezza che le emissioni provenienti dai combustibili fossili (*GreenHouse Gas (GHG)*), annoverati nei gas che contribuiscono al cambiamento globale del clima (UNFCC, 2000); (IPCC, 2007)), costituiscono un problema pubblico globale (Gillenwater, 2008). Per far fronte a questo problema, la comunità europea si è preposta una serie di obiettivi, tra cui lo sviluppo di un programma definito "*La Strategia tematica sull'inquinamento dell'aria*", che stabilisce i parametri da raggiungere per ridurre i rischi derivanti dall'inquinamento atmosferico e migliorare la qualità dell'aria.

La ricerca scientifica pertanto riveste un ruolo strategico, in quanto capace di sviluppare nuove metodologie di analisi e nuovi strumenti di supporto agli organi istituzionali chiamati a pianificare le strategie ottimali da attuare al fine di ottenere uno sviluppo sostenibile, e nell'implementazione delle Direttive Europee e nella elaborazione di Piani e Programmi finalizzati alla tutela della Qualità dell'Aria.

Il presente dottorato di ricerca ha avuto come scopo principale la realizzazione di un *sistema integrato*, di supporto alle strategie politiche e di intervento pianificate per migliorare la qualità dell'aria, al fine di ridurre gli effetti sulla salute umana e promuovere uno sviluppo sostenibile.

Perseguire lo scopo di questo dottorato di ricerca ha significato anche utilizzare metodiche multidisciplinari e multi settoriali necessarie per simulare, rappresentare e quantificare determinati sistemi e fenomeni ambientali, ed integrarli tra di loro. Il dottorato di ricerca è stato svolto nell'ambito del progetto di ricerca STRAUSS (**S**viluppo di **STR**ategie Integrate per un **A**mbiente **U**rbano **S**ano e **S**ostenibile), finanziato dalla Regione Calabria (POR 2000/2006 Misura 3.16 Azione a3), nell'area urbana di Cosenza-Rende (CORE) (CNR-IIA., 2005). L'obiettivo principale del progetto STRAUSS è stato quello di sviluppare una metodologia di analisi ambientale, coniugando modelli di qualità dell'aria con modelli di tipo sanitario (*risk assessment*), e di tipo socio-economico (*analisi costi-benefici*), al fine di pervenire all'elaborazione di strategie ottimali di politica ambientale che consentano di ridurre il rischio sulla salute pubblica, derivante dall'esposizione ai maggiori inquinanti atmosferici presenti nell'aree urbane di Rende - Cosenza. Dei diversi workpackage (**WP**) che costituiscono il frame work del progetto, riportato nella figura 1, l'attività svolta durante il dottorato di ricerca è stata integrata nelle attività di sviluppo del **WP4** (Attività di Monitoraggio dell'Inquinamento Atmosferico e Sviluppo del Database delle Emissioni), del **WP5** (Sviluppo del Modello di Dispersione Atmosferica per Area Urbana ed Extra Urbana), per la valutazione delle dispersione delle emissioni antropiche insistenti sull'area CORE, e la conseguente valutazione dei livelli di concentrazioni alla quale la popolazione è esposta.

vantaggioso mezzo per definire le zone esposte a pressioni ambientali (EEA, 1998), identificando, inoltre, le aree con simili problemi di inquinamento, e preparando i dati in input per i modelli di simulazione atmosferica. Nello specifico, sono state stimate, con un alto grado di dettaglio, le emissioni antropiche (proveniente dal settore della combustione residenziale e da quello del trasporto veicolare) insistenti sulle città di Cosenza e Rende, e su tutto il territorio provinciale. Sono stati costruiti successivamente tre scenari possibili di riduzione delle emissioni di inquinanti prodotti dal macrosettore del trasporto veicolare, simulando l'attuazione di azioni che agiscono sulle caratteristiche tecnologiche dei veicoli, sulle caratteristiche della mobilità, e sullo stile di vita delle persone che utilizzano i veicoli da trasporto.

L'applicazione del modello WRFChem versione 2.2 (Grell, et al., 2005) statola permesso di stimare il trasporto, la dispersione e le trasformazioni chimico-fisiche delle emissioni antropiche degli inquinanti in atmosfera nell'area di conurbazione delle città di Cosenza e Rende, valutando lo stato della qualità dell'aria, attraverso la caratterizzazione del trasporto degli inquinanti provenienti dalle emissioni antropiche, ottenendo una indicazione dei livelli di concentrazione alla quale la popolazione è esposta.

Capitolo 2.

L'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Si definisce inquinamento atmosferico lo stato della qualità dell'aria conseguente alla immissione nella stessa di sostanze di qualsiasi natura in misura e condizioni tali da alterarne la salubrità e da costituire pregiudizio diretto o indiretto per la salute dei cittadini o danno ai beni pubblici o privati. Queste sostanze di solito non sono presenti nella normale composizione dell'aria, oppure lo sono ad un livello di concentrazione inferiore.

Gli inquinanti atmosferici, sono generalmente classificati in primari cioè emessi nell'aria ambiente come tali (i.e., il biossido di zolfo ed il monossido di azoto) e secondari che si formano successivamente in atmosfera attraverso reazioni chimico-fisiche, come l'ozono.

Normalmente vengono distinti in due gruppi principali: inquinanti di origine antropica, cioè prodotti dall'uomo, ed inquinanti naturali.

2.1. Gli Inquinanti principali

L'aria che respiriamo può essere contaminata da sostanze inquinanti provenienti da industrie, veicoli, centrali elettriche e molte altre fonti. Queste sostanze inquinanti hanno effetti dannosi nei confronti della salute o dell'ambiente in cui viviamo. Il loro impatto dipende da vari fattori, come la concentrazione, il tempo di esposizione e la tossicità dell'inquinante stesso. Gli effetti sulla salute possono essere di piccola entità e reversibili (come un'irritazione agli occhi) oppure debilitanti (come un aggravamento dell'asma) o anche molto gravi (come il cancro).

I principali inquinanti dell'aria sono di seguito elencati:

- monossido di carbonio
- ossidi di zolfo
- ossidi di azoto
- l'ozono

- il particolato
- il benzene

Monossido di carbonio

Il monossido di carbonio o ossido di carbonio (CO) è un gas incolore, inodore, infiammabile e molto tossico. Esso si forma durante la combustione di sostanze organiche in assenza di ossigeno. Le emissioni naturali e quelle antropiche sono oramai dello stesso ordine di grandezza, ciò permette di comprendere quale sia il trend inquinante che si è instaurato nel corso dell'ultimo secolo. Il monossido di carbonio è estremamente diffuso specialmente nelle aree urbane a causa dell'inquinamento prodotto dagli scarichi degli autoveicoli. Gli effetti sull'ambiente sono da considerarsi trascurabili mentre quelli sull'uomo sono estremamente pericolosi.

Ossidi di zolfo

Normalmente gli ossidi di zolfo presenti in atmosfera sono l'anidride solforosa (SO₂) e l'anidride solforica (SO₃); questi composti vengono anche indicati con il termine comune SO_x. Elevate concentrazioni di SO₂ in aria possono determinare le cosiddette "piogge acide". L'anidride solforosa o biossido di zolfo è un gas incolore, irritante, non infiammabile e molto solubile in acqua. Essendo un gas pesante nell'aria tende a stratificarsi nelle zone più basse. L'origine naturale deriva principalmente dalle eruzioni vulcaniche mentre quella antropica deriva dalla combustione domestica degli impianti non metanizzati e dall'uso di combustibili liquidi e solidi nelle centrali termoelettriche.

Ossidi di azoto

In atmosfera sono presenti diverse specie di ossidi di azoto ma per quanto riguarda l'inquinamento dell'aria si fa quasi esclusivamente riferimento al termine NO_x che sta ad indicare la somma del monossido di azoto (NO) e del biossido di azoto (NO₂). L'ossido di azoto (NO) è un gas incolore, insapore ed inodore. È prodotto soprattutto nel corso dei processi di combustione ad alta temperatura insieme al biossido di azoto (che costituisce meno del 5% degli NO_x totali emessi). È soggetto a processi di ossidazione in atmosfera con l'ossigeno e più rapidamente con l'ozono producendo biossido di azoto. La tossicità del monossido di azoto è limitata, al contrario di quella del biossido di azoto che risulta invece notevole. Il biossido di azoto è un gas tossico di colore giallo-rosso,

dall'odore forte e pungente e con grande potere irritante; è un ossidante molto reattivo e quindi altamente corrosivo. Il ben noto colore giallognolo delle foschie che ricoprono le città ad elevato traffico è dovuto principalmente al biossido di azoto.

Ozono

L'ozono è un gas tossico di colore bluastrò, costituito da molecole instabili formate da tre atomi di ossigeno (O_3). L'ozono è presente per più del 90% nella stratosfera dove viene prodotto dall'ossigeno molecolare per azione dei raggi ultravioletti solari. Nella stratosfera costituisce uno schermo protettivo nei confronti delle radiazioni UV generate dal sole. Per effetto della circolazione atmosferica viene in piccola parte trasportato anche negli strati più bassi dell'atmosfera (troposfera), nei quali si forma anche per effetto di scariche elettriche durante i temporali. Generalmente nella troposfera è presente a basse concentrazioni e rappresenta un inquinante secondario particolarmente insidioso. Viene inoltre prodotto nel corso di varie reazioni fotochimiche attraverso inquinanti primari, in particolare dal biossido di azoto. Le più alte concentrazioni di ozono si rilevano nei mesi più caldi dell'anno (primavera-estate) e nelle ore di massimo irraggiamento solare.

Particolato ("Particulate Matter")

Il particolato atmosferico è l'insieme di particelle atmosferiche solide e liquide con diametro aerodinamico compreso fra 0,1 e 100 μm . Le particelle più grandi generalmente raggiungono il suolo in tempi piuttosto brevi e causano fenomeni di inquinamento su piccola scala. Sia le particelle di origine antropica che naturale possono dar luogo al particolato primario (emesso direttamente nell'atmosfera) o secondario (formatosi in atmosfera attraverso reazioni chimiche). Il particolato atmosferico può diffondere la luce solare assorbendola e rimettendola in tutte le direzioni. Questo fenomeno può determinare effetti locali (temporanea diminuzione della visibilità) e globali (possibili influenze sul clima). Molto pericoloso per la salute dell'uomo è il PM_{10} , particelle aventi il diametro aerodinamico minore di 10 micron. Le dimensioni delle particelle sono tali da penetrare fino al tratto toracico dell'apparato respiratorio

(bronchi) mentre quelle più piccole possono arrivare fino agli alveoli polmonari, dove avviene lo scambio ossigeno-anidride carbonica del nostro organismo.

Il Benzene

Il benzene è un idrocarburo aromatico strutturato ad anello esagonale, costituito da 6 atomi di carbonio e 6 atomi di idrogeno (formula C_6H_6). Il benzene è il più semplice composto della classe degli idrocarburi aromatici. A temperatura ambiente si presenta come un liquido incolore che evapora all'aria molto velocemente. È una sostanza altamente infiammabile, ma la sua pericolosità è dovuta principalmente al fatto che è un carcinogeno riconosciuto per l'uomo. Pur essendo la pericolosità del benzene ampiamente dimostrata da numerose ricerche mediche, per il suo ampio utilizzo questa sostanza è praticamente insostituibile. Molte industrie lo utilizzano per produrre alcuni tipi di gomme, lubrificanti, coloranti, inchiostri, collanti, detergenti, solventi e pesticidi.

2.2. Caratterizzazione degli inquinanti primari e secondari.

A prescindere dalla loro origine, gli inquinanti possono essere distinti in due categorie: primari e secondari. I primi, che possono avere natura particellare o gassosa, sono gli inquinanti che vengono immessi direttamente nell'ambiente in seguito al processo che li ha prodotti. I principali inquinanti primari sono quelli emessi nel corso dei processi di combustione di qualunque natura: il monossido di carbonio; il biossido di carbonio; il monossido di azoto; le polveri; gli idrocarburi incombusti; nel caso in cui i combustibili contengano anche zolfo, si ha inoltre emissione di anidride solforosa. Tra gli inquinanti primari di natura gassosa sono annoverati i composti dello zolfo dell'azoto del carbonio e i composti alogenati (figura 2.1):

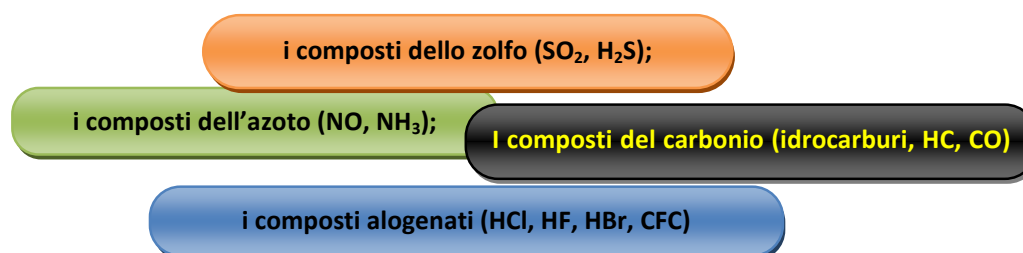


Figura 2.1 Inquinanti Primari di natura gassosa

Valori elevati di concentrazione in aria di questi elementi e/o loro composti, contribuiscono fortemente a definire condizioni di inquinamento atmosferico.

Dopo la loro emissione in atmosfera, gli inquinanti primari sono soggetti a processi di diffusione, trasporto e deposizione. Subiscono inoltre dei processi di trasformazione chimico-fisica che possono portare alla formazione degli inquinanti secondari che spesso risultano più tossici e di più vasto raggio d'azione dei composti originari. Fenomeni di diffusione turbolenta e di trasporto delle masse d'aria determinano la dispersione dei contaminanti in atmosfera. La rimozione degli inquinanti è determinata dai vari processi di deposizione. Sia la dispersione che la rimozione sono strettamente dipendenti dai vari processi meteorologici che regolano il comportamento delle masse d'aria nella troposfera. Studiare il comportamento degli inquinanti primari è necessario sia per conoscere il profilo qualitativo, quantitativo e temporale delle emissioni, sia per avere informazioni sui processi meteorologici che interessano le aree soggette alla presenza dei vari inquinanti. (Seinfeld & Pandis, 1998) Gli inquinanti di natura particellare, primari o secondari, costituiscono il particolato atmosferico (*particulate matter*, **PM**) o polveri totali sospese (**PTS**) cioè l'*aerosol*, insieme di particelle disperse in atmosfera definito come, solide e liquide, con diametro compreso tra qualche nanometro (nm) e decine/centinaia di micrometri (µm). I fenomeni che influenzano la grandezza della particelle sono mostrate schematicamente nella figura 2.2. In essa sono ben chiari i vari processi come la condensazione ¹, la coagulazione ², la nucleazione ³ che avvengono per le diverse dimensioni delle particelle.

¹ La *condensazione* è il processo con il quale avviene il passaggio di specie di una sostanza dalla fase gassosa allo stato condensato.

² La *coagulazione* è il processo con la quale subito dopo una fase di condensazione, così come può avvenire in atmosfera, due o più particelle urtandosi creano una particella di dimensioni maggiori.

³ La *nucleazione* è il processo, attraverso reazioni chimiche, con la quale si ha la formazione di particelle allo stato solido a partire da specie gassose o liquide

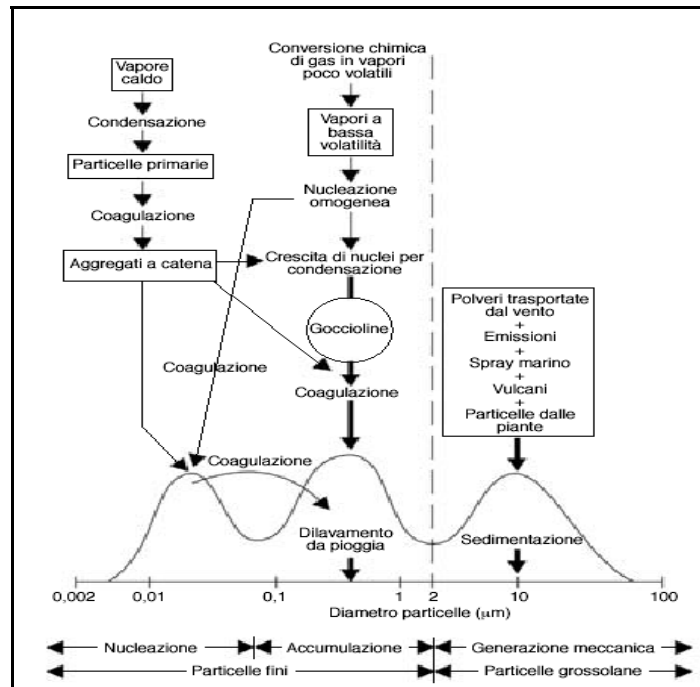


Figura 2.2. Distribuzione schematica delle particelle di particolato di un aerosol. Modificato da (Whitby & Cantrell, 1976).

Le dimensioni delle particelle è il parametro più importante per la descrizione del loro comportamento e della loro origine; per la composizione chimica, la rimozione, ed il tempo di residenza. Tutte queste caratteristiche e il diverso comportamento sono ben schematizzate nella figura 2.3. di seguito riportata:

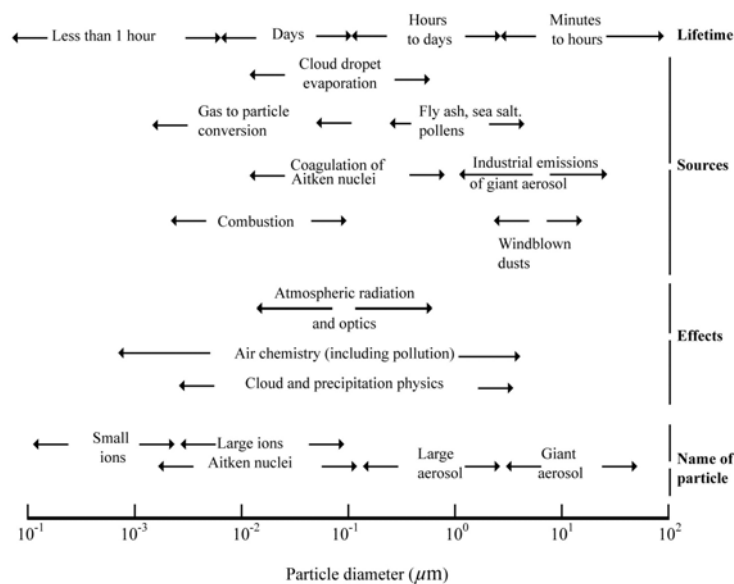


Figura 2.3. Comportamento e caratteristiche delle particelle di particolato rispetto al diametro. Fonte (Wallace & Hobbs, 1977)

Il *particolato primario* è costituito da particelle, sia fini che grossolane, originatesi direttamente da processi meccanici di erosione, dilavamento e rottura di particelle più grandi, da processi di evaporazione dello spray marino in prossimità delle coste, da processi di combustione, ed è emesso in atmosfera direttamente nella sua forma finale da sorgenti identificabili. Esso sarà dunque molto concentrato nell'aria immediatamente circostante il suo punto di emissione.

Il *particolato secondario* è costituito dagli aerosol, contenenti quasi esclusivamente particelle fini dal diametro inferiore a 1 μm , che si generano dalla conversione dei gas in particelle solide. Il particolato secondario, infatti, si forma grazie a processi di condensazione di sostanze a bassa tensione di vapore, precedentemente formatesi attraverso evaporazione ad alte temperature, o grazie a reazioni chimiche tra inquinanti primari allo stato gassoso presenti in atmosfera (Brasseur et al, 1999)

Gli inquinanti secondari sono invece quelle sostanze che si formano dagli inquinanti primari in seguito a modificazioni di varia natura generate da reazioni che, spesso, coinvolgono l'ossigeno atmosferico e la luce (processi fotochimici).

Fra i processi di formazione degli inquinanti secondari, particolare importanza è assunta dalla serie di reazioni che avvengono fra gli ossidi di azoto e gli idrocarburi in presenza di luce solare. Questa catena di reazioni porta all'ossidazione del monossido di azoto (NO) a biossido di azoto (NO₂), alla produzione di ozono (O₃) ed all'ossidazione degli idrocarburi, con conseguente formazione di aldeidi, perossidi, di acidi nitriloperacetici (PAN), acido nitrico, nitrati e nitroderivati in fase particellare, e centinaia di altre specie chimiche minori. L'insieme dei prodotti di queste reazioni viene definito *smog fotochimico* (Wayne, 1991), e rappresenta una delle forme di inquinamento più dannose per l'ecosistema. L'uso del termine smog è dovuto alla forte riduzione della visibilità che si determina nel corso degli episodi di inquinamento fotochimico, dovuta alla formazione di un grande numero di particelle di notevoli dimensioni.

2.3. L’Inquinamento atmosferico in area urbana.

Le aree urbane rappresentano, e ancora di più lo saranno nel futuro, il luogo, dove sono maggiormente presenti, le forti interconnessioni degli aspetti ambientali, economici e sociali.⁴ La qualità dello stato dell’ambiente presente nelle città e nelle aree urbane in generale, svolge ruoli fondamentali, quali ridurre gli effetti nocivi che una cattiva qualità dell’ambiente provoca sulla salute umana (WHO, 2000); WHO, 2002.; (Hertel, et al., 2001)), e favorire e rafforzare le potenzialità di crescita economica e sociale (SEC(2006)16, 2006). L’inquinamento atmosferico in area urbana, causa della cattiva qualità dell’aria, è un problema molto serio, ed è il risultato di complesse interazioni tra condizioni naturali e antropogeniche (Mayer H., 1999). Il problema dell’inquinamento atmosferico urbano non è più considerato un problema locale, così come era stato fatto inizialmente ma, come un problema globale (Vardoulakis, S., et al. 2002). Questo emerge sia dalla considerazione che le emissioni di inquinanti “*urbani*” (emissioni dei riscaldamenti domestici, industrie e dal traffico veicolare) sono rilevabili anche a lunghe distanze dalla sorgente (*inquinanti transfrontalieri*), sia dalla consapevolezza che le emissioni provenienti dai combustibili fossili (*GreenHouse Gas (GHG)*), annoverati nei gas che contribuiscono al cambiamento globale del clima (UNFCC, 2000); (IPCC 2. , 2007)), costituiscono un problema pubblico globale (Gillenwater, 2008)

L’inquinamento atmosferico urbano può essere descritto non solo analizzando il percorso degli inquinanti dell’aria nell’atmosfera, così come riportato nella figura 2.4 (nella quale sono riportati sia le complesse interazioni che intercorrono tra fattori naturali e antropologici sia le differenti cause dalla quale dipende la qualità dell’aria) ma, anche dalla comprensione di alcuni fenomeni chimico-fisici che avvengono in atmosfera come, ad esempio quello dell’ *Aerosol Urbano*. L’Aerosol Urbano infatti, è definito come “*una miscela delle emissioni del particolato “primario” proveniente da industrie, trasporti, centrali di produzione di energia e sorgenti naturali, con materiale secondario attraverso il meccanismo di conversione tra gas e particelle*” (Seinfeld & Pandis, 1998).

⁴ Accordo di Bristol: <http://www.communities.gov.uk/corporate/>

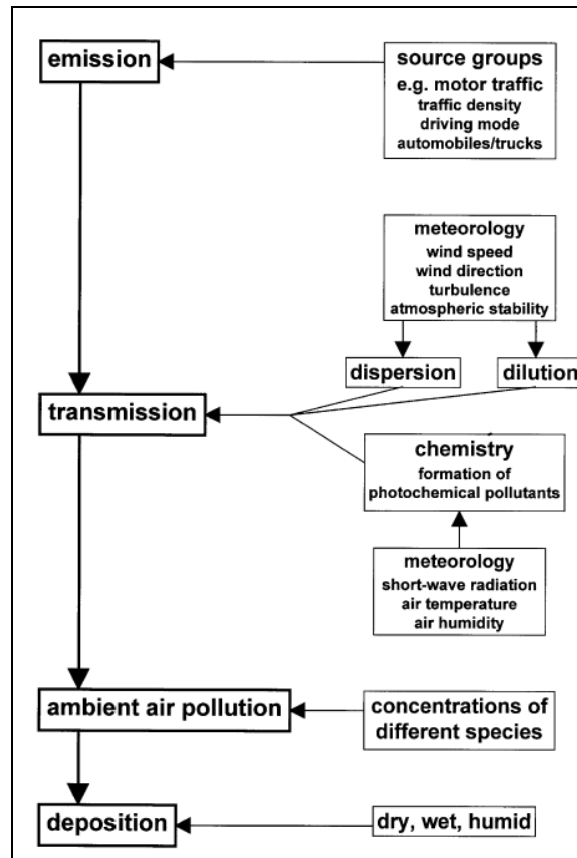


Figura 2.4. Illustrazione schematica del percorso seguito dagli inquinanti atmosferici in atmosfera. Fonte: Mayer, H., 1999.

Tra i fattori che influenzano la qualità dell'aria nelle aree urbane, le sorgenti delle emissioni (naturali o antropogeniche) hanno un ruolo fondamentale e sono di certo l'elemento sul quale maggiormente agire per ridurre la loro presenza in aria.

2.3.1. I fattori che influenzano la Qualità dell'Aria Urbana.

I fattori più rilevanti che possono influenzare la qualità dell'aria in un insediamento o agglomerato urbano (CE, 2008) sono (UN-Habitat, 2000)⁵:

- **L'Ubicazione geografica**, e quindi l'orografia del terreno, caratteristica dell'area sulla quale gravita l'area urbana o che circonda la città, influenza, attraverso la deviazione dei flussi d'aria verticali e orizzontali, i flussi degli inquinati presenti in nell'aria stessa. Diverso infatti è la qualità dell'aria, se consideriamo un città che

⁵ <http://ww2.unhabitat.org/wuf/2006/aqm/index.htm>

ha intorno ad essa una montagna (fig.2.5.)o delle colline, rispetto a quella ubicata vicino alla costa marina (figura 2.6).

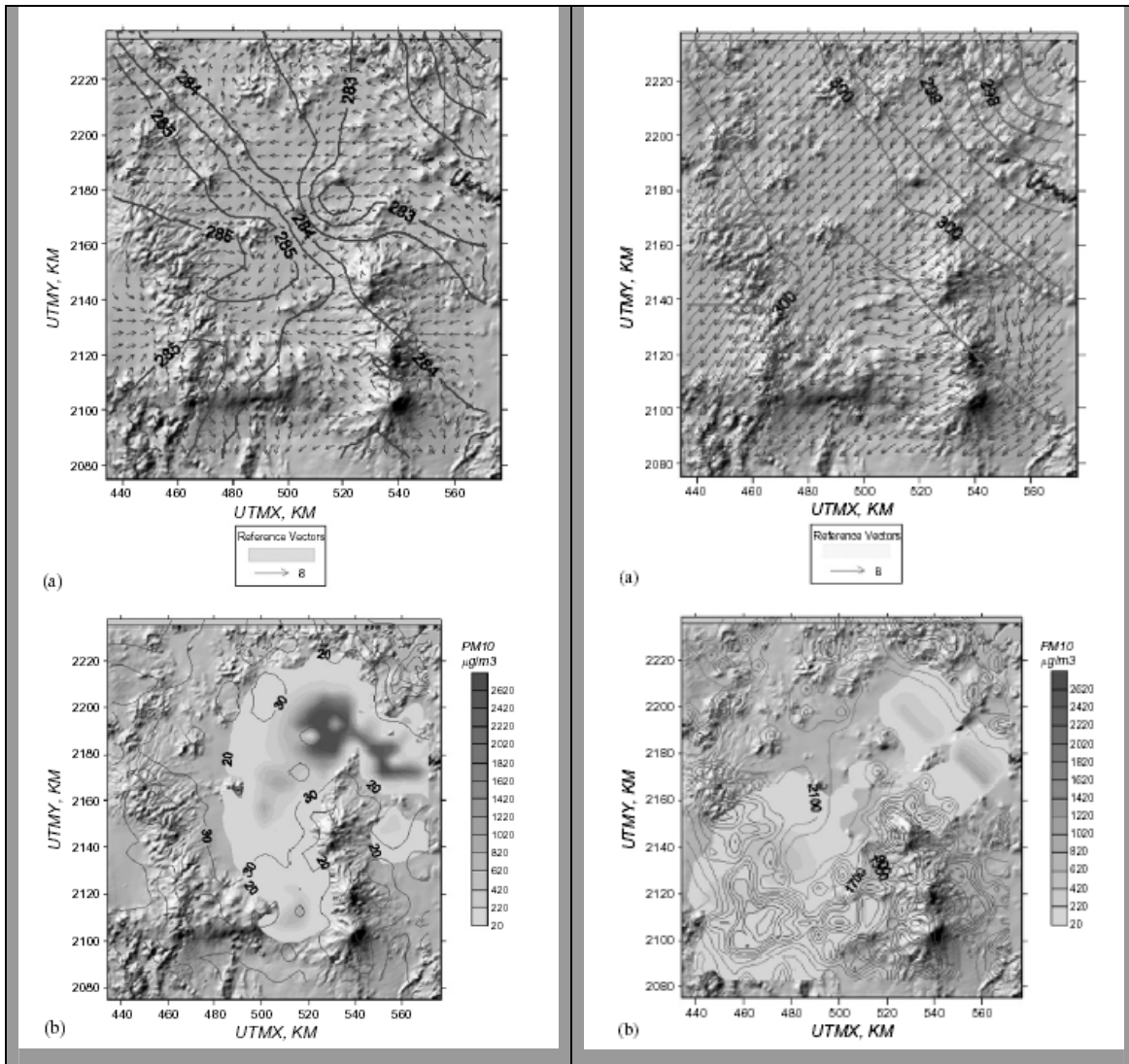


Figura 2.5. Qualità dell'aria rispetto all'ubicazione della città.

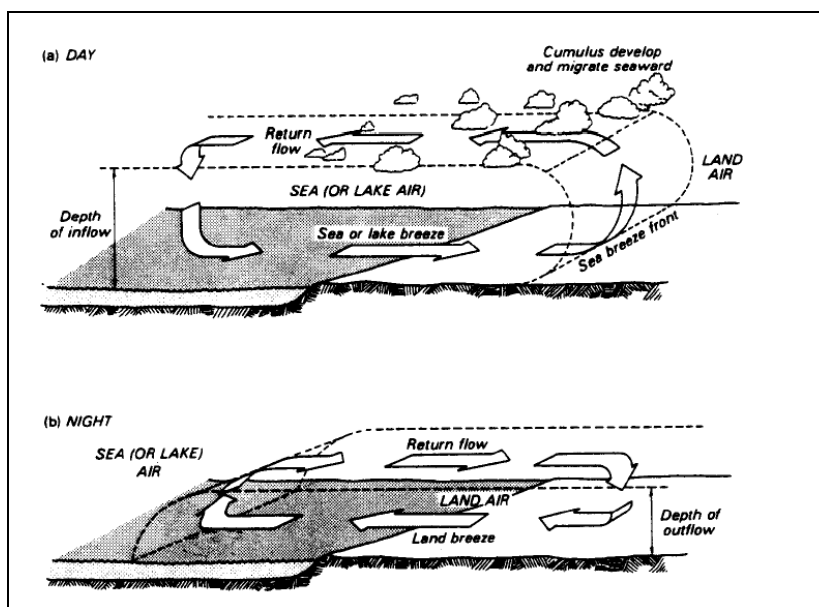


Figura 2.6. Caratteristica schema della brezza di mare e di terra (da Oke,1987).

- **Fattori Climatologici e Meteorologici:** differenti zone climatiche (zone tropicali, secche o fredde) agiscono diversamente sull'inquinamento dell'aria e sulla dispersione degli inquinanti. La dispersione di questi ultimi è influenzata dal micro-clima e dai fattori meteorologici (Cogliani, 2001) quali la velocità del vento, la direzione, le turbolenze, la temperatura, le precipitazioni e l'umidità.
- **Forma e Pianificazione della Città:** la struttura urbana di una città e la sua espansione influenzano molto la qualità dell'aria (Borrego et al., 2006). Tale influenza è dovuta soprattutto *“all'espansione irregolare”* che provoca l'incremento di domanda di pendolarismo e il generarsi del traffico. La qualità dell'aria è commisurata anche alla *“presenza di aree densamente urbanizzate a carattere commerciale o d'affari”* con presenza di edifici molto alti, provocando l'effetto canyon (Hunter et al., 1992); alla *“presenza di grandi aree congestionate e povere”*; alla *“presenza di aree industriali”* che generano forti emissioni di inquinanti; alla *“presenza di superstrade, autostrade e altre infrastrutture di trasporto all'interno delle città”* e, alla *“presenza di foreste, aree verdi o agricole”* che assorbono i greenhouse gas e filtrano particolato e polveri

- **Attività umane nelle aree urbane:** sono una delle principali cause dell'inquinamento atmosferico urbano, in esse infatti sono incluse il comportamento per la mobilità, lo sviluppo industriale, la produzione e l'uso dell'energia, la produzione dei rifiuti e tutte quelle attività che producono polvere.

2.4. Le sorgenti di emissioni

Le sostanze presenti in atmosfera vengono emesse sia da sorgenti naturali che antropogeniche. L'acidificazione, la degradazione dell'aria, il riscaldamento globale, i cambiamenti climatici, la riduzione dello strato dell'ozono, il deterioramento e delle strutture nonché soprattutto, l'esposizione umana e degli ecosistemi, sono problemi che derivano dall'impatto che le diverse sostanze emesse hanno sull'ambiente. E' necessario, quindi, quantificare e avere maggiori informazioni possibili sulle emissioni e sulle loro sorgenti, in modo da definire le priorità ambientali e identificare le strategie politico-economiche per la sua salvaguardia e protezione, dell'ambiente.

2.4.1. Le sorgenti Antropiche

L'inquinamento dell'aria di origine antropica si sprigiona dalle grandi sorgenti fisse (industrie, impianti per la produzione di energia elettrica ed inceneritori); da piccole sorgenti fisse (impianti per il riscaldamento domestico) e da sorgenti mobili (il traffico veicolare). Molte di queste sorgenti sono strettamente legate alla produzione e al consumo di energia, specialmente da combustibili fossili. L'uso di combustibili fossili per il riscaldamento domestico, in particolare di oli combustibili pesanti, di biomassa e di carbone è una fonte significativa di inquinamento ambientale da polveri e biossido di zolfo. Anche il traffico contribuisce in gran parte alle emissioni di questi inquinanti nelle città caratterizzate da una grande congestione veicolare. Le grandi sorgenti fisse, spesso localizzate lontano dai più grandi centri abitati, disperdono nell'aria a grandi altezze,

mentre il riscaldamento domestico ed il traffico producono inquinanti che si liberano a livello del suolo in aree densamente abitate. Come conseguenza, le sorgenti mobili e quelle fisse di piccole dimensioni contribuiscono in modo maggiore all'inquinamento dell'aria nelle aree urbane e, di conseguenza, costituiscono un pericolo per la salute pubblica molto più di quanto non si potrebbe supporre facendo un semplice confronto quantitativo fra i vari tipi di emissioni.

Per quanto riguarda gli altri inquinanti principali è da sottolineare che nell'emissione di ozono e di composti organici volatili le sorgenti antropiche hanno un ruolo fondamentale tanto quanto quelle naturali; le combustioni in genere rappresentano la causa principale delle emissioni di ossido di azoto; i motori dei mezzi di trasporto rappresentano tipicamente la causa principale delle emissioni di monossido di carbonio. Oltre alle sostanze prodotte dai vari processi di combustione, vi sono altri inquinanti che vengono prodotti nel corso di particolari cicli tecnologici. Questi composti vengono liberati in quantità notevolmente inferiori e per questo risultano poco rilevanti come impatto globale a livello planetario; in ogni caso, sono altamente tossici, e la loro presenza è particolarmente importante su scala locale.

Le emissioni da sorgenti antropiche hanno avuto un notevole incremento dall'epoca industriale, tale andamento è ben visibile se consideriamo, come illustrato nella figura 2.7. (fonte UNEP, 2008), i valori delle concentrazioni di alcuni greenhouse gas dall'epoca pre-industriale fino al 1998. Nella figura oltre ai valori della concentrazioni, notevolmente aumentati, sono ben visibili sia i "tempi di vita" di ogni gas nell'atmosfera (*Atmospheric lifetime*) sia le principali sorgenti delle attività antropiche dalla quale gli inquinanti sono emessi.

Gas name	Pre-industrial concentration (ppmv *)	Concentration in 1998 (ppmv)	Atmospheric lifetime (years)	Main human activity source	GWP **
Water vapour	1 to 3	1 to 3	a few days	-	-
Carbon dioxide (CO ₂)	280	365	variable	Fossil fuels, cement production, land use change	1
Methane (CH ₄)	0,7	1,75	12	Fossil fuels, rice paddies waste dumps, livestock	21
Nitrous oxide (N ₂ O)	0,27	0,31	114	Fertilizers, combustion industrial processes	310
HFC 23 (CHF ₃)	0	0,000014	250	Electronics, refrigerants	12 000
HFC 134 a (CF ₃ CH ₂ F)	0	0,0000075	13,8	Refrigerants	1 300
HFC 152 a (CH ₃ CHF ₂)	0	0,0000005	1,4	Industrial processes	120
Perfluoromethane (CF ₄)	0,0004	0,00008	>50 000	Aluminium production	5 700
Perfluoroethane (C ₂ F ₆)	0	0,000003	10 000	Aluminium production	11 900
Sulphur hexafluoride (SF ₆)	0	0,0000042	3 200	Dielectric fluid	22 200

* ppmv = parts per million by volume, ** GWP = Global warming potential (for 100 year time horizon).

Figura 2.7. Variazione delle concentrazioni di alcuni GreenHouse Gas tra l'epoca pre-industriale e il 1998. Fonte. (UNEP, 2008).

Le sorgenti delle emissioni possono essere identificate attraverso inventari basati su *key categories*⁶, riportato nella figura 2.8. (EEA, 2008), o settori di provenienza come riportato nella figura 2.6. (CAIT, 2005).

Nella figura 2.8. si evidenziano le emissioni di NO_x, CO, NMVOC, SO_x, NH₂, PM₁₀ e PM_{2,5} dei 27 stati membri Europei, e vengono identificati i più importanti settori che contribuiscono all'emissioni di un dato inquinante. Le sorgenti che contribuiscono a emettere sei dei sette inquinanti riportati, sono quelli del trasporto su strada, le industrie manifatturiere e di costruzione, il trasporto marino, l'agricoltura e il riscaldamento residenziale. In particolare, è chiaro "il peso" con il quale contribuisce il settore del trasporto su strada, risultante dai dati come la più importante sorgente di NO_x, CO e NMVOCs rispettivamente con il 39,4 % 36,4 % e 17,9 % mentre, è la seconda

⁶ Una *key category* è quella che ha una influenza significativa su gli inventari totali nazionali, sia in termini di livelli assoluti di emissione sia sul trend dei livelli di emissioni o entrambi. (IPCC, 2000).

degli effetti che produce sul pianeta, richiede un intervento organico di tutti gli Stati a livello mondiale. I paesi più industrializzati ed, in particolare gli Stati membri della Unione Europea hanno tuttavia sviluppato ed attuato importanti progetti con un programma (cosiddetto norme euro) a tappe che prevede una consistente riduzione delle sostanze inquinanti rilasciate nell'atmosfera per tutti i veicoli immatricolati entro i prossimi 5 anni che consentirà di abbattere in modo significativo l'impatto ambientale dei veicoli immessi in circolazione. Con il 2005 si sono conclusi i cinque anni della "era automobilistica" Euro 3: il primo gennaio 2006 siamo entrati in quella Euro 4, e nel 2011 inizierà la Euro 5.

L'industria manifatturiera rappresenta una significativa fonte di emissione di inquinanti quali NO_x , CO, PM_{10} e $\text{PM}_{2,5}$, mentre le sorgenti di produzione dell'energia elettrica e del riscaldamento residenziale sono principalmente importanti per il contributo delle emissioni di SO_x e NO_x . Le attività agricole (uso di fertilizzanti e emissioni dirette dai suoli) sono le sorgenti per più del 90 % di inquinanti, quali l' NH_3 , che contribuisce al problema dell'acidificazione e eutrofizzazione. Inoltre questi tipi di inquinanti sono identificati in poche *key categories*.

Nella successiva figura 2.9. usata per le emissioni dei differenti tipi di GreenHouse Gas, le sorgenti di tipo antropico sono chiaramente definite. Anche in questo caso la sorgente energetica, nella quale sono racchiusi i settori del trasporto, produzione di energia e riscaldamento, industria e altre combustioni, rappresenta la principale sorgente di CO_2 mentre, la sorgente agricola contribuisce esclusivamente per il 13,5 % dell'emissione di metano (CH_4) e per l'8% di emissione di ossido d'azoto (N_2O).

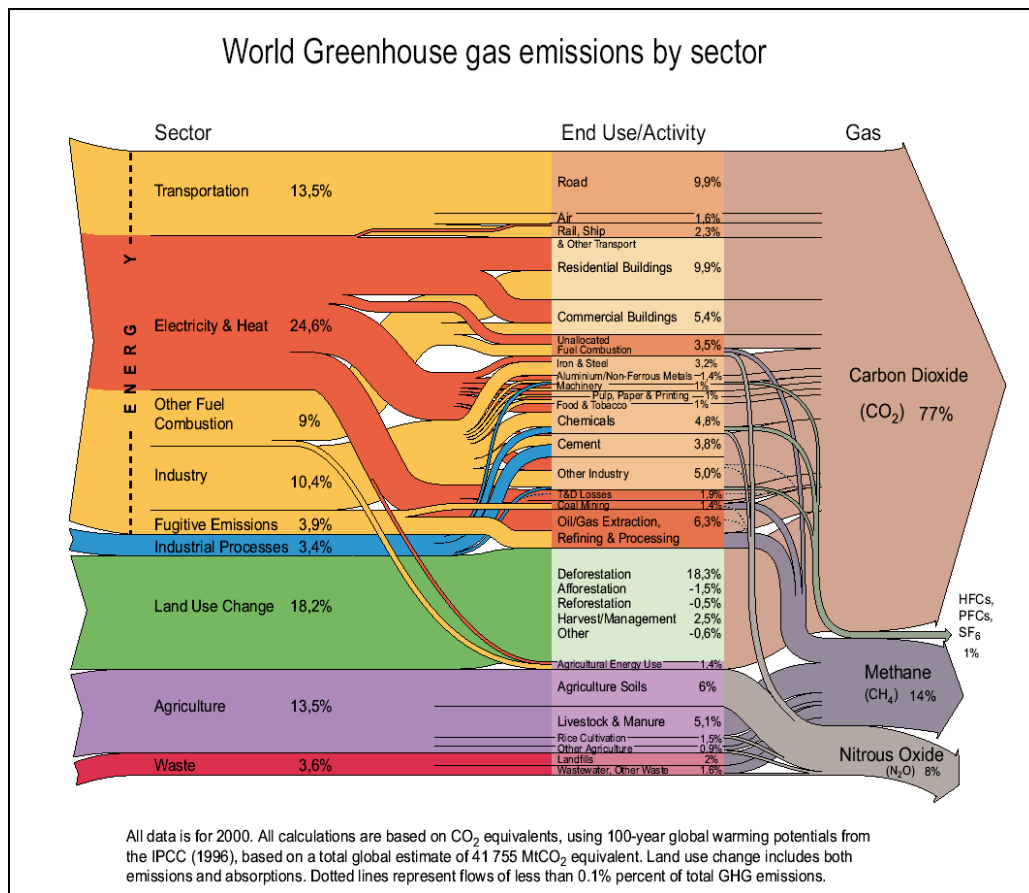


Figura 2.9. Dati delle emissioni di Greenhouse Gas e relativi settori di provenienza. Fonte CAIT, 2005.

2.4.2. Le sorgenti Naturali

Ci sono molte fonti di inquinanti naturali che alle volte assumono più rilevanza di quelle originate dall'uomo. Gli inquinanti naturali dell'aria sono sempre stati parte della storia dell'uomo. Polveri dei deserti e particolati trasportati sia a lunga che breve distanza (Loye-Pilot et al., 1986), (Niemi, et al., 2005), i vari gas emessi dai vulcani (Alfaro et al., 1997), (Miranda et al., 2004), gli incendi delle foreste (Conard et al., 1997), (Cheng et al., 1998), (Cinnirella et al., 2006), la decomposizione dei composti organici (Isidorov, 1990) (Fall et al., 1996), le emissioni biogeniche (Thunis et al., 2000), (Yassaa et al., 2000) nonché i fulmini (Tost et al., 2007), partecipano in atmosfera a tutti quei processi chimico-fisici, che causano, o possono causare, effetti sia sulla qualità dell'aria sia sul cambiamento climatico.

Un esempio di “responsabilità” delle sorgenti naturali è certamente l’importante contributo che esse danno nella formazione di alcuni composti, quali i NMVOC (non-methane volatile organic compounds), il monossido di carbonio (CO), l’ossido di azoto (NO), i quali determinano le concentrazioni degli ossidanti troposferici.





In ogni caso gli inquinanti naturali non rappresentano necessariamente un serio problema come possono esserlo gli inquinanti di origine antropica perché risultano spesso notevolmente meno pericolosi dei composti prodotti dall’uomo e non si concentrano mai sulle grandi città. Le sorgenti naturali di ossidi di azoto comprendono i vulcani, gli oceani, le decomposizioni organiche e l’azione dei fulmini, mentre quelle di biossido di zolfo includono i vulcani, la decomposizioni organiche e gli incendi delle foreste. L’importanza delle sorgenti naturali di particolato (i vulcani e le tempeste di sabbia) è invece minore di quelle antropiche dato che originano particelle di dimensioni tali da non poter arrecare danni rilevanti all’apparato respiratorio.

Queste sorgenti solitamente non provocano degli episodi di inquinamento particolarmente acuto in quanto l’inquinamento in genere avviene su scala temporale relativamente ridotta. La maggior parte dei composti gassosi dell’aria costituisce parte dei cicli naturali, per questo gli ecosistemi sono in grado di mantenere l’equilibrio tra le varie parti del sistema. Comunque, le sorgenti delle emissioni naturali sono fortemente influenzate dalle attività umane le quali, soprattutto negli ultimi duecento anni, ne hanno significativamente guidato il cambiamento sia nella loro grandezza sia nella loro distribuzione. (Guenther et al, 2000).

L’introduzione di grandi quantità di composti addizionali può compromettere anche definitivamente i naturali cicli biochimici preesistenti. Poiché molto poco può essere fatto dall’uomo nei riguardi dell’inquinamento naturale, la maggior preoccupazione deve essere quella di ridurre le emissioni inquinanti prodotte dalle attività umane.

Tutti gli eventuali elementi presenti nell’atmosfera che in concentrazioni sufficienti costituiscono un inquinante, si possono raggruppare e classificare attraverso quattro gruppi principali (Seinfeld & Pandis, 1998)(tabella 2.1):

Tabella 2.1. Gruppi principali degli elementi presenti in atmosfera.

-  Zolfo-e suoi composti;
-  Azoto-e suoi composti;
-  Carbonio-e suoi composti;
-  Alogeno-e suoi composti.

la sorgente di emissione naturale di ognuno di questi elementi, e dei suoi composti, è quasi sempre presente, soprattutto se consideriamo lo strato atmosferico più prossimo alla superficie terrestre (troposfera). Nella tabella 2.2. (inserire tab. 5.1 da) sono riportate le sorgenti naturali e antropogeniche di alcuni di questi composti,

Tabella 2.2. Composti e sorgenti ,naturali e antropiche, di alcuni composti inquinanti.Modificata da Wayne, 1996.

Composti	Sorgenti Naturali	Antropiche
Zolfo-e suoi composti Diossido di zolfo (SO ₂) Solfuro di idrogeno (H ₂ S) Dusolfuro di Carbonio (CS ₂) Sulfuro Carbonile (COS)	Ossidazione di H ₂ S; attività vulcaniche	Combustione di oli e carbone
	Fermentazione Anaerobica; vulcani e fumarole	Raffinamento di Oli, concime animale
	Fermentazione Anaerobica	Fabbriche di Viscosa e seta artificiale
	Ossidazione di CS ₂	Fornaci per mattoni, etc.
Azoto-e suoi composti Ossido di azoto (NO) Biossido di azoto(NO ₂) Ossido di azoto(N ₂ O)	Incendi delle foreste, processi anaerobici nei suoli, temporali	Combustione di oli, gas e carbone
	Incendi delle foreste, temporali	Combustione di oli, gas e carbone; trasformazione atmosferica di NO
	Emissioni dalla denitrificazione dei batteri nei suoli, oceani	Combustione di oli, gas e carbone
Carbonio-e suoi composti Monossido di carbonio(CO) Biossido di carbonio(CO ₂) Metano(CH ₄)	Ossidazione di metano, C ₅ naturale, C ₁₀ idrocarburi, oceani, incendi delle foreste	Ossidazione idrocarburi, combustioni incomplete di legna olii, gas e carbone, processi industriali.
	Ossidazione naturale si CO, distruzione delle foreste, respirazione delle piante	Combustione di oli, gas, carbone e legna
	Fermentazione animale, emissioni dalle paludi, aree umide, oceani	Fermentazione animale nei ruminanti, emissioni da liquami, etc.
Alogeno-e suoi composti Cloruro di Idrogeno (HCL) Cloruro di Metile (CH ₃ Cl) DiCloruro di Metilene (CH ₂ Cl ₂)	Vulcani e fumarole, degradazione di CH ₃ Cl	Combustione di carbone, degradazione di clorocarboni
	Bassa combustione di materia organica,	PVC e combustione di tabacco
	ambienti marini, alghe	Solventi

2.5. Gli effetti dell'inquinamento atmosferico.

L'inquinamento atmosferico, oltre a produrre effetti negativi per la biosfera e per alcuni processi fisico-chimici che in essa avvengono, produce effetti nocivi sugli ecosistemi, sui materiali (naturali o artificiali) ma, soprattutto sulla salute dell'uomo. L'inquinamento atmosferico rappresenta, dunque una minaccia che coinvolge tutto il pianeta, poiché le correnti dell'aria e del mare diffondono le sostanze pericolose per tutto il globo. Per quanto concerne la troposfera le sostanze inquinanti in genere vengono scisse o assimilate dall'umidità per alcuni mesi, mentre nella stratosfera possono rimanere in sospensione anche per anni. Nel caso in cui si verificano particolari condizioni meteorologiche, nebbia e gas inquinanti si fondono nello smog, che oscura il cielo dei grandi centri abitati. L'inquinamento può seguire diversi processi. I fumi delle industrie si mescolano con il vapore delle nubi, le cui piogge, ricadendo acide sulla terra, distruggono piante e contaminano mari, fiumi e laghi. I gas di scarico emessi da industrie e automobili determinano l'aumento della quantità di anidride solforosa e carbonica. Quest'ultima è ulteriormente pericolosa perché se arriva a livelli esageratamente elevati può alterare il delicato equilibrio dell'effetto serra. Come conseguenza si potrebbe verificare un graduale aumento della temperatura media sulla Terra, che potrebbe completamente sconvolgere gli equilibri della biosfera.

Le relazioni cause effetti dei principali inquinanti atmosferici sono riportati nella figura 2.10. (EEA SEC 1133, 2005) dove risulta ben evidenziato quali sono i settori di provenienza di origine degli inquinanti, la tipologia di inquinante prodotta, il processo nel quale lo specifico inquinante è coinvolto ed infine, i vari effetti prodotti sulla salute umana, sull'ambiente, sui materiali e sull'agricoltura.

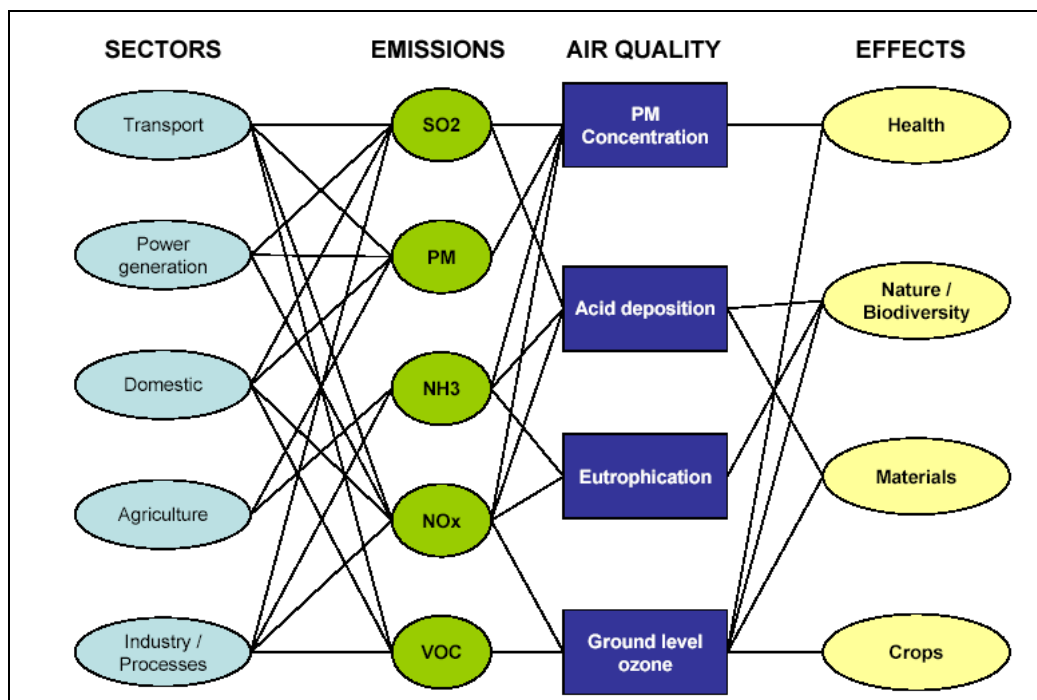


Figura 2.10. Relazioni cause-effetto di alcuni principali inquinanti atmosferici. EEA, SEC 1133, 2005.

2.5.1. Gli effetti sulla salute umana.

L'inquinamento atmosferico comporta spesso numerose conseguenze a carico della salute, soprattutto in situazioni in cui si verificano l'innalzamento delle concentrazioni dei comuni contaminanti dell'aria (inquinamento acuto). Negli ultimi decenni gli studi epidemiologici, sia in Europa che nel resto del mondo hanno misurato un incremento della mortalità e della morbilità associata all'inquinamento atmosferico (WHO (b), 2000) soprattutto nelle aree urbane, dove vive la maggior parte della popolazione mondiale, e dove quindi è molto elevato il numero di persone che sono esposte agli effetti degli inquinanti.

L'esposizione all'inquinamento atmosferico è associato ad un largo spettro di effetti acuti, e cronici, insieme a quelli irritanti e mortali. (WHO (b), 2000). Fortunatamente, come è riportato nella figura 2.11., la frequenza con la quale si verificano impatti che provocano gravi effetti, è inversamente proporzionale alla severità degli effetti stessi (ATS, 2000).

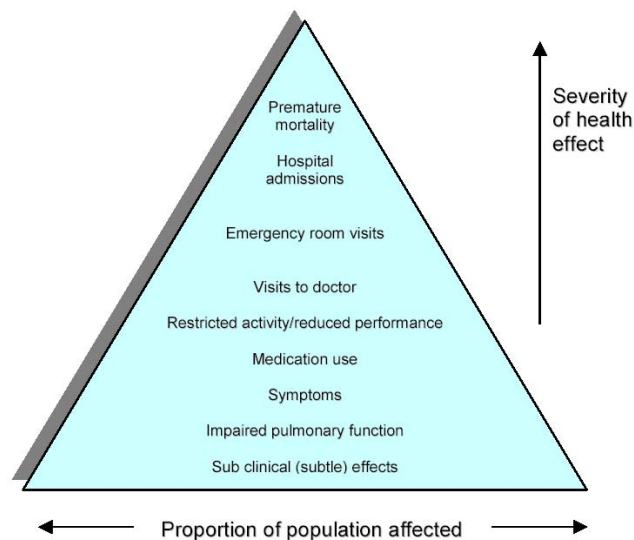
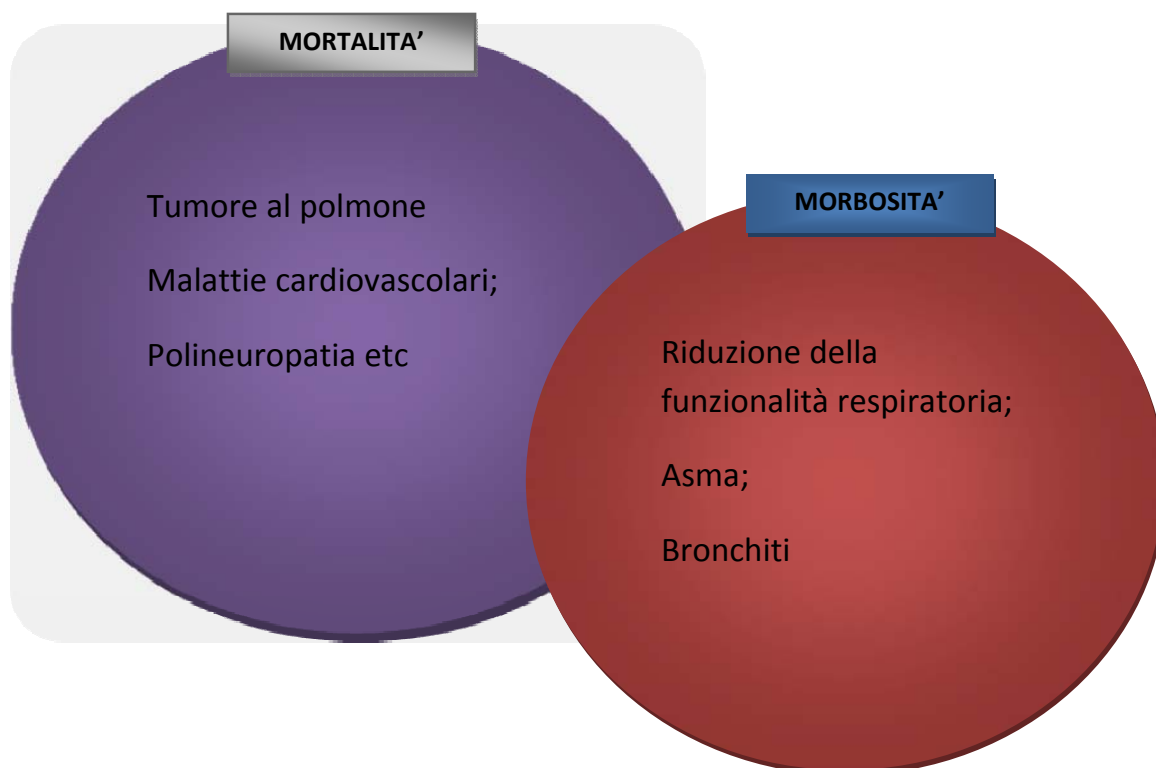


Figura 2.11. Piramide degli effetti sulla salute degli inquinanti atmosferici. ATS, 2000.

L'aumentata esposizione a vari irritanti atmosferici provoca conseguenze negative per la salute umana, tra cui: la riduzione della funzionalità polmonare, l'aumento delle malattie respiratorie nei bambini, gli attacchi acuti di bronchite e l'aggravamento dei quadri di asma; il tutto comporta un forte incremento nel numero dei decessi fra le persone maggiormente sensibili a determinate sostanze inquinanti, come gli anziani o le persone affette da malattie respiratorie e cardiovascolari. L'effetto dell'inquinamento a bassi livelli e per lungo tempo è più difficile da individuare. Si presume che provochi a breve termine disagio, irritazione, tossicità specifica, affezioni respiratorie acute e soprattutto fra gli anziani affetti da patologie croniche cardiovascolari o respiratorie. Gli effetti a lungo termine causati da una esposizione ad inquinanti presenti a concentrazioni relativamente basse non sono ancora completamente chiari; in ogni caso si ritiene che fra i vari effetti vi sia la comparsa di malattie polmonari croniche (come la bronchite cronica, l'asma e l'enfisema), la formazione di varie neoplasie maligne (cancro polmonare, leucemie) ed un aumento della mortalità per malattie cardiovascolari e respiratorie.

Secondo stime riportate dall'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) l'inquinamento da polveri fini in ambiente urbano è responsabile ogni anno di circa 100.000 morti nella sola Europa (Crebelli & Carere, 2003).

La stima degli effetti che l'inquinamento atmosferico provoca sulla salute umana viene fatta considerando due indicatori principali :la "mortalità" e la "morbosità". Per entrambi sono inclusi, i dati sulle cause sulle diverse patologie che provocano la mortalità e la morbosità. Dagli studi condotti della Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO, (b) (2000)) riportiamo in figura 2.12. un riepilogo di questi dati



Oltre ai dati precedentemente riportati è necessario conoscere i danni legati ai singoli inquinanti, soprattutto per quelli maggiormente dannosi come il biossido di azoto (NO_2), il monossido di carbonio (CO), il particolato (sia PM_{10} , $\text{PM}_{2,5}$ o PM_1), l'ozono (O_3), il benzene, gli idrocarburi aromatici policiclici (IPA) e le diossine che normalmente sono presenti soprattutto in ambiente urbano. Una schematica descrizione di questi effetti è riprodotta nella tabella 2.3. (Chellini, 2005) di seguito riportata:

Tabella 2.3. Effetti di alcuni inquinanti atmosferici sulla salute umana. Fonte, Chellini, 2005.

Biossido di azoto (NO₂)	<p>Effetti sulla salute umana da esposizione a NO₂ <u>effetti acuti</u>: effetti reversibili sulla funzionalità respiratoria e sulla reattività bronchiale, incremento del 20% di sintomi respiratori nei bambini, incrementi della mortalità e dei ricoveri ospedalieri; <u>effetti cronici</u>: incremento di alterazioni della funzionalità respiratoria nei bambini ,incrementi pari al 40% del rischio di tumore del polmone in residenti 10-30 anni prima in strade ad alto traffico dove la concentrazione di NO₂ e NO_x è > a 30µ/m².</p>
	<p>Possibili effetti sinergici del NO₂ con altri inquinanti Effetti sono dovuti all'azione congiunta del NO₂ con altri inquinanti quali il PM e l' O₂. Perfetto indicatore della mistura degli inquinanti da traffico. Accentua la risposta ad allergeni ambientali.</p>
	<p>Gruppo di popolazione a maggior rischio per esposizioni a NO₂ Asmatici (alterazioni delle funzionalità respiratoria), bambini (decremento della funzionalità respiratoria, riduzione della crescita polmonare.)</p>
Monossido di carbonio (CO)	<p>Effetti sulla salute umana da esposizione a CO. Abbreviazioni dei tempi di esercizio fisico in soggetti affetti da angina pectoris per insorgenza di dolore toracico, e nei soggetti sani. Alterazioni del ritmo cardiaco. Effetti psicomotori sulla vigilanza e coordinazione. Mal di testa, vertigini, nausea, vomito, coma , morte. Tali effetti insorgono per concentrazioni da 2,5 al 50-60 %.</p>
	<p>Possibili effetti sinergici del NO₂ con altri inquinanti Effetti sinergici con le basse temperature nel determinismo dei ricoveri per scompenso cardiaco.</p>
	<p>Gruppo di popolazione a maggior rischio per esposizioni a NO₂ Soggetti affetti da patologie cardiache. Feti.</p>
Particolato (PM)	<p>Effetti sulla salute umana da esposizione a NO₂ <u>effetti acuti</u>: A carico dell'apparato respiratorio e cardiovascolare. <u>effetti cronici</u>: Malattie cardiorespiratorie, tumore del polmone.</p>
	<p>Possibili effetti sinergici del NO₂ con altri inquinanti Maggiori effetti nelle città con temperature più calde, dovuta alla maggiore esposizione della popolazione, maggiori reazioni fotochimiche e conseguente produzione di particolato fine e di prodotti ossidanti.</p>
	<p>Gruppo di popolazione a maggior rischio per esposizioni a NO₂ Anziani, soggetti affetti da malattie respiratorie e cardiovascolari, asmatici (alterazioni delle funzionalità respiratoria), bambini (decremento della funzionalità respiratoria, riduzione della crescita polmonare.)</p>
Ozono (O₃)	<p>Effetti sulla salute umana da esposizione a NO₂ <u>effetti acuti</u>: effetti transitori sulla funzionalità respiratoria, disturbi respiratori in soggetti sani e pre-esistenti alterazioni respiratorie. Incrementi della mortalità per incrementi di 10 µg/mc di ozono di qualsiasi durata. Per soglie di esposizioni pari a 60-80 ppb (120-160 µg/mc) al di sotto della quale non si hanno danni polmonari ed effetti di tipo infiammatorio. <u>effetti cronici</u>: associazioni tra esposizione di lungo periodo e riduzione della crescita della funzionalità respiratoria nell'infanzia. Effetti cronici sull'apparato respiratorio sono sostenuti da studi sperimentali su animale.</p> <p>Possibili effetti sinergici del NO₂ con altri inquinanti Effetti sono dovuti all'azione congiunta dell' O₃ con il particolato. Potenzia la risposta ad allergeni respiratori.</p>

	<p>Gruppo di popolazione a maggior rischio per esposizioni a NO₂ Asmatici (alterazioni delle funzionalità respiratoria), bambini (decremento della funzionalità respiratoria, riduzione della crescita polmonare.), soggetti che svolgono moderata o intensa attività fisica all'aria aperta.</p>
Benzene (C₆H₆)	<p>Effetti sulla salute umana da esposizione a C₆H₆. Per esposizioni a benzene prolungate e a livelli >100-1000 a quelli registrati nell'atmosfera delle aree urbane sono evidenti: gli effetti ematologici per depressioni del midollo osseo, leucopenia, anemia, etc; effetti genotossici: aberrazioni cromosomiche, SCE, micronuclei; effetti cancerogeni: tumori emolinfopoietici, in particolare leucemia.</p>
	<p>Possibili effetti sinergici del NO₂ con altri inquinanti Non sono noti</p>
	<p>Gruppo di popolazione a maggior rischio per esposizioni a NO₂ Tutti, nessuno in particolare.</p>
IPA	<p>Effetti sulla salute umana da esposizione a IPA Effetti oncogeni delle frazioni di IPA contenute in vari condensati di emissioni. Effetti mutageni e cancerogeni osservati in vitro utilizzando particolato da traffico veicolare, così come la compresenza di altri composti e sostanze mutagene o cancerogene, quali i nitroareni, la silice e l'amianto.</p>
	<p>Possibili effetti sinergici degli IPA con altri inquinanti Gli IPA da 4 a 7 anelli sono quelli che si legano preferenzialmente al particolato.</p>
	<p>Gruppo di popolazione a maggior rischio per esposizioni a NO₂ Tutti, nessuno in particolare.</p>
Diossine	<p>Effetti sulla salute umana da esposizione a IPA Per elevate esposizioni sono stati evidenziati vari effetti: cloracne, alterazione degli enzimi epatici, alterazione del metabolismo del glucosio, diabete, polineuropatia etc.</p>
	<p>Possibili effetti sinergici degli IPA con altri inquinanti Non noti</p>
	<p>Gruppo di popolazione a maggior rischio per esposizioni a NO₂ Tutti, nessuno in particolare.</p>

2.5.2. Gli effetti sugli ecosistemi

Gli effetti dell'inquinamento atmosferico sono riscontrabili non soltanto sulla nostra salute ma, anche sul nostro ambiente. Testimonianza né sono i danni provocati da processi come l'Acidificazione e l'Eutrofizzazione sia quelli alle colture.

L'Acidificazione, definita come "Il cambiamento, in un ambiente naturale, del bilancio chimico, dovuto all'incremento delle concentrazioni di elementi acidi" (<http://glossary.eea.europa.eu>) è fondamentale dovuta alle emissioni di SO₂ e NO_x che, persistendo in atmosfera per parecchi giorni, e trasportate a centinaia di chilometri, subiscono una conversione chimica in acido solforico e acido nitrico. Gli inquinanti primari SO₂, NO_x e anche l'ammoniaca (NH₃), insieme con i loro prodotti di reazione,

dopo la loro deposizione cambiano la composizione chimica del suolo e delle acque superficiali. Gli effetti dell'acidificazione (figura 2.13.) (Stanners & Bourdeau, 1995) risultano da influenze dirette quali:

- Organismi acquatici colpiti dall'incremento della concentrazione degli ioni idrogeno (il PH diminuisce), entrata in circolo di metalli tossici, provenienti dalle acque di lisciviazione del terreno;
- Alterazioni della chimica e della biologia dei suoli con l'incremento della concentrazione degli ioni idrogeno;
- Aumento della concentrazione dei metalli nell'acqua superficiale.

Gli effetti dell'acidificazione dipendono dalle combinazioni di due fattori quali il valore della deposizione e dalla sensibilità dei recettori (acqua e suolo) sottoposto al processo stesso.



Figura 2.13. Effetti sull'ambiente dell'Acidificazione.
Fonte Stanners & Bourdeau, 1995.

L'Eutrofizzazione è un processo in cui i mari, i laghi, i fiumi o qualsiasi corso d'acqua, diventando ricchi di nutrienti, permettono, una iniziale sovra crescita di alghe ed altre piante acquatiche. L'eccesso di biomassa non riesce ad essere consumato e controllato dalla catena del pascolo algale, comportando la morte e la decomposizione dei produttori primari. La decomposizione di piante ed alghe mette in gioco la catena del detrito con conseguente ossigenazione e cambiamento dell'ambiente acquatico. I nitrati dei fertilizzanti che sciolgono dai campi agricoli, i nutrienti provenienti dagli liquami degli

allevamenti e degli impianti di depurazione e quelli depositati dall'atmosfera, sono le principali cause dell'eutrofizzazione. (<http://dataservice.eea.eu.int>).

2.5.3. Gli effetti sui materiali

Gli inquinanti atmosferici incrementano il deterioramento dei materiali degli edifici e delle costruzioni. Le concentrazioni di SO₂ e la deposizione dei cloruri, insieme a fattori climatici come l'umidità, accelerano i processi di corrosione. Queste sostanze, soprattutto l' SO₂ hanno un forte effetto sul deterioramento dei marmi e di altre pietre calcaree usate negli edifici e nei monumenti (Stanners & Bourdeau, 1995). Questo deterioramento dipende dalla esposizione, dalla presenza o meno di acqua sulle superfici e anche dalla qualità dei materiali. Su molti materiali gli inquinanti come l' NO_x o l'O₃ incrementano l'effetto dovuto all'attacco di SO₂ inoltre, i composti azotati incoraggiano la crescita di muschi, licheni e alghe sugli edifici. I costi relativi agli effetti degli inquinanti sui materiali da costruzione e agli edifici può essere stimato intorno ai 10 bilioni di € l'anno per la sola Europa (Kutera, Henriksen, Knotkkova, & Sjostrom, 1993).

Capitolo 3.

La Legislazione in materia di inquinamento Atmosferico

L'impatto dell'inquinamento atmosferico su scala globale è un argomento che è stato oggetto di numerose conferenze internazionali che spesso hanno dato origine a *protocolli di intesa* tra i Paesi partecipanti, tra cui:

Il **Protocollo di Kyoto** sottoscritto l'11 dicembre 1997 da più di 160 paesi in occasione della Conferenza COP3 della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC) ed il riscaldamento globale. Il trattato prevede l'obbligo per i paesi industrializzati di operare una drastica riduzione delle emissioni di elementi inquinanti (biossido di carbonio e altri cinque gas serra, precisamente metano, ossido di azoto, idrofluorocarburi, perfluorocarburi ed esafluoro di zolfo) in una misura non inferiore al 5,2% rispetto alle emissioni rispettivamente registrate nel 1990 (considerato come anno base), nel periodo 2008-2012.

La **Convenzione quadro sui cambiamenti climatici** (adottata a New York il 9 maggio 1992) definisce un obiettivo di stabilizzazione delle concentrazioni di gas-serra per la protezione del sistema climatico e promuove interventi a livello nazionale e internazionale per il raggiungimento di questo obiettivo, ma non prevede impegni vincolanti per la riduzione delle emissioni di gas-serra (successivamente adottati dal Protocollo di Kyoto), ma solo un impegno di massima per i Paesi industrializzati a riportare entro il 2000 le proprie emissioni di gas-serra ai livelli del 1990.

Il **Protocollo di Montreal**, in attuazione della Convenzione di Vienna (1985) ha stabilito nel 1987 gli obiettivi e le misure per la riduzione delle produzioni e degli usi delle sostanze pericolose per la fascia di ozono stratosferico. Il Protocollo stabilisce i termini di scadenza entro cui le Parti firmatarie si impegnano a contenere i livelli di produzione e di consumo delle sostanze dannose e disciplina gli scambi commerciali, la comunicazione dei dati di

monitoraggio, l'attività di ricerca, lo scambio di informazioni e l'assistenza tecnica. Rispetto ai termini di scadenza sul contenimento dei livelli di produzione e di consumo delle sostanze dannose, i paesi in via di sviluppo godono, rispetto ai Paesi industrializzati, di un allungamento dei tempi di dieci anni.

La **Convenzione di Ginevra**: il 13 novembre 1979 a Ginevra, in Svizzera, 29 Paesi Europei, gli Stati Uniti e il Canada hanno sottoscritto la Convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a lunga distanza. La Convenzione è il primo accordo internazionale che ha fissato dei valori limite per gli inquinanti atmosferici pericolosi per l'ambiente e, con la successiva integrazione di 8 protocolli, ha allargato il suo campo d'azione alle sostanze che minacciano in modo più diretto la salute umana e gli ecosistemi. Nell'ambito della Convenzione di Ginevra 8 protocolli sono poi stati siglati come integrazione della stessa:

- Protocollo di Ginevra del 1984: finanziamento a lungo termine del programma di sorveglianza continua e valutazione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero (ratificato dall'Italia con la L.488/88);
- Protocollo di Helsinki del 1985: riduzione delle emissioni di zolfo (ratificato con L.487/1988);
- Protocollo di Sofia del 1988: riduzione delle emissioni di ossidi di azoto (L.39/1992);
- Protocollo di Ginevra del 1991: riduzione delle emissioni di composti organici volatili (L.146/1995);
- Protocollo di Oslo del 1994: ulteriori riduzioni delle emissioni di zolfo (L.207/1998);
- Protocollo di Aarhus del 1998: riduzione delle emissioni di metalli pesanti e di composti organici persistenti;
- Protocollo di Goteborg del 1999: abbattimento dei processi di acidificazione ed eutrofizzazione.

Come in ogni altro campo della legislazione ambientale, la normativa in tema di qualità dell'aria si distingue in normativa Comunitaria e normativa Nazionale e locale; la normativa

Comunitaria (Direttive) deve solitamente essere recepita dalla normativa nazionale entro una data fissata nella stessa legislazione.

3.1. La normativa Europea

Dal 1980, l'Unione Europea ha approvato una serie di direttive in materia di qualità dell'aria, soprattutto per le emissioni da grandi impianti industriali, ponendo dei valori limite di emissione e di concentrazione in aria per alcuni agenti inquinanti. A seguito dell'approvazione del V Programma di Azione in materia ambientale del 1992, si è inaugurato un nuovo corso per le politiche comunitarie per la Qualità dell'Aria (QA).

Con la **Direttiva 96/62/CE** "*Valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente*", definita *Direttiva quadro*, il legislatore comunitario persegue la finalità di proteggere la salute umana e l'ambiente secondo criteri e procedure armonizzate a livello europeo. Gli elementi innovativi introdotti riguardano:

- la definizione degli obiettivi e degli inquinanti regolamentati, alcuni già normati (SO_2 , NO_2 , PTS, PM10, Pb, O_3), altri nuovi (benzene, CO, IPA, Cd, As, Ni, Hg);
- l'istituzione per ogni stato di un sistema di valutazione dell'aria ambiente e l'individuazione di zone dove la misurazione è obbligatoria;
- la valutazione preliminare della QA per la zonizzazione del territorio;
- l'obbligatorietà dell'adozione di piani di risanamento per le aree in cui gli standard non sono rispettati;
- le norme generali per l'acquisizione, la trasmissione e la pubblicazione dei dati della qualità dell'aria;
- l'istituzione di mezzi per l'informazione del pubblico.

Sono definiti tre nuovi vincoli alle concentrazioni in aria di sostanze inquinanti:

1. il *valore limite*, ovvero un livello di concentrazione determinato in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi sulla

salute umana e sull'ambiente nel suo complesso, da raggiungere entro la data del conseguimento e da non superare;

II. il *valore obiettivo*, ovvero il livello fissato al fine di evitare e lungo termine ulteriori effetti nocivi sulla salute umana e sull'ambiente nel suo complesso, che dovrà essere raggiunto per quanto possibile nel corso di un dato periodo;

III. la *soglia di allarme*, ovvero un livello oltre il quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunto il quale è necessario un intervento immediate.

Gli inquinanti sono stati normati dalle direttive "figlie", che sono la **Direttiva 99/30/CE** "Valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo", la **Direttiva 2000/69/CE** "Valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio" e la **Direttiva 2000/03/CE** "Valori limite di qualità dell'aria ambiente per l'ozono".

La **Direttiva 99/30/CE** stabilisce i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo, riportati in Tabella 3.1, assieme ai termini entro i quali dovranno essere raggiunti e al numero massimo di superamenti consentiti in un anno.

Tabella 3.1 Valori limite di qualità dell'aria previsti dalla Direttiva 99/30/CE.

Inquinante	Valore limite (n _{max} superamenti/anno)	Periodo di mediazione	Data di rispetto
<i>Biossido di zolfo</i>	350 µg/m ³ (24)	1 ora	1 gennaio 2005
	125 µg/m ³ (3)	24 ore	1 gennaio 2005
<i>Biossido di zolfo per la protezione degli ecosistemi</i>	20 µg/m ³	Anno civile e inverno (1 ottobre-31 marzo)	19 luglio 2001
<i>Biossido di azoto</i>	200 µg/m ³ (18)	1 ora	1 gennaio 2010
	40 µg/m ³	Anno civile	1 gennaio 2010
<i>Ossidi di azoto per la protezione degli ecosistemi</i>	30 µg/m ³	Anno civile	19 luglio 2001
<i>PM₁₀ fase 1</i>	50 µg/m ³ (35)	24 ore	1 gennaio 2005
	40 µg/m ³	Anno civile	dal decreto
<i>PM₁₀ fase 2</i>	50 µg/m ³	24 ore	1 gennaio 2010
	20 µg/m ³	Anno civile	1 gennaio 2010
<i>Piombo</i>	0,5 µg/m ³	Anno civile	1 gennaio 2005

La direttiva fissa, inoltre, le soglie d'allarme per il biossido di zolfo e il biossido di azoto, riportati in Tabella 3.2.

Tabella 3.2 Soglie di allarme previste dalla Direttiva 99/30/CE.

Inquinante	Soglia di allarme	Misure su tre ore consecutive in località rappresentative della qualità dell'aria su almeno 100 Km ² , oppure una zona o un agglomerato
<i>Biossido di zolfo</i>	500 µg/m ³	
<i>Biossido di azoto</i>	400 µg/m ³	

La **Direttiva 2000/69/CE** "Valori limite di qualità dell'aria ambiente per benzene ed il monossido di carbonio" stabilisce i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio. In tabella 3.3. sono elencati i valori limite, i termini entro i quali dovranno essere raggiunti e il numero massimo di superamenti permessi in un anno.

Tabella 1.3 Valori limite previsti dalla 00/69/CE.

Inquinante	Valore limite (n _{max} superamenti/anno)	Periodo di mediazione	Data di rispetto
<i>Benzene</i>	5 µg/m ³	Anno civile	1 gennaio 2010
<i>Monossido di carbonio</i>	10 µg/m ³	Media massima giornaliera su 8 ore	1 gennaio 2005

La **Direttiva 2002/03/CE** "Valori limite di qualità dell'aria ambiente per l'ozono" stabilisce i

Ozono	Tempo di mediazione	Valore limite all'entrata in vigore del decreto	Valore limite 1 gennaio 2010
Valore obiettivo per la protezione della salute umana	Massimo della media mobile di 8 ore		120 µg/m ³ (da non superare più di 25 giorni in un anno mediato su 3 anni)
Valore obiettivo per la protezione della salute umana	AOT 40 sul valore orario da maggio a luglio		18 mg/m ³ h
Soglia di informazione	Ora	180 µg/m ³	
Soglia di allarme	Ora	240 µg/m ³	
Obiettivo a lungo termine per la salvaguardia della salute umana	Massimo della media mobile di 8 ore	120 µg/m ³	
Obiettivo a lungo termine per la salvaguardia della salute umana	AOT 40 sul valore orario da maggio a luglio	6 mg/m ³ h	

valori obiettivo, i valori bersaglio e le soglie di allarme e di informazione relative alle concentrazioni di ozono nell'aria (Tabella 3.4.).

Tabella 3.4 Valori limite per l'ozono previsti dalla Direttiva 2000/03/CE.

Nell'aprile del 2002 è stata pubblicata dalla Commissione Europea la *“Guida agli annessi della Decisione 97/101/EC sullo Scambio di Informazioni come aggiornata dalla Decisione 2001/752/EC”*, che rappresenta un testo tecnico per i soggetti competenti nel monitoraggio dell'aria ambiente, in cui sono specificati:

- la lista degli inquinanti, i parametri statistici e l'unità di misura;
- le informazioni riguardanti le reti, le stazioni (classificazioni) e le tecniche di misurazione;
- la procedura di validazione dei dati e di verifica della qualità (QA/QC);
- le minime coperture temporali per poter aggregare i dati;
- i formati per lo scambio dei dati.

Questo atto, fornendo delle indicazioni pratiche molto particolareggiate, è di notevole importanza per la standardizzazione delle reti di monitoraggio e per l'adozione di metodi di campionamento, analisi, validazione e valutazione uniformanti a livello europeo.

3.2. La Normativa Italiana

In Italia le regole di base per la tutela della qualità dell'aria sono rappresentate nella **legge 13 luglio 1966, n° 615** (*“Provvedimenti contro l'inquinamento atmosferico”*); tale normativa regola le maggiori fonti di inquinamento dell'aria allo scopo di limitare i danni alla salute pubblica arrecati da fumi, gas, polveri ed emanazioni. La legge è stata tuttavia oggetto di numerose modifiche fino agli anni Ottanta. In particolare col **DPCM del 28 marzo 1983** (*“Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno”*) vengono fissati i *valori limite* di qualità dell'aria definiti come *“i limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e i limiti massimi di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno”*, i cosiddetti standard di qualità. Tali standard verranno poi in parte modificati (Tabella 3.6) dal **DPR del 24 maggio 1988, n° 203** (Attuazione delle direttive CEE 80/779, 82/884, 84/360 e 85/203 concernenti norme in materia di qualità dell'aria). Il decreto introduce i *valori guida* di qualità dell'aria (Tabella 3.7), intesi come *“limiti*

delle concentrazioni e limiti di esposizione relativi ad inquinamenti nell'ambiente esterno destinati: a) alla prevenzione a lungo termine in materia di salute e protezione dell'ambiente b) a costituire parametri di riferimento per l'istituzione di zone specifiche di protezione ambientale per le quali è necessaria una particolare tutela della qualità dell'aria".

Tabella 3.6 Valori limite di qualità dell'aria previsti dal DPR 203/88.

