



# **INVENTARIO DELLE EMISSIONI DI INQUINANTI DELL'ARIA DELLA REGIONE UMBRIA ANNO 2015**

## **METODOLOGIE DI AGGIORNAMENTO**

Rapporto Tecnico

2018



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>L'INVENTARIO DELLE EMISSIONI .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1</b>	<b>Metodologia .....</b>	<b>4</b>
2.1.1	Inquinanti .....	4
2.1.2	Nomenclatura delle attività e dei combustibili .....	5
<b>2.2</b>	<b>Classificazione delle sorgenti di inquinamento.....</b>	<b>6</b>
<b>2.3</b>	<b>Procedura per la stima delle emissioni delle differenti sorgenti .....</b>	<b>7</b>
<b>2.4</b>	<b>Modelli di stima.....</b>	<b>10</b>
2.4.1	Traffico stradale .....	10
2.4.1.1	Stima delle percorrenze .....	15
2.4.1.2	Stima dei consumi.....	15
2.4.1.3	Stima delle emissioni a caldo dalle percorrenze .....	16
2.4.1.4	Stima delle emissioni a caldo dai consumi .....	16
2.4.1.5	Stima dell'effetto della pendenza della strada sui consumi e sulle emissioni a caldo .....	17
2.4.1.6	Stima dell'effetto del carico sulle emissioni a caldo.....	18
2.4.1.7	Stima dei consumi e delle emissioni a freddo.....	19
2.4.1.8	Stima delle emissioni evaporative .....	20
2.4.1.9	Stima delle emissioni di benzene.....	23
2.4.1.10	Stima delle emissioni di PM da abrasione .....	23
2.4.2	Emissioni da decollo ed atterraggio aeromobili .....	25
2.4.3	Vegetazione.....	27
2.4.4	Incendi forestali .....	29
<b>3</b>	<b>RACCOLTA DATI PER LA STIMA DELLE EMISSIONI.....</b>	<b>31</b>
<b>3.1</b>	<b>Sorgenti puntuali.....</b>	<b>31</b>
3.1.1	Metodologia seguita per la raccolta dati .....	31
3.1.2	Riepilogo delle sorgenti selezionate e bilancio dell'indagine .....	32
<b>3.2</b>	<b>Sorgenti diffuse, lineari ed areali.....</b>	<b>32</b>
3.2.1	Metodologia seguita per la raccolta dati .....	32
3.2.2	Dati Statistici da Pubblicazioni Ufficiali.....	34
3.2.3	Metodologie di stima .....	34
<b>4</b>	<b>INTEGRAZIONE DEI NUOVI FATTORI DI EMISSIONE.....</b>	<b>38</b>

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Schema operativo per la stima delle emissioni .....	8
Figura 2 – Fattori di correzione per l'isoprene, i monoterpeni e gli altri COVNM al variare della temperatura ..	29
Figura 3 – Fattori di correzione per l'isoprene al variare della radiazione solare .....	29

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 - Tipologie di veicoli considerati in <i>E-Pond</i> e loro corrispondenza con le definizioni del d.lgs. 30 Aprile 1992 n° 285 .....	11
Tabella 2 – Macroclassi, classi e specie vegetali .....	28
Tabella 3 - Elenco dei dati disponibili presso gli uffici pubblici competenti .....	32
Tabella 4 – Altri dati raccolti presso le aziende .....	33

## 1 PREMESSA

L'Inventario Regionale delle Emissioni in atmosfera (IRE) è un catasto di tutte le sorgenti d'inquinamento e delle relative quantità di inquinanti immessi in uno specifico anno sull'intero territorio regionale. Le informazioni in esso contenute sono basilari per individuare i settori responsabili delle emissioni e, quindi, per orientarne le eventuali misure di riduzione.

L'IRE è uno strumento di supporto decisionale fondamentale per la pianificazione delle strategie di miglioramento della qualità dell'aria ambiente.

I dati in esso contenuti, inoltre, sono indispensabili per impostare studi modellistici di diffusione e trasformazione degli inquinanti necessari per valutare la qualità dell'aria e quindi necessari a valutare l'efficacia delle misure messe in atto. Pertanto, è uno strumento di conoscenza delle pressioni e di supporto decisionale per la pianificazione delle politiche ambientali sia su scala regionale che locale.

L'Inventario Regionale delle Emissioni in atmosfera dell'Umbria è realizzato secondo gli standard indicati a livello nazionale dall'Istituto Superiore per la Prevenzione e Ricerca Ambientale, nonché seguendo le metodologie adottate a livello europeo (EMEP/EEA) e internazionale (IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories). Attualmente contiene dati riferiti agli anni 1999, 2004, 2007, 2010, 2013 e 2015.

Il database dell'IRE è gestito da ARPA Umbria e risiede nei server di quest'ultima, inoltre alcune fasi dell'aggiornamento sono state realizzate con il supporto della ditta Techne Consulting S.r.l.

Nei successivi capitoli del presente lavoro viene descritta la metodologia di realizzazione dell'inventario (così come fornita dalla ditta Techne Consulting S.r.l.), nonché il dettaglio delle procedure seguite per la raccolta dei dati e delle informazioni disponibili per l'aggiornamento.

## 2 L'INVENTARIO DELLE EMISSIONI

### 2.1 Metodologia

Per “inventario delle emissioni” si intende una serie organizzata di dati relativi alle quantità di inquinanti introdotti nell'atmosfera da sorgenti naturali e/o da attività antropiche.

L'inventario delle emissioni costituisce uno degli strumenti principali per lo studio dello stato attuale di qualità dell'aria, nonché per la definizione dei relativi Piani di tutela e risanamento.

Un inventario delle emissioni è una raccolta coerente di dati sulle emissioni dei singoli inquinanti raggruppati per:

- attività economica,
- intervallo temporale (anno, mese, giorno, ecc.),
- unità territoriale (regione, provincia, comune, maglie quadrate di 1 km<sup>2</sup>, ecc.),
- combustibile (per i soli processi di combustione).

Le quantità di inquinanti emesse dalle diverse sorgenti della zona in esame si possono ottenere:

- tramite misure dirette, campionarie o continue;
- tramite stima.

La misura diretta delle emissioni può essere effettuata, ove è possibile, solo per alcuni impianti industriali, di solito schematizzati come sorgenti puntuali o localizzate. Tra questi, solo per alcuni è attuata la misura in continuo. Per tutte le altre sorgenti, denominate sorgenti diffuse (piccole industrie, impianti di riscaldamento, sorgenti mobili, ecc.), si deve ricorrere a stime.

Le emissioni sono stimate a partire da dati quantitativi sull'attività presa in considerazione e da opportuni fattori di emissione. Si ottiene:

$$E = A * F$$

dove:

E sono le emissioni;

A è l'attività (per esempio per gli impianti termici i consumi di combustibili);

F è il fattore di emissione per unità di attività espresso in grammi per unità di attività (ad esempio nel caso dei consumi di combustibili in grammi per gigajoule).

Tale approccio del tutto generale è applicato, a seconda delle attività prese in considerazione, esplicitando le metodologie per la determinazione dell'attività e la scelta degli opportuni fattori di emissione. Questi ultimi possono essere semplici fattori moltiplicativi o tenere conto, in forma funzionale, dei differenti parametri costruttivi ed operativi degli impianti, dei macchinari e dei processi.

#### 2.1.1 Inquinanti

Gli inquinanti presi in considerazione dall'inventario regionale delle emissioni sono i seguenti:

- principali inquinanti dell'aria:
  - ossidi di zolfo (SO<sub>2</sub>+SO<sub>3</sub>);
  - ossidi di azoto (NO+NO<sub>2</sub>);
  - composti organici volatili, con l'esclusione del metano, (COVNM);
  - monossido di carbonio (CO);
  - particelle sospese totali (PST)
  - particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron (PM<sub>10</sub>)
  - particelle sospese con diametro inferiore a 2,5 micron (PM<sub>2,5</sub>)
  - ammoniaca (NH<sub>3</sub>)
  - benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)
- metalli pesanti:
  - Arsenico,
  - Cadmio,
  - Nichel,
  - Piombo,
  - Cromo,
  - Mercurio,
  - Rame,
  - Selenio,
  - Zinco;
- principali idrocarburi policiclici aromatici (PAHs):
  - benzo[b]fluorantene (BBF)
  - benzo[k]fluorantene (BKF)
  - benzo[a]pirene (BAP)
  - indeno[123cd]pirene (INP)
- altri microinquinanti
  - esaclorobenzene (HCB)
  - policlorobifenili (PCB)
  - diossine e furani (PCCD, PCCF)
  - black carbon (BC)
- gas serra:
  - anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)
  - metano (CH<sub>4</sub>)
  - protossido di azoto (N<sub>2</sub>O).

Sono state inoltre registrate le emissioni di eventuali altri inquinanti documentati dalle aziende nell'ambito degli adempimenti autorizzativi.

### **2.1.2 Nomenclatura delle attività e dei combustibili**

La nomenclatura delle attività rilevanti per la valutazione delle emissioni di inquinanti dell'aria, prende come punto di partenza la classificazione delle attività per l'inventario delle emissioni atmosferiche come storicamente si è andata sviluppando a livello internazionale con la cosiddetta classificazione SNAP e a livello nazionale nella legislazione di settore. In particolare la classificazione internazionale è stata originariamente recepita a livello nazionale dall'Appendice A dell'Allegato tecnico al Decreto del Ministero dell'Ambiente 20 maggio

1991, concernente i criteri per l'elaborazione dei piani regionali per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria. Tale classificazione è stata successivamente confermata nell'Allegato 2 (Criteri per la redazione di inventari delle emissioni) al decreto 1 ottobre 2002, n. 261 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (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). Il Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155 "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa" nell'Appendice V "Criteri per l'elaborazione degli inventari delle emissioni" fa esplicito riferimento al "EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook". Quest'ultimo fa riferimento sia alla classificazione NFR finalizzata al reporting delle emissioni nazionali che alla SNAP come recentemente aggiornata mediante la nuova SNAP 2007.