Inquinante	Valore limite di qualità dell'aria	
SO ₂	Mediana delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate in un anno (1 aprile-31 marzo)	80 µm/m ³
	98° percentile delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate in un anno (1 aprile-31 marzo)	250 µm/m ³
	Mediana delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate durante l'inverno (1 ottobre-31 marzo)	130 µm/m ³
NO ₂	98° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate in un anno (1 gennaio-31 dicembre)	200 µm/m ³
F	Concentrazione media di 24 ore	20 µm/m ³
	Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate in un mese	10 µm/m ³
PTS	Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate in un anno	150 µm/m ³
	95° percentile di tutte le concentrazioni medie di 24 ore rilevate in un anno	300 µm/m ³
Pb	Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate in un anno	2 µm/m ³
CO	Concentrazione media di 8 ore	10 µm/m ³
	Concentrazione medie di 1 ora	40 µm/m ³
HCNM	Concentrazione media di 3 ore consecutive	200 µm/m ^{3*}
O ₃	Concentrazione media di 1 ora (max una volta al mese)	200 µm/m ³

Tabella 3.7 Valori guida di qualità dell'aria previsti dal DPR 203/88.

Inquinante	Valore guida di qualità dell'aria	
SO ₂	Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate in un anno (1 aprile-31 marzo)	40-60 µm/m ³
	Valore medio di 24 ore	100-150 µm/m ³
NO ₂	50° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate in un anno (1 gennaio-1 dicembre)	50 µm/m ³
	98° percentile delle concentrazioni medie di 1 ora rilevate in un anno (1 gennaio-1 dicembre)	135 µm/m ³
PTS	Media aritmetica delle concentrazioni medie di 24 ore rilevate in un anno (1 aprile-31 marzo)	40-100 µm/m ³
	Valore medio di 24 ore	100-150 µm/m ³

Il **DM 12/7/90** (Linee guida per il contenimento delle emissioni degli impianti industriali e la fissazione dei valori limite di emissione) stabilisce:

- a) le linee guida per il contenimento delle emissioni degli impianti esistenti;
- b) i valori di emissione per gli impianti esistenti (sono gli stessi di cui al DPR 203/88);
- c) i metodi generali di campionamento, analisi e valutazione delle emissioni;
- d) i criteri per l'utilizzazione di tecnologie disponibili per il controllo delle emissioni; e) i criteri temporali per l'adeguamento progressivo degli impianti esistenti.

Il **Decreto Ministeriale 15 aprile 1994**, *"Norme tecniche in materia di livelli e di stati di attenzione e di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane"*, definisce i livelli di attenzione e di allarme, insieme ai conseguenti stati di attenzione e di allarme, per tutte le aree urbane del territorio nazionale.

Tabella 3.8 Livelli di attenzione e di allarme previsti dal DM 15/04/94.

Inquinante	LIVELLO DI ATTENZIONE $\mu\text{m}/\text{m}^3$	LIVELLO DI ALLARME $\mu\text{m}/\text{m}^3$
SO ₂ (media giornaliera)	125	250
PTS (media giornaliera)	150	300
NO ₂ (media oraria)	200	400
CO (media oraria)	15	30
O ₃ (media oraria)	180	360

I livelli di attenzione e di allarme fanno riferimento ad indicatori di breve periodo (medie orarie o giornaliere) e vengono utilizzati per identificare situazioni critiche di carattere episodico (Tabella 3.8). Lo *stato di* attenzione identifica una situazione di inquinamento atmosferico che, se persiste, determina il rischio che si raggiunga lo stato di allarme.

Il **Decreto Ministeriale 25 novembre 1994**, *“Aggiornamento delle norme tecniche in materia di limiti di concentrazione e di livelli di allarme per gli inquinanti atmosferici nelle aree urbane e disposizioni per la misura di alcuni inquinanti”*, introduce i sistemi di misura e gli obiettivi di qualità dell’aria per gli *idrocarburi policiclici aromatici* (IPA), per il *benzene* e, per la prima volta, per la frazione di polveri sospese con diametro aerodinamico inferiore o uguale a 10 micrometri (PM10).

Gli **obiettivi di qualità** rappresentano *“il valore medio annuale di riferimento da raggiungere e rispettare a partire da una determinata data”* e vengono generalmente definiti attraverso indicatori di lungo periodo (medie annuali, esposizioni accumulate, ecc.) e quindi individuano le condizioni medie di non pericolosità dei diversi composti inquinanti che possono essere presenti in atmosfera. Per i tre inquinanti oggetto del presente decreto sono fissati gli obiettivi che si sarebbero dovuti raggiungere entro il 1° gennaio 1999, come media annuale su base giornaliera (Tabella 3.9).

Tabella 3.9 Obiettivi di qualità (medie annue) previsti dal DM 25/11/94.

Inquinante	Obiettivo di qualità
Benzene	10 $\mu\text{m}/\text{m}^3$
PM ₁₀	40 $\mu\text{m}/\text{m}^3$
IPA (riferimenti al benzo(a)pirene)	1 $\mu\text{m}/\text{m}^3$

Più recentemente il **D.lgs. 4 agosto 1999, n. 351** *“Attuazione della direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell’aria ambiente”*, contiene le linee per una strategia complessiva e coerente per la gestione della qualità dell’aria, collegata al controllo delle emissioni e al raggiungimento di obiettivi di qualità dell’aria ambiente. Come “legge quadro” il decreto prevede l’emanazione di decreti attuativi che andranno lentamente ad abrogare le vecchie norme a partire dal DPR n. 203 del 1988. Il decreto definisce i principi per:

- stabilire gli obiettivi per la qualità dell’aria ambiente al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi per la salute umana e per l’ambiente nel suo complesso;
- valutare la qualità dell’aria ambiente sul territorio nazionale in base a criteri e metodi comuni;
- disporre di informazioni adeguate sulla qualità dell’aria ambiente e fare sì che siano rese pubbliche, con particolare riferimento al superamento delle soglie di allarme;
- mantenere la qualità dell’aria ambiente e migliorarla, dove è necessario.

Infine, con il **DM 60/2002** (Recepimento della Dir. 1999/30/CE concernente i valori limite di qualità dell'aria per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio), sono stati aggiornati i limiti di qualità relativi al biossido di zolfo, biossido di azoto, particelle sospese e PM10, piombo, monossido di carbonio e benzene (Tabella 3.10). Tali limiti sono tuttora in vigore.

Questo decreto attua il decreto legislativo 351/99 e stabilisce:

- I. i valori limite e le soglie di allarme;
- II. il margine di tolleranza e le modalità secondo le quali tale margine deve essere ridotto nel tempo;
- III. il termine entro il quale il valore limite deve essere raggiunto;
- IV. i criteri per la raccolta dei dati inerenti la qualità dell'aria ambiente, i criteri e le tecniche di misurazione, con particolare riferimento all'ubicazione ed al numero minimo dei punti di campionamento, nonché alle metodiche di riferimento per la misura, il campionamento e l'analisi;
- V. la soglia di valutazione superiore, la soglia di valutazione inferiore e i criteri di verifica della classificazione delle zone e degli agglomerati;
- VI. le modalità per l'informazione da fornire al pubblico sui livelli registrati di inquinamento atmosferico ed in caso di superamento delle soglie di allarme;
- VII. il formato per la comunicazione dei dati.

Tabella 3.10 Valori limite previsti dal DM 60/2002.

PM₁₀	Tempo di mediazione	All'entrata in vigore del decreto (µg/m³)	01.01.2005 (µg/m³)	01.01.2010 (µg/m³)
Valore limite per la protezione della salute umana	24 ore	65	50 *	50 **
Valore limite per la protezione della salute umana	anno	44.8	40	20

* Da non superare più di 35 volte l'anno

** Da non superare più di 7 volte l'anno

BIOSSIDO DI ZOLFO	Tempo di mediazione	All'entrata in vigore del decreto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	01.01.2005 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	01.01.2010 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Valore limite per la protezione della salute umana	1 ora	440	350	350
Valore limite per la protezione della salute umana	1 giorno	125 *		
Valore limite per la protezione degli ecosistemi	Anno civile e inverno (1/10-31/3)	20		
Soglia di allarme	3 ore consecutive	500		

* Da non superare più di 3 volte l'anno

BENZENE	Tempo di mediazione	All'entrata in vigore del decreto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	01.01.2005 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	01.01.2010 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Valore limite per la protezione della salute umana	Anno	10		5

PIOMBO	Tempo di mediazione	All'entrata in vigore del decreto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	01.01.2005 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	01.01.2010 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Valore limite per la protezione della salute umana	Anno	0.8	0.5	

MONOSSIDO DI CARBONIO	Tempo di mediazione	All'entrata in vigore del decreto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	01.01.2005 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	01.01.2010 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Valore limite per la protezione della salute umana	Massimo sulla medi di 8 ore	16	10	

BIOSSIDO DI AZOTO	Tempo di mediazione	All'entrata in vigore del decreto ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	01.01.2005 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	01.01.2010 ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Valore limite per la protezione della salute umana	1 ora	280 *		200 *
Valore limite per la protezione degli ecosistemi	Anno	58 30 (come NO _x)		40
Soglia di allarme	3 ore consecutive	400		

* Da non superare più di 18 volte l'anno

Il **Decreto Ministeriale 20 settembre 2002**, *“Modalità per la garanzia della qualità del sistema delle misure di inquinamento atmosferico, ai sensi del decreto legislativo n. 351/1999”*, individua gli organismi incaricati di garantire la qualità del sistema delle misure di inquinamento atmosferico, che attualmente sono: il CNR, l'ANPA, l'ISS, l'ISPEL e l'ENEA.

Il **Decreto Ministeriale 1 ottobre 2002, n. 261**, *“Regolamento recante le direttive tecniche per la valutazione preliminare della qualità dell’aria ambiente, i criteri per l’elaborazione del piano e dei programmi di cui agli articoli 8 e 9 del decreto legislativo 4 agosto 1999, n. 351”*, stabilisce i criteri per la valutazione preliminare della qualità dell’aria ambiente e per la realizzazione di piani e programmi.

Il **Decreto Legislativo 21 maggio 2004, n. 183** *“regolamentazione della concentrazione di ozono nell’aria”*, attua la direttiva europea 2002/3/CE ed abroga tutte le disposizioni precedenti riguardanti l’ozono.

Tale decreto fissa:

- i valori limite da rispettare per il 2010;
- gli obiettivi a lungo termine per la salvaguardia della salute umana e della vegetazione;
- le soglie di informazione ($180 \mu\text{g}/\text{m}^3$) e di allarme ($280 \mu\text{g}/\text{m}^3$) come medie orarie;
- i criteri per la classificazione e l’ubicazione dei punti di campionamento in continuo;
- i criteri per definire il numero dei punti di campionamento;
- i metodi per misurare i precursori dell’ozono;
- gli obiettivi di qualità dei dati;
- i metodi di riferimento per l’analisi dell’ozono.

Il **Decreto legislativo 3 Aprile 2006, n. 152**, *“Norme in materia ambientale”*, indicato anche come testo unico ambientale, raccoglie tutta la normativa vigente allo stato attuale in Italia in riferimento alle problematiche ambientali.

Capitolo 4.

Caratterizzazione, localizzazione e scenari di riduzione delle emissioni antropiche nell'Area Urbana.

La aree urbane sono fortemente caratterizzate sia dalla densità di popolazione che in esse vive, gravità e si muove, sia dalle intense attività, economiche o industriali presenti sull'area stessa. Il rapido incremento di questi fattori produce un aumento delle pressioni degli inquinanti sulla qualità dell'aria (Kassomenos et al., 2006). Il doppio carattere, locale e remoto, che gli effetti delle emissioni degli inquinanti delle aree urbane hanno sulla qualità dell'aria e sull'ambiente, è da lungo osservato, studiato e modellato (Butler et al., 2008). Questa "potenzialità inquinante" delle città può, e deve¹ essere ben identificata attraverso l'utilizzo di mezzi come gli inventari delle emissioni². Questi ultimi sono importanti perché rappresentano un vantaggioso mezzo per definire le zone sottoposte a pressioni ambientali (EEA, 1998), aiutano ad identificare le aree con simili problemi di inquinamento, e preparano i dati in input per i modelli di simulazione atmosferica. Questi ultimi, in accordo alle direttive europee, possono essere usati per misurare la qualità dell'aria sotto ben-definite condizioni. Infine, gli inventari delle emissioni sono molto importanti per giudicare la rappresentatività spaziale di una stazione di monitoraggio della qualità dell'aria (EEA, 1999) la quale, misurando i livelli di concentrazione a cui è esposta la popolazione, è uno strumento fondamentale, per i decisori politici, nella pianificazione delle possibili strategie atte a migliorare la qualità dell'aria (Bellasio et al., 2007). Un esempio dell'importanza degli inventari delle emissioni, è stato valutato nel progetto City Delta (Cuvelier, et al., 2007), nel quale è definita l'influenza delle città Europee sulla qualità dell'aria, tramite l'utilizzo di un modello di simulazione della qualità dell'aria, guidato da inventario delle emissioni ad alta risoluzione.

¹ La Direttiva Europea 96/62/EC sullo stato e sulla qualità dell'aria, richiede agli Stati Membri di valutare la qualità dell'aria del territorio dividendolo in zone dove applicare differenti valutazioni e tecniche di gestione. In questo modo è possibile applicare Piani di risanamento per quelle zone per le quali non sono rispettati i valori limiti di legge, e Piani di mantenimento per il resto del territorio.

² Un Inventario delle emissioni può essere definito come una collezione di dati connesso alle emissioni degli inquinanti nell'aria. Questi dati possono includere l'identificazione chimica degli inquinanti, la quantificazione delle attività umane o naturali responsabile delle emissioni, i fattori di emissioni o le informazioni necessarie per il loro calcolo, la variazione locale e temporale delle emissioni ed infine, i profili specifici per ogni attività della grandezza chimica e aerodinamica (Bellasio et al., 2007)

Così come definito a livello europeo, in questo studio, il calcolo delle emissioni atmosferiche antropiche insistenti sull'area di conurbazione delle città di Cosenza e Rende (**CORE**), è stato ottenuto seguendo la metodologia CORINAIR (EEA, 2004) e la nomenclatura SNAP97 (Selected Nomenclature for Air Pollution, version 1997). Degli 11 macrosettori che costituiscono la nomenclatura SNAP97 (figura 4.1.), per il nostro caso, è stato considerato il macrosettore 2 (Combustioni non industriali) livello 3 (02.02.00: Impianti residenziali), e tutto il macrosettore 7 (Trasporto su Strada).

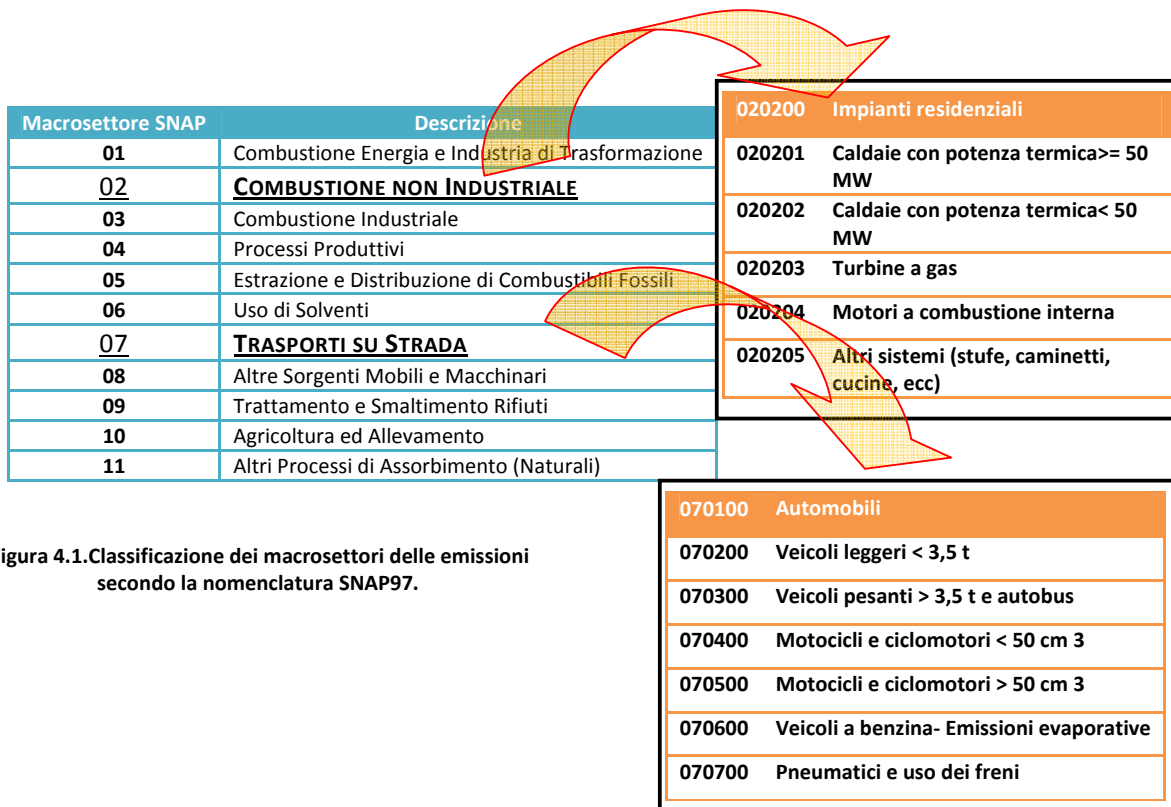


Figura 4.1. Classificazione dei macrosettori delle emissioni secondo la nomenclatura SNAP97.

4.1. Aspetti Socio-Economici e Territoriali dell'area CORE.

Gli aspetti socio-economici e territoriali, sono i fattori principali che influenzano le dinamiche, lo stile di vita e il sistema produttivo di un'area. Questi fattori condizionano l'ambiente e le differenti pressioni antropiche agenti su di esso, ed è quindi indispensabile, conoscerli e valutarli.

Un quadro generale della dinamica dell'economia regionale è schematicamente sintetizzato nella figura 4.2. (CNR_IIA, 2007). Dalla diminuzione occupazionale del 2,7% nell'anno 2005, con le provincie di Cosenza e Catanzaro tra le più colpite, soprattutto nei

settori manifatturiero e industriale, si passa a una inversione di tendenza nell'anno 2006, in cui, l'occupazione è cresciuta dell'1,8% raggiungendo le 615mila unità. In questo anno all'interno della provincia di Cosenza si è manifestata una più vivace ripresa occupazionale (+3,4% corrispondente a 7.546 occupati). I settori industriali compongono il 19 % della forza lavoro calabrese, mentre il settore primario ne assorbe il 12 %

Nel settore agricolo, la provincia di Cosenza, anche distinguendosi per il grande peso delle coltivazioni industriali (che costituiscono quasi il 55% dell'intera produzione calabrese), e della frutta fresca (56% del valore complessivo regionale), ha subito un calo occupazionale del 3,8%, per effetto delle condizioni climatiche avverse, che hanno compromesso la produzione di alcuni prodotti. Nella provincia di Cosenza l'andamento occupazionale positivo è stato determinato esclusivamente dal settore dei servizi (10.310 occupati in più) che ha compensato il calo occupazionale in agricoltura e settore industriale, rispettivamente 1.451 e 1.314 unità in meno.

Indicatori	Valore 2005	Valore 2006
Occupazione	603.000	615.000
Tasso di occupazione	44.6 %	45.6 %
Forza lavoro	705.000	705.307
Tasso di attività	52.1 %	52.4 %
Persone in cerca di occupazione	101.000	90.820
Tasso di disoccupazione	14,4 %	12.9%
Ore CIG ordinaria	757.345	484.323
Ore CIG straordinaria	1.617.856	2.856.519
Esportazioni (M€)	314	326
Tasso di natalità netta delle imprese	2.4 %	1.78 %

Figura 4.2. Quadro generale della dinamica dell'economia regionale calabrese.

Una sintetizzata descrizione degli indicatori socio-economici e territoriali, sia a livello dell'area metropolitana delle città di Cosenza e Rende (**CORE**) sia a livello regionale, è di seguito riportata (PSU, 2002).

L'area urbana CORE (figura 4.3), si estende per circa 9.200 ettari (corrispondente all'1,4% della superficie provinciale) nella parte sud-occidentale della provincia cosentina. Il territorio è prevalentemente collinare e montano con altitudini variabili, da un minimo di

129 ad un massimo di 1137 metri sul livello del mare. Nei due Comuni risiedono 106.303 abitanti (di cui 71.792 a Cosenza e 34.511 a Rende), che rappresentano il 14,6% della popolazione provinciale e il 5,3% di quella calabrese. L'area presenta una densità abitativa molto elevata, pari a 1155,1 abitanti per kmq, a fronte di valori provinciali e regionali molto più contenuti (tab. 4.1.). Nello specifico, Cosenza mostra una intensità demografica particolarmente cospicua (ben 1928 abitanti per Kmq), mentre Rende (630 abitanti per Kmq), per quanto presenti un valore dell'indice straordinariamente più alto di quelli riscontrati nel resto della Provincia e della Regione, si ferma a livelli di intensità abitativa più contenuta. Il rilevante peso demografico nell'area Cosenza-Rende, in un contesto regionale, è un fenomeno apprezzabile in quanto segnala la presenza nell'area urbana di importanti "economie esterne di consumo", e quindi numerosi settori di attività economiche locali.

Tabella 4.1. – Area CO-RE: superficie, altitudine e popolazione residente, 2001. Modificata da PSU, 2002.

	Altitudine (m)			Superficie (ha)		Popolazione residente		Densità ab./kmq
	Centro	Min	Max	v.a.	%	v.a.	%	
Cosenza	238	187	575	3.724	40,5	71.792	67,5	1.927,8
Rende	474	129	1.137	5.479	59,5	34.511	32,5	629,9
Totale CORE				9.203	100,0	106.303	100,0	1.155,1
Prov. Cosenza				664.973	1,4	727.267	14,6	109,4
Calabria				1.508.032	0,6	1.993.274	5,3	132,2

In base ai dati del censimento Istat della popolazione del 2001, il patrimonio abitativo dell'area CORE risulta essere composto da 43.729 abitazioni, di cui l'84,4% occupato da famiglie e il rimanente 15,6% non occupato (tab. 4.2.).

Tabella 4.2. Area PSU: abitazioni occupate e non, 2001. Modificata da PSU 2002.

	Abitazioni									Altri tipi di alloggio occupati da residenti	Abitazioni costruite dopo il 1981/totale abitazioni 1991 (%)
	Occupate da residenti			Altre abitazioni			Totale				
	v.a.	%	n. stanze per abitazione	v.a.	%	n. stanze per abitazione	v.a.	%			
Cosenza	25.592	88,3	4,3	3.381	11,7	3,8	28.973	100,0	0	7,7	
Rende	11.327	76,8	4,6	3.429	23,2	3,7	14.756	100,0	0	15,8	
Totale	36.919	84,4	4,4	6.810	15,6	3,8	43.729	100,0	0	9,9	
Prov. Cosenza	254.463	60,8	4,3	164.292	39,2	3,3	418.755	100,0	29	9,2	
Calabria	694.284	64,4	4,2	383.480	35,6	3,4	1.077.764	100,0	318	9,6	

Osservando la distribuzione della popolazione attiva in condizione professionale per settori di attività economica, l'area mostra una spiccata incidenza delle attività terziarie. Queste ultime già nel 1991 assorbivano la maggior parte della popolazione attiva dell'area. Infatti, ben 4 attivi su 5 gravitavano nell'ambito dei servizi, un'incidenza molto elevata anche rispetto a quella provinciale (56,5%) e regionale (59,2%) (Tab. 4.3.).

Tabella 4.3 - Area PSU: popolazione residente attiva in condizione professionale, per settore. Modificata da PSU, 2002

	Agricoltura		Industria		Altre attività		Totale	
	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%	v.a.	%
Cosenza	328	1,3	4.180	16,7	20.542	82,0	25.050	100,0
Rende	217	2,0	2.218	20,1	8.575	77,9	11.010	100,0
Totale	545	1,5	6.398	17,7	29.117	80,7	36.060	100,0
Prov. Cosenza	36.782	16,2	62.304	27,4	128.571	56,5	227.657	100,0
Calabria	97.079	16,1	148.979	24,7	356.942	59,2	603.000	100,0

Il settore industriale assorbiva il 17,7% della popolazione attiva dell'area, un valore significativamente più basso di quello medio provinciale (27,4%) e regionale (24,7%), che pure erano tra i più bassi dell'intero paese. I rimanenti attivi, pari al solo 1,5%, facevano capo al settore agricolo (oltre 16% in Provincia e in Calabria). Dunque, la distribuzione settoriale degli attivi sembra essere quella tipica degli agglomerati urbani con una robusta

presenza di attivi nel terziario, un moderato addensamento nell'industria e un numero irrilevante di attivi nel settore primario.

Il sistema urbano CORE è attualmente l'area calabrese più solida sotto il profilo economico e del dinamismo sociale. L'area di conurbazione presenta un'altissima densità insediativa e abitativa, perché principale nodo di una trama di relazioni molto dense con il contesto territoriale (Valle del Crati, Presila, Savuto, Serre Cosentine), nonché polo di concentrazione di servizi ai sistemi produttivi locali e di funzioni di livello provinciale o regionale e, talora, sovra regionali.

L'area in esame, dunque, presenta la caratteristica struttura "metropolitana" della popolazione (residenti, pendolari, consumatori urbani, "urban businessman"), con elevata percentuale di popolazione fluttuante a causa della presenza del principale polo universitario regionale e di altre funzioni di livello elevato (sistema della RS&T, sistema commerciale, offerta culturale e di servizi) costituendo, così, una grande attrazione per gli abitanti dei Comuni circostanti, con un intenso pendolarismo, come è evidenziato dai dati di rilevamento del Piano Urbano del Traffico (PSU, 2002).

Tutta l'area è parte di delicati equilibri ambientali (nel senso di ambiente urbano), soprattutto in relazione alla presenza di elementi di grande rilevanza e significatività rispetto all'identità del sistema sociale territoriale locale (centri storici, ecosistemi fluviali, paesaggi agricoli e rurali collinari e planiziali). La conformazione morfologica del territorio della conurbazione Cosenza - Rende è caratterizzata dal sistema montano e collinare che si sviluppa a emiciclo alla testata dalla stretta e lunga pianura alluvionale della Valle del Crati, inciso dalle aste fluviali principali (il Crati e il Busento) e dal ramificato reticolo idraulico secondario. Zone calanchive e zone umide, con prevalenza di queste ultime nelle aree planiziali, sono presenti a ridosso dell'abitato e, insieme all'Appennino costiero ed all'altopiano Silano che la cingono come in una conca, ne determinano le condizioni climatiche caratterizzate da una varietà di microclimi, diversi a seconda dell'altitudine, della vicinanza ai corsi d'acqua (la cui portata, peraltro, varia molto nel corso dell'anno), dell'esposizione ai venti dominanti.

4.2. Stima delle emissioni da Combustione residenziale: metodologia.

In questo paragrafo sono trattati gli aspetti metodologici riguardanti il calcolo delle emissioni residenziali, considerando come già specificato nel paragrafo precedente (vedi fig. 4.1.), soltanto gli impianti residenziali. Della generale suddivisione utilizzata per classificare le fonti di emissioni (*puntuale; lineare, areale*), e per la scala territoriale studiata (*provinciale e comunale*), questo tipo di fonte di emissione viene considerata come emissione *areale*. Infatti, le emissioni residenziali da impianti di riscaldamento ad uso civile, considerato il loro numero, non possono essere georeferenziati singolarmente e vengono attribuite ad un determinato “*poligono geoinformatico*” delimitante, a seconda del dettaglio, la sezione censuaria, il comune, la provincia, la regione di appartenenza (Liburdi, et al., 2004).

L’approccio utilizzato per il calcolo di questa tipologia di emissione ,rispetto al livello dell’unità minima prescelta, è il seguente:

$$Ei = A \times FEi$$

dove: Ei rappresenta l’emissione dell’inquinante i ,

A è un indicatore dell’attività correlato con le quantità di inquinante emesso (ad es. la quantità prodotta o come nel nostro caso, il consumo di combustibile gas naturale [$\frac{m^3}{\text{anno}}$ a $0,0381 GJ$]).

FEi è il fattore di emissione per unità di attività e per specifico inquinante (ad es. [$\frac{g \text{ inquinante}}{GJ}$]).

La bontà delle stima dipende dalla precisione dei “fattori di emissione”, tanto maggiore quanto più si scende nel dettaglio dei singoli processi produttivi, utilizzando specifici fattori di emissione caratteristici della tipologia impiantistica (tabella 4.4.).

Tabella 4.4. Fattori delle emissioni.

Fattori di emissioni	Unita di misura	GASNaturale	Gasolio Risc.	GPL	OLIO BTZ	LEGNA
SO ₂	$\left[\frac{g}{GJ}\right]$	0,5	145	0,24	145	20
NO _x	"	65	85	64	130	100
COV	"	6	12,5	2,4	12,5	200
COT	"	20	1,7		10	800
CO	"	20	25	9	40	2500
CO ₂	"	55,46	73,27		74,62	92
PTS	"	0,5	7		7	100
PM ₁₀	"	0,5	6		6	100
PM _{2,5}	"	0,5	6		6	220
Arsenico	$\left[\frac{mg}{GJ}\right]$	0,09	1		3	1
Cadmio	"	0,5	0,3		0,3	1,4
Cromo	"	0,64	5		5	2,9
Rame	"	0,39	3		3	8,6
Mercurio	"	0,12	1		1	0,5
Nichel	"	0,96	300		300	4,4
Piombo	"	0,23	10		10	40
Selenio	"	0,011	0		0	0,5
Zinco	"	13	5		5	130
IPA	"	0	50	50	50	700
Diossine e furani	$\left[\frac{I - Teqng}{GJ}\right]$	2	10	10	10	700

Gli indicatori di attività sono, fondamentalmente, la raccolta e il calcolo di dati statistici, che possono però costituire un elemento di criticità, soprattutto quando si valuta il calcolo delle emissioni su scala locale/urbana. Spesso infatti, a questi livelli, può persistere un elemento di non-relazionalità con i fattori di emissioni disponibili, e si rende necessario una disaggregazione³ (Bini, et al., 2001) dei dati tramite l'utilizzo di variabili correlate o proxy, che tuttavia possono portare ad una diminuzione del grado di affidabilità del dato.

³ La metodologia di disaggregazione (spaziale-temporale), permette di stimare una certa grandezza nota su base territoriale a scala più vasta ad un livello territoriale diverso, tramite le variabili proxy. Se si indica con V_p la grandezza nota su vasta scala, con S il parametro che caratterizza il territorio sia a vasta che bassa S_p e S_k , il valore di V a livello territoriale più basso è dato dalla seguente relazione:

$$V_k = \frac{S_k}{S_p} \times V_p$$

dove: V_k = valore della variabile nel comune k ;
 V_p = totale della variabile (provinciale o regionale);
 S_k = valore della variabile surrogata nel comune k ;
 S_p = totale della variabile surrogata (provinciale o regionale).

Il percorso metodologico seguito corrisponde a quello per la compilazione di un inventario delle emissioni, con la caratteristica specifica di non utilizzare né l'approccio "top-down"⁴ né l'approccio "bottom-up"⁵ ma, un approccio "misto". Con l'approccio misto si parte da un fattore di emissione e da un indicatore di attività (logica bottom-up), ma non si dispone di un valore locale di tale indicatore e lo si ricava sfruttando interpolazioni statistiche su altri dati che riguardano un'area più vasta (logica top-down) (Bini, et al., 2001).

Per i processi di combustione analizzati in questo studio, come indicatore di attività, sono stati scelti i consumi annuali comunali dei diversi combustibili utilizzati per il riscaldamento residenziale (tabella 4.5.), ottenuti tramite una variabile proxy tra il consumo provinciale di combustibile e il numero di abitanti comunali rispetto al numero di abitanti provinciali (logica top-down).

Tabella 4.5 Indicatori attività: consumi di combustibile.

Tipo di Combustibile	Unità di misura
Gas naturale	m³ → GJ
GPL	ton → GJ
Legna	m³ → GJ
Gasolio	ton → GJ
Olio BTZ	ton → GJ

La disaggregazione spaziale delle emissioni è stata ottenuta tramite l'applicazione di un Sistema Informatico Geografico (GIS), e utilizzando i dati delle basi territoriali (Census(ISTAT), 2005), a livello provinciale e comunale, rispettivamente su un griglia quadrata di dimensioni 1 x 1 km, e di 0,5 x 0,5 km per le emissioni dell'area metropolitana CORE.

4.2.1 Emissioni residenziali a livello provinciale e comunale.

⁴ L'approccio *top-down* si realizza un flusso di informazioni che parte dalla scala spaziale più grande (es. nazionale) e discendono a livelli inferiori (regioni/provincie/comuni) utilizzando specifiche variabili di disaggregazione. (Bini, et al., 2001).

⁵ L'approccio *bottom-up* il flusso di informazioni segue un flusso dal basso verso l'alto, direttamente cioè dalla realtà produttiva locale a livelli di aggregazione maggiori. In questo caso viene condotta un'indagine attraverso l'analisi delle singole sorgenti con l'acquisizione di informazioni dettagliate sugli indicatori di attività, sui processi e le tecnologie e sulle emissioni. (Bini, et al., 2001).

Se consideriamo alcuni tipi di inquinanti come il particolato atmosferico, le emissioni atmosferiche emesse dal settore delle combustioni residenziali possono avere un ruolo molto importante poiché, possono rappresentare più di un terzo delle emissioni di particolato atmosferico provenienti dalle combustioni da sorgenti fisse . In alcune aree il settore delle combustioni residenziali, può addirittura essere la principale fonte di emissione di inquinanti atmosferici (Winiwarter & Klimont, 2001). Il contributo delle emissioni dai piccoli impianti (impianti residenziali) sulle emissioni totali varia e dipende dal tipo di inquinante e dall'area considerata. Nelle aree con un maggiore utilizzo di combustibili gassosi, certamente saranno maggiori le concentrazioni di inquinanti come CO₂ ed NO_x, mentre maggiore saranno le concentrazioni di particolati dove più spinto è l'utilizzo di biomasse, così come dimostrano gli studi effettuati nei vari paesi europei (Cofala, Klimont, & Amann, 2006)

Nella tabella 4.6. sono riportati i contributi delle emissioni di alcuni inquinanti (NO_x, SO₂, NH₃, NMVOC, PM₁₀ e PM_{2,5}) rispetto ai valori totali Europei, calcolati (anno 1990 e 1995) o previsti (anno 2010, dai risultati delle applicazioni attraverso il RAINS model). Contributi come quello del PM10 e PM2,5 si attestano fino ad un valore, rispettivamente del 15% e 19%.

Tabella 4.6. contributi delle emissioni di alcuni inquinanti rispetto ai valori totali Europei. Fonte: RAINS, 2005

Inquinante	Anno		
	1990	1995	2010
NO_x	4,5%	5%	7%
SO₂	11%	8%	7%
NH₃	0,5% - 1%		
NMVOC	7%	7%	7%
PM_{2,5}	25%	25%	19%
PM₁₀	22%	20%	15%

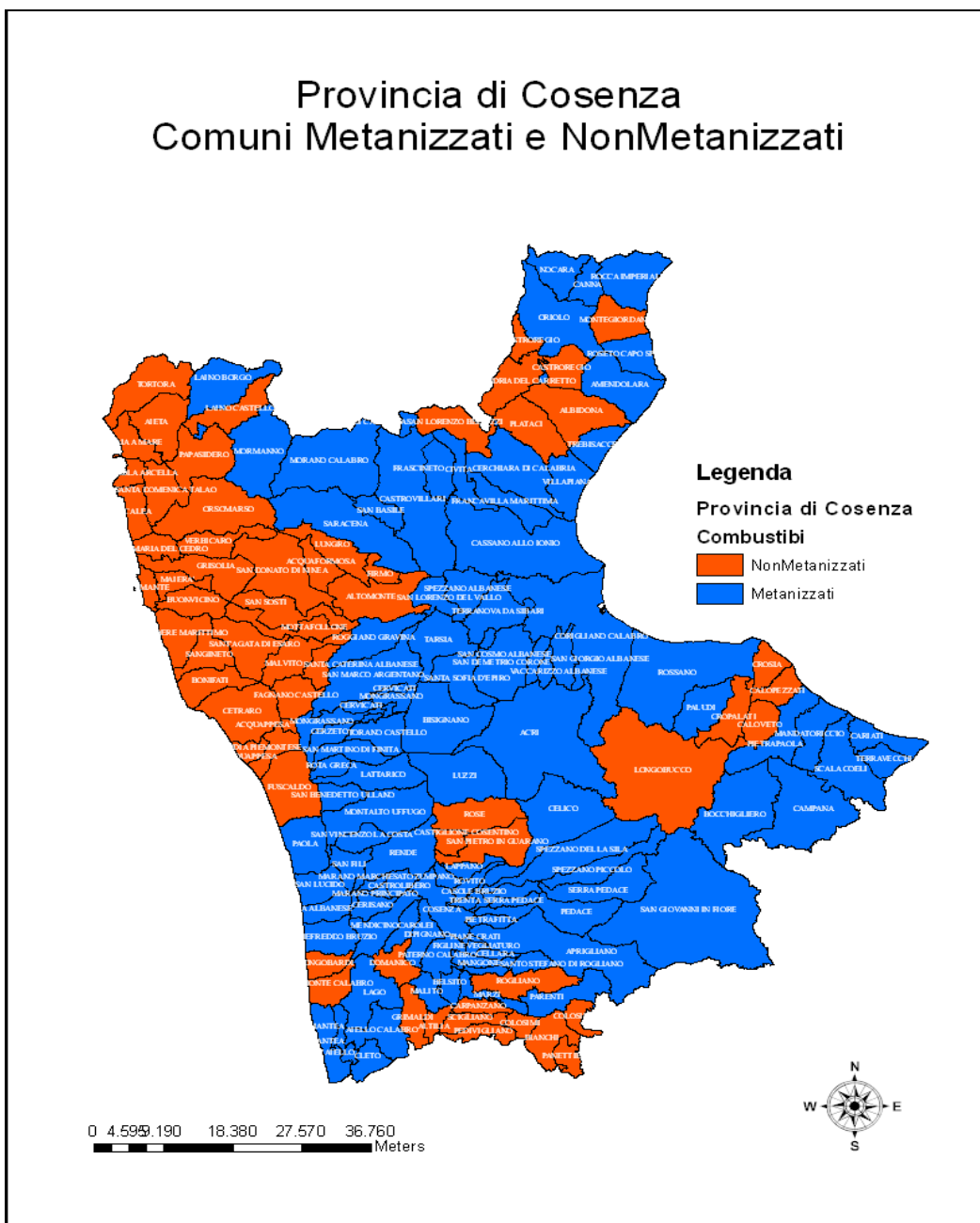
Notevoli sono anche i contributi delle emissioni dei metalli pesanti in Europa. Nel 1990 si registrava il 12.4%, di As, il 15.9% Cd e ben il 27.8% di Hg (Berdowski, 1997), (Pye et al., 2005). Quest'ultimo, nei piccoli impianti di combustione, rappresenta quasi il 16 % del

totale Europeo emesso. I valori riportati mostrano chiaramente come queste sorgenti siano e rimarranno sorgenti fonti a cui prestare ulteriore attenzione.

In questo studio, per ottenere una stima delle emissioni residenziali con un alto grado di precisione si sono considerate, nel massimo dettaglio possibile, le caratteristiche delle diverse realtà socio-economiche e territoriali, che l'area provinciale presenta.

Innanzitutto si è proceduto alla distinzione, in due categorie (comuni metanizzati e non metanizzati) dei comuni della provincia. (CITOL, 2000), riportati nella mappa 1. I comuni metanizzati costituiscono il 62% rispetto al totale provinciale, mentre quelli non metanizzati sono il restante 38%.

Provincia di Cosenza Comuni Metanizzati e NonMetanizzati



Mappa 4.1. Distribuzione dei Comuni metanizzati e non metanizzati.

Il passo successivo è stato di conoscere la composizione degli impianti per le due categorie di comuni (metanizzati e non metanizzati) presente sull'area di studio. Tale composizione è riportata nella tabella 4.7.

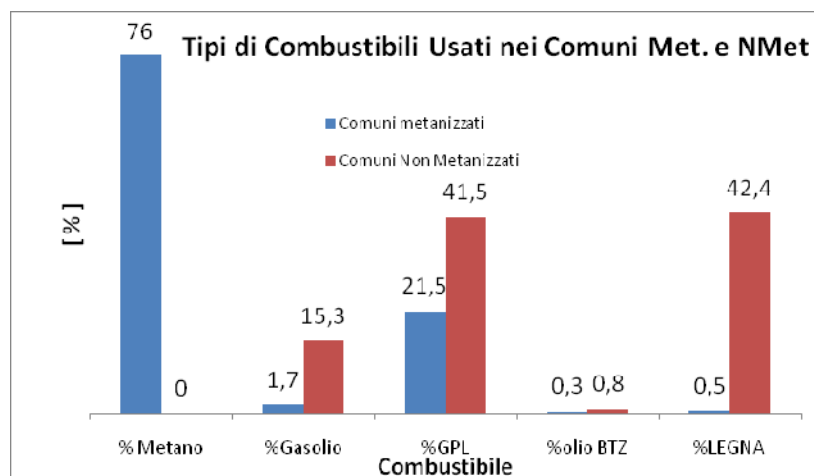


Tabella 4.7. Composizione percentuale, per tipo di combustibile, degli impianti di combustione presenti nella categoria dei comuni metanizzati e non metanizzati.

Nei comuni metanizzati, il metano è il combustibile maggiormente usato con un valore pari al 76 % seguito subito dopo dal GPL (Gas Propano Liquido) con il 22 %. La situazione è molto diversa nei comuni non metanizzati dove l'uso di legna e GPL rappresentano i due principali combustibili, usati entrambi, al 42 %.

I dati degli indicatori dell'attività, cioè le quantità dei combustibili consumati⁶, riferiti all'anno 2006 a livello comunale, sono stati ricavati tramite una variabile proxy, definita tra le variabili "abitanti comunali e abitanti provinciali" rispetto alle vendite provinciali di combustibili liquidi e gassosi (tab. 4.8.) (DGERM, 2007).

Tabella 4.8. Vendita provinciale di Combustibili gassosi e liquidi.

Combustibile	Ton.	GJ
Consumo Gas (Milioni di Standard m ³ a 38,1 MJ)	106,95	4074795
Consumo Gasolio Riscaldamento	128	5452,80
Consumo GPL (TOT-(RETE+EXRETE))	27768	1277550,14
Consumo OLIO Denso BTZ	22,2(7386)	908,478

I dati dei consumi di massa legnosa, utilizzata come legna da ardere a livello comunale, sono stati ricavati tramite una variabile proxy, tra le vendite provinciali riferite all'anno 2006 (tab. 4.9.) (C.F.S., 2006). Delle emissioni residenziali sono state calcolate i valori per gli inquinati quali: SO₂, NO_x, COV (Composti Organici Volatili), COT (Carbone Organico totale), CO, CO₂, PTS (Polveri Totali Sospese), PM₁₀, PM_{2,5}, Arsenico (As), Cadmio (Cd),

⁶ Quantitativi distribuiti su reti secondarie ai settori residenziale, terziario, industriale e termoelettrico.

Cromo (Cr), Rame (Cu), Mercurio (Hg), Nichel (Ni), Piombo (Pb), Selenio (Se), Zinco (Zn), IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici), Diossine e furani.

Tabella 4.9. Vendita annuale, di legna da ardere per specie legnosa per l'anno 2006.

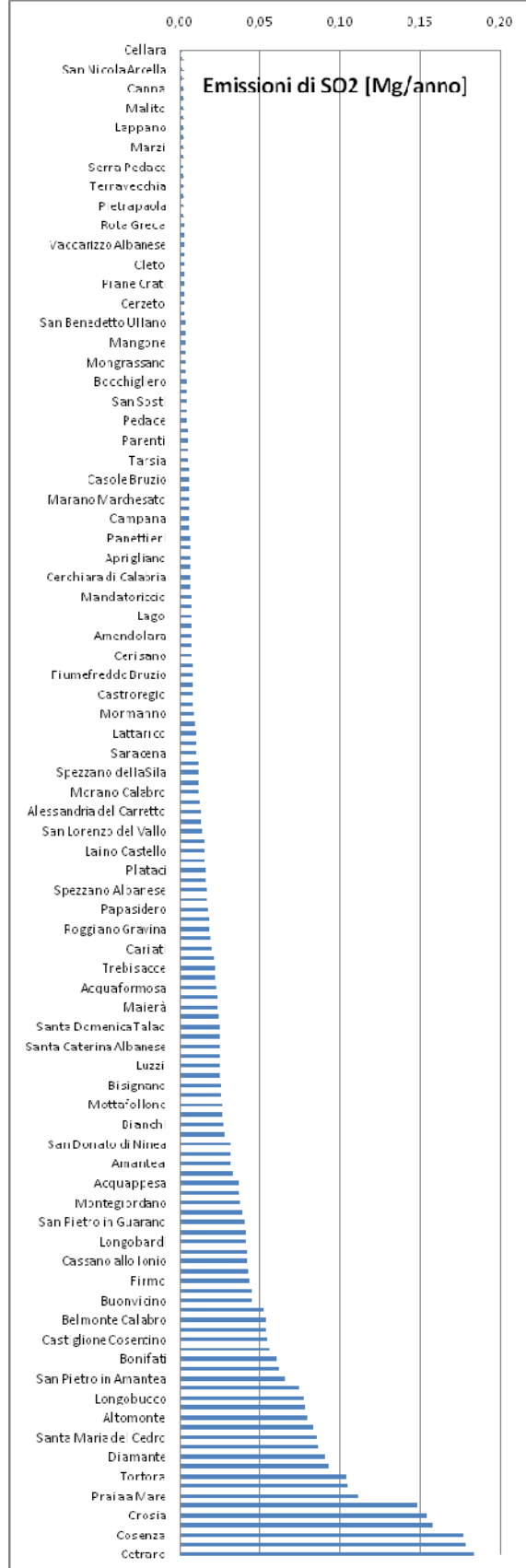
Specie Legnosa	Qunatità [m ³]	Ton.	GJ
Pino laricio	12115	8480,5	127207,5
Pino marittimo	0	0	0
altri pini	209	146,3	2194,5
altre conifere	850	595	8925
Rovere	383	344,7	5170,5
Cerro	10369	7258,3	108874,5
altre querce	49390	34573	518595
Castagno	42972	36955,92	554338,8
faggio	910	819	12285
Pioppo	7310	4751,5	71272,5
altre latif.	10043	7030,1	105451,5

Nella figura successiva (fig. 4.3.) sono riportati i valori stimati delle emissioni di SO₂ nei diversi comuni, sulla base della variabile proxy degli abitanti residenti. Il comune che risulta avere maggiore emissione di SO₂ è il comune di Cetraro (non metanizzato), con un valore pari a 0,183 Mg/anno, seguito dal comune di Scalea (non metanizzato) con una stima pari a 0,179 Mg/anno e dal comune di Cosenza (metanizzato) con una stima delle emissioni pari a 0,177 (Mg/anno). Subito dopo seguono una serie di altri comuni costieri, come Belvedere Marittimo (0,158) Mg/anno), Crosia (0,155 Mg/anno), Fuscaldo (0,148) e Praia a Mare (0,112) Mg/anno), tutti comuni che non sono metanizzati e con un numero di abitanti compreso tra 6000 e 9000. Nell'area

Figura 4.3. Emissioni di SO₂ per Comune [Mg/anno]

metropolitana delle città di Cosenza e Rende la somma dei valori di emissione di SO₂ stimati è pari a 0,26 Mg/anno, di cui 0,0835 Mg/anno emessi dalla città di Rende (32%) e 0,177 Mg/anno (68%) dalla città di Cosenza.

I valori così stimati, mostrano che la combinazione tra il tipo di combustibile usato nei diversi comuni, e il numero di abitanti, hanno una notevole influenza sulla produzione di SO₂.



I comuni nei quali si è stimato una maggiore produzione di SO₂, a parità del numero di abitanti, sono comuni non metanizzati. Infatti, i comuni sopra elencati sono comuni non sono metanizzati, che utilizzano combustibili, come la legna, con un alto valore di fattori di emissione di SO₂ (vedi tab. 4.3.).

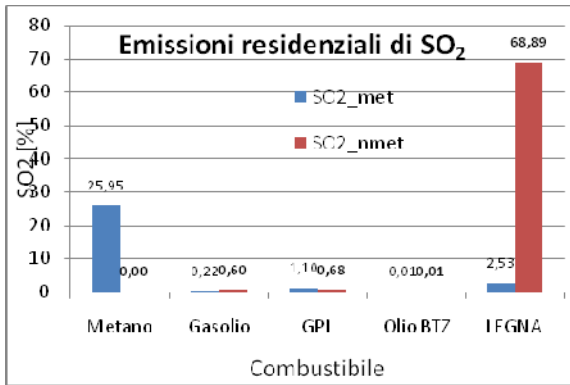


Figura 4.4. Valori percentuali delle emissioni di SO₂, per tipologia di combustibile, nei comuni metanizzati (met) e non metanizzati (nmet).

La quantificazione dell'influenza sulla produzione di SO₂, delle due diverse categorie di comuni (metanizzati (met) e non metanizzati (nmet)), è riportata nella figura 4.4. La quantità di SO₂ emessa dagli impianti residenziali in tutta la provincia, proviene per il 70,18% dai comuni non metanizzati (di cui, il 68,89%, dalla combustione di legna, lo 0,68% dalla combustione di GPL, lo 0,60% dalla combustione di gasolio e lo 0,01% dalla combustione di olio BTZ), e per il restante 29,82% dai comuni metanizzati (di cui il 2,53% dalla combustione di legna, 25,95% dalla combustione di metano, l'1,10% dalla combustione di GPL e lo 0,22% dalla combustione di gasolio).

Nella figura 4.5. sono riportati i valori stimati delle emissioni di NO_x per comune. Diversamente dai valori di SO₂, in questo caso la città di Cosenza, con un valore stimato di 0,18 [Mg/anno], emette il doppio delle emissioni di NO_x, rispetto a quelle emesse nei comuni della provincia, come il comune di Corigliano Calabro, Rossano, Rende, Castrovillari ed Acri, nei quali sono stati stimati rispettivamente 0,093, 0,087, 0,0835, 0,0543 e 0,0531 [Mg/anno]. Se consideriamo l'area metropolitana definita delle due città di Cosenza e Rende (CORE), il valore di emissioni di NO_x è pari a 0,26 [Mg/anno], che rappresenta il 6 % delle emissioni di NO_x da combustioni residenziali dell'intera provincia.

Per questo tipo di inquinante, l'87,5% (fig. 4.6) delle emissioni sono prodotte dai comuni metanizzati (di cui il 80,2%, dalla combustione di metano, il 7 % dalla combustione di GPL, lo 0,3% dalla combustione di legna, e il restante dalla combustione di olio BTZ e gasolio), e per il restante 12,52% dai comuni non metanizzati (di cui l'8,9% dalla combustione di legna, il 4,33% dalla combustione di GPL, e solo lo 0,01% dalla combustione di gasolio e olio BTZ).

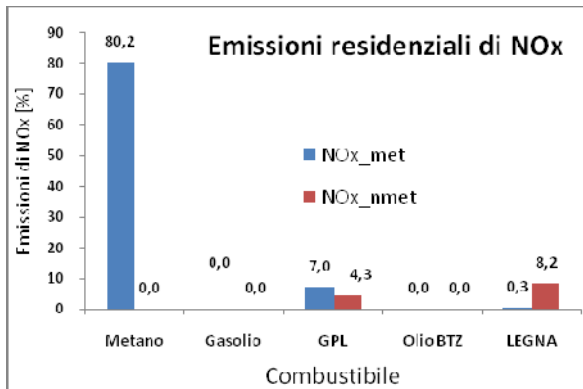
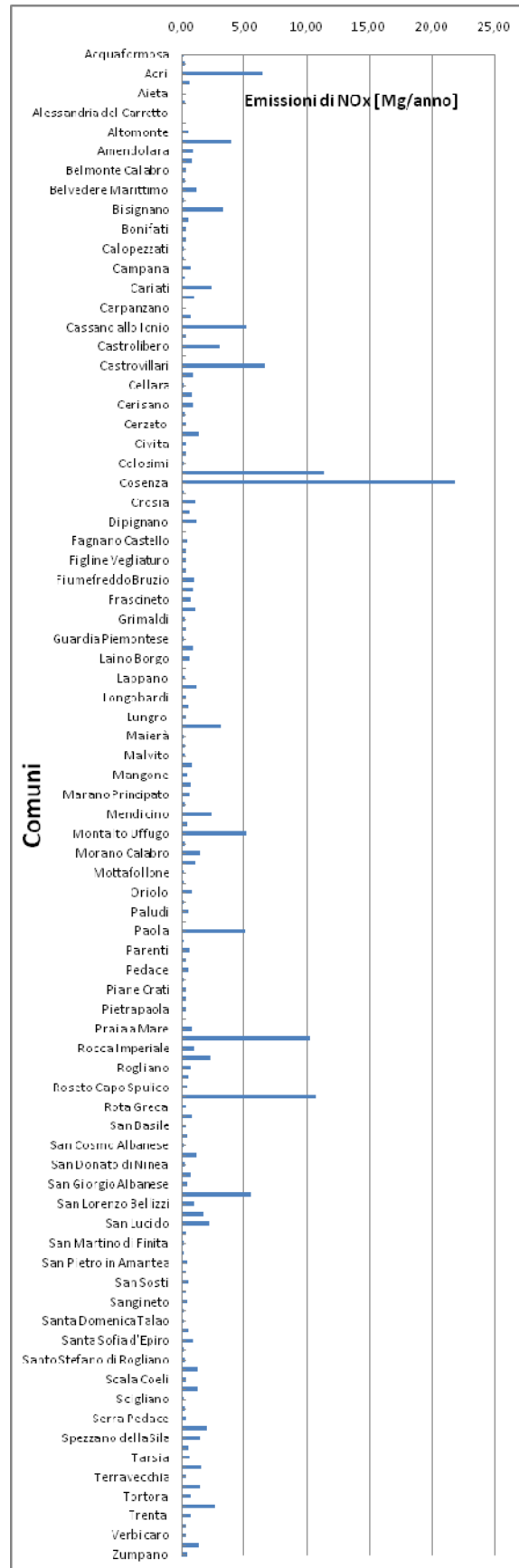


Figura 4.6. Valori percentuali delle emissioni di NO_x, per tipologia di combustibile, nei comuni metanizzati (met) e non metanizzati (nmet).

Lo stesso andamento si è ottenuto dal calcolo delle emissioni di CO₂ (fig. 4.7). Anche per questo inquinante la città di Cosenza, con un valore stimato di 17156 [Mg/anno], emette il doppio delle emissioni di NO_x, rispetto a quelle emesse nei comuni della provincia, come il comune di Corigliano Calabro, Rossano, Rende, Castrovillari ed

Figura 4.5. Emissioni comunali di NO_x [Mg/anno]



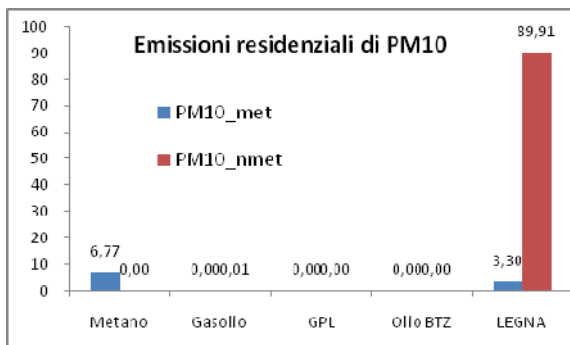


Figura 4.9. Emissioni di PM10 in % per categoria di comuni, metanizzati (met) e non metanizzati(nmet).

combustione di legna, e solo lo 0,02% dalla combustione degli altri combustibili).

Al contrario si verifica per le emissioni di particolato atmosferico, emesse quasi completamente dalla combustione della legna. Dalla figura 4.9, si dimostra che quasi il 90% delle emissioni di particolato sono emesse dai comuni non metanizzati, di cui l'89,9% dalla combustione della legna. Il rimanente 10 % delle emissioni di particolato atmosferico è proviene dai comuni metanizzati, di cui il 6,77% dalla combustione del metano e il 3,3% dalla combustione della legna. Dalla figura 4.10 si evidenzia come anche per il particolato atmosferico i valori delle emissioni stimati, sono maggiori in quei comuni non metanizzati e con un più alto numero di abitanti. La maggiore emissioni di PM10 deriva quindi innanzitutto dai comuni costieri tirrenici, quali Cetraro, Scalea,

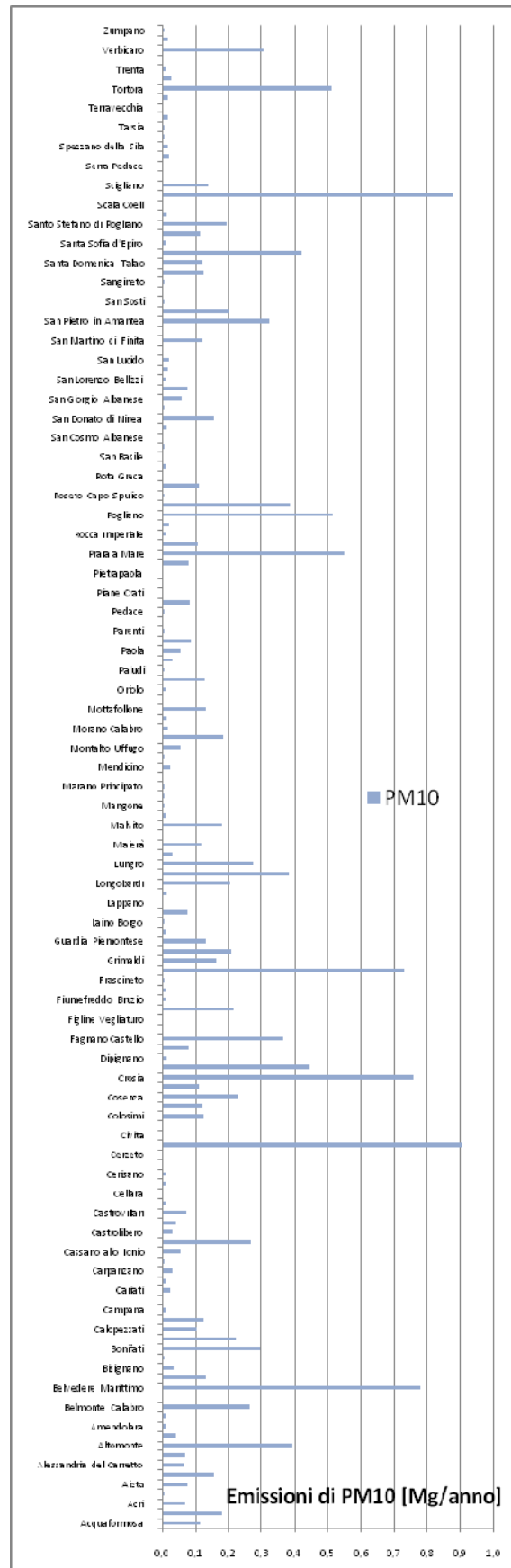


Figura 4.10. Emissioni comunali di PM10 [Mg/anno].

Belvedere Marittimo, con valori pari a 0,90, 0,87, 0,77 [Mg/anno], seguiti subito dopo dai comuni presilani come Rogliano , dove si è stimato un valore di emissione di PM10 pari a 0,516 [Mg/anno]

Con un valore di 0,337 Mg/anno somma del contributo delle emissioni della città di Cosenza (0,229 Mg/anno) e Rende (0,108 Mg/anno), l'area metropolitana ha un peso sull'intera provincia pari all' 2,6%. Mentre i comuni della zona costiera quali Scalea, Santa Maria del Cedro, Belvedere Marittimo, Diamante, Praia a Mare, Tortora, Cetraro, Fuscaldo, Crosia, Acquappesa, contribuiscono per il 38% alle emissioni totali provinciali di particolato da combustioni residenziali.

I valori stimati di tutti gli altri inquinanti stimati sono riportati nell'appendice 1.

4.3. Stima delle emissioni da trasporto, Il modello COPERT: Metodologia

Il "*Libro bianco*" per la politica dei trasporti Europea (European_Communities, 2001) definisce i trasporti come il fattore cruciale per la libertà e costituisce un contributo vitale per l'economia e lo scambio culturale tra le società. Nonostante questi fondamentali vantaggi, i trasporti, sia essi marittimi stradali aerei o ferroviari, contribuiscono significativamente, o ne costituiscono una delle cause dirette, dei cambiamenti climatici, dell'acidificazione, della formazione dell'ozono e della scarsa qualità dell'aria a livello locale (Saija & Romano, 2002), con il conseguente aumento della frequenza del superamento dei limiti di qualità dell'aria (EEA , 2006). Le stime europee dichiarano che il settore dei trasporti contribuisce con il 39,4 % alle emissioni di NO_x, con il 36,4 % di CO, il 16 % di PM₁₀, quasi il 18 % di PM_{2,5} e con il 4 % di SO_x (EEA 7/2008, 2008).

Il largo uso di combustibili fossili ancora usati per il trasporto, e la conseguente emissione di particolato, gas serra o anidride carbonica, incrementano ancora di più la loro pressione sulle qualità dell'aria delle aree urbane. In Europa, l'aumento del trasporto su strada di merci oltre la crescita economica stessa, l'aumento del trasporto di passeggeri con le auto e lo scarso avvio dell'utilizzo di biocarburanti, ha ridotto le aspettative delle strategie politiche adottate per la riduzione delle emissioni da traffico (basate soprattutto sul miglioramento delle tecnologie dei veicoli) (EEA , 2008).

La metodologia utilizzata per la stima delle emissioni generate dal traffico veicolare circolante sia a livello provinciale sia in ambito urbano, è stata ottenuta tramite l'applicazione del modello COPERT (COmputer Programme to calculate Emissions from Road Transport) (Gkatzoflias, 2006) (Eggleston, 1993). Questa metodologia è stata indicata dall'EEA (European Environment Agency, Agenzia Europea per l'Ambiente) come lo strumento da utilizzare sia per la stima delle emissioni da trasporto stradale nell'ambito del programma CORINAIR, sia per la realizzazione dell'inventario nazionale delle emissioni. (CORINAIR, 1998) (EMEP/CORINAIR, 1999).

Il modello COPERT può essere usato anche per la stima delle emissioni su piccola scala, come quella stradale (Mensink, 2000), (Berkowicz, 2004). Come riportato in Bellasio (2007), la metodologia del modello COPERT permette la stima delle emissioni del parco veicolare composto da 105 tipi di veicoli (figura 4.13), categorizzate secondo sei principali classi: autovetture per passeggeri (**Passenger cars**), veicoli commerciali leggeri (**Light duty vehicles**), veicoli commerciali pesanti (**Heavy duty vehicles**), autobus urbani e pulman (**Buses**), motorini (**Modeps**) e motocicli (**Motorcycles**). Del parco veicolare vengono considerate il *tipo di combustibile utilizzato* (benzina, gasolio, G.P.L.), la *classe di anzianità*, in relazione alle normative europee riguardanti l'introduzione di dispositivi per la riduzione delle emissioni (PRE ECE, ECE 15/00-01, EURO 1, 2, 3, 4 e 5), la *classe di cilindrata* (per le autovetture) o di *peso complessivo* (per i veicoli commerciali).

A ciascuna classe dei veicoli così ripartiti sono associate altre informazioni relative alle condizioni di guida quali le *percorrenze medie annue* e le *velocità medie* distinte in base al ciclo di guida ovvero alla *tipologia di percorso effettuato*: (urbano(**Urban**), extraurbano(**Rural**), autostradale(**Highway**)). (Saija/ANPA, 2000). Il modello COPERT produce le stime degli inquinanti quali ossidi di azoto (NO_x), protossido di azoto (N_2O), biossido di zolfo (SO_2), Composti Organici Volatili (VOC), metano (CH_4), monossido di carbonio (CO), biossido di carbonio (CO_2), ammoniaca (NH_3), particolato totale (PM) solo da motori diesel, e i metalli pesanti quali piombo (Pb), cadmio (Cd), rame (Cu), cromo (Cr), nichel (Ni), selenio (Se) e zinco (Zn) (Appendice 2).

Vehicle			Vehicle		
Type	Class	Legislation	Type	Class	Legislation
Passenger Cars	Gasoline <1,4l	PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 Improved Conv. Open Loop Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	Light Duty Vehicles	Diesel <3,5t	Conventional Euro I - 93/59/EEC Euro II - 96/69/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005
	Gasoline 1,4 - 2,0l	PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 Improved Conv. Open Loop Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005		Heavy Duty Vehicles	Gasoline >3,5t
			Diesel <7,5t		Conventional Euro I - 91/542/EEC Stage I Euro II - 91/542/EEC Stage II Euro III - 1999/96/EC Euro IV - COM(1998) 776 Euro V - COM(1998) 776
			Diesel 7,5 - 16t		Conventional 91/542/EEC Stage I 91/542/EEC Stage II Euro III - 1999/96/EC Euro IV - COM(1998) 776 Euro V - COM(1998) 776
	Diesel 16-32t	Conventional 91/542/EEC Stage I 91/542/EEC Stage II Euro III - 1999/96/EC Euro IV - COM(1998) 776 Euro V - COM(1998) 776			
	Gasoline >2,0l	PRE ECE ECE 15/00-01 ECE 15/02 ECE 15/03 ECE 15/04 Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	Buses	Urban Buses	Conventional 91/542/EEC Stage I 91/542/EEC Stage II Euro III - 1999/96/EC Euro IV - COM(1998) 776 Euro V - COM(1998) 776
	Diesel <2,0l	Conventional Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005		Coaches	Conventional 91/542/EEC Stage I 91/542/EEC Stage II Euro III - 1999/96/EC Euro IV - COM(1998) 776 Euro V - COM(1998) 776
	Diesel >2,0l	Conventional Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	Mopeds	<50cm ³	Conventional 97/24/EC Stage I 97/24/EC Stage II
	LPG	Conventional Euro I - 91/441/EEC Euro II - 94/12/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005		Motorcycles	2 Stroke >50cm ³
	2 Stroke	Conventional	4 stroke 50 - 250cm ³		Conventional 97/24/EC
Gasoline <3,5t	Conventional Euro I - 93/59/EEC Euro II - 96/69/EC Euro III - 98/69/EC Stage 2000 Euro IV - 98/69/EC Stage 2005	4 stroke 250 - 750cm ³	Conventional 97/24/EC		
Light Duty Vehicles				4 stroke >750cm ³	Conventional 97/24/EC

Figura 4.13. Classi del parco veicolare nel modello COPERT. Fonte (Ntziachristos & Samaras, 2000).

Inoltre vengono considerati molti componenti degli NMVOC (Composti Organici Volatili Non Metanici) distinguendo le emissioni degli idrocarburi quali alcani, alcheni, alchini, aldeide, chetoni e aromatici. (Appendice 2)

Il modello esprime le emissioni dei veicoli come combinazione tra dati sicuri e dati tecnici, come i fattori di emissioni, e dati sull'attività (ad esempi le percorrenze per veicolo), definite dagli utilizzatori.

Fondamentalmente, la stima delle emissioni è ottenuta come la somma di tre tipologie di contributi:

$$E = E_{hot} + E_{cold} + E_{evap}$$

dove:

- **E_{hot}** sono le emissioni a caldo (*hot emission*), ovvero le emissioni dai veicoli i cui motori hanno raggiunto la loro temperatura di esercizio⁷;
- **E_{cold}** (**cold over emission**) è il termine che tiene conto dell'effetto delle emissioni a freddo, ovvero delle emissioni durante il riscaldamento del veicolo (convenzionalmente, sono le emissioni che si verificano quando la temperatura dell'acqua di raffreddamento è inferiore a 70°C). Alla somma delle emissioni a caldo e di quelle a freddo viene abitualmente dato il nome di emissioni allo scarico (exhaust emission)⁸;
- **E_{evap}** sono le emissioni evaporative costituite dai soli NMVOC⁹.

⁷ Le formule di base per stimare le emissioni a caldo (hot emissions), ottenuta sperimentalmente è:

$$E_{HOT; i, j, k} = N_j \times M_{j,k} \times e_{HOT; i, j, k} \text{ dove}$$

$E_{HOT; i, j, k}$ è l'emissione del inquinante i [g], prodotta dal veicolo di classe j guidato sulla strada di tipo k a temperatura di esercizio e sistema di trattamento dopo lo scarico;

N_j è il numero di veicoli [veh.] di classe j nel periodo o anno di riferimento;

$M_{j,k}$ percorrenza per veicolo [km/veh.] fatta sulla strada di tipo k con il veicolo di classe j;

$e_{HOT; i, j, k}$ fattore di emissione medio della flotta [g/km] per l'inquinante i, rilevato per il veicolo j, operante sulla strada di tipo k a temperatura di esercizio e sistema di trattamento dopo lo scarico. In COPERT è assunto che i fattori di emissione a caldo dipendono solo dalla velocità.

⁸ Le emissioni a freddo sono introdotte nella stima come emissioni aggiuntive per km utilizzando la seguente formula:

$$E_{COLD; i, j} = \beta_{i, j} \times N_j \times M_j \times e_{HOT; i, j} \times (e^{COLD} / e^{HOT} |_{i, j} - 1) \text{ dove:}$$

$E_{COLD; i, j}$ è l'emissione del inquinante i causato dal veicolo di classe j;

$\beta_{i, j}$ frazione di distanza percorsa con il motore freddo o con il catalizzatore operante sotto la temperatura di esercizio;

N_j è il numero di veicoli [veh.] di classe j in circolazione nella classe di veicoli j;

$M_{j,k}$ percorrenza per veicolo [km/veh.] del veicolo di classe j;

$(e^{COLD} / e^{HOT} |_{i, j} - 1)$ rapporto delle emissioni freddo su caldo dell'inquinante i, relativo al veicolo di classe j

⁹ Le principali sorgenti di emissioni evaporative dai veicoli, distintamente stimati, sono tre, le emissioni diurne, le emissioni del carburante "immerso" nel motore allo spegnimento dello stesso (hot soak emissions) e le perdite durante la percorrenza. Per stimare queste emissioni nel modello si fa riferimento all'approccio *Standard* CORINAIR tramite la principale equazione usata:

$$E_{EVA, VOC; j} = 365 \times N_j \times (e^d + S^c + S^{fi}) + R \text{ dove}$$

$E_{EVA, VOC; j}$ sono le emissioni di VOC dovute alle perdite evaporative causate dal veicolo di categoria j;

N_j è il numero di veicoli a benzina di categoria j;

e^d fattore medio per le perdite diurne di veicoli a benzina equipaggiati con serbatoi di metallo, dipendente dalla temperatura medie mensili dell'ambiente, dalla variazione di temperatura e dalla volatilità del carburante (RVP);

S^c media del fattore di emissioni di benzina immersa nel motore in esercizio a temperatura calda o caldissima, dei veicoli equipaggiati con carburatori;

Indipendentemente dalle tipologie di emissioni considerate, le emissioni veicolari sono fortemente vincolati dalle condizioni in cui il motore opera, e di conseguenza dalle differenti condizioni di guida. COPERT tiene conto di queste differenti condizioni, distinguendo tre tipi di guida (urbana, rurale e autostradale), e definendo un range di velocità tipiche per ognuna di queste situazioni (figura 4.14).

Driving Situation	Typical Speed Range (km/h)
Urban	10 - 50
Rural	40 - 80
Highway	70 - 130

Figura 4.14. Range di velocità per le differenti condizioni di guida considerate nel modello COPERT.
Fonte (Ntziachristos & Samaras, 2000).

Le emissioni totali, a seconda delle condizioni di guida (E_{URBAN} , E_{RURAL} e $E_{HIGHWAY}$), possono essere calcolate tramite l'equazione sotto riportata:

$$E_{TOTAL} = E_{URBAN} + E_{RURAL} + E_{HIGHWAY}$$

Un quadro descrittivo della struttura del modello, delle variabili richieste da questo richieste dei "calcoli intermedi" necessari per il calcolo delle emissioni da trasporto, è riportato nella figura 4.15.

Dalla figura 4.15 possono essere ben distinte sia le variabili necessarie che definiscono l'input del modello stesso, quali i consumi e le caratteristiche dei carburanti, i dati sull'attività (cioè il numero dei veicoli, la distribuzione del parco veicolare, i valori delle percorrenze per classe di veicolo e per tipo di strada), le condizioni di guida e le altre variabili (percorrenza media e le informazioni sulle condizioni climatiche) sia i calcoli intermedi necessari per ottenere le emissioni totali secondo la risoluzione spaziale o temporale scelta.

S^fi media del fattore di emissioni di benzina immersa nel motore in esercizio a temperatura calda o caldissima, dei veicoli equipaggiati con iniezione del carburante;

R perdita di emissioni, a motore caldo e caldissimo, durante il movimento del veicolo.

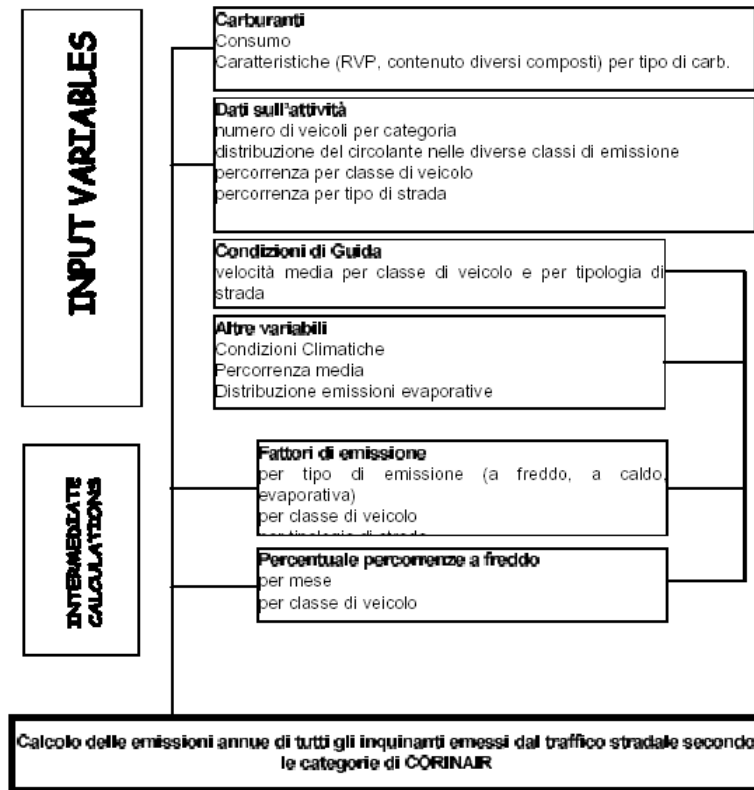


Figura 4.15. Struttura e variabili usati dal modello COPERT.

Le informazioni richieste dal modello sono state raccolte da diverse fonti quali agenzie e istituzioni. I dati sul parco veicolare sono stati raccolti dall'ACI (Automobil Club Italiano), mentre i valori sul consumo dei combustibili provengono dai bollettini del Ministero dello Sviluppo economico. Di più difficile reperimento sono state le informazioni sulle condizioni di guida e sulla mobilità generale. A tale scopo sono state utilizzate ed integrate sia le informazioni dell'ISFORT (Istituto Superiore di Formazione e Ricerca per i Trasporti), sia le informazioni del Data base messo a disposizione dal Laboratorio di termodinamica applicata dell'Università di Thessaloniki (GR), soggetto sviluppatore del modello, nonché centro di riferimento della European Topic Centre sull'Aria e i Cambiamenti Climatici.

4.3.1 Stima delle emissioni veicolari a livello provinciale

La metodologia del modello COPERT è stata applicata per la stima delle emissioni del parco veicolare circolante della provincia di Cosenza per l'anno 2006 (ACI, 2007), sia per tipo di sorgente, sia per condizioni di guida (urbane, rurali e autostradali). Le emissioni per le tre

condizioni di guida, sono state prima distribuite per ogni comune, tramite una variabile proxy tra il parco veicolare comunale, quello provinciale e il valore delle emissioni provinciali totali. Successivamente, ottenute così i valori delle emissioni per comune e per condizioni di guida, tali emissioni (urbane, rurali e autostradali) sono state distribuite, rispettivamente sulle aree urbane, sulle aree delle strade di tipo rurale e sulle aree dei tratti autostradali eventualmente ricadenti nello specifico comune. Infine, intersecando una griglia di maglia 1 x 1 km georeferenziata, con le aree prima descritte, sono stati estratti i valori delle emissioni per ogni singola cella della griglia. Ad ogni cella è stato assegnato il valore delle emissioni dato da tre specifici contributi ricadenti nella cella: emissioni urbane, emissioni rurali ed emissioni autostradali.

Nei dati sul parco veicolare, elaborate dall'ACI e riportate nella tabella 4.10, c'è una sostanziale differenza nella categoria dei "Motocicli". In COPERT tale categoria è distinta in due classi, motorini (Modeps) e motocicli (Motorcycles), mentre nei dati elaborati dall'ACI le due categorie sono sommate in un'unica considerando i motocicli fino a 125 cm³. I dati mostrano come oltre il 79 % del parco veicolare è composto dalla categoria "autovetture per passeggeri", della quale il 60,3% alimentata a benzina, il 37% alimentata con Diesel, il 1,6% con GPL e lo 0,2% con "benzine ibride". I veicoli commerciali leggeri costituiscono il 10,6%, di cui il 5,6 % è alimentato da benzina e il restante 94,4% da Diesel. I veicoli commerciali pesanti e i Bus rappresentano rispettivamente il 2,6 % e lo 0,3% e sono alimentati, entrambi, solo da Diesel, infine una corposa parte dell'intero parco veicolare è composto dalla categoria dei motocicli con un percentuale del 7,1%.

Tabella 4.10. Composizione parco veicolare per la Provincia di Cosenza. Anno 2006. Fonte ACI, 2007

Categoria	No. di veicoli	Percentuale
Autovetture per passeggeri	411.189	79.4
Veicoli commerciali leggeri	54897	10.6
Veicoli commerciali pesanti	12584	2.6
Bus	1.729	0.3
Motocicli	36.915	7.1

I consumi di carburanti per l'anno 2006 (DGERM, 2007) usati sono riportati nella tabella 4.11. Dai dati del consumo del carburante emerge un utilizzo doppio di carburante diesel rispetto a quello della benzina.

Tabella 4.11. Consumi di carburante nella provincia di Cosenza.

Fuel type	Fuel consumption (ton/y)
Gasoline Leaded	0
Gasoline Unleaded	121717
Diesel	229613
LPG	4285

Questi valori sicuramente sono in contrasto con quelli che potrebbero essere attesi, se si considera che il numero dei veicoli alimentati a benzina è il doppio rispetto a quelli con carburante Diesel (60,3 % alimentata a benzina rispetto al 30,15% alimentati con diesel). Questo andamento può essere giustificato dalla minore percorrenza fatta con i veicoli a benzina rispetto a quelli diesel, in media rispettivamente 6578 rispetto 12250 km/anno (LAT, 2008). Sebbene la scarsa disponibilità di dati in letteratura, dei valori delle velocità per le diverse categorie, da cui dipende l'incremento o la riduzione delle emissioni (Seref, 2007), sono stati considerati i valori medi per l'Italia, forniti da LAT., e riportati nella tabella 4.12.

Tabella 4.12. Velocità media per categoria di veicolo e tipologia di percorso effettuato.

Category	Urban [kmh ⁻¹]	Rural	Hiway
Passenger Cars	25	65	120
Light Duty Vehicles	25	65	95
Heavy Duty Trucks	23	60	85
Buses	22	60	90
Motorcycles	34	70	120

Una sintesi delle stime degli inquinanti ritenuti maggiori indicatori dell'inquinamento atmosferico, sono riportate nelle tabelle che seguono. In appendice X, sotto forma di report, così come è definito dal modello, sono riportate le stime di tutti gli inquinanti, per condizioni di guida e per tipo di sorgente. Nella tabella 4.13 sono state raccolte le principali informazioni della stima delle emissioni di CO. Dalla tabella 4.13(a) e 4.13(b) si possono leggere i valori delle emissioni sia per settore veicolare e tipologia di percorso, sia i contributi, in percentuale dei singoli settori veicolari. Il settore dei veicoli per passeggeri contribuisce con oltre il 70% alle emissioni di CO totali, seguito con il 19,30% dal settore dei motocicli, il 4,43 dal settore dei veicoli commerciali pesanti, il 4,23% dai veicoli commerciali leggeri e solo lo 0,70% dal settore veicolare dei bus. Di questi contributi quasi

il 64% è emesso dalla guida urbana, il 25% da quella rurale e quasi il 12 % dalla guida autostradale (tabella 4.13-c). Molto significativi sono anche i valori delle emissioni hot e cold (tabella. 4.13-d), che si attestano rispettivamente al 68% hot e quasi il 32% cold, (riferimenti bibliografici e commento). La distribuzione delle emissioni di CO, su griglia di maglia quadrata $1 \times 1 \text{ km}$ (mappa X) ha permesso di stimare anche le emissioni su base comunale (fig. 4.13-e).

I risultati confermano quello che si poteva prospettare analizzando il parco veicolare comunale. I grandi centri abitati delle città di Cosenza, Rende, Corigliano Calabro e Rossano sono le aree dalle quali si ottengono i maggiori contributi di emissioni di CO. In particolare, la città di Cosenza con una quantità di 1498 [Mg/anno], contribuisce per il 10,24%, mentre le altre, rispettivamente con 843 [Mg/anno], 804 [Mg/anno] e 699 [Mg/anno], contribuiscono per il 5,8%, 5,5% e 4,8% delle emissioni totali. Se consideriamo l'area metropolitana CORE, questa contribuisce per il 16% delle emissioni dell'intera provincia.

Nella tabella 4.14 sono riportati valori delle emissioni di NOx sia per settore veicolare e tipologia di percorso (tab. 4.14-a) sia i contributi, in percentuale, dei singoli settori veicolari (tab. 4.14-b). Le stime delle emissioni di NOx si attestano su un valore totale provinciale di 6098 [Mg/anno], di cui quasi il 46% è prodotto dai veicoli per passeggeri, oltre il 36% dai veicoli commerciali leggeri, l'11,27% dai veicoli commerciali pesanti, quasi il 7% dai motocicli, e solo lo 0,54 dai bus. Per questo inquinante la tipologia di guida Rural è la causa principale, con quasi il 45% (tab. 4.14-c), rispetto alla quota prodotta da una tipologia urbana (25,47%) e autostradale (quasi il 30%). Così come per le emissioni di CO, per le emissioni di NOx (tab. 4.14-e), le città di Cosenza, Rende, Corigliano e Rossano sono le aree con maggiore emissione, rispettivamente con i valori pari a 624 [Mg/anno], 351 [Mg/anno], 334 [Mg/anno], 291 [Mg/anno], e con gli stessi valori percentuali rispettivamente il 10,24%, 5,8%, 5,5% e 4,8%.

Tabella 4.13. Stima delle emissioni di CO da traffico veicolare. Quantità per settore (4.13-a), percentuale per settore (4.13-b), per tipo di guida (4.13-c), per sorgente (4.13-d) e per comune (4.13-e).