La classificazione in uso nell'inventario della Regione Umbria nel presente lavoro è stata rivista al fine di renderla coerente con l'attività di aggiornamento dei fattori di emissione e delle nuove metodologie di stima. La nuova classificazione mantiene la sua coerenza, pur nel suo maggior dettaglio, con la classificazione internazionale SNAP 2007 ed anche con la classificazione adottata dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) per l'inventario nazionale delle emissioni.

## 2.2 Classificazione delle sorgenti di inquinamento

---

L'inventario delle emissioni è gestito dal sistema *E-Gov* di Techne Consulting che consente la gestione di tutta l'informazione funzionale alla redazione dell'inventario delle emissioni. L'informazione è strutturata dal punto di vista logico assegnandola alle seguenti classi di topologie: *puntuale, lineare, areale, statistica*. Dal punto di vista della base di dati è compiuta una generalizzazione e semplificazione della struttura dei dati che unifica le strutture dei dati atte a contenere le informazioni relative agli oggetti non statistici (punti, linee, aree). Nel seguito queste entità sono dette *Strutture*.

Per la realizzazione dell'inventario sono introdotti una serie di criteri per la selezione tra le strutture di quelle sorgenti da caratterizzare singolarmente al fine della stima delle emissioni.

Ogni struttura è suddivisa in unità. Un apposito indicatore assegna le unità delle strutture alle differenti topologie (punti, linee, aree). Ad esempio una struttura quale una centrale termoelettrica a carbone può contenere unità puntuali (le sezioni della centrale) ed areali (il carbonile); una struttura autostradale conterrà differenti unità lineari (le tratte casello-casello).

Per **strutture (o sorgenti) puntuali** si intendono tutte le sorgenti di emissione che è possibile ed utile localizzare direttamente, tramite le loro coordinate geografiche, sul territorio.

In linea di principio, una volta escluse le attività mobili e quelle attività che per definizione o caratteristica intrinseca sono casualmente distribuite sul territorio (ad esempio l'utilizzo di prodotti domestici), tutte le altre attività possono essere caratterizzate localizzando precisamente le sorgenti di emissione. In questo senso è localizzabile, ad esempio, ogni singolo impianto per riscaldamento domestico o ogni stazione di servizio. Tuttavia la loro effettiva localizzazione e la conseguente quantificazione delle rispettive emissioni per singola sorgente, risponde a criteri di completezza dell'inventario e di economicità nella sua realizzazione e deve tenere conto dell'impatto locale (in termini di qualità dell'aria) delle emissioni. Va notato, inoltre, come in alcuni casi possa essere utile localizzare (all'interno di una stessa attività) soltanto le sorgenti principali e considerare come distribuite le altre; tale procedimento può essere adoperato, ad esempio, per la combustione nel settore terziario,

all'interno del quale è utile localizzare soltanto i principali impianti e trattare gli altri in modo aggregato.

Per la selezione delle sorgenti puntuali rilevanti sono state individuate le seguenti soglie minime di inquinanti emessi:

- *inquinanti principali e gas serra (coll'eccezione di monossido di carbonio e anidride carbonica)*, 5 t/anno.
- *monossido di carbonio*, 50 t/anno;
- *metalli pesanti, benzene, IPA, microinquinanti*, 50 kg/anno;
- *anidride carbonica*, 5.000 t/anno.

Le soglie proposte sono state ampiamente validate sia a livello internazionale che a livello nazionale nell'applicazione della modellistica di diffusione degli inquinanti.

Ai fini dello studio dei fenomeni di trasporto e diffusione degli inquinanti sono di interesse, oltre la quantità emessa e le coordinate del luogo di emissione, l'altezza del punto di emissione e le caratteristiche dinamiche dell'emissione (portata dei fumi, velocità di efflusso, temperatura dei fumi).

Con il termine **strutture (o sorgenti) lineari** sono indicate le principali arterie (strade, linee fluviali, linee ferroviarie). Per tali arterie la stima delle emissioni è effettuata singolarmente e localizzandole precisamente sul territorio tramite le loro coordinate metriche Gauss-Boaga conformi alla CTR. Ove utile alla caratterizzazione delle emissioni, le arterie sono suddivise in tratti. Le arterie minori sono invece trattate in modo distribuito.

Le **strutture (o sorgenti) areali** sono quelle sorgenti che emettono su un'area ben definita sul territorio (porti, aeroporti, depositi di materiale pulvirulento, discariche, ecc.). Per tali strutture la stima delle emissioni è effettuata singolarmente e localizzandole precisamente sul territorio georeferenziando l'area dove le emissioni sono generate.

Infine, per **sorgenti diffuse** si intendono tutte quelle sorgenti non incluse nelle classi precedenti e che necessitano per la stima delle emissioni di un trattamento statistico. In particolare rientrano in questa classe sia le emissioni di origine puntiforme che, per livello dell'emissione, non rientrano nelle sorgenti localizzate o puntuali, sia le emissioni effettivamente di tipo areale (ad esempio le foreste) o ubiquo (ad esempio traffico diffuso, uso di solventi domestici, ecc.).

### **2.3 Procedura per la stima delle emissioni delle differenti sorgenti**

---

In Figura 1 è riportata una sintesi della procedura che è seguita per la stima delle emissioni delle differenti sorgenti, anche con riferimento alla definizione delle entità previste nel sistema (strutture ed unità statistiche).

Le emissioni da attività diffuse, nei casi più semplici, sono stimate a partire da indicatori statistici dell'attività e da opportuni fattori di emissione. La zona statistica di base scelta per la stima delle emissioni è il comune.

Si ottiene:

$$E_{ijk} = A_{ij} * F_{jk}$$

dove:

- $E_{ijk}$  sono le emissioni dell'inquinante k dalla attività j nella zona statistica (comune) i;

- $A_{ij}$  è l'attività  $j$  nella zona statistica (comune)  $i$  (per esempio, per gli impianti termici, i consumi di combustibili);
- $F_{jk}$  è il fattore di emissione dell'inquinante  $k$  dalla attività  $j$ , per unità di attività espresso in grammi per unità di attività (ad esempio nel caso dei consumi di combustibili in grammi per gigajoule).

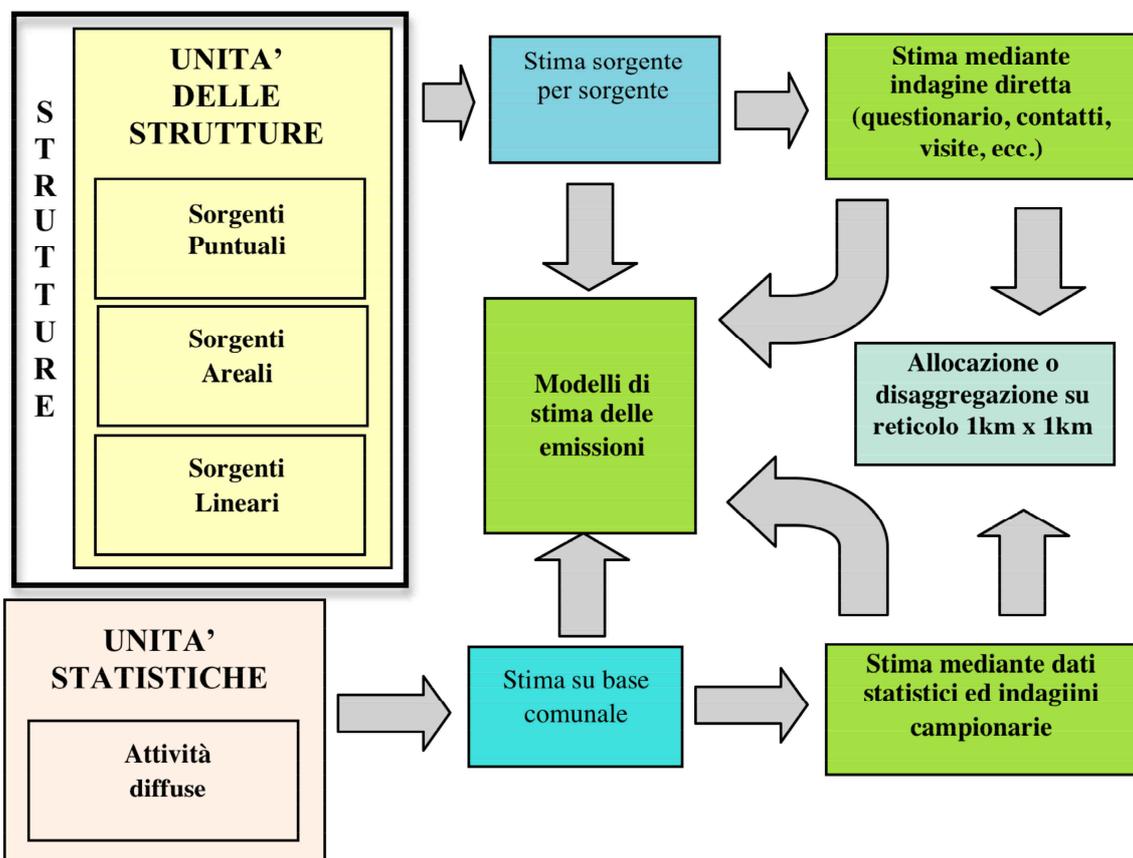


Figura 1 – Schema operativo per la stima delle emissioni

Per le emissioni diffuse, le emissioni lineari e quelle areali, nei casi più complessi si farà ricorso a modelli di stima (realizzati dalla Techne Consulting sulla base di metodologie validate a livello internazionale).

In particolare sono adottati i modelli di stima nei seguenti casi:

- emissioni da traffico stradale: per la stima delle emissioni da traffico stradale (lineari e diffuse) è stato utilizzato il modello *E-Road*,
- emissioni da decollo ed atterraggio aeromobili: per la stima delle emissioni da decollo ed atterraggio degli aeromobili è stato utilizzato il modello *E-Airport*,
- emissioni da vegetazione: per la stima delle emissioni (diffuse) da vegetazione è stato utilizzato il modello *E-Forest*,
- emissioni da incendi forestali: per la stima delle emissioni (diffuse) da incendi forestali è stato utilizzato il modello *E-Fire*.

Per le strutture (escluse le strutture legati ai trasporti), la selezione originaria delle aziende è stata effettuata tramite le seguenti attività:

- nel caso di strutture puntuali, valutazione preliminare delle emissioni per singolo punto di emissione, come specificato nel seguito;
- nel caso di strutture puntuali, calcolo delle emissioni per l'intero impianto come somma delle emissioni di tutti i punti di emissione;
- valutazione se per l'intero impianto le emissioni totali superavano le soglie prefissate e se gli impianti sono considerati come sorgenti puntuali.

Le emissioni dalle strutture (escluse le strutture legati ai trasporti) sono state valutate

- utilizzando i valori dichiarati dalle aziende dove questi sono presenti nei questionari;
- utilizzando valori di concentrazione ai punti di emissione e dati relativi ai fumi prodotti quando dichiarati dalle aziende;
- utilizzando fattori di emissione dove non disponibili dati aziendali.

I risultati ottenuti dalle differenti metodologie sono stati quindi confrontati al fine di ottenere stime il più possibile attendibili.

Nel caso del calcolo delle emissioni sulla base delle concentrazioni ai punti di emissione, le emissioni, in chilogrammi, per singolo punto di emissione si calcolano in via generale come:

$$E_i = O_i * g * h$$

dove:

- $i$  = inquinante;
- $O_i$  = emissione media oraria dell'inquinante  $i$  (kg/h);
- $g$  = giorni effettivi di funzionamento per anno;
- $h$  = ore effettive di funzionamento per giorno.

L'emissione media oraria, dove non presente, si calcola come:

$$O_i = P * C_i * 10^{-6}$$

dove:

- $P$  = portata oraria dei fumi (Nm<sup>3</sup>/h);
- $C_i$  = concentrazione dell'inquinante  $i$  nei fumi (mg/Nm<sup>3</sup>).

In questo modo si ottengono delle emissioni teoriche in quanto:

- le aziende possono non aver dichiarato uno qualsiasi degli elementi (portata fumi, concentrazioni, ore) nel qual caso gli elementi mancanti sono stati valutati per analogia con casi simili o dalla analisi del processo produttivo;
- le concentrazioni possono essere state dichiarate più alte per essere certi di non essere smentiti da eventuali accertamenti;
- il numero di ore può essere riferito a tutto lo stabilimento e non al singolo impianto o specifico processo (ad esempio verniciatura).

A valle di una verifica di congruità, correttezza e completezza delle informazioni raccolte si è proceduto ad una fase di censimento diretto, finalizzato:

- alla verifica delle attualità e validità delle precedenti dichiarazioni;
- alla verifica delle eventuali discrepanze tra i dati stimati e i dati dichiarati;
- al completamento dell'universo informativo.

I dati reperiti per le strutture (escluse le strutture legati ai trasporti), sono stati validati con riferimento in particolare:

- alla verifica delle emissioni dichiarate raffrontate a quelle ottenute con l'utilizzo di fattori di emissione standard;
- nel caso di strutture puntuali, alla verifica delle emissioni dichiarate raffrontate a quelle ottenute sommando le emissioni calcolate per ogni singolo punto di emissione (la stima delle emissioni per singolo punto di emissione è ottenuta secondo la metodologia specificata più avanti).

Nei casi particolari di attività che prevedono il rilascio degli inquinanti come emissioni diffuse e non solamente come emissioni convogliate nei punti di emissione (come per le emissioni di Composti Organici Volatili nei processi di verniciatura industriale), il calcolo delle emissioni totali degli inquinanti è stato effettuato tenendo in considerazione le quantità dichiarate di materie prime utilizzate nell'impianto (prodotti vernicianti e solventi), la loro percentuale nella composizione di composti organici volatili e i sistemi di abbattimento specifici adottati. Analoga procedura è stata seguita per le emissioni areali (ad esempio depositi di combustibili, discariche, aree di stoccaggio).

Per tutte le aziende inoltre, a completamento delle informazioni contenute nel questionario, è stato effettuato l'inserimento di emissioni di inquinanti non dichiarati dalle aziende ma di cui sia nota la presenza, e di cui il relativo valore di emissione è calcolato tramite l'utilizzo di appositi fattori di emissione standard.

Ove necessario sono state contattate nuovamente le aziende per richiedere chiarimenti ai fini di risolvere incongruenze sui valori delle emissioni dichiarate o effettuare eventuali integrazioni.

## **2.4 Modelli di stima**

---

### **2.4.1 Traffico stradale**

Per la stima delle emissioni da traffico stradale è stato utilizzato il modello **E<sup>2</sup>Road**, evoluzione del modello Sets.com. I fattori di emissione sono stati recentemente validati ed aggiornati.

Il modello **E<sup>2</sup>Road**, valuta gli inquinanti presi in esame dalla metodologia della *Task Force on Emissions Inventory and Projections* ovvero i precursori dell'ozono (CO, NO<sub>x</sub>, COV), i gas climalteranti (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O), le sostanze acidificanti (NH<sub>3</sub>, SO<sub>2</sub>), il particolato (PST, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2,5</sub>), le specie cancerogene (IPA e POPs), le sostanze tossiche (diossine e furani), i metalli pesanti, il benzene (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>) ed il Black Carbon (BC).

La metodologia attuale rappresenta il quinto aggiornamento dall'iniziale metodologia CORINAIR 1985 (prodotta nel 1989) ed aggiornata una prima volta nel 1991 per l'inventario CORINAIR 1990. Questa versione era inclusa nella prima versione dell'Emission Inventory Guidebook. Il secondo aggiornamento della metodologia era inserito nel software COPERT II e presentato in un aggiornamento del Guidebook. La terza metodologia era implementata nel software COPERT III (prodotto nel 2000).

La versione a cui si farà riferimento nel presente lavoro è quella contenuta nell'*Air Pollutant Emission Inventory Guidebook (Technical Guidance to Prepare National Emission Inventories following the LRTAP Convention's Reporting Guidelines and the EU National*

*Emission Ceilings Directive*), preparato da EMEP/EEA *Task Force on Emission Inventories and Projections* (TFEIP) e pubblicata da *European Environment Agency* (Versione *Guidebook* 2013). La stessa versione è quella contenuta nel software COPERT IV.

Nel modello **E<sup>2</sup>Road**, sono inoltre stati adeguati i fattori di emissione del benzene (attualmente non incluso nella metodologia EMEP/EEA), includendo anche i veicoli diesel.

Il modello **E<sup>2</sup>Road** permette di stimare le emissioni da traffico stradale seguendo la metodologia COPERT personalizzata per tenere conto delle peculiarità a livello locale. Questa metodologia prende in considerazione cinque tipologie di veicoli come evidenziate in Tabella 1 dove sono altresì riportate le corrispondenze con la classificazione del codice della strada.

Tabella 1 - Tipologie di veicoli considerati in **E<sup>2</sup>Road** e loro corrispondenza con le definizioni del D.Lgs. 30 Aprile 1992 n. 285

Classificazione <b>E<sup>2</sup>Road</b>	Classificazione D.Lgs. 285/1992
Automobili (portata minore di 2.5 t)	M1
Veicoli commerciali	N1, N2, N3
Trattori Stradali	N3
Autobus	M2, M3
Motocicli	L1, L3, L4, L5

La categoria delle automobili a benzina è ulteriormente scomposta, in base alla cilindrata (cc), in tre classi:

- cc<1400
- 1400<cc<2000
- cc>2000

e quindi, in base all'applicazione delle normative delle Comunità Europea, sulle caratteristiche dei motori ai fini della tutela dell'aria:

- PRE ECE (prima di ogni regolamento comunitario), fino al 1973
- ECE 15/00-01 (70/220/CEE & 74/290/CEE) dal 1973
- ECE 15/02 (77/102/CEE) dal 1978
- ECE 15/03 (78/665/CEE) dal 1982
- ECE 15/04 (83/351/CEE) dal 1985
- EURO I (91/441/CEE) dal 1993
- EURO II (94/12/CEE) dal 1996
- EURO III (98/69/CE – Stage 2000) dal 2001
- EURO IV (98/69/CE – Stage 2005) dal 2005.
- EURO V (715/2007/EC) dal 2010
- EURO VI fino al 2016 (715/2007/EC)
- EURO VI dal 2017 al 2019 (715/2007/EC)
- EURO VI dal 2017 dal 2020 (715/2007/EC)

Per le automobili a gasolio la suddivisione in base alla cilindrata è diversa, essendo i veicoli passeggeri suddivisi tra:

- cc<2000

- cc>2000,

e diverse sono le classi in base alle normative della Comunità Europea:

- PRE EURO (prima di ogni regolamento) fino al 1992
- EURO I (91/441/CEE) dal 1992
- EURO II (94/12/CEE) 1997 (iniezione diretta) e 1996 (iniezione indiretta) -2000
- EURO III (98/69/CEE Stage 2000) dal 2001
- EURO IV (98/69/CEE Stage 2005) dal 2006
- EURO V (715/2007/EC) dal 2010
- EURO VI fino al 2016 (715/2007/EC)
- EURO VI dal 2017 al 2019 (715/2007/EC)
- EURO VI dal 2017 dal 2020 (715/2007/EC)

Per le automobili a GPL non è prevista la suddivisione in base alla cilindrata mentre le classi in base alla normativa europea sono le stesse di quelle per le automobili diesel:

- PRE EURO (prima di ogni regolamento) fino al 1992
- EURO I (91/441/CEE) dal 1992
- EURO II (94/12/CEE) 1997 (iniezione diretta) e 1996 (iniezione indiretta) -2000
- EURO III (98/69/CEE Stage 2000) dal 2001
- EURO IV (98/69/CEE Stage 2005) dal 2006
- EURO V (715/2007/EC) dal 2010
- EURO VI fino al 2016 (715/2007/EC)
- EURO VI dal 2017 al 2019 (715/2007/EC)
- EURO VI dal 2017 dal 2020 (715/2007/EC)

Le automobili a gas naturale (GNL) e ad Etanolo (E85) sono introdotte per la sola classe di cilindrata:

- 1400<cc<2000

mentre le classi in base alla normativa europea sono:

- EURO IV (98/69/CEE Stage 2005) dal 2006
- EURO V (715/2007/EC) dal 2010
- EURO VI fino al 2016 (715/2007/EC)
- EURO VI dal 2017 al 2019 (715/2007/EC)
- EURO VI dal 2017 dal 2020 (715/2007/EC).

I veicoli commerciali a benzina sono suddivisi in due classi di portata (P):

- P<3.5t
- P>3.5t

Per la classe di portata P<3.5t le classi in base alla normativa europea sono le seguenti:

- PRE EURO (prima di ogni regolamento) fino al 1992
- EURO I (91/441/CEE) dal 1992
- EURO II (94/12/CEE) dal 1997 (iniezione diretta) e 1996 (iniezione indiretta) -2000
- EURO III (98/69/CEE Stage 2000) dal 2001
- EURO IV (98/69/CEE Stage 2005) dal 2006
- EURO V (715/2007/EC) dal 2010

- EURO VI fino al 2016 (715/2007/EC)
- EURO VI dal 2017 al 2019 (715/2007/EC)
- EURO VI dal 2017 dal 2020 (715/2007/EC).

Per la classe di portata  $P > 3.5t$  è definita la sola classe in base alla normativa europea seguente:

- PRE EURO (prima di ogni regolamento)

Per gli autocarri a gasolio le classi di portata (P) in tonnellate sono:

- $P < 3.5$
- $3.5 < P < 7.5$
- $7.5 < P < 12$
- $12 < P < 14$
- $14 < P < 20$
- $20 < P < 26$
- $26 < P < 28$
- $28 < P < 32$
- $P > 32$

Per i trattori e le motrici stradali le classi di portata sono:  $14 < P < 20$

- $14 < P < 20$
- $20 < P < 28$
- $28 < P < 34$
- $34 < P < 40$
- $40 < P < 50$
- $50 < P < 60$

Per entrambi le classi di portata le classi in base alla normativa europea sono le seguenti:

- PRE EURO (prima di ogni regolamento) fino al 1992
- EURO I (91/441/CEE) dal 7/1993
- EURO II (94/12/CEE) dal 10/1995
- EURO III (98/69/CEE Stage 2000) dal 2001
- EURO IV (98/69/CEE Stage 2005) dal 2006
- EURO V (715/2007/EC) dal 2010
- EURO VI (715/2007/EC) dal 9/2014.

Gli autobus a gasolio sono suddivisi in:

- Autobus urbani
- Altri autobus (Coaches)

Per quanto riguarda le classi di portata gli autobus urbani sono classificati in:

- $P < 15 t$  (MIDI)
- $15t < P < 18t$
- $P > 18 t$

Mentre gli altri autobus sono suddivisi in:

- P<18 t
- P>18 t

Per quanto riguarda la suddivisione per normativa comunitaria gli autobus, siano essi urbani o altri, sono classificati in:

- PRE EURO (ECE R49 e normative precedenti) fino al 30 settembre 1990 se non ad iniezione diretta, altrimenti sino al 1° ottobre 1996),
- EURO I (91/542/CEE Stage I: decorrenza per l'obbligo di omologazione dal 1° luglio 1993),
- EURO II (91/542/CEE Stage II: decorrenza per l'obbligo di omologazione dal 1° ottobre 1995),
- EURO III (1999/96/EC) Step I dal 2000,
- EURO IV (1999/96/EC) Step II dal 2005,
- EURO V (1999/96/EC) Step III dal 2008,
- EURO VI (715/2007/EC) dal 9/2014.

Gli autobus a metano non sono suddivisi per portata ma classificati per normativa:

- EURO I (91/542/CEE Stage I: decorrenza per l'obbligo di omologazione dal 1° luglio 1993),
- EURO II (91/542/CEE Stage II: decorrenza per l'obbligo di omologazione dal 1° ottobre 1995),
- EURO III (1999/96/EC) Step I dal 2000,
- EEV.

I motocicli sono suddivisi in quattro classi di cilindrata (cc):

- cc<50
- 50<cc<250
- 250<cc<750
- cc>750

A loro volta i motocicli di cilindrata inferiore a 50 cm<sup>3</sup> (ciclomotori) sono suddivisi in base all'applicazione delle normative delle Comunità Europea nelle classi:

- PRE EURO
- EURO I (97/24/CEE - Stage I) con decorrenza dell'omologazione dal 17 giugno 1999
- EURO II (97/24/CEE - Stage II) con decorrenza dell'omologazione dal 17 giugno 2002,
- EURO III (97/24/CEE - Stage II) con decorrenza dell'omologazione dal 2006;

mentre i motocicli di cilindrata superiore a 50 cm<sup>3</sup> sono suddivisi nelle classi:

- PRE EURO
- EURO I (97/24/CEE - Stage I) con decorrenza dell'omologazione dal 17 giugno 1999
- EURO II (Regolamento 2002/51/EC Stage I) con decorrenza dal 2003
- EURO III (Regolamento 2002/51/EC Stage II) con decorrenza dal 2006

La metodologia originaria definisce i consumi e le emissioni o come costanti o come funzioni della velocità. Nell'applicazione della metodologia a livello nazionale (programma Copert) le

funzioni sono discretizzate in tre tipologie di guida (urbano, extraurbano, autostradale) a cui corrispondono tre velocità medie.

Il modello *ERoad*, al fine di definire in modo più dettagliato i reali modi di impiego dei mezzi, prevede la suddivisione delle percorrenze totali in tredici classi di velocità (10÷20, 20÷30, ..., 120÷130) e la definizione di distribuzioni di velocità per tipologia di veicolo a cui corrispondono specifici fattori di emissione valutati al centro dei singoli intervalli di velocità (alle velocità 15, 25, ..., 125 km/h).

Infine il modello permette la correzione delle emissioni per tenere conto degli effetti della pendenza della strada (-3%, -2%, -1%, 0, 1%, 2%, 3%) e, nel caso dei soli veicoli pesanti, del carico (a pieno carico, a mezzo carico, a vuoto).

#### **2.4.1.1 Stima delle percorrenze**

La percorrenza  $m_{jkl}$  può essere ottenuta come:

$$m_{jkl} = h_{jl} \cdot v_{jl} \cdot q_{jkl}$$

dove:  $m_{jkl}$  sono le percorrenze per classe di velocità o più correttamente i veicoli chilometro per anno (quantità complessiva di chilometri percorsi dalla totalità dei veicoli di categoria  $j$  alimentati con il combustibile  $l$  in un anno nella classe di velocità  $k$ ),  $h_{jl}$  è il numero di veicoli di categoria  $j$  alimentati con il combustibile  $l$  circolanti nell'area della simulazione (o nel caso di una strada il numero di passaggi nel periodo preso in considerazione),  $v_{jl}$  è la percorrenza media dei veicoli di categoria  $j$  alimentati con il combustibile  $l$  nel periodo preso in considerazione (o nel caso di una singola strada la lunghezza della strada),  $q_{jkl}$  è la quota della percorrenza del veicolo di categoria  $j$  alimentato con il combustibile  $l$  effettuata nella classe di velocità  $k$ . Qui e nelle formule che seguono con categoria di veicolo si intende la combinazione di tipologia di veicolo, cilindrata/portata e normativa.

#### **2.4.1.2 Stima dei consumi**

Le formule di base per la stima dei consumi a caldo è la seguente:

$$C_{jkl}^{\text{hot}} = U_{jkl}^{\text{hot}} m_{jkl}$$

dove:  $j$  indica la tipologia di veicolo,  $k$  la classe di velocità,  $l$  il combustibile,  $C^{\text{hot}}$  sono i consumi espressi in grammi,  $U^{\text{hot}}$  sono i consumi unitari espressi in grammi per chilometro,  $m$  sono le percorrenze totali o più correttamente i veicoli chilometro per anno (quantità complessiva di chilometri percorsi dalla totalità dei veicoli in un anno).

La stima dei consumi è necessaria alla stima delle emissioni per una serie di inquinanti le cui emissioni dipendono dal consumo di combustibile (ad esempio ossidi di zolfo e piombo).