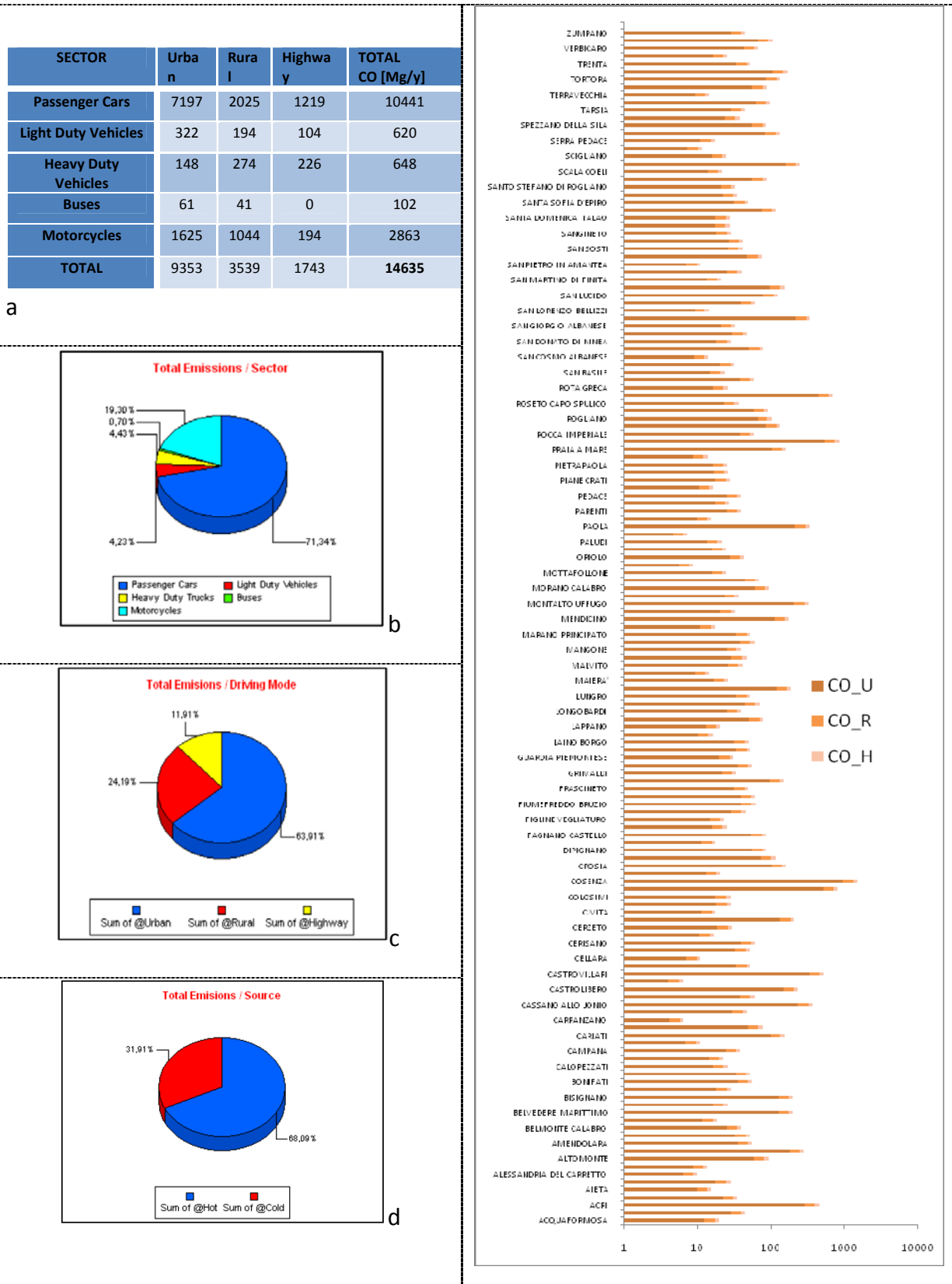
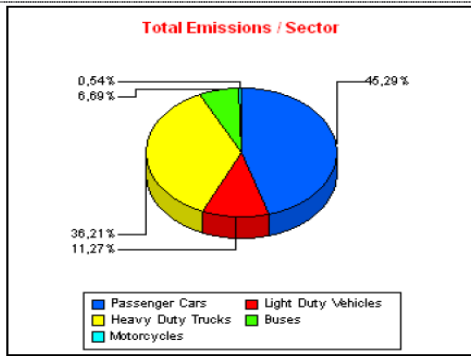


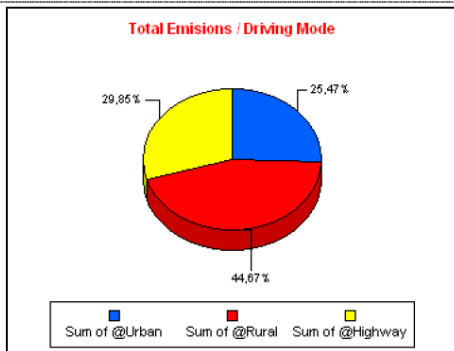
Tabella 4.14. Stima delle emissioni di NOx da traffico veicolare. Quantità per settore (4.14-a), percentuale per settore (4.14-b), per tipo di guida (4.14-c), per sorgente (4.14-d) e per comune (4.14-e).

SECTOR	Urban	Rural	Highway	TOTAL [Mg/y]
Passenger Cars	683,69	1.286,35	791,89	2761,93
Light Duty Vehicles	267,18	288,82	131,1	687,1
Heavy Duty Vehicles	382,42	931,9	893,56	2207,88
Buses	205,94	202,27	0	408,21
Motorcycles	14,2	14,88	3,91	32,99
TOTAL	1.553,43	2.724,22	1.820,46	6098,11

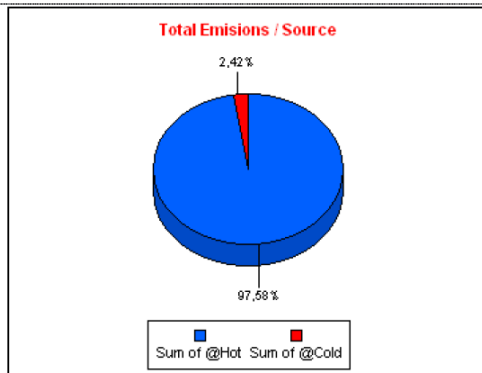
a



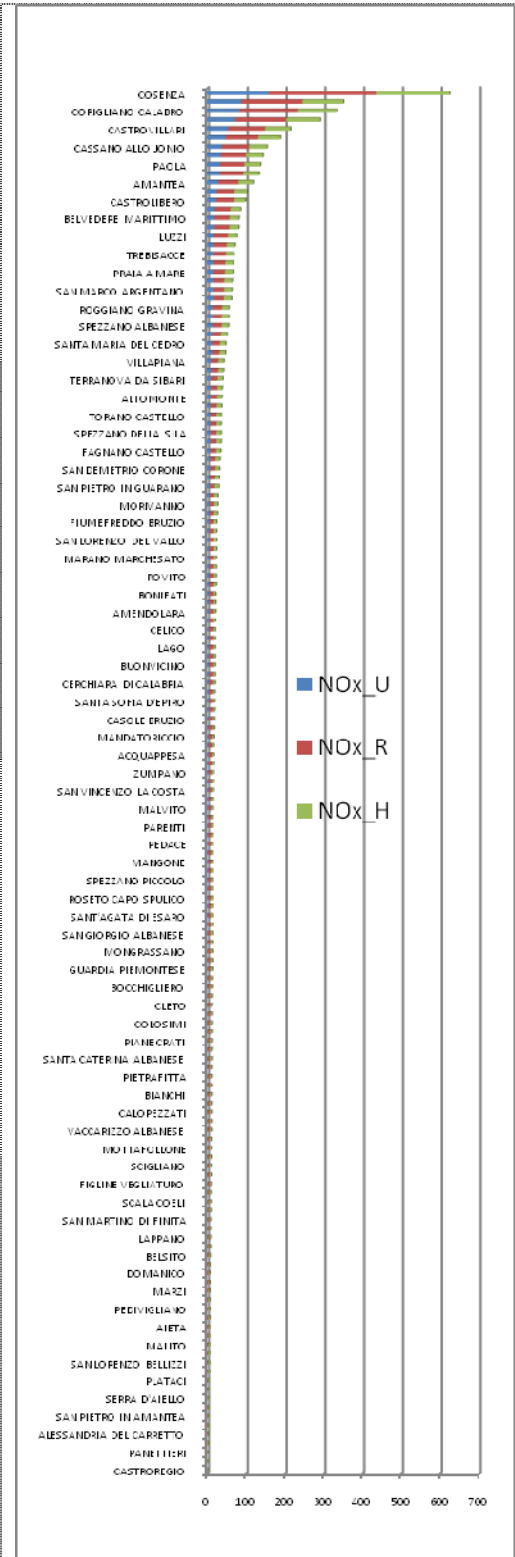
b



c



d



Nella tabella 4.15 sono riportati i valori delle stime per il particolato atmosferico. Il valore totale stimato è pari a 299,45 [Mg/anno] (tab.4.15-a) di cui il 36% proviene dal settore dei veicoli per passeggeri, il 29% e 26 % rispettivamente dal settore dei veicoli commerciali pesanti e leggeri, il 5,32% dai bus e solo il 3,6% dai motocicli (tab.4.15-b). Se consideriamo le emissioni per modo di guida (tab. 4.15-c) si mostra che il 42% è dovuto alla guida nelle strade rurali, il 31% alla guida in autostrada e quasi il 27% alla guida in modo urbano. Dalla tabella 4.15-d si riporta la stima delle emissioni considerando la componente hot e cold. Oltre il 91% viene prodotto dalle condizioni a caldo del motore mentre l'8,3% dalle condizioni a freddo. Per l'area metropolitana CORE la somma del particolato atmosferico derivante dal traffico veicolare è pari a 48 [Mg/anno] oltre il 10% della stima totale provinciale.

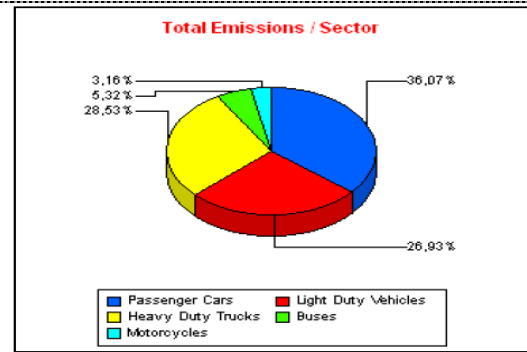
La possibilità di poter stimare le emissioni per modalità di guida ha permesso, una volta scelto la percentuale di Driving share (cioè la stima percentuale del tipo percorso Urban, rural o Highway di ogni tipologia di veicolo), di costruire una serie di mappe, tramite l'applicazione di un GIS, sulle quali distribuire spazialmente i diversi tipi di emissioni veicolari. In particolare sono state costruite quattro mappe, ognuna con a griglia di maglia quadrata $1 \times 1 \text{ km}$, sulle quali sono state distribuite le stime delle emissioni per tipo di guida (Urban, Rural, Highway) rispettivamente sulle aree abitate, sulle strade rurali (Strade Statali, Strade Provinciali, Superstrade) e sul tratto autostradale A3 che attraversa il territorio della provincia di Cosenza, ricadenti in ogni singola cella, e di ogni specifico comune. Infine ad ogni cella è stato attribuito il valore somma delle tre componenti eventualmente presenti.

Nella mappa 2, è riportato il calcolo delle emissioni di PM_U, cioè le emissioni di PM prodotte dalla guida degli autoveicoli in modalità urbana. Si ritenuto opportuno, distribuire questa "quota" di emissioni nelle sole aree urbane, sulla base della lunghezza del percorso medio giornaliero l_{trip} pari a 13 km. (ISFORT, 2007). Nella mappa 3 e 4 sono riportate rispettivamente le emissioni le strade rurali (Rural) e autostradali (Highway). Infine nella mappa 5 è riportata la somma delle tre componenti sopra descritte.

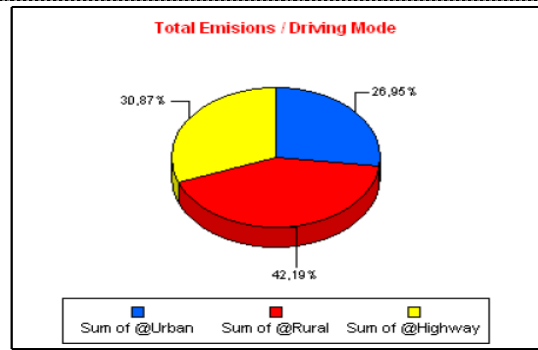
Tabella 4.15. Stima delle emissioni di PM da traffico veicolare. Quantità per settore (4.15-a), percentuale per settore (4.15-b), per tipo di guida (4.15-c), per sorgente (4.15-d) e per comune (4.15-e)..

SECTOR	Urban	Rural	Highway	TOTAL [Mg/y]
Passenger Cars	19,44	44,04	44,59	108,06
Light Duty Vehicles	26,34	36,61	17,73	80,68
Heavy Duty Vehicles	20,12	35,67	29,70	85,48
Buses	9,16	6,77	0,00	15,93
Motorcycles	5,69	3,32	0,47	9,48
TOTAL	80,75	126,41	92,49	299,45

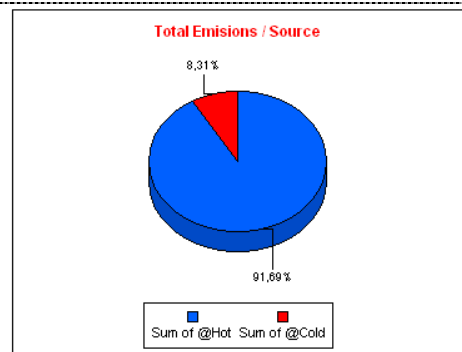
a



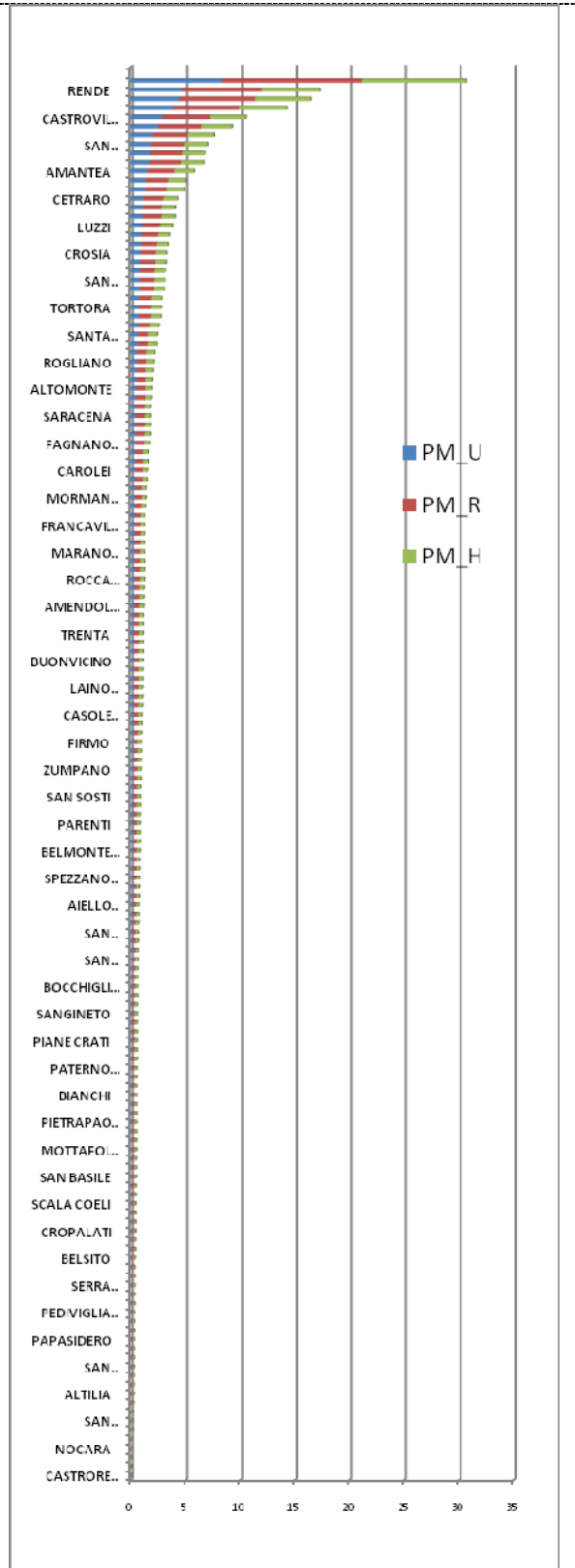
b



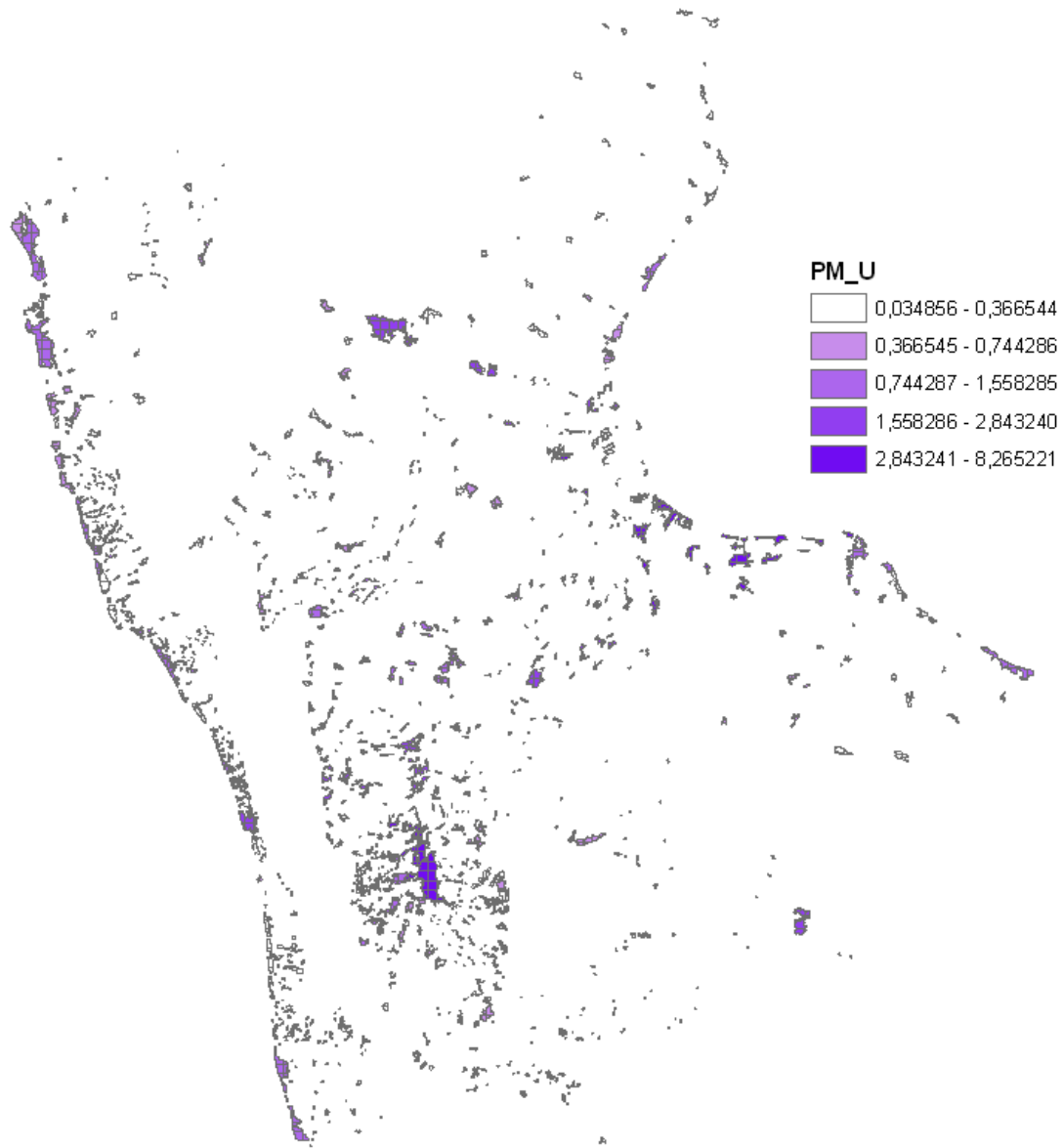
c



d



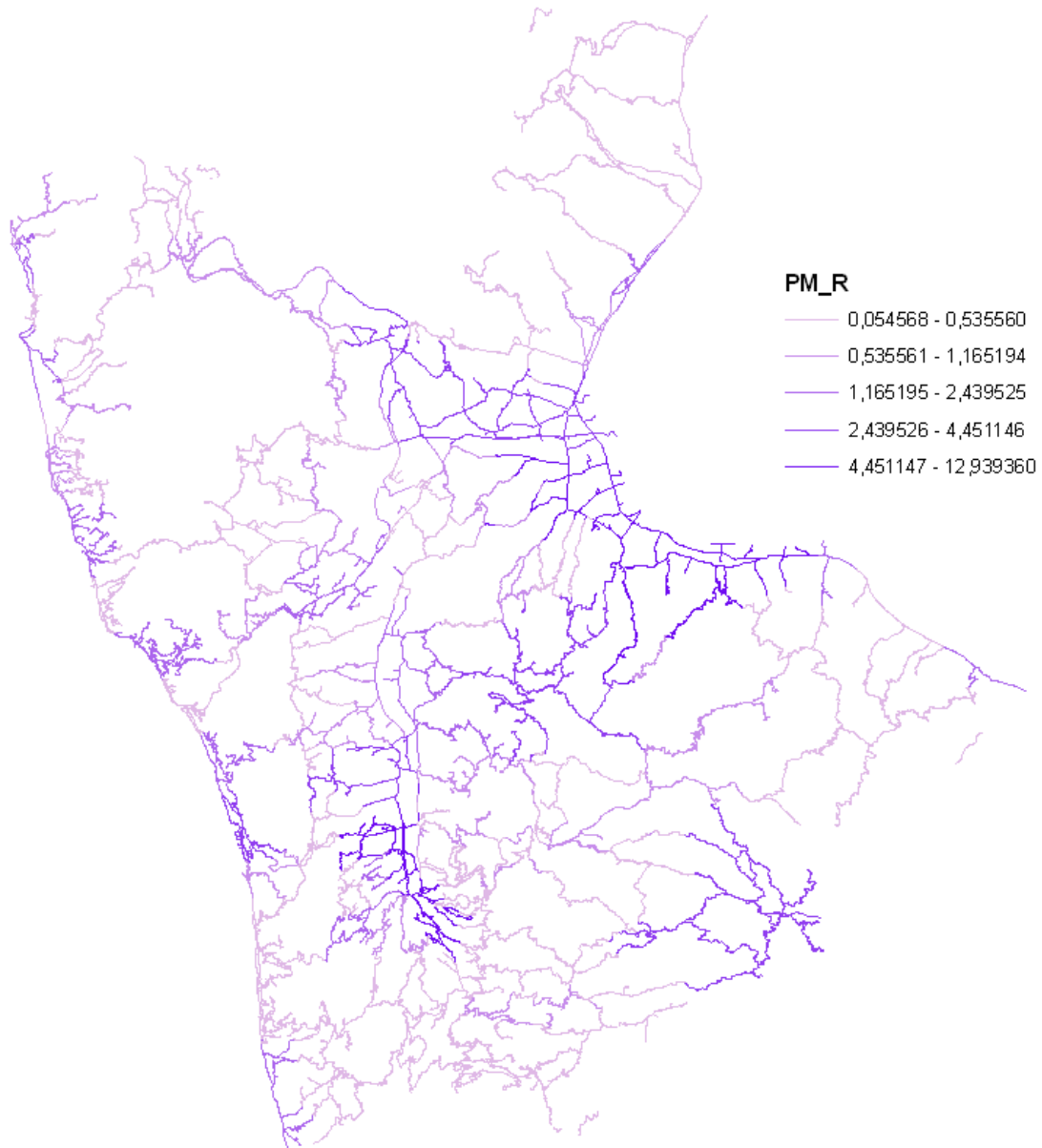
Emissioni Veicolari Urban



0 4.3308 660 17.320 25.980 34.640 Meters

Mappa2. Emissioni veicolari "Urban" di PM10, calcolate attraverso il modello COPERT. [Mg/anno]

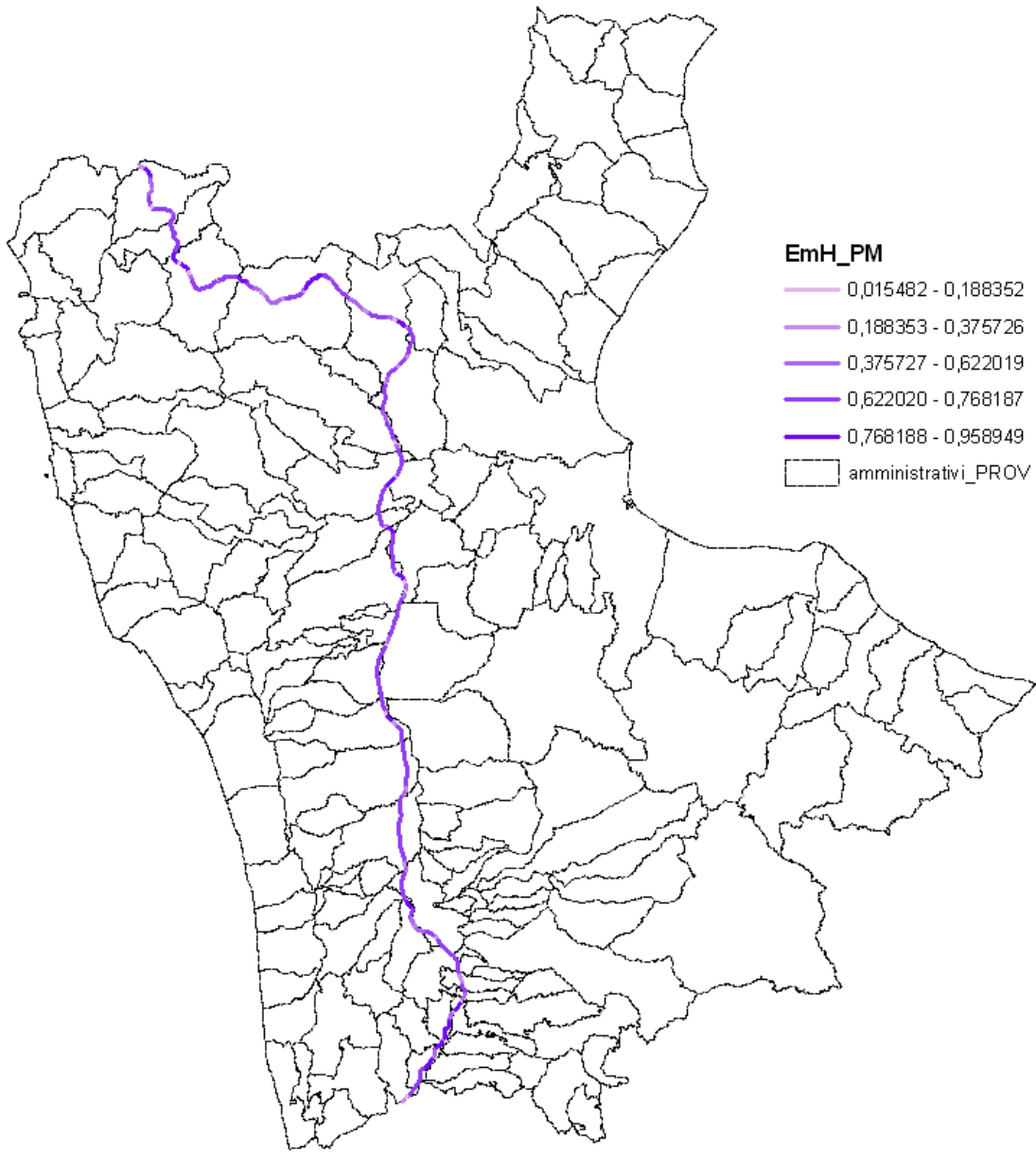
Emissioni Veicolari Rural



0 4.320 8.640 17.280 25.920 34.560
Meters

Mapa 3. Emissioni veicolari "Rural" di PM10, calcolate attraverso il modello COPERT. [Mg/anno]

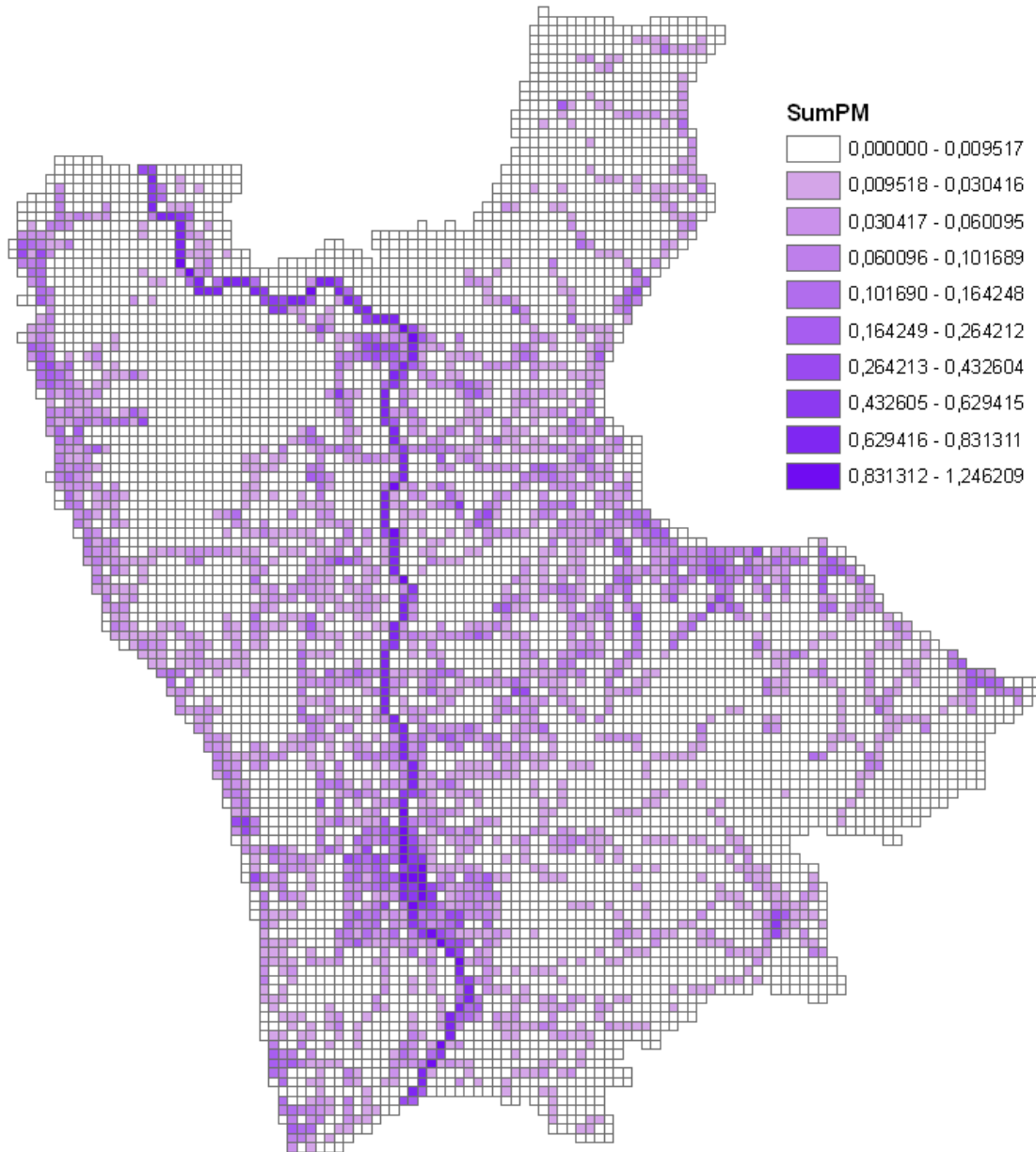
Emissioni Veicolari Highway



0 4.320 8.640 17.280 25.920 34.560 Meters

Mappa 4. Emissioni veicolari "Highway" di PM10, calcolate attraverso il modello COPERT.[Mg/anno]

Emissioni Veicolari URH



Mappa 5. Emissioni veicolari totali (U+R+H) della provincia di Cosenza su griglia di 1x 1km.[Mg/anno]

4.3.2 Stima delle emissioni veicolari in ambito urbano.

La versatilità del modello COPERT ne permette l'utilizzo anche per la valutazione delle emissioni su uno o più generici punti della strada, e su scala temporale oraria. Tale versatilità risulta essere molto importante quando, come nel nostro caso, si volessero stimare le emissioni da trasporto all'interno di un reticolo stradale nell'area urbana. La quantificazione delle emissioni del traffico veicolare, a tale livello, identifica sia le aree urbane maggiormente esposte all'inquinamento atmosferico, i cosiddetti punti caldi o pericolosi (*hot spot*), sia il flusso orario delle concentrazioni degli inquinanti, nel periodo di monitoraggio del traffico veicolare (Mensink, 2000; (Ekstrom, 2004) Berkowicz, 2004; Seref, 2007). Le emissioni così stimate, sono essenziali per la valutazione dell'inquinamento da traffico e l'applicazione di modelli di dispersione degli inquinanti a livello di canyon urbano o microscala. La mancanza di dati sulla mobilità dell'intera area metropolitana dell'area CORE ha reso possibile stimare le emissioni da traffico della sola area della città di Cosenza.

Con la stima della mobilità nella città di Cosenza (Guzzo, 2000), (Festa, 2000), riportata nella figura 4.16, sono stati quantificati i flussi di traffico all'interno della città, nei giorni da martedì a venerdì, dal 22 marzo all'1 giugno 2000, periodo in cui si verifica una mobilità feriale, consueta e lontana da eventi singolari, quali le festività. All'interno di questo periodo sono stati rilevati i flussi di traffico durante tredici ore, dalle 7:00 alle 20:00, e in alcuni casi solo fino alle 19:00. Sono state individuate 36 sezioni stradali, di cui 18 sezioni al *cordone*¹⁰(con le quali si rileva lo scambio tra il capoluogo ed i comuni limitrofi), e 18 alle *linee di valico*¹¹. Le sezioni sono identificabili univocamente attraverso una sigla alfanumerica, costituita dalla lettera "C" e "LV" e dai numeri con indice i e i,j, rispettivamente per le sezioni al cordone a alle linee di valico. Dai flussi monitorati è emerso un livello di mobilità molto elevato, con un valore di 197524 veicoli/giorno che attraversano il cordone e ben 277597 veicoli/giorno per gli spostamenti interni, quelli cioè che attraversano le linee di valico. Per i flussi al cordone circa il 90% dei flussi totali sono autovetture, il 6,9 %

¹⁰ Linea che delimita l'area cittadina intersecata con principali arterie stradali della città, strade provinciali e statali.(Guzzo, 2000)

¹¹ Linee ideali che tagliano trasversalmente la città (nella direzione est-ovest), con le quali si descrive la mobilità interna che si manifesta principalmente lungo l'asse sud-nord nella città.

veicoli commerciali, il 2,7 % motocicli e solo l'1,2% bus. Le sezioni al cordone con i flussi totali maggiori sono la sezione C9 (ubicata in Viale Cosmai, località Campagnano) con 24560 veicoli/gg, e la sezione C16 (in contrada Ligiuri, in prossimità dello svincolo autostradale A3-Cosenza-Sud) con 19785 veicoli/gg. Al contrario, quella con minore flusso è la sezione C3 (sulla SP Schiavonea, località Bosco di Rovito) con 1430 veicoli/gg. Gli orari con il massimo flusso al cordone si verifica nelle fasce orarie tra le 8:00-9:00, 13:00-14:00 e tra le 19:00-20:00.

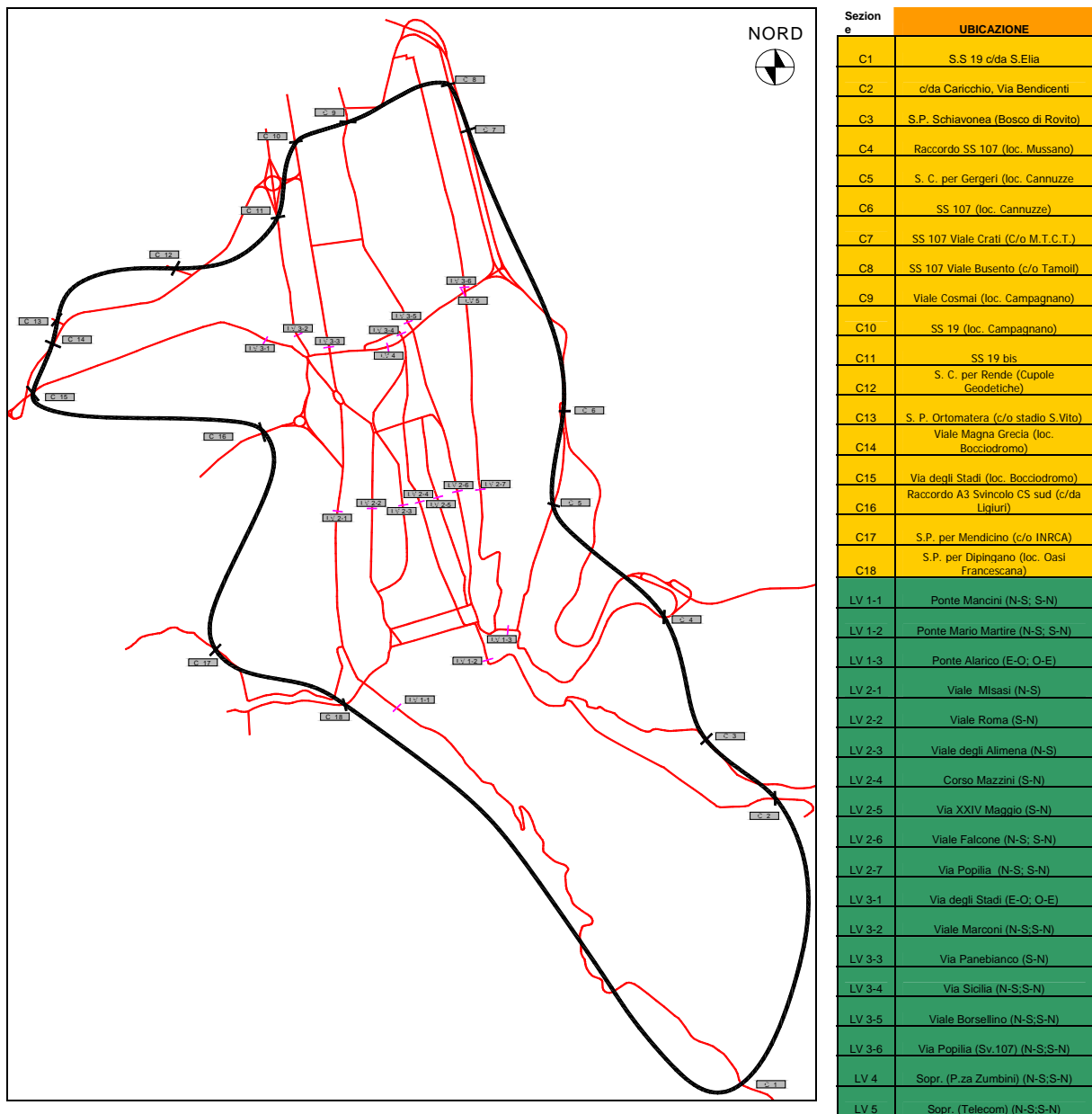


Figura 4.16. Rilievo dei flussi di traffico nella città di Cosenza. Modificata da Guzzo, 2000.

Per i flussi sulle linee di valico, solo 2 sezioni su 18 presentano flussi inferiori ai 10.000 veicoli/gg., le due sezioni con il maggiore traffico risultano essere la sezione LV2-6 (ubicata in Falcone) e la LV2-1 (ubicata in Viale Misasi) rispettivamente con 22.895 e 21552 veicoli/gg. Così come per le sezioni al cordone, anche le linee di valico vengono attraversate per il 90% da autovetture il 6% da veicoli commerciali il 3% da motocicli e solo l'1% da bus, con i valori di transito massimi registrati nelle fasce orarie comprese tra le 8:00-9:00, 13:00-14:00 e tra le 18:00-19:00.

Il rilevamento dei flussi effettuato nel 2000 ha classificato i veicoli transitanti attraverso le sezioni, in sole 5 classi (autovetture, veicoli commerciali leggeri, veicoli commerciali pesanti, bus e motocicli), e non secondo la classificazione per tipologia di combustibile e/o tecnologia, così come descritto nel paragrafo precedente. È stato quindi necessario distribuire statisticamente, il numero dei veicoli monitorati sulle sezioni sul parco veicolare provinciale riferito all'anno 2006, ottenendo la composizione più probabile del parco veicolare passante sulla specifica sezione.

La stima delle emissioni sull'area urbana è stata fatta scegliendo 21 dei 36 punti usati per la stima dei flussi di traffico, tra i più rappresentativi, ma soprattutto sulla base dei risultati del monitoraggio atmosferico delle concentrazioni dei principali inquinanti urbani (i.e. benzene, toluene, etilbenzene, xileni, ozono, ossidi di azoto, biossido di zolfo) nell'area urbana di Rende-Cosenza, su base stagionale per gli anni 2006-2007, dal CNR-IIA sezione di Rende (CNR_IIA, 2007). Nella figura 4.17 sono evidenziati le sezioni considerate e l'ubicazione delle stesse. Sono stata prese in considerazione 12 sezioni al cordone, precisamente la C1, C2, C4, C5, C6, C7, C8, C9, C10 e C16, e 9 sezioni delle linee di valico quali, LV1_1, LV1_2, LV1_3, LV2_1, LV2_2, LV2_3, LV2_5, LV3_3, LV3_4 e LV3_5.

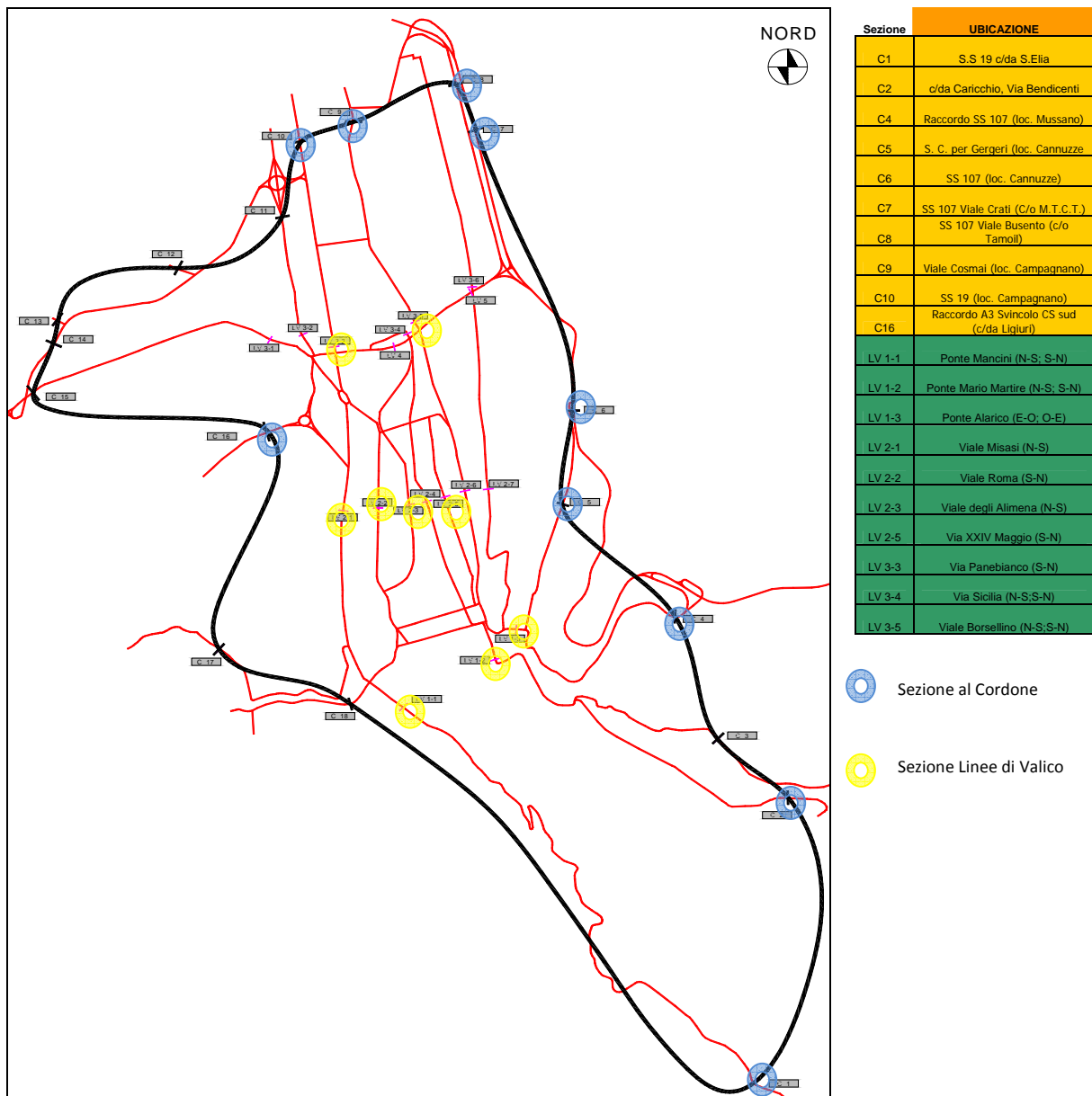
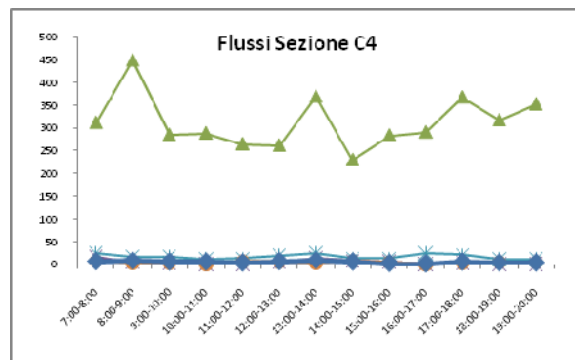
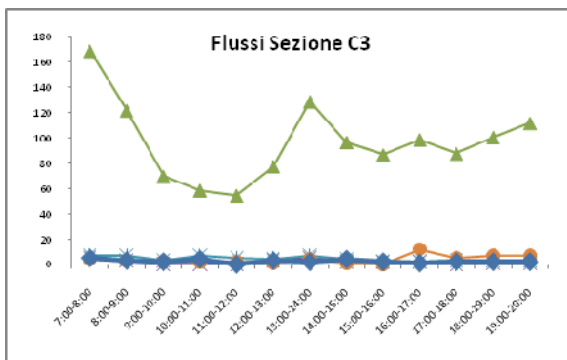
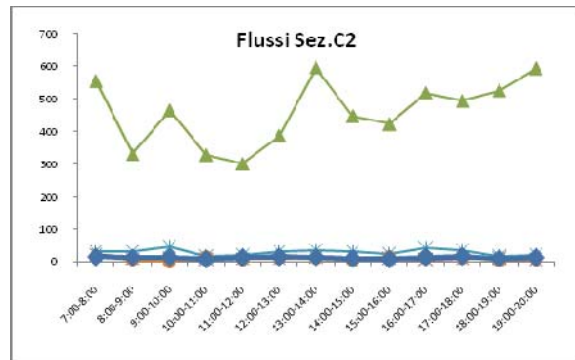
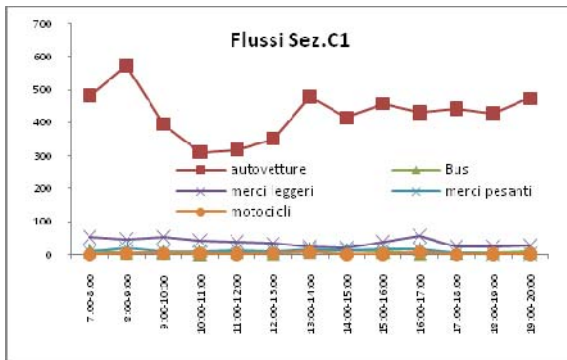


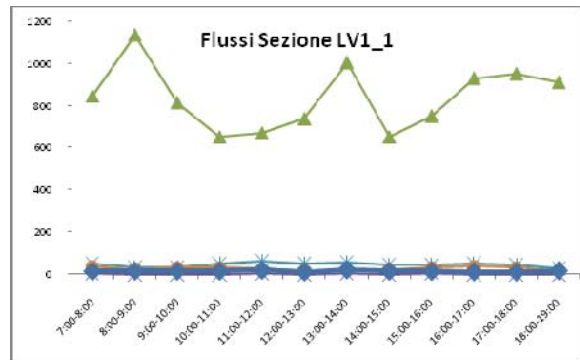
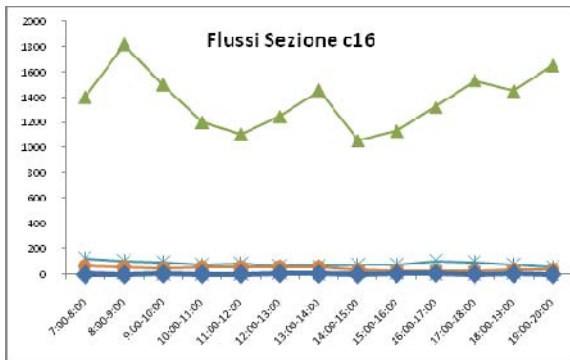
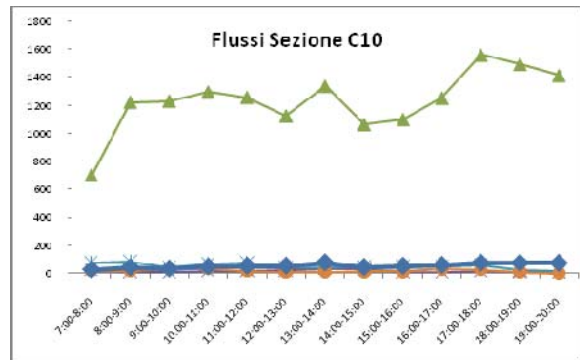
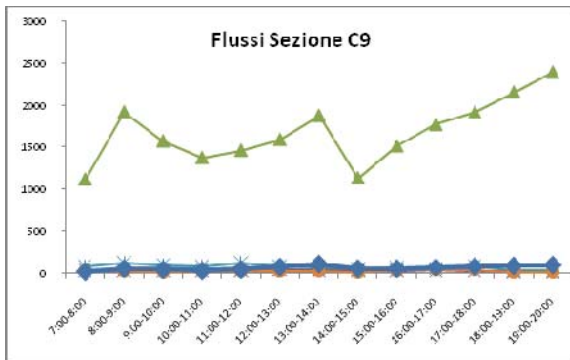
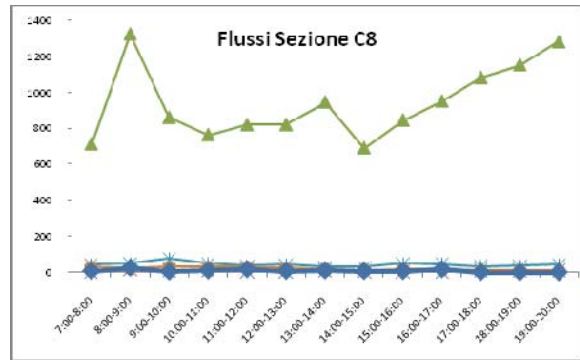
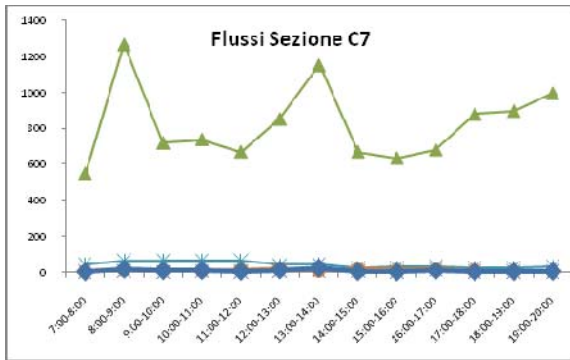
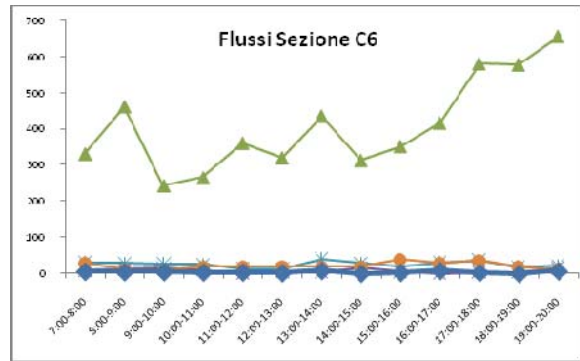
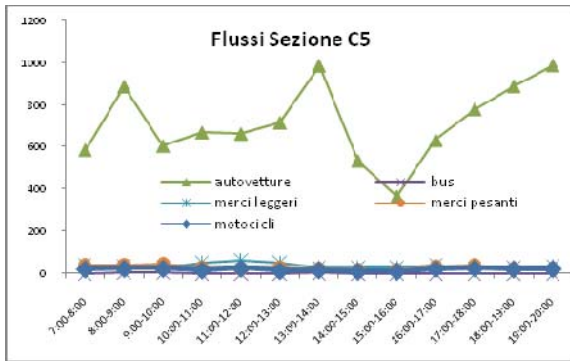
Figura 4.17. Sezioni di riferimento per il calcolo delle emissioni a livello urbano.

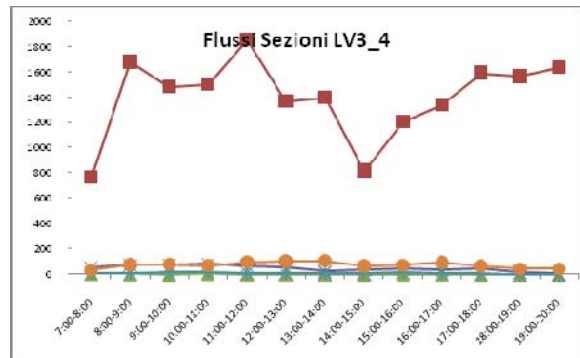
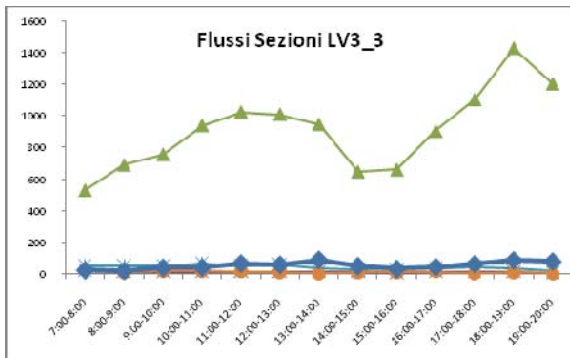
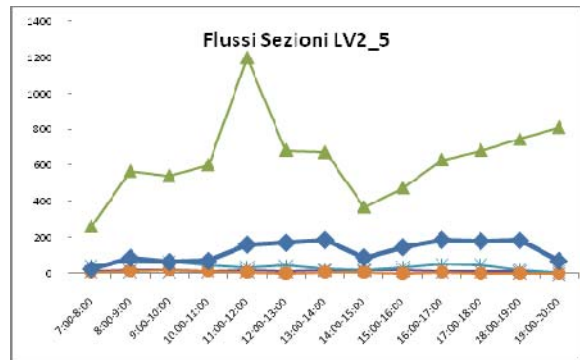
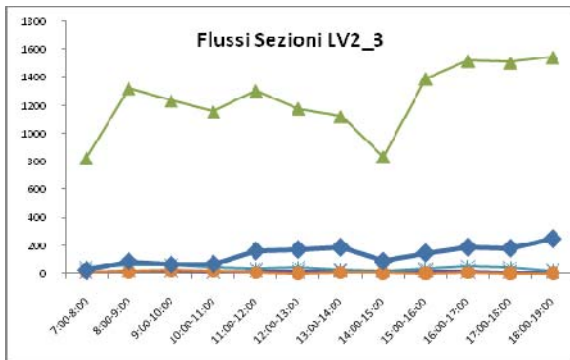
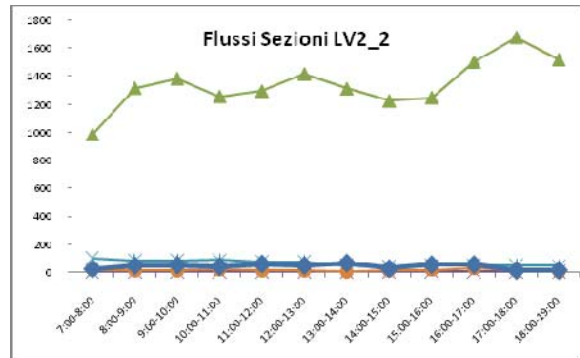
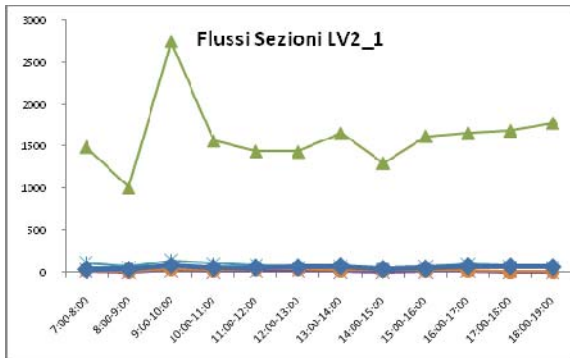
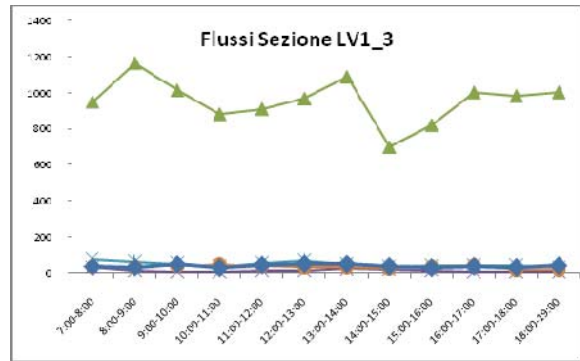
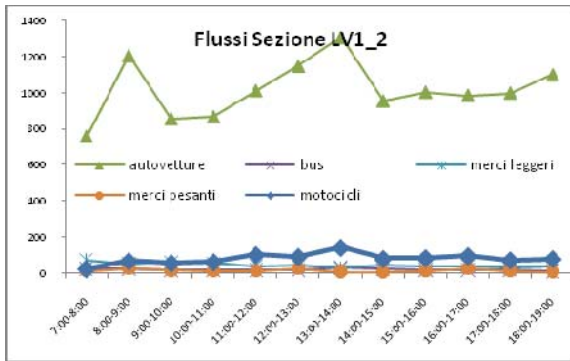
Nella tabella 4.18., sono riportati i flussi orari nelle sezioni al cordone e alle linee di valico prese scelte per la stima delle emissioni da traffico nella città di Cosenza. In tutte le figure contenute all'interno della tabella si evidenzia nettamente il contributo dei passaggi dovuto alle sole autovetture che supera in quasi tutte l'80% e raggiungendo come per la sezione C9 quasi il 90%. La sezione C9 è il punto di passaggio, composto da un tessuto urbano omogeneo, tra la città di Cosenza e la città di Rende. In questa sezione si concentra

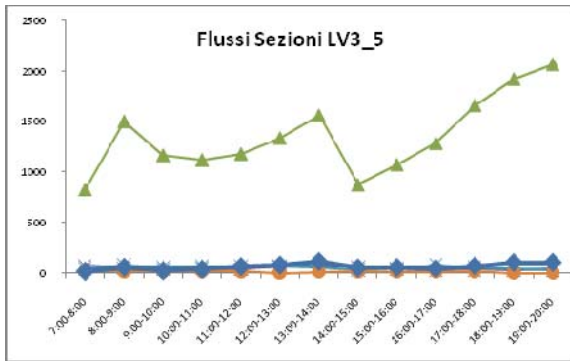
la direttrice urbana principale nella direzione nord e, la presenza di grandi centri commerciali. In ogni sezione si mettono in risalto le punte di massimo flusso che si concentrano soprattutto nelle prime ore del mattino, in corrispondenza dell'ingresso in città e tra le 13.00-14.00 in corrispondenza dell'uscita dalla zona urbana. Per quanto riguarda i flussi di valico, le concentrazioni di massimo flusso si registrano nelle vicinanze di strutture scolastiche, o sulle strade di collegamento tra le strutture di interesse pubblico e i punti di ingresso/uscita dalla città, come ad esempio la sezione LV2_5 (Via Roma) in cui si nota un picco proprio tra le 11.00 e le 13.00 in coincidenza con il deflusso dalla città verso la direzione nord, da zone di interesse pubblico quali l'ospedale civile, gli uffici amministrativi comunali e provinciali, gli uffici postali e le scuole, nonché una zona ad elevata densità abitativa.

Tabella 4.18. Flussi orari del traffico nelle sezioni al cordone (C1, C2, C3, C4,C5, C6, C7,C8, C9, C10 e C16) e nelle sezioni delle Linee di valico (LV1_1, LV1_2, LV1_3, LV2_1, LV2_2, LV2_3, LV2_5, LV3_3, LV3_4 e LV3_5).









Per tutte le 21 sezioni scelte, sono state stimate le emissioni degli inquinanti quali ossidi di azoto (NO_x), protossido di azoto (N_2O), biossido di zolfo (SO_2), composti organici volatili (VOC, Composti Organici Volatili), metano (CH_4), monossido di carbonio (CO), biossido di carbonio (CO_2), ammoniaca (NH_3), particolato totale (PM) solo da motori diesel, e i metalli pesanti quali piombo (Pb), cadmio (Cd), rame (Cu), cromo (Cr), nichel (Ni), selenio (Se) e zinco (Zn). Inoltre vengono considerati molti componenti degli NMVOC (Composti Organici Volatili Non Metanici) distinguendo le emissioni degli idrocarburi quali alcani, alcheni, alchini, aldeide, chetoni e aromatici. Qui di seguito riportiamo i valori di alcuni degli inquinanti stimati. Nella figura 4.18 sono riportati i valori delle emissioni orarie di CO. La sezione C9, sezione di massimo flusso i valori di CO stimati arrivano ad un valore di 1078 g tra le 19:00-20:00, ed un valore di picco tra le 13:00-14:00 di 924 g. I punti di massima emissione sulle linee di valico sono stimate sulla LV3_5 con un valore massimo di 937,5 g tra le 19:00-20:00 ed un valore di 818 g tra le 13:00-14:00. Al contrario i valori più bassi si stimano nelle sezioni C1, C2 e C4 con valori che non superano i 100 g e con un minimo di 54 g stimato nella sezione C4, dove sono minimi i flussi di traffico.

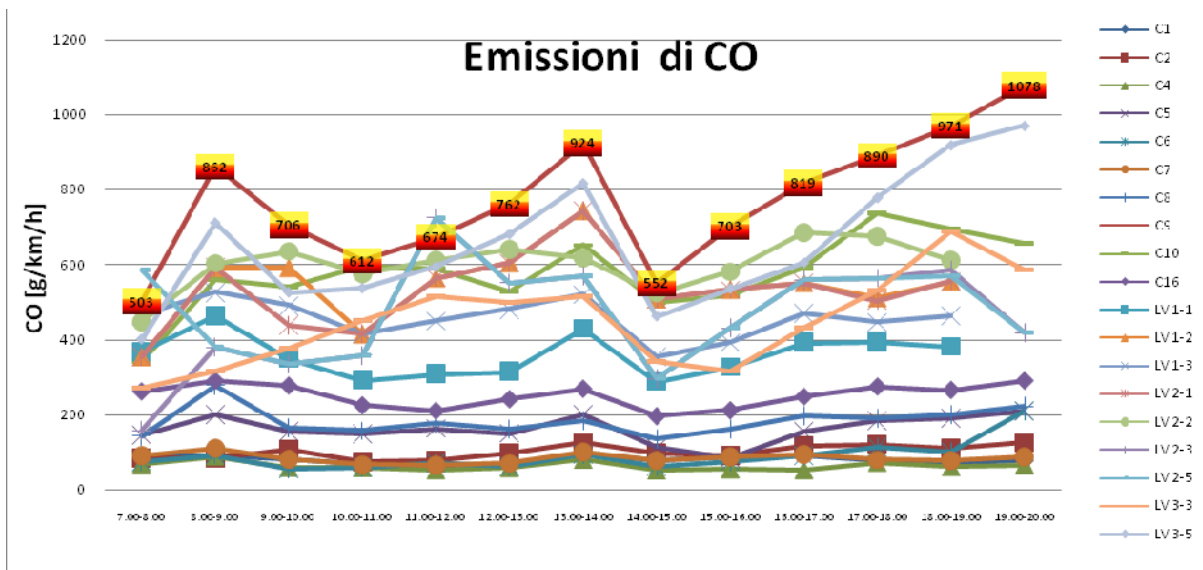


Figura 4.18. Stima delle emissioni di CO.

Nella figura 4.19 sono riportate le stime delle emissioni di NO_x , in essa si nota chiaramente come ancora una volta, la sezione C9 presenta i valori maggiori: valore massimo di 239 g nella fascia oraria compresa tra le 13.00-14:00, e valore minimo di 165 g nella fascia oraria compresa tra le 13.00-14:00 e nella fascia oraria successiva. L'altra sezione dove stimati massimi sono i valori di emissione di NO_x , è la sezione C16 (presso l'ingresso autostradale A3 Cosenza-nord) si registra una punta massima di 230 g nella fascia oraria compresa tra le 13.00-14:00 ed un valore minimo di 157 g nella fascia oraria compresa tra le 15.00-16:00. A differenza della sezione precedente, nella C16 l'andamento più lineare delle stime è dettato dal flusso di traffico che attraversano la sezione al cordone senza fluttuazione rilevanti. Tale a sezione è uno dei punti di accesso principale alla città. Per i punti più interni della città, nella sezione LV1_3, situata nelle prossimità del Ponte Alarico che divide la città vecchia e quella nuova, si stimano i valori più alti con un massimo di 528 g ottenuto nella fascia oraria compresa tra le 8:00-9:00. In questo punto inoltre non si hanno forte fluttuazioni, i valori infatti non scendono mai al di sotto dei 355 g, valore stimato nella fascia oraria tra le 14:00_15:00. L'andamento non fluttuante dei flussi di traffico e delle conseguenti emissioni, ci mostra l'effetto della vicinanza della zona del centro della città.

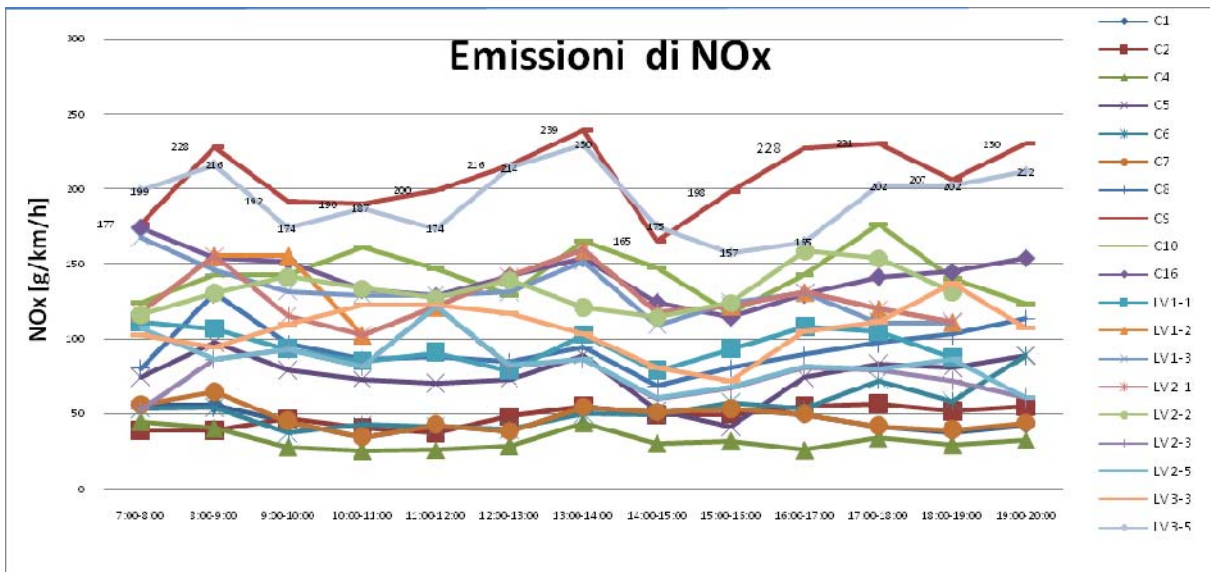


Figura 4.19. Stima delle emissioni di NOx.

In figura 4.20 sono riportate le stime delle emissioni del particolato atmosferico (PM), ancora una volta, così come per gli inquinanti riportati precedentemente, anche per il PM le sezioni C9 e C16 mostrano i valori più elevati, con punte di massimo valore rispettivamente di 10,7 e 10,2 g nella fascia oraria compresa tra le 13.00-14.00, e valori minimi che non vanno al di sotto di valori 165 e 157 g, nella fascia oraria successiva. Ma è interessante notare come si delinea un'area (fig. 4.20, area evidenziata), in cui sono comprese tutte le sezioni delle linee di valico, in intervallo compreso tra i 10,2 e 2,5 g e con una media di 5,4 g. La linea di valico dove si stimano maggiori emissioni di PM è la LV3_5 che interseca Viale Borsellino. In questa sezione, la media oraria di emissione di PM si porta ad un valore pari a 8,5 g, mentre i valori nella linea di valico LV2_1 che interseca Viale Roma, nelle vicinanze del centro scolastico, i valori medi di emissione di PM si attestano sul valore di 5,7 g. La differenza tra le due sezioni, nonostante in quest'ultima il flusso di traffico risulti essere superiore di quello misurato nella sezione LV3_5, dipende dalla mancanza di rilevamento dei dati nella fascia orari tra le 19:00-20:00 della LV2-1. Le punte di traffico misurato nella LV2_1 e nella LV3_5 sono rispettivamente di 3046 e 2255 veicoli/h.

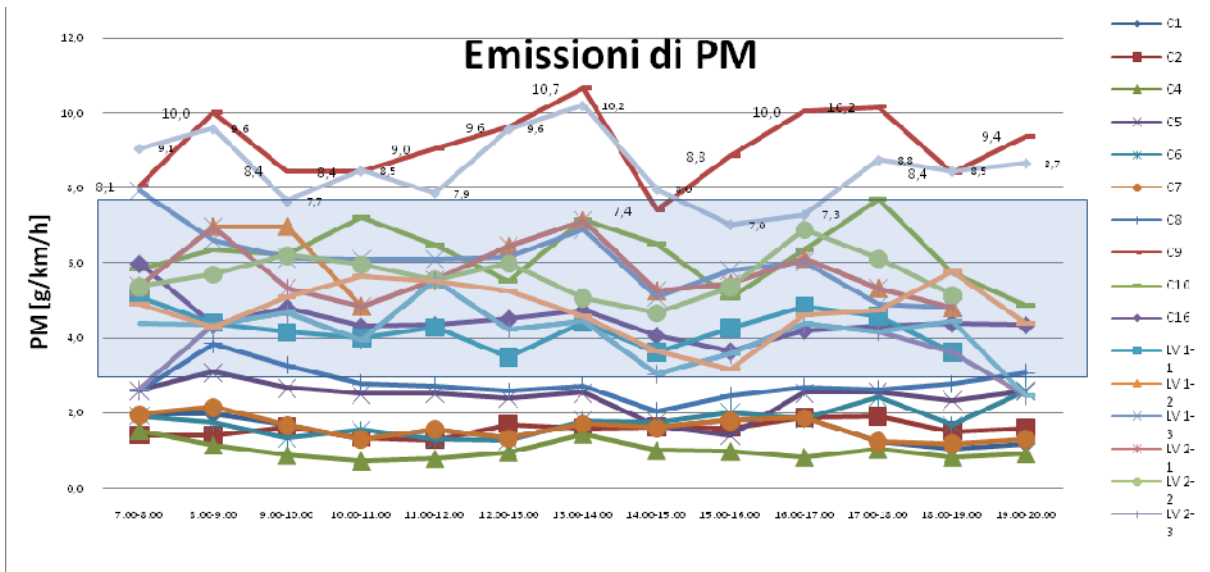


Figura 4.20. Emissioni di PM

In figura 4.21 sono riportati i valori delle emissioni di CH₄, inquinante considerato un Green House Gas diretto. Il valore maggiore di emissioni di CH₄ è pari a 12,5 g stimato nella fascia orario tra le 19:00-20:00 nella sezione C9, seguita, nella stessa fascia oraria, dalla sezione LV3_5 con un valore massimo di 11,3 g. Le diverse fluttuazioni orarie delle emissioni evidenziano la diversa ubicazione delle due sezioni e la tipologia di traffico gravante su ognuna. Le minori fluttuazioni della C9 rispetto alla LV3_5 mostrano la continuità di interazione tra le due città, con la presenza di centri di attrazione diversificati su entrambe.

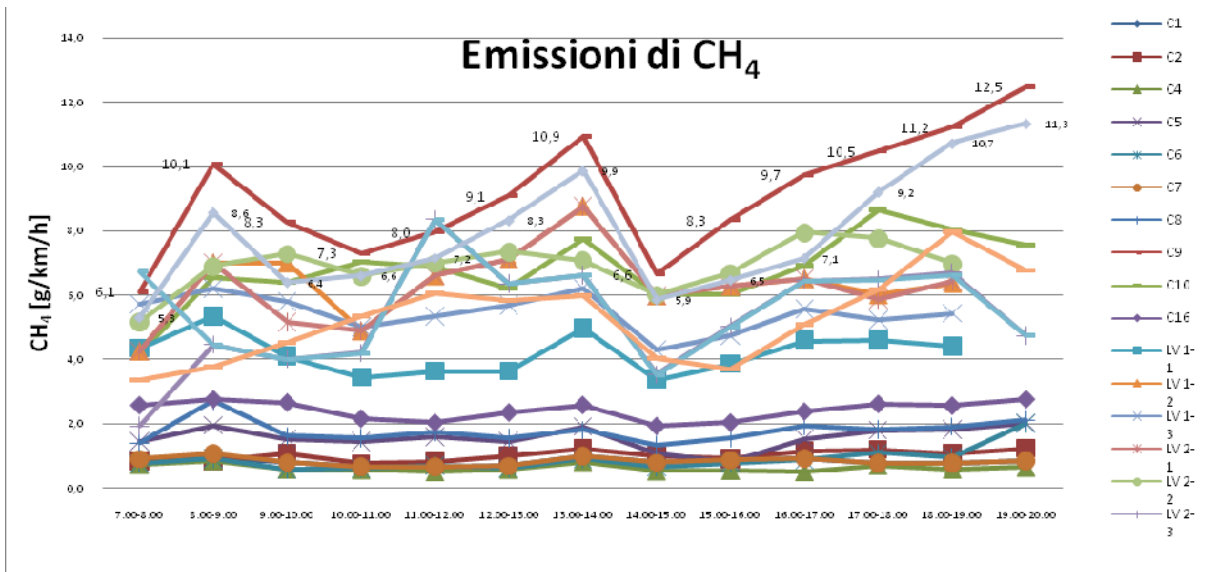


Figura 4.21. Emissioni di CH₄.

Nella figura 4.22 è riportata la stima delle emissioni di CO₂ con valori massimi pari a 54751 g ed una media sull'are urbana di 20461 g , emessa dopo i picchi diurni, nella fascia oraria tra le 13:00-14:00, nella maggior parte delle sezioni nelle ore serali. Nelle sezioni LV3_5 e LV2_1 si stimano emissioni maggiori di quelle rilevate in alcune sezioni al cordone come la C10 e la C16 seguendo l'andamento tipico delle fluttuazioni della mobilità. Anche per la CO₂ si crea un'area che racchiude tutte le sezioni di valico , con un range di valori apprezzati che va da un valore massimo di 48499 g, stimato nella sezione LV3_5, fino ad un minimo di 9067 g. Mentre ancora una volta le sezioni al cordone poste sulla parte sud-est della città, mostrano i valori più bassi, con un valore di 4478 g nella sezione C4 (Raccordo SS 107, località Mussano).

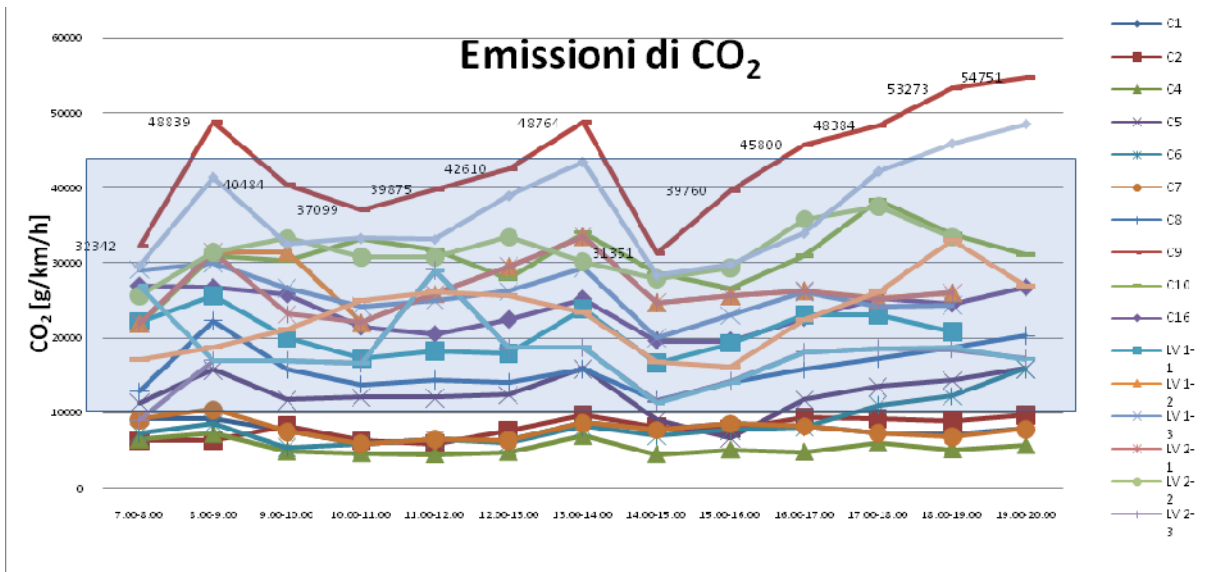


Figura 4.22. Stima delle emissioni di CO₂

In figura 4.23 si riportano i valori della stima di SO₂ che insieme ad al CO, NMVOC e NOx contribuiscono al riscaldamento globale attraverso la formazione di altre specie di inquinanti come l'O₃, e l'aerosol, definiti GreenHouseG indiretti (IPCC, 2001). I valori massimi stimati per l'SO₂ nella sezione C9 sono pari allo 0,84 g per il picco di massimo flusso, raggiunto nelle ore serali e nella fascia oraria tra le 8:00-9:00. Un picco rilevante si ha anche nella sezione LV3_5 nella fascia oraria tra le 13.00-14:00, con un valore di 0,70 g, di poco inferiore a quello stimato nella fascia oraria serale tra le 19:00-20:00.

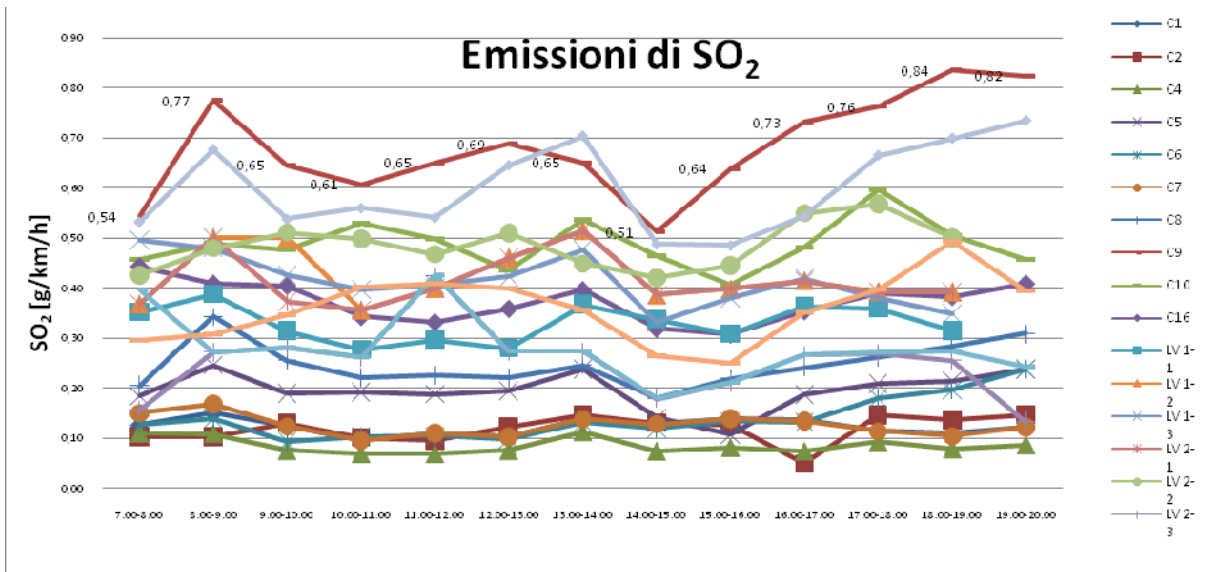


Figura 4.23. Stima delle emissioni di SO₂

Nelle figure successive sono riportati alcuni degli inquinanti appartenenti alla formazione degli NMVOC stimati attraverso il modello COPERT. Gli stessi inquinanti sono stati monitorati, attraverso campionatori passivi, durante le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria nell'anno 2006-2007 dal CNR-IIA sull'aria Cosenza-Rende (CNR_IIA, 2007), nell'ambito del progetto STRAUSS.

Nella figura 4.24 sono riportati i valori stimati per il Toluene, con un valore massimo nella sezione C9 nelle fascia oraria compresa tra le 8:00-9:00, coincidente con quella tra le 19:00-20:00 pari a 7977 g. In generale, si nota che la maggior parte dei valori stimati per le strade che intersecano linee di valico, risultano avere valori tendenzialmente alti, con una media pari a 3410 g. In cui queste stime è considerata la fascia oraria compresa tra le 19-20:00, per la mancanza di rilevamento dei flussi di traffico, di sette sezioni sulle nove evidenziate. Nell'area evidenziata nella figura sono infatti racchiuse tutte le sezioni che hanno tale tendenza, ne risultano essere fuori solo le strade che intersecano con il cordone nella zona sud-est della città. Il valore minimo in tutta l'area è stimato pari a 756 g, nella sezione C4 nella fascia oraria compresa tra le 14-15:00.