Inoltre la stima è utilizzata per calibrare il modello e dedurre le percorrenze medie per tipo classe e categoria di veicolo. La somma dei consumi per combustibile stimati dal modello è validata per confronto con il valore dei consumi rilevati statisticamente. La fonte dei dati per i consumi di combustibili nel trasporto stradale è il Bollettino petrolifero del Ministero delle Attività Produttive, per le stime a livello locale.

I consumi specifici a caldo delle automobili a benzina e gasolio sono calcolati, in funzione della velocità ( $V$ ) applicando la formula:

$$U_{jkl}^{\text{hot}} = (a_{jkl} + c_{jkl} * V + e_{jkl} * V^2) / (1 + b_{jkl} * V + d_{jkl} * V^2)$$

dove:  $U^{hot}$  sono i consumi unitari espressi in grammi per chilometro, j indica la tipologia di veicolo, k la classe di velocità, l il combustibile, V la velocità media della classe di velocità k. I coefficienti  $a_{jkl}$ ,  $b_{jkl}$ ,  $c_{jkl}$ ,  $d_{jkl}$ , e  $e_{jkl}$  per le singole tipologie di veicolo, classe di velocità e combustibile sono contenuti nel citato *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook*.

Per quanto riguarda, invece i veicoli commerciali pesanti e gli autobus, i consumi specifici sono calcolati non solo in funzione della classe di velocità, ma anche del fattore di carico e della pendenza della strada. Le funzioni utilizzate, stimate nell'ambito del progetto ARTEMIS, sono specifiche per ciascuna tipo, classe e categoria di veicolo, fattori di carico e classe di pendenza.

### 2.4.1.3 Stima delle emissioni a caldo dalle percorrenze

Le emissioni di ossidi di azoto, monossido di carbonio, composti organici volatili, particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron, metano, protossido di azoto ed ammoniaca sono stimate a partire dalle percorrenze e da opportuni fattori di emissione.

La formula di base per la stima delle emissioni a caldo a partire dalle percorrenze è la seguente:

$$E^{hot}_{ijkl} = F^{hot, mijkl} m_{ijkl}$$

dove: i indica l'inquinante, j la categoria di veicolo, k la classe di velocità, l il combustibile,  $E^{hot}$  sono le emissioni espresse in grammi,  $F^{hot, m}$  sono i fattori di emissione espressi in grammi per chilometro, m sono le percorrenze totali o più correttamente i veicoli chilometro per anno (quantità complessiva di chilometri percorsi dalla totalità dei veicoli in un anno).

Una volta stimate le percorrenze per classe di velocità è sufficiente applicare il fattore di emissione (contenuti nel modello ed estratti dall'EMEP/EEA Guidebook) per stimare le emissioni a caldo.

La funzione con cui sono stimati i fattori di emissione di  $NO_x$ , CO, COVNM e  $PM_{10}$  è simile a quella utilizzata per la stima dei consumi specifici medi:

$$F^{hot, m}_{ijkl} = (a_{ijkl} + c_{ijkl} V + e_{ijkl} V^2) / (1 + b_{ijkl} V + d_{ijkl} V^2)$$

dove:  $F^{hot, m}$  sono i fattori di emissione espressi in grammi per chilometro, i indica l'inquinante, j la tipologia di veicolo, k la classe di velocità, l il combustibile, V la velocità media della classe di velocità k. I coefficienti  $a_{jkl}$ ,  $b_{jkl}$ ,  $c_{jkl}$ ,  $d_{jkl}$ , e  $e_{jkl}$  per i singoli inquinanti, tipologie di veicolo, classe di velocità e combustibile sono contenuti nel citato *Air Pollutant Emission Inventory Guidebook*.

Le emissioni di  $N_2O$  e  $NH_3$ , che sono particolarmente importanti nelle automobili equipaggiate con marmitta catalitica in particolare nel periodo in cui il catalizzatore non ha ancora raggiunto la temperatura di esercizio, sono stimate dalla:

$$E^{hot, m}_{ijl} = (a_{jls} m_{jl} + b_{jls}) F_{jls}$$

dove s = contenuto di zolfo nella benzina.

### 2.4.1.4 Stima delle emissioni a caldo dai consumi

Le emissioni di metalli pesanti (cadmio, cromo, rame, nickel, selenio e zinco) diossine e furani sono direttamente correlate ai consumi di combustibili e sono trattate a parte rispetto alla metodologia delineata nel paragrafo precedente. In questo caso le emissioni sono stimate dai consumi di combustibile valutati dal modello e da opportuni fattori di emissione per

quantità di combustibile consumato (contenuti nel modello ed estratti dall'EMEP/EEA Guidebook):

$$E_{ijkl}^{\text{hot}} = F_{ijkl}^{\text{hot,c}} C_{jkl}^{\text{hot}}$$

dove: i indica l'inquinante, j la categoria di veicolo, k la classe di velocità, l il combustibile,  $E^{\text{hot}}$  sono le emissioni espresse in grammi,  $C^{\text{hot}}$  sono i consumi espresse in grammi,  $F^{\text{hot,c}}$  sono i fattori di emissione espresse in grammi per grammo di combustibile consumato.

Una volta stimato il consumo totale a caldo è dunque sufficiente utilizzare i fattori di emissione basati sui consumi (contenuti nel modello ed estratti dall'EMEP/EEA Guidebook) per stimare le emissioni a caldo.

Inoltre, con riferimento agli ossidi di zolfo, le emissioni sono calcolate come:

$$E_{(\text{SOx})jkl}^{\text{hot}} = 2 s_l C_{jkl}^{\text{hot}}$$

dove  $s_l$  è il tenore di zolfo del combustibile j.

Con riferimento al piombo le emissioni, dai soli veicoli a benzina, sono calcolate come:

$$E_{(\text{Pb})(\text{benzina})jk}^{\text{hot}} = [(1-Q^{\text{NPb}}) T^{\text{Pb}} + Q^{\text{NPb}} T^{\text{NPb}}] C_{(\text{benzina})jk}^{\text{hot}}$$

dove  $Q^{\text{NPb}}$  è la quota di benzina senza piombo consumata  $T^{\text{Pb}}$  è il tenore di piombo nella benzina con piombo e  $T^{\text{NPb}}$  è il tenore di piombo nella benzina senza piombo (che, nonostante il nome, contiene ancora una percentuale residua di piombo).

Tenori di zolfo dei combustibili e tenori di piombo nella benzina sono contenuti, anno per anno, nel modello.

Le emissioni di carbonio totale sono calcolate come:

$$E_{(\text{C})jkl}^{\text{hot}} = C_{jkl}^{\text{hot}} / (12,011 + 1,0008 r_{\text{hlc}} + 16 r_{\text{loc}})$$

dove  $r_{\text{hlc}}$  è il rapporto tra gli atomi di idrogeno e quelli di carbonio nel combustibile e  $r_{\text{loc}}$  è il rapporto tra gli atomi di ossigeno e quelli di carbonio.

Le emissioni di anidride carbonica sono calcolate a partire dalle emissioni di carbonio sottraendo le quote di carbonio emesse come altri inquinanti e riportando il totale all'anidride carbonica. In particolare:

$$E_{(\text{CO}_2)jkl}^{\text{hot}} = (E_{(\text{C})jkl}^{\text{hot}} - E_{(\text{CO})jkl}^{\text{hot}}/28,011 - E_{(\text{COV})jkl}^{\text{hot}}/13,85 - E_{(\text{PM10})jkl}^{\text{hot}}/12,011) * 44,011$$

#### **2.4.1.5 Stima dell'effetto della pendenza della strada sui consumi e sulle emissioni a caldo**

La pendenza della strada ha l'effetto di aumentare o diminuire la resistenza di un veicolo alla trazione ed in conseguenza ad aumentare consumi ed emissioni.

Relativamente ai differenti veicoli e, rispettivamente, ai consumi, alle emissioni degli inquinanti calcolate sulla base dei consumi ed alle emissioni calcolate sulla base delle percorrenze, valgono le seguenti funzioni:

$$C_{ijklp} = q_{jp} C_{ijkl} f_{jklp}^c$$

$$E_{ijklc} = q_{jp} E_{ijkl} f_{jklp}^c$$

i: ossidi di azoto, monossido di carbonio, composti organici volatili, particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron

$$E_{ijklc} = q_{jp} E_{ijkl} f_{jklp}^c$$

i: ossidi di zolfo, piombo, carbonio totale, anidride carbonica, metalli pesanti (cadmio, cromo, rame, nickel, selenio e zinco) diossine e furani, dove:

p classe di pendenza della strada;

$q_{jp}$  quota delle percorrenze del veicolo di categoria j alle pendenze di classe p (dato in ingresso al modello),

$E_{ijklp}$  emissioni dell'inquinante i (g/km) del veicolo di categoria j alimentato dal combustibile l alla classe di velocità k in pendenza p%;

$E_{ijkl}$  emissioni dell'inquinante i (g/km) del veicolo di categoria j alimentato dal combustibile l alla classe di velocità k in pianura;

$f_{jklp}^c$  fattore di correzione per i consumi alla pendenza p del veicolo di categoria j alimentato dal combustibile l alla classe di velocità k (contenuti nel modello ed estratti dall'EMEP/EEA Guidebook);

$f_{ijklp}$  fattore di correzione per le emissioni dell'inquinante i alla pendenza p del veicolo di categoria j alimentato dal combustibile l alla classe di velocità k (contenuti nel modello ed estratti dall'EMEP/EEA Guidebook); valido per ossidi di azoto, monossido di carbonio, composti organici volatili, particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron.