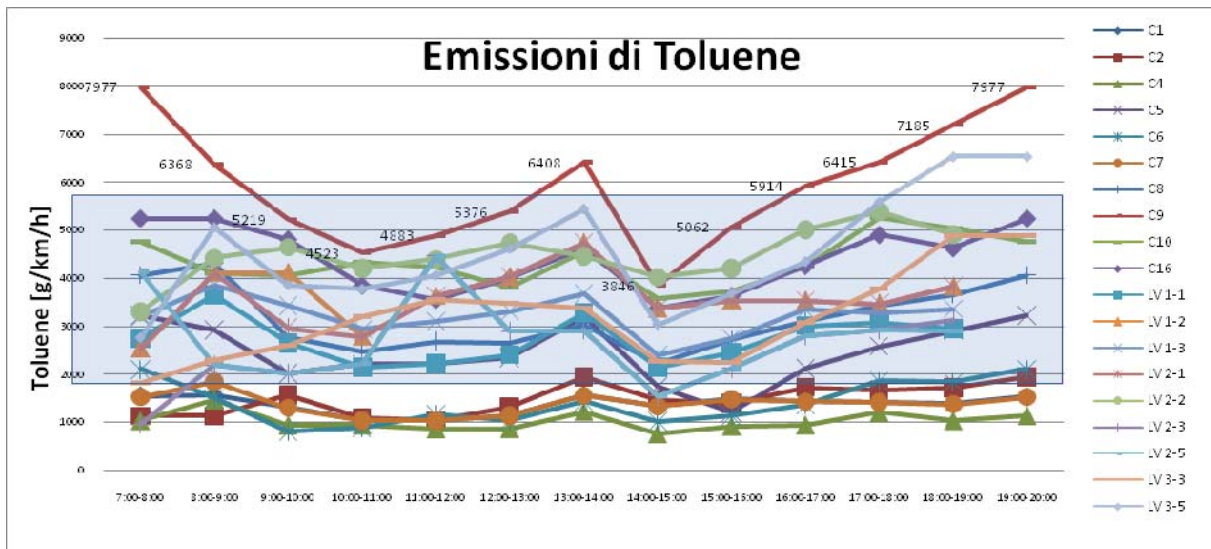


Figura 4.24. Stima delle emissioni di Toluene.

Nella figura 4.25 sono invece riportate le stime dell’Ethylbenzene che presenta le stesse fluttuazioni del Toluene, e con valori stimati nel punto di massimo flusso (sez. C9) pari a 5,52 g. Il valore minimo nelle strade che intersecano le linee di valico è pari allo 0,70 g nella sezione LV2_3, nella fascia oraria compresa tra le 7-8:00, mentre il valore minimo assoluto sull’area è stimato pari a 0,10 g nella sezione C1 nella fascia oraria compresa tra le 16-17:00.

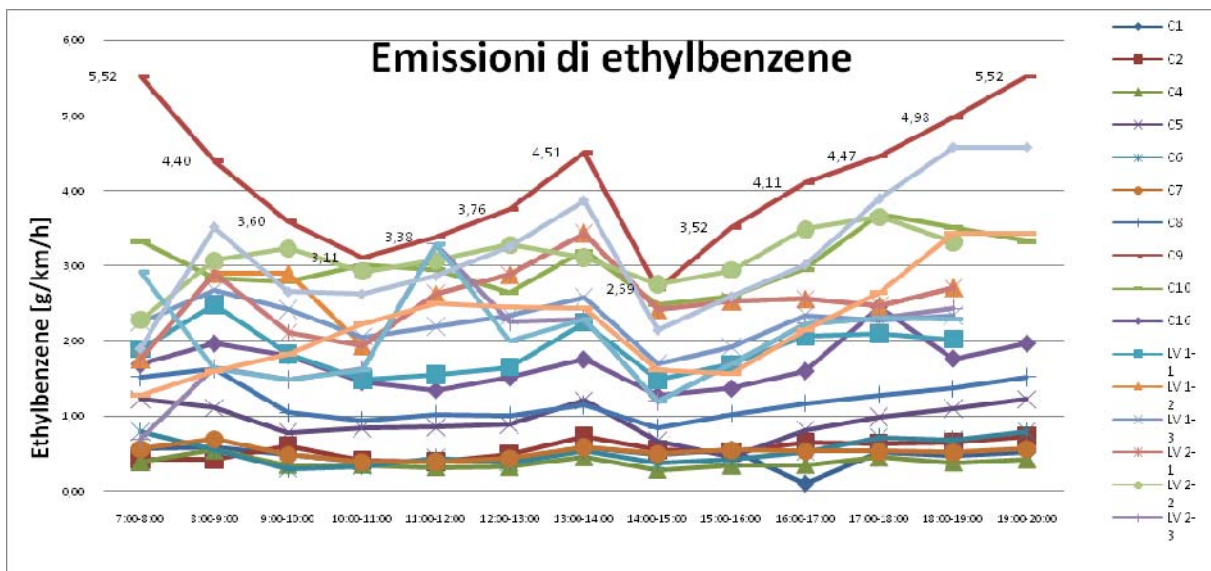


Figura 4.25. Stima delle emissioni di Ethylbenzene.

Nella successiva figura, la 4.26 sono invece riportate le stime delle emissioni dei valori degli Xileni, come somma degli o-xileni e m,p-xileni. Le fluttuazioni delle stime degli xileni segue quello delle due sostanze precedentemente esaminate, con valori massimi pari a 3994 g

sempre nella sezione C9, un valore medio pari a 1708 g, sulle strade che intersecano le linee di valico, ed un minimo assoluto pari 378 g nella sezione C4 nella fascia oraria compresa tra le 14-15:00.

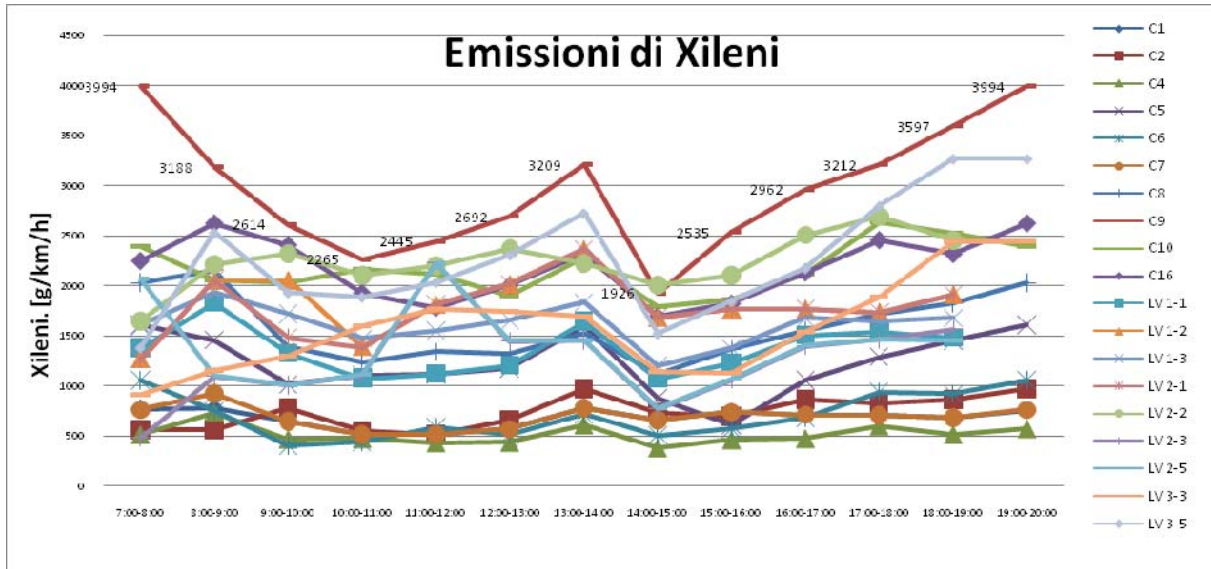


Figura 4.26. Stima delle emissioni di Xileni.

In fine riportiamo i valori delle stime delle emissioni di Benzene (figura 4.27), che risultano pari a 7970 g nella sezione C9 ed i picchi di massima emissione nelle ore tra le 7-8:00, 13-14:00 e 19-20:00. Nelle zone più interne del tessuto urbano, quelle cioè racchiuse nelle strade che intersecano le linee di valico, e che costituiscono le zone con un reticolo stradale più fitto, una elevata densità abitativa nonché la presenza di poli di attrazione, si è stimato un valore massimo di emissione pari a 6526 g nella sezione LV3_5, una media pari a 3407 g, nonché un valore minimo, stimato pari a 959 g nella sezione LV2_3 nella fascia oraria compresa tra le 7-8:00.

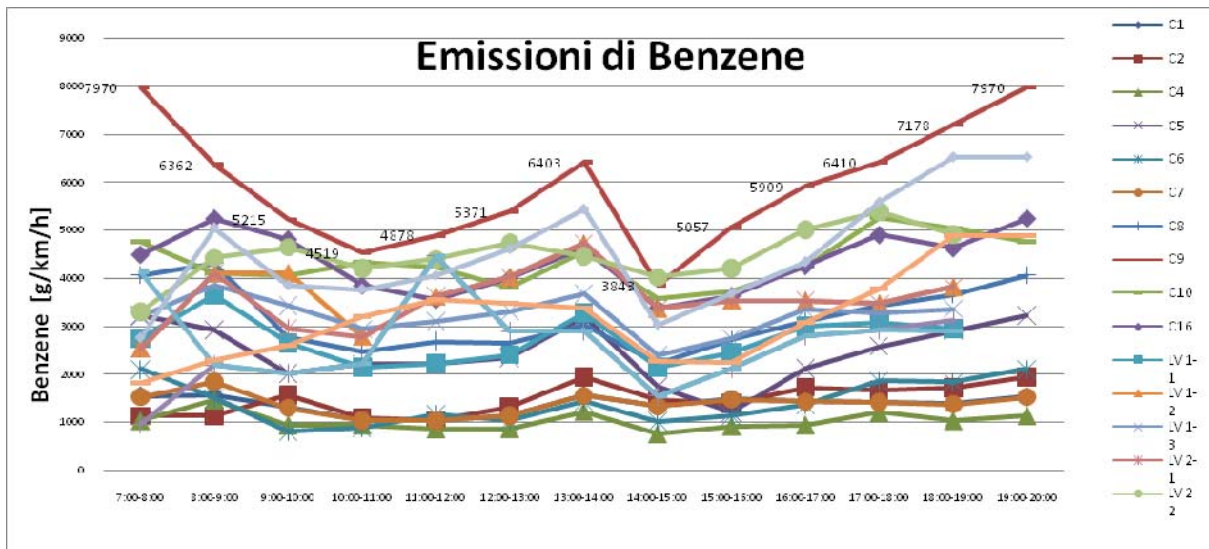


Figura 4.27. Stima delle emissioni di Benzene.

4.3.3 Strategia di riduzione delle emissioni veicolari.

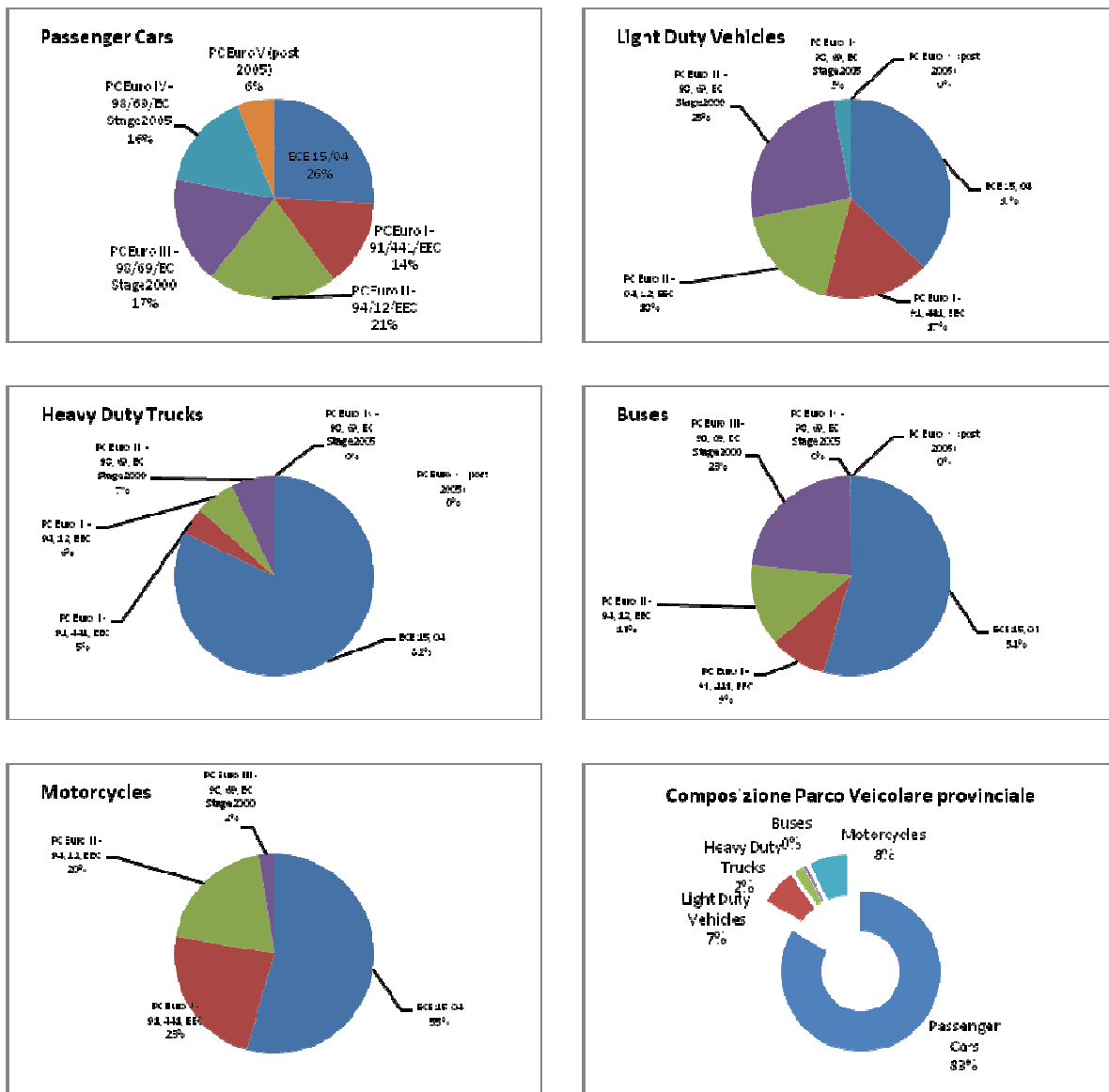
La conoscenza delle emissioni degli inquinanti e delle loro sorgenti, oltre a permettere di calcolare i costi socio-economici ad esse associate, permette di cercare delle soluzioni, a diversi livelli di scala spazio-temporale, e di pianificare delle strategie atte a diminuire sia le emissioni sia i costi socio-economici ad esse legate. In questo senso, il modello COPERT si è rilevato molto utile, perché è uno strumento in grado di valutare le scelte fatte dai decisori, sulle strategie del trasporto su strada e sulle economie dei carburanti, predicendone le emissioni e pianificando le strategie per ottimizzare il trasporto su strada.

Perseguendo l'obiettivo di ridurre le emissioni, si sono ricercate le azioni possibili da mettere in atto, agendo sulle caratteristiche e sui parametri che il modello considera e da cui le emissioni strettamente dipendono. Sono state ipotizzate tre azioni, la prima, che tenesse conto della tecnologia veicolare, e quindi della composizione del parco veicolare, la seconda, che valutasse la quantità di utilizzo dei veicoli, e la terza che analizzasse il modo in cui i veicoli vengono utilizzati. Sono stati definiti degli scenari con i quali si valutano gli effetti (cioè la riduzione delle emissioni) delle azioni ipotizzate, sulle emissioni a livello provinciale:

- SCENARIO A : *“variazione del parco veicolare circolante”*. Dall’analisi dei dati sulla consistenza del parco veicolare circolante nell’anno 2006 (ACI, 2007) della provincia di Cosenza, riportata nelle figure contenute nella tabella x10 si può analizzare chiaramente la composizione del parco veicolare. La classe autovetture (Passenger cars, fig.a,tab.x10), che costituisce la classe con il maggior numero di autoveicoli circolanti con oltre l’83% (fig.f, tab.x10) è composta per il 26% e il 14% da autovetture con tecnologia ECE15/04 e PC EuroI, per il 21% da autovetture con tecnologia PC EuroII, per il 17% da PC EuroIII , il 16% da PC Euro IV e solo per il 6% da autovetture con tecnologia PC-EuroV. Tali valori si attestano anche se consideriamo le altre classi di veicoli, nei quali, come nel caso dei veicoli commerciali leggeri e pesanti (Light Duty Vehicles e Heavy Duty Vehicles), i veicoli circolanti con tecnologia PC-EuroV e EuroIV non superano neanche il 3% (figure a, b, tab.x10). Mentre per le stesse classi, i veicoli circolanti con tecnologia ECE15/04 sono apri rispettivamente per il 37% e 82%. Valori quasi uguali anche per la classe dei veicoli dei Bus e dei Motocicli (figure d, e, tab.x10), composte entrambi, per oltre il 50% da veicoli con tecnologia ECE15/04.

Da questi dati si intuisce la chiara necessità di un ricambio del parco veicolare che contribuirebbe sensibilmente alla diminuzione delle emissioni. Infatti i veicoli Pre-EURO sono generalmente equipaggiati con carburatori, che non permettono un controllo del rapporto aria-carburante. Ciò significa che questo tipo di veicoli operano frequentemente in condizioni “ricche di carburante”, e questo produce sia una significativa produzione di emissioni e sia un eccessivo consumo di carburante. Gli autoveicoli con motori EURO-IV, dotati di sofisticati tecnologie ad ignizione, permettono la gestione dell’aria, del carburante nonché il ricircolo dei gas di scarico. Da questo si è pensato di rinnovare il parco veicolare del 10% di tutte le classi di veicoli con tecnologia ECE15/04 ed Euro1. Il numero di veicoli così ridotto è stato reintrodotta nelle varie classi, ma con tecnologia EURO5. Sono Stati ridotti rinnovati 10630 autovetture, 1252 veicoli commerciali leggeri, 765 veicoli commerciali pesanti, 100 Bus e 2008 motocicli.

Tabella x.10. Composizione del parco veicolare e delle classi tecnologiche dei veicoli circolanti.



I risultati ottenuti, sono riassunti e riportati nella tabella X, rispetto alle emissioni stimate nelle condizioni del reale del parco veicolare per l'anno 2006, e considerato come *Baseline*, mostrano una riduzione delle emissioni del 3,6% di CO, del 7,9% delle emissioni di NOx, del 11,4% del PM, del 3,53% delle emissioni di CO2, del 12% di CH4, del 2% di SO2 e del 3,1% di FC.

- **SCENARIO B** : riduzione della lunghezza media dello spostamento " l_{trip} ". Questa secondo scenario si basa fondamentalmente su un'idea molto semplice: ridurre del 10% la lunghezza media dello spostamento percorso con l'utilizzo di un veicolo.

Dall'indagine condotta sulla mobilità degli individui per l'anno 2007, condotto dall'Osservatorio sulla mobilità degli italiani, emerge che in Calabria la lunghezza media dello spostamento con un veicolo è pari a 13 km (ISFOR, 2007). Gli spostamenti sono dovuti per il 32,5 % per lavoro/studio, per il 31,3 % per la gestione familiare/personale e il restante 36,1% al tempo libero/intrattenimento. Di tutti gli spostamenti effettuati il 74,5% avviene tramite auto privata (come conducente), e solo il 5% utilizza un mezzo pubblico. Si è allora ipotizzato di diminuire la lunghezza dello spostamento tramite autoveicolo privato del 10 %, percorso in alternativa con l'utilizzo di mezzi pubblici. Tale ipotesi si traduce nella variazione del un valore della variabile usata dal modello l_{tripp} , da 13 a 11,7 km. L'applicazione di questa semplice azione, rispetto alla Baseline, comporta (come riportato nella tabella x) la riduzione del 2% delle emissioni di CO, del 1,3% , del NO_x, del 1% delle emissioni di PM, del 2% di FC, del 8% di CH₄, del 2% di CO₂, e del 1,2 % delle emissioni di SO₂.

- **SCENARIO C** : *variazione della velocità dei veicoli in ambito urbano*. In questo ultimo scenario abbiamo considerato la variazione della velocità dei veicoli che circolano nell'area urbana. Si è ipotizzato un aumento della velocità nel solo ambito urbano, considerato che il range ottimale di velocità, con la quale si ottengono meno consumi e minori emissioni, è compreso, per il maggior numero dei veicoli, tra gli 80-90 km/h. Velocità che si raggiungono nelle strade rurali o autostradali. E' stato ipotizzato una aumento delle velocità di 5 km/h, rispetto a quella utilizzata nel Baseline, portando quindi la velocità degli autoveicoli da 25 a 30 km/h, quella dei Bus da 22 a 27 km/h e quella dei veicoli commerciali da 23 a 28 km/h, infine quella dei motocicli da 34 a 39 km/h. I risultati (tabella x9) mostrano una buona percentuale di riduzione delle emissioni per alcuni inquinanti, come il CO con una diminuzione del 7,2% , e del CH₄ con una riduzione delle emissioni pari al 4,5%. Per il PM si è ottenuta una riduzione del 2,7% e del 2,5 % degli FC. Al contrario si osserva un aumento delle emissioni di NO_x dello 0,5%

Tabella x11. Scenari di riduzione delle emissioni.

Scenari	CO [t/y]	NO _x [t/y]	PM [t/y]	FC [t/y]	CH ₄ [t/y]	CO ₂ [t/y]	SO ₂ [t/y]
Baseline	14.635,67 100	6098 100	299,45 100	391.458,66 100	166,76 100	1.244.718 100	22,94 100
Scenario A	14.1909 -3,6%	5616,2 -7,9%	265,31 -11,4%	379715 -3%	147 -12%	1200779 -3,53	22,5 -2%
Scenario B	14343 -2%	6019 -1,3%	296,45 -1%	383629 -2%	153,4 -8%	1.219.824 -2%	22,5 -1,8%
Scenario C	13582 -7,2%	6128,49 + 0,5%	291,36 -2,7%	381672 -2,5%	160 -4,2%	1240984 - 0,3%	22,91 -0,1%

Capitolo 5.

Applicazione del modello di simulazione WRF-Chem in ambito urbano.

In questo studio attraverso il modello WRF-Chem versione 2.2 (Grell, et al., 2005) è stato stimato, il trasporto, la dispersione e le trasformazioni chimico-fisiche delle emissioni antropiche degli inquinanti in atmosfera, nell'ambito urbano dell'area di conurbazione delle città di Cosenza e Rende. Tale applicazione ha permesso di valutare la qualità dell'aria ambiente, caratterizzando il trasporto degli inquinanti provenienti dalle emissioni antropiche, ed avere una indicazione sui livelli di concentrazione alla quale la popolazione è esposta. Una breve descrizione del modello e l'analisi dei risultati ottenuti sono discussi in questo capitolo.

5.1. Il modello Weather Research and Forecasting-Chemical (WRF-Chem.).

Il modello WRF-Chem (Grell, et al., 2005) è stato sviluppato implementando vari moduli chimici, all'interno del framework del modello non idrostatico¹ a mesoscala di nuova generazione **WRF-ARW (Weather Research and Forecasting-Advance Research WRF model)**² (Skamarock, W.C et al., 2005).

Sono molteplici gli aspetti importanti dell'utilizzazione del modello WRF/Chem, uno dei quali, è la possibilità di utilizzare diversi tipi di meccanismi chimici e schemi di parametrizzazione fisica, che permette di usare il modello per qualsiasi condizione

¹ Un Modello idrostatico è un modello nel quale *l'approssimazione idrostatica* (cioè l'assunzione che l'atmosfera sia in equilibrio idrostatico) sostituisce l'equazione della quantità di moto verticale. Questo implica che l'accelerazione verticale è trascurabile comparandola al gradiente di pressione verticale e alla spinta di galleggiamento. Questa è una buona approssimazione per il moto a scala sinottica e subsinottica. I modelli idrostatici sono stati usati con successo per modelli con risoluzione maggiore di 10 km. Tradizionalmente, i modelli globali o regionali di previsione sono modelli idrostatici. (AMS, 2008).

² Il modello **WRF** è un sistema di modelli, concepito con l'obiettivo di offrire sia un modello di previsione mesoscala di nuova generazione e sia un sistema di assimilazione di dati, tale da far avanzare la comprensione e la predizione meteorologica a mesoscala. Il modello è frutto di una stretta collaborazione tra vari enti di ricerca (tra i quali il National Center for Atmospheric Research (NCAR), National Centers for Environmental Prediction (NCEP), Forecast Systems Laboratory (FSL) ecc). WRF è progettato per essere un codice flessibile, all'avanguardia, portabile ed efficiente in un ambiente di calcolo massicciamente parallelo. Il modello WRF presenta una serie di vantaggi: schemi numerici più accurati, e quindi proprietà di conservazione meglio mantenute; elevata flessibilità per la realizzazione di simulazioni idealizzate; parametrizzazioni fisiche moderne e facili da modificare; sistemi di assimilazione dati avanzati; architettura software che consente facilmente la parallelizzazione; ampio spettro di applicazioni (da pochi metri a migliaia di chilometri). WRF può fornire previsioni operative, mentre allo stesso tempo la semplicità di utilizzo in condizioni semplificate rende facile testare e includere i risultati forniti dalla comunità scientifica nelle parametrizzazioni fisiche, negli schemi numerici e nell'assimilazione dati (Skamarock, W.C et al., 2005).

climatica e dinamica nel mondo. Una dettagliata descrizione è riportata nel manuale d'uso (Skamarock, W.C et al., 2005)³. Un'altro aspetto importante del WRF-Chem, è la possibilità di usare le stesse coordinate verticali e orizzontali per la chimica, il trasporto e la meteorologia, eliminando così la necessità di interpolazione delle variabili meteorologiche (Michalakes, 2004).

Le componenti e gli schemi chimico-fisici, utilizzati per questo caso di studio, sono stati scelti seguendo quelli adoperati utilizzando WRF-Chem per studiare l'ozono nell'area provinciale intorno alla città di Cosenza (Schuermann et al., 2008). Sebbene qui si riporti una breve descrizione delle componenti adoperate, si rimanda alla consultazione del manuale tecnico che descrive il codice WRF, per avere una dettagliata descrizione della parametrizzazione (Skamarock, W.C et al., 2005):

La **diffusione orizzontale** è calcolata determinando i coefficienti di viscosità della turbolenza, calcolati con una chiusura⁴ di primo ordine di Smagorinsky

La **diffusione verticale** è inclusa nella parametrizzazione del PBL (Planetary Boundary Layer o Strato Limite Planetario)⁵. Questa parametrizzazione determina i profili di flusso per il PBL e per l'atmosfera libera.

Per la **Microfisica**, che include la risoluzione dei processi del vapore acqueo, della formazione delle nuvole e delle precipitazioni, è stato scelto, tra i vari schemi disponibili, quello di Purdue Lin. In questo schema sono inclusi sei classi di precipitazioni: vapore acqueo, acqua contenuta delle nuvole, pioggia, ghiaccio contenuto nelle nuvole, neve e grandine.

Per il **PBL** è stato scelto lo schema MYJ (Mellor-Yamada-Janjic), cioè la parametrizzazione dei profili di flusso per il PBL e per l'atmosfera libera. Questa parametrizzazione rappresenta l'implementazione del modello di chiusura delle turbolenze Mellor-Yamada Level 2.5.

³ <http://www.mmm.ucar.edu/wrf/users/>

⁴ L'operazione chiamata di *chiusura del sistema di equazioni fluidodinamiche*, è l'operazione con la quale si chiama, la parametrizzazione della componente turbolenta delle variabili meteorologiche, che cerca di risolvere l'equazione matematica in grado di descrivere l'evoluzione spazio-temporale del PBL (Planetary Boundary Layer). (Sozzi, 2003)

⁵ Il Planetary Boundary Layer o Strato Limite Planetario (PBL) è quella porzione della Troposfera direttamente influenzata dalla superficie terrestre, che risponde all'immissione di energia da essa proveniente con scale temporali dell'ordine dell'ora (Stull, 1989). Questa porzione della troposfera è direttamente interessata dall'inquinamento atmosferico, perché l'uomo e le sue attività antropiche sono "immerse" nel PBL.

Per la parametrizzazione delle **nuvole convettive (o Cumuli)** è stato scelto lo schema di Grell&Devenyi. Questo schema considera la modellizzazione di un insieme di schemi usati per parametrizzare la formazione dei cumuli, e utilizza il valore medio della modellizzazione di questi schemi come feedback per il modello.

Per i **flussi di superficie (Surface Flux)**, calcolati la velocità d'attrito e il coefficiente di scambio, si calcolano i flussi delle superfici calde e i flussi d'umidità attraverso modelli superficie-terra e lo sforzo di taglio superficiale " τ " (o stress) nello schema del PBL. Lo schema seguito è quello Eta-surface layer, basato sulla teoria della similarità, e deve essere usato congiuntamente con lo schema del PBL **Eta** o **MYJ (Mellor-Yamada-Janjic)**.

Per il **land-surface models (LSMs)**, che tenga conto delle temperature del suolo e dell'umidità, si è usato il modello NOAA land-surface, con quattro strati nel suolo.

Per le **Radiazioni (Radiation)** si è scelto lo schema **RRTM (Rapid Radiative Transfer Model)** per la radiazione a onda lunga, e quello di Goddard per la radiazione a onda corta.

Per la **chimica** si scelto il meccanismo **RADM2** (Stockwell et al, 1990) con lo schema di fotolisi **Fast-J** (Wild et al., 2000). Questo meccanismo è un compromesso tra una chimica dettagliata e accurata predizione chimica e delle risorse di computer disponibili. Il meccanismo è usato nei modelli atmosferici per predire le concentrazioni degli ossidanti e degli altri inquinanti atmosferici. RADM2 include per le specie inorganiche 14 specie stabili, 4 reagenti intermedi e 3 abbondanti specie stabili (ossigeno, azoto e acqua). La chimica organica atmosferica è rappresentata attraverso 26 specie stabili e 16 radicali perossidi. Lo schema di fotolisi **Fast-J** è un nuovo algoritmo in grado di calcolare il rapporto di fotolisi attraverso la troposfera in presenza di un mix di nuvole e strati di aerosol, date le loro proprietà ottiche.

Nella figura 5.1 è riportata lo schema del modello WRF-Chem, posto all'interno dello schema del modello WRF, e in cui sono presenti , il sistema WRF Pre-Processing (WPS), Il WRF-Var, i due solutori ARW (**A**dvan**R**esearch **W**RF) o NMM (**N**onhydrostatic **M**esoscale **M**odel)) che includono la chimica, e il Post-processing e gli strumenti di visualizzazione.

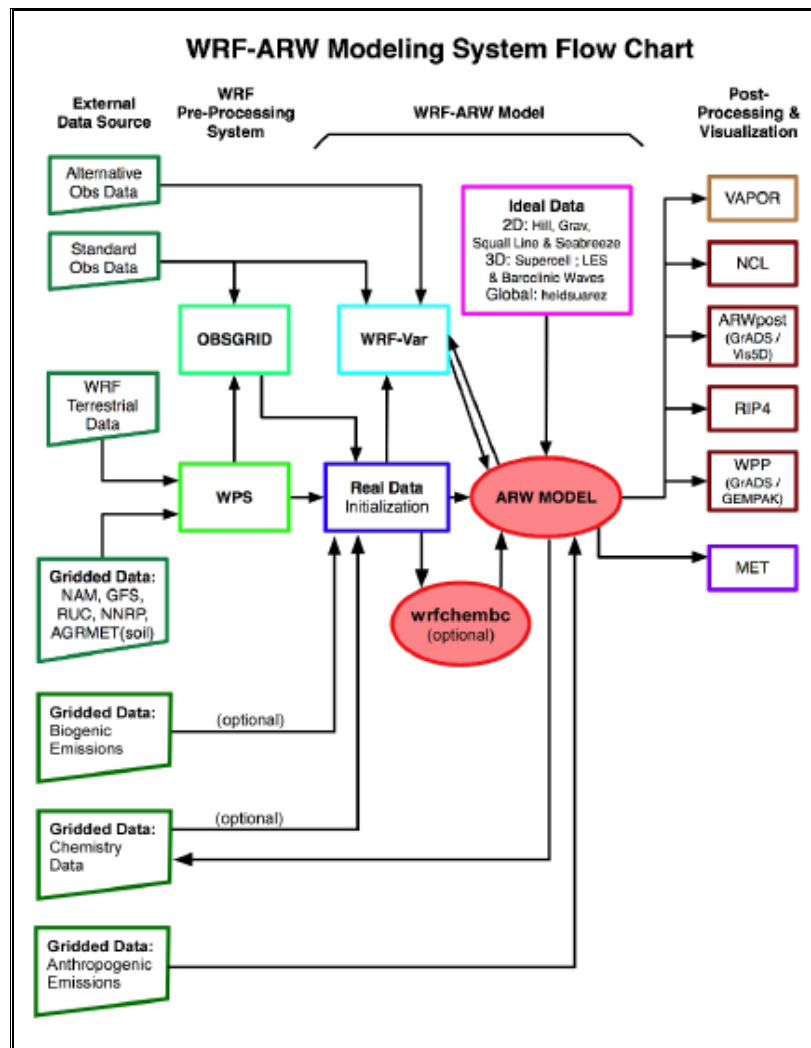


Figura 5.1. Schema del modello WRF-Chem. (Grell, et al., 2005)

5.2 Set up del dominio modellato: il “Dominio Urbano”(DU).

Il dominio spaziale sul quale si è investigato, è definito come “Dominio-Urbano (DU)” (figura 5.2.), esso include il territorio della area metropolitana CORE, su una griglia quadrata di 1 km. Le proprietà chimico-fisiche dell’atmosfera, nonché le condizioni meteo del dominio DU sono state definite attraverso un downscale del Dominio Provinciale (DP), quest’ultimo definito in Schuermann et al. (2008) con il nome di Dominio4(D4), per l’area della provincia di Cosenza su una griglia di 3 km ed un’alta risoluzione orizzontale (figura

5.3). Il nesting tra il dominio DP e il dominio DU è stato ottenuto usando l'opzione 1-way nesting⁶.

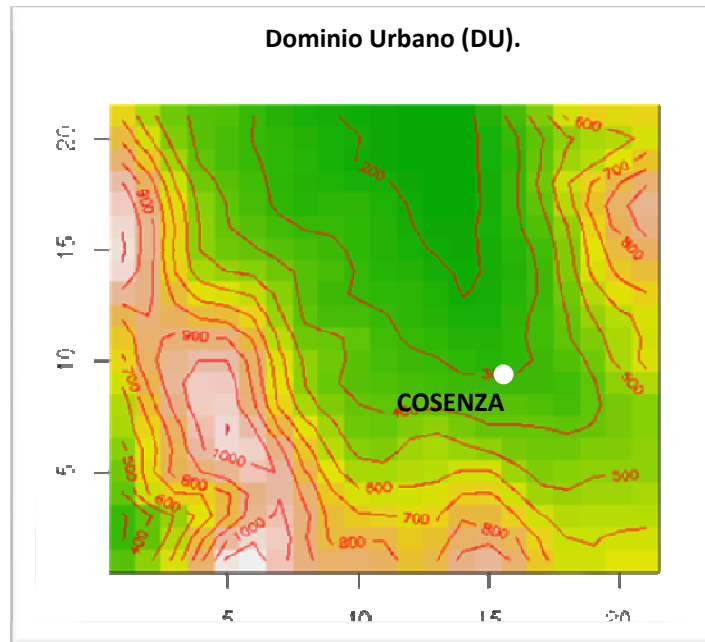


Figura 5.2. Dominio Urbano (DU). Griglia 1x1 km.

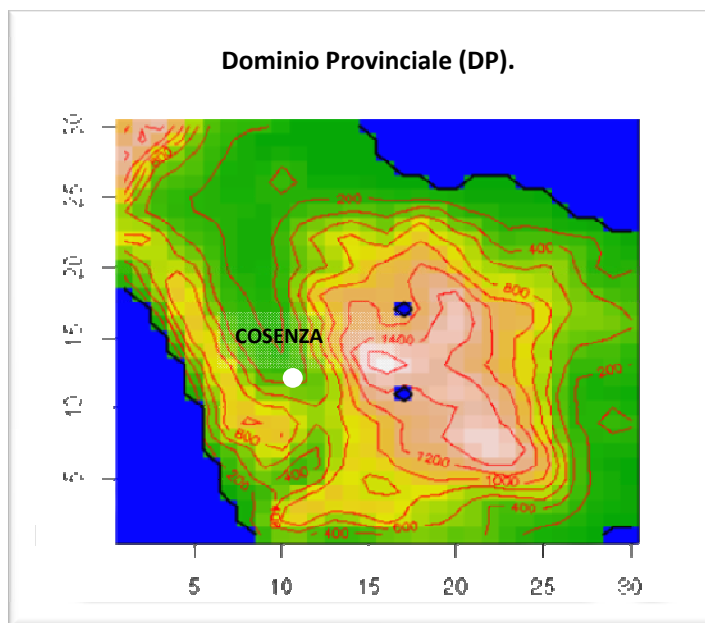


Figura 5.3. Dominio Provinciale (DP). Griglia 3x3 km.

⁶ Il modello WRF supporta annidamenti orizzontali (o nesting), permettendo di focalizzare una regione di interesse introducendo un'ulteriore griglia nella simulazione. Le simulazioni con nesting possono essere prodotte usando due opzioni, definite come "1-way e 2-way nesting". In entrambe le opzioni si riferiscono all'interazione tra una griglia grossa e una fine. In tale operazione le condizioni del boundary della griglia fine sono interpolate da quelle della griglia grossa. Nel nest 1-way, c'è lo scambio di una unica informazione tra le griglie (griglia grossa → griglia fine). Mentre, nel nest 2-way le griglie fine sostituisce la griglia grossa, cedendogli informazioni. Lo scambio di informazioni tra le griglie avviene quindi in due direzioni. (Skamarock, W.C et al., 2005).

Definito il dominio DU sono state definite le condizioni specifiche del boundary laterale (Specified Lateral Boundary Conditions). Queste specifiche condizioni laterali del dominio, sono composte da due tipi di zone che contornano il dominio scelto, la zona definita “relaxation zone” e la “specified zone”(figura 5.4), mirate ad ottimizzare le condizioni chimico-fisiche nelle condizioni laterali. In questo studio sono state considerate un valore di specific zone =1 e un valore di relax zone=2.

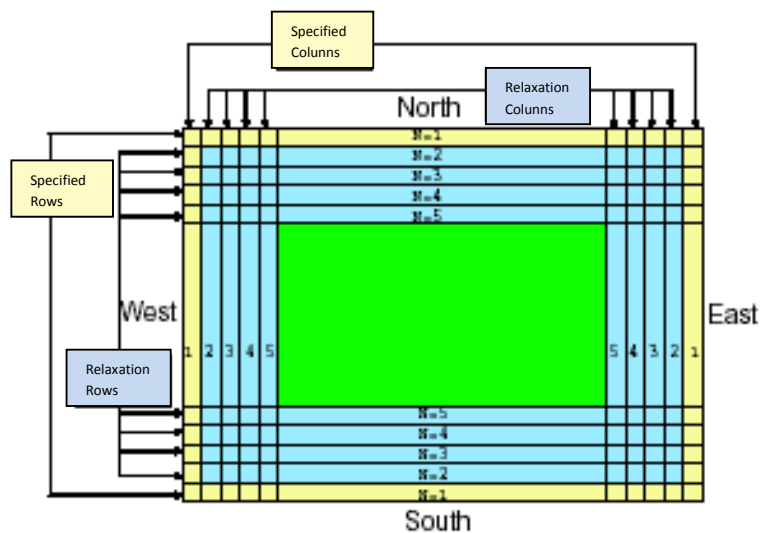


Figura 5.4. Specified e Relaxation zone. Fonte Skamarock, W.C. et al.,2005.

Le condizioni meteorologiche iniziali e della frontiera (boundary) del dominio DP, sono state prese dall’NCEP (National Centre for Environmental Prediction), fatte attraverso l’analisi globale finale (global final analysis) dal GFS (Global Forecast System) con un 1° di risoluzione ogni sei ore. I livelli verticali sono costituiti da 30 diversi livelli di pressione fino a 50 hPa.

Il time step per la chimica e la meteorologia per il dominio DU sopra descritto, è di 5 secondi, tale valore è stato ricavato seguendo le indicazioni riportate dagli autori, con la seguente espressione:

$$\Delta t [sec] = 6 \times \Delta x [km]$$

dove Δx è la grandezza della cella del dominio considerato.

5.3. Le Emissioni

Le emissioni utilizzate in questo studio sono basate sui dati provenienti da due fonti differenti, opportunamente elaborate ed integrate per gli scopi di questo lavoro, e così come descritto in Schuermann et al. (2008). La prima fonte è quella del CESI Ricerca (CESI, 2007)⁷, dalla quale provengono i dati annuali delle emissioni di CO, NH₃, NMVOC, NO_x e SO_x, a livello comunale, per tutti i macrosettori definiti secondo la nomenclatura CORINAIR-SNAP97. La seconda fonte è quella di questo lavoro (Capitolo 4), dal quale provengono i dati delle emissioni del trasporto veicolare (SNAP07) e delle combustioni residenziali (SNAP02-0200) a livello provinciale e comunale, con un alto grado di dettaglio sia spaziale che temporale. Dalla prima fonte, sono state utilizzate le stime delle emissioni di tutti i macrosettori ad esclusione di quello dello SNAP7 e SNAP02-0200, sostituiti dai dati delle emissioni dell'altra fonte. Questa operazione è stata fatta sulla base di alcune considerazioni

- di utilizzare i migliori dati disponibili il forte contributo che le emissioni da trasporto veicolare hanno sul totale provinciale delle emissioni. Infatti, come riportato nella figura 5.2, dove sono riportate le stime in percentuale delle emissioni provinciali per l'anno 2000, le emissioni da trasporto contribuiscono per il 61% delle emissioni di CO, per il 30,6% di quelle degli NMVOC, per il 53% delle emissioni di NO_x, l'8,5% per quelle degli SO_x e il 4,1% dell'NH₃. Inoltre, se consideriamo l'area della conurbazione Cosenza-Rende, gli NO_x prodotti (precursori dell'ozono) sono il 6% dell'intero valore provinciale, di cui il 79% proviene dal traffico (Schuermann et al., 2008).

Le emissioni biogeniche (SNAP11), non riportate nella figura 5.2, sono state considerate direttamente attraverso il modello WRF-Chem, il quale, basa il calcolo sullo schema di Guenther (Guenther, 1994), riportato nel manuale d'uso del modello.

⁷ www.ricercadisistema.it

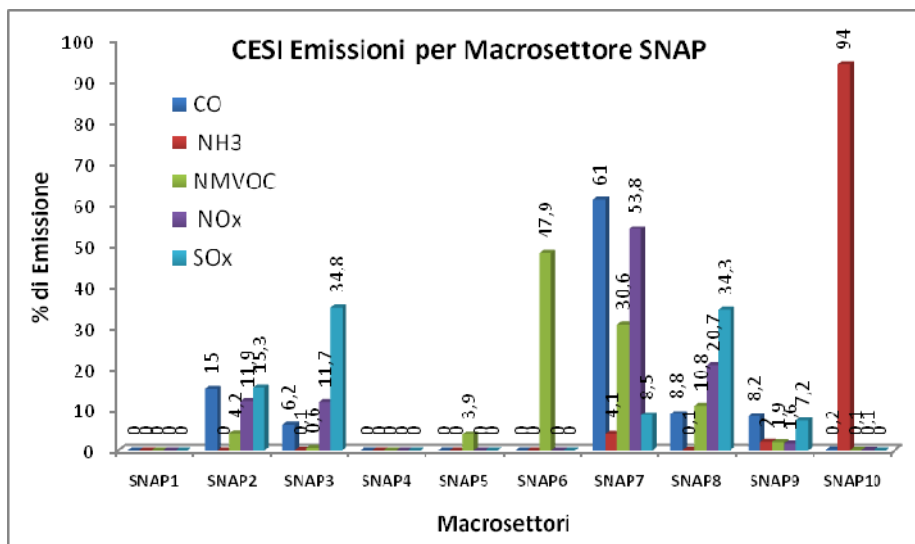


Figura 5.2. Emissioni per Macrosettori per l'anno 2000. Fonte CESI-Ricerca.

5.4. Il Periodo e gli eventi simulati

L'applicazione del modello WRF-Chem, per valutare la qualità dell'aria ambiente ed avere una indicazione dei livelli di concentrazione degli inquinanti a cui la popolazione è esposta, è stata fatta analizzato un periodo di oltre 30 giorni (dal 21-01-2007 al 24-02-2007), focalizzando l'attenzione su alcuni eventi, in cui il verificarsi della combinazione tra particolari condizioni meteorologiche e emissioni, hanno determinato una maggiore concentrazione di inquinanti in aria. La scelta di questo periodo è giustificata :

- dalla valutazione dei dati, misurati durante le campagne di monitoraggio della qualità dell'aria nel progetto STRAUSS (STRAUSS, 2007), che indicano questo periodo, come uno di quelli in cui si verificano maggiori livelli di concentrazioni di inquinanti;
- dalle particolari condizioni meteorologiche verificatesi, che accentuano la persistenza o la formazione degli inquinanti;

In particolare sono stati valutati tre eventi, denominati rispettivamente 1°, 2° e 3° evento, evidenziati dalle aree contenute nei contorni in colore blu, giallo e rosso della figura 5.3, che identificano rispettivamente il 1°(dal 22 al 28 gennaio 2007) , il 2°(dal 30 gennaio al 2 febbraio 2007) e il 3° (dal 15 al 24 febbraio 2007) evento, in cui sono stati valutati gli andamenti delle concentrazioni di alcuni inquinanti inorganici ed organici (i.e. SO₂, NO₂, il

PM10, il Toluene e gli Xileni) al variare delle condizioni meteorologiche, (direzione, intensità del vento e altezza del PBL *), anche esse riportate nella figura 5.3.

Figura 5.3. Caratteristiche meteorologiche (Direzione e Intensità del vento), altezza del PBL*[m x 10] e concentrazioni di PM, NO2, Xileni Toluene, nel *periodo* di simulazione.

Anche se gli eventi così individuati sono analizzati e discussi in dettaglio nei paragrafi successivi, la scelta degli eventi è stata fatta soprattutto, valutando gli andamenti dei valori massimi degli inquinanti, raggiunti durante tutto il periodo. Infatti, come si nota dalla figura 5.3, in ogni “*evento*” scelto, c’è la presenza di uno o più valori di massime concentrazioni di inquinanti.

5.4.1. 1° Evento.

Il primo evento scelto, di cui tutte le caratteristiche meteorologiche, fisiche, e gli inquinanti stimati, sono riportati nella figura 5.4, ricade nei giorni compresi tra il 22 e il 28 gennaio 2007. Questo evento è caratterizzato da un andamento della temperatura (T2, espressa in gradi kelvin) in diminuzione durante tutto l’evento, ed una fluttuazione regolare della radiazione solare (SW), che indica la scarsa formazione di corpi nuvolosi durante tutto l’evento. Differenti invece gli andamenti dell’intensità del vento e della sua direzione. La velocità del vento ha un andamento crescente nella prima fase, fino a raggiungere nelle ore notturne tra il 23 e il 24 gennaio una velocità di oltre 10 m/sec, per poi mostrare una tendenza alla diminuzione nei giorni immediatamente successivi, ed una più marcata fluttuazione, soprattutto nella parte finale. Parallelamente all’andamento dell’intensità, varia la direzione del vento, che mostra nella prima parte, venti predominati da sud-est e senza significativi cambi di direzione, i quali, al contrario, si verificano nella seconda fase dell’evento. Proprio in questa seconda fase, tra il 25 e il 28 gennaio si verificano dei continui e ripetuti cambi di direzione del vento da nord a sud e viceversa.

In corrispondenza della direzione del vento si nota la variazione dell’altezza del PBL il quale, varia soprattutto al variare dell’intensità del vento, mostra una propensione all’aumento quando il vento spira da nord. Per quanto concerne la persistenza e/o la formazione degli inquinanti qui considerati, gli andamenti dei valori delle concentrazioni simulate, mostrano una completa dipendenza dalle condizioni meteorologiche. Infatti tutti

gli andamenti degli inquinanti, qui studiati, mostrano un livello di concentrazione massima proprio nella fase finale dell'evento, in corrispondenza di bassi valori di velocità del vento, direzione prevalente da nord e bassi valori dell'altezza del PBL. Queste condizioni "sfavorevoli" mettono in risalto gli andamenti orari degli inquinati, da attribuire con molta probabilità sia alle fluttuazione orarie delle emissioni, soprattutto per il PM10, il toluene e gli Xileni. Queste caratterizzazioni sono analizzate e discusse più in dettaglio nella figura 5.5, in cui è riportato uno zoom nella parte dell'evento dove si verificano le maggiori concentrazioni.

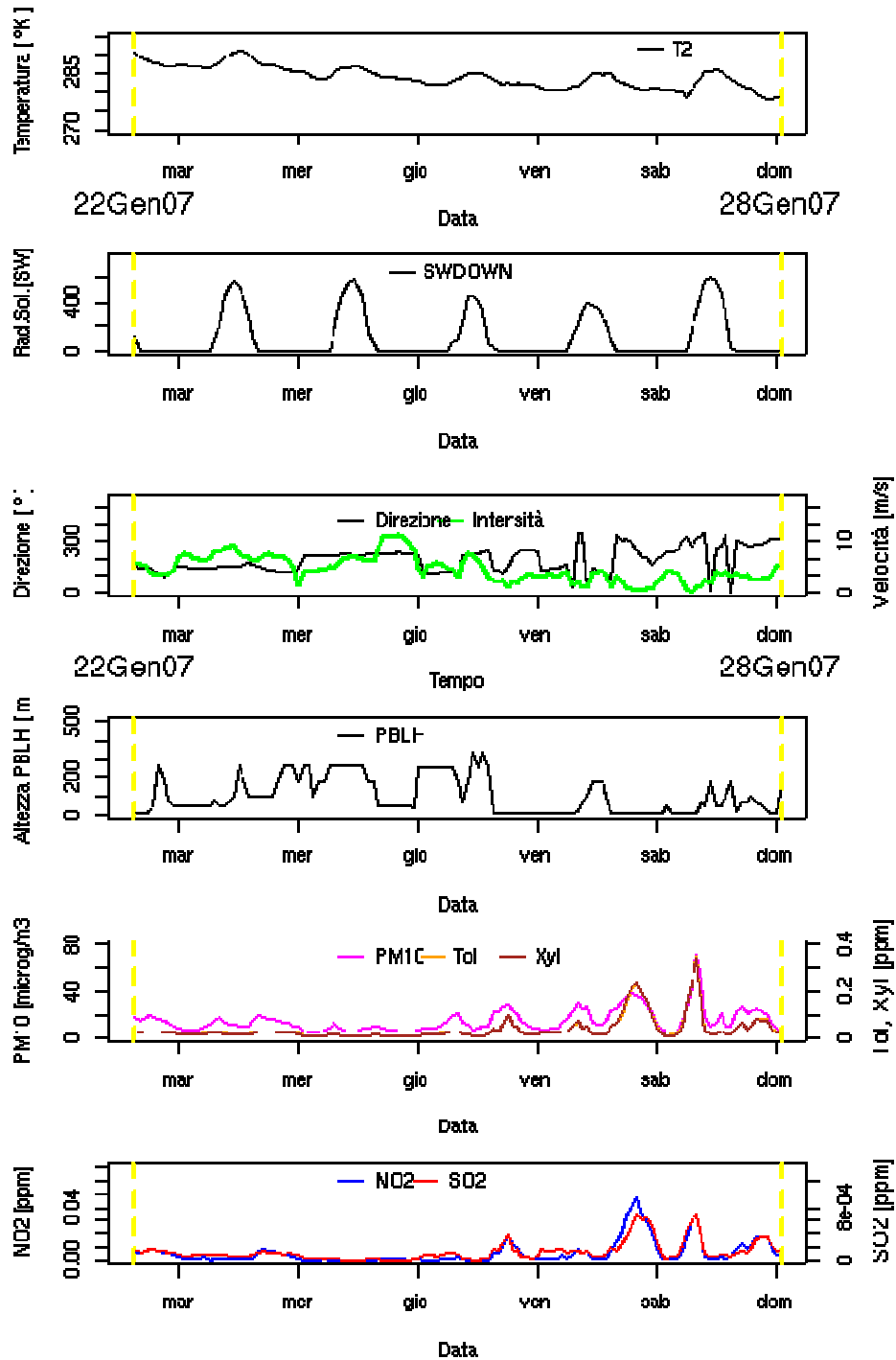


Figura 5.4. Caratteristiche meteorologiche (Direzione e Intensità del vento, Temperatura e Radiazione solare[W/m²]), altezza del PBL*[m x 10] e concentrazioni di PM, NO₂, Xileni Tolueni, nel 1° Evento di simulazione.

Infatti dalla figura 5.5, si evidenziano maggiormente i valori di tutte le caratteristiche sia sopra descritti, che confermano le ipotesi fatte precedentemente. I picchi degli inquinati si attestano proprio in concomitanza con la direzione del vento da nord e sia nelle ore in cui si verificano maggiori emissioni dovuto al traffico stradale, cioè subito dopo le 16 per le ore

serali e tra le 7:00 e le 13:00. La grande influenza dell'altezza del PBL si evidenzia molto bene quando analizziamo gli andamenti delle concentrazioni degli inquinanti tra le ore 8 del 27 gennaio e le 8:00 del giorno successivo. Infatti in questo giorno a l'aumentare del PBL (cha passa da un valore di 1800 m a quasi 50 m). corrisponde immediatamente una diminuzione delle concentrazioni. Nella fase immediatamente successiva a questo giorno, è visibile sia la maggiore presenza di alcuni inquinati come l'NO₂, che è molto persistente anche nelle ore notturne, e sia lo "scostamento" tra i profili delle concentrazioni di quest'ultimo e quelle del SO₂. Tale "scostamento" ci da una chiara indicazione sulle diverse velocità con le quali i due inquinanti reagiscono in atmosfera. Inoltre, gli andamenti degli inquinati ci inducono ad affermare, che a queste scale temporali, la componente fisica sia molto più influente della componente chimica. Tuttavia questo aspetto meriterà sicuramente un maggiore approfondimento scientifico.

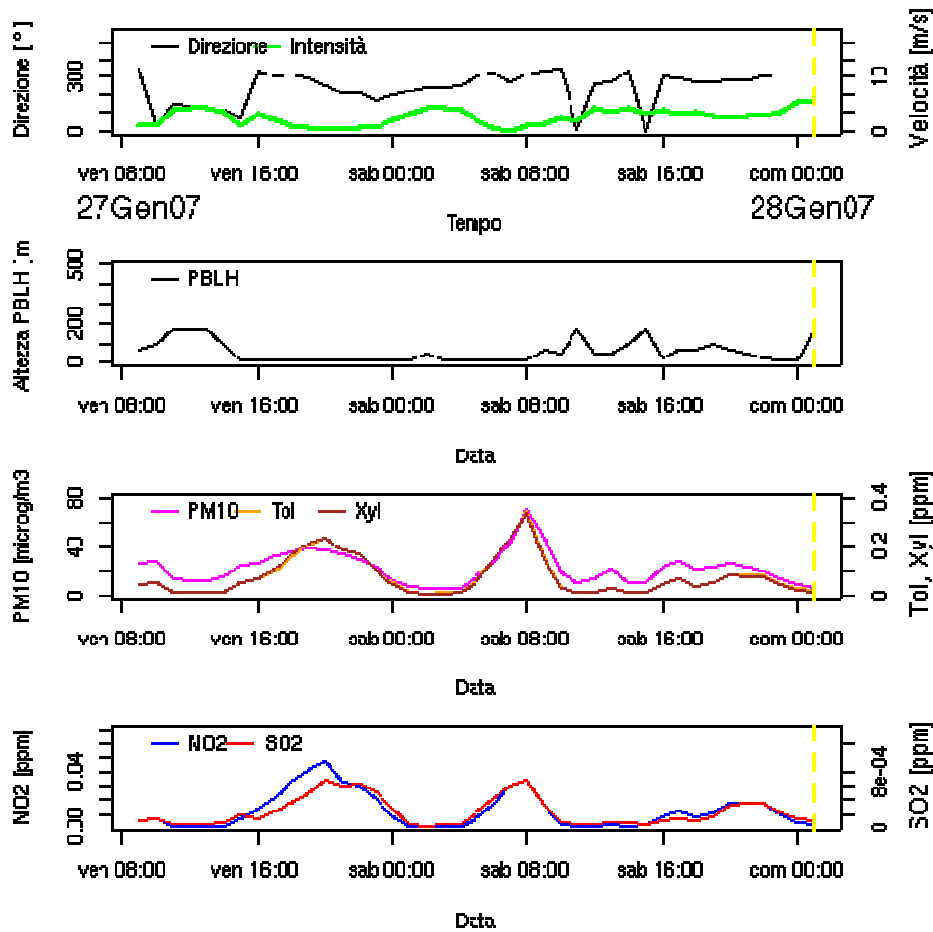


Figura 5.5. Zoom del 1°Evento. *Altezza del PBL [m x 10]

L'influenza sulla qualità dell'aria dovuta alla combinazione tra i cicli giornalieri delle emissioni e le condizioni meteorologiche, è ancora di più evidenziata, confrontando sia gli andamenti delle fluttuazioni delle emissioni orarie, riportate nella figura 5.6, e sia il profilo verticale del vento, considerando una sezione nella direzione ovest-est del domino preso in esame (figura 5.7b). Nella figura 5.6 si riportano gli andamenti delle emissioni orarie di PM10 calcolate, così come spiegato nel capitolo 4, nella sezione di valico LV1-2, posta in corrispondenza della stella cella dalla quale sono stati estratti i dati delle simulazioni del primo evento. (figure 5.4 e 5.5). Dal confronto emerge chiaramente la corrispondenza degli andamenti tra le concentrazioni simulate e le fluttuazione orarie delle emissioni calcolate.

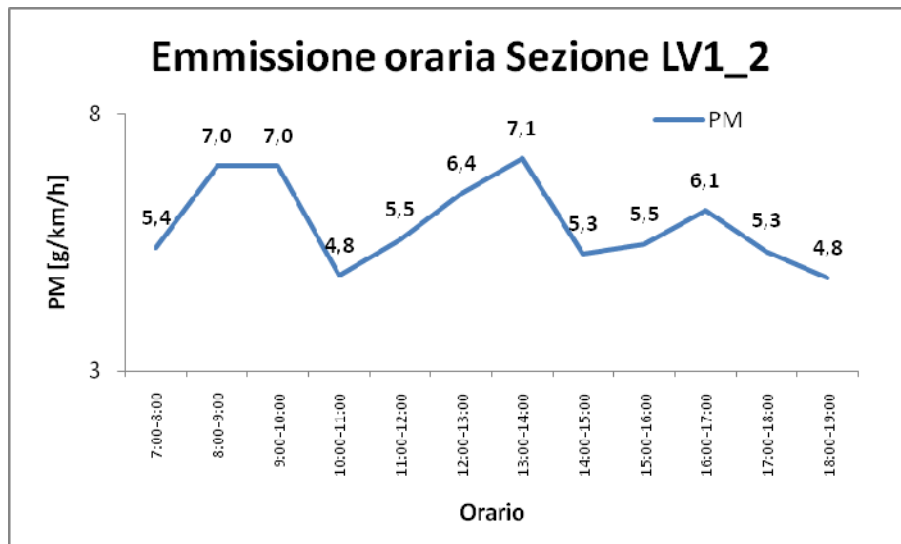


Figura 5.6. Emissioni orarie di PM10 Sezione LV1-2.

La figura 5.7 mostra un'ulteriore visualizzazione della influenza dei fattori meteorologici sulla dispersione degli inquinanti. Nella figura 5.7a sono visualizzati sia i valori della concentrazione di PM10, che si riscontrano massime proprio in prossimità della sezione di valico LV1-2, sia la direzione del vento che spira da nord verso sud, mentre nella figura 5.7b i profili verticali (da Ovest verso Est) del vento che illustrano come le condizioni creatasi favoriscono una stabilità delle masse d'aria presenti sul centro urbano, e tendono a far ristagnare gli inquinanti sulla stesa area.

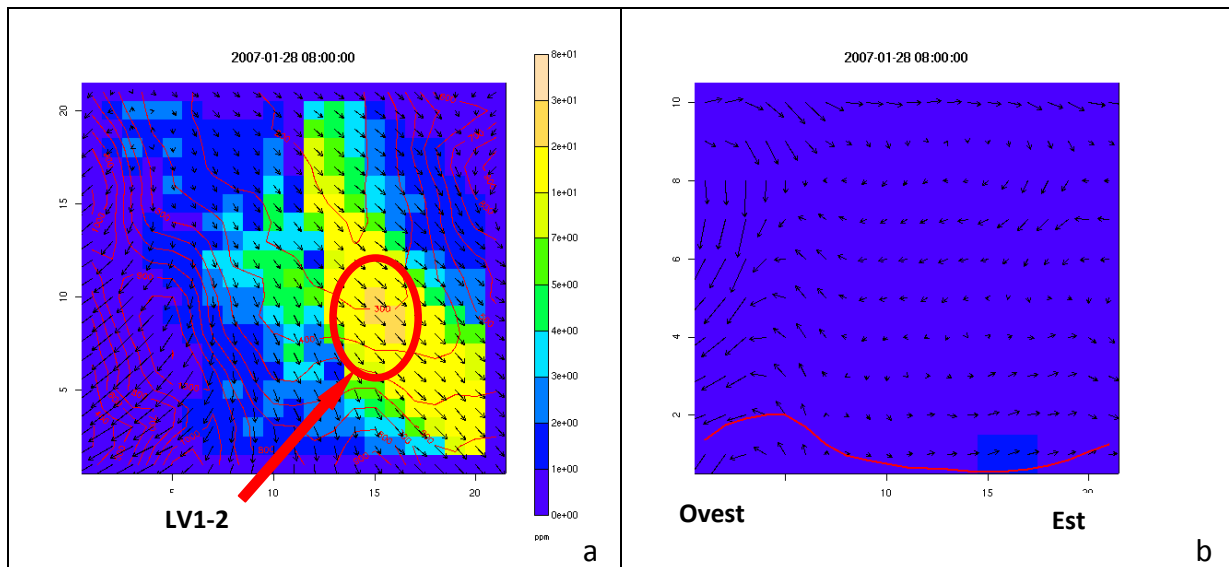
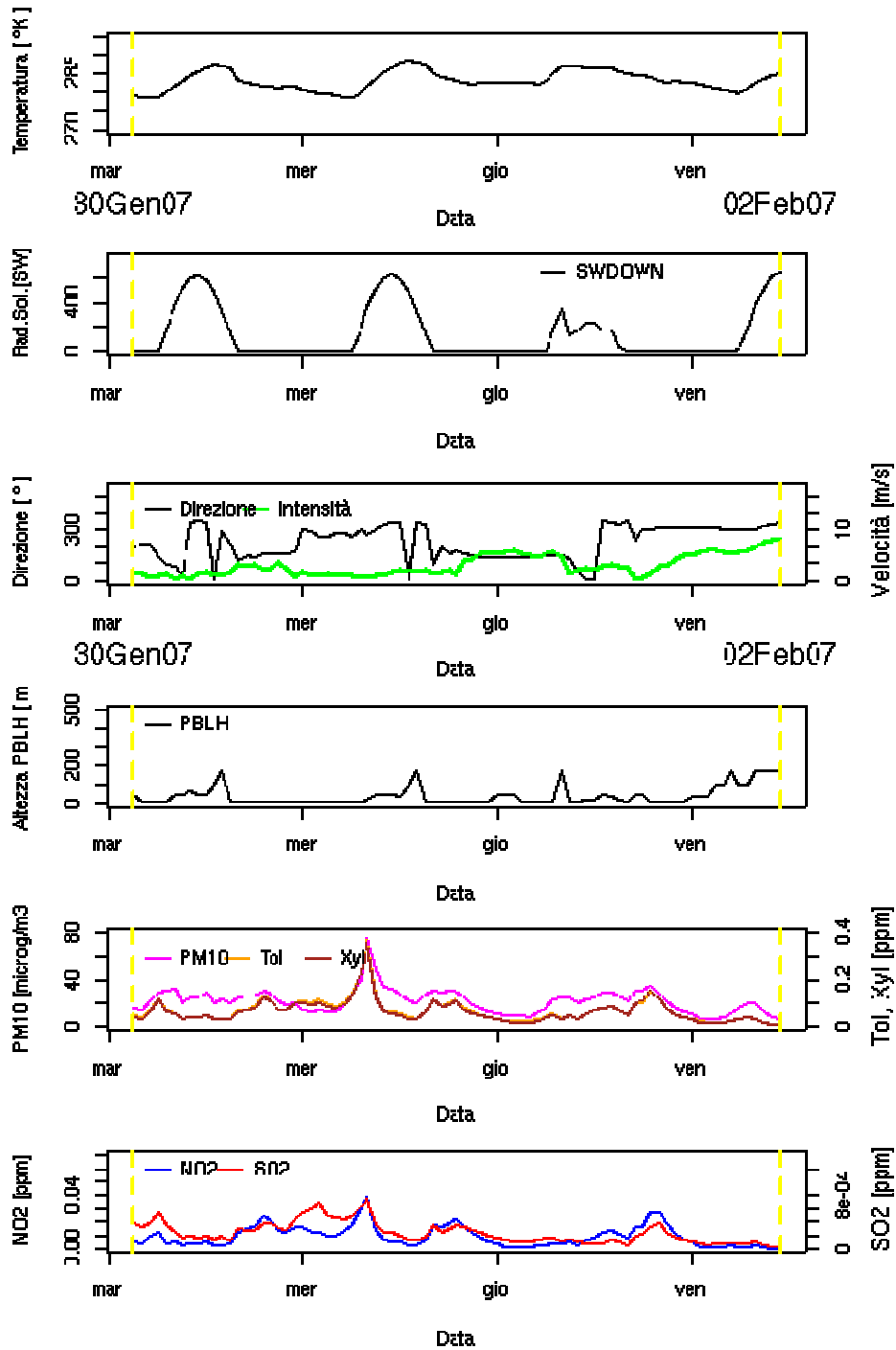


Figura 5.7(a,b). Livelli di concentrazione di PM10 nel dominio. Profilo verticale della velocità del vento.

5.4.2. 2° Evento.

Il secondo evento scelto, di cui tutte le caratteristiche meteorologiche, e gli inquinanti stimati, sono riportati nella figura 5.8, ricade nei giorni compresi tra il 30 gennaio e il 2 febbraio 2007. Durante questo evento, la temperatura (T_2) ha assunto un andamento tendendo sempre alla diminuzione, ma con repentini aumenti durante le fase diurne, grazie alla radiazione solare che mostra una netta ciclicità diurna, e quindi la quasi totale assenza di formazioni nuvolose durante il periodo. Una variazione della radiazione si ha solo nella giornata di giovedì 1 febbraio, che influenza poco l'andamento della temperatura. Questo secondo evento è caratterizzato da un vento proveniente principalmente da sud, con una intensità media di quasi 4,5 m/sec e bassi valori dell'altezza del PBL. Solo in tre casi si verifica un cambio di direzione del vento proveniente da Nord, ed è proprio in questi casi, che si verifica sia un innalzamento dell'altezza del PBL. Nelle fasi che precedono o che seguono il cambio repentino dell'altezza del PBL si ha un aumento delle concentrazioni degli inquinanti. Questo è dovuto anche alla combinazione tra il basso valore di PBL, aumento delle emissioni e bassa intensità del vento. In particolare nella figura 5.9 è riportato un zoom nella fascia oraria in cui si verificano le massime concentrazioni, in un arco temporale tra il 1 e il 2 febbraio 2007. In questa figura nella quale sono ben distinte il valore molto basso del PBL durante le ore notturne, la bassa

intensità del vento e la direzione proveniente principalmente da sud, le concentrazioni aumentano in corrispondenza delle fluttuazioni orarie delle emissioni. Inoltre è messo in evidenza la persistenza dell'NO₂ principalmente durante le ore notturne, a parità di emissioni eventualmente presenti. Nella figura 5.10 a,b, sono riportate rispettivamente le concentrazioni di PM₁₀ alla ore 8:00 del 1 febbraio 2007, data in cui si ha il massimo valore di concentrazione, e il profilo verticale con le concentrazioni massime di NO₂ nello stesso giorno. In entrambe le figure si notano la bassa intensità del vento favorisce una stabilità delle masse d'aria e il conseguente persistere degli inquinanti.



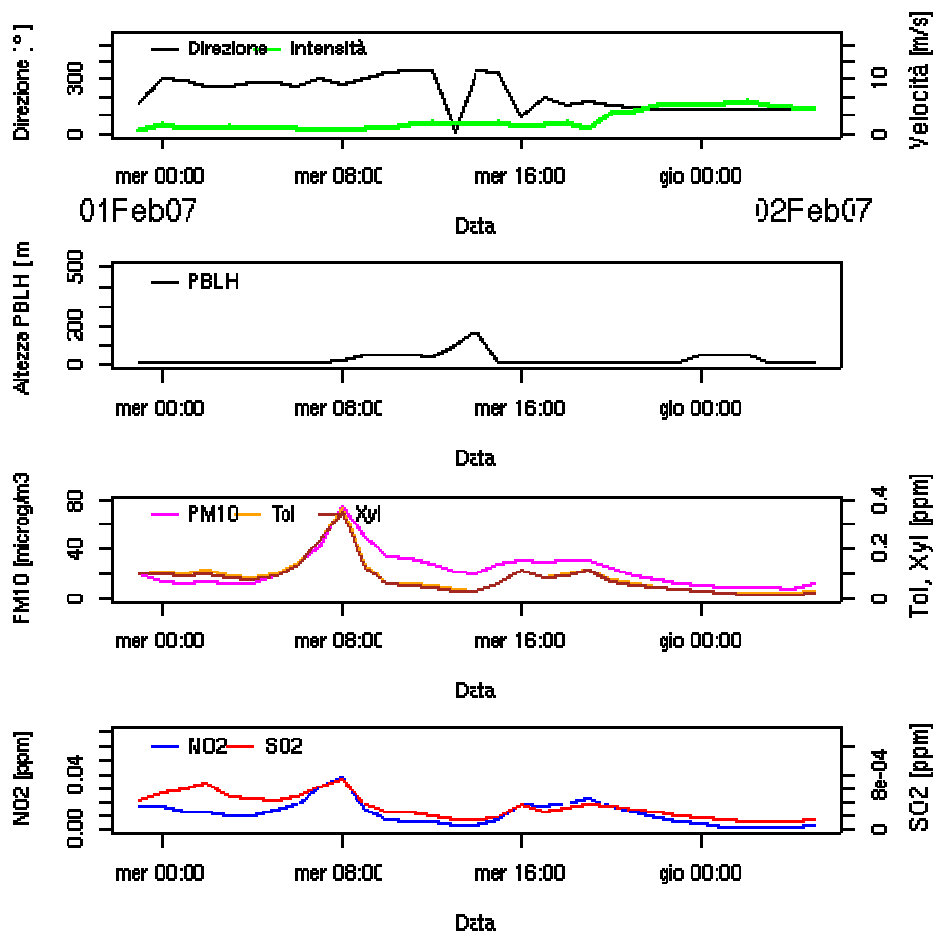


Figura 5.9. Zoom 2° Evento.

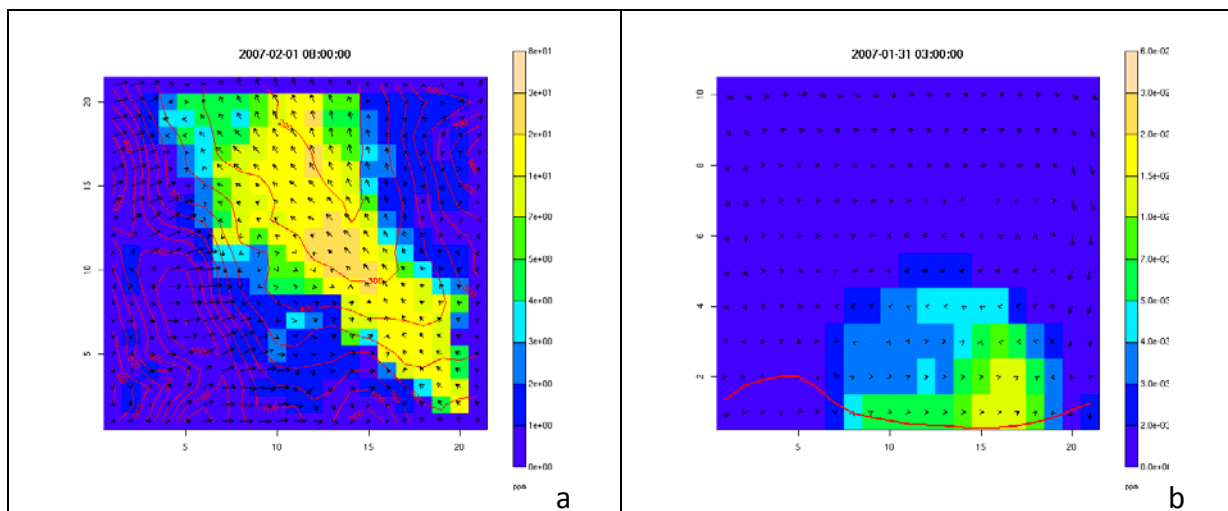


Figura 5.10 a,b. a)Concentrazione di PM10 alle ore 8:00 del 1 febbraio 2007, .b)Profilo verticale e concentrazione di NO2 alle ore 3:00 del 1 febbraio 2007.

5.4.3. 3° Evento.

Il terzo evento considerato è compreso nei giorni tra il 14 e il 24 febbraio 2007. Così come per gli altri due eventi anche quest'ultimo, è stato caratterizzato da buone condizioni meteorologiche, e con una buona radiazione solare. Le stime della temperatura e della radiazione solare, riportate nella figura 5.11 mostrano queste condizioni. Tuttavia nel periodo preso in esame, si sono verificate una serie di condizioni alterne del vento sia in termini di intensità sia in termini di direzioni. Questa alternanza ha prodotto tre blocchi distinti, nel primo e nel terzo, corrispondenti rispettivamente alla fase iniziale (dal 16 al 18 febbraio) e finale (dal 22 al 24 febbraio) dell'evento considerato, il vento aveva una direzione predominante proveniente da nord, ed una non molta elevata velocità, mentre nel secondo blocco, il vento ha assunto come direzione principale quella proveniente da sud-est, caratterizzata da una più alta intensità. Molto particolari sono state anche le condizioni del PBL, che mostra (figura 5.11) un caratteristico altalenare da valori di poche decine di metri a valori che superano i 3000m di altezza. La variabilità delle condizioni del PBL, in combinazione alla particolari della direzione e intensità del vento, influenzano molto anche la presenza e la formazione degli inquinanti, mostrando una fluttuazione molto accentuata. In particolare si nota come all'abbassarsi dell'altezza del PBL, aumentino i valori delle concentrazioni, soprattutto nel primo e nel terzo blocco, dove è più bassa l'intensità del vento, e dove si verificano dei cambi repentini della direzione. Un'analisi particolareggiata è stata ottenuta facendo uno zoom dell'evento, i cui valori sono riportati nella figura 5.12. Si porta subito in evidenza come le concentrazioni degli inquinanti siano maggiori quando il PBL si abbassa notevolmente, in combinazione con la direzione del vento quando spira da nord.

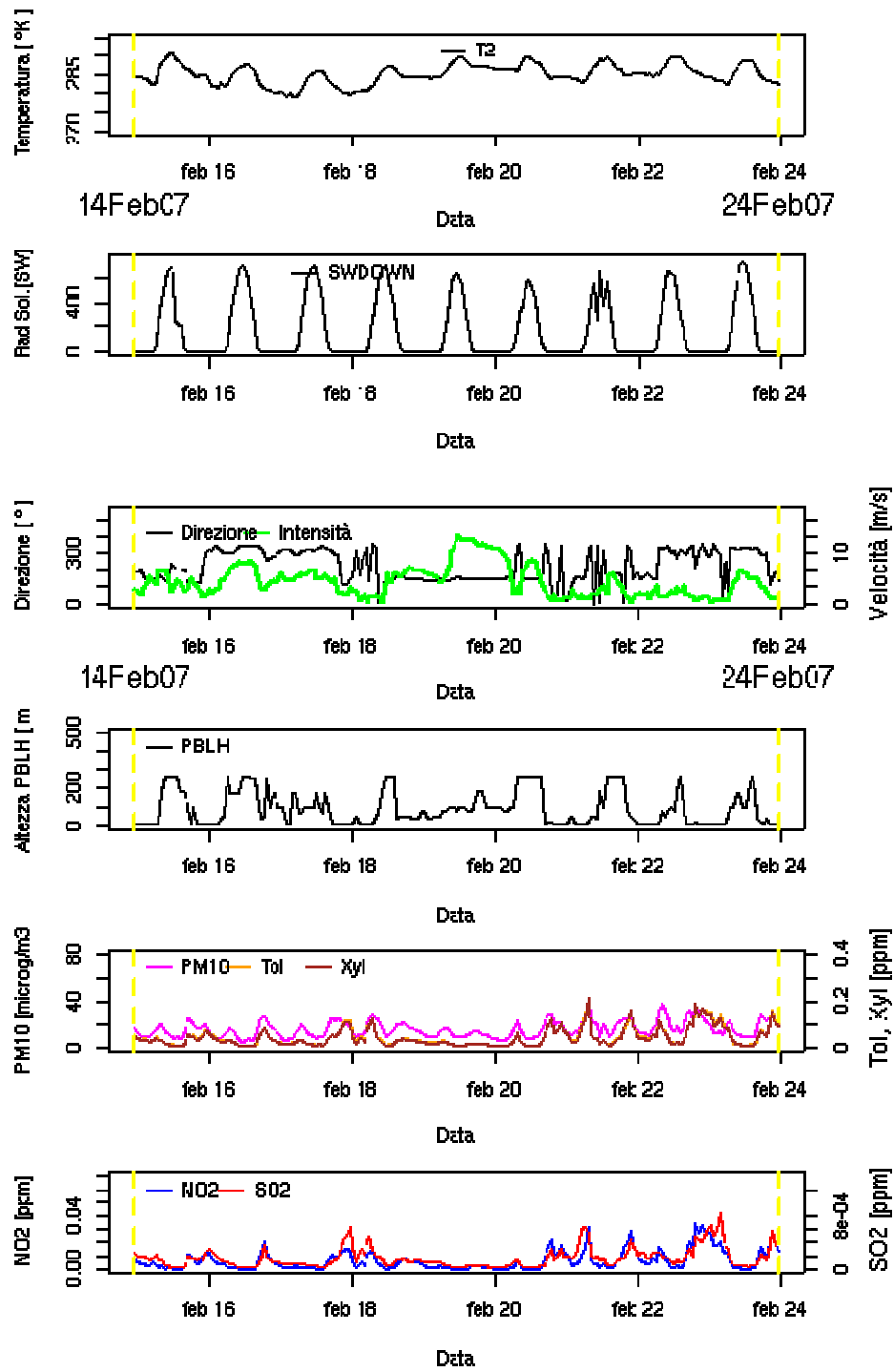


Figura 5.11. 3°Evento.

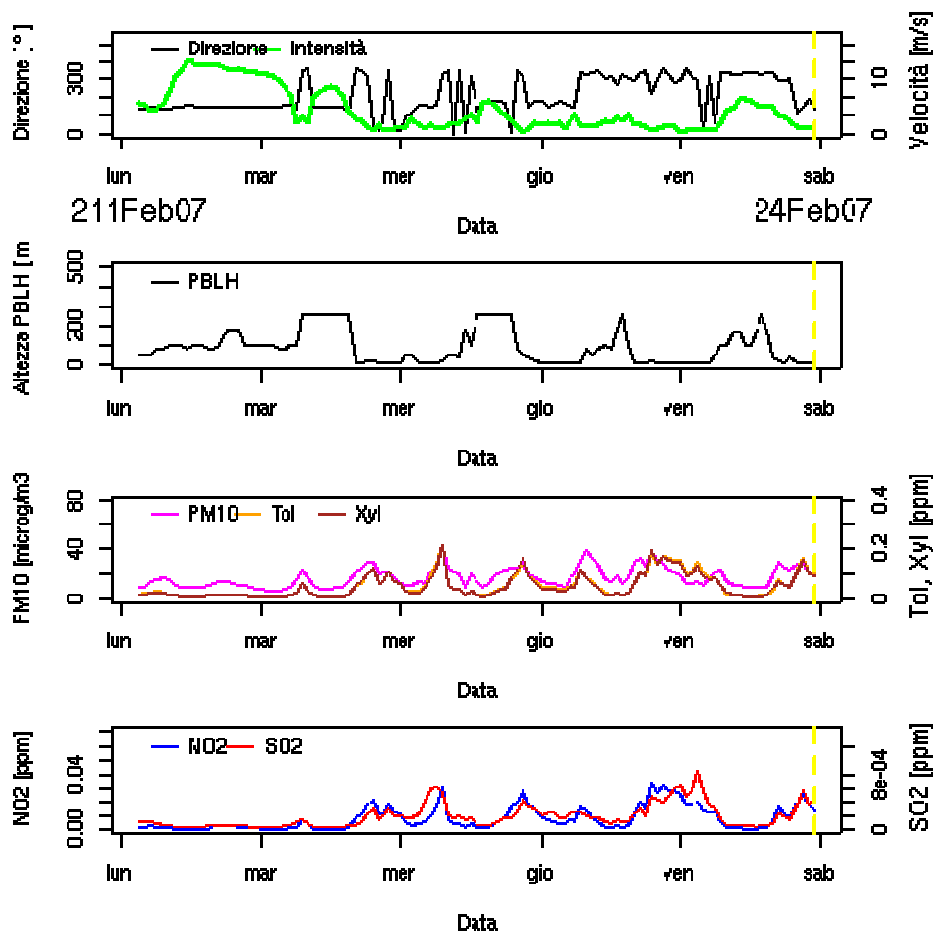


Figura 5.12. Zoom del 3° Evento.

In tutti i periodi simulati e analizzati, non si sono mai superati i Valori Limite per la protezione della salute, mediati su 1 ora (se ci riferiamo al biossido di azoto o di zolfo), o mediati su 24 ore (se ci riferiamo al particolato atmosferico), così come indicati nel DM 60/2002. Tuttavia, se consideriamo un valore orario, in particolare per il PM10, negli eventi simulati, in coincidenza delle ore di massima concentrazione, si riscontrano valori che superano abbondantemente i limiti di legge.

Capitolo 6

Conclusioni

Il lavoro di ricerca svolto durante questo dottorato ha costituito lo strumento con la quale affrontare lo studio, molto attuale, di problematiche complesse, quali quelle connesse all'inquinamento atmosferico e alla relativa valutazione della qualità dell'aria nelle aree urbane, richiedendo un approccio multidisciplinare, attraverso l'integrazione di discipline ingegneristiche con quelle delle scienze fisiche, sociali ed economiche.

Nell'ambito di tale studio, sono stati affrontati tutti gli aspetti che permettono di conoscere, valutare, misurare e simulare sia lo stato dell'ambiente atmosferico e sia le pressioni che agiscono su di esso attraverso la formazione di sostanze inquinanti, con l'obiettivo principale di realizzare un "*sistema integrato*" di supporto alle strategie politiche e di intervento pianificate per migliorare la qualità dell'aria, ridurre gli effetti sulla salute umana e promuovere uno sviluppo sostenibile.

L'approccio di sistema integrato è stato applicato relativamente all'area provinciale della città di Cosenza, focalizzando l'attenzione sulla città stessa.

Al fine di valutare il grado di esposizione cui la popolazione in ambiente urbano potrebbe essere esposta, è stato necessario valutare il tessuto socio-economico del territorio oggetto di studio, stimare le emissioni delle sorgenti antropogeniche presenti sul territorio in esame e calcolare i livelli di concentrazione nelle specifiche aree urbane, suburbane o rurali. La valutazione socio-economica del territorio ha permesso, pertanto, di distinguere le sorgenti antropiche presenti sul territorio che determinano un impatto maggiore sull'area; ciò ha permesso di distinguere e focalizzare l'attenzione sulle emissioni da sorgenti da combustione residenziale e da trasporto.

La stima delle prime, fatta con un alto grado di dettaglio, ha permesso di valutare il peso di ogni specifica area comunale, evidenziando, tuttavia il grave problema della reperibilità e della comunicazione dei dati sia ambientali che economici, che si incontra quando si interroga il territorio. La valutazione delle emissioni da sorgenti mobili (traffico veicolare) è stata realizzata attraverso il modello europeo COPERT 4, sia a livello provinciale che urbano. In particolare, la stima a livello provinciale ha permesso di valutare l'effetto delle




emissioni su tutto il territorio, ottenendo una distribuzione spazio-temporale ad alta risoluzione. Per l'area urbana, la stima delle emissioni ha permesso di distinguere le aree soggette a maggiore pressione antropica, evidenziando dei veri e propri "hot spot". Tali informazioni risultano fondamentali nell'ottica di individuare la relazione causa-effetto tra l'inquinamento atmosferico in area urbana e gli effetti sulla salute al fine di fornire un contributo sostanziale alla pianificazione di azioni mirate alla riduzione delle emissioni. Anche in questo caso, la scarsità di informazioni disponibili sulla mobilità della città, rende difficoltosa la gestione e la pianificazione sostenibile della stessa. Nel presente lavoro sono state analizzate tre tipologie di scenari per la riduzione delle emissioni veicolari attraverso la valutazione delle pressioni che insistono sul territorio e la loro relativa quantificazione. I dati stimati sono stati utilizzati come input nel modello di simulazione della qualità dell'aria WRF-Chem. Grazie all'utilizzo del modello WRF-Chem è stato possibile valutare l'influenza delle emissioni sulle concentrazioni degli inquinanti presenti in atmosfera in particolari condizioni meteorologiche pervenendo ad una prima valutazione dell'esposizione della popolazione relativamente all'area urbana considerata.

Da quanto sopra esposto risulta evidente come un'attenta valutazione dell'inquinamento atmosferico nelle aree urbane risulta un argomento che necessita di uno studio integrato molto complesso.

La ricerca condotta nell'ambito del presente dottorato pur necessitando di ulteriori approfondimenti ed applicazioni permette di fornire un utile contributo alle istituzioni che hanno come obiettivo il miglioramento della qualità dell'aria nelle città. Il lavoro svolto apre, inoltre, diverse "finestre" di ricerca per la valutazione di alcuni strumenti (i.e., inventari delle emissioni), indispensabili per lo studio dell'inquinamento atmosferico e l'approfondimento dei diversi processi che intervengono per la valutazione della qualità dell'aria urbana. Ci si auspica che nell'immediato futuro ci sia una maggiore attenzione e sensibilità da parte degli enti preposti per fornire gli strumenti necessari per controllare i fattori che determinano le specificità ed i parametri di qualità ambientale (i.e., pianificazione urbana, inquinamento atmosferico, condizioni socio-economiche) al fine di ridurre il "rischio ambientale e sanitario" derivante da una scarsa qualità degli ecosistemi urbani e rurali.

APPENDICE

APPENDICE 1 : CALCOLO DELLE EMISSIONI DA COMBUSTIONI RESIDENZIALI.

-  Comuni metanizzati
-  Comuni non metanizzati con s.l.m.> 550m
-  Comuni non metanizzati con s.l.m.< 550m

APPENDICE 2 : CALCOLO DELLE EMISSIONI DA TRASPORTO VEICOLARE, COSI' COME DA MODELLO COPERT.

[APPENDICE 1]

Comuni	SO2 [g/a]	NOx [g/a]	COV [g/a]	COT [g/a]	CO [g/a]	CO2 [kg/a]	PTS [g/a]	PM10 [g/a]
Acquaformosa	23102	173321	228888	906499	2841258	104356	113322	113321
Acquappesa	36892	276779	365514	1447598	4537237	166647	180966	180963
Acri	53090	6552391	619197	2028441	2486250	5144751	68801	68798
Aiello Calabro	5932	732134	69186	226649	277802	574851	7688	7687
Aieta	15913	119384	157659	624399	1957067	71881	78057	78056
Albidona	31826	238768	315318	1248798	3914135	143761	156114	156112
Alessandria del Carretto	13291	99710	131677	521499	1634546	60035	65193	65192
Altilia	13826	103725	136979	542499	1700367	62452	67818	67818
Altomonte	80171	601472	794304	3145795	9859933	362143	393259	393254
Amantea	32178	3971364	375292	1229426	1506901	3118202	41700	41698
Amendolara	7632	941957	89014	291604	357418	739598	9891	9890
Aprigliano	6829	842882	79652	260933	319825	661807	8850	8850
Belmonte Calabro	53911	404461	534131	2115397	6630333	243524	264448	264445
Belsito	2255	278367	26305	86175	105624	218566	2923	2923
Belvedere Marittimo	158434	1188623	1569695	6216690	19485106	715664	777155	777145
Bianchi	27527	206513	272722	1080098	3385375	124341	135024	135023
Bisignano	26493	3269760	308990	1012228	1240683	2567323	34333	34332
Bocchigliero	4601	567808	53658	175778	215450	445827	5962	5962
Bonifati	60690	455320	601295	2381396	7464062	274146	297701	297697
Buonvicino	45313	339951	448939	1777997	5572815	204683	222269	222266
Calopezzati	21515	161410	213158	844199	2645990	97184	105534	105533
Caloveto	25546	191657	253103	1002398	3141839	115396	125311	125309
Campana	6410	791100	74758	244903	300176	621149	8307	8306
Canna	2108	260108	24580	80522	98696	204230	2731	2731
Cariati	20103	2481055	234458	768067	941415	1948054	26051	26050
Carolei	8593	1060487	100215	328298	402393	832664	11135	11135
Carpanzano	6743	50591	66811	264600	829340	30461	33078	33077
Casole Bruzio	6015	742311	70148	229799	281664	582841	7794	7794
Cassano allo Ionio	42599	5257538	496834	1627590	1994928	4128069	55205	55203
Castiglione Cosentino	54768	410885	542615	2148997	6735646	247392	268648	268645
Castrolibero	24354	3005761	284043	930501	1140511	2360038	31561	31560
Castroregio	8563	64243	84839	335999	1053130	38680	42004	42003
Castrovillari	54298	6701452	633283	2074586	2542810	5261789	70366	70363
Celico	7724	953331	90089	295125	361733	748528	10010	10010
Cellara	1276	157442	14878	48740	59740	123619	1653	1653
Cerchiara di Calabria	7135	880596	83216	272609	334135	691419	9246	9246
Cerisano	7853	969195	91588	300036	367753	760984	10177	10176
Cervicati	2469	304707	28795	94329	115618	239247	3199	3199
Cerzeto	3558	439101	41495	135934	166613	344770	4611	4610
Cetraro	184337	1382957	1826333	7233088	22670825	832671	904216	904205
Civita	2728	336734	31821	104244	127771	264394	3536	3536
Cleto	3369	415754	39289	128706	157754	326438	4365	4365
Colosimi	25261	189516	250275	991198	3106735	114106	123911	123909
Corigliano Calabro	92742	11446256	1081664	3543447	4343186	8987274	120187	120183
Cosenza	177035	21849685	2064782	6764064	8290679	17155750	229425	229416
Cropalati	22531	169038	223232	884099	2771049	101777	110522	110521
Crosia	154687	1160517	1532578	6069690	19024361	698741	758779	758769
Diamante	90821	681374	899822	3563694	11169764	410252	445501	445496
Dipignano	10166	1254745	118573	388435	476102	985190	13175	13174
Domanico	16519	123935	163668	648199	2031664	74620	81032	81031
Fagnano Castello	74891	561855	741986	2938595	9210503	338290	367357	367352
Falconara Albanese	2988	388437	35856	119519	119519	331426	2988	2988

[APPENDICE 1]

Comuni	SO2 [g/a]	NOx [g/a]	COV [g/a]	COT [g/a]	CO [g/a]	CO2 [kg/a]	PTS [g/a]	PM10 [g/a]
Figline Vegliaturo	2488	307101	29021	95070	116527	241127	3225	3224
Firmo	43885	329244	434799	1721997	5397293	198236	215269	215266
Fiumefreddo Bruzio	8156	1006610	95124	311619	381950	790361	10570	10569
Francavilla Marittima	7489	924297	87346	286137	350717	725732	9705	9705
Frascineto	6070	749195	70799	231930	284276	588247	7867	7866
Fuscaldo	148479	1113941	1471070	5826091	18260842	670698	728326	728316
Grimaldi	33360	250279	330518	1308998	4102820	150691	163639	163637
Grisolia	42726	320544	423310	1676497	5254682	192998	209581	209578
Guardia Piemontese	27205	204104	269540	1067498	3345883	122890	133449	133447
Lago	7508	926691	87572	286878	351625	727612	9730	9730
Laino Borgo	5517	680951	64349	210804	258381	534663	7150	7150
Laino Castello	16073	120589	159250	630699	1976813	72606	78844	78843
Lappano	2425	299319	28285	92661	113574	235017	3143	3143
Lattarico	10147	1252351	118346	387693	475194	983310	13150	13149
Longobardi	41745	313183	413589	1637997	5134011	188566	204768	204765
Longobucco	77620	582333	769029	3045695	9546188	350620	380746	380741
Lungro	56106	420923	555871	2201496	6900198	253436	275212	275208
Luzzi	25356	3129380	295725	968770	1187417	2457100	32859	32858
Maierà	23780	178407	235605	933098	2924631	107418	116648	116646
Malito	2173	268190	25344	83024	101762	210575	2816	2816
Malvito	37071	278117	367282	1454598	4559177	167453	181841	181838
Mandatoriccio	7385	911426	86129	282153	345833	715626	9570	9570
Mangone	4196	517822	48934	160303	196483	406579	5437	5437
Marano Marchesato	6211	766556	72439	237305	290863	601878	8049	8049
Marano Principato	5668	699508	66103	216549	265423	549234	7345	7345
Marzi	2469	304707	28795	94329	115618	239247	3199	3199
Mendicino	19605	2419694	228660	749071	918133	1899875	25407	25406
Mongrassano	4278	527999	49896	163454	200345	414569	5544	5544
Montalto Uffugo	42155	5202762	491658	1610633	1974144	4085061	54630	54628
Montegiordano	38248	286950	378947	1500798	4703982	172771	187616	187614
Morano Calabro	12044	1486418	140466	460154	564009	1167093	15608	15607
Mormanno	9044	1116160	105476	345533	423518	876377	11720	11719
Mottafollone	27045	202900	267949	1061198	3326137	122165	132662	132660
Nocera	1348	166421	15727	51519	63147	130669	1747	1747
Oriolo	7188	887181	83838	274647	336634	696590	9316	9315
Orsomarso	26724	200491	264768	1048598	3286644	120714	131086	131085
Paludi	4678	577386	54563	178743	219084	453347	6063	6062
Panettieri	6690	50190	66280	262500	822758	30219	32815	32815
Paola	41701	5146789	486369	1593305	1952906	4041112	54042	54040
Papasidero	18179	136382	180106	713299	2235708	82115	89170	89169
Parenti	5646	696815	65849	215715	264400	547119	7317	7316
Paterno Calabro	3354	413958	39119	128150	157073	325028	4347	4346
Pedace	5180	639345	60418	197924	242594	501996	6713	6713
Pedivigliano	17536	131564	173743	688099	2156723	79214	86020	86019
Piane Crati	3388	418149	39515	129447	158663	328318	4391	4390
Pietrafitta	3587	442693	41834	137046	167976	347590	4648	4648
Pietrapaola	3002	370557	35017	114714	140605	290951	3891	3891
Plataci	16412	123132	162608	643999	2018500	74137	80507	80506
Praia a Mare	112068	840776	1110328	4397393	13782844	506227	549723	549716
Rende	83478	10302858	973614	3189483	3909333	8089510	108182	108177
Rocca Imperiale	8129	1003317	94813	310600	380700	787776	10535	10535
Roggiano Gravina	18769	2316429	218901	717103	878950	1818794	24323	24322

[APPENDICE 1]

Comuni	SO2 [g/a]	NOx [g/a]	COV [g/a]	COT [g/a]	CO [g/a]	CO2 [kg/a]	PTS [g/a]	PM10 [g/a]
Rogliano	105111	788578	1041397	4124393	12927175	474799	515595	515588
Rose	78726	590631	779987	3089095	9682217	355616	386171	386166
Roseto Capo Spulico	4266	526502	49754	162991	199777	413394	5528	5528
Rossano	86907	10726095	1013610	3320505	4069926	8421824	112626	112621
Rota Greca	3136	387019	36573	119811	146851	303877	4064	4064
Rovito	6832	843182	79680	261026	319938	662042	8854	8853
San Basile	3116	384625	36347	119069	145943	301996	4039	4038
San Benedetto Ullano	3999	493577	46643	152798	187284	387543	5183	5182
San Cosmo Albanese	1702	210122	19856	65048	79729	164982	2206	2206
San Demetrio Corone	9565	1180514	111558	365455	447936	926906	12396	12395
San Donato di Ninea	31719	237965	314257	1244598	3900970	143278	155589	155587
San Fili	6228	768651	72637	237953	291658	603523	8071	8071
San Giorgio Albanese	4145	511536	48340	158358	194098	401644	5371	5371
San Giovanni in Fiore	45026	5557156	525148	1720343	2108616	4363320	58351	58349
San Lorenzo Bellizzi	16127	120990	159780	632799	1983396	72848	79107	79106
San Lorenzo del Vallo	8314	1026065	96963	317642	389332	805637	10774	10773
San Lucido	14323	1767778	167054	547256	670768	1388009	18562	18561
San Marco Argentano	18516	2285300	215960	707466	867138	1794353	23996	23995
San Martino di Finita	3138	387319	36601	119903	146965	304112	4067	4067
San Nicola Arcella	24851	186438	246209	975098	3056272	112253	121898	121897
San Pietro in Amantea	1482	182884	17282	56616	69394	143595	1920	1920
San Pietro in Guarano	66221	496810	656087	2598396	8144208	299127	324828	324824
San Sosti	41013	307695	406343	1609297	5044056	185262	201180	201177
San Vincenzo La Costa	4933	608815	57533	188472	231010	478024	6393	6392
Sanginetto	25154	188713	249214	986998	3093570	113623	123386	123384
Santa Caterina Albanese	24672	185099	244442	968098	3034332	111447	121023	121021
Santa Domenica Talao	23441	175864	232246	919799	2882944	105887	114985	114984
Santa Maria del Cedro	86183	646575	853868	3381695	10599318	389300	422749	422744
Santa Sofia d'Epiro	7593	937168	88562	290121	355600	735837	9840	9840
Sant'Agata di Esaro	39657	297524	392910	1556097	4877310	179138	194529	194527
Santo Stefano di Rogliano	3424	422638	39939	130837	160367	331844	4438	4438
Saracena	10450	1289765	121882	399276	489391	1012687	13543	13542
Scala Coeli	3378	416951	39402	129077	158209	327378	4378	4378
Scalea	178878	1342002	1772248	7018889	21999455	808013	877439	877428
Scigliano	28561	214276	282973	1120698	3512629	129014	140100	140098
Serra d'Aiello	2129	262802	24835	81356	99718	206345	2759	2759
Serra Pedace	2534	312788	29558	96831	118685	245592	3284	3284
Spezzano Albanese	17064	2106008	199017	651962	799107	1653578	22113	22112
Spezzano della Sila	11765	1451996	137213	449498	550948	1140066	15246	15246
Spezzano Piccolo	4933	608815	57533	188472	231010	478024	6393	6392
Tarsia	5779	713277	67404	220811	270647	560045	7490	7489
Terranova da Sibari	12650	1561248	147537	483320	592402	1225847	16393	16393
Terravecchia	2753	339727	32104	105170	128907	266744	3567	3567
Torano Castello	11920	1471153	139023	455429	558217	1155107	15447	15447
Tortora	103880	779344	1029201	4076093	12775788	469239	509557	509550
Trebisacce	21883	2700755	255220	836080	1024779	2120556	28358	28357
Trenta	6536	806665	76229	249721	306082	633370	8470	8470
Vaccarizzo Albanese	3216	396897	37507	122868	150599	311632	4167	4167
Verbicaro	62564	469373	619854	2454896	7694434	282607	306889	306885
Villapiana	11525	1422364	134413	440325	539704	1116799	14935	14934
Zumpano	4511	556733	52611	172349	211248	437131	5846	5846
	4366828	191824311	45674375	169938278	432549977	146528065	16467347	16467081

[APPENDICE 1]

Grammi/anno	[g/a]	[g/a]	[g/a]	[g/a]	[g/a]	[kg/a]	[g/a]	[g/a]
Tonnellate/anno	[T/a]	[T/a]	[T/a]	[T/a]	[T/a]	[T/a]	[T/a]	[T/a]
	4	192	46	170	433	146528	16	16

Comuni	PM2,5 [g/a]	Arsenico [mg/a]	Cadmio [mg/a]	Cromo [mg/a]	Rame [mg/a]	Mercurio [mg/a]	Nichel [mg/a]	Piombo [mg/a]	Selenio [mg/a]	Zinco [mg/a]
Acquaformosa	362607	1135	1587	3293	9749	568	5431	45340	567	147313,01
Acquappesa	579052	1812	1	5259	15569	907	8673	72403	905	235245,796
Acri	118492	8318	46194	59142	36039	11089	89545	21277	1016	1201040,15
Aiello Calabro	13240	929	5162	6608	4027	1239	10005	2377	114	134198,721
Aieta	249765	782	1093	2269	6715	391	3741	31230	390	101469,657
Albidona	499530	1563	2186	4537	13431	783	7482	62460	780	202939,313
Alessandria del Carretto	208604	653	913	1895	5609	327	3125	26083	326	84747,6392
Attilia	217004	679	0	1971	5835	340	3250	27134	339	88160,2959
Altomonte	1258345	3937	2	11429	33833	1971	18848	157341	1966	511215,961
Amantea	71817	5041	27998	35845	21843	6721	54273	12896	616	727943,022
Amendolara	17034	1196	6641	8502	5181	1594	12873	3059	146	172658,78
Aprigliano	15242	1070	5942	7608	4636	1426	11519	2737	131	154498,609
Belmonte Calabro	846177	2648	3703	7686	22751	1326	12674	105804	1322	343768,276
Belsito	5034	353	1962	2513	1531	471	3804	904	43	51024,0436
Belvedere Marittimo	2486730	7781	10882	22586	66860	3896	37247	310935	3885	1010260,11
Bianchi	432049	1352	1891	3924	11616	677	6471	54022	675	175524,305
Bisignano	59129	4151	23052	29513	17984	5534	44685	10618	507	599340,486
Bocchigliero	10268	721	4003	5125	3123	961	7760	1844	88	104078,076
Bonifati	952579	2981	1	8652	25612	1492	14268	119108	1488	386995,26
Buonvicino	711214	2225	1	6460	19122	1114	10653	88929	1111	288938,26
Calopezzati	337687	1057	0	3067	9079	529	5058	42224	528	137188,796
Caloveto	400968	1255	1755	3642	10781	628	6006	50136	626	162897,476
Campana	14306	1004	5577	7140	4351	1339	10811	2569	123	145007,04
Canna	4704	330	1834	2348	1431	440	3555	845	40	47677,3052
Cariati	44867	3150	17491	22394	13646	4199	33906	8057	385	454772,362
Carolei	19178	1346	7476	9572	5833	1795	14493	3444	164	194385,147
Carpanzano	105842	331	463	961	2846	166	1585	13234	165	42999,4733
Casole Bruzio	13424	942	5233	6700	4083	1256	10144	2410	115	136064,116
Cassano allo Jonio	95076	6674	37065	47454	28917	8898	71850	17073	815	963696,049
Castiglione Cosentino	859617	2690	3762	7808	23112	1347	12876	107485	1343	349228,527
Castrolibero	54355	3816	21191	27130	16532	5087	41077	9761	466	550949,941
Castroregio	134403	421	588	1221	3614	211	2013	16805	210	54602,5058
Castrovillari	121187	8507	47245	60487	36859	11342	91582	21761	1039	1228362,7
Celico	17240	1210	6721	8605	5243	1613	13028	3096	148	174743,633
Cellara	2847	200	1110	1421	866	266	2152	511	24	28858,7601
Cerchiara di Calabria	15924	1118	6208	7948	4843	1490	12034	2860	137	161411,544
Cerisano	17527	1230	6833	8748	5331	1640	13245	3147	150	177651,455
Cervicati	5510	387	2148	2750	1676	516	4164	989	47	55852,1251
Cerzeto	7941	557	3096	3963	2415	743	6001	1426	68	80486,3139
Cetraro	2893298	9053	4	26279	77791	4533	43337	361772	4521	1175432,69
Civita	6089	427	2374	3039	1852	570	4602	1093	52	61722,6333
Cleto	7518	528	2931	3753	2287	704	5682	1350	64	76206,878
Colosimi	396488	1241	1735	3601	10660	621	5939	49576	619	161077,392

[APPENDICE 1]

Comuni	PM2,5 [g/a]	Arsenico [mg/a]	Cadmio [mg/a]	Cromo [mg/a]	Rame [mg/a]	Mercurio [mg/a]	Nichel [mg/a]	Piombo [mg/a]	Selenio [mg/a]	Zinco [mg/a]
Corigliano Calabro	206991	14530	80696	103314	62956	19372	156425	37169	1775	2098075,75
Cosenza	395124	27737	154040	197215	120177	36978	298598	70952	3389	4005003,37
Cropalati	353647	1107	0	3212	9508	554	5297	44219	553	143672,843
Crosia	2427929	7597	3	22052	65279	3803	36366	303583	3794	986371,517
Diamante	1425509	4461	2	12948	38327	2233	21352	178243	2227	579127,827
Dipignano	22690	1593	8846	11325	6901	2124	17147	4074	195	229992,248
Domanico	259285	811	1135	2355	6971	406	3884	32420	405	105337,334
Fagnano Castello	1175464	3678	5144	10676	31604	1841	17607	146977	1837	477544,415
Falconara Albanese	2988	538	2988	3825	2331	717	5737	1374	66	77687,3005
Figline Vegliaturo	5554	390	2165	2772	1689	520	4197	997	48	56291,0416
Firmo	688814	2155	10196	6256	18520	1079	10317	86128	1076	279837,842
Fiumefreddo Bruzio	18203	1278	7097	9086	5537	1704	13756	3269	156	184509,525
Francavilla Marittima	16715	1173	6516	8343	5084	1564	12631	3001	143	169421,77
Frascineto	13548	951	5282	6762	4121	1268	10239	2433	116	137326,001
Fuscaldo	2330487	7292	3	21167	62659	3651	34907	291399	3641	946784,7
Grimaldi	523611	1638	2291	4756	14078	820	7843	65471	818	212722,262
Grisolia	670613	2098	1	6091	18031	1051	10045	83852	1048	272443,753
Guardia Piemontese	427009	1336	1869	3878	11481	669	6396	53392	667	173476,711
Lago	16758	1176	6533	8364	5097	1568	12664	3009	144	169860,687
Laino Borgo	12314	864	4801	6146	3745	1152	9306	2211	106	124816,881
Laino Castello	252285	789	1104	2291	6783	395	3779	31545	394	102493,454
Lappano	5413	380	2110	2702	1646	507	4091	972	46	54864,563
Lattarico	22647	1590	8829	11304	6888	2119	17115	4067	194	229553,331
Longobardi	655213	2050	1634	5951	17616	1026	9814	81926	1024	266187,216
Longobucco	1218304	3812	5331	11066	32756	1909	18248	152334	1904	494948,964
Lungro	880618	2756	3854	7998	23677	1380	13190	110111	1376	357760,168
Luzzi	56591	3973	22062	28246	17212	5296	42766	10162	485	573609,006
Maierà	373247	1168	0	3390	10035	585	5591	46670	583	151635,709
Malito	4850	340	1891	2421	1475	454	3665	871	42	49158,6484
Malvito	581852	1821	1	5285	15644	912	8715	72754	909	236383,348
Mandatoriccio	16482	1157	6426	8227	5013	1542	12456	2960	141	167062,594
Mangone	9364	657	3651	4674	2848	876	7077	1682	80	94915,6939
Marano Marchesato	13862	973	5404	6919	4216	1297	10476	2489	119	140508,146
Marano Principato	12650	888	4932	6314	3847	1184	9560	2271	108	128218,484
Marzi	5510	387	2148	2750	1676	516	4164	989	47	55852,1251
Mendicino	43757	3072	17059	21840	13309	4095	33068	7857	375	443525,127
Mongrassano	9548	670	3722	4766	2904	894	7216	1715	82	96781,0891
Montalto Uffugo	94085	6605	36679	46960	28616	8805	71101	16895	807	953655,834
Montegiordano	600332	1878	2627	5453	16141	940	8992	75064	938	243891,193
Morano Calabro	26880	1887	10479	13416	8176	2516	20313	4827	231	272457,42
Mormanno	20184	1417	7869	10074	6139	1889	15253	3624	173	204589,955
Mottafoflone	424489	1328	1	3856	11413	665	6358	53077	663	172452,914
Nocera	3010	211	1173	1502	915	282	2274	540	26	30504,697
Oriolo	16044	1126	6255	8008	4880	1501	12124	2881	138	162618,565
Orsomarso	419448	1312	1836	3810	11278	657	6283	52447	655	170405,32
Paludi	10441	733	4071	5211	3176	977	7891	1875	90	105833,742
Panettieri	105002	329	460	954	2823	164	1573	13129	164	42658,2077
Paola	93073	6533	36285	46455	28308	8710	70336	16713	798	943396,16
Papasidero	285326	893	0	2592	7671	447	4274	35677	446	115916,57
Parenti	12601	885	4913	6289	3833	1179	9523	2263	108	127724,703
Paterno Calabro	7486	525	2918	3736	2277	701	5657	1344	64	75877,6906
Pedace	11562	812	4507	5771	3517	1082	8737	2076	99	117190,707

[APPENDICE 1]

Comuni	PM2,5 [g/a]	Arsenico [mg/a]	Cadmio [mg/a]	Cromo [mg/a]	Rame [mg/a]	Mercurio [mg/a]	Nichel [mg/a]	Piombo [mg/a]	Selenio [mg/a]	Zinco [mg/a]
Pedivigliano	275246	861	1205	2500	7400	431	4123	34416	430	111821,382
Piane Crati	7562	531	2948	3774	2300	708	5714	1358	65	76645,7945
Pietrafitta	8006	562	3121	3996	2435	749	6050	1438	69	81144,6886
Pietrapaola	6701	470	2612	3345	2038	627	5064	1203	57	67922,329
Plataci	257605	806	1127	2340	6926	404	3859	32210	402	104654,803
Praia a Mare	1758995	5504	2	15977	47293	2756	26347	219941	2748	714610,295
Rende	186314	13079	72635	92993	56668	17437	140799	33456	1598	1888493,12
Rocca Imperiale	18144	1274	7073	9056	5518	1698	13711	3258	156	183906,015
Roggiano Gravina	41890	2941	16331	20908	12741	3920	31656	7522	359	424596,853
Rogliano	1649793	5162	7220	14985	44357	2584	24711	206287	2578	670245,759
Rose	1235665	3867	5407	11223	33223	1936	18508	154505	1931	502001,788
Roseto Capo Spulico	9521	668	3712	4752	2896	891	7195	1710	82	96506,7663
Rossano	193968	13616	75619	96813	58995	18153	146583	34831	1664	1966071,61
Rota Greca	6999	491	2728	3493	2129	655	5289	1257	60	70939,8799
Rovito	15248	1070	5944	7611	4638	1427	11523	2738	131	154553,474
San Basile	6955	488	2712	3472	2116	651	5256	1249	60	70500,9634
San Benedetto Ullano	8926	627	3480	4455	2715	835	6745	1603	77	90471,6643
San Cosmo Albanese	3800	267	1481	1897	1156	356	2872	682	33	38514,9232
San Demetrio Corone	21348	1499	8323	10655	6493	1998	16133	3833	183	216385,836
San Donato di Ninea	497850	1558	2179	4522	13386	780	7457	62250	778	202256,782
San Fili	13900	976	5419	6938	4228	1301	10504	2496	119	140892,198
San Giorgio Albanese	9250	649	3606	4617	2814	866	6991	1661	79	93763,5381
San Giovanni in Fiore	100494	7054	39178	50159	30565	9405	75944	18046	862	1018615,48
San Lorenzo Bellizzi	253125	792	1108	2299	6806	397	3791	31650	395	102834,719
San Lorenzo del Vallo	18555	1303	7234	9261	5644	1737	14022	3332	159	188075,722
San Lucido	31968	2244	12463	15956	9723	2992	24158	5740	274	324030,109
San Marco Argentano	41327	2901	16111	20627	12570	3868	31231	7421	354	418890,938
San Martino di Finita	7004	492	2731	3496	2130	655	5293	1258	60	70994,7445
San Nicola Arcella	390048	1220	1695	3543	10487	611	5842	48771	609	158461,022
San Pietro in Amantea	3307	232	1289	1651	1006	310	2499	594	28	33522,248
San Pietro in Guarano	1039381	3252	4548	9440	27945	1628	15568	129962	1624	422259,378
San Sosti	643733	2014	5919	5847	17308	1008	9642	80491	1006	261523,252
San Vincenzo La Costa	11010	773	4292	5495	3349	1030	8320	1977	94	111594,521
Sanginetto	394808	1235	0	3586	10615	618	5914	49366	617	160394,861
Santa Caterina Albanese	387248	1212	0	3517	10412	607	5800	48421	605	157323,47
Santa Domenica Talao	367927	1151	0	3342	9892	576	5511	46005	575	149474,36
Santa Maria del Cedro	1352707	4233	2	12286	36370	2119	20261	169140	2114	549551,47
Santa Sofia d'Epiro	16947	1190	6607	8459	5155	1586	12807	3043	145	171780,947
Sant'Agata di Esaro	622452	1948	2724	5654	16736	975	9323	77830	973	252877,855
Santo Stefano di Rogliano	7643	537	2980	3815	2325	715	5776	1372	66	77468,7629
Saracena	23324	1637	9093	11641	7094	2183	17626	4188	200	236411,402
Scala Coeli	7540	529	2939	3763	2293	706	5698	1354	65	76426,3362
Scalea	2807616	8785	3	25501	75487	4398	42054	351058	4387	1140623,6
Scigliano	448289	1403	1962	4072	12053	702	6715	56053	700	182122,108
Serra d'Aiello	4752	334	1853	2372	1445	445	3591	853	41	48171,0863
Serra Pedace	5656	397	2205	2823	1720	529	4275	1016	49	57333,4683
Spezzano Albanese	38084	2673	14847	19009	11583	3564	28781	6839	327	386027,065
Spezzano della Sila	26258	1843	10237	13106	7986	2457	19843	4715	225	266147,995
Spezzano Piccolo	11010	773	4292	5495	3349	1030	8320	1977	94	111594,521
Tarsia	12899	905	5029	6438	3923	1207	9748	2316	111	130742,254
Terranova da Sibari	28233	1982	11007	14092	8587	2642	21336	5070	242	286173,56
Terravecchia	6144	431	2395	3066	1869	575	4643	1103	53	62271,279

[APPENDICE 1]

Comuni	PM2,5 [g/a]	Arsenico [mg/a]	Cadmio [mg/a]	Cromo [mg/a]	Rame [mg/a]	Mercurio [mg/a]	Nichel [mg/a]	Piombo [mg/a]	Selenio [mg/a]	Zinco [mg/a]
Torano Castello	26604	1868	10372	13279	8092	2490	20105	4777	228	269659,327
Tortora	1630473	5102	4298	14809	43838	2554	24422	203871	2548	662396,649
Trebisacce	48840	3428	19040	24377	14855	4571	36909	8770	419	495042,952
Trenta	14588	1024	5687	7281	4437	1365	11024	2619	125	147859,997
Vaccarizzo Albanese	7177	504	2798	3582	2183	672	5424	1289	62	72750,4105
Verbicaro	981980	3073	1	8919	26402	1538	14708	122785	1534	398939,558
Villapiana	25722	1806	10028	12838	7823	2407	19438	4619	221	260716,403
Zumpano	10068	707	3925	5025	3062	942	7608	1808	86	102048,087
	50063941	362115	1301665	1955862	2195501	360314	3018922	6427513	99716	50145602,1
Grammi/anno	[g/a]	[mg/a]	[mg/a]	[mg/a]	[mg/a]	[mg/a]	[mg/a]	[mg/a]	[mg/a]	[mg/a]
Tonnellate/anno	[T/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]	[kg/a]
	50	0,36	1,30	1,96	2,20	0,36	3,02	6,43	0,10	50,1456

Comuni	IPA [ng/a]	Diossine e furani [ng/a]
Acquaformosa	840041,372	9371,490869
Acquappesa	1341471,47	14965,4387
Acri	409851,887	266743,595
Aiello Calabro	45794,9712	29804,70665
Aieta	578623,092	6455,111857
Albidona	1157246,18	12910,22371
Alessandria del Carretto	483267,044	5391,321002
Altilia	502727,462	5608,421176
Altomonte	2915170,6	32521,60615
Amantea	248408,699	161671,6467
Amendolara	58919,3681	38346,44801
Aprigliano	52722,2563	34313,1864
Belmonte Calabro	1960312,76	21869,22425
Belsito	17411,8247	11332,12477
Belvedere Marittimo	5760932,37	64268,88834
Bianchi	1000914,16	11166,18565
Bisignano	204523,412	133109,8183
Bocchigliero	35516,3779	23115,09751
Bonifati	2206811,39	24619,1598
Buonvicino	1647648,71	18381,14811
Calopezzati	782308,799	8727,427018
Caloveto	928910,614	10362,915
Campana	49483,2825	32205,16749
Canna	16269,7588	10588,83486
Cariati	155189,909	101002,1314
Carolei	66333,4354	43171,73985
Carpanzano	245201,265	2735,4622
Casole Bruzio	46431,5326	30218,99938
Cassano allo Ionio	328858,818	214030,9372
Castiglione Cosentino	1991449,43	22216,58453
Castrolibero	188010,262	122362,5773
Castroregio	311366,686	3473,602793
Castrovillari	419175,638	272811,765
Celico	59630,819	38809,48106
Cellara	9847,97828	6409,352289

[APPENDICE 1]

Comuni	IPA [ng/a]	Diossine e furani [ng/a]
Cerchiara di Calabria	55081,2777	35848,50653
Cerisano	60623,1058	39455,29032
Cervicati	19059,3952	12404,41184
Cerzeto	27465,7493	17875,51294
Cetraro	6702816,6	74776,53679
Civita	21062,6912	13708,21545
Cleto	26005,4027	16925,07667
Colosimi	918531,724	10247,12824
Corigliano Calabro	715962,999	465969,6595
Cosenza	1366697,18	889486,4988
Cropalati	819283,593	9139,917349
Crosia	5624709,45	62749,18712
Diamante	3302432,92	36841,89962
Dipignano	78484,2679	51079,85702
Domanico	600678,232	6701,158722
Fagnano Castello	2723161,14	30379,55109
Falconara Albanese	0	11951,89238
Figline Vegliaturo	19209,1744	12501,89249
Firmo	1595754,27	17802,21431
Fiumefreddo Bruzio	62963,4048	40978,42537
Francavilla Marittima	57814,747	37627,52827
Frascineto	46862,1476	30499,25623
Fuscaldo	5398968,6	60230,8251
Grimaldi	1213032,71	13532,57755
Grisolia	1553590,03	17331,8306
Guardia Piemontese	989237,909	11035,92554
Lago	57964,5261	37725,00891
Laino Borgo	42593,4422	27721,0579
Laino Castello	584461,217	6520,241909
Lappano	18722,3922	12185,0804
Lattarico	78334,4888	50982,37638
Longobardi	1517912,6	16933,81362
Longobucco	2822409,27	31486,76198
Lungro	2040100,48	22759,33497
Luzzi	195742,61	127395,0155
Maierà	864691,235	9646,484423
Malito	16775,2634	10917,83204
Malvito	1347958,28	15037,80542
Mandatoriccio	57009,6841	37103,56981
Mangone	32389,7384	21080,18909
Marano Marchesato	47948,0463	31205,9909
Marano Principato	43754,2305	28476,53289
Marzi	19059,3952	12404,41184
Mendicino	151351,818	98504,18993
Mongrassano	33026,2998	21494,48182
Montalto Uffugo	325432,621	211801,0675
Montegiordano	1390771,2	15515,42581
Morano Calabro	92975,3995	60511,10925
Mormanno	69815,8004	45438,1648
Mottafollone	983399,784	10970,79549
Nocera	10409,65	6774,904701
Oriolo	55493,1704	36116,5783

[APPENDICE 1]

Comuni	IPA [ng/a]	Diossine e furani [ng/a]
Orsomarso	971723,533	10840,53538
Paludi	36115,4945	23505,02009
Panettieri	243255,224	2713,752182
Paola	321931,533	209522,4574
Papasidero	661005,528	7374,169263
Parenti	43585,7289	28366,86716
Paterno Calabro	25893,0684	16851,96619
Pedace	39991,0297	26027,33173
Pedivigliano	637653,026	7113,649053
Piane Crati	26155,1818	17022,55731
Pietrafitta	27690,418	18021,73391
Pietrapaola	23178,3215	15085,12953
Plataci	596786,148	6657,738687
Praia a Mare	4075011,51	45460,77655
Rende	644443,461	419422,6523
Rocca Imperiale	62757,4585	40844,38949
Roggiano Gravina	144892,593	94300,33719
Rogliano	3822026,07	42638,47428
Rose	2862627,47	31935,43568
Roseto Capo Spulico	32932,6878	21433,55642
Rossano	670916,923	436652,356
Rota Greca	24208,0531	15755,30895
Rovito	52740,9787	34325,37148
San Basile	24058,2739	15657,82831
San Benedetto Ullano	30873,2247	20093,19757
San Cosmo Albanese	13143,1193	8553,926439
San Demetrio Corone	73841,1147	48057,95709
San Donato di Ninea	1153354,1	12866,80368
San Fili	48079,1031	31291,28646
San Giorgio Albanese	31996,5682	20824,3024
San Giovanni in Fiore	347599,933	226228,2026
San Lorenzo Bellizzi	586407,259	6541,951927
San Lorenzo del Vallo	64180,3603	41770,4556
San Lucido	110574,448	71965,08482
San Marco Argentano	142945,464	93033,08883
San Martino di Finita	24226,7755	15767,49403
San Nicola Arcella	903612,07	10080,68477
San Pietro in Amantea	11439,3816	7445,084122
San Pietro in Guarano	2407902,37	26862,52827
San Sosti	1491316,69	16637,11004
San Vincenzo La Costa	38081,3457	24784,45353
Sanginetto	914639,641	10203,7082
Santa Caterina Albanese	897125,265	10008,31805
Santa Domenica Talao	852366,303	9508,987646
Santa Maria del Cedro	3133775,96	34960,36478
Santa Sofia d'Epiro	58619,8099	38151,48672
Sant'Agata di Esaro	1442016,97	16087,12294
Santo Stefano di Rogliano	26436,0177	17205,33352
Saracena	80674,7878	52505,51143
Scala Coeli	26080,2923	16973,81699
Scalea	6504320,34	72562,11501
Scigliano	1038537,63	11585,91265

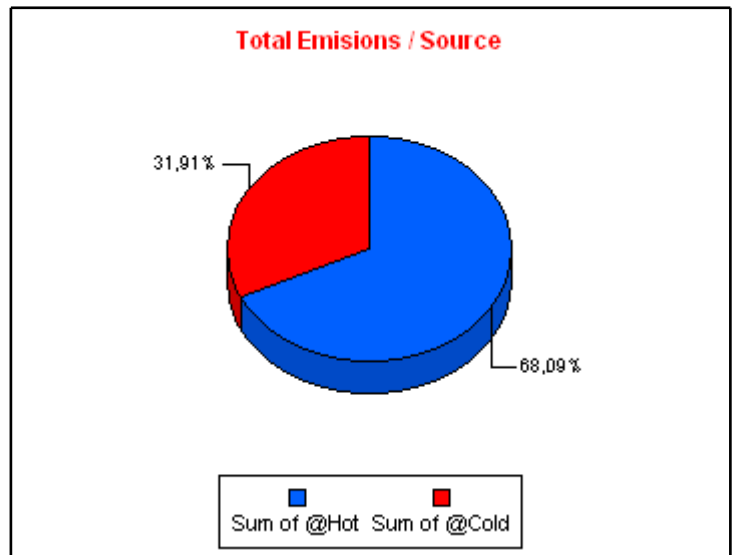
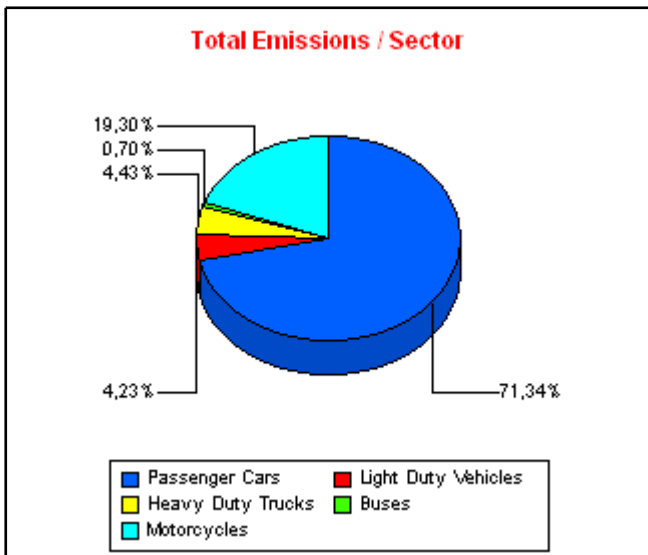
[APPENDICE 1]

Comuni	IPA [ng/a]	Diossine e furani [ng/a]
Serra d'Aiello	16438,2603	10698,50059
Serra Pedace	19564,8998	12733,40901
Spezzano Albanese	131730,751	85734,22567
Spezzano della Sila	90822,3244	59109,825
Spezzano Piccolo	38081,3457	24784,45353
Tarsia	44615,4605	29037,04659
Terranova da Sibari	97655,9975	63557,37935
Terravecchia	21249,9151	13830,06625
Torano Castello	92020,5575	59889,67015
Tortora	3777267,11	42139,14388
Trebisacce	168932,144	109945,9804
Trenta	50456,8469	32838,79167
Vaccarizzo Albanese	24825,892	16157,41661
Verbicaro	2274922,85	25379,01041
Villapiana	88968,8075	57903,50205
Zumpano	34823,6494	22664,24954
	119464898	8105369,177
	[ng/y]	[ng/y]
	[mg/y]	[mg/y]
	119,46	8,11

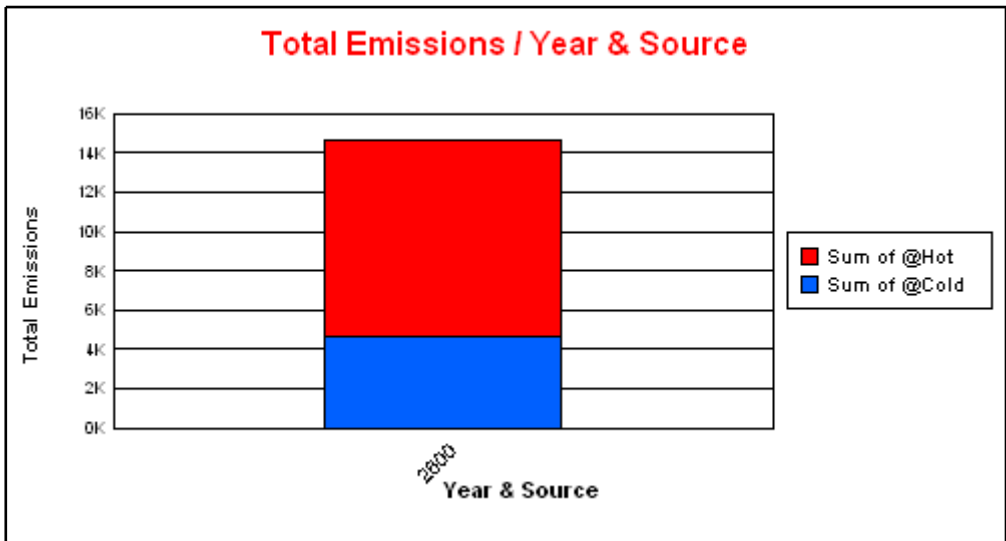
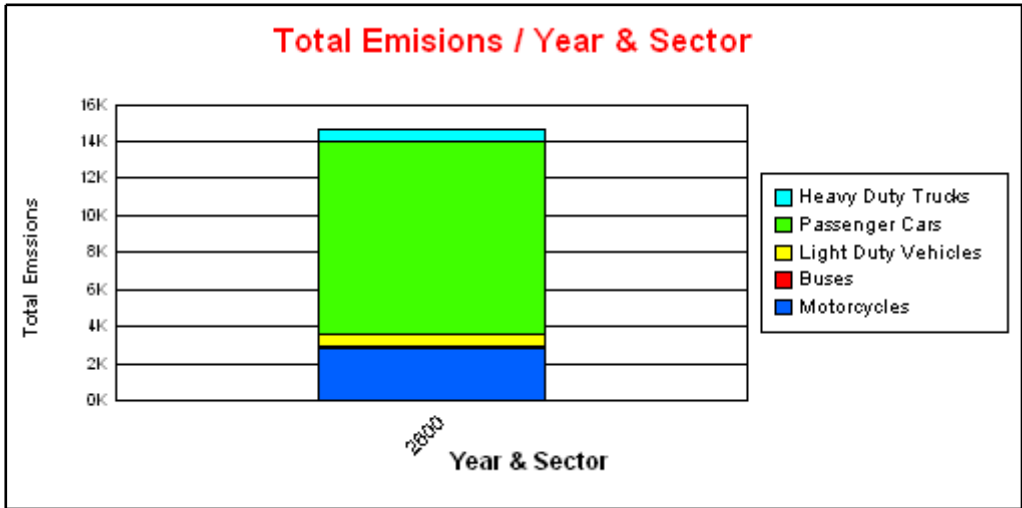
Emission Results - Source oriented

CO

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
CO	2600		9.965,88	4.669,79	14.635,67
		Passenger Cars	5.945,36	4.495,59	10.440,96
		Gasoline <1,4 l	4.150,39	3.616,58	7.766,97
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	605,24	582,20	1.187,44
		Gasoline >2,0 l	44,88	36,12	81,00
		Diesel <2,0 l	165,38	47,02	212,40
		Diesel >2,0 l	58,54	18,59	77,12
		LPG	920,94	195,09	1.116,03
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	445,55	174,20	619,75
		Gasoline <3,5t	124,90	128,44	253,34
		Diesel <3,5 t	320,65	45,76	366,41
		Heavy Duty Trucks	648,71	0,00	648,71
		Gasoline >3,5 t	93,49	0,00	93,49
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	166,09	0,00	166,09
		Rigid >32 t	1,94	0,00	1,94
		Rigid 12 - 14 t	30,15	0,00	30,15
		Rigid 14 - 20 t	90,19	0,00	90,19
		Rigid 20 - 26 t	139,88	0,00	139,88
		Rigid 26 - 28 t	1,17	0,00	1,17
		Rigid 28 - 32 t	26,92	0,00	26,92
		Rigid 7,5 - 12 t	98,89	0,00	98,89
		Buses	102,23	0,00	102,23
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	90,98	0,00	90,98
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	6,69	0,00	6,69
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	4,57	0,00	4,57
		Motorcycles	2.824,02	0,00	2.824,02
		2-stroke >50 cm ³	829,69	0,00	829,69
		4-stroke <250 cm ³	898,59	0,00	898,59
		4-stroke 250 - 750 cm ³	900,15	0,00	900,15
		4-stroke >750 cm ³	195,59	0,00	195,59



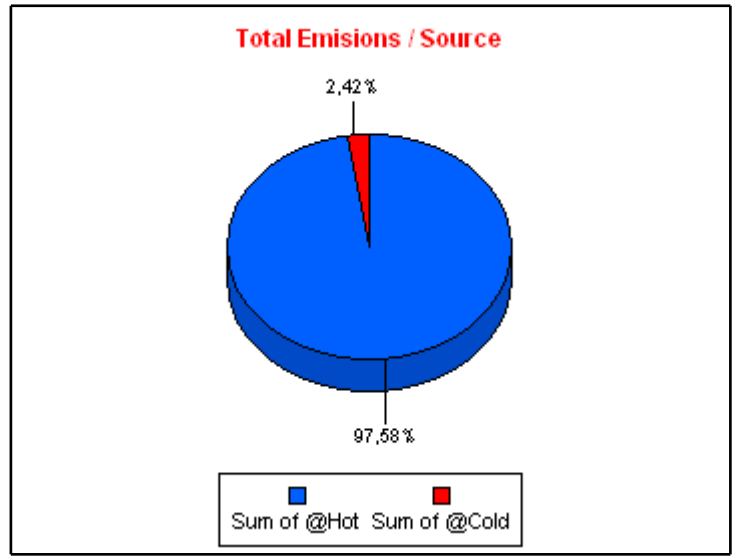
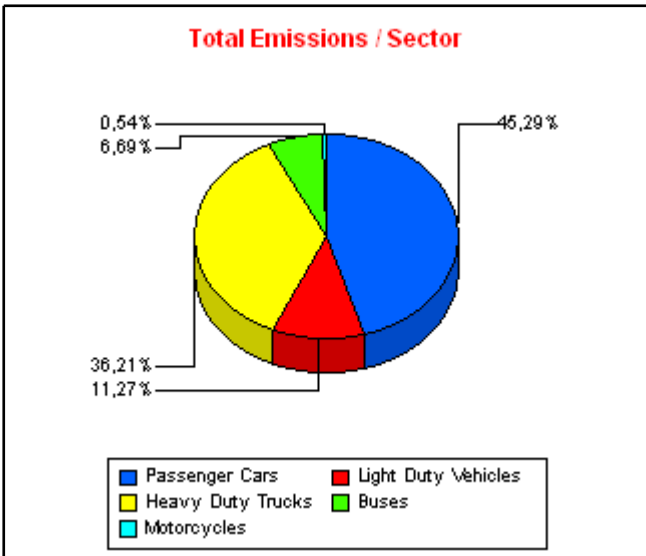
CO



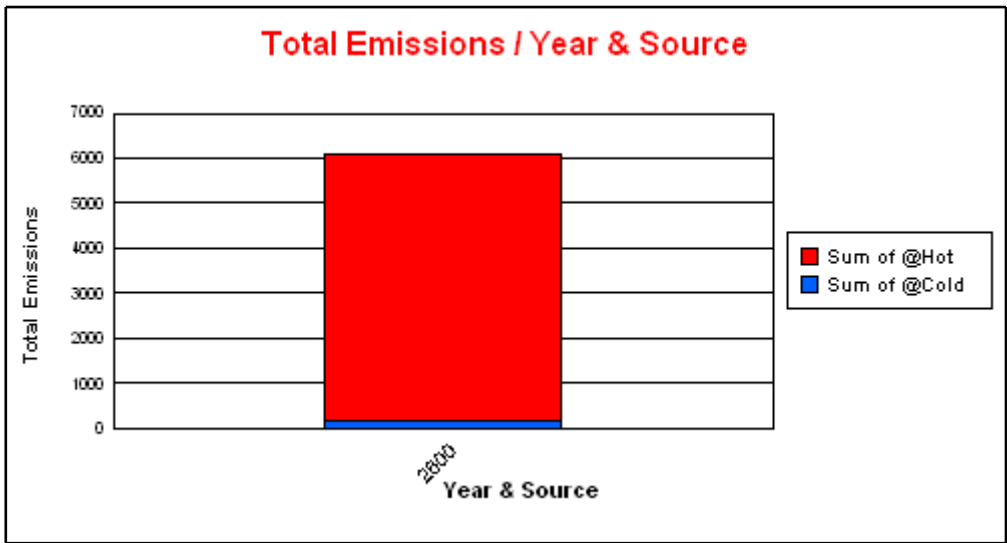
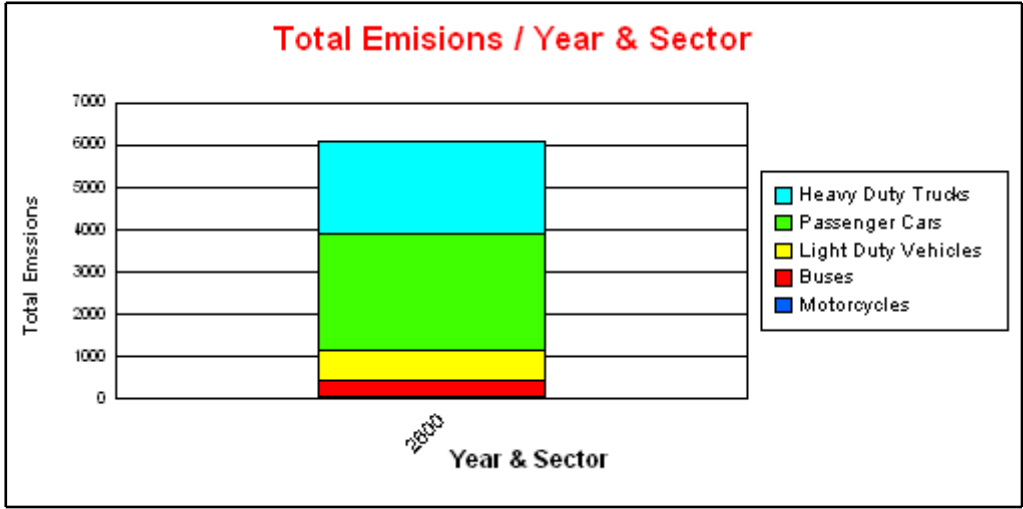
Emission Results - Source oriented

NOX

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
NOX	2600		5.950,82	147,29	6.098,11
		Passenger Cars	2.642,14	119,79	2.761,93
		Gasoline <1,4 l	894,38	67,80	962,18
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	192,59	14,08	206,67
		Gasoline >2,0 l	16,51	0,72	17,23
		Diesel <2,0 l	1.114,81	34,25	1.149,06
		Diesel >2,0 l	183,77	8,72	192,49
		LPG	240,08	-5,78	234,30
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	659,60	27,50	687,10
		Gasoline <3,5t	27,83	1,29	29,12
		Diesel <3,5 t	631,77	26,21	657,98
		Heavy Duty Trucks	2.207,88	0,00	2.207,88
		Gasoline >3,5 t	11,89	0,00	11,89
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	439,39	0,00	439,39
		Rigid >32 t	10,57	0,00	10,57
		Rigid 12 - 14 t	123,52	0,00	123,52
		Rigid 14 - 20 t	349,02	0,00	349,02
		Rigid 20 - 26 t	721,58	0,00	721,58
		Rigid 26 - 28 t	6,17	0,00	6,17
		Rigid 28 - 32 t	126,64	0,00	126,64
		Rigid 7,5 - 12 t	419,10	0,00	419,10
		Buses	408,21	0,00	408,21
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	380,97	0,00	380,97
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	14,44	0,00	14,44
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	12,80	0,00	12,80
		Motorcycles	32,99	0,00	32,99
		2-stroke >50 cm ³	2,29	0,00	2,29
		4-stroke <250 cm ³	11,66	0,00	11,66
		4-stroke 250 - 750 cm ³	14,22	0,00	14,22
		4-stroke >750 cm ³	4,82	0,00	4,82



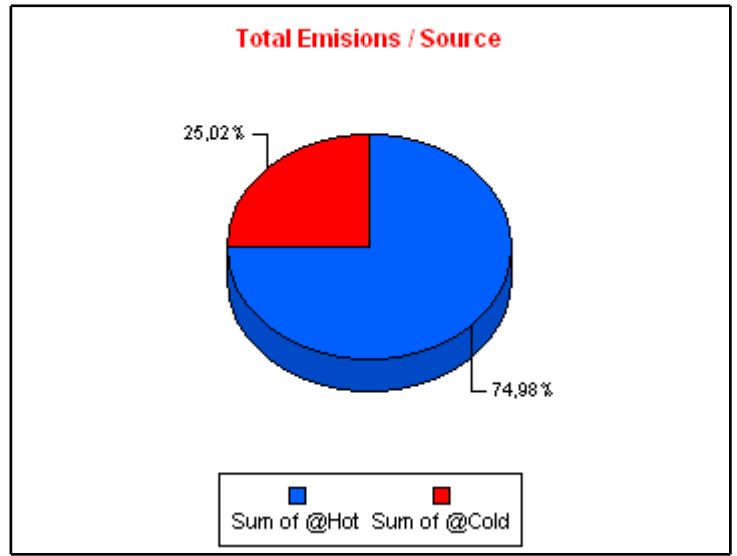
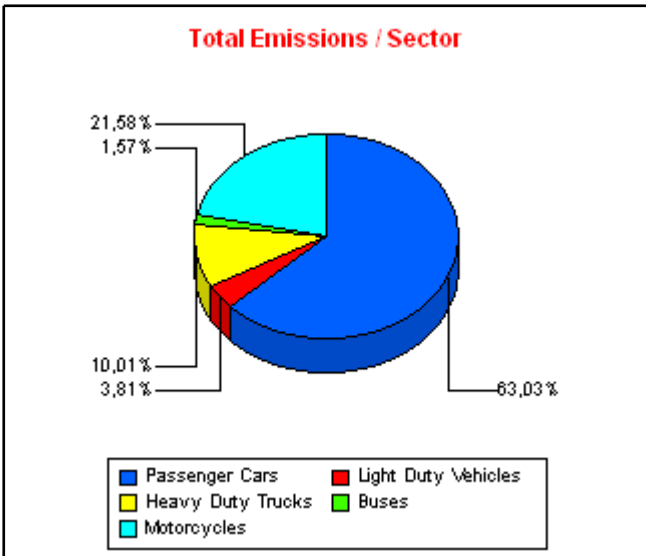
NOX



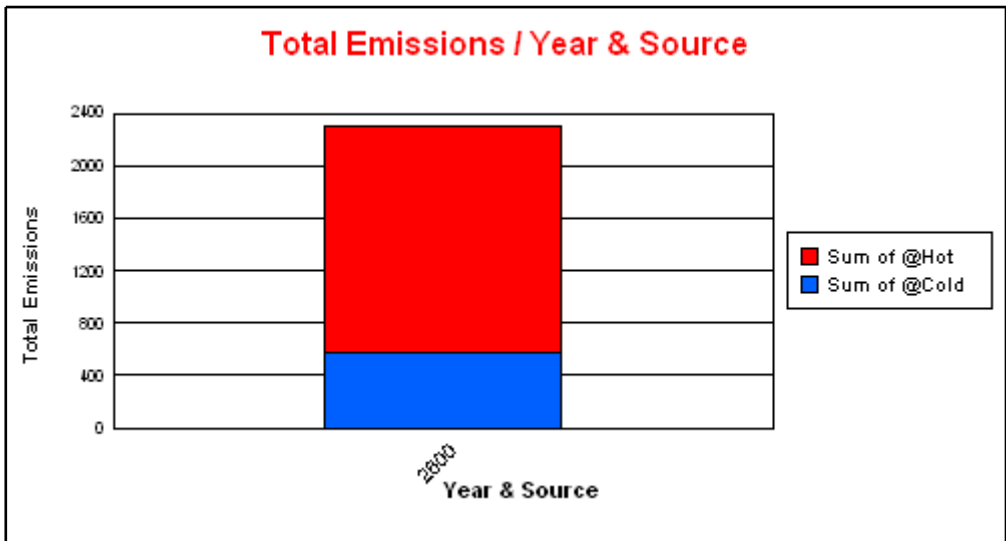
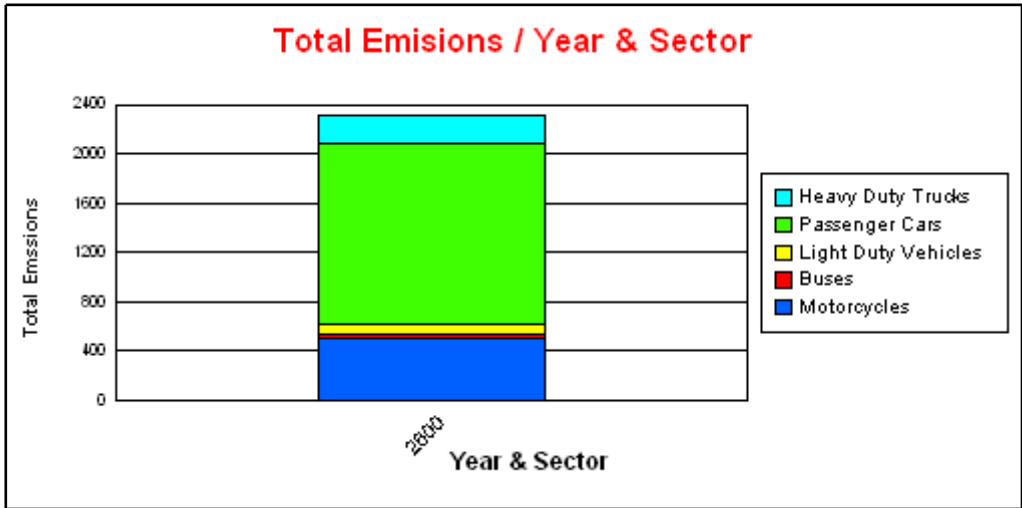
Emission Results - Source oriented

VOC

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
VOC	2600		1.731,26	577,68	2.308,94
		Passenger Cars	900,93	554,36	1.455,30
		Gasoline <1,4 l	667,18	396,89	1.064,07
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	86,31	80,03	166,34
		Gasoline >2,0 l	5,74	4,62	10,37
		Diesel <2,0 l	32,77	12,54	45,31
		Diesel >2,0 l	17,94	8,54	26,47
		LPG	90,99	51,74	142,74
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	64,60	23,32	87,92
		Gasoline <3,5t	11,55	9,52	21,07
		Diesel <3,5 t	53,05	13,80	66,85
		Heavy Duty Trucks	231,10	0,00	231,10
		Gasoline >3,5 t	8,45	0,00	8,45
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	86,38	0,00	86,38
		Rigid >32 t	0,57	0,00	0,57
		Rigid 12 - 14 t	11,87	0,00	11,87
		Rigid 14 - 20 t	37,53	0,00	37,53
		Rigid 20 - 26 t	42,09	0,00	42,09
		Rigid 26 - 28 t	0,37	0,00	0,37
		Rigid 28 - 32 t	5,99	0,00	5,99
		Rigid 7,5 - 12 t	37,83	0,00	37,83
		Buses	36,28	0,00	36,28
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	30,65	0,00	30,65
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	3,87	0,00	3,87
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	1,77	0,00	1,77
		Motorcycles	498,35	0,00	498,35
		2-stroke >50 cm ³	336,39	0,00	336,39
		4-stroke <250 cm ³	66,62	0,00	66,62
		4-stroke 250 - 750 cm ³	68,20	0,00	68,20
		4-stroke >750 cm ³	27,14	0,00	27,14



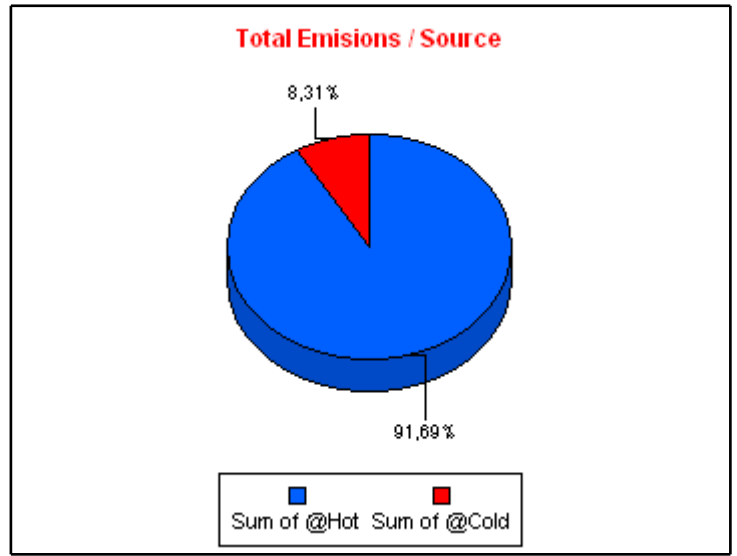
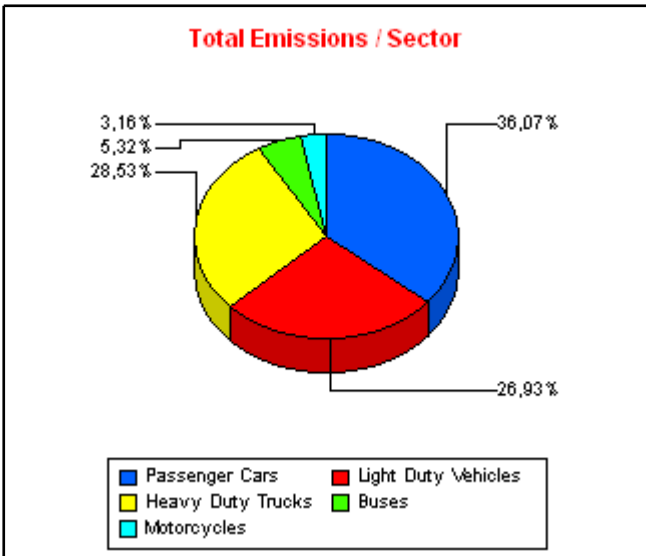
VOC



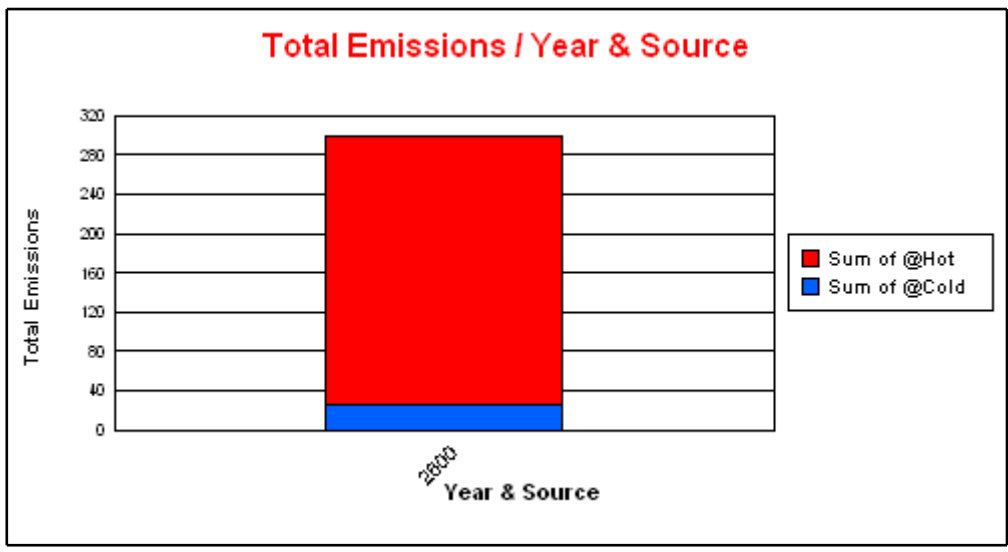
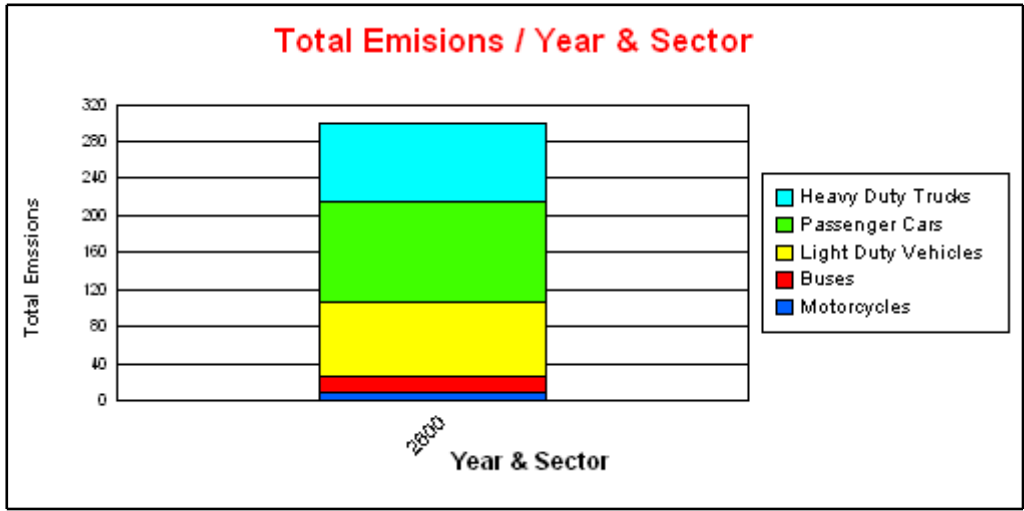
Emission Results - Source oriented

PM

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
PM	2600		274,73	24,90	299,63
		Passenger Cars	94,05	14,02	108,06
		Gasoline <1,4 l	3,21	0,00	3,21
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,55	0,00	0,55
		Gasoline >2,0 l	0,04	0,00	0,04
		Diesel <2,0 l	62,82	9,18	72,01
		Diesel >2,0 l	27,43	4,83	32,26
		LPG	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	69,79	10,89	80,68
		Gasoline <3,5t	0,05	0,00	0,05
		Diesel <3,5 t	69,74	10,89	80,63
		Heavy Duty Trucks	85,48	0,00	85,48
		Gasoline >3,5 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	25,94	0,00	25,94
		Rigid >32 t	0,39	0,00	0,39
		Rigid 12 - 14 t	4,37	0,00	4,37
		Rigid 14 - 20 t	12,64	0,00	12,64
		Rigid 20 - 26 t	24,91	0,00	24,91
		Rigid 26 - 28 t	0,23	0,00	0,23
		Rigid 28 - 32 t	2,70	0,00	2,70
		Rigid 7,5 - 12 t	14,30	0,00	14,30
		Buses	15,93	0,00	15,93
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	14,22	0,00	14,22
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	1,04	0,00	1,04
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,66	0,00	0,66
		Motorcycles	9,48	0,00	9,48
		2-stroke >50 cm ³	7,20	0,00	7,20
		4-stroke <250 cm ³	0,94	0,00	0,94
		4-stroke 250 - 750 cm ³	1,02	0,00	1,02
		4-stroke >750 cm ³	0,31	0,00	0,31



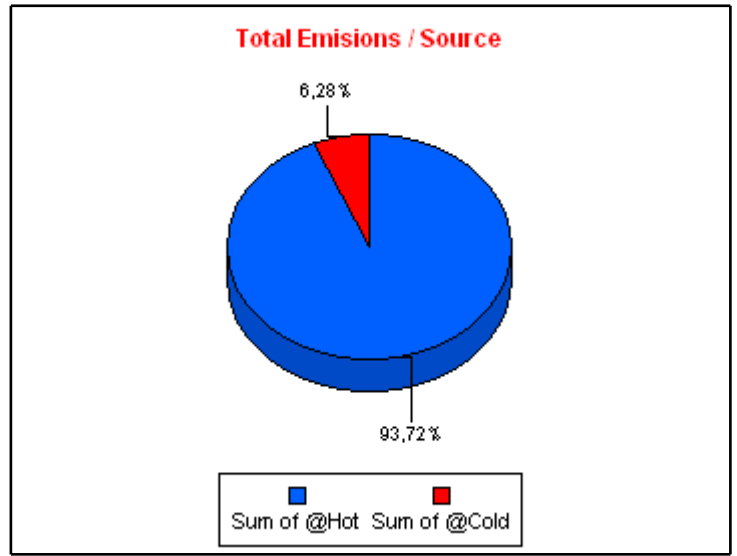
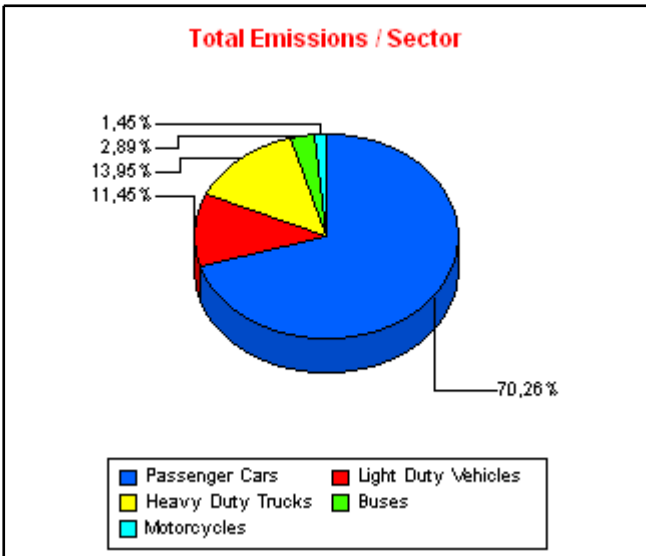
PM



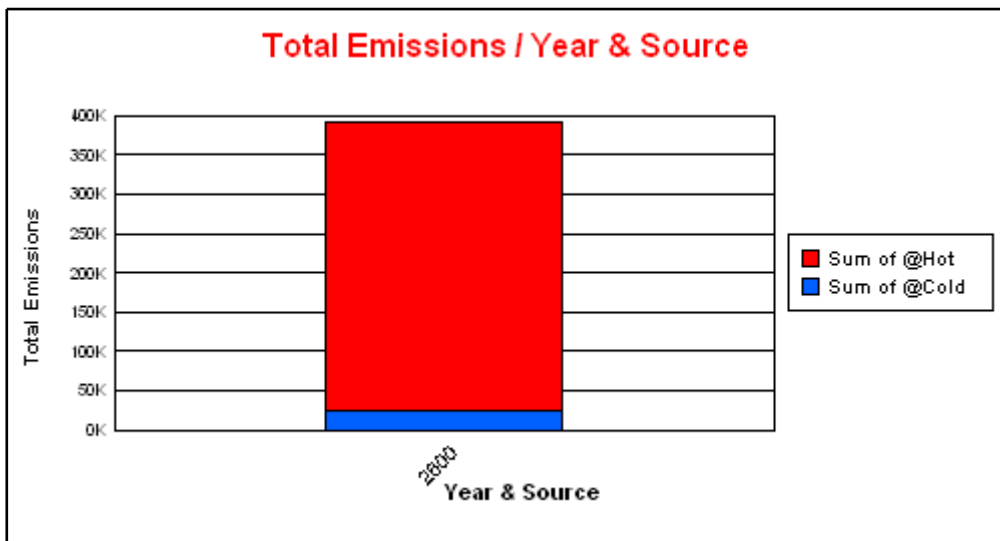
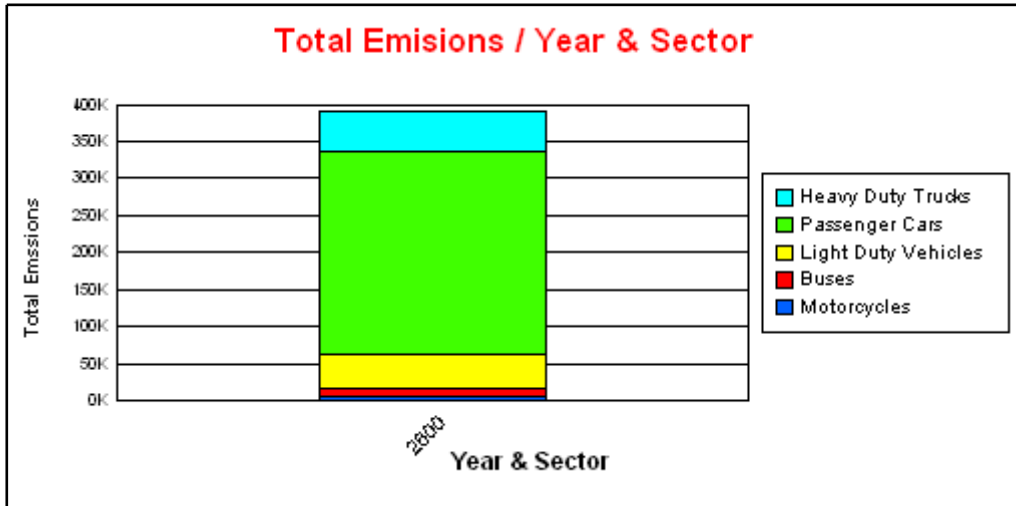
Emission Results - Source oriented

FC

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
FC	2600		366.860,89	24.597,77	391.458,66
		Passenger Cars	253.524,47	21.495,41	275.019,88
		Gasoline <1,4 l	81.139,66	8.402,84	89.542,51
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	16.149,63	1.817,69	17.967,32
		Gasoline >2,0 l	1.692,56	192,09	1.884,65
		Diesel <2,0 l	119.295,19	8.379,48	127.674,68
		Diesel >2,0 l	24.794,85	1.726,06	26.520,91
		LPG	10.452,58	977,23	11.429,81
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	41.734,99	3.102,37	44.837,36
		Gasoline <3,5t	1.959,79	252,87	2.212,66
		Diesel <3,5 t	39.775,20	2.849,49	42.624,70
		Heavy Duty Trucks	54.601,43	0,00	54.601,43
		Gasoline >3,5 t	303,03	0,00	303,03
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	11.833,04	0,00	11.833,04
		Rigid >32 t	248,24	0,00	248,24
		Rigid 12 - 14 t	2.570,72	0,00	2.570,72
		Rigid 14 - 20 t	8.068,82	0,00	8.068,82
		Rigid 20 - 26 t	18.268,15	0,00	18.268,15
		Rigid 26 - 28 t	150,13	0,00	150,13
		Rigid 28 - 32 t	4.051,72	0,00	4.051,72
		Rigid 7,5 - 12 t	9.107,57	0,00	9.107,57
		Buses	11.308,67	0,00	11.308,67
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	10.593,50	0,00	10.593,50
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	425,87	0,00	425,87
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	289,30	0,00	289,30
		Motorcycles	5.691,32	0,00	5.691,32
		2-stroke >50 cm ³	1.350,76	0,00	1.350,76
		4-stroke <250 cm ³	1.480,47	0,00	1.480,47
		4-stroke 250 - 750 cm ³	2.046,50	0,00	2.046,50
		4-stroke >750 cm ³	813,58	0,00	813,58



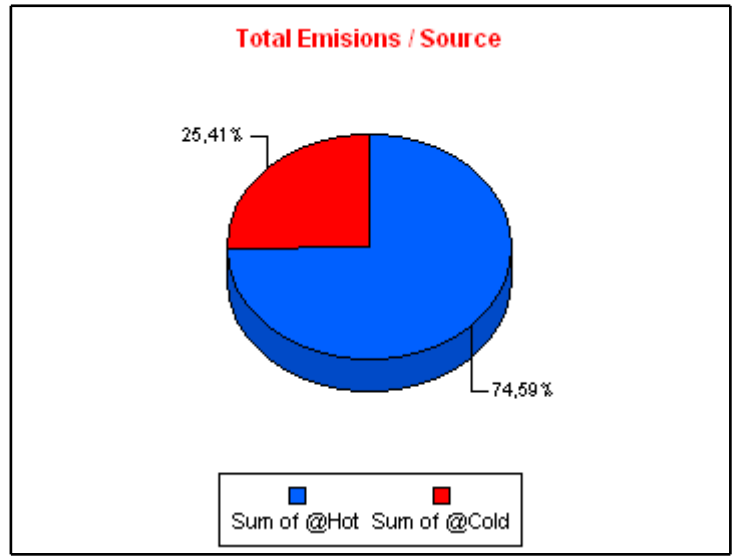
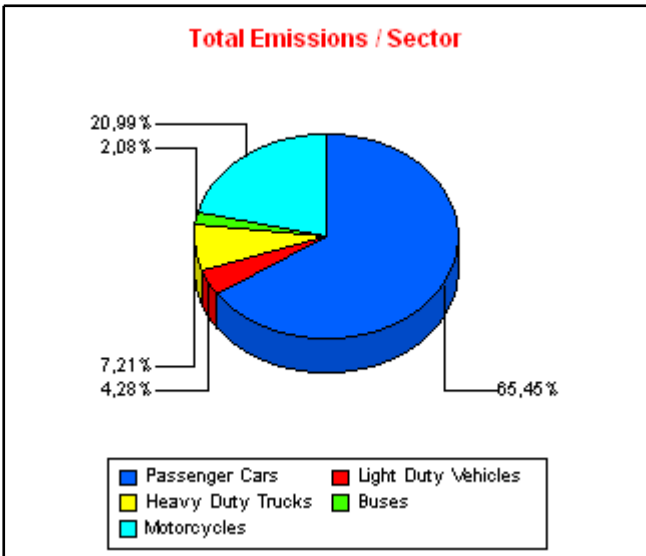
FC