La correzione non è applicata ai veicoli commerciali pesanti in quanto è già compresa nel calcolo del fattore di emissione. La correzione non è calcolata per metano, protossido di azoto ed ammoniac.

#### **2.4.1.6 Stima dell'effetto del carico sulle emissioni a caldo**

I fattori di emissione dei paragrafi precedenti sono validi per un carico medio pari a circa il 50% della massima portata.

Relativamente ai differenti veicoli e, rispettivamente, ai consumi, alle emissioni degli inquinanti calcolate sulla base dei consumi ed alle emissioni calcolate sulla base delle percorrenze, valgono le seguenti funzioni:

$$C_{ijklpc} = q_{jc} C_{ijkl} g_{jklpc}^c$$

$$E_{ijklpc} = q_{jc} E_{ijkl} g_{jklpc}$$

i: ossidi di azoto, monossido di carbonio, composti organici volatili, particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron

$$E_{ijklpc} = E_{ijkl} g_{jklpc}^c$$

i: ossidi di zolfo, piombo, carbonio totale, anidride carbonica, metalli pesanti (cadmio, cromo, rame, nickel, selenio e zinco) diossine e furani

dove:

c classe di carico

$q_{jc}$  quota delle percorrenze del veicolo di categoria j al carico di classe c (dato in ingresso al modello),

$E_{ijklc}$  emissioni dell'inquinante i (g/km) del veicolo di categoria j alimentato dal combustibile l alla classe di velocità k a pieno carico;

$E_{ijkl}$  emissioni dell'inquinante i (g/km) del veicolo di categoria j alimentato dal combustibile l alla classe di velocità k a vuoto;

$g_{jklpc}^c$  fattore di correzione per i consumi a pieno carico del veicolo di categoria j alimentato dal combustibile l alla classe di velocità k su strade con pendenza p (contenuti nel modello ed estratti dall'EMEP/EEA Guidebook);

$g_{ijklpc}$  fattore di correzione per l'inquinante i a pieno carico del veicolo di categoria j alimentato dal combustibile l alla classe di velocità k su strade con pendenza p (contenuti nel modello ed estratti dall'EMEP/EEA Guidebook); valido per ossidi di azoto, monossido di carbonio, composti organici volatili, particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron.

La correzione non è applicata ai veicoli commerciali pesanti in quanto è già compresa nel calcolo del fattore di emissione. La correzione non è calcolata per metano, protossido di azoto ed ammoniacca.

#### 2.4.1.7 Stima dei consumi e delle emissioni a freddo

Durante il funzionamento a freddo del veicolo si produce da un lato un extra-consumo di combustibile e dall'altro una differente modalità di combustione; entrambi i fenomeni portano ad un aumento delle emissioni. L'aumento delle emissioni è presente in tutti i tipi di veicoli, tuttavia per mancanza di conoscenze più approfondite è preso in considerazione solo per i veicoli leggeri. Le emissioni dovute al funzionamento a freddo sono ottenute stimando la quota extra di emissioni da aggiungere alle emissioni a caldo per ottenere le emissioni totali. La quantità extra di emissioni è stimata a partire dalla quota parte della percorrenza degli autoveicoli espletata con i motori a freddo.

La quantità extra di consumi dipende dalla temperatura ambiente e dalla velocità media ed è stimata come somma dei consumi mensili a partire dalla:

$$C_{jk}^{cold} = \sum_{jkmhnt} C_{jkmhnt}^{cold}$$

dove j indica la tipologia di veicolo, k la classe di velocità, m il mese dell'anno, h la classe di velocità a freddo, n la classe di temperatura di avvio del motore, e t la classe di temperatura media diurna nel mese m.

La quantità extra di emissioni dipende dalla temperatura ambiente e dalla velocità media ed è stimata come somma delle emissioni mensili a partire dalla:

$$E_{ijk}^{cold} = \sum_{jkmhnt} E_{ijkhnt}^{cold}$$

dove i indica l'inquinante, j la tipologia di veicolo, k la classe di velocità, m il mese dell'anno, h la classe di velocità a freddo, n la classe di temperatura di avvio del motore e t la classe di temperatura media diurna nel mese m.

Anche in questo caso il modello ***E-Road*** calcola le emissioni tenendo conto delle distribuzioni di velocità, temperatura, cilindrata e normativa (ad esempio tenendo conto dei differenti modelli di catalizzatore) interessanti la simulazione, fornendo una stima più dettagliata rispetto ad altri modelli che considerano solo valori medi per le suddette variabili.

I consumi, in tonnellate, del veicolo di categoria j, nel generico mese m della classe di velocità a freddo h e classe di temperatura n sono date dalla:

$$C_{jlmn}^{cold} = \beta_{ilm} * m_{jlm} * c_{jl}^{HOT} * [(c_{jlmn}^{COLD} / c_{jlmn}^{HOT}) - 1]$$

le emissioni, in tonnellate, del veicolo di categoria j, nel generico mese m della classe di velocità a freddo l e classe di temperatura n sono date dalla:

$$E_{ijlmn}^{cold} = \beta_{jlm} * m_{jlm} * e_{ijl}^{HOT} * [(e^{COLD}/e^{HOT})_{iklmn} - 1]$$

dove:

$m_{jlm}$  percorrenze totali del veicolo di categoria j, nel mese m, con classe di velocità l;

$\beta_{jlm}$  quota delle percorrenze del veicolo di categoria j, nel mese m, con classe di velocità l percorse a freddo (il parametro dipende dalla lunghezza media del viaggio  $l_{viaggio}$ );

$c_{jl}^{HOT}$  consumi a caldo per categoria di veicolo j e classe di velocità l;

$(c^{COLD}/c^{HOT})_{jlmn}$

rapporto tra consumi a freddo ed a caldo per categoria di veicolo j, classe di velocità l e mese m (a cui corrisponde una specifica classe di temperatura n);

$e_{ijl}^{HOT}$  fattore di emissione a caldo per inquinante i, categoria di veicolo j e classe di velocità l;

$(e^{COLD}/e^{HOT})_{ijlmn}$

rapporto tra fattore di emissione a freddo ed a caldo per inquinante i, categoria di veicolo j, classe di velocità l e mese m (a cui corrisponde una specifica classe di temperatura n).

I differenti parametri e coefficienti necessari alla stima sono contenuti nel modello ed estratti dal progetto ARTEMIS - COPERT. La correzione non è calcolata per metano, protossido di azoto ed ammoniaca.

#### **2.4.1.8 Stima delle emissioni evaporative**

Le emissioni di COVNM da evaporazione nei veicoli a benzina si aggiungono alle emissioni di COVNM da combustione. Le emissioni evaporative sono suddivise in tre parti:

- perdite in movimento;
- perdite diurne;
- emissioni "hot soak".

Le perdite in movimento sono perdite evaporative che avvengono quando il veicolo è in uso. Le perdite sono dovute al riscaldamento del serbatoio provocato dai condotti di scarico dei gas, all'aria calda proveniente dal comparto motore che fluisce sotto il veicolo e riscalda il serbatoio, al combustibile di ritorno del comparto motore, e al calore irradiato dalla pavimentazione della strada.

Le perdite diurne sono causate dal riscaldamento e raffreddamento del serbatoio dovuti all'escursione termica giornaliera dell'ambiente. Temperature più basse causano la contrazione della miscela aria-vapore nel serbatoio, ogni seguente aumento della temperatura causa l'espansione della miscela aria-vapore e la fuoriuscita di vapore dal serbatoio.

Le emissioni "hot soak" sono generate dal riscaldamento del sistema di alimentazione del combustibile dovuto al calore disperso dal motore e dai condotti di scarico dei gas quando il veicolo è spento. Il calore proveniente dal motore può causare l'aumento della temperatura del combustibile nel carburatore ad un valore di circa 70° causando l'evaporazione dalla benzina della sua frazione più leggera.

Le emissioni "hot soak" sono tipicamente più basse per i veicoli ad iniezione poiché il sistema di alimentazione del combustibile è chiuso ed i vapori non possono disperdersi durante una

"hot soak". Per i veicoli ad iniezione le emissioni "hot soak" sono dovute al riscaldamento del serbatoio da parte dei condotti di scarico dei gas e del combustibile di ritorno dal sistema ad iniezione.

Nell'ambito della metodologia le emissioni evaporative sono stimate per i soli veicoli leggeri a benzina (automobili, veicoli commerciali con peso a pieno carico < 3,5 P e motocicli) e per la loro stima i parametri critici sono la frazione di veicoli a benzina ad iniezione, il numero di viaggi giornalieri e la ripartizione di tali viaggi tra quelli terminati a motore caldo e quelli (più brevi) terminati a motore freddo o tiepido.

Le emissioni nella metodologia sono stimate distinte fra le differenti cilindrata ed i fattori di emissione sono modulati in funzione della cilindrata.