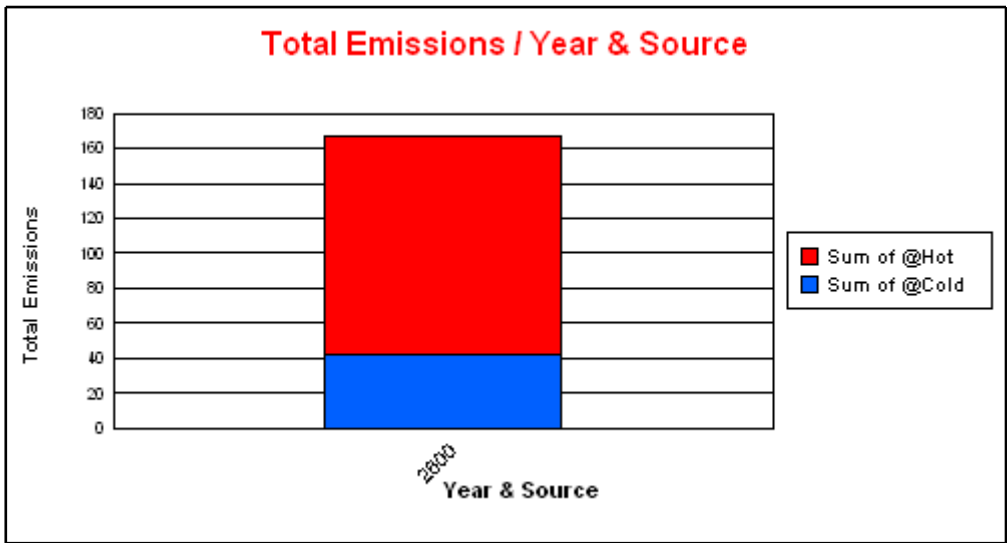
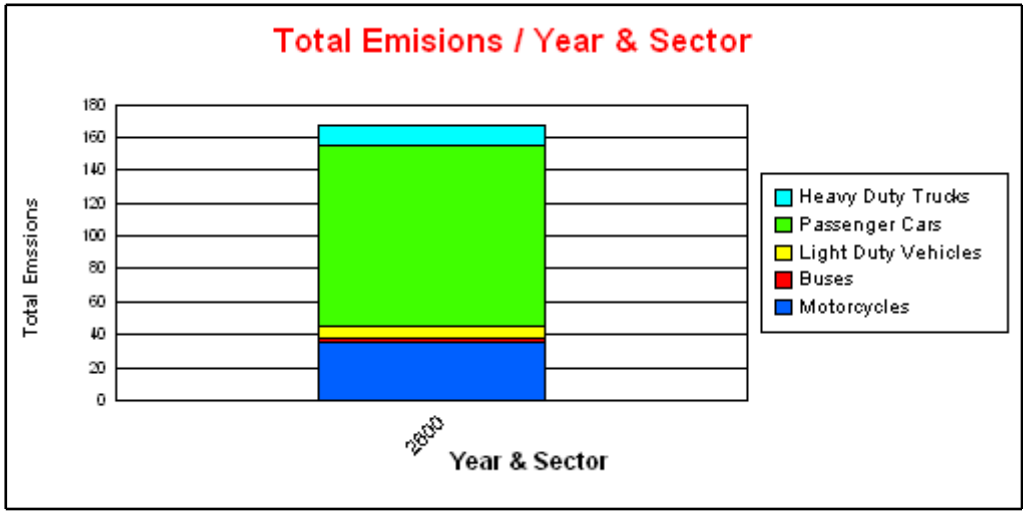
Emission Results - Source oriented

CH4

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
CH4	2600		124,39	42,37	166,76
		Passenger Cars	69,16	39,98	109,14
		Gasoline <1,4 l	50,53	27,91	78,44
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	6,91	4,79	11,70
		Gasoline >2,0 l	0,45	0,33	0,78
		Diesel <2,0 l	2,85	2,41	5,25
		Diesel >2,0 l	1,64	1,06	2,70
		LPG	6,79	3,47	10,26
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	4,74	2,39	7,13
		Gasoline <3,5t	0,80	0,50	1,30
		Diesel <3,5 t	3,94	1,89	5,83
		Heavy Duty Trucks	12,02	0,00	12,02
		Gasoline >3,5 t	0,18	0,00	0,18
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	2,64	0,00	2,64
		Rigid >32 t	0,07	0,00	0,07
		Rigid 12 - 14 t	0,44	0,00	0,44
		Rigid 14 - 20 t	1,00	0,00	1,00
		Rigid 20 - 26 t	5,38	0,00	5,38
		Rigid 26 - 28 t	0,05	0,00	0,05
		Rigid 28 - 32 t	0,64	0,00	0,64
		Rigid 7,5 - 12 t	1,62	0,00	1,62
		Buses	3,46	0,00	3,46
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	3,14	0,00	3,14
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,20	0,00	0,20
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,12	0,00	0,12
		Motorcycles	35,00	0,00	35,00
		2-stroke >50 cm ³	7,12	0,00	7,12
		4-stroke <250 cm ³	11,24	0,00	11,24
		4-stroke 250 - 750 cm ³	12,90	0,00	12,90
		4-stroke >750 cm ³	3,74	0,00	3,74



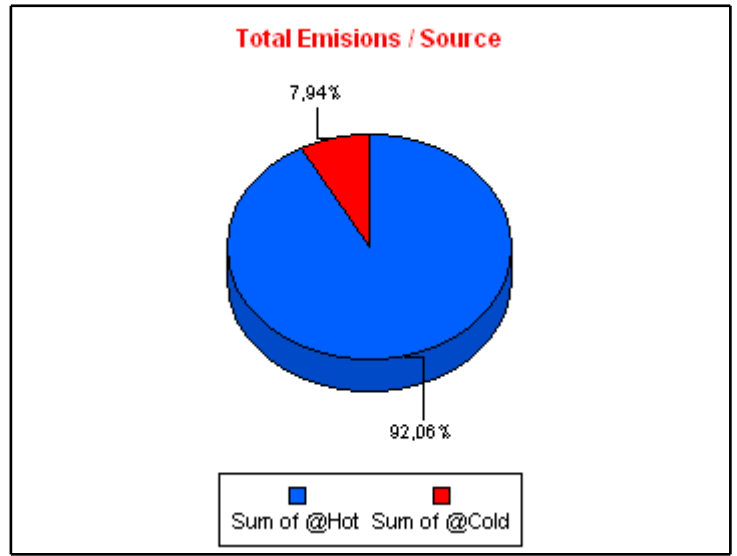
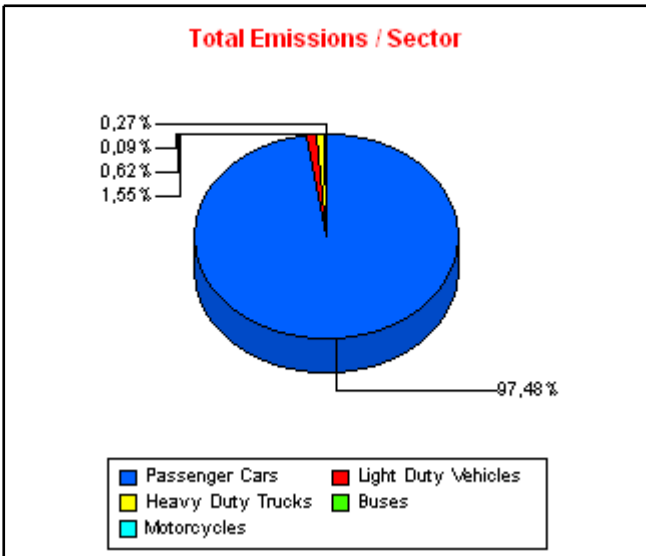
CH4



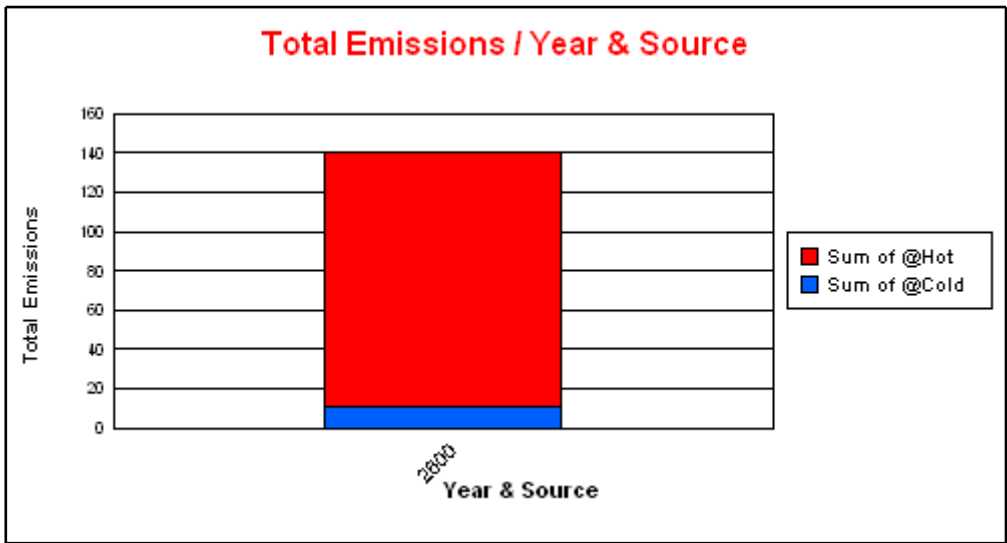
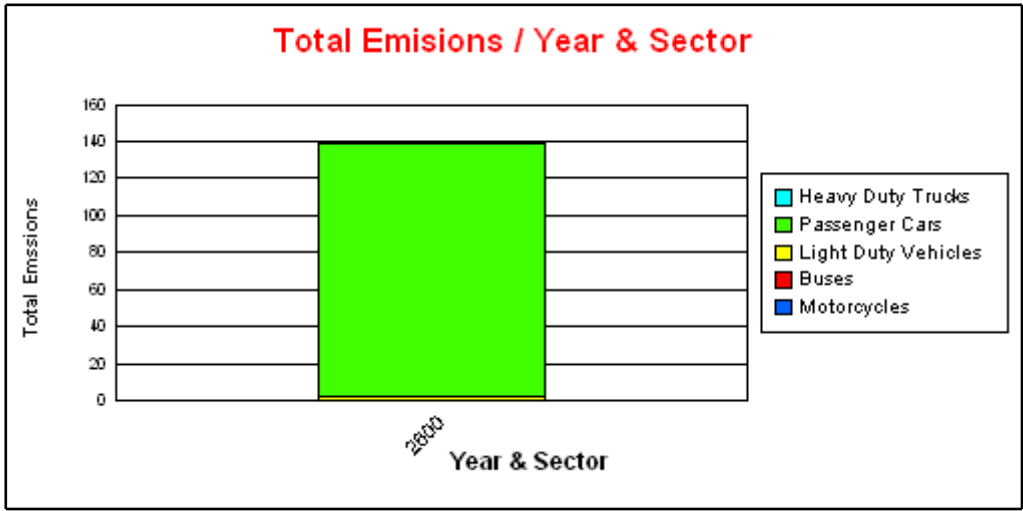
Emission Results - Source oriented

NH3

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
NH3	2600		129,01	11,12	140,14
		Passenger Cars	125,61	10,99	136,60
		Gasoline <1,4 l	101,22	8,96	110,18
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	20,71	1,93	22,64
		Gasoline >2,0 l	1,32	0,11	1,43
		Diesel <2,0 l	1,98	0,00	1,98
		Diesel >2,0 l	0,38	0,00	0,38
		LPG	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	2,04	0,13	2,17
		Gasoline <3,5t	1,48	0,13	1,62
		Diesel <3,5 t	0,55	0,00	0,55
		Heavy Duty Trucks	0,87	0,00	0,87
		Gasoline >3,5 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	0,27	0,00	0,27
		Rigid >32 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid 12 - 14 t	0,04	0,00	0,04
		Rigid 14 - 20 t	0,12	0,00	0,12
		Rigid 20 - 26 t	0,22	0,00	0,22
		Rigid 26 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid 28 - 32 t	0,05	0,00	0,05
		Rigid 7,5 - 12 t	0,17	0,00	0,17
		Buses	0,12	0,00	0,12
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	0,11	0,00	0,11
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,00	0,00	0,00
		Motorcycles	0,38	0,00	0,38
		2-stroke >50 cm ³	0,09	0,00	0,09
		4-stroke <250 cm ³	0,11	0,00	0,11
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,13	0,00	0,13
		4-stroke >750 cm ³	0,04	0,00	0,04



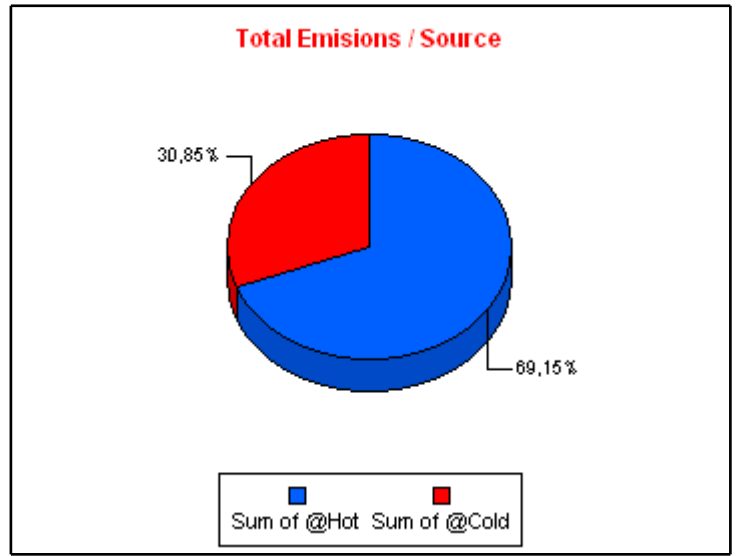
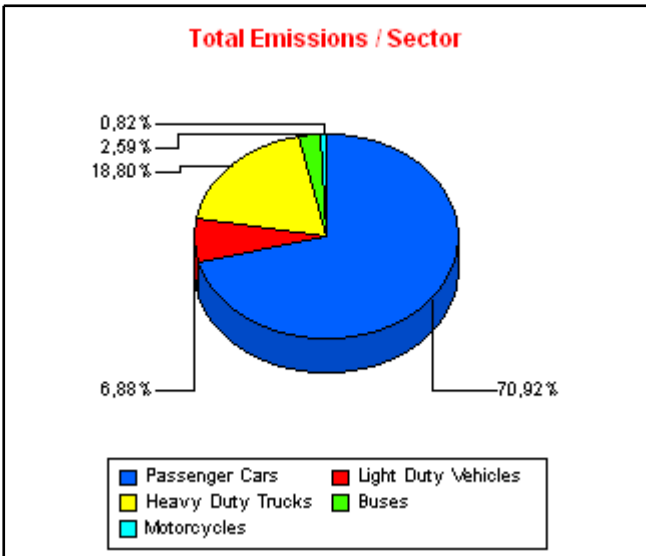
NH3



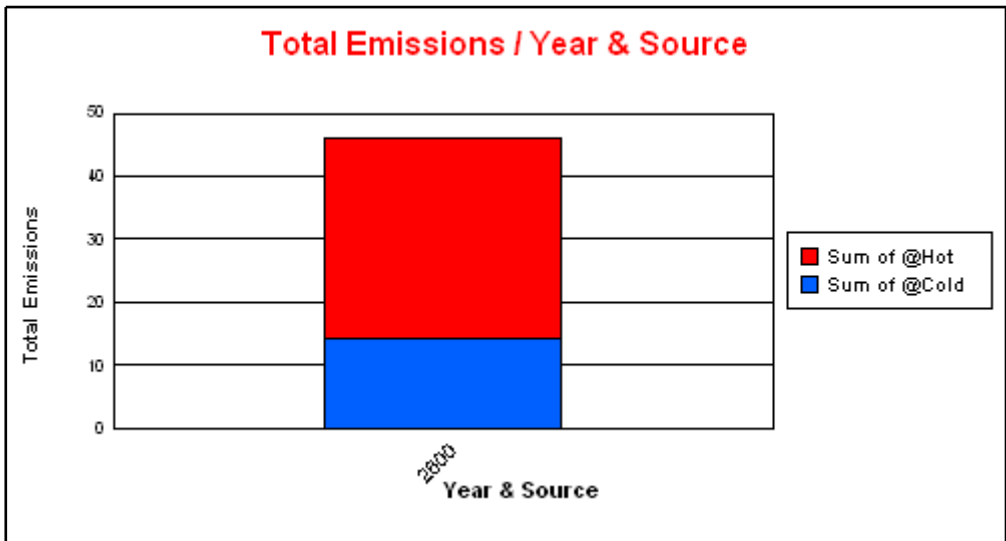
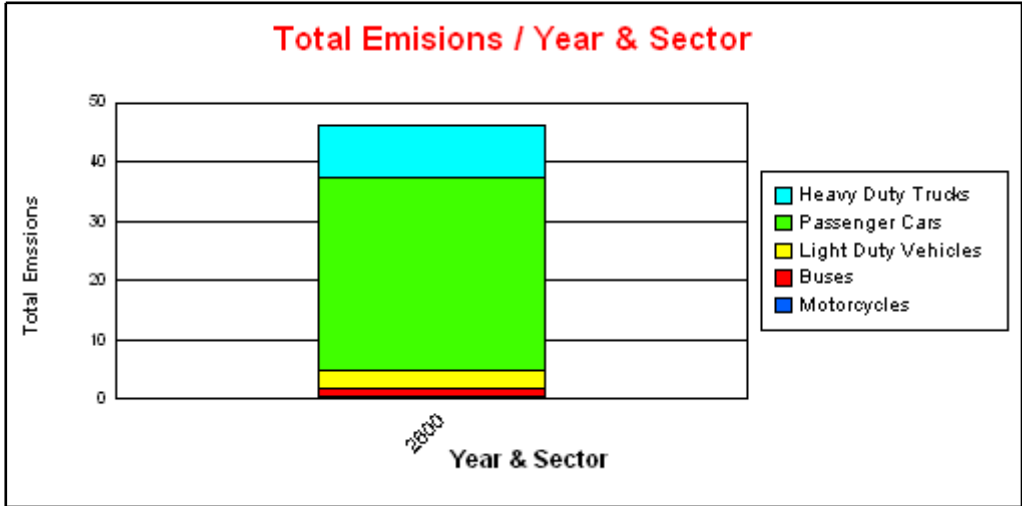
Emission Results - Source oriented

N2O

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
N2O	2600		31,88	14,22	46,10
		Passenger Cars	19,44	13,26	32,69
		Gasoline <1,4 l	6,42	4,53	10,95
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	1,12	0,86	1,98
		Gasoline >2,0 l	0,07	0,06	0,13
		Diesel <2,0 l	9,37	6,33	15,69
		Diesel >2,0 l	1,47	0,66	2,14
		LPG	0,99	0,81	1,80
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	2,20	0,97	3,17
		Gasoline <3,5t	0,36	0,18	0,54
		Diesel <3,5 t	1,85	0,79	2,63
		Heavy Duty Trucks	8,67	0,00	8,67
		Gasoline >3,5 t	0,01	0,00	0,01
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	2,67	0,00	2,67
		Rigid >32 t	0,02	0,00	0,02
		Rigid 12 - 14 t	0,43	0,00	0,43
		Rigid 14 - 20 t	1,15	0,00	1,15
		Rigid 20 - 26 t	2,24	0,00	2,24
		Rigid 26 - 28 t	0,02	0,00	0,02
		Rigid 28 - 32 t	0,45	0,00	0,45
		Rigid 7,5 - 12 t	1,67	0,00	1,67
		Buses	1,19	0,00	1,19
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	1,13	0,00	1,13
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,04	0,00	0,04
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,02	0,00	0,02
		Motorcycles	0,38	0,00	0,38
		2-stroke >50 cm ³	0,09	0,00	0,09
		4-stroke <250 cm ³	0,11	0,00	0,11
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,13	0,00	0,13
		4-stroke >750 cm ³	0,04	0,00	0,04



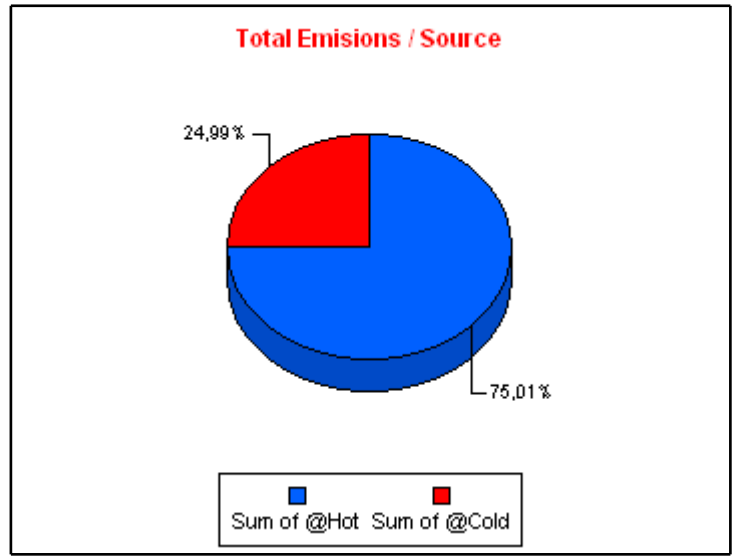
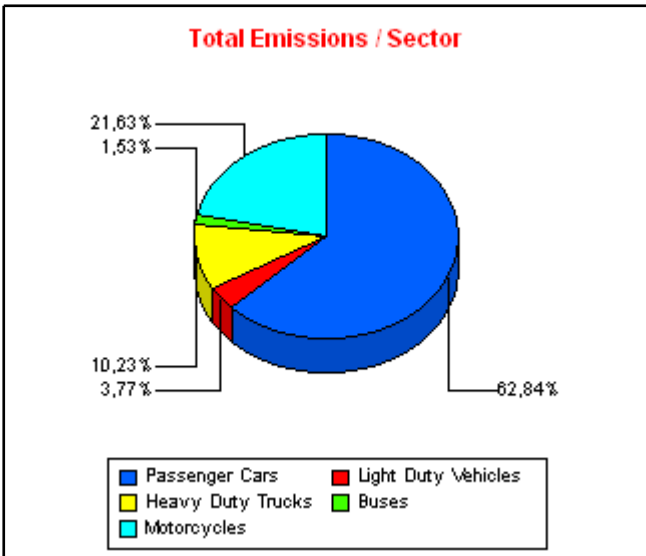
N2O



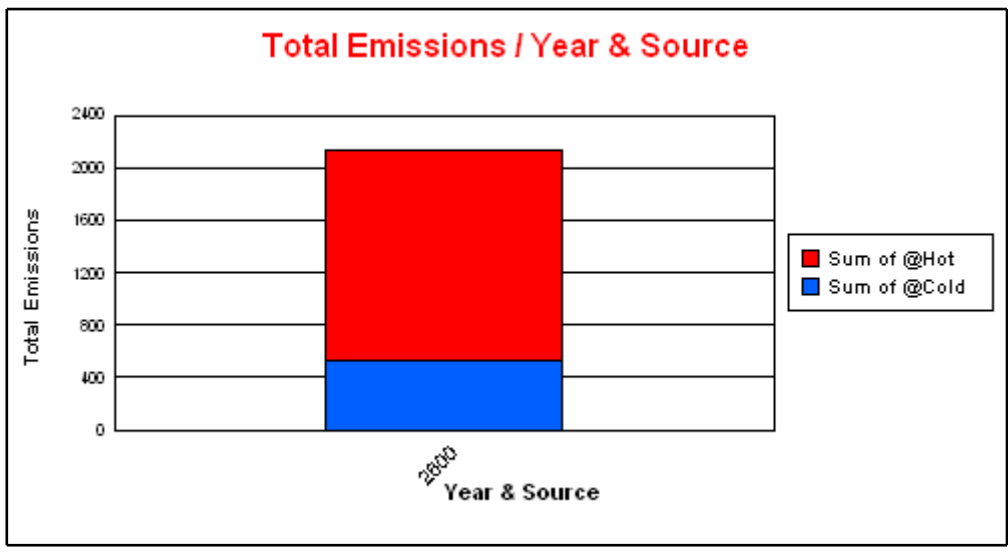
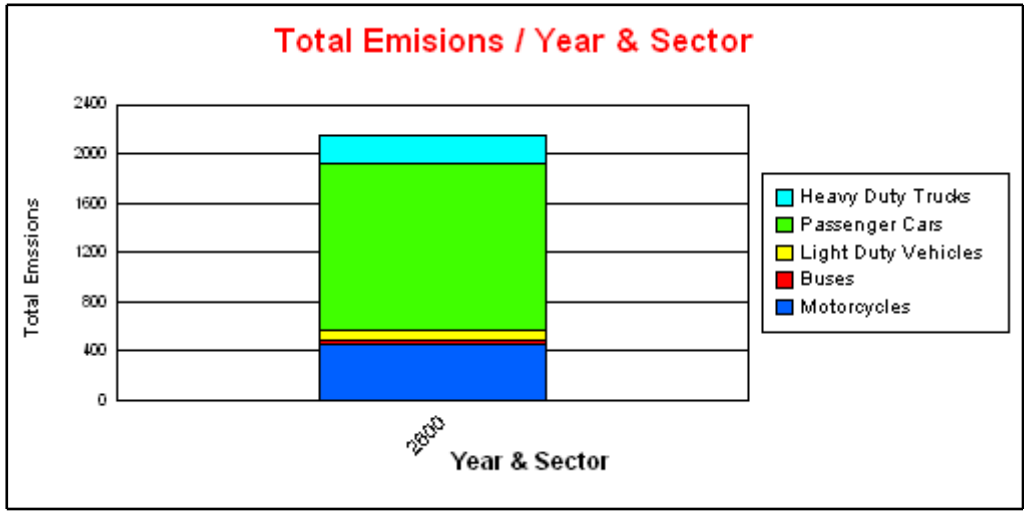
Emission Results - Source oriented

NMVO

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
NMVO	2600		1.606,88	535,31	2.142,19
		Passenger Cars	831,77	514,39	1.346,16
		Gasoline <1,4 l	616,65	368,98	985,63
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	79,40	75,24	154,64
		Gasoline >2,0 l	5,29	4,29	9,58
		Diesel <2,0 l	29,92	10,13	40,05
		Diesel >2,0 l	16,30	7,48	23,78
		LPG	84,21	48,27	132,48
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	59,86	20,92	80,79
		Gasoline <3,5 t	10,75	9,02	19,77
		Diesel <3,5 t	49,11	11,91	61,01
		Heavy Duty Trucks	219,07	0,00	219,07
		Gasoline >3,5 t	8,27	0,00	8,27
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	83,74	0,00	83,74
		Rigid >32 t	0,50	0,00	0,50
		Rigid 12 - 14 t	11,43	0,00	11,43
		Rigid 14 - 20 t	36,53	0,00	36,53
		Rigid 20 - 26 t	36,71	0,00	36,71
		Rigid 26 - 28 t	0,32	0,00	0,32
		Rigid 28 - 32 t	5,35	0,00	5,35
		Rigid 7,5 - 12 t	36,21	0,00	36,21
		Buses	32,82	0,00	32,82
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	27,51	0,00	27,51
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	3,66	0,00	3,66
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	1,65	0,00	1,65
		Motorcycles	463,35	0,00	463,35
		2-stroke >50 cm ³	329,27	0,00	329,27
		4-stroke <250 cm ³	55,39	0,00	55,39
		4-stroke 250 - 750 cm ³	55,30	0,00	55,30
		4-stroke >750 cm ³	23,39	0,00	23,39



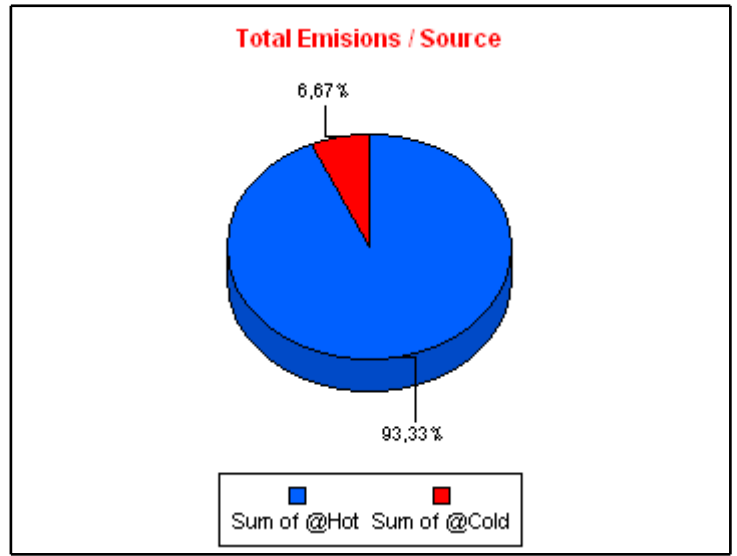
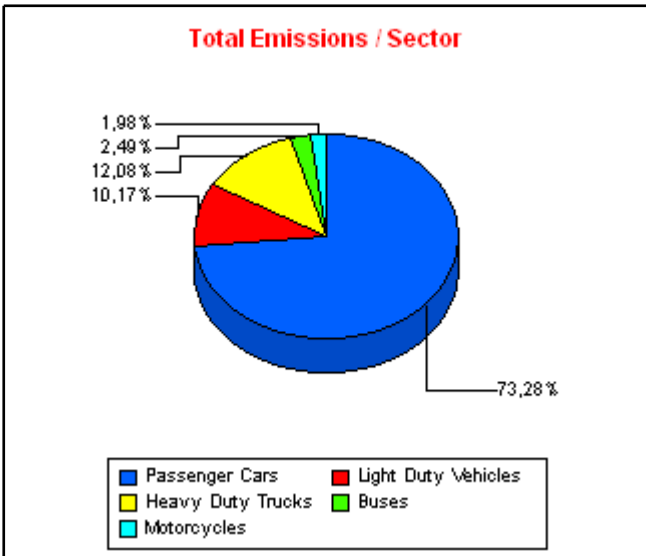
NMVOG



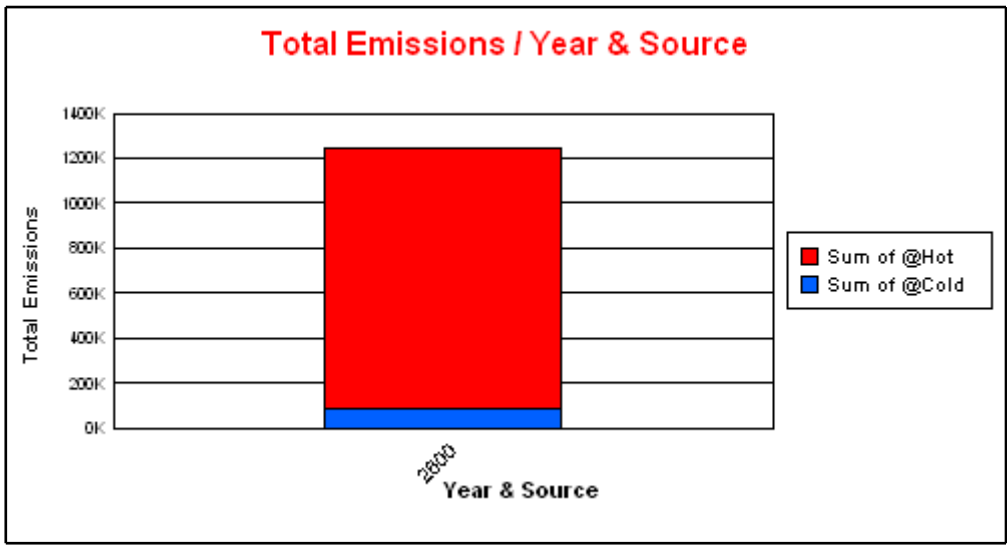
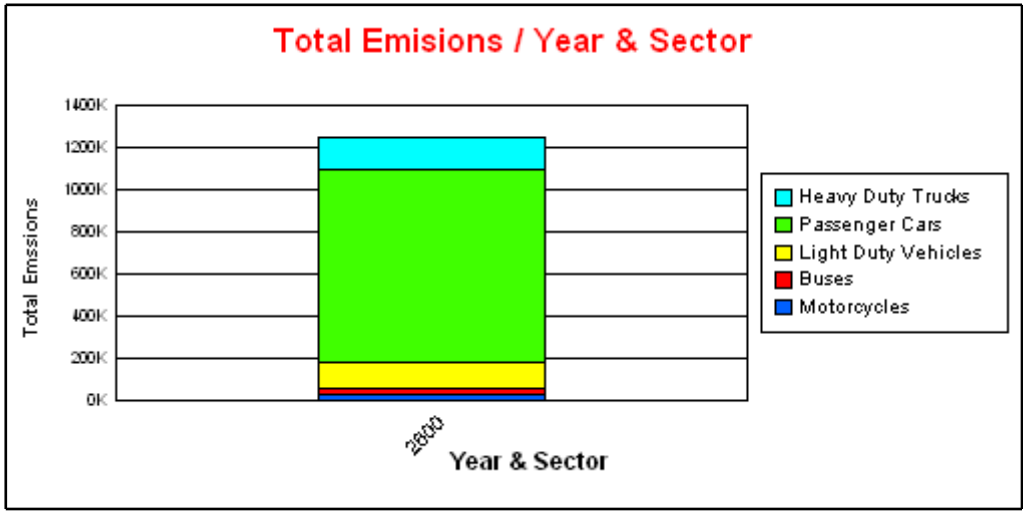
Emission Results - Source oriented

CO2

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
CO2	2600		1.161.686,59	83.031,99	1.244.718,58
		Passenger Cars	837.985,75	74.115,80	912.101,55
		Gasoline <1,4 l	350.900,80	36.339,37	387.240,17
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	69.841,54	7.860,88	77.702,42
		Gasoline >2,0 l	7.319,72	830,74	8.150,46
		Diesel <2,0 l	327.496,56	23.003,88	350.500,45
		Diesel >2,0 l	68.068,35	4.738,49	72.806,85
		LPG	14.358,78	1.342,43	15.701,20
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	117.668,76	8.916,19	126.584,95
		Gasoline <3,5t	8.475,41	1.093,59	9.569,00
		Diesel <3,5 t	109.193,36	7.822,60	117.015,96
		Heavy Duty Trucks	150.373,84	0,00	150.373,84
		Gasoline >3,5 t	1.310,50	0,00	1.310,50
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	32.484,80	0,00	32.484,80
		Rigid >32 t	681,49	0,00	681,49
		Rigid 12 - 14 t	7.057,31	0,00	7.057,31
		Rigid 14 - 20 t	22.151,03	0,00	22.151,03
		Rigid 20 - 26 t	50.150,86	0,00	50.150,86
		Rigid 26 - 28 t	412,15	0,00	412,15
		Rigid 28 - 32 t	11.123,03	0,00	11.123,03
		Rigid 7,5 - 12 t	25.002,68	0,00	25.002,68
		Buses	31.045,27	0,00	31.045,27
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	29.081,94	0,00	29.081,94
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	1.169,13	0,00	1.169,13
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	794,20	0,00	794,20
		Motorcycles	24.612,96	0,00	24.612,96
		2-stroke >50 cm ³	5.841,59	0,00	5.841,59
		4-stroke <250 cm ³	6.402,53	0,00	6.402,53
		4-stroke 250 - 750 cm ³	8.850,38	0,00	8.850,38
		4-stroke >750 cm ³	3.518,45	0,00	3.518,45



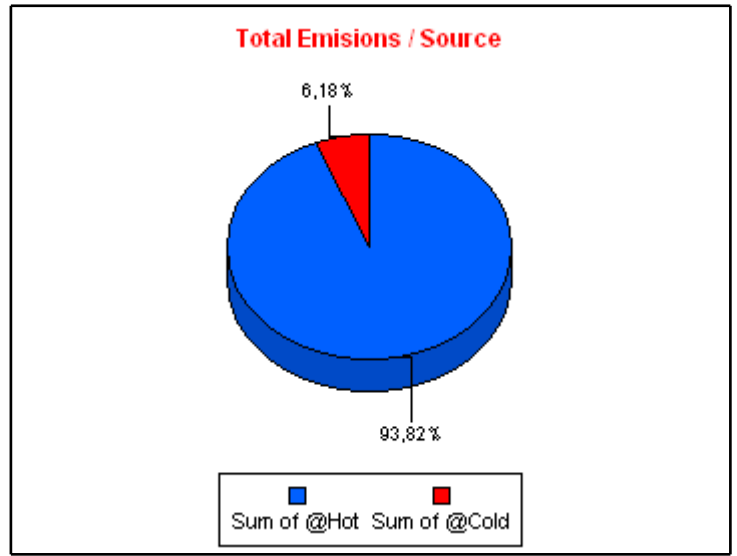
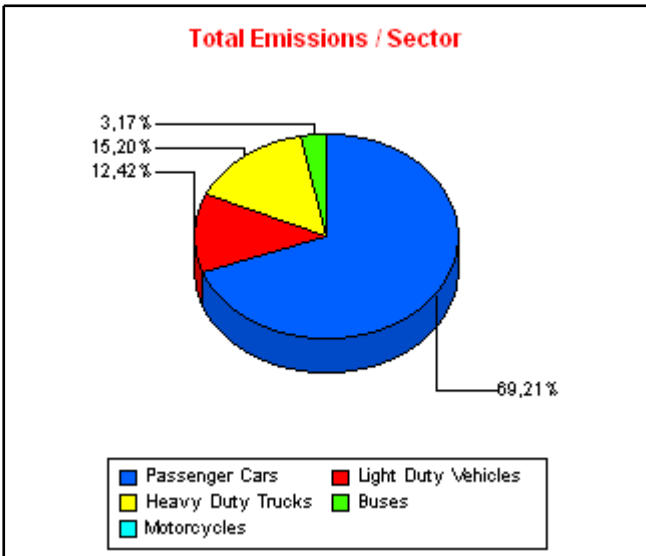
CO2



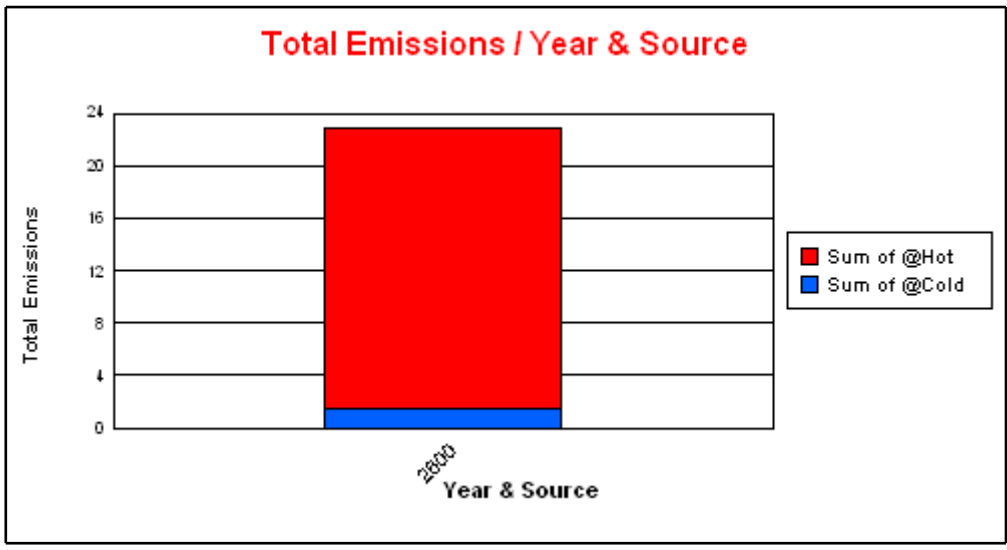
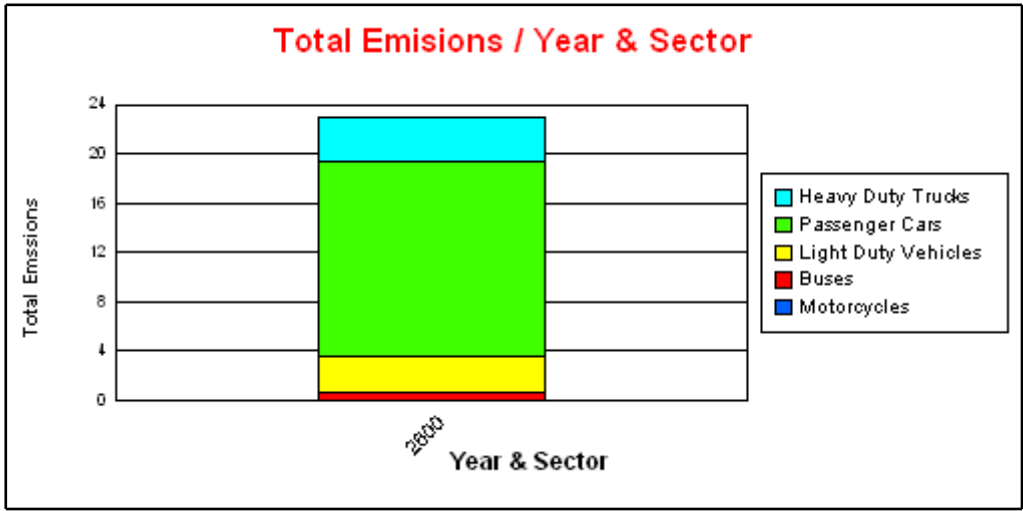
Emission Results - Source oriented

SO2

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
SO2	2600		21,52	1,42	22,94
		Passenger Cars	14,66	1,22	15,88
		Gasoline <1,4 l	4,37	0,46	4,83
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,93	0,10	1,04
		Gasoline >2,0 l	0,10	0,01	0,11
		Diesel <2,0 l	7,66	0,54	8,20
		Diesel >2,0 l	1,59	0,11	1,70
		LPG	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	2,65	0,20	2,85
		Gasoline <3,5t	0,10	0,01	0,11
		Diesel <3,5 t	2,55	0,18	2,74
		Heavy Duty Trucks	3,49	0,00	3,49
		Gasoline >3,5 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	0,76	0,00	0,76
		Rigid >32 t	0,02	0,00	0,02
		Rigid 12 - 14 t	0,17	0,00	0,17
		Rigid 14 - 20 t	0,52	0,00	0,52
		Rigid 20 - 26 t	1,17	0,00	1,17
		Rigid 26 - 28 t	0,01	0,00	0,01
		Rigid 28 - 32 t	0,26	0,00	0,26
		Rigid 7,5 - 12 t	0,58	0,00	0,58
		Buses	0,73	0,00	0,73
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	0,68	0,00	0,68
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,03	0,00	0,03
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,02	0,00	0,02
		Motorcycles	0,00	0,00	0,00
		2-stroke >50 cm ³	0,00	0,00	0,00
		4-stroke <250 cm ³	0,00	0,00	0,00
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,00	0,00	0,00
		4-stroke >750 cm ³	0,00	0,00	0,00



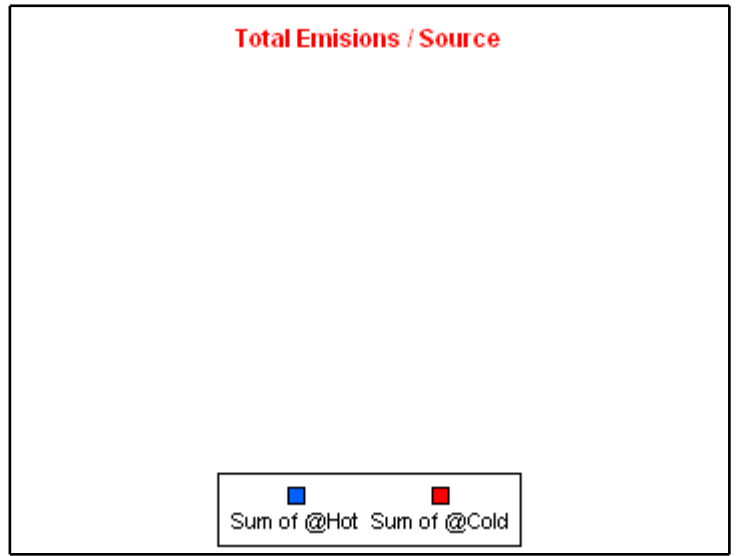
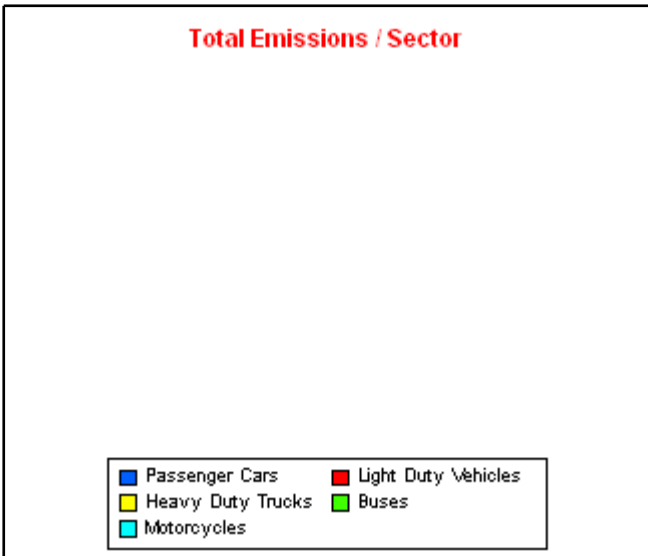
SO2



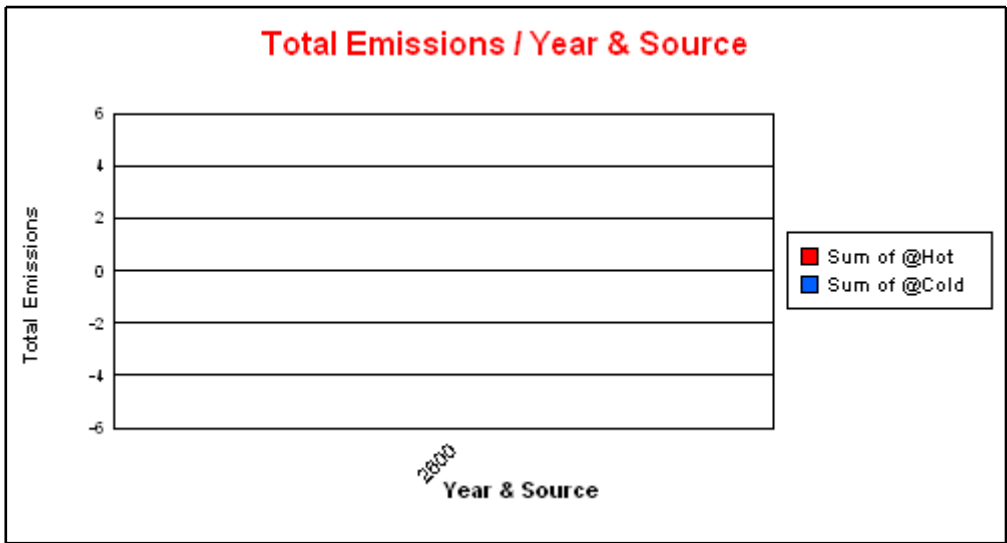
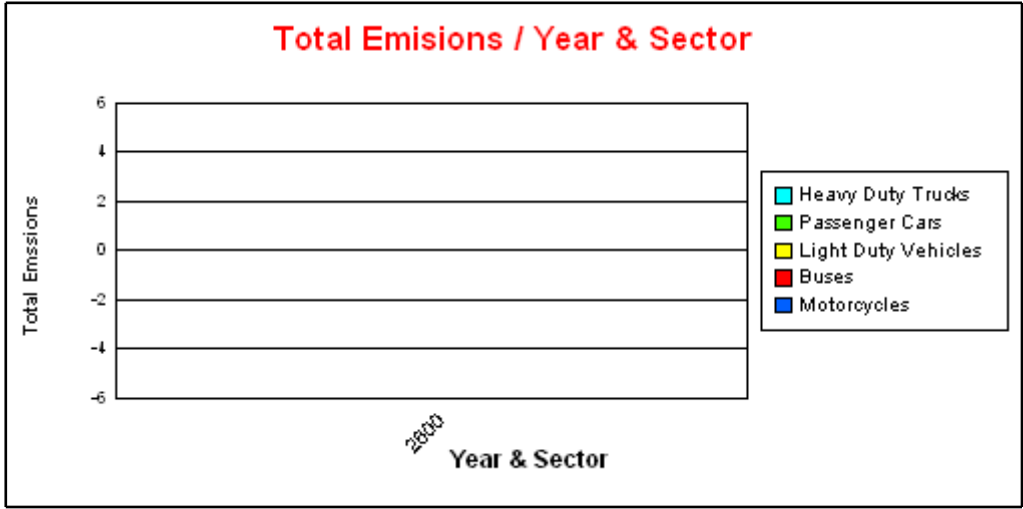
Emission Results - Source oriented

Pb

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
Pb	2600		0,00	0,00	0,00
		Passenger Cars	0,00	0,00	0,00
		Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Diesel <2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Diesel >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		LPG	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	0,00	0,00	0,00
		Gasoline <3,5t	0,00	0,00	0,00
		Diesel <3,5 t	0,00	0,00	0,00
		Heavy Duty Trucks	0,00	0,00	0,00
		Gasoline >3,5 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid >32 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid 12 - 14 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid 20 - 26 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid 26 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid 28 - 32 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid 7,5 - 12 t	0,00	0,00	0,00
		Buses	0,00	0,00	0,00
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,00	0,00	0,00
		Motorcycles	0,00	0,00	0,00
		2-stroke >50 cm ³	0,00	0,00	0,00
		4-stroke <250 cm ³	0,00	0,00	0,00
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,00	0,00	0,00
		4-stroke >750 cm ³	0,00	0,00	0,00



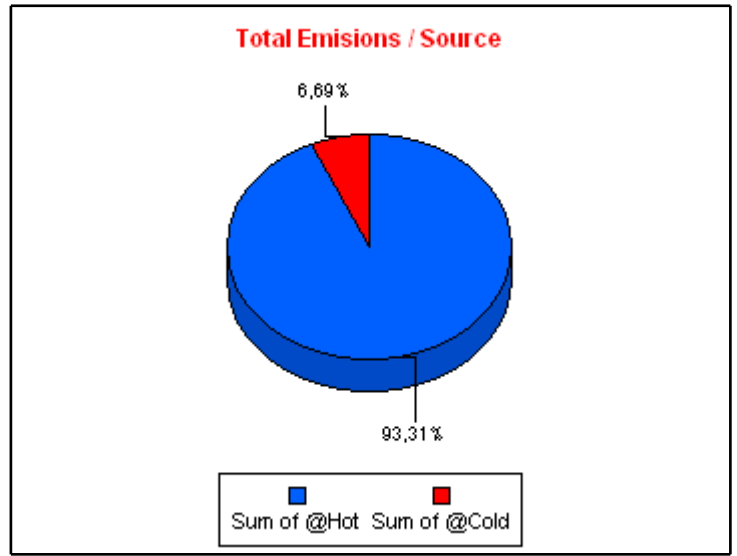
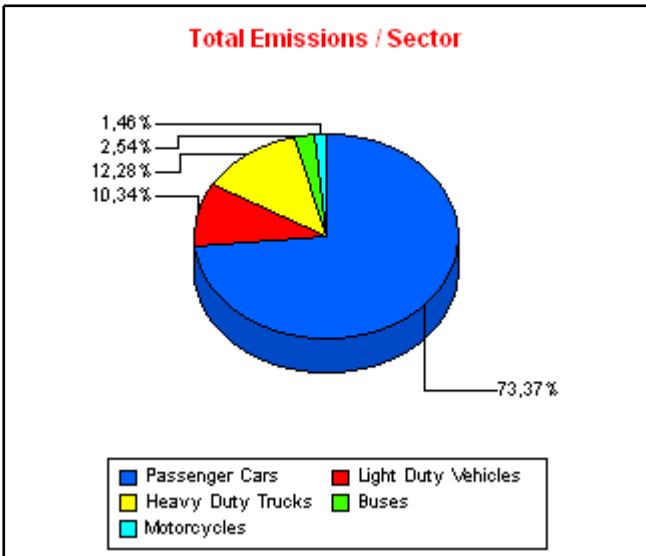
Pb



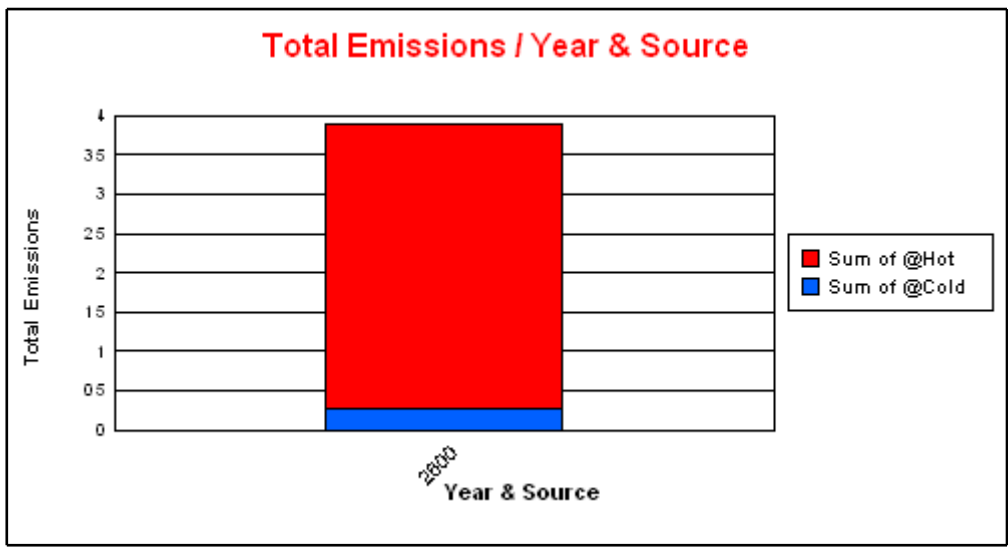
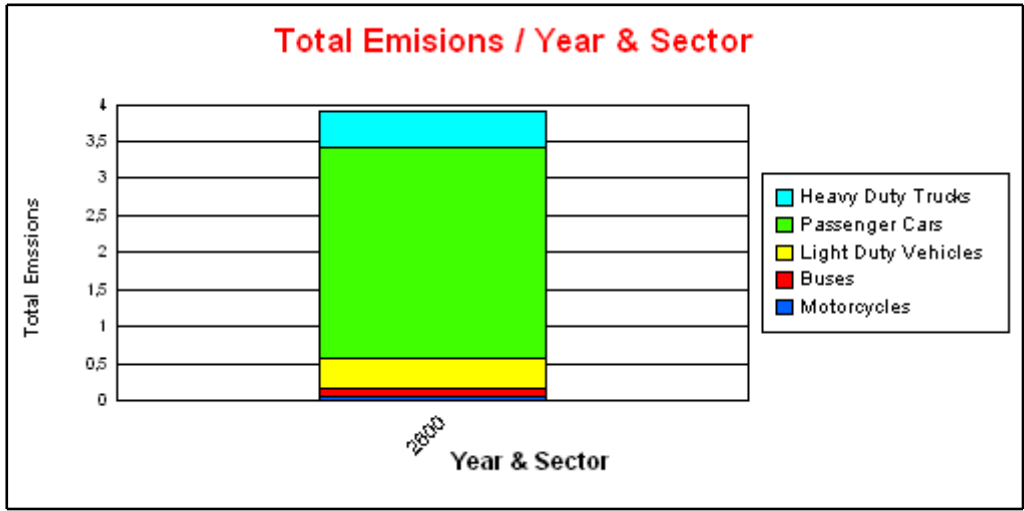
Emission Results - Source oriented

Cadmium

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
Cadmium	2600		3,63	0,26	3,89
		Passenger Cars	2,62	0,23	2,86
		Gasoline <1,4 l	1,11	0,12	1,23
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,23	0,03	0,25
		Gasoline >2,0 l	0,02	0,00	0,03
		Diesel <2,0 l	1,04	0,07	1,12
		Diesel >2,0 l	0,22	0,02	0,23
		LPG	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	0,37	0,03	0,40
		Gasoline <3,5t	0,03	0,00	0,03
		Diesel <3,5 t	0,35	0,02	0,37
		Heavy Duty Trucks	0,48	0,00	0,48
		Gasoline >3,5 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	0,10	0,00	0,10
		Rigid >32 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid 12 - 14 t	0,02	0,00	0,02
		Rigid 14 - 20 t	0,07	0,00	0,07
		Rigid 20 - 26 t	0,16	0,00	0,16
		Rigid 26 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid 28 - 32 t	0,04	0,00	0,04
		Rigid 7,5 - 12 t	0,08	0,00	0,08
		Buses	0,10	0,00	0,10
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	0,09	0,00	0,09
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,00	0,00	0,00
		Motorcycles	0,06	0,00	0,06
		2-stroke >50 cm ³	0,01	0,00	0,01
		4-stroke <250 cm ³	0,01	0,00	0,01
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,02	0,00	0,02
		4-stroke >750 cm ³	0,01	0,00	0,01



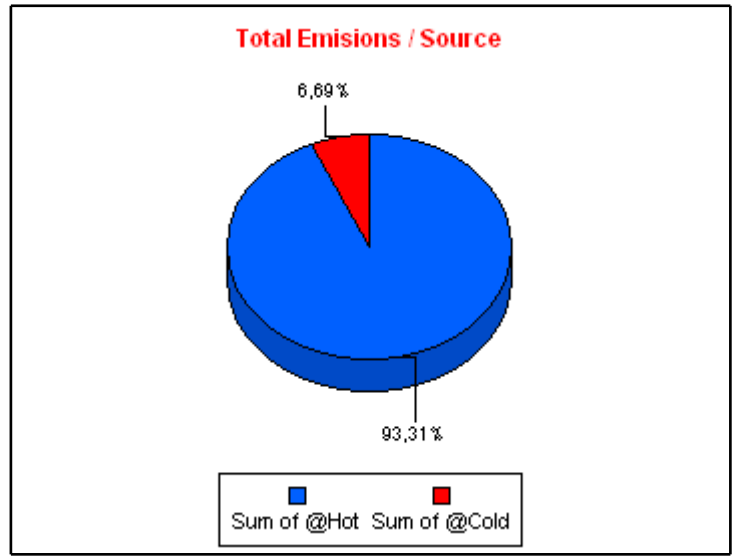
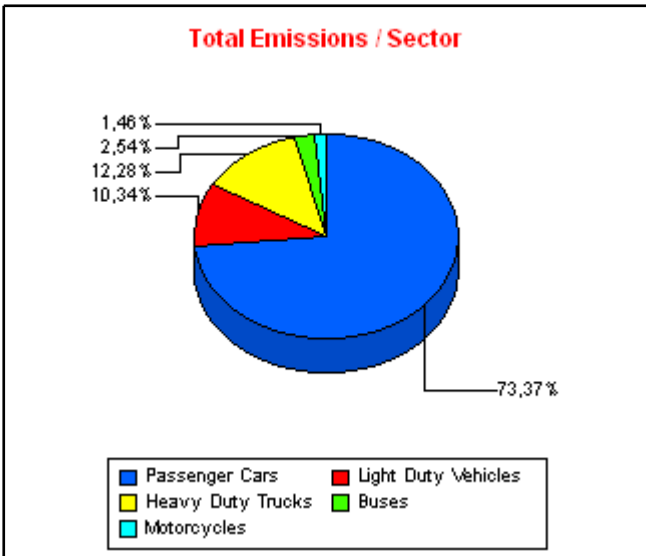
Cadmium



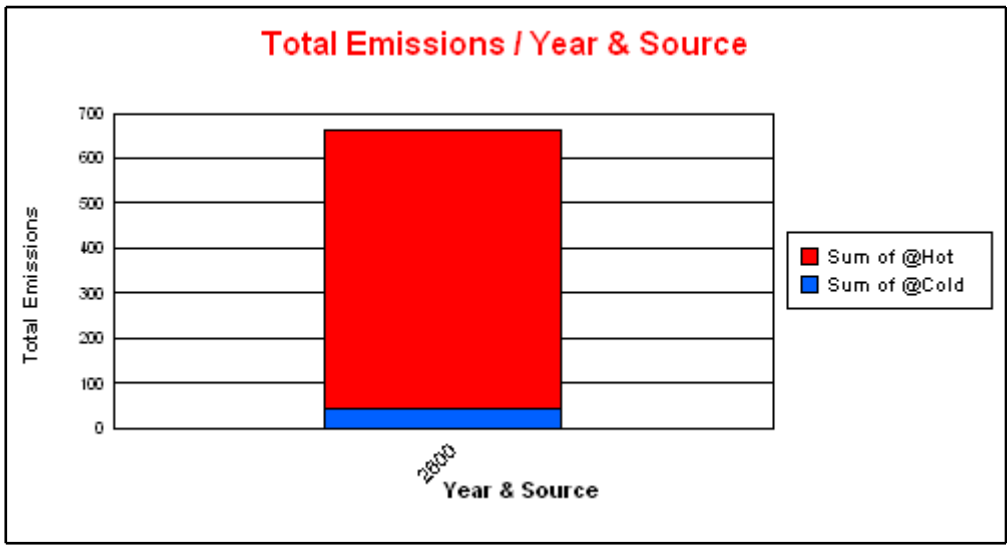
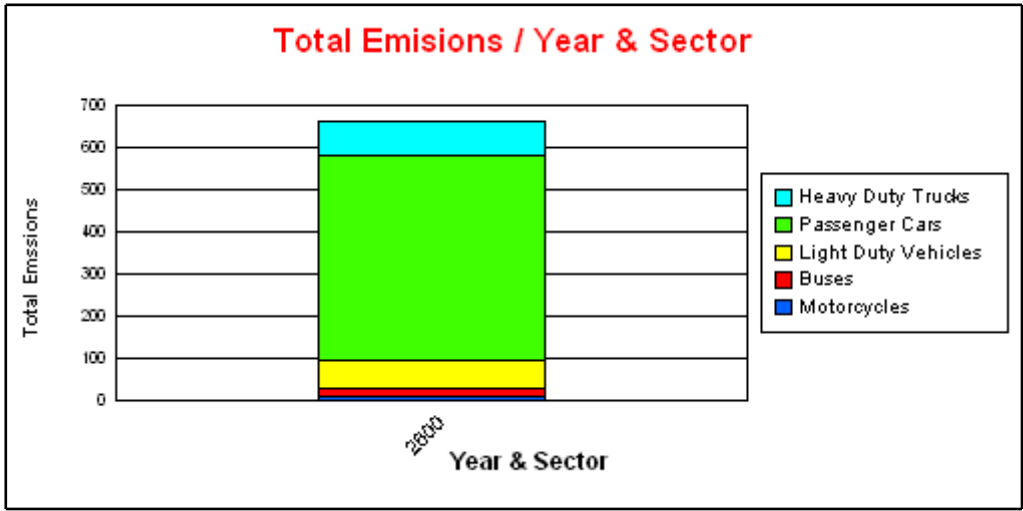
Emission Results - Source oriented

Copper

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
Copper	2600		617,65	44,29	661,94
		Passenger Cars	446,22	39,47	485,69
		Gasoline <1,4 l	189,41	19,66	209,07
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	38,42	4,32	42,74
		Gasoline >2,0 l	4,07	0,46	4,53
		Diesel <2,0 l	177,44	12,46	189,91
		Diesel >2,0 l	36,88	2,57	39,45
		LPG	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	63,66	4,82	68,48
		Gasoline <3,5t	4,49	0,58	5,07
		Diesel <3,5 t	59,16	4,24	63,40
		Heavy Duty Trucks	81,28	0,00	81,28
		Gasoline >3,5 t	0,52	0,00	0,52
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	17,60	0,00	17,60
		Rigid >32 t	0,37	0,00	0,37
		Rigid 12 - 14 t	3,82	0,00	3,82
		Rigid 14 - 20 t	12,00	0,00	12,00
		Rigid 20 - 26 t	27,17	0,00	27,17
		Rigid 26 - 28 t	0,22	0,00	0,22
		Rigid 28 - 32 t	6,03	0,00	6,03
		Rigid 7,5 - 12 t	13,55	0,00	13,55
		Buses	16,82	0,00	16,82
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	15,76	0,00	15,76
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,63	0,00	0,63
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,43	0,00	0,43
		Motorcycles	9,68	0,00	9,68
		2-stroke >50 cm ³	2,30	0,00	2,30
		4-stroke <250 cm ³	2,52	0,00	2,52
		4-stroke 250 - 750 cm ³	3,48	0,00	3,48
		4-stroke >750 cm ³	1,38	0,00	1,38

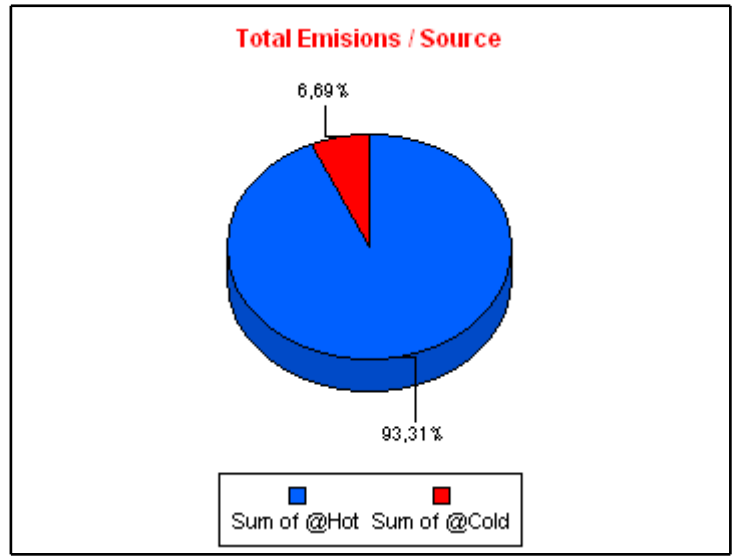
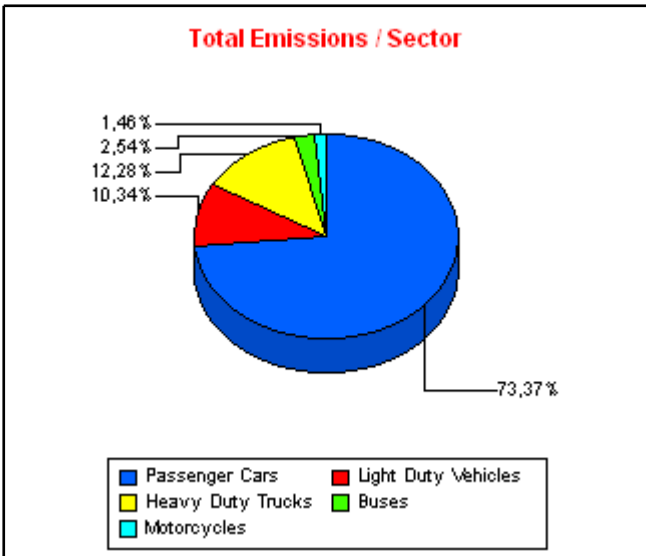


Copper

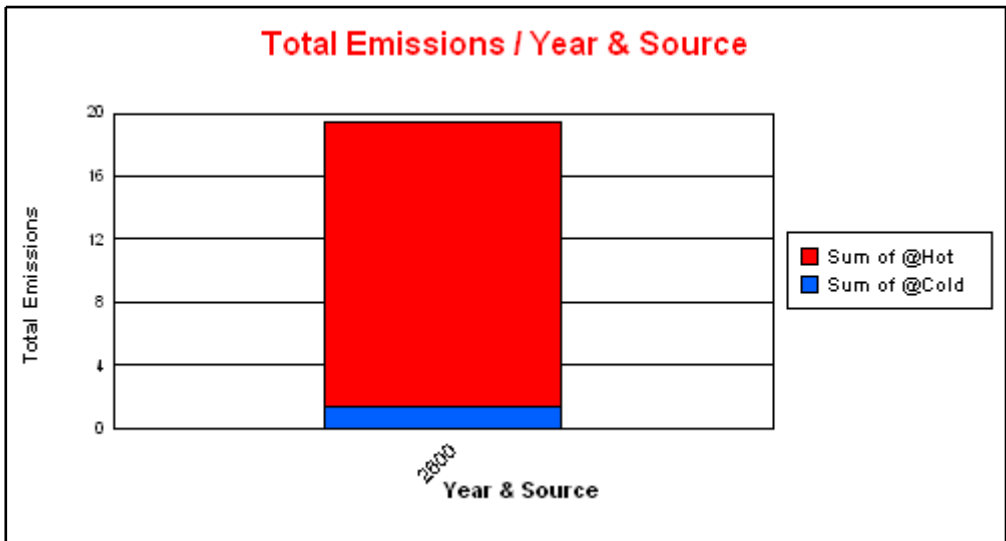
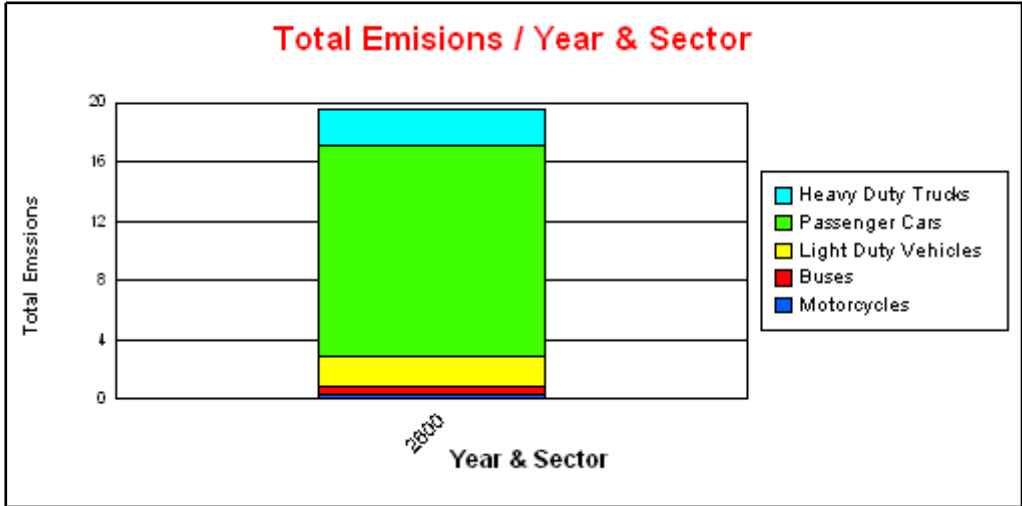


Chromium
m

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
Chromium	2600		18,17	1,30	19,47
		Passenger Cars	13,12	1,16	14,29
		Gasoline <1,4 l	5,57	0,58	6,15
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	1,13	0,13	1,26
		Gasoline >2,0 l	0,12	0,01	0,13
		Diesel <2,0 l	5,22	0,37	5,59
		Diesel >2,0 l	1,08	0,08	1,16
		LPG	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	1,87	0,14	2,01
		Gasoline <3,5t	0,13	0,02	0,15
		Diesel <3,5 t	1,74	0,12	1,86
		Heavy Duty Trucks	2,39	0,00	2,39
		Gasoline >3,5 t	0,02	0,00	0,02
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	0,52	0,00	0,52
		Rigid >32 t	0,01	0,00	0,01
		Rigid 12 - 14 t	0,11	0,00	0,11
		Rigid 14 - 20 t	0,35	0,00	0,35
		Rigid 20 - 26 t	0,80	0,00	0,80
		Rigid 26 - 28 t	0,01	0,00	0,01
		Rigid 28 - 32 t	0,18	0,00	0,18
		Rigid 7,5 - 12 t	0,40	0,00	0,40
		Buses	0,49	0,00	0,49
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	0,46	0,00	0,46
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,02	0,00	0,02
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,01	0,00	0,01
		Motorcycles	0,28	0,00	0,28
		2-stroke >50 cm ³	0,07	0,00	0,07
		4-stroke <250 cm ³	0,07	0,00	0,07
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,10	0,00	0,10
		4-stroke >750 cm ³	0,04	0,00	0,04



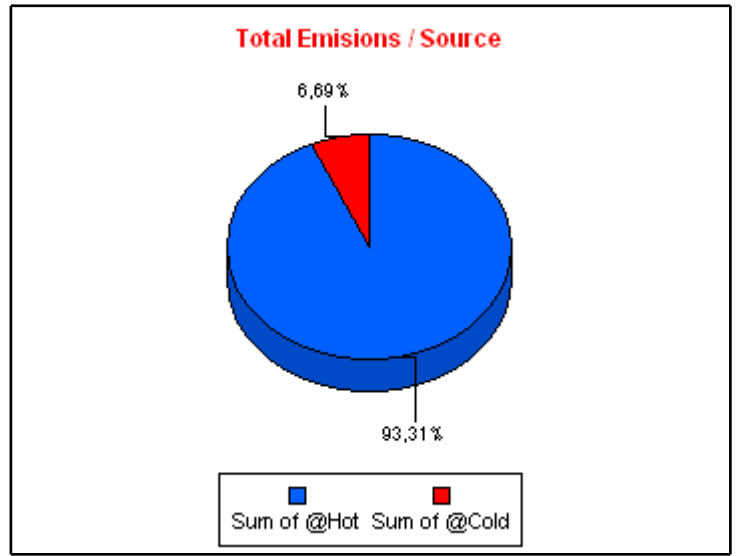
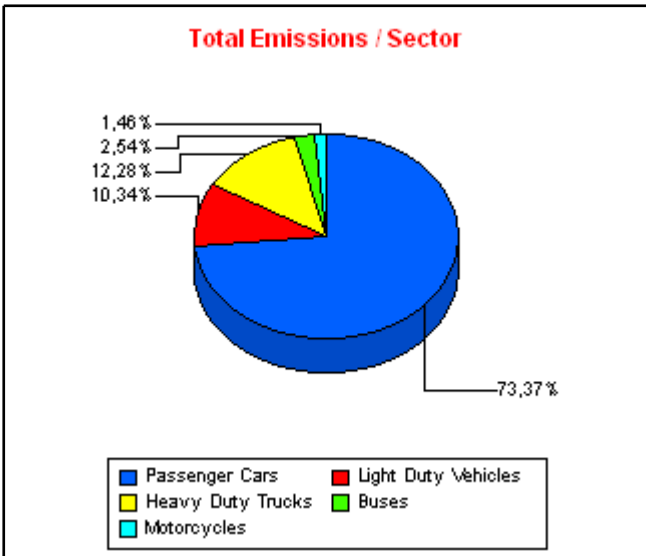
Chromium



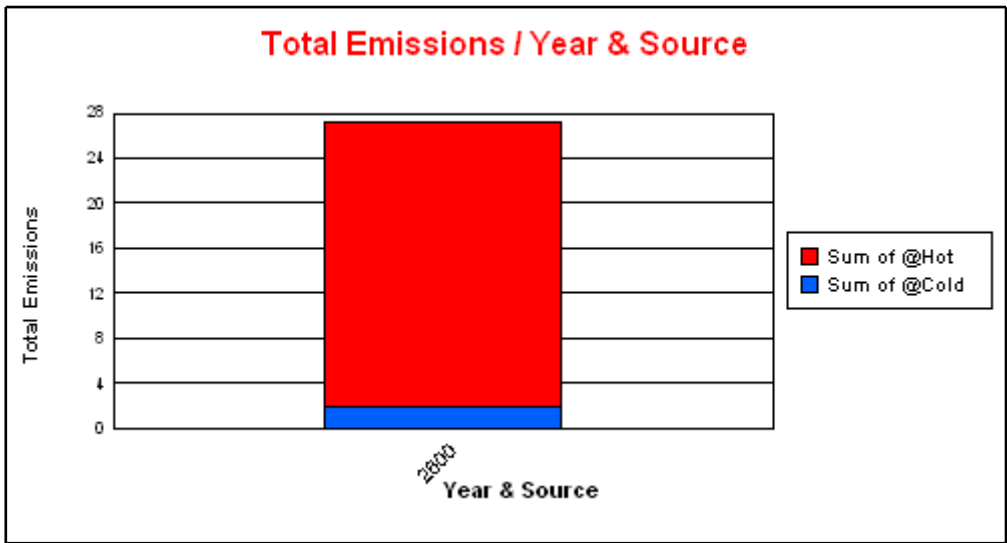
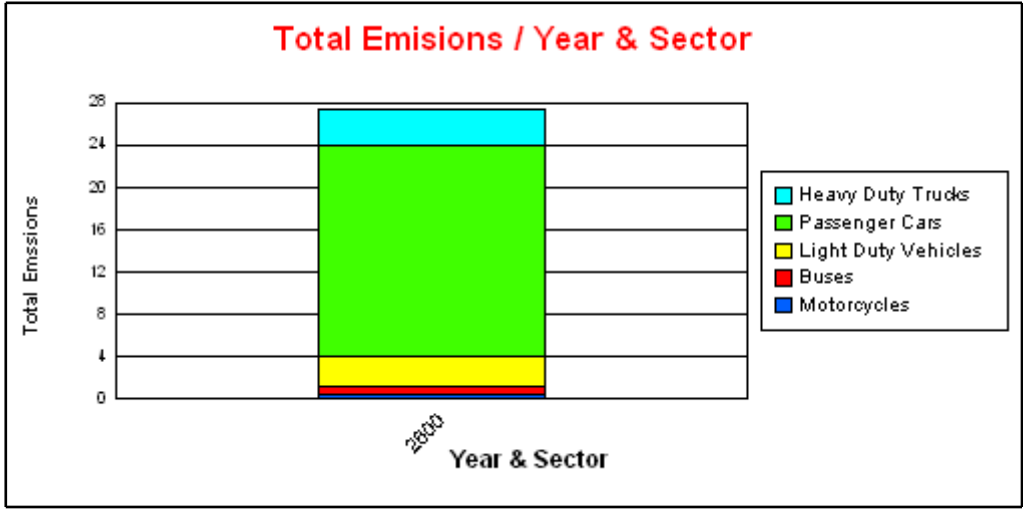
Emission Results - Source oriented

Nickel

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
Nickel	2600		25,43	1,82	27,26
		Passenger Cars	18,37	1,63	20,00
		Gasoline <1,4 l	7,80	0,81	8,61
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	1,58	0,18	1,76
		Gasoline >2,0 l	0,17	0,02	0,19
		Diesel <2,0 l	7,31	0,51	7,82
		Diesel >2,0 l	1,52	0,11	1,62
		LPG	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	2,62	0,20	2,82
		Gasoline <3,5t	0,19	0,02	0,21
		Diesel <3,5 t	2,44	0,17	2,61
		Heavy Duty Trucks	3,35	0,00	3,35
		Gasoline >3,5 t	0,02	0,00	0,02
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	0,72	0,00	0,72
		Rigid >32 t	0,02	0,00	0,02
		Rigid 12 - 14 t	0,16	0,00	0,16
		Rigid 14 - 20 t	0,49	0,00	0,49
		Rigid 20 - 26 t	1,12	0,00	1,12
		Rigid 26 - 28 t	0,01	0,00	0,01
		Rigid 28 - 32 t	0,25	0,00	0,25
		Rigid 7,5 - 12 t	0,56	0,00	0,56
		Buses	0,69	0,00	0,69
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	0,65	0,00	0,65
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,03	0,00	0,03
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,02	0,00	0,02
		Motorcycles	0,40	0,00	0,40
		2-stroke >50 cm ³	0,09	0,00	0,09
		4-stroke <250 cm ³	0,10	0,00	0,10
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,14	0,00	0,14
		4-stroke >750 cm ³	0,06	0,00	0,06



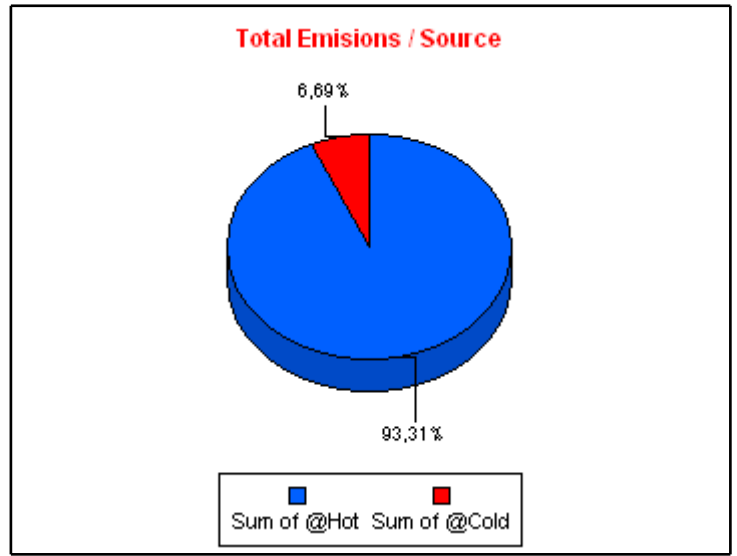
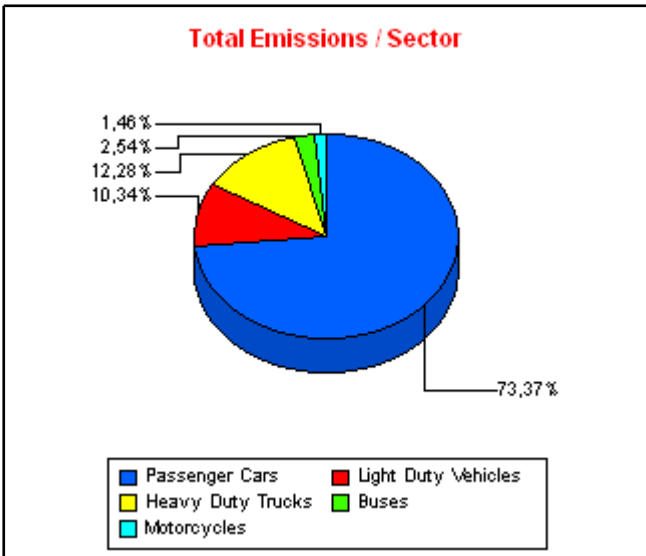
Nickel



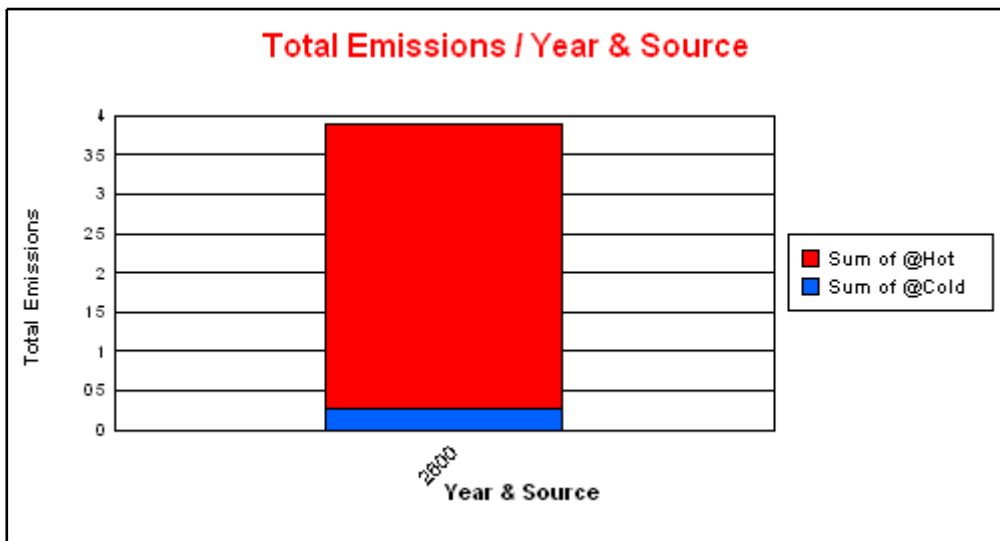
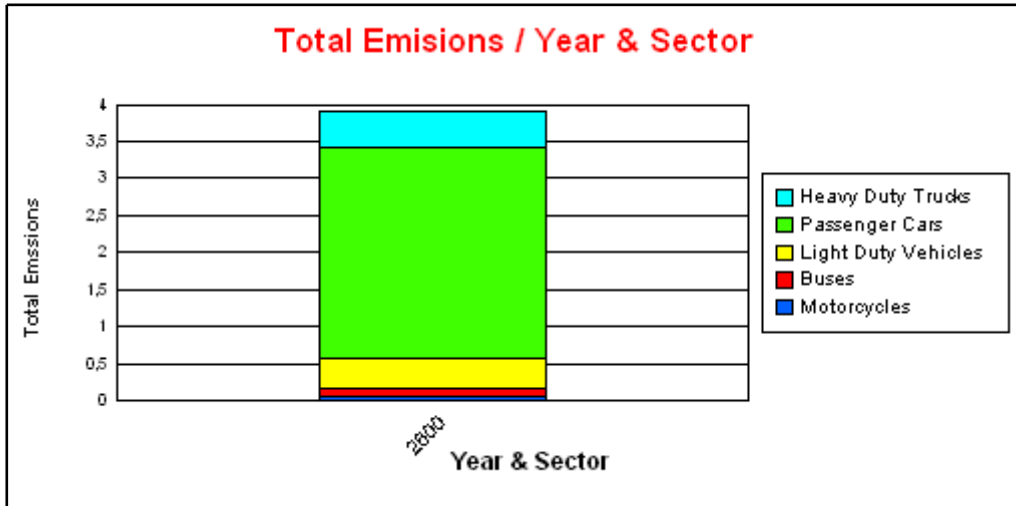
Emission Results - Source oriented