Le emissioni evaporative  $E_{jm}^{eva}$ , in tonnellate, delle autovetture leggere a benzina sono stimate a partire dalla formula seguente (in cui j indica la tipologia del veicolo espressa dalla cilindrata e dalla normativa ECE che rispetta ed m il mese):

$$E_{jm}^{eva} = S_{jm} + D_{jm} + R_{jm}$$

con:

$$S_{jm} = 365 \cdot h_j \cdot (S_{jm}^c + S_{ijm}^{fi})$$

dove, sempre con riferimento alle autovetture leggere a benzina di cilindrata j:

$S_{jm}$  emissioni "hot soak" della tipologia del veicolo j nel mese m

$S_{jm}^c$  emissioni "hot soak" della tipologia del veicolo j con carburatore nel mese m

$S_{ijm}^{fi}$  emissioni "hot soak" della tipologia del veicolo j ad iniezione nel mese m

$D_{jm}$  perdite diurne della tipologia del veicolo j nel mese m

$R_{jm}$  perdite in movimento della tipologia del veicolo j nel mese m

con:

$$S_{jm}^c = (1 - q_j) \cdot x_j \cdot [(1 - w_{jm}) e_{jm}^{s,hot} + w_{jm} \cdot e_{jm}^{s,warm}]$$

$$S_{ijm}^{fi} = q_j \cdot x_j \cdot e_{jm}^{fi}$$

$$D_{jm} = 365 \cdot h_j \cdot e_{jm}^d$$

$$R_{jm} = m_{jm} \cdot (p_{jm} \cdot e_{jm}^{r,hot} + w_{jm} \cdot e_{jm}^{r,warm})$$

dove:

$h_j$  numero di autovetture

$m_{jm}$  è la percorrenza del veicolo di categoria j nel mese m,

$e_{jm}^{du}$  fattore di emissione medio per le perdite diurne (contenuto nel modello ed estratto dall'EMEP/EEA Guidebook) senza controllo del veicolo di categoria j,

$e_{jm}^{dc}$  fattore di emissione medio per le perdite diurne (contenuto nel modello ed estratto dall'EMEP/EEA Guidebook) con dispositivo di abbattimento dei vapori di benzina [carbon canister] del veicolo di categoria j,

$e_{jm}^d$  fattore di emissione medio per le perdite diurne del veicolo di categoria j,: uguale a  $e_{jm}^{dc}$  per veicoli a partire da EURO I, altrimenti uguale a  $e_{jm}^{du}$ ,

$q_j$  frazione dei veicoli a benzina ad iniezione,

$x_j$	numero medio di viaggi per veicolo e giorno,
$w_{jm}$	frazione dei viaggi conclusi con motori freddi o tiepidi nel mese $m$ ,
$p_{jm}$	frazione dei viaggi conclusi con motori caldi nel mese $m$ ,
$e^{s,hotu}_{jm}$	fattore di emissione medio per emissioni "hot soak" con motori caldi dei veicoli a carburatore nel mese $m$ (dipendente dalla volatilità del carburante RVP) senza controllo,
$e^{s,hotc}_{jm}$	fattore di emissione medio per emissioni "hot soak" con motori caldi dei veicoli a carburatore nel mese $m$ (dipendente dalla volatilità del carburante RVP) con dispositivo di abbattimento dei vapori di benzina [carbon canister] ,
$e^{s,hot}_{jm}$	fattore di emissione medio per emissioni "hot soak" con motori caldi dei veicoli a carburatore nel mese $m$ (dipendente dalla volatilità del carburante RVP): uguale a $e^{s,hotc}_{jm}$ per veicoli a partire da EURO I, altrimenti uguale a $e^{s,hotu}_{jm}$ ,
$e^{s,warmu}_{jm}$	fattore di emissione medio per emissioni "hot soak" con motori freddi o tiepidi dei veicoli a carburatore nel mese $m$ (dipendente dalla volatilità del carburante RVP e dalla temperatura media dell'ambiente esterno $T_e$ ) senza controllo,
$e^{s,warmc}_{jm}$	fattore di emissione medio per emissioni "hot soak" con motori freddi o tiepidi dei veicoli a carburatore nel mese $m$ (dipendente dalla volatilità del carburante RVP e dalla temperatura media dell'ambiente esterno $T_e$ ) con dispositivo di abbattimento dei vapori di benzina [carbon canister] ,
$e^{s,warm}_{jm}$	fattore di emissione medio per emissioni "hot soak" con motori freddi o tiepidi dei veicoli a carburatore nel mese $m$ (dipendente dalla volatilità del carburante RVP e dalla temperatura media dell'ambiente esterno $T_e$ ): uguale a $e^{s,warmc}_{jm}$ per veicoli a partire da EURO I, altrimenti uguale a $e^{s,warmu}_{jm}$ ,
$e^{fi}_{ijm}$	fattore di emissione medio per emissioni "hot soak" dei veicoli ad iniezione senza controllo nel mese $m$ ,
$e^{fc}_{ijm}$	fattore di emissione medio per emissioni "hot soak" dei veicoli ad iniezione con dispositivo di abbattimento dei vapori di benzina [carbon canister] nel mese $m$ ,
$e^f_{ijm}$	fattore di emissione medio per emissioni "hot soak" dei veicoli ad iniezione nel mese $m$ : uguale a $e^{fc}_{ij}$ per veicoli a partire da EURO I, altrimenti uguale a $e^{fu}_{ij}$ ,
$e^{r,hotu}_{jm}$	fattore di emissione medio per perdite in movimento con motori caldi nel mese $m$ senza controllo,
$e^{r,hotc}_{jm}$	fattore di emissione medio per perdite in movimento con motori caldi nel mese $m$ con dispositivo di abbattimento dei vapori di benzina [carbon canister] ,
$e^{r,hot}_{jm}$	fattore di emissione medio per perdite in movimento con motori caldi nel mese $m$ : uguale a $e^{r,hotc}_{jm}$ per veicoli a partire da EURO I, altrimenti uguale a $e^{r,hotu}_{jm}$ ,
$e^{r,warmu}_{jm}$	fattore di emissione medio per le perdite in movimento con motori freddi o tiepidi nel mese $m$ senza controllo,
$e^{r,warmc}_{jm}$	fattore di emissione medio per le perdite in movimento con motori freddi o tiepidi nel mese $m$ con dispositivo di abbattimento dei vapori di benzina [carbon canister] ,
$e^{r,warm}_{jm}$	fattore di emissione medio per le perdite in movimento con motori freddi o tiepidi nel mese $m$ : uguale a $e^{r,warmc}_{jm}$ per veicoli a partire da EURO I, altrimenti uguale a $e^{r,warmu}_{jm}$ .

I fattori di emissione e gli altri parametri necessari alla stima delle emissioni sono contenuti nel modello.

#### **2.4.1.9 Stima delle emissioni di benzene**

Per la stima delle emissioni “a caldo” ed “a freddo” di benzene da veicoli a benzina è stata utilizzata la metodologia sviluppata per il CONCAWE (l’organizzazione delle compagnie petrolifere europee per l’ambiente la salute e la sicurezza) da *Automotive Emissions Management Group*.

Le emissioni dell’inquinante in esame sono espresse in funzione del contenuto di benzene nella benzina ( $p_b$ ) e degli aromatici totali escluso il benzene ( $p_a$ ).

Per i veicoli catalizzati le emissioni allo scarico sono date dalla seguente espressione:

$$E_{\text{scarico}}^{\text{C6H6}} = E_{\text{scarico}}^{\text{COVNM}} (\alpha_c + \beta_c \cdot p_b + \gamma_c \cdot p_a)/100.$$

Per i veicoli non catalizzati le emissioni allo scarico sono date dall’espressione:

$$E_{\text{scarico}}^{\text{C6H6}} = E_{\text{scarico}}^{\text{COVNM}} (\alpha_{nc} + \beta_{nc} \cdot p_b + \gamma_{nc} \cdot p_a)/100.$$

I parametri  $\alpha_c$ ,  $\beta_c$ ,  $\gamma_c$ ,  $\alpha_{nc}$ ,  $\beta_{nc}$ ,  $\gamma_{nc}$  necessari alla stima sono contenuti nel modello.

Le emissioni dei veicoli diesel e GPL sono espresse come percentuale delle emissioni di COVNM a partire dalla formula seguente:

$$E_{\text{CH6jl}} = \alpha_j E_{\text{COVjl}}$$

dove: j indica la categoria di veicolo ed l il combustibile; anche in questo caso il parametro  $\alpha_j$  necessario alla stima è contenuto nel modello.

Le emissioni evaporative sono calcolate tenendo conto della sola percentuale di benzene nel combustibile, ipotizzando che il tenore di benzene nei COVNM emessi dipenda esclusivamente dal tenore di benzene nel combustibile.

#### **2.4.1.10 Stima delle emissioni di PM da abrasione**

All’interno del modello *E-Road* è implementata una specifica metodologia per la valutazione delle emissioni di particelle sospese da abrasione dei freni, delle gomme e della superficie stradale. La stima in questi settori è ancora molto incerta soprattutto per quanto riguarda le emissioni da abrasione della strada. Le emissioni sono stimate a partire dalle percorrenze e da opportuni fattori di emissione.

Le formule di base per la stima delle emissioni a partire dalle percorrenze sono le seguenti:

$$E_{(\text{PST})jkl}^{\text{ag}} = F_{(\text{PST})jkl}^{\text{ag}} m_{jkl}$$

$$E_{(\text{PST})jkl}^{\text{af}} = F_{(\text{PST})jkl}^{\text{af}} m_{jkl}$$

$$E_{(\text{PST})jkl}^{\text{as}} = F_{(\text{PST})jkl}^{\text{as}} m_{jkl}$$

dove: j indica la categoria di veicolo, k la classe di velocità, l il combustibile,  $E^{\text{ag}}$ ,  $E^{\text{af}}$ ,  $E^{\text{as}}$  sono le emissioni da abrasione gomme, freni e strada espresse in grammi,  $F^{\text{ag}}$ ,  $F^{\text{af}}$ ,  $F^{\text{as}}$  sono i fattori di emissione da abrasione gomme, freni e strada espressi in grammi per chilometro, m sono le percorrenze totali o più correttamente i veicoli chilometro per anno (quantità complessiva di chilometri percorsi dalla totalità dei veicoli in un anno).