Selenium

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
Selenium	2600		3,63	0,26	3,89
		Passenger Cars	2,62	0,23	2,86
		Gasoline <1,4 l	1,11	0,12	1,23
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,23	0,03	0,25
		Gasoline >2,0 l	0,02	0,00	0,03
		Diesel <2,0 l	1,04	0,07	1,12
		Diesel >2,0 l	0,22	0,02	0,23
		LPG	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	0,37	0,03	0,40
		Gasoline <3,5t	0,03	0,00	0,03
		Diesel <3,5 t	0,35	0,02	0,37
		Heavy Duty Trucks	0,48	0,00	0,48
		Gasoline >3,5 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	0,10	0,00	0,10
		Rigid >32 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid 12 - 14 t	0,02	0,00	0,02
		Rigid 14 - 20 t	0,07	0,00	0,07
		Rigid 20 - 26 t	0,16	0,00	0,16
		Rigid 26 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid 28 - 32 t	0,04	0,00	0,04
		Rigid 7,5 - 12 t	0,08	0,00	0,08
		Buses	0,10	0,00	0,10
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	0,09	0,00	0,09
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,00	0,00	0,00
		Motorcycles	0,06	0,00	0,06
		2-stroke >50 cm ³	0,01	0,00	0,01
		4-stroke <250 cm ³	0,01	0,00	0,01
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,02	0,00	0,02
		4-stroke >750 cm ³	0,01	0,00	0,01



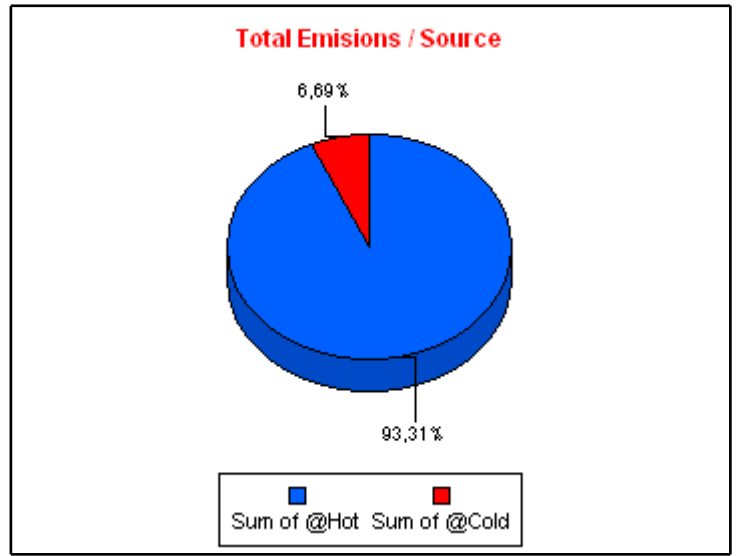
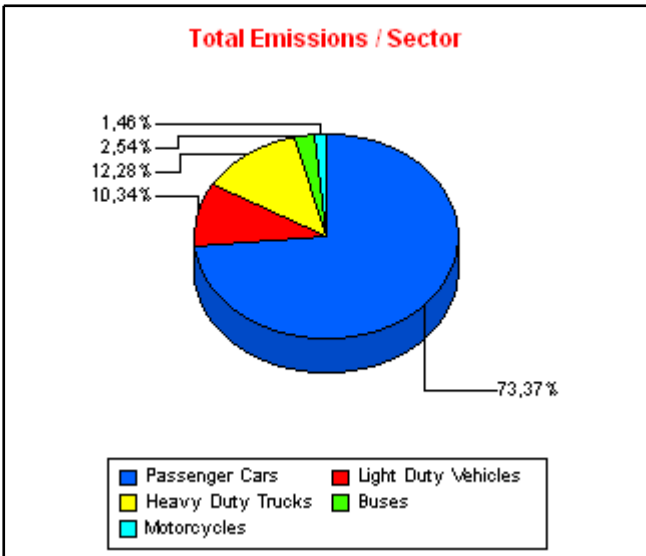
Selenium



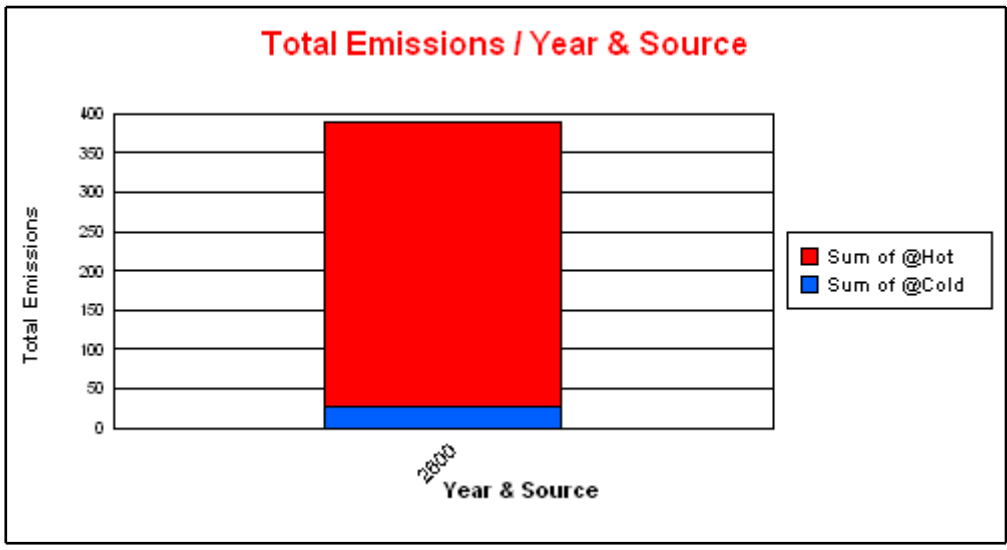
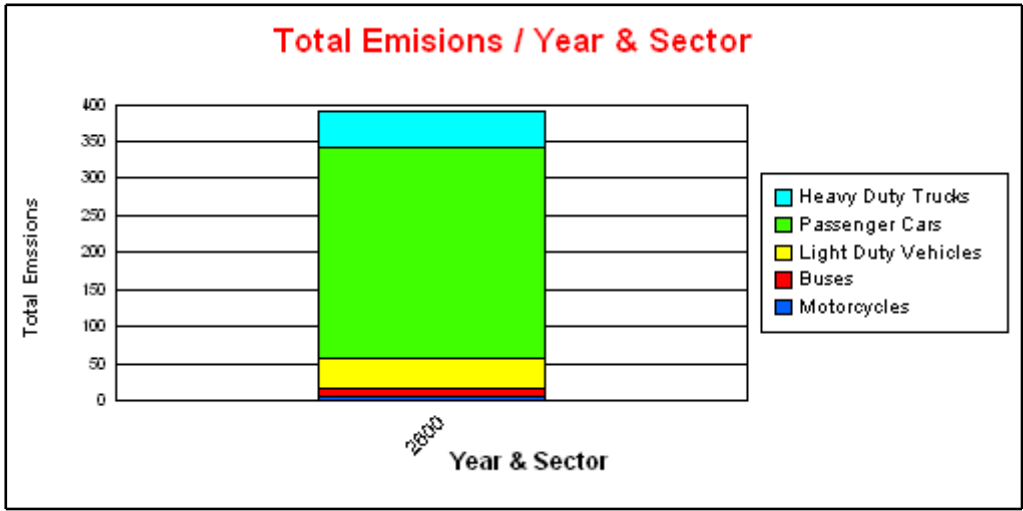
Emission Results - Source oriented

Zinc

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	HOT [t]	COLD START [t]	TOTAL [t]
Zinc	2600		363,33	26,05	389,38
		Passenger Cars	262,48	23,22	285,70
		Gasoline <1,4 l	111,42	11,56	122,98
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	22,60	2,54	25,14
		Gasoline >2,0 l	2,40	0,27	2,67
		Diesel <2,0 l	104,38	7,33	111,71
		Diesel >2,0 l	21,69	1,51	23,20
		LPG	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	37,45	2,83	40,28
		Gasoline <3,5t	2,64	0,34	2,98
		Diesel <3,5 t	34,80	2,49	37,29
		Heavy Duty Trucks	47,81	0,00	47,81
		Gasoline >3,5 t	0,30	0,00	0,30
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	10,35	0,00	10,35
		Rigid >32 t	0,22	0,00	0,22
		Rigid 12 - 14 t	2,25	0,00	2,25
		Rigid 14 - 20 t	7,06	0,00	7,06
		Rigid 20 - 26 t	15,98	0,00	15,98
		Rigid 26 - 28 t	0,13	0,00	0,13
		Rigid 28 - 32 t	3,55	0,00	3,55
		Rigid 7,5 - 12 t	7,97	0,00	7,97
		Buses	9,89	0,00	9,89
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	9,27	0,00	9,27
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,37	0,00	0,37
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,25	0,00	0,25
		Motorcycles	5,69	0,00	5,69
		2-stroke >50 cm ³	1,35	0,00	1,35
		4-stroke <250 cm ³	1,48	0,00	1,48
		4-stroke 250 - 750 cm ³	2,05	0,00	2,05
		4-stroke >750 cm ³	0,81	0,00	0,81



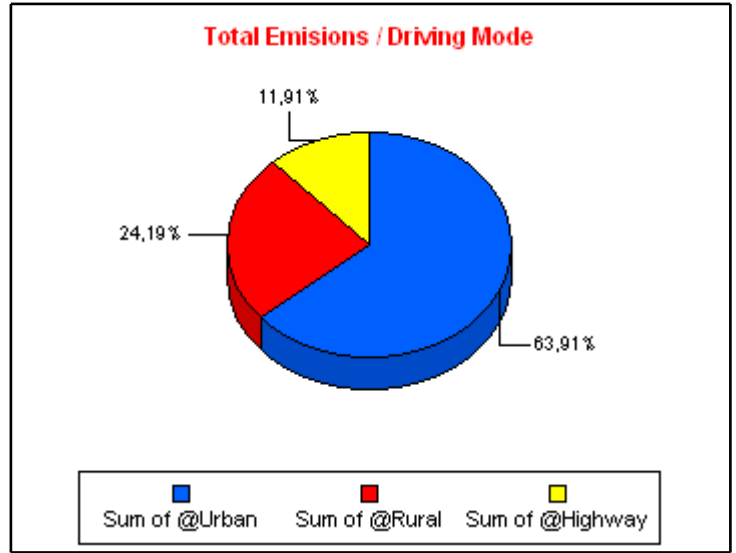
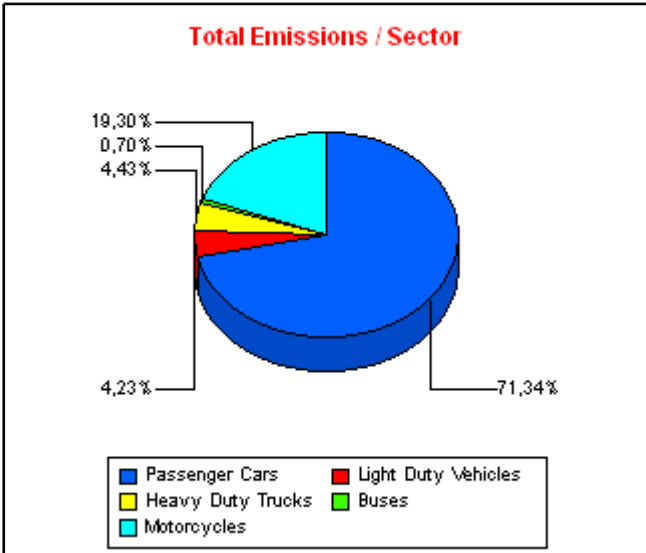
Zinc



Emission Results - Driving Mode oriented

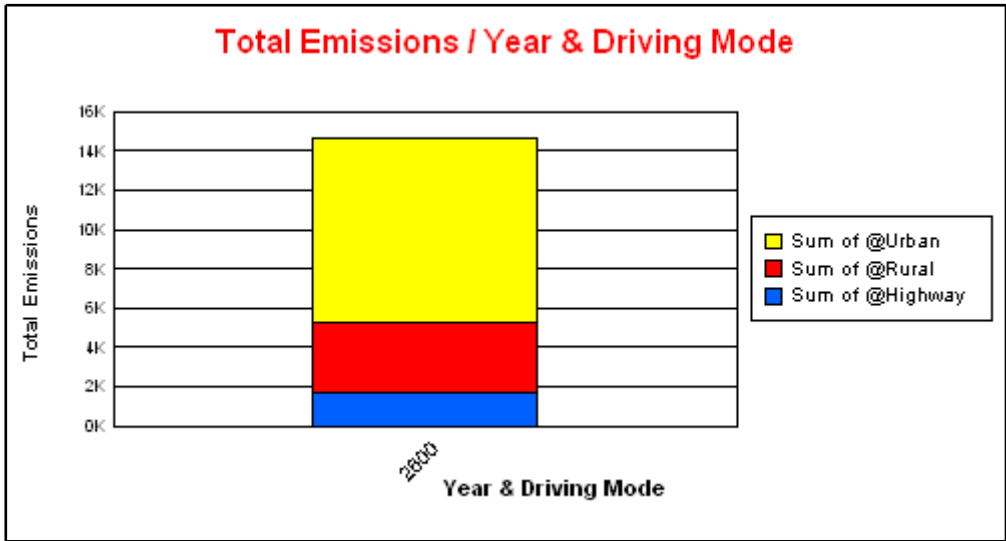
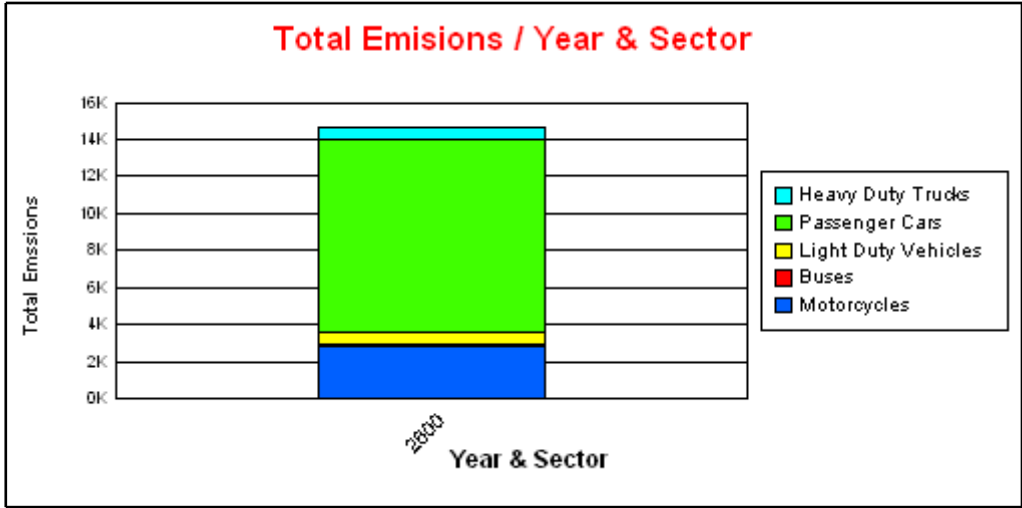
CO

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
CO	2600		9.353,36	3.539,89	1.742,42	14.635,67
		Passenger Cars	7.196,74	2.025,37	1.218,85	10.440,96
		Gasoline <1,4 l	6.052,74	1.323,67	390,56	7.766,97
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	637,77	409,49	140,18	1.187,44
		Gasoline >2,0 l	35,09	30,92	14,99	81,00
		Diesel <2,0 l	85,32	106,36	20,72	212,40
		Diesel >2,0 l	22,48	44,72	9,92	77,12
		LPG	363,33	110,21	642,49	1.116,03
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	321,66	194,34	103,75	619,75
		Gasoline <3,5t	184,07	43,19	26,08	253,34
		Diesel <3,5 t	137,59	151,15	77,67	366,41
		Heavy Duty Trucks	148,32	274,31	226,09	648,71
		Gasoline >3,5 t	17,15	44,91	31,43	93,49
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	42,24	87,59	36,26	166,09
		Rigid >32 t	0,37	0,54	1,02	1,94
		Rigid 12 - 14 t	8,05	12,21	9,89	30,15
		Rigid 14 - 20 t	21,51	33,74	34,93	90,19
		Rigid 20 - 26 t	27,08	46,11	66,69	139,88
		Rigid 26 - 28 t	0,23	0,39	0,56	1,17
		Rigid 28 - 32 t	4,91	8,98	13,03	26,92
		Rigid 7,5 - 12 t	26,78	39,84	32,28	98,89
		Buses	60,91	41,32	0,00	102,23
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	50,10	40,88	0,00	90,98
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	6,45	0,24	0,00	6,69
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	4,36	0,20	0,00	4,57
		Motorcycles	1.625,74	1.004,55	193,73	2.824,02
		2-stroke >50 cm ³	454,75	319,07	55,88	829,69
		4-stroke <250 cm ³	527,43	307,48	63,68	898,59
		4-stroke 250 - 750 cm ³	529,81	310,78	59,56	900,15
		4-stroke >750 cm ³	113,75	67,22	14,62	195,59



Emission Results - Driving Mode oriented

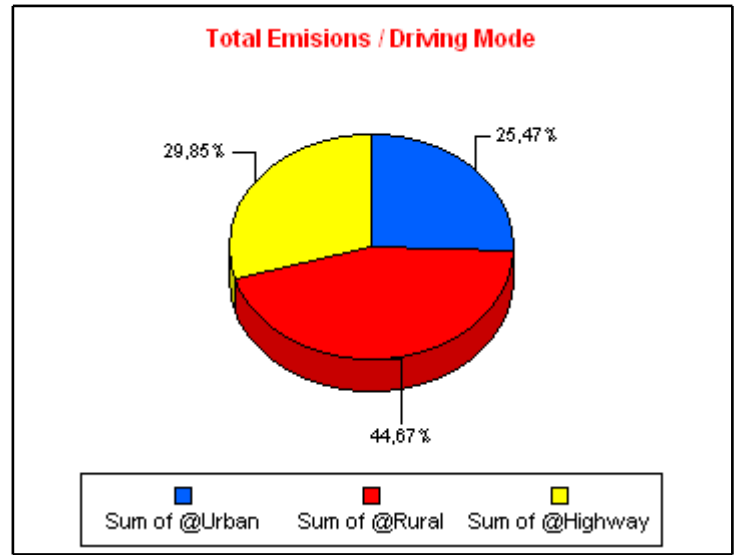
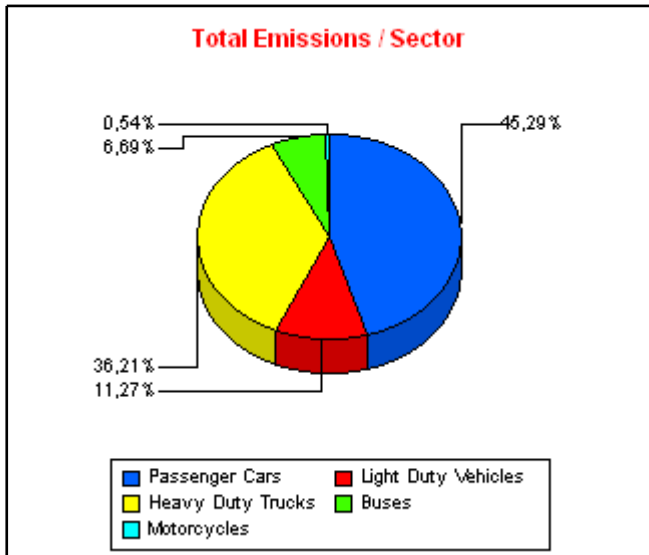
CO



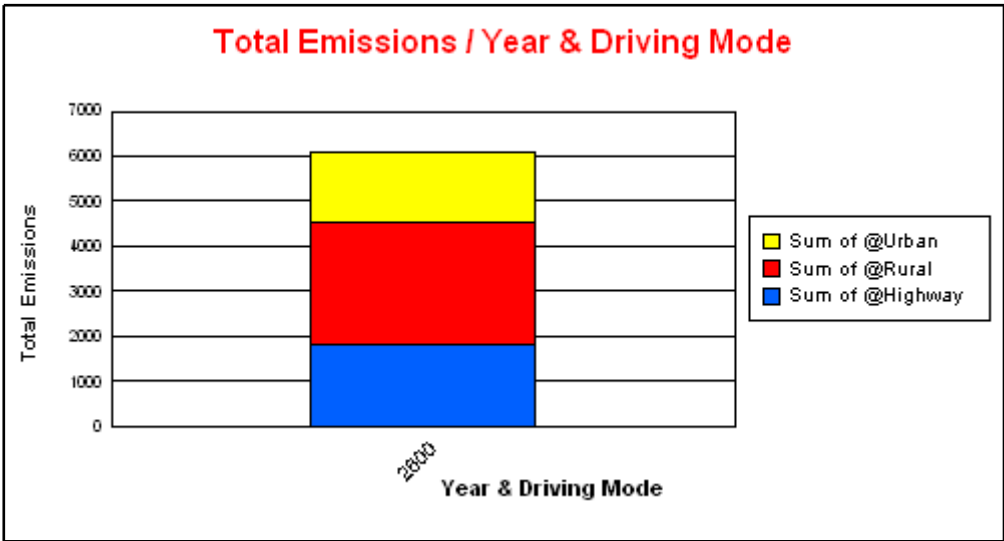
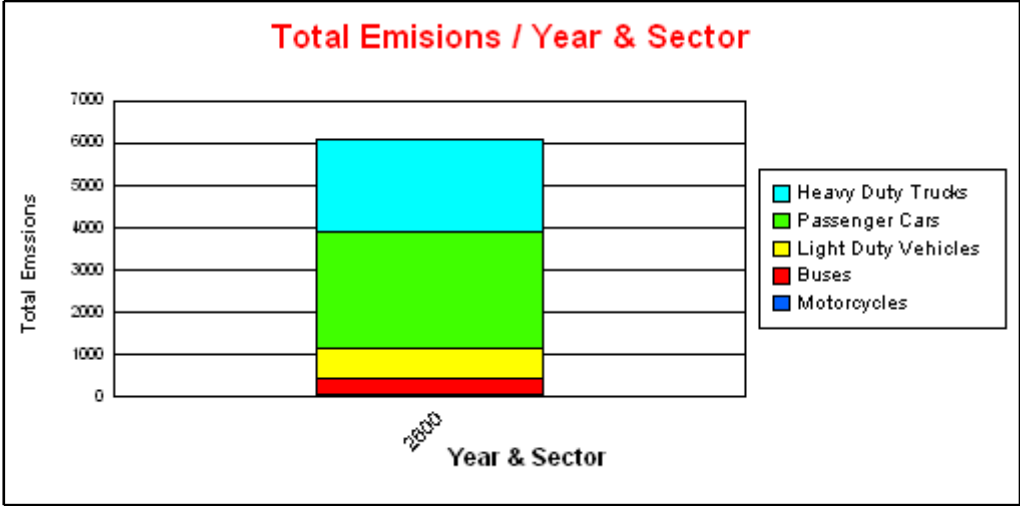
Emission Results - Driving Mode oriented

NOX

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
NOX	2600		1.553,43	2.724,22	1.820,46	6.098,11
		Passenger Cars	683,69	1.286,35	791,89	2.761,93
		Gasoline <1,4 l	352,09	411,94	198,15	962,18
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	37,82	99,32	69,53	206,67
		Gasoline >2,0 l	2,37	7,68	7,18	17,23
		Diesel <2,0 l	204,10	548,45	396,51	1.149,06
		Diesel >2,0 l	34,65	123,09	34,76	192,49
		LPG	52,66	95,87	85,76	234,30
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	267,18	288,82	131,10	687,10
		Gasoline <3,5t	6,71	15,73	6,68	29,12
		Diesel <3,5 t	260,47	273,10	124,41	657,98
		Heavy Duty Trucks	382,42	931,90	893,56	2.207,88
		Gasoline >3,5 t	1,14	6,32	4,43	11,89
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	87,55	263,72	88,12	439,39
		Rigid >32 t	1,56	3,11	5,90	10,57
		Rigid 12 - 14 t	24,05	52,29	47,18	123,52
		Rigid 14 - 20 t	62,58	137,07	149,37	349,02
		Rigid 20 - 26 t	108,22	246,68	366,68	721,58
		Rigid 26 - 28 t	0,91	2,12	3,14	6,17
		Rigid 28 - 32 t	19,07	43,74	63,83	126,64
		Rigid 7,5 - 12 t	77,33	176,85	164,92	419,10
		Buses	205,94	202,27	0,00	408,21
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	180,14	200,83	0,00	380,97
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	13,85	0,59	0,00	14,44
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	11,95	0,85	0,00	12,80
		Motorcycles	14,20	14,88	3,91	32,99
		2-stroke >50 cm ³	1,03	0,96	0,31	2,29
		4-stroke <250 cm ³	5,21	5,12	1,33	11,66
		4-stroke 250 - 750 cm ³	6,24	6,40	1,58	14,22
		4-stroke >750 cm ³	1,72	2,41	0,69	4,82



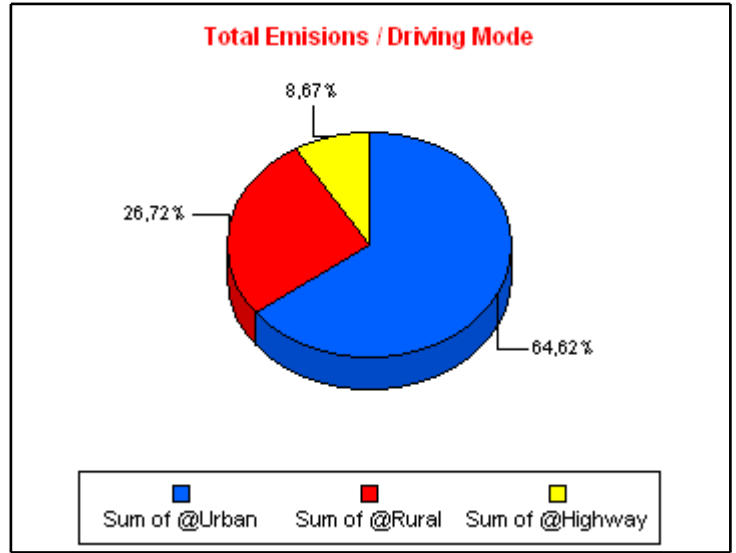
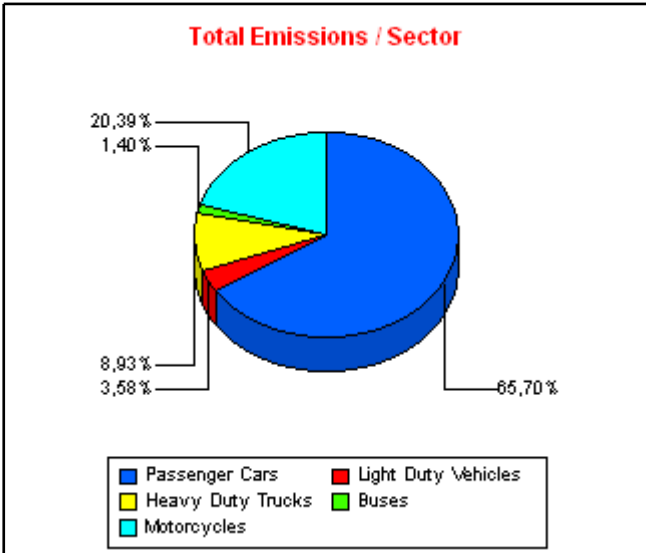
NOX



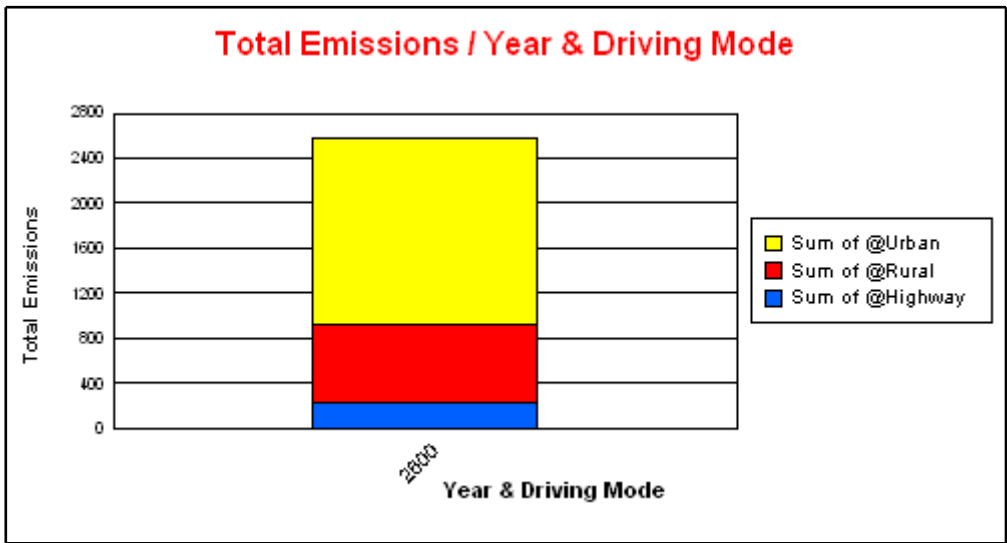
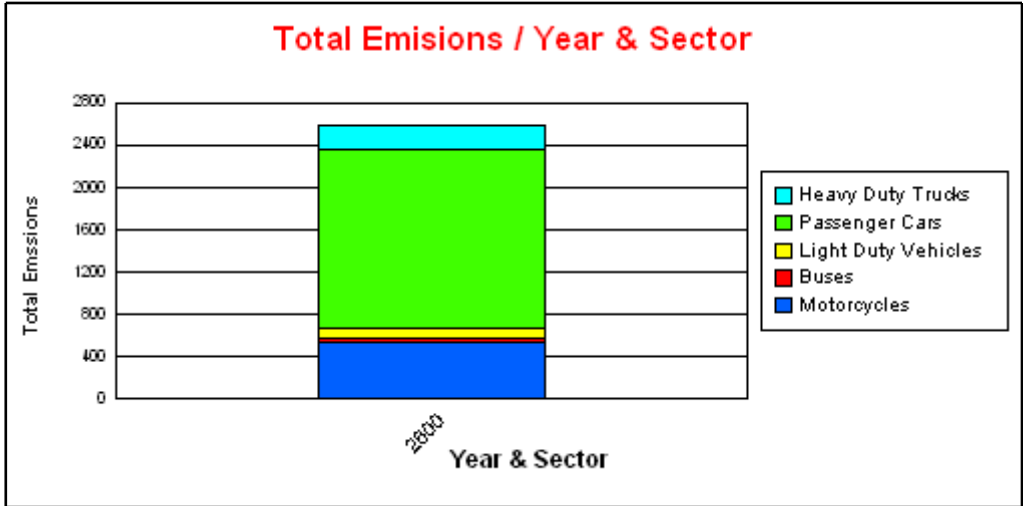
Emission Results - Driving Mode oriented

VOC

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
VOC	2600		1.671,84	691,31	224,24	2.587,38
		Passenger Cars	1.178,77	403,17	117,87	1.699,80
		Gasoline <1,4 l	931,29	270,57	74,50	1.276,35
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	116,78	62,76	16,91	196,46
		Gasoline >2,0 l	6,47	4,51	1,50	12,47
		Diesel <2,0 l	15,97	23,33	6,01	45,31
		Diesel >2,0 l	7,25	14,75	4,48	26,47
		LPG	101,01	27,25	14,48	142,74
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	48,45	33,37	10,75	92,57
		Gasoline <3,5t	19,10	5,25	1,36	25,72
		Diesel <3,5 t	29,34	28,12	9,39	66,85
		Heavy Duty Trucks	67,47	91,83	71,79	231,10
		Gasoline >3,5 t	1,77	4,63	2,06	8,45
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	28,51	37,28	20,59	86,38
		Rigid >32 t	0,13	0,16	0,28	0,57
		Rigid 12 - 14 t	3,73	4,70	3,45	11,87
		Rigid 14 - 20 t	9,96	13,91	13,66	37,53
		Rigid 20 - 26 t	9,70	13,99	18,39	42,09
		Rigid 26 - 28 t	0,08	0,13	0,16	0,37
		Rigid 28 - 32 t	1,29	2,01	2,70	5,99
		Rigid 7,5 - 12 t	12,30	15,03	10,50	37,83
		Buses	22,82	13,47	0,00	36,28
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	17,42	13,23	0,00	30,65
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	3,71	0,16	0,00	3,87
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	1,69	0,07	0,00	1,77
		Motorcycles	354,33	149,47	23,84	527,63
		2-stroke >50 cm ³	220,42	108,59	15,64	344,65
		4-stroke <250 cm ³	54,70	17,07	3,54	75,30
		4-stroke 250 - 750 cm ³	56,82	17,51	3,54	77,87
		4-stroke >750 cm ³	22,40	6,30	1,11	29,81



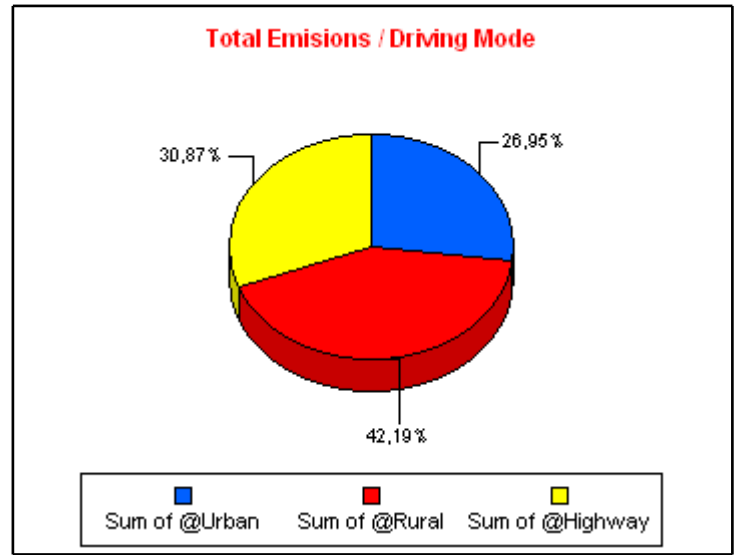
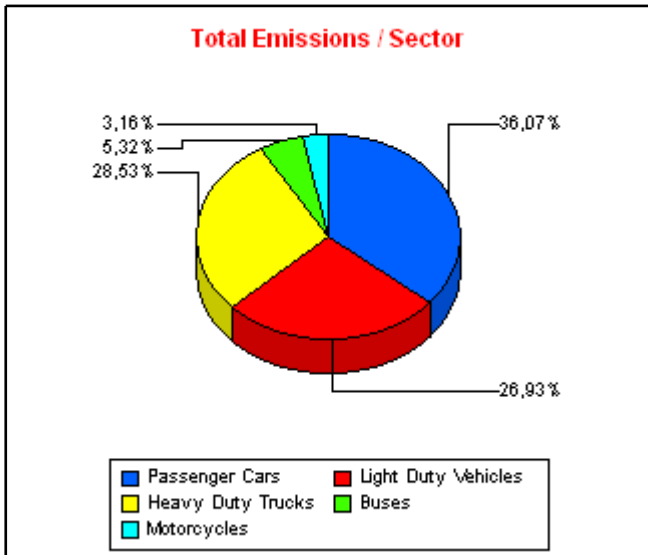
VOC



Emission Results - Driving Mode oriented

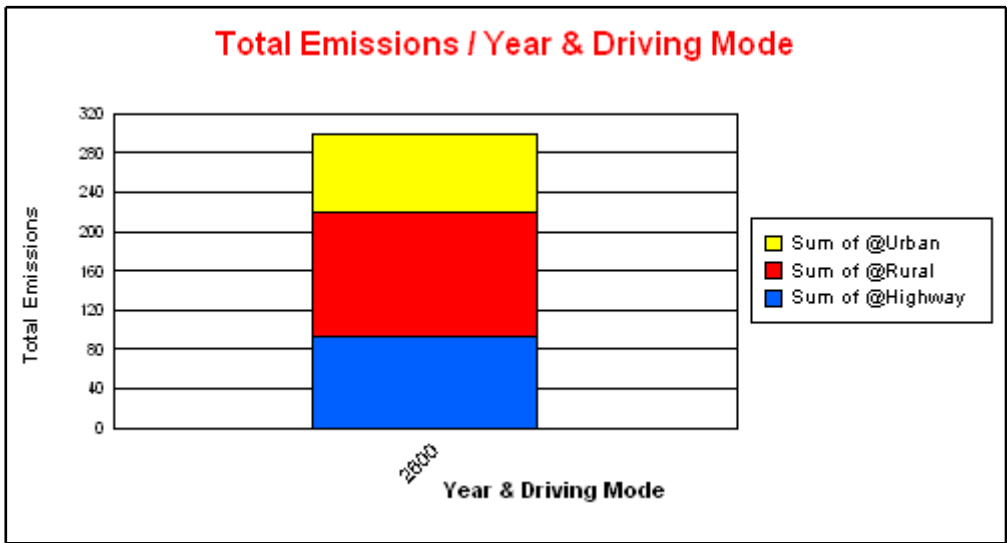
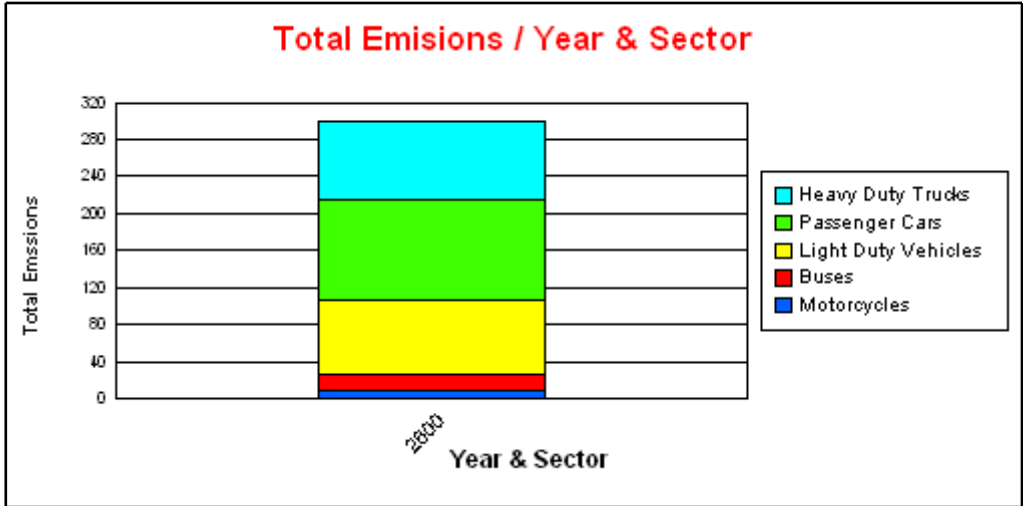
PM

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
PM	2600		80,74	126,40	92,49	299,63
		Passenger Cars	19,44	44,04	44,59	108,06
		Gasoline <1,4 l	1,45	1,30	0,46	3,21
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,15	0,25	0,15	0,55
		Gasoline >2,0 l	0,01	0,02	0,01	0,04
		Diesel <2,0 l	13,20	29,88	28,92	72,01
		Diesel >2,0 l	4,63	12,59	15,04	32,26
		LPG	0,00	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	26,34	36,61	17,73	80,68
		Gasoline <3,5t	0,02	0,02	0,01	0,05
		Diesel <3,5 t	26,32	36,59	17,72	80,63
		Heavy Duty Trucks	20,12	35,67	29,70	85,48
		Gasoline >3,5 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	6,84	14,05	5,05	25,94
		Rigid >32 t	0,07	0,11	0,21	0,39
		Rigid 12 - 14 t	1,16	1,78	1,44	4,37
		Rigid 14 - 20 t	2,99	4,74	4,90	12,64
		Rigid 20 - 26 t	4,66	8,26	11,98	24,91
		Rigid 26 - 28 t	0,04	0,08	0,11	0,23
		Rigid 28 - 32 t	0,49	0,88	1,34	2,70
		Rigid 7,5 - 12 t	3,87	5,76	4,67	14,30
		Buses	9,16	6,77	0,00	15,93
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	7,52	6,71	0,00	14,22
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	1,01	0,04	0,00	1,04
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,64	0,03	0,00	0,66
		Motorcycles	5,69	3,32	0,47	9,48
		2-stroke >50 cm ³	4,32	2,52	0,36	7,20
		4-stroke <250 cm ³	0,57	0,33	0,05	0,94
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,61	0,36	0,05	1,02
		4-stroke >750 cm ³	0,18	0,11	0,02	0,31



Emission Results - Driving Mode oriented

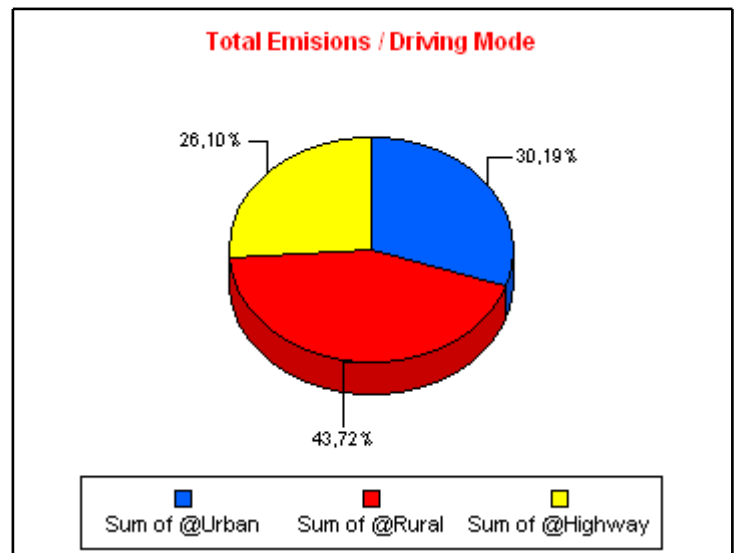
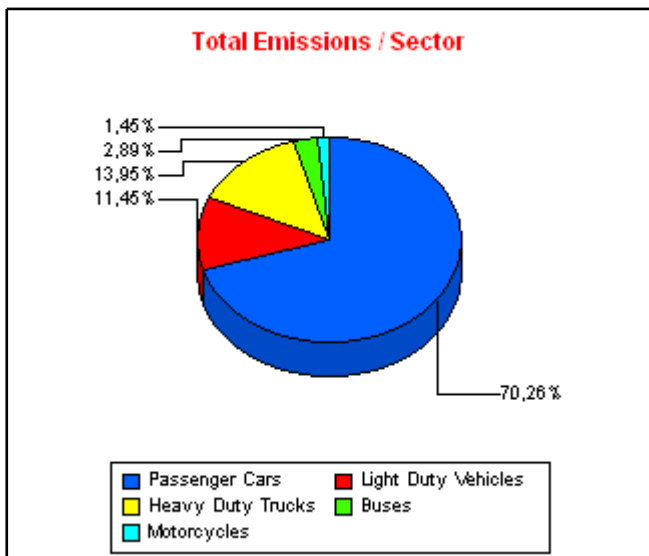
PM



Emission Results - Driving Mode oriented

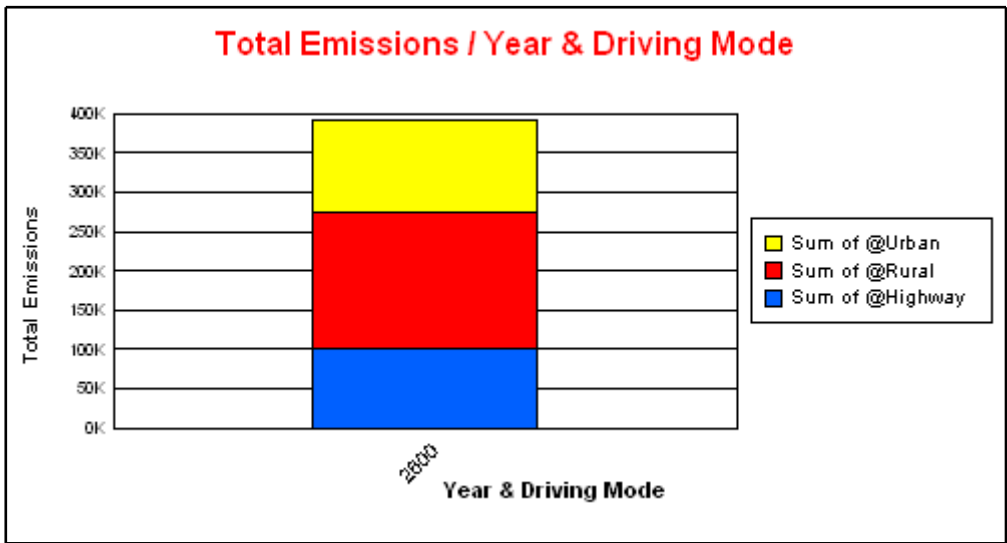
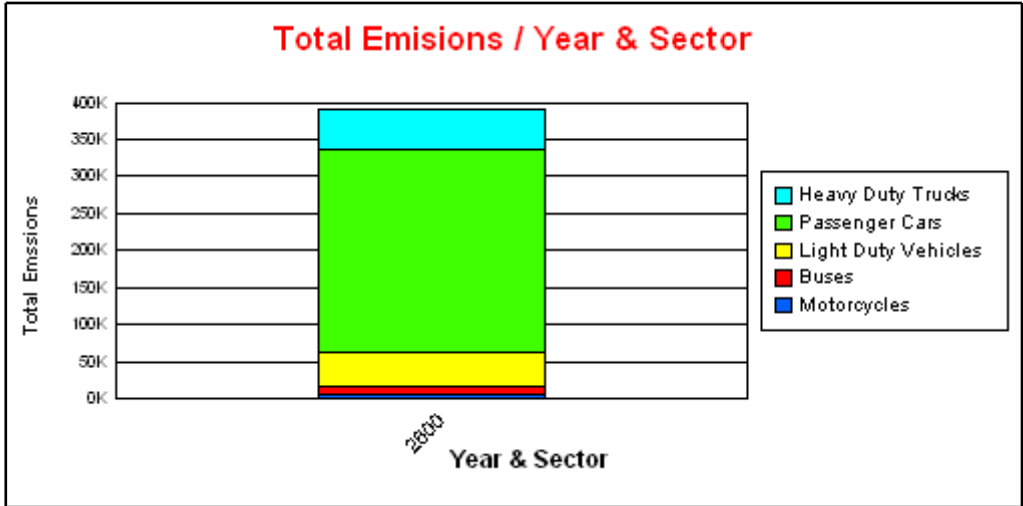
FC

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
FC	2600		118.162,05	171.131,04	102.165,57	391.458,66
		Passenger Cars	82.860,47	121.505,03	70.654,38	275.019,88
		Gasoline <1,4 l	42.379,50	34.513,83	12.649,18	89.542,51
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	5.383,11	7.980,11	4.604,10	17.967,32
		Gasoline >2,0 l	579,29	801,67	503,69	1.884,65
		Diesel <2,0 l	26.547,92	63.082,61	38.044,15	127.674,68
		Diesel >2,0 l	3.645,68	11.612,95	11.262,28	26.520,91
		LPG	4.324,97	3.513,86	3.590,98	11.429,81
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	15.913,75	19.631,97	9.291,64	44.837,36
		Gasoline <3,5t	951,39	928,59	332,69	2.212,66
		Diesel <3,5 t	14.962,36	18.703,38	8.958,96	42.624,70
		Heavy Duty Trucks	10.164,66	22.596,75	21.840,02	54.601,43
		Gasoline >3,5 t	61,43	136,50	105,11	303,03
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	2.463,26	6.833,13	2.536,65	11.833,04
		Rigid >32 t	39,88	71,95	136,40	248,24
		Rigid 12 - 14 t	549,85	1.061,68	959,19	2.570,72
		Rigid 14 - 20 t	1.577,06	3.116,22	3.375,54	8.068,82
		Rigid 20 - 26 t	2.957,10	6.176,53	9.134,52	18.268,15
		Rigid 26 - 28 t	24,21	50,94	74,97	150,13
		Rigid 28 - 32 t	606,92	1.390,06	2.054,73	4.051,72
		Rigid 7,5 - 12 t	1.884,95	3.759,73	3.462,90	9.107,57
		Buses	5.812,56	5.496,11	0,00	11.308,67
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	5.134,05	5.459,45	0,00	10.593,50
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	406,69	19,18	0,00	425,87
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	271,82	17,48	0,00	289,30
		Motorcycles	3.410,61	1.901,18	379,53	5.691,32
		2-stroke >50 cm ³	798,81	472,17	79,79	1.350,76
		4-stroke <250 cm ³	827,42	526,66	126,40	1.480,47
		4-stroke 250 - 750 cm ³	1.251,55	663,23	131,72	2.046,50
		4-stroke >750 cm ³	532,84	239,12	41,62	813,58



Emission Results - Driving Mode oriented

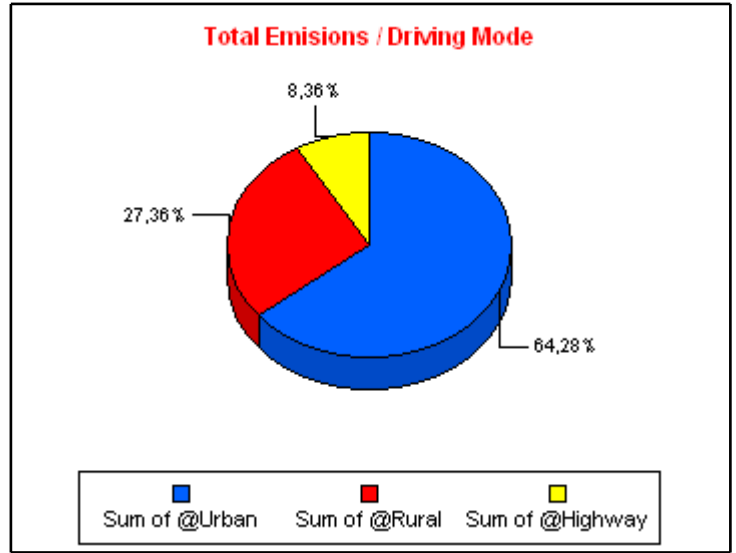
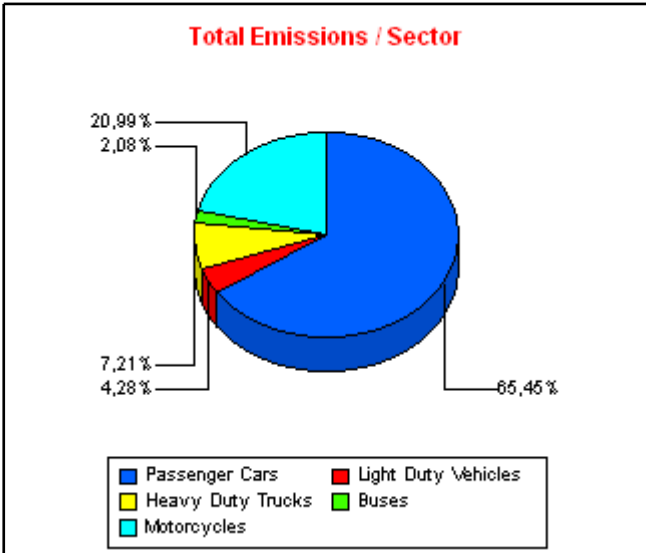
FC



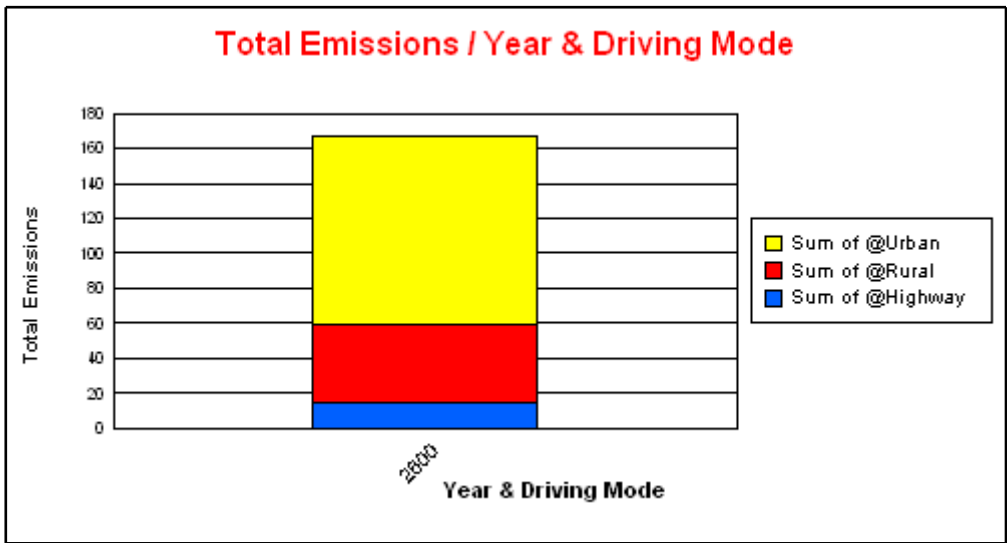
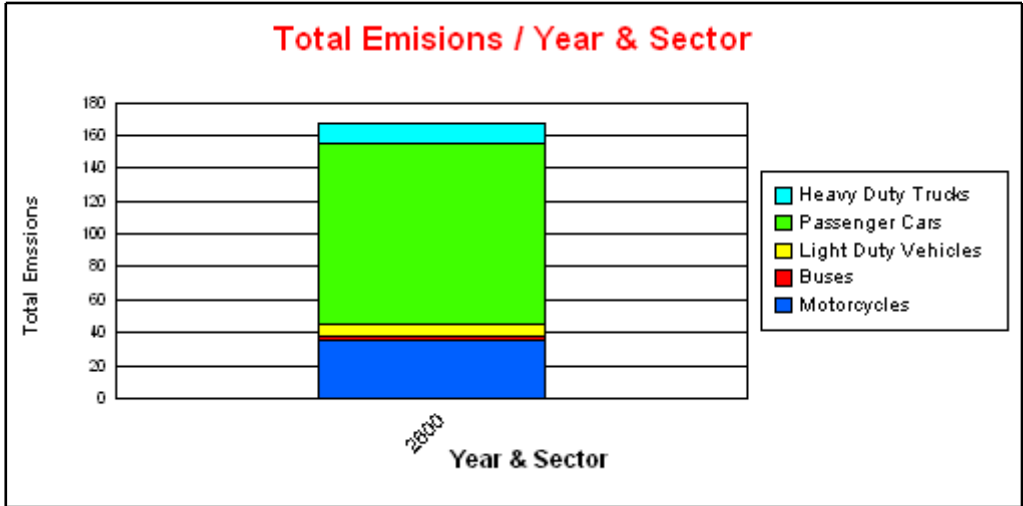
Emission Results - Driving Mode oriented

CH4

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
CH4	2600		107,20	45,62	13,93	166,76
		Passenger Cars	76,39	25,40	7,35	109,14
		Gasoline <1,4 l	58,97	15,41	4,06	78,44
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	6,56	3,79	1,35	11,70
		Gasoline >2,0 l	0,39	0,27	0,13	0,78
		Diesel <2,0 l	2,63	2,33	0,30	5,25
		Diesel >2,0 l	0,80	1,50	0,40	2,70
		LPG	7,04	2,10	1,12	10,26
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	4,39	2,29	0,46	7,13
		Gasoline <3,5t	0,87	0,35	0,08	1,30
		Diesel <3,5 t	3,51	1,94	0,38	5,83
		Heavy Duty Trucks	3,52	4,13	4,37	12,02
		Gasoline >3,5 t	0,04	0,10	0,04	0,18
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	1,08	0,97	0,59	2,64
		Rigid >32 t	0,01	0,02	0,03	0,07
		Rigid 12 - 14 t	0,18	0,15	0,11	0,44
		Rigid 14 - 20 t	0,37	0,32	0,31	1,00
		Rigid 20 - 26 t	1,07	1,79	2,52	5,38
		Rigid 26 - 28 t	0,01	0,02	0,02	0,05
		Rigid 28 - 32 t	0,10	0,22	0,32	0,64
		Rigid 7,5 - 12 t	0,66	0,54	0,42	1,62
		Buses	1,90	1,56	0,00	3,46
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	1,58	1,56	0,00	3,14
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,20	0,00	0,00	0,20
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,12	0,00	0,00	0,12
		Motorcycles	21,00	12,25	1,75	35,00
		2-stroke >50 cm ³	4,27	2,49	0,36	7,12
		4-stroke <250 cm ³	6,74	3,93	0,56	11,24
		4-stroke 250 - 750 cm ³	7,74	4,51	0,64	12,90
		4-stroke >750 cm ³	2,25	1,31	0,19	3,74



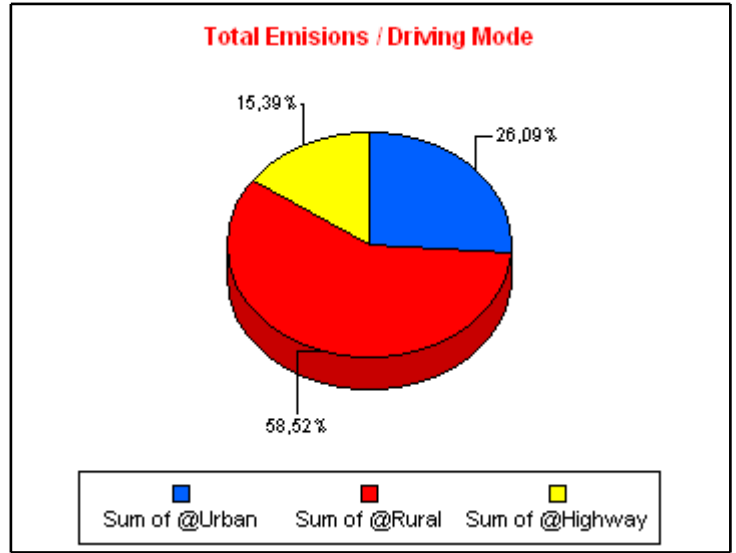
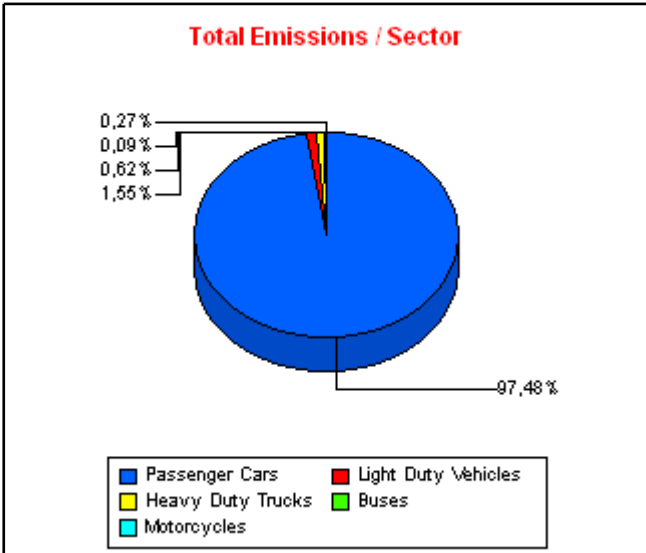
CH4



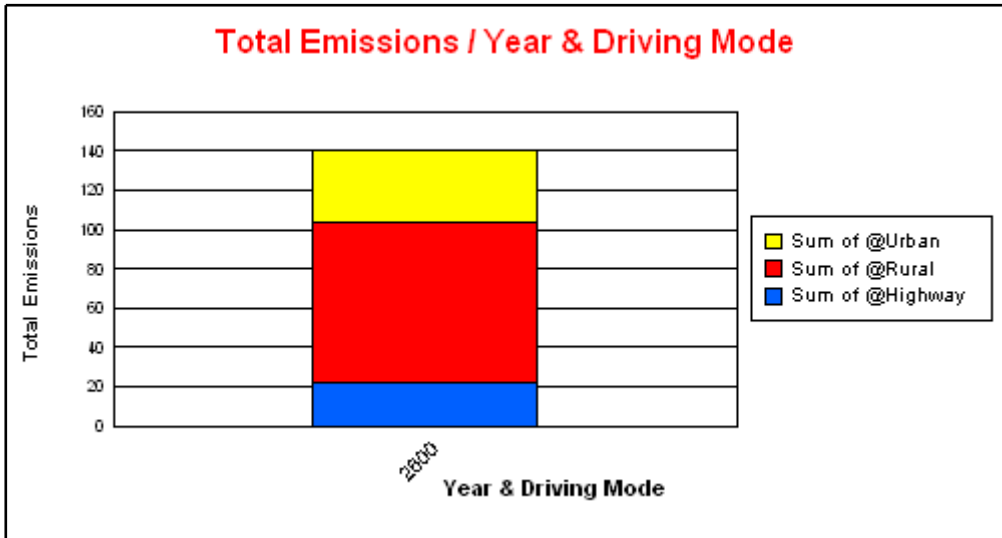
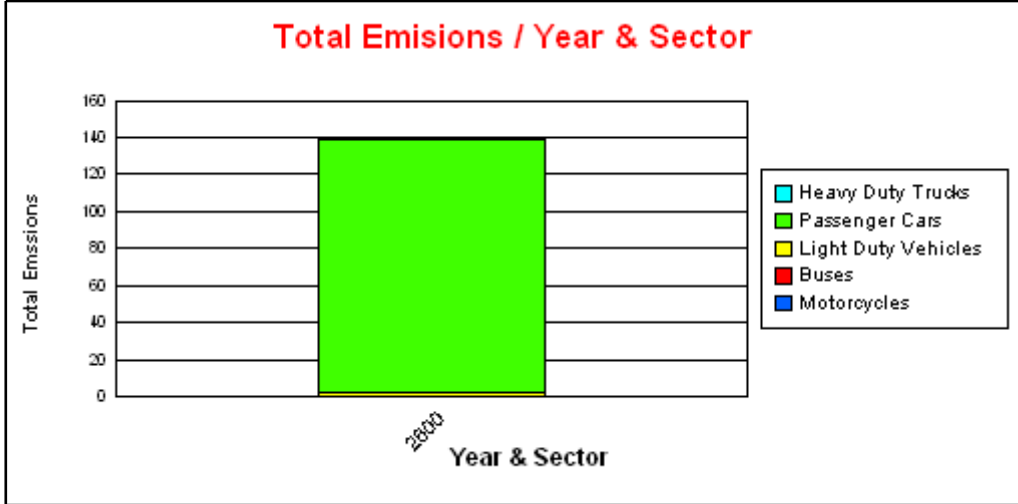
Emission Results - Driving Mode oriented

NH3

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
NH3	2600		36,56	82,01	21,57	140,14
		Passenger Cars	35,61	80,16	20,83	136,60
		Gasoline <1,4 l	30,66	64,82	14,70	110,18
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	4,35	13,30	5,00	22,64
		Gasoline >2,0 l	0,28	0,77	0,39	1,43
		Diesel <2,0 l	0,30	1,09	0,59	1,98
		Diesel >2,0 l	0,04	0,19	0,15	0,38
		LPG	0,00	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	0,56	1,26	0,34	2,17
		Gasoline <3,5t	0,42	0,96	0,23	1,62
		Diesel <3,5 t	0,14	0,30	0,11	0,55
		Heavy Duty Trucks	0,11	0,37	0,38	0,87
		Gasoline >3,5 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	0,04	0,13	0,09	0,27
		Rigid >32 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid 12 - 14 t	0,01	0,02	0,02	0,04
		Rigid 14 - 20 t	0,01	0,05	0,05	0,12
		Rigid 20 - 26 t	0,02	0,08	0,12	0,22
		Rigid 26 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid 28 - 32 t	0,00	0,02	0,02	0,05
		Rigid 7,5 - 12 t	0,03	0,08	0,07	0,17
		Buses	0,04	0,08	0,00	0,12
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	0,04	0,08	0,00	0,11
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Motorcycles	0,23	0,13	0,02	0,38
		2-stroke >50 cm ³	0,06	0,03	0,00	0,09
		4-stroke <250 cm ³	0,07	0,04	0,01	0,11
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,08	0,05	0,01	0,13
		4-stroke >750 cm ³	0,02	0,01	0,00	0,04



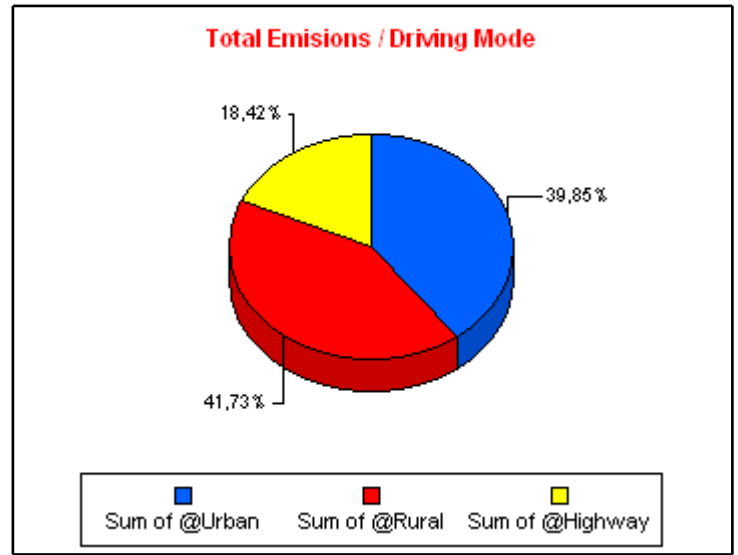
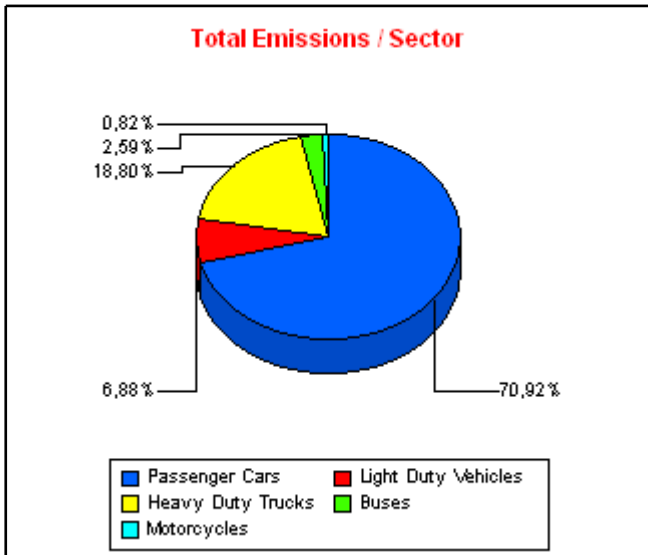
NH3



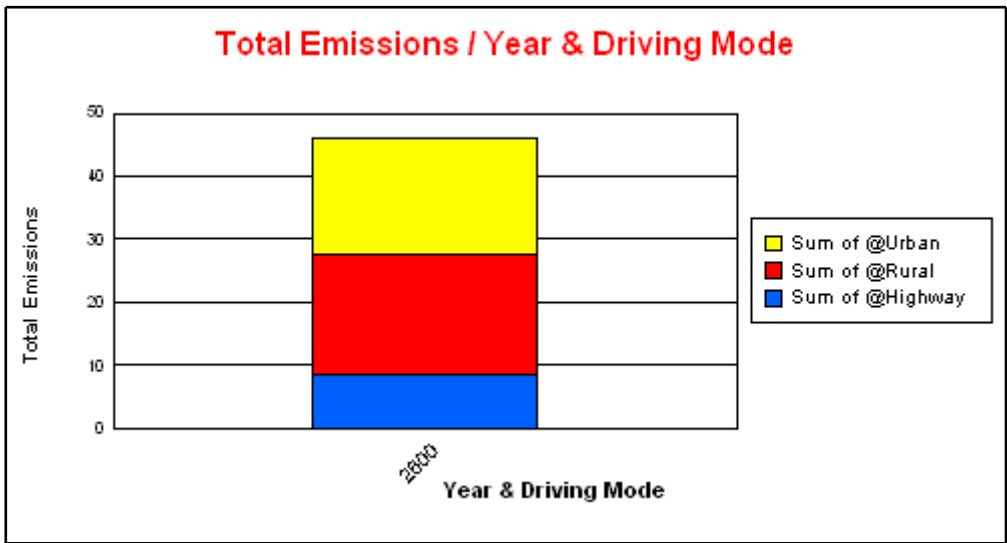
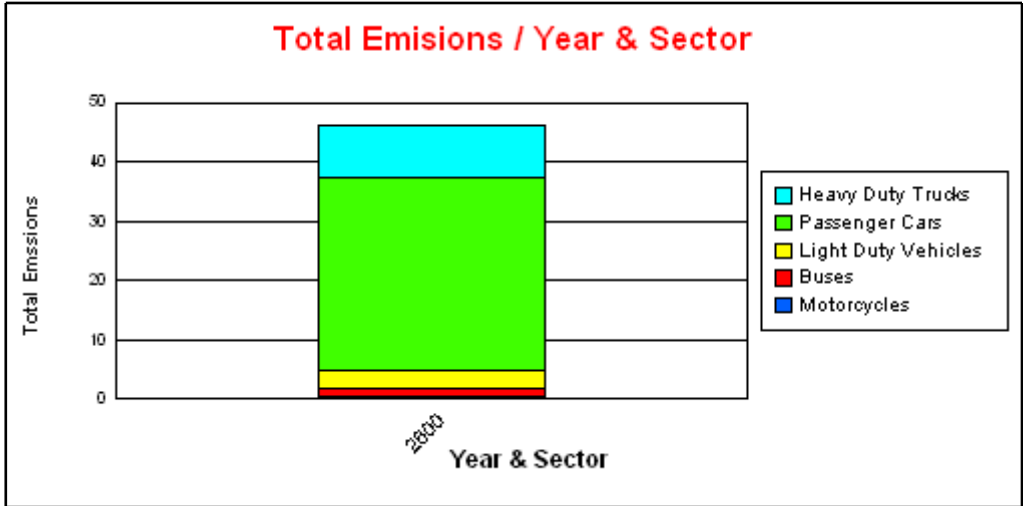
Emission Results - Driving Mode oriented

N2O

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
N2O	2600		18,37	19,24	8,49	46,10
		Passenger Cars	15,00	13,45	4,24	32,69
		Gasoline <1,4 l	6,45	3,73	0,76	10,95
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,78	0,96	0,24	1,98
		Gasoline >2,0 l	0,05	0,06	0,02	0,13
		Diesel <2,0 l	5,95	7,25	2,49	15,69
		Diesel >2,0 l	0,44	1,12	0,57	2,14
		LPG	1,32	0,33	0,15	1,80
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	1,57	1,18	0,42	3,17
		Gasoline <3,5t	0,29	0,17	0,08	0,54
		Diesel <3,5 t	1,28	1,01	0,34	2,63
		Heavy Duty Trucks	1,14	3,71	3,81	8,67
		Gasoline >3,5 t	0,00	0,01	0,00	0,01
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	0,40	1,33	0,93	2,67
		Rigid >32 t	0,00	0,01	0,01	0,02
		Rigid 12 - 14 t	0,06	0,19	0,17	0,43
		Rigid 14 - 20 t	0,15	0,47	0,53	1,15
		Rigid 20 - 26 t	0,22	0,78	1,23	2,24
		Rigid 26 - 28 t	0,00	0,01	0,01	0,02
		Rigid 28 - 32 t	0,05	0,16	0,25	0,45
		Rigid 7,5 - 12 t	0,25	0,75	0,67	1,67
		Buses	0,44	0,75	0,00	1,19
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	0,38	0,75	0,00	1,13
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,04	0,00	0,00	0,04
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,02	0,00	0,00	0,02
		Motorcycles	0,23	0,13	0,02	0,38
		2-stroke >50 cm ³	0,06	0,03	0,00	0,09
		4-stroke <250 cm ³	0,07	0,04	0,01	0,11
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,08	0,05	0,01	0,13
		4-stroke >750 cm ³	0,02	0,01	0,00	0,04



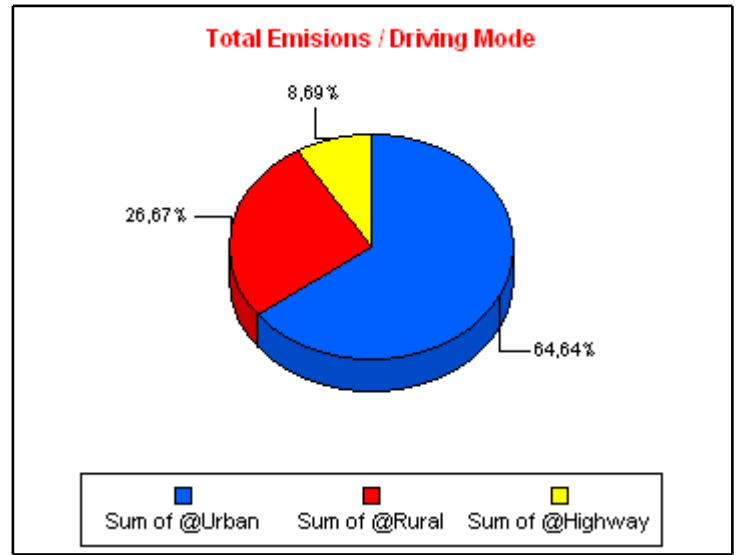
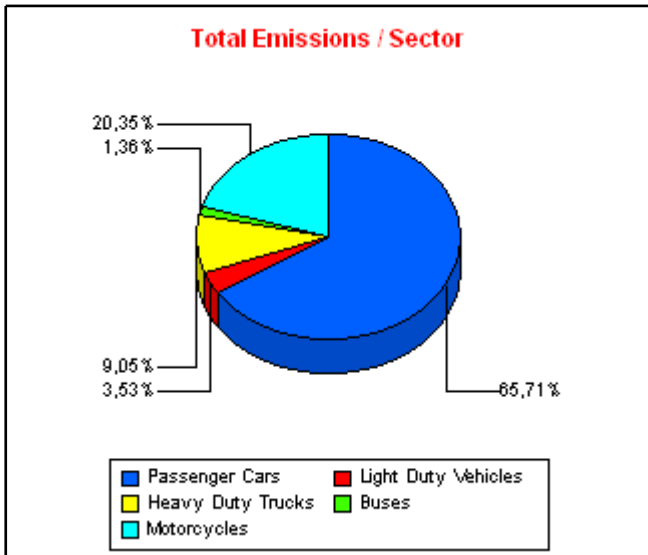
N2O



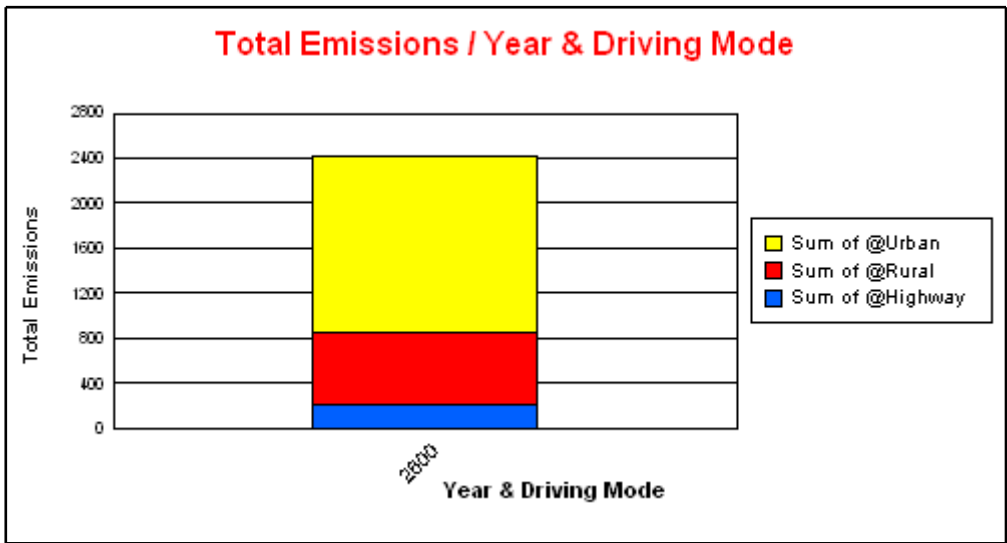
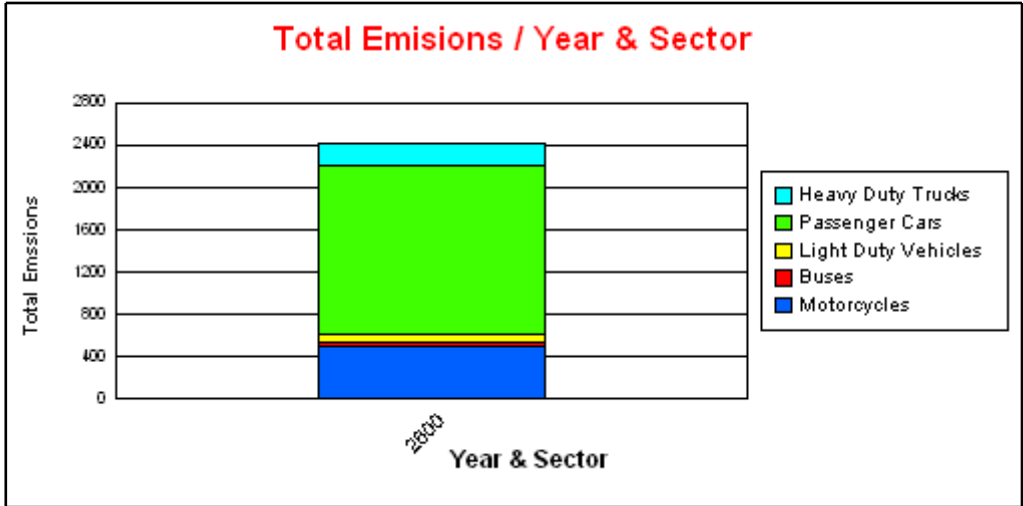
Emission Results - Driving Mode oriented

NMVO

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
NMVO	2600		1.564,64	645,68	210,30	2.420,63
		Passenger Cars	1.102,38	377,77	110,51	1.590,67
		Gasoline <1,4 l	872,32	255,16	70,43	1.197,92
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	110,22	58,97	15,56	184,75
		Gasoline >2,0 l	6,08	4,24	1,37	11,69
		Diesel <2,0 l	13,34	21,01	5,71	40,05
		Diesel >2,0 l	6,45	13,25	4,08	23,78
		LPG	93,97	25,15	13,36	132,48
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	44,06	31,08	10,29	85,43
		Gasoline <3,5t	18,23	4,90	1,28	24,42
		Diesel <3,5 t	25,83	26,18	9,01	61,01
		Heavy Duty Trucks	63,95	87,71	67,41	219,07
		Gasoline >3,5 t	1,73	4,53	2,02	8,27
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	27,43	36,31	20,00	83,74
		Rigid >32 t	0,12	0,14	0,25	0,50
		Rigid 12 - 14 t	3,55	4,55	3,34	11,43
		Rigid 14 - 20 t	9,60	13,59	13,34	36,53
		Rigid 20 - 26 t	8,63	12,20	15,87	36,71
		Rigid 26 - 28 t	0,08	0,11	0,14	0,32
		Rigid 28 - 32 t	1,19	1,79	2,37	5,35
		Rigid 7,5 - 12 t	11,64	14,49	10,08	36,21
		Buses	20,92	11,90	0,00	32,82
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	15,84	11,67	0,00	27,51
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	3,50	0,16	0,00	3,66
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	1,58	0,07	0,00	1,65
		Motorcycles	333,33	137,22	22,09	492,63
		2-stroke >50 cm ³	216,14	106,09	15,29	337,52
		4-stroke <250 cm ³	47,95	13,13	2,98	64,06
		4-stroke 250 - 750 cm ³	49,08	13,00	2,89	64,98
		4-stroke >750 cm ³	20,15	4,99	0,93	26,07



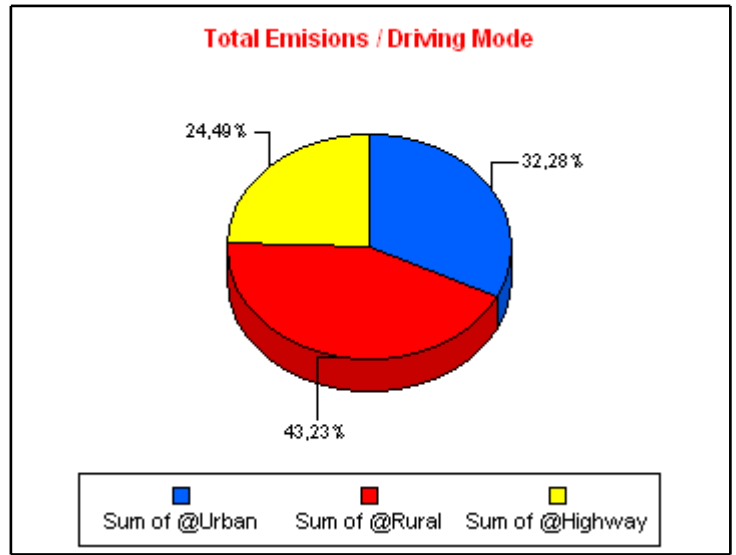
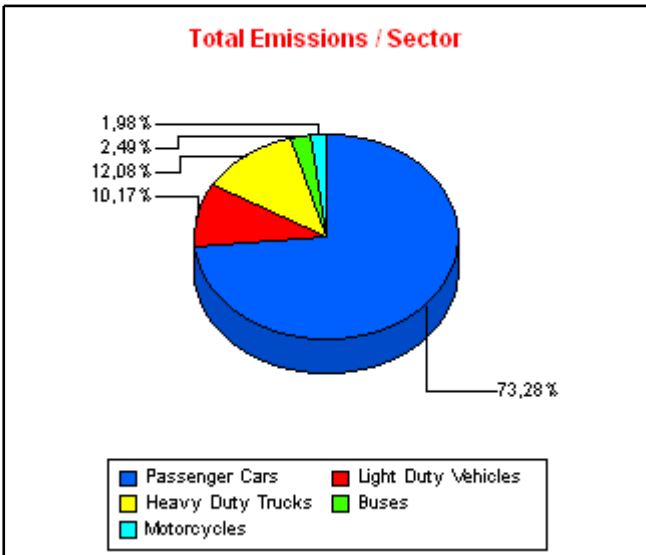
NMVO



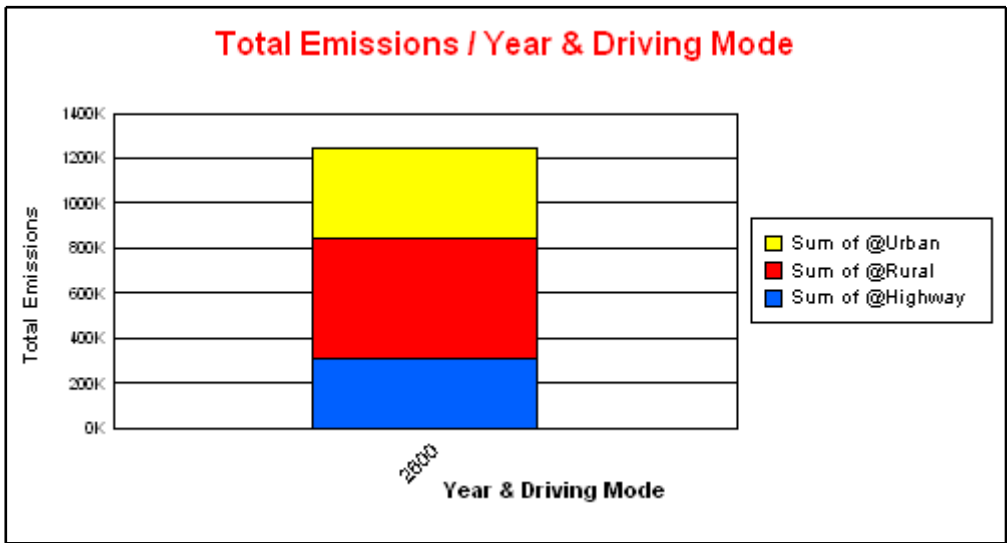
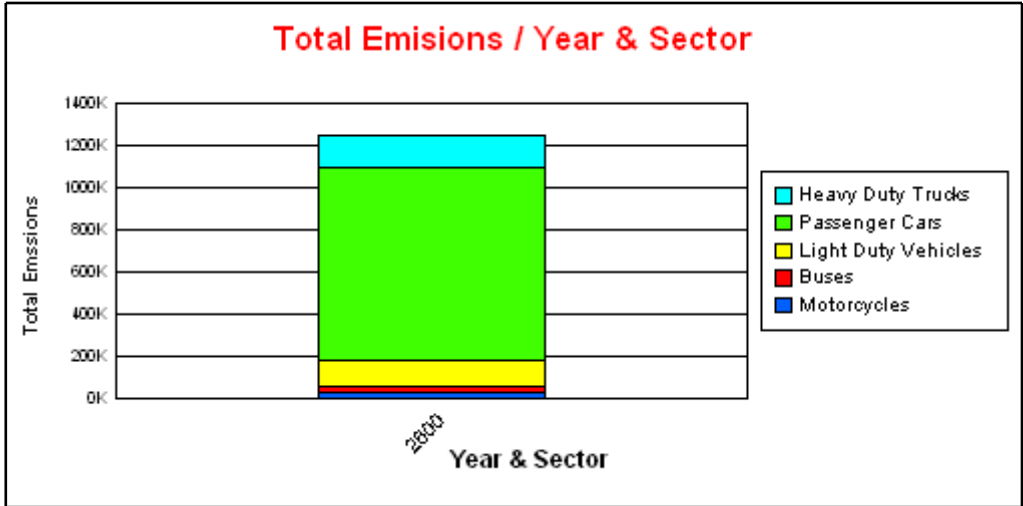
Emission Results - Driving Mode oriented

CO2

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
CO2	2600		401.790,86	538.045,64	304.882,08	1.244.718,58
		Passenger Cars	297.892,47	397.124,34	217.084,75	912.101,55
		Gasoline <1,4 l	183.276,57	149.260,30	54.703,30	387.240,17
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	23.280,09	34.511,20	19.911,13	77.702,42
		Gasoline >2,0 l	2.505,23	3.466,95	2.178,29	8.150,46
		Diesel <2,0 l	72.881,00	173.178,30	104.441,15	350.500,45
		Diesel >2,0 l	10.008,35	31.880,58	30.917,92	72.806,85
		LPG	5.941,24	4.827,01	4.932,96	15.701,20
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	45.190,03	55.361,49	26.033,44	126.584,95
		Gasoline <3,5t	4.114,44	4.015,81	1.438,75	9.569,00
		Diesel <3,5 t	41.075,59	51.345,68	24.594,69	117.015,96
		Heavy Duty Trucks	28.001,68	62.249,59	60.122,58	150.373,84
		Gasoline >3,5 t	265,64	590,31	454,54	1.310,50
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	6.762,30	18.758,73	6.963,77	32.484,80
		Rigid >32 t	109,49	197,53	374,46	681,49
		Rigid 12 - 14 t	1.509,49	2.914,59	2.633,23	7.057,31
		Rigid 14 - 20 t	4.329,44	8.554,84	9.266,75	22.151,03
		Rigid 20 - 26 t	8.118,01	16.956,20	25.076,65	50.150,86
		Rigid 26 - 28 t	66,47	139,86	205,82	412,15
		Rigid 28 - 32 t	1.666,15	3.816,09	5.640,78	11.123,03
		Rigid 7,5 - 12 t	5.174,67	10.321,45	9.506,56	25.002,68
		Buses	15.957,00	15.088,27	0,00	31.045,27
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	14.094,32	14.987,62	0,00	29.081,94
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	1.116,47	52,66	0,00	1.169,13
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	746,22	47,98	0,00	794,20
		Motorcycles	14.749,68	8.221,96	1.641,32	24.612,96
		2-stroke >50 cm ³	3.454,56	2.041,97	345,06	5.841,59
		4-stroke <250 cm ³	3.578,29	2.277,63	546,62	6.402,53
		4-stroke 250 - 750 cm ³	5.412,51	2.868,25	569,63	8.850,38
		4-stroke >750 cm ³	2.304,33	1.034,11	180,01	3.518,45



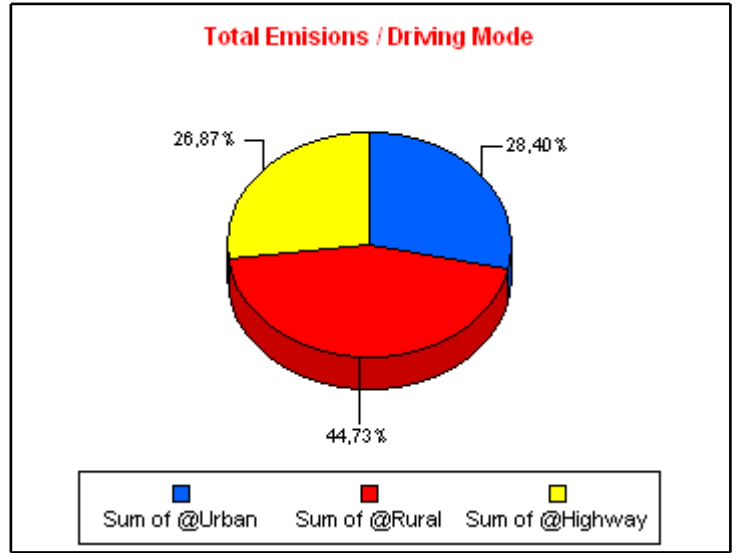
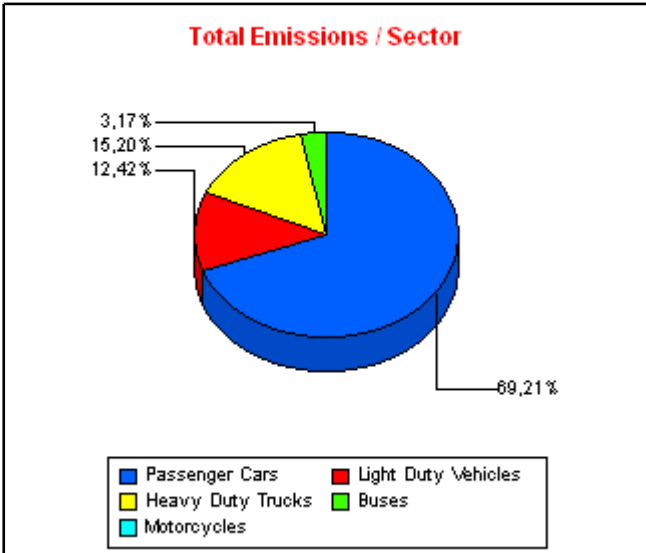
CO2



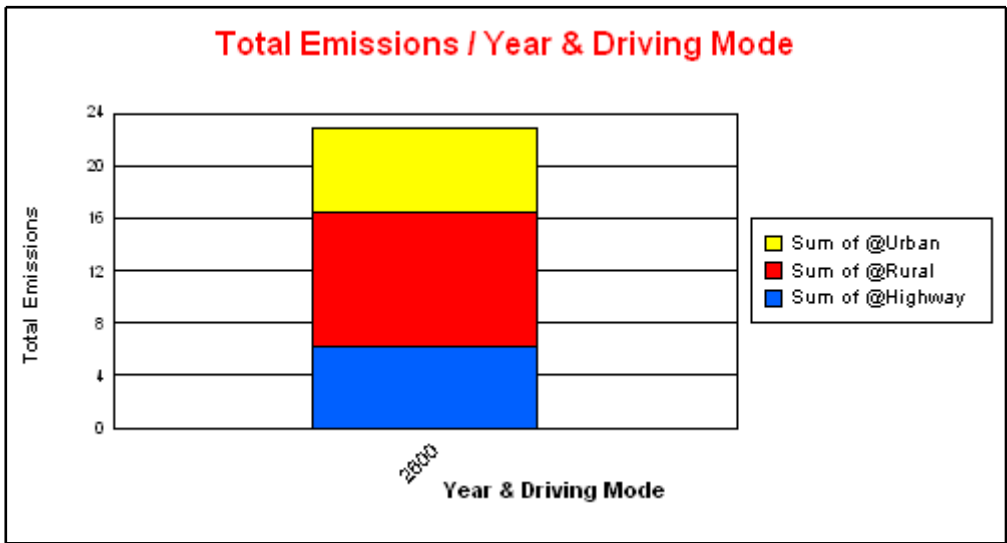
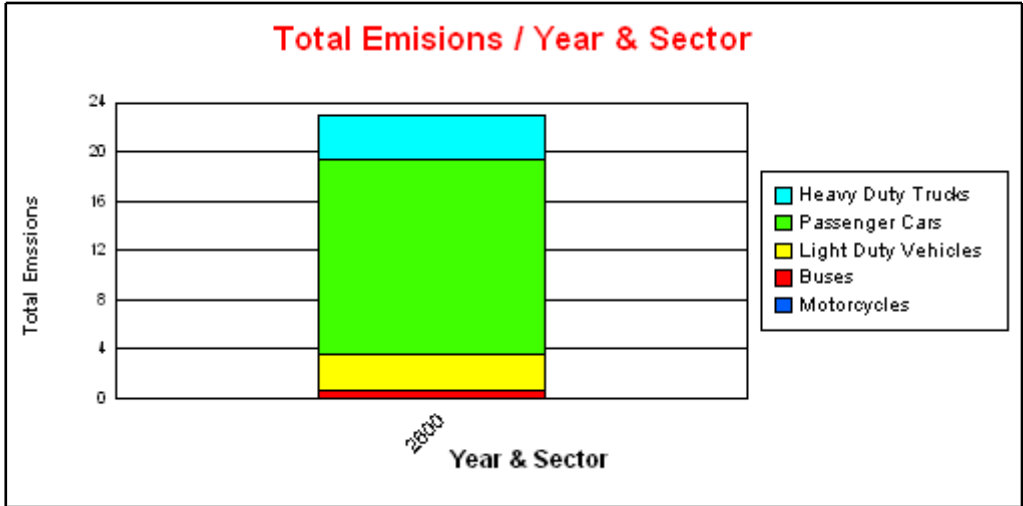
Emission Results - Driving Mode oriented

SO2

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
SO2	2600		6,51	10,26	6,16	22,94
		Passenger Cars	4,48	7,22	4,18	15,88
		Gasoline <1,4 l	2,20	1,92	0,70	4,83
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,31	0,45	0,28	1,04
		Gasoline >2,0 l	0,04	0,05	0,03	0,11
		Diesel <2,0 l	1,70	4,05	2,44	8,20
		Diesel >2,0 l	0,23	0,75	0,72	1,70
		LPG	0,00	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	1,01	1,25	0,59	2,85
		Gasoline <3,5t	0,05	0,05	0,02	0,11
		Diesel <3,5 t	0,96	1,20	0,58	2,74
		Heavy Duty Trucks	0,65	1,44	1,40	3,49
		Gasoline >3,5 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	0,16	0,44	0,16	0,76
		Rigid >32 t	0,00	0,00	0,01	0,02
		Rigid 12 - 14 t	0,04	0,07	0,06	0,17
		Rigid 14 - 20 t	0,10	0,20	0,22	0,52
		Rigid 20 - 26 t	0,19	0,40	0,59	1,17
		Rigid 26 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,01
		Rigid 28 - 32 t	0,04	0,09	0,13	0,26
		Rigid 7,5 - 12 t	0,12	0,24	0,22	0,58
		Buses	0,37	0,35	0,00	0,73
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	0,33	0,35	0,00	0,68
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,03	0,00	0,00	0,03
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,02	0,00	0,00	0,02
		Motorcycles	0,00	0,00	0,00	0,00
		2-stroke >50 cm ³	0,00	0,00	0,00	0,00
		4-stroke <250 cm ³	0,00	0,00	0,00	0,00
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,00	0,00	0,00	0,00
		4-stroke >750 cm ³	0,00	0,00	0,00	0,00



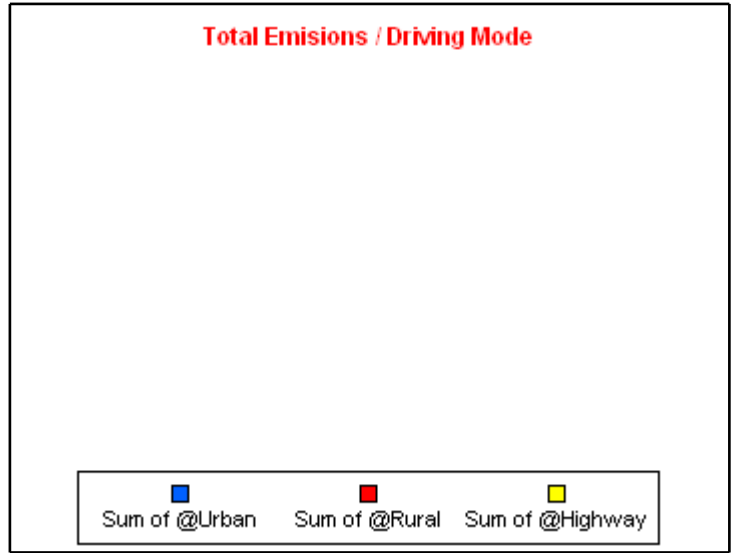
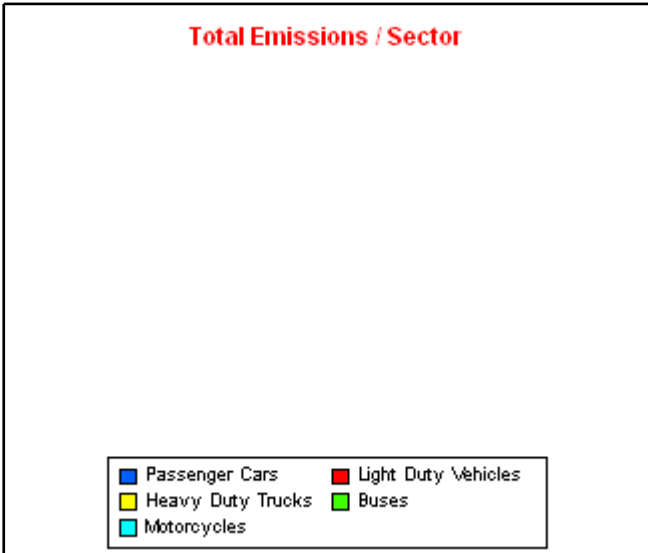
SO2



Emission Results - Driving Mode oriented

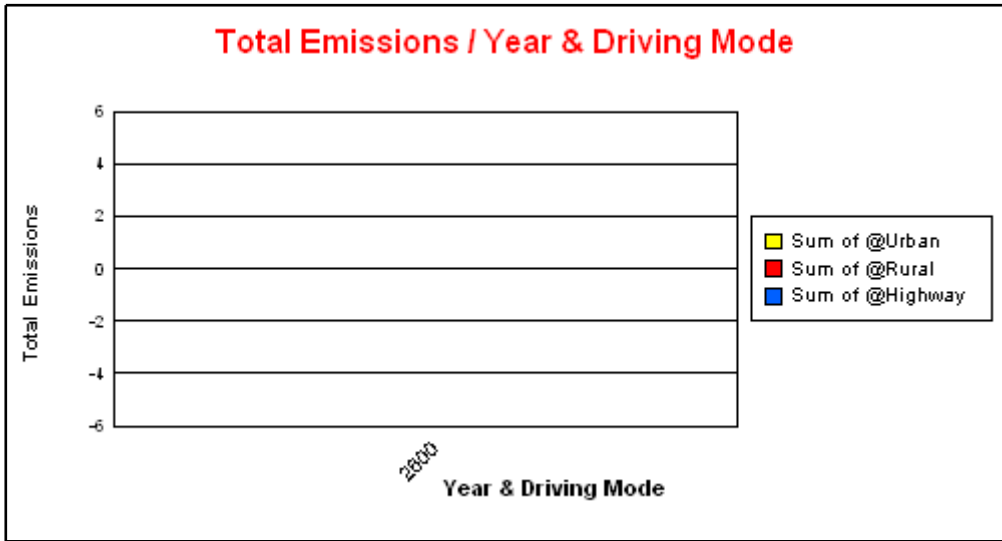
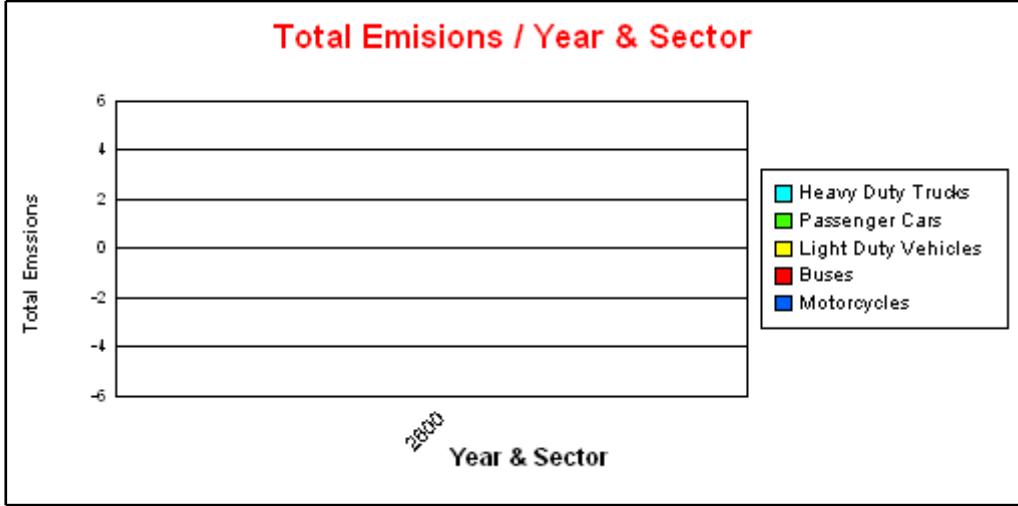
Pb

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
Pb	2600		0,00	0,00	0,00	0,00
		Passenger Cars	0,00	0,00	0,00	0,00
		Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Diesel <2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Diesel >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		LPG	0,00	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	0,00	0,00	0,00	0,00
		Gasoline <3,5t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Diesel <3,5 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Heavy Duty Trucks	0,00	0,00	0,00	0,00
		Gasoline >3,5 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid >32 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid 12 - 14 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid 20 - 26 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid 26 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid 28 - 32 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid 7,5 - 12 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Buses	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Motorcycles	0,00	0,00	0,00	0,00
		2-stroke >50 cm ³	0,00	0,00	0,00	0,00
		4-stroke <250 cm ³	0,00	0,00	0,00	0,00
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,00	0,00	0,00	0,00
		4-stroke >750 cm ³	0,00	0,00	0,00	0,00



Emission Results - Driving Mode oriented

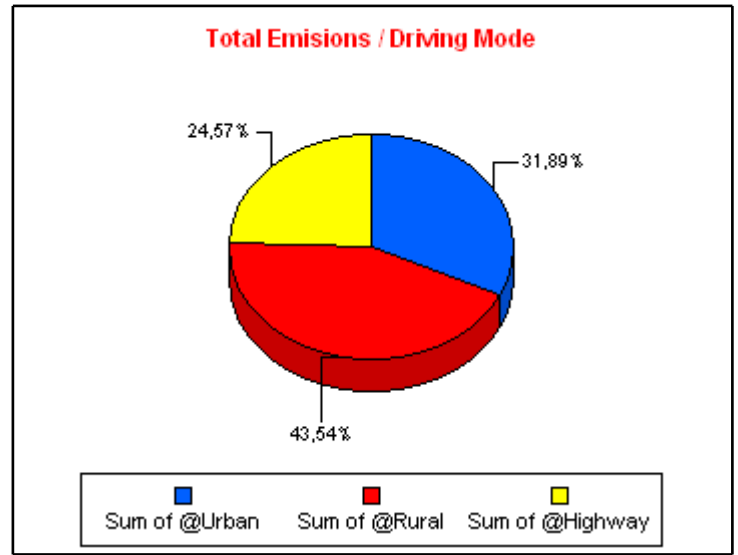
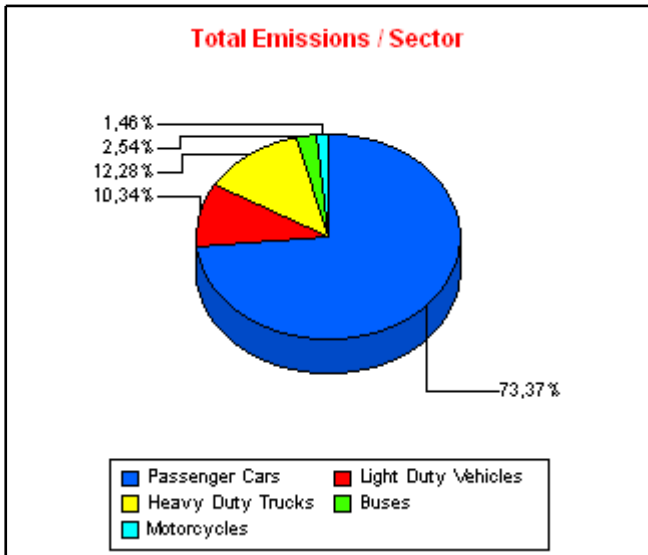
Pb



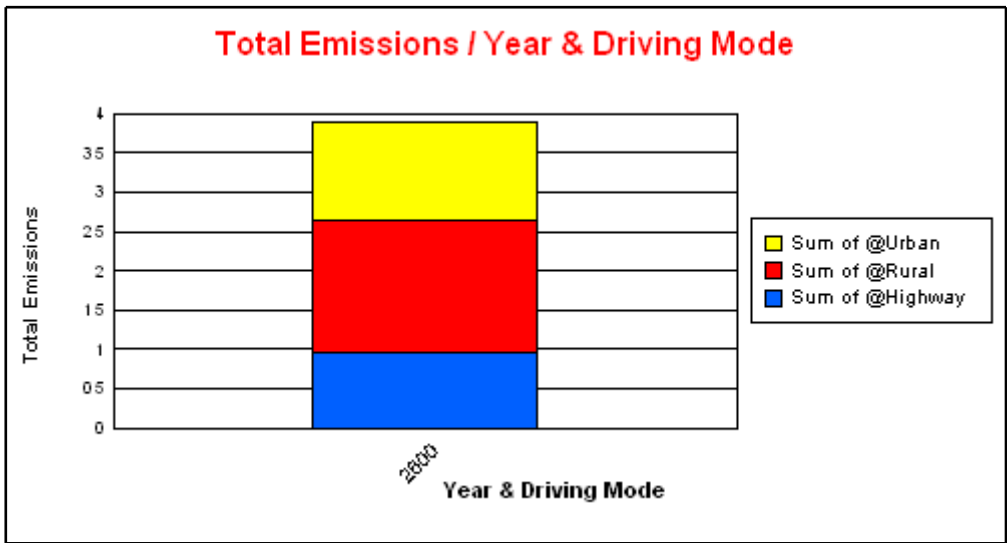
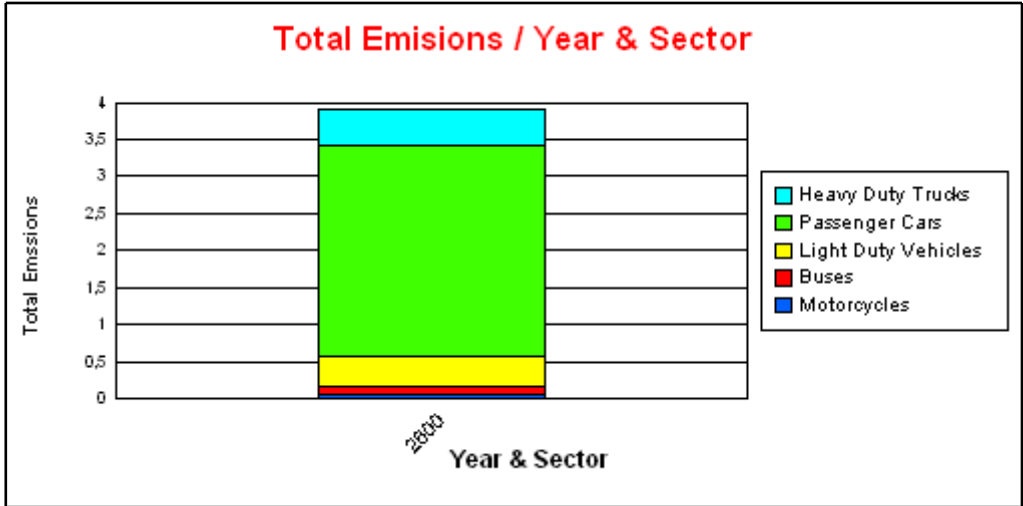
Emission Results - Driving Mode oriented

Cadmium

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
Cadmium	2600		1,24	1,70	0,96	3,89
		Passenger Cars	0,92	1,25	0,68	2,86
		Gasoline <1,4 l	0,58	0,48	0,18	1,23
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,08	0,11	0,07	0,25
		Gasoline >2,0 l	0,01	0,01	0,01	0,03
		Diesel <2,0 l	0,23	0,55	0,33	1,12
		Diesel >2,0 l	0,03	0,10	0,10	0,23
		LPG	0,00	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	0,14	0,18	0,08	0,40
		Gasoline <3,5t	0,01	0,01	0,00	0,03
		Diesel <3,5 t	0,13	0,16	0,08	0,37
		Heavy Duty Trucks	0,09	0,20	0,19	0,48
		Gasoline >3,5 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	0,02	0,06	0,02	0,10
		Rigid >32 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid 12 - 14 t	0,00	0,01	0,01	0,02
		Rigid 14 - 20 t	0,01	0,03	0,03	0,07
		Rigid 20 - 26 t	0,03	0,05	0,08	0,16
		Rigid 26 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid 28 - 32 t	0,01	0,01	0,02	0,04
		Rigid 7,5 - 12 t	0,02	0,03	0,03	0,08
		Buses	0,05	0,05	0,00	0,10
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	0,04	0,05	0,00	0,09
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Motorcycles	0,03	0,02	0,00	0,06
		2-stroke >50 cm ³	0,01	0,00	0,00	0,01
		4-stroke <250 cm ³	0,01	0,01	0,00	0,01
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,01	0,01	0,00	0,02
		4-stroke >750 cm ³	0,01	0,00	0,00	0,01



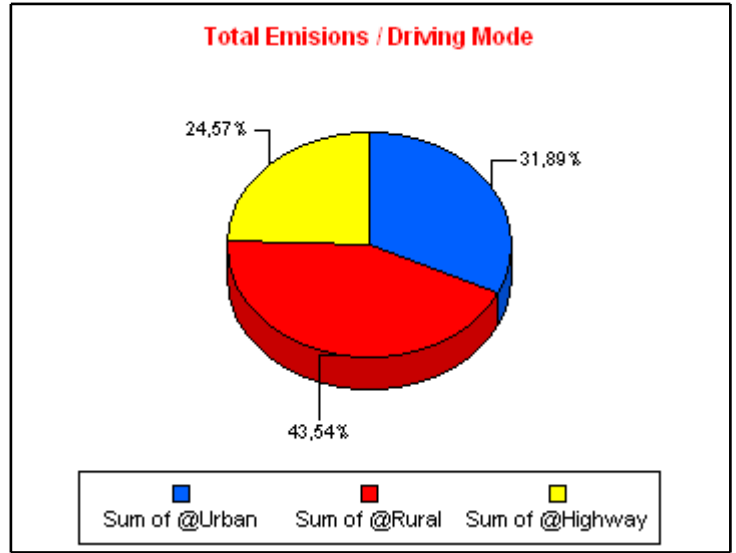
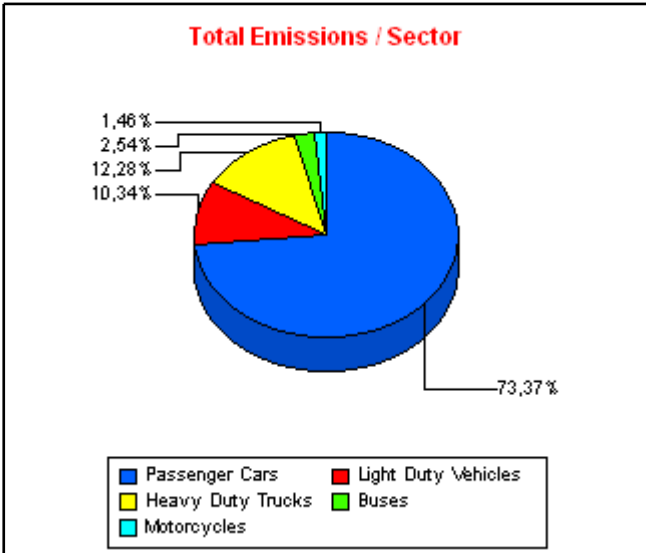
Cadmium



Emission Results - Driving Mode oriented

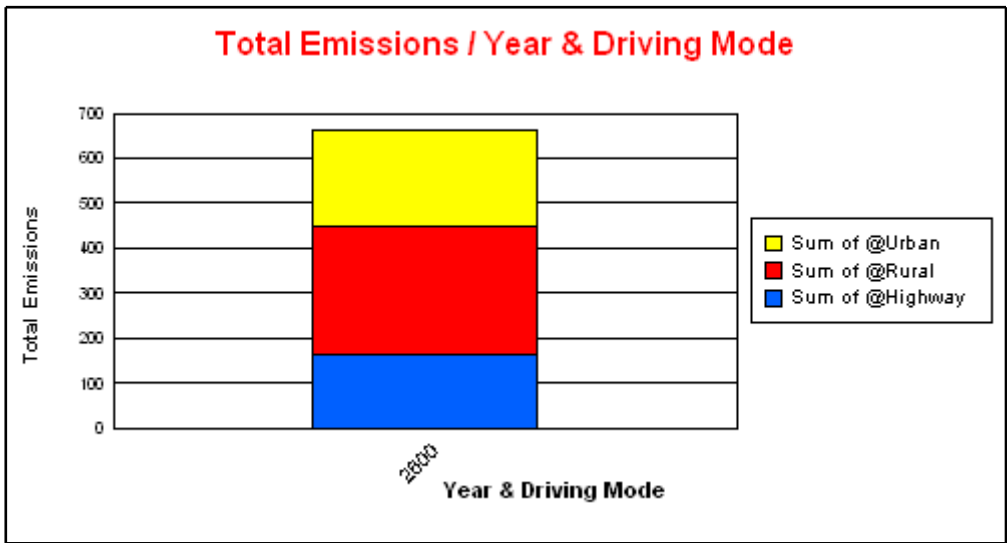
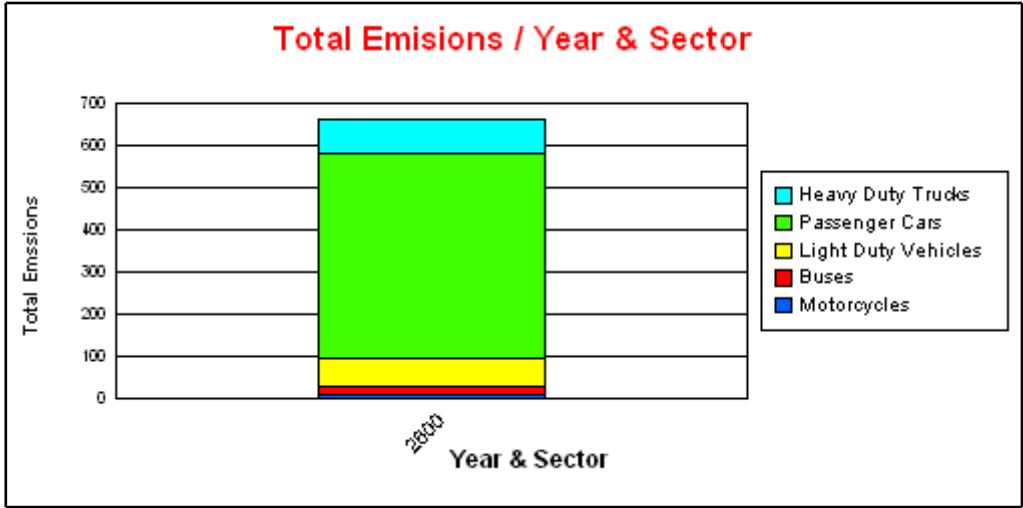
Copper

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
Copper	2600		211,07	288,22	162,65	661,94
		Passenger Cars	157,06	213,22	115,41	485,69
		Gasoline <1,4 l	97,96	81,32	29,78	209,07
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	12,77	18,88	11,09	42,74
		Gasoline >2,0 l	1,41	1,92	1,20	4,53
		Diesel <2,0 l	39,49	93,83	56,59	189,91
		Diesel >2,0 l	5,42	17,27	16,75	39,45
		LPG	0,00	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	24,44	29,95	14,09	68,48
		Gasoline <3,5t	2,18	2,13	0,76	5,07
		Diesel <3,5 t	22,26	27,82	13,33	63,40
		Heavy Duty Trucks	15,13	33,64	32,51	81,28
		Gasoline >3,5 t	0,10	0,23	0,18	0,52
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	3,66	10,16	3,77	17,60
		Rigid >32 t	0,06	0,11	0,20	0,37
		Rigid 12 - 14 t	0,82	1,58	1,43	3,82
		Rigid 14 - 20 t	2,35	4,64	5,02	12,00
		Rigid 20 - 26 t	4,40	9,19	13,59	27,17
		Rigid 26 - 28 t	0,04	0,08	0,11	0,22
		Rigid 28 - 32 t	0,90	2,07	3,06	6,03
		Rigid 7,5 - 12 t	2,80	5,59	5,15	13,55
		Buses	8,65	8,18	0,00	16,82
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	7,64	8,12	0,00	15,76
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,60	0,03	0,00	0,63
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,40	0,03	0,00	0,43
		Motorcycles	5,80	3,23	0,65	9,68
		2-stroke >50 cm ³	1,36	0,80	0,14	2,30
		4-stroke <250 cm ³	1,41	0,90	0,21	2,52
		4-stroke 250 - 750 cm ³	2,13	1,13	0,22	3,48
		4-stroke >750 cm ³	0,91	0,41	0,07	1,38



Emission Results - Driving Mode oriented

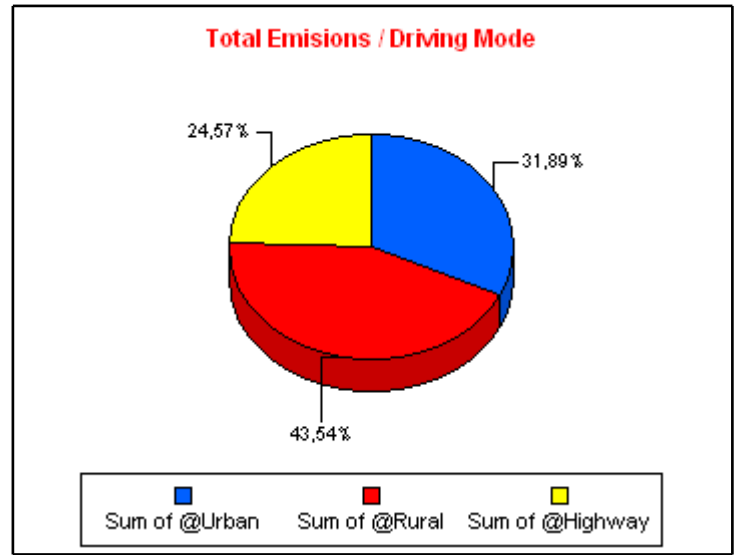
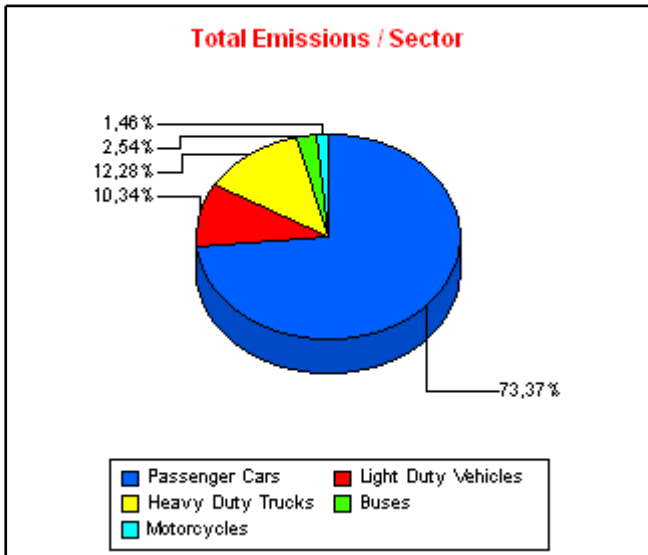
Copper



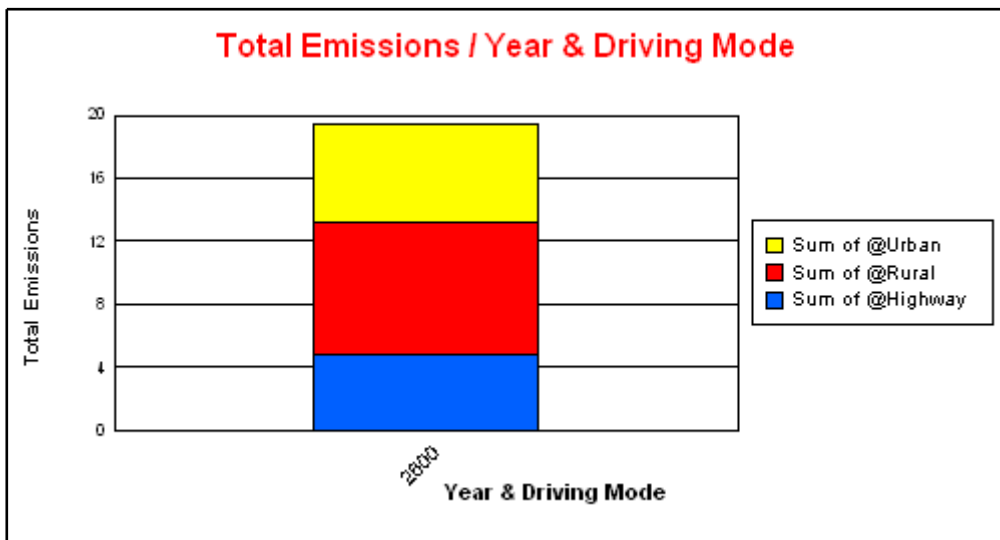
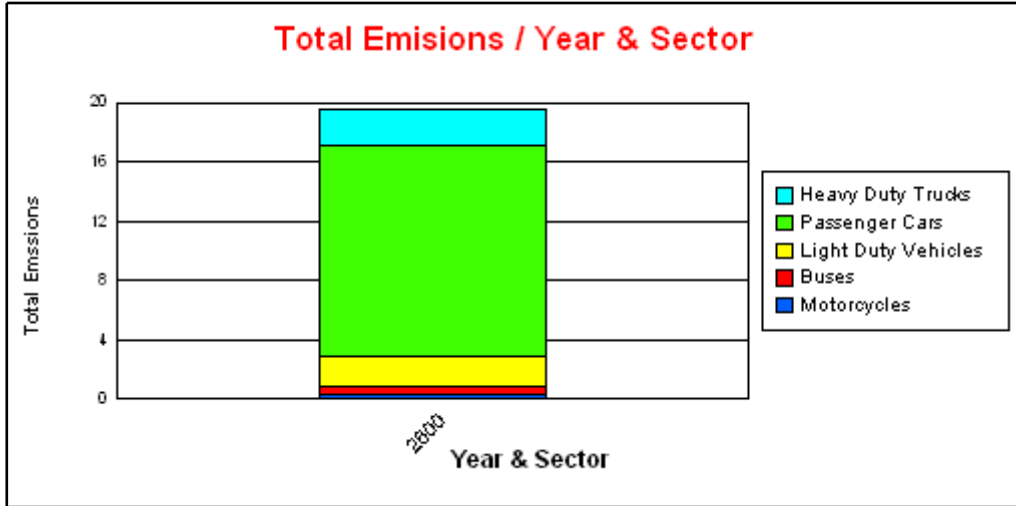
Emission Results - Driving Mode oriented

Chromium

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
Chromium	2600		6,21	8,48	4,78	19,47
		Passenger Cars	4,62	6,27	3,39	14,29
		Gasoline <1,4 l	2,88	2,39	0,88	6,15
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,38	0,56	0,33	1,26
		Gasoline >2,0 l	0,04	0,06	0,04	0,13
		Diesel <2,0 l	1,16	2,76	1,66	5,59
		Diesel >2,0 l	0,16	0,51	0,49	1,16
		LPG	0,00	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	0,72	0,88	0,41	2,01
		Gasoline <3,5t	0,06	0,06	0,02	0,15
		Diesel <3,5 t	0,65	0,82	0,39	1,86
		Heavy Duty Trucks	0,45	0,99	0,96	2,39
		Gasoline >3,5 t	0,00	0,01	0,01	0,02
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	0,11	0,30	0,11	0,52
		Rigid >32 t	0,00	0,00	0,01	0,01
		Rigid 12 - 14 t	0,02	0,05	0,04	0,11
		Rigid 14 - 20 t	0,07	0,14	0,15	0,35
		Rigid 20 - 26 t	0,13	0,27	0,40	0,80
		Rigid 26 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,01
		Rigid 28 - 32 t	0,03	0,06	0,09	0,18
		Rigid 7,5 - 12 t	0,08	0,16	0,15	0,40
		Buses	0,25	0,24	0,00	0,49
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	0,22	0,24	0,00	0,46
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,02	0,00	0,00	0,02
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,01	0,00	0,00	0,01
		Motorcycles	0,17	0,10	0,02	0,28
		2-stroke >50 cm ³	0,04	0,02	0,00	0,07
		4-stroke <250 cm ³	0,04	0,03	0,01	0,07
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,06	0,03	0,01	0,10
		4-stroke >750 cm ³	0,03	0,01	0,00	0,04



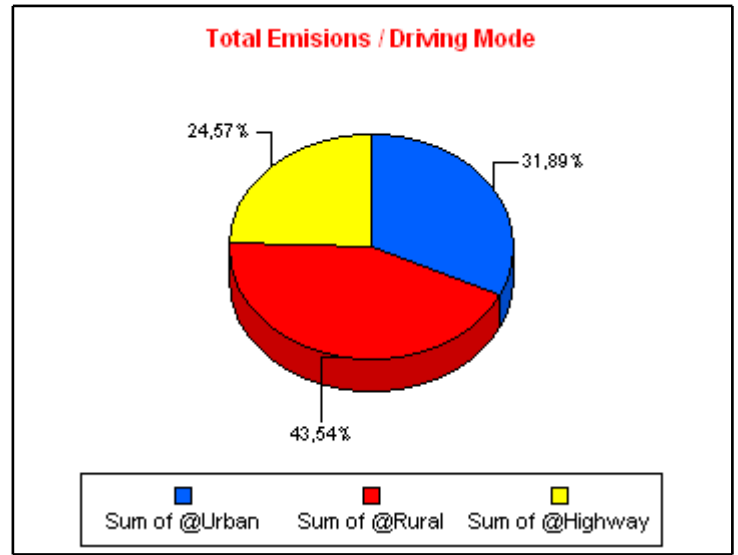
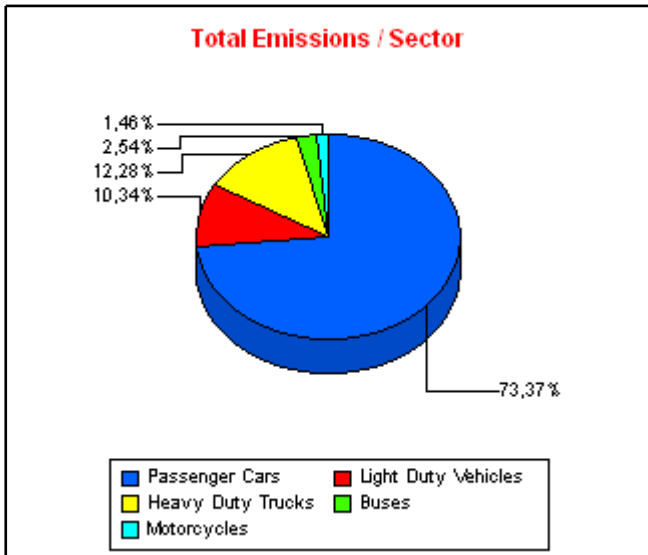
Chromium



Emission Results - Driving Mode oriented

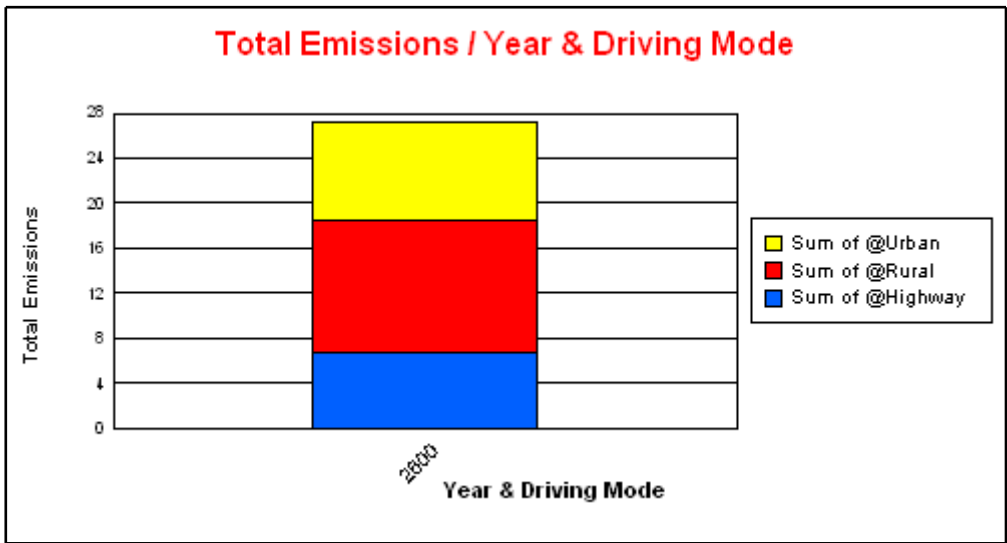
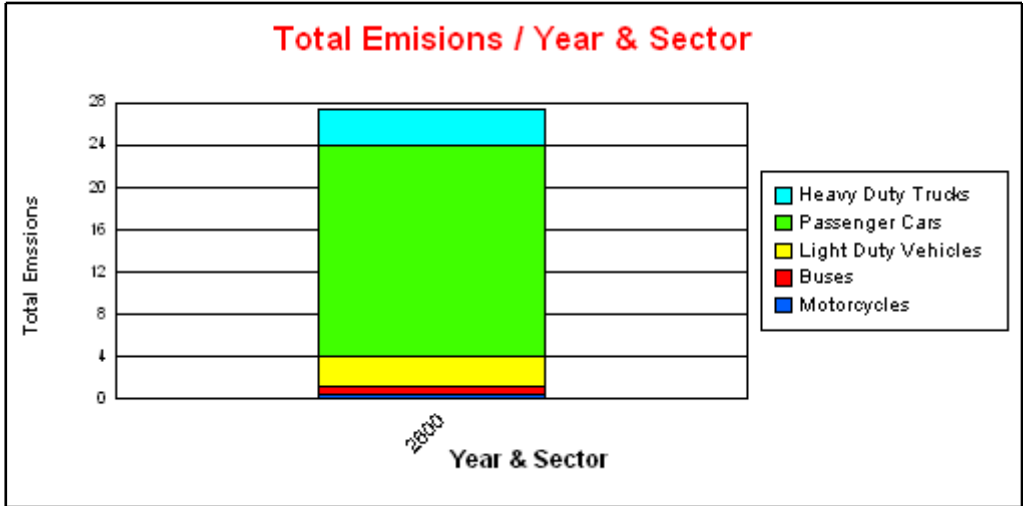
Nickel

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
Nickel	2600		8,69	11,87	6,70	27,26
		Passenger Cars	6,47	8,78	4,75	20,00
		Gasoline <1,4 l	4,03	3,35	1,23	8,61
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,53	0,78	0,46	1,76
		Gasoline >2,0 l	0,06	0,08	0,05	0,19
		Diesel <2,0 l	1,63	3,86	2,33	7,82
		Diesel >2,0 l	0,22	0,71	0,69	1,62
		LPG	0,00	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	1,01	1,23	0,58	2,82
		Gasoline <3,5t	0,09	0,09	0,03	0,21
		Diesel <3,5 t	0,92	1,15	0,55	2,61
		Heavy Duty Trucks	0,62	1,39	1,34	3,35
		Gasoline >3,5 t	0,00	0,01	0,01	0,02
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	0,15	0,42	0,16	0,72
		Rigid >32 t	0,00	0,00	0,01	0,02
		Rigid 12 - 14 t	0,03	0,07	0,06	0,16
		Rigid 14 - 20 t	0,10	0,19	0,21	0,49
		Rigid 20 - 26 t	0,18	0,38	0,56	1,12
		Rigid 26 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,01
		Rigid 28 - 32 t	0,04	0,09	0,13	0,25
		Rigid 7,5 - 12 t	0,12	0,23	0,21	0,56
		Buses	0,36	0,34	0,00	0,69
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	0,31	0,33	0,00	0,65
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,02	0,00	0,00	0,03
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,02	0,00	0,00	0,02
		Motorcycles	0,24	0,13	0,03	0,40
		2-stroke >50 cm ³	0,06	0,03	0,01	0,09
		4-stroke <250 cm ³	0,06	0,04	0,01	0,10
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,09	0,05	0,01	0,14
		4-stroke >750 cm ³	0,04	0,02	0,00	0,06



Emission Results - Driving Mode oriented

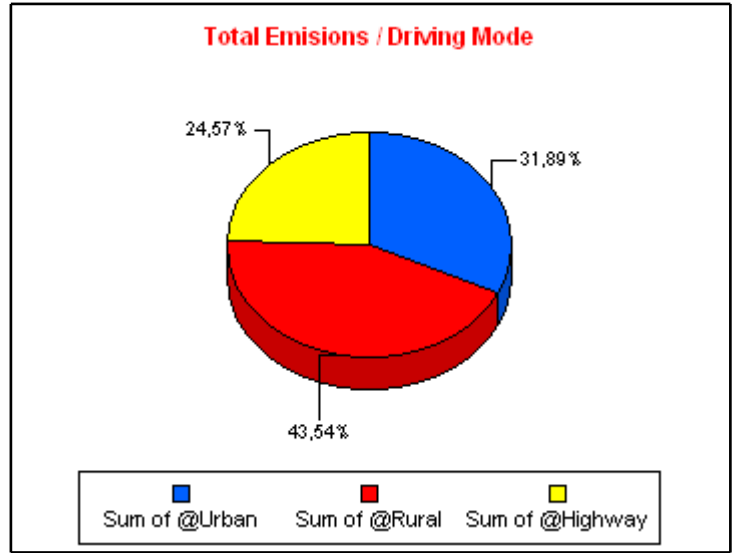
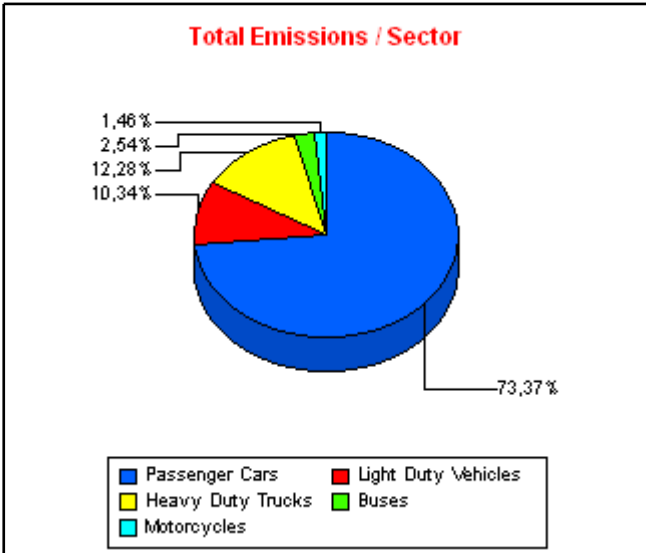
Nickel



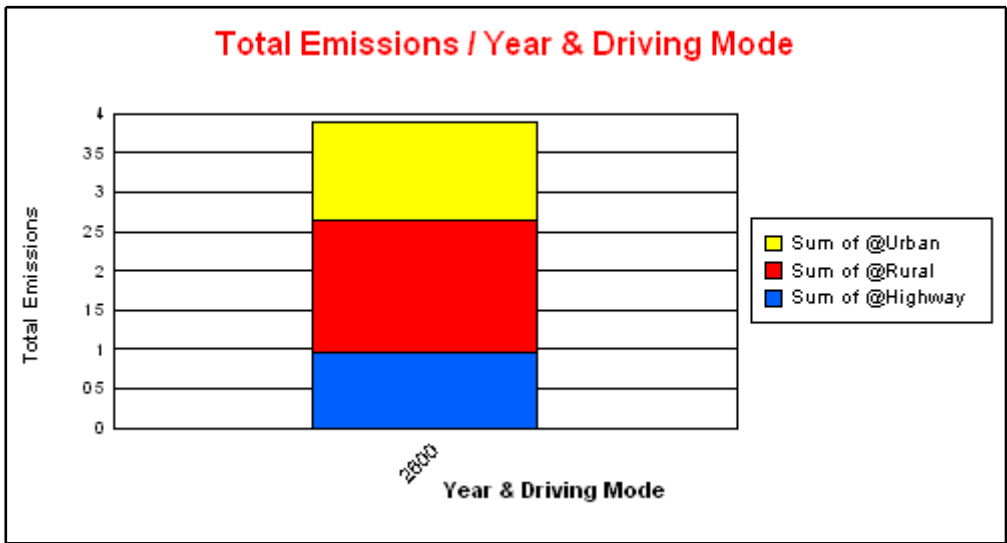
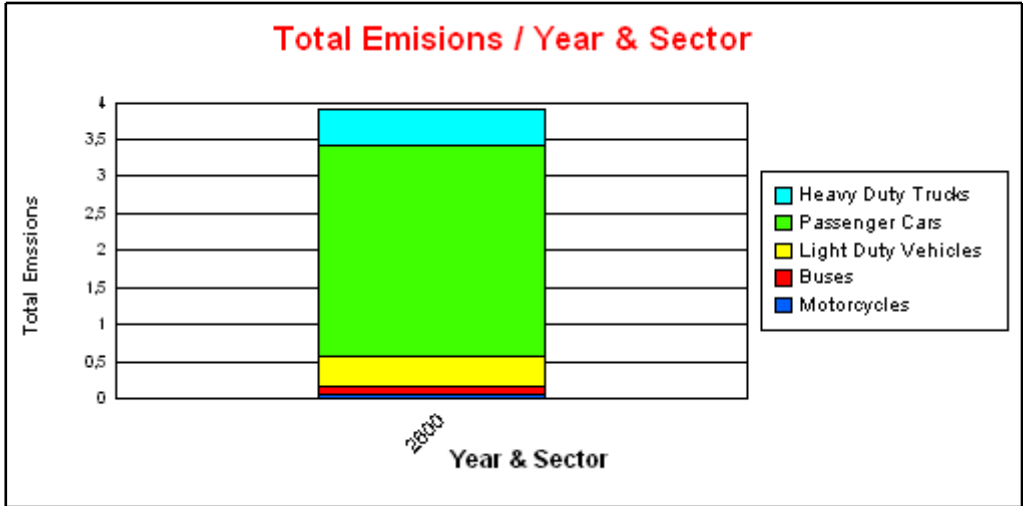
Emission Results - Driving Mode oriented

Selenium

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
Selenium	2600		1,24	1,70	0,96	3,89
		Passenger Cars	0,92	1,25	0,68	2,86
		Gasoline <1,4 l	0,58	0,48	0,18	1,23
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,08	0,11	0,07	0,25
		Gasoline >2,0 l	0,01	0,01	0,01	0,03
		Diesel <2,0 l	0,23	0,55	0,33	1,12
		Diesel >2,0 l	0,03	0,10	0,10	0,23
		LPG	0,00	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	0,14	0,18	0,08	0,40
		Gasoline <3,5t	0,01	0,01	0,00	0,03
		Diesel <3,5 t	0,13	0,16	0,08	0,37
		Heavy Duty Trucks	0,09	0,20	0,19	0,48
		Gasoline >3,5 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	0,02	0,06	0,02	0,10
		Rigid >32 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid 12 - 14 t	0,00	0,01	0,01	0,02
		Rigid 14 - 20 t	0,01	0,03	0,03	0,07
		Rigid 20 - 26 t	0,03	0,05	0,08	0,16
		Rigid 26 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid 28 - 32 t	0,01	0,01	0,02	0,04
		Rigid 7,5 - 12 t	0,02	0,03	0,03	0,08
		Buses	0,05	0,05	0,00	0,10
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	0,04	0,05	0,00	0,09
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Motorcycles	0,03	0,02	0,00	0,06
		2-stroke >50 cm ³	0,01	0,00	0,00	0,01
		4-stroke <250 cm ³	0,01	0,01	0,00	0,01
		4-stroke 250 - 750 cm ³	0,01	0,01	0,00	0,02
		4-stroke >750 cm ³	0,01	0,00	0,00	0,01



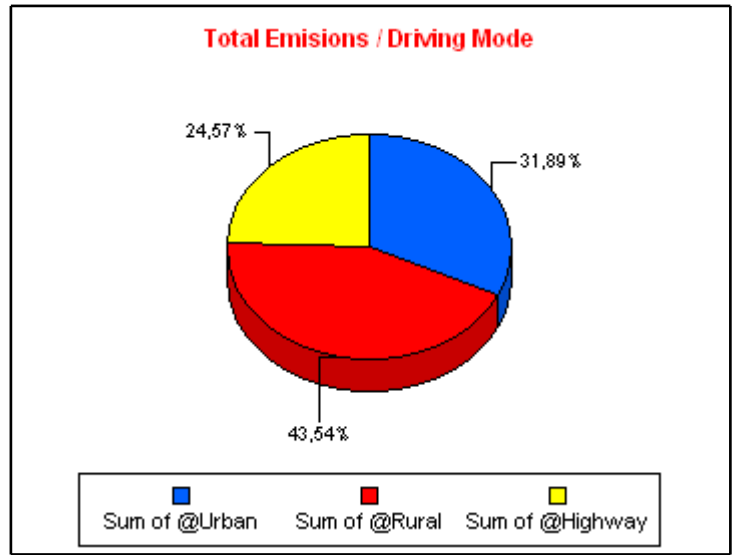
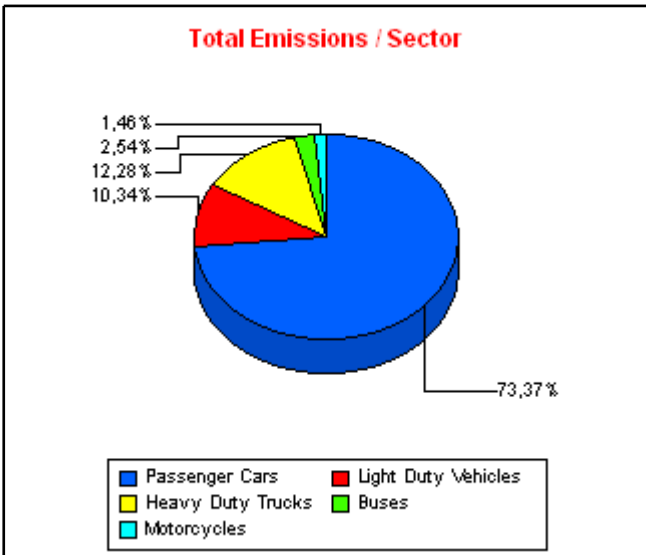
Selenium



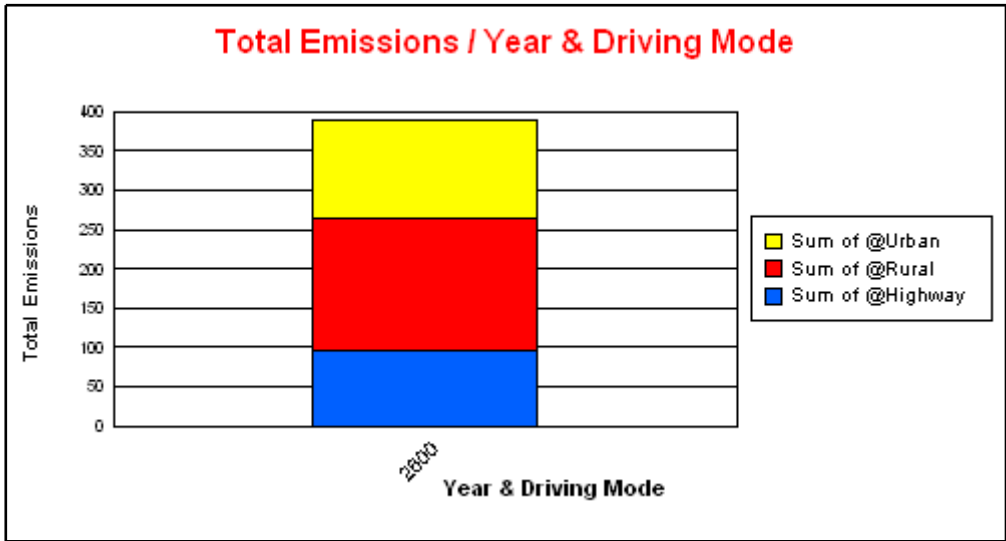
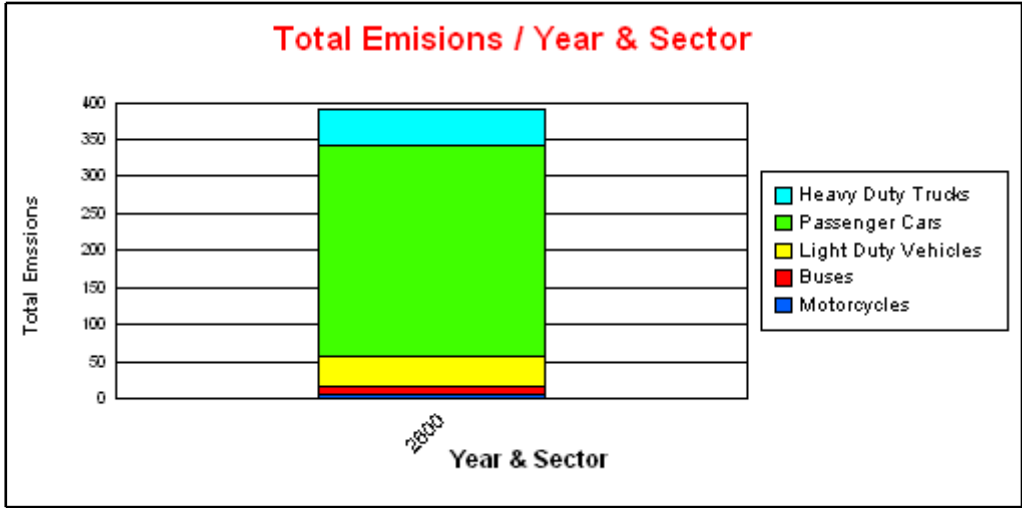
Emission Results - Driving Mode oriented

Zinc

POLLUTANT	YEAR	SECTOR	URBAN [t]	RURAL [t]	HIGHWAY [t]	TOTAL [t]
Zinc	2600		124,16	169,54	95,67	389,38
		Passenger Cars	92,39	125,43	67,89	285,70
		Gasoline <1,4 l	57,62	47,84	17,52	122,98
		Gasoline 1,4 - 2,0 l	7,51	11,10	6,52	25,14
		Gasoline >2,0 l	0,83	1,13	0,70	2,67
		Diesel <2,0 l	23,23	55,19	33,29	111,71
		Diesel >2,0 l	3,19	10,16	9,85	23,20
		LPG	0,00	0,00	0,00	0,00
		2-Stroke	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline <1,4 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline >2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Hybrid Gasoline 1,4 - 2,0 l	0,00	0,00	0,00	0,00
		Light Duty Vehicles	14,37	17,62	8,29	40,28
		Gasoline <3,5t	1,28	1,25	0,45	2,98
		Diesel <3,5 t	13,09	16,36	7,84	37,29
		Heavy Duty Trucks	8,90	19,79	19,12	47,81
		Gasoline >3,5 t	0,06	0,14	0,11	0,30
		Articulated 14 - 20 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 20 - 28 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 28 - 34 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 34 - 40 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 40 - 50 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Articulated 50 - 60 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Rigid <=7,5 t	2,16	5,98	2,22	10,35
		Rigid >32 t	0,03	0,06	0,12	0,22
		Rigid 12 - 14 t	0,48	0,93	0,84	2,25
		Rigid 14 - 20 t	1,38	2,73	2,95	7,06
		Rigid 20 - 26 t	2,59	5,40	7,99	15,98
		Rigid 26 - 28 t	0,02	0,04	0,07	0,13
		Rigid 28 - 32 t	0,53	1,22	1,80	3,55
		Rigid 7,5 - 12 t	1,65	3,29	3,03	7,97
		Buses	5,09	4,81	0,00	9,89
		Coaches Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Coaches Standard <=18 t	4,49	4,78	0,00	9,27
		Urban Buses Articulated >18 t	0,00	0,00	0,00	0,00
		Urban Buses Midi <=15 t	0,36	0,02	0,00	0,37
		Urban Buses Standard 15 - 18 t	0,24	0,02	0,00	0,25
		Motorcycles	3,41	1,90	0,38	5,69
		2-stroke >50 cm ³	0,80	0,47	0,08	1,35
		4-stroke <250 cm ³	0,83	0,53	0,13	1,48
		4-stroke 250 - 750 cm ³	1,25	0,66	0,13	2,05
		4-stroke >750 cm ³	0,53	0,24	0,04	0,81



Zinc



Bibliografia

Alfaro, C., & Zapata G., J. A. (1997). Acid gas emissions from Galeras Volcano, Colombia, 1989-1994. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* , 77, 209-228.

Amer, A., & Ihsan, U. b. (2007). Minimizing human health effects of urban air pollution through quantification and control of moto vehicular carbon monoxide (CO) in Lahore. *Environ MONit Assess* (135), 459-464.

APHEIS. (2000-1). *Air Pollution and health: European Information System. Health impact assessment of air pollution in 26 European cities. Second-year report.*

ATS, AMERICAN THORATIC SOCIETY. (2000). What constitutes an adverse health effect of air pollution? *American journal of respiratory and critical care medicine* (161), 665-673.

Automobile_Club_d'Italia. (2007). *Autoritratto del Parco veicolare.* Tratto da Automobile Club d'Italia: <http://www.aci.it/>

Bellasio, R., Bianconi, R., Corda, G., & Cucca, P. (2007). Emission inventory for road transport sector in Sardinia (Italy). *Atmospheric Environmental* (41), 677-691.

Bellasio, R., Bianconi, R., Corda, G., & Cucca, P. (2007). Emission inventory for the road transport sector in Sardinia (Italy). *Atmospheric Environment* , 41 (4), 677-691 .

Berkowicz, R., Winther, M., & Ketzel, M. (2006). Traffic pollution modelling and emission data. *Environmental Modelling & Software* (21), 454-460.

Borrego, C., Martins, H., Tchepel, O., Salmim, L., Monteiro, A., & Miranda, A. (2006). How urban can affect city sustainability from an air quality perspective. *Environmental Modelling & Software* (21), 461-467.

Bulter, T., Lawrence, M., Gurjar, B., van Aadenne, J., Schultz, M., & Lelieveld, J. (2008). the representation of emissions from megacities in global emission inventories. *Atmospheric Environment* , 42, 703-719.

CAIT. (2005). *Navigating the Numbers: Greenhouse Gas Data and International Climate Policy, December 2005; Intergovernmental Panel on Climate Change, 1996.* World Resources Institute, Climate Analysis Indicator Tool (CAIT).

CE, 2. (2008, giugno 11). Direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. *Gazzetta Ufficiale dell'Unione europea* , p. 152/1.

Census(ISTAT). (2005). *Progetto CENSUS 2000. Aggiornamento delle basi territoriali: Descrizione dei dati.*

CESI RICERCA Spa. (2007). INVENTARIO NAZIONALE DELLE EMISSIONI COMUNALI anno 2000. ("La disaggregazione dell'inventario delle emissioni APAT è stata realizzata nell'ambito delle attività di ricerca sul Sistema Elettrico (cfr. DL n.73, 18 giugno 2007)."). Milano.

Chellini. (2005). *Istituto Scientifico della Regione Toscana, Inquinamento urbano e salute in Toscana.* Firenze: Artigraf.

CHENG, L. M., ANGLE, R., & SANDHU, H. (1998). FOREST FIRE ENHANCED PHOTOCHEMICAL AIR POLLUTION. A CASE STUDY. *Atmospheric Environment*, 32 (4), 673-681.

Cinnirella, S., & Pirrone, N. (2006). Spatial and temporal distributions of mercury emissions from forest fires in Mediterranean region and Russian federation. *Atmospheric Environment*, 40 (38), 7346-7361.

CITOL_Provincia_di_Cosenza. (2000). *Struttura per la Tutela e valorizzazione delle risorse energetiche*.

CITOL_Provincia_di_Cosenza_Settore_Energia. (2007). <http://citol.provincia.cosenza.it>. Tratto il giorno 03 12, 2007 da <http://citol.provincia.cosenza.it>.

CNR, I. I. (2007). *Sviluppo di Strategie Integrate per un Ambiente Urbano Sano e Sostenibile (STRAUSS)*. . Rapporto Tecnico Finale.

Cogliani, E. (2001). Air pollution in cities by an air pollution index highly correlated with meteorological variables. *ATMOSPHERIC ENVIRONMENT* (35), 2871-2877.

COMMUNITIES, C. O. (2005). *Annex to: The Communication on Thematic Strategy on Air Pollution and The Directive "Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe"*. Impact Assessment, COMMISSION STAFF WORKING PAPER.

Communities, C. o. (1998). *European Inventory of emissions of pollutants into the atmosphere. CORINAIR Project*.

Conard, S. G., & Ivanova, G. (1997). Wild fire in Russian Boreal Forests-Potential Impacts of fire regime Characteristics on emissions and global balance estimates. *Environmental Pollution*, 98 (3), 305-313.

Corpo_Forestale_dello_Stato. (2006). *Vendita provinciale di biomassa*.

Crebelli, R., & Carere, A. (2003). Inquinamento atmosferico urbano: impatto sulla salute. Un progetto ISS-Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio. *Notiziario dell'Istituto Superiore di Sanità*, 1 (16), p. 3-10.

Cuvelier, C., Thunis, P., Vautard, R., Amann, M., Bessagnet, B., Bedogni, M., et al. (2007). CityDelta: a model intercomparison study to explore the impact of emission reductions in european cities in 2010. *Atmospheric Environmental* (41), 189-207.

EEA. (2008). *Annual European Community LRTAP Convention emission inventory report 1990-2006*. European Environment Agency, Copenhagen.

EEA SEC 1133, 2. (2005). *The Communication on Thematic Strategy on Air Pollution and The Directive on "Ambient Air Quality and Cleaner Air for Europe"*. Impact Assessment. COMMISSION OF THE EUROPEAN COMMUNITIES.

EMEP/CORINAIR. (1999). *Atmospheric Emission Inventory Guidebook, second Edition*.

Europea, U., Calabria, R., Cosenza, P. d., Cosenza, C. d., & Rende, C. d. (2002). *PROGRAMMA DI SVILUPPO URBANO DI COSENZA E RENDE. POR Calabria 2000-2006. Asse V-Città. Misura 5.1. Sviluppo e valorizzazione delle Aeree Urbane*.

European, C. (2001). *European Transport Policy for 2010: time to decide*. (Vol. 370). COM(2001).

- European_Environment_Agency. (2006). *Air pollution at street level in European cities. 1/2006*. Office for official Publications of the European Communities. Luxembourg: EEA.
- European_Environment_Agency_7/2008. (2008). *Annual European Community LRTAP Convention emission inventory report 1990-2006. Submission to EMEP through the Executive Secretary of the UNECE*. EEA.
- European_Environmental_Agency. (2008). *Climate for a transport change. TERM 2007: indicators tracking transport and environment in the European Union. 1/2008*. Office for Official Publications of the European Communities. Luxembourg: EEA.
- European_Environmental_Agency. (1999). *Criteria for EUROAIRNET. the EEA air quality monitoring and information network*. Technical Report no. 12.
- European_Environmental_Agency. (2004). *EMEP/CORINAIR Emission Inventory Guidebook-third ed*. Technical Report no. 30-Update.
- European_Environmental_Agency. (1998). *Guidance report on preliminary assessment under EC air quality directives*. Technical Report no 11.
- Fall, R., & Benson, A. (1996). Leaf methanol-the simplest natural. *Trends in Plant Science* , 1, 296-301.
- Gillenwater, M. (2008). Forgotten carbon: indirect CO₂ in greenhouse gas emission inventories. *Environmental Science & Policy* , 195-203.
- Gkatzoflias, D., Kouridis, C., Ntziachristos, L., & Samaras, Z. (2006). *Compure Programme to calculate Emissions from Road Transport*. Aristotele University Thessaloniki, LAT_Mechanical Engineering Department. Thessaloniki: European Environmental Agency.
- Grell, G. A., Peckham, S. E., Schmitz, R., McKeen, S. A., Frost, G., Skamarock, W. C., et al. (2005). Fully coupled "online" chemistry with the WRF model. *ATMOSPHERIC ENVIRONMENT* , 39, 6957-6975.
- Grell, G., & Devenyi, D. (2002). A generalized approach to parameterizing convection combining ensemble and data assimilation techniques. *Geophysical Re. Lett.* , 29 (14).
- Guenther, A., Geron, C., Pierce, T., Lamb, B., Harley, P., & Fall, R. (2000). Natural emissions of non-methane volatile organic compounds, carbon monoxide, and oxides of nitrogen from North America. *Atmospheric Environment* , 34 , 2205-2230.
- Guenther, A., Zimmerman, P., & Wildermuth, M. (1994). Natural volatile organic compound emission rate estimates for US woodland landscapes. *Atmos. Environ.* , 28, 1197-1210.
- Guenther, A., Zimmerman, P., & Wildermuth, M. (1994). Natural volatile organic compound emission rate estimates for US woodland landscapes. *Atmospheric Environment* , 28, 1197-1210.
- Hertel, O., de Leeuw, F., Raasschou-Nielsen, O., Jensen, S., Gee, D., Herbarth, O., et al. (2001). Human exposure to outdoor air pollution. *Pure and Applied Chemistry* , 76 (6), 933-958.
- Hunter, L. J. (1992). An investigation of three-dimensional model in an urban street canyon: evaluation and sensitivity analysis. *Atmospheric Environmental* , 26B (4), 425-432.
- IPCC. (2000). *Good practice guidance and uncertainty management in national greenhouse gas inventories*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

IPCC, 2. (2007). *Climate Change 2007: the Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, in: Solomon, S., et al. (Eds.) Cambridge.

Isidorov, V. (1990). *Organic Chemistry of the Earth's Atmosphere*.

ISTAT. (2006). *14° Censimento Generale della Popolazione e delle Abitazioni*. Tratto il giorno ISTAT da www.istati.it.

Kassomenos, P., Karakitios, S., & Papaloukas, C. (2006). Estimation of daily traffic emissions in a South-European urban agglomeration during a workday. Evaluation of several "what if" scenarios. *Science of the Total Environment* (370), 480-490.

Kutera, V., Henriksen, J., Knotkova, D., & Sjostrom, C. (1993). Model for calculations of corrosion cost caused by air pollution and its application in three cities. (I. o. material, A cura di) *Understanding and prevention of Corrosion* , 1, 24-32.

Liburdi, R., De Lauretis, R., Corrado, C., Di Cristofaro, E., Gonella, B., Romano, D., et al. (2004). *La Disaggregazione dell'Inventario di Emissioni Nazionale a Livello Provinciale. Rapporto Finale*. APAT. Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici. CTN_ACE.

Loye-Pilot, M., Martin, J., & Morelli, M. (1986). Influence of Saharan dust on the rain acidity and atmospheric input to the Mediterranean. *Nature* (321), 427-428.

Mayer H. (1999). Air Pollution in cities. *Atmospheric Environmental* , 33, 4029-4037.

Mensink, C., Vliegera, I., & Nysb, J. (2000). An urban transport emission model for the Antwerp area. *Atmospheric Environmental* , 34 (27), 4595-4602.

Michalakes, J., Dudhia, D., Henderson, T., Skamarock, W., & Wang, W. (2004). The Weather Research and Forecast model: Software Architecture and Performance. . *To appear in proceeding of the Eleventh ECMWF Workshop on the use of High performance Computing in Meteorology*. Reading, U.K.: Mozdzyński.

Ministero_dello_Sviluppo_Economico. (2007). *Ministero dello Sviluppo economico*. (Direzione_Generale_dell'Energia_e_delle_RisorseMinerarie, A cura di) Tratto il giorno 3 24, 2007 da <http://dgerm.sviluppoeconomico.gov.it/dgerm/>

Miranda, J., Zepeda, F., & Galindo, I. (2004). The possible influence of volcanic emissions on atmospheric aerosols in the city of Colima, Mexico. *Environmental Pollution* , 127, 271-279.

Niemi, J. V., Tervahattu, H., Virkkula, A., Hillamo, R., Teinil, K., Koponen, I. K., et al. (2005). Continental impact on marine boundary layer coarse particles over the Atlantic Ocean between Europe and Antarctica. *Atmospheric Research* , 75, 301-321.

Ntziachristos, L., & Samaras, Z. (2000). *COPERT III Computer programme to calculate emissions from road transport. Methodology and emission factors (Version 2.1)*. Technical report No. 49, European Environment Agency, Copenhagen.

P., W. R. (1991). *Chemistry of Atmospheres, second edition*. Oxford Science Publications.

S., E., Gaudioso, D., Gorißen, N., Joumard, R., Rijkeboer, R., Samaras, Z., et al. (1993). *CORINAIR Workong Group on Emissionis factor for Calculating 1990 Emissions from Road traffic*. Methodology and Emission factors. Final Report, Document of the European Commission.

Saija, S., & Romano, D. (2002). A methodology for the estimation of road trasnsport air emissions in urban areas of Italy. *Atmospheric Environment* (36), 5377-5383.

Saija, S., Contaldi, M., De Lauretis, R., Ilacqua, M., & Liburdi, R. (2000). *Le emissioni in atmosfera da trasporto stradale. I fattori di emissione medi per il parco circolante in Italia*. ANPA. Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente. Unità Interdipartimentale Censimento delle Fonti di Emissione.

SEC(2006)16. (2006). *Comunicazione della Comissione al Consiglio e al Parlamento Europeo relativa ad una strategia tematica sull'ambiente urbano*.

Seinfeld, J. H., & Pandis, S. N. (1998). *Atmospheric Chemistry and Physics from Air Pollution to Climate Change* (Wiley-Interscience Publication ed.). New York: John Wiley & Sons, Inc.

Society, A. M. (2008). *AMS_glossary*. Tratto da Glosary of meteorology:
<http://amsglossary.allenpress.com/glossary>

Sozzi, R. (2003). *La Micrometeorologia e la Dispersione degli Inquinanti in Aria*. Centro tematico Nazionale-ACE, APAT-Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici. APAT.

Stanners, D., & Bourdeau, P. (1995). *Europe's Environment - The Dobris Assessment*. European Environment Agency Task Force, in co-operation with: United Nations Economic Commission for Europe, United Nations Environment Programme, Organisation for Economic Cooperation and Development, The Council of Europe, World Conservation Union, Worl. EEA.

Stull, R. (1989). *An Introduction to Boundary Layer Meteorology*. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers.

THORATIC, S. C. (1996). Health effects of outdoor air pollution. *American journal of respiratory and critical care medicine* , 153, 477–498.

Thunis, P., & Cuvelier, C. (2000). Impact of biogenic emissions on ozone formation in the Mediterranean area } a BEMA modelling stud.y. *Atmospheric Environment* , 34, 467}481.

Tost, H., J ockel, P., & Lelieveld, J. (2007). Lightning and convection parameterisations – uncertainties in global modelling. *Atmospheric Chemistry and Physics* , 7, 4553–4568.

UNEP. (2008). *KICK THE HABIT: A un Guide to Climate Neutrality*. nited Nations Environment Management Group 11, Chemin des Anémones, CH-1219 Châtelaine, Switzerland. Nayrobi: United Nations Environment Programme.

UNFCC. (2000). *Review of the Implementation of Commitments and Other Provision of the Convention:UNFCC guidelines on reporting and review*.United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCC). UNFCC, Bonn, Germany.

UN-Habitat. (2000). *Urban air quality managment toolbox. AQM Toolbox Part.2*. UNEP.

Vardoulakis, S., Fischer, B., Pericleous, K., & Gonzalez-Flesca, N. (2002). Modelling air quality in street canyons: a review. *Atmospherich Enviroment* , 37, 155-182.

Wallace, J. M., & Hobbs, P. V. (1977). Atmospheric Science. *Atmospheric Science* .

Whitby, K., & Cantrell, B. (1976). *Fine particles, in International Conference on Environmental Sensing and Assessment*. Las Vegas: Institute of Electrical and Eletronic Engineers.

WHO (b), EUROPEAN CENTRE FOR ENVIRONMENT_AND_HEALTH. (2000). *of Exposure to Air Pollution Quantification of the Health Effects. Report of a WHO Working Group*. Bilthoven, Netherlands.

WHO. (2000). *Air quality guidelines for Europe*. Copenhagen, Denmark.

WHO. (2002). *The World health report 2002-Reducing risks, promoting healthy life*. Geneva.

Yassaa, N., Meklati, B. Y., & Cecinato, A. (2000). Evaluation of monoterpenic biogenic volatile organic compounds in ambient air around Eucalyptus globulus, Pinus halepensis and Cedrus atlantica trees growing in Algiers city area by chiral and achiral capillary gas chromatography. *Atmospheric Environment* , 34, 2809}2816.