I fattori di emissione per l'**abrasione dei pneumatici** sono noti solo in funzione del tipo di veicolo e non della velocità a causa dei pochi dati disponibili.

I fattori di emissione per questi ultimi tipi di veicolo sono calcolati sulla base del fattore di emissione delle automobili a cui è applicato un fattore di correzione che dipende dal numero di assi e dal carico dei veicoli presi in considerazione. La formula applicata è la seguente:

$$F_{(PST)j}^{ag} = N_{assij}/2 FC_{caricoj} F_{(PST)AU}^{ag}$$

dove :

j indica il tipo di veicolo pesante

$F_{(PST)j}^{ag}$  è il fattore di emissione per i veicoli pesanti

$N_{assij}$  è il numero di assi specifico per ciascun tipo di veicolo

$FC_{caricoj}$  è il fattore di correzione per il carico

$F_{(PST)AU}^{ag}$  è il fattore di emissione delle automobili.

Da dati sperimentali si ha che:

$$FC_{caricoj} = 1.41 + (1,38 LF)$$

dove LF è il fattore di carico e varia tra 0 ed 1.

La dipendenza del fattore di emissione dalla velocità è ottenuta applicando la formula:

$$F_{(PST)jkl}^{ag} m_{jk} = F_{(PST)jk}^{ag} S_k$$

dove :

$S_k = 1.39$  per velocità inferiori a 40 km/h

$S_k = -0,00974 V + 1,78$  per velocità tra 40 e 90 km/h

$S_k = 0,902$  per velocità superiori a 90 km/h

L'algorithmo di calcolo dei fattori di emissione per l'**abrasione dei freni** è analogo a quello adottato per il calcolo dei fattori di emissione per l'abrasione dei pneumatici.

In particolare si ha:

$$F_{(PST)j}^{af} = 3,13 FC_{caricoj} F_{(PST)AU}^{af}$$

dove :

j indica il tipo di veicolo pesante

$F_{(PST)j}^{af}$  è il fattore di emissione per i veicoli pesanti

$FC_{caricoj}$  è il fattore di correzione per il carico

$F_{(PST)AU}^{af}$  è il fattore di emissione delle automobili.

Dai dati sperimentali si ha che:

$$FC_{caricoj} = 1 + (0,79 LF)$$

dove LF è il fattore di carico e varia tra 0 ed 1.

La dipendenza del fattore di emissione dalla velocità è ottenuta applicando la formula:

$$F_{(PST)jkl}^{af} m_{jk} = F_{(PST)jk}^{af} S_k$$

dove :

$S_k = 1,67$  per velocità inferiori a 40 km/h

$S_k = -0,0270 V + 2,75$  per velocità tra 40 e 90 km/h

$S_k = 0,185$  per velocità superiori a 90 km/h

Per quanto riguarda l'**abrasione della strada** il numero limitato di dati osservati e la conseguente incertezza nei valori non permette la valutazione della dipendenza dei fattori di emissione dalla velocità, dal peso e dal carico dei veicoli. I fattori di emissione sono forniti solo in funzione del tipo di veicolo.

La stima delle emissioni di  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$  è effettuata a partire dalle emissioni di PST considerando la frazione di  $PM_{10}$  e  $PM_{2,5}$  sul totale del PST.

Si ha quindi:

$$E_{(PM_{10})jkl}^{ag} = F_{(PST)jkl}^{ag} m_{jkl} f_{PM_{10}/PST}^{ag}$$

$$E_{(PM_{10})jkl}^{af} = F_{(PST)jkl}^{af} m_{jkl} f_{PM_{10}/PST}^{af}$$

$$E_{(PM_{10})jkl}^{as} = F_{(PST)jkl}^{as} m_{jkl} f_{PM_{10}/PST}^{as}$$

$$E_{(PM_{2,5})jkl}^{ag} = F_{(PM_{10})jkl}^{ag} m_{jkl} f_{PM_{2,5}/PST}^{ag}$$

$$E_{(PM_{2,5})jkl}^{af} = F_{(PST)jkl}^{af} m_{jkl} f_{PM_{2,5}/PST}^{af}$$

$$E_{(PM_{2,5})jkl}^{as} = F_{(PST)jkl}^{as} m_{jkl} f_{PM_{2,5}/PST}^{as}$$

dove:

$f_{PM_{10}/PST}^{ag}$  è la frazione di  $PM_{10}$  rispetto alle emissioni di PST per l'abrasione dei pneumatici,

$f_{PM_{10}/PST}^{af}$  è la frazione di  $PM_{10}$  rispetto alle emissioni di PST per l'abrasione dei freni,

$f_{PM_{10}/PST}^{as}$  è la frazione di  $PM_{10}$  rispetto alle emissioni di PST per l'abrasione della strada.

$f_{PM_{2,5}/PST}^{ag}$  è la frazione di  $PM_{2,5}$  rispetto alle emissioni di PST per l'abrasione dei pneumatici,

$f_{PM_{2,5}/PST}^{af}$  è la frazione di  $PM_{2,5}$  rispetto alle emissioni di PST per l'abrasione dei freni,

$f_{PM_{2,5}/PST}^{as}$  è la frazione di  $PM_{2,5}$  rispetto alle emissioni di PST per l'abrasione della strada.

#### **2.4.2 Emissioni da decollo ed atterraggio aeromobili**

Per la stima delle emissioni da decollo ed atterraggio aeromobili, è stato utilizzato il modello ***E Airport***.

Il modello fornisce la stima delle emissioni dei principali inquinanti dell'aria prodotte dal movimento degli aerei nell'aeroporto. La stima non prende in considerazione le emissioni determinate da altre attività aeroportuali quali, ad esempio, le caldaie, i gruppi elettrogeni, i veicoli a terra ecc. Tali emissioni sono trattate come parte delle emissioni da combustione nel terziario e da traffico.

L'emissione è calcolata in base alla seguente formula:

$$E = \sum_k E_k = \sum_k 10^{-3} F_k LTO_k$$

dove:

k modello di aereo,

E emissioni totali in tonnellate,

$E_k$  emissioni da parte del modello di aereo k,

$F_k$  fattore di emissione in chilogrammi per ciclo LTO dell'anidride carbonica da parte del modello di aereo k,

$LTO_k$  numero di cicli LTO (Landing-Takeoff) effettuati da parte del modello di aereo k.

Per ciclo LTO si intendono tutte le operazioni effettuate dagli aerei in volo e a terra. Quindi sono presi in considerazione: discesa e approccio da un'altezza di circa 3000 piedi (915 m) dal livello del suolo, contatto con il terreno, rullaggio in arrivo, sosta con i motori al minimo e arresto, accensione e sosta con i motori al minimo, rullaggio in partenza, decollo e salita fino a circa 3000 piedi dal livello del suolo.

Ai fini della stima delle emissioni, le operazioni sopra elencate possono essere raggruppate in 4 fasi: approccio, rullaggio e sosta in arrivo e partenza, decollo e salita. Per ciascuna di queste fasi ogni classe di aereo è caratterizzata da tempi medi caratteristici di operazione.

Il modello di calcolo prevede le seguenti classi di aereo:

- Aviogetti giganti ("Jumbo jet")
- Aviogetti a lungo raggio
- Aviogetti a medio raggio
- Aviogetti uso "business"
- Aviogetti a turboelica commerciali
- Aviogetti a turboelica uso "business"
- Aerei a Pistoni
- Elicotteri
- Aerei Militari

Per ognuna di queste classi e per le quattro fasi sopra definite devono essere introdotti i tempi tipici di operazione.

I fattori di emissione per ciclo LTO sono calcolati nel modello in base alla seguente formula:

$$F_k = \sum_l F_{kl} T_{lm} / 60$$

dove:

l fasi operative in cui è suddiviso il ciclo LTO,

m classe di aerei,

$F_{kl}$  fattore di emissione orario dell'inquinante i da parte del modello di aereo k nella fase operativa l,

$T_{lm}$  il tempo caratteristico speso nella fase l dalla classe di aerei m cui appartiene il modello di aereo k.

I fattori di emissione e gli altri parametri necessari alla stima delle emissioni sono contenuti nel modello.

### 2.4.3 Vegetazione

Per la stima delle emissioni da vegetazione è stato utilizzato il modello *Forest*, evoluzione del modello AirForest.com. I fattori di emissione e gli altri parametri sono stati validati e confermati nell'ambito del presente lavoro.

Il modello fornisce la stima delle emissioni dei composti organici volatili prodotte dalla vegetazione, suddivise per classe secondo la nomenclatura delle attività SNAP e per fascia altimetrica secondo la classificazione ISTAT (pianura, collina, montagna).

L'emissione in tonnellate di composti organici volatili è calcolata in base alla seguente formula:

$$\begin{aligned}
 E^{COVNM} &= \sum_{ij} E^{COVNM}_{ij} = \sum_{k \in i} (E^I_{kj} + E^M_{kj} + E^A_{kj}) = \\
 &= 10^{-8} \sum_k B_k S_{kj} [F^{L,30}_k \sum_m (F_i^{I,T^g_{mj}} F_i^{I,L_{mj}} t^g_m) \delta_{km} + F^{M,30}_k \sum_m (F_i^{M,T^g_{mj}} t^g_m + F_i^{M,T^n_{mj}} t^n_m) \delta_{km}] \\
 &\quad + F^{A,30}_k \sum_m (F_i^{A,T^g_{mj}} t^g_m + F_i^{A,T^n_{mj}} t^n_m) \delta_{km}]
 \end{aligned}$$

dove:

- $i$  è la classe SNAP,
- $j$  è la fascia altimetrica (pianura, collina, montagna),
- $k$  è la specie vegetale (appartenente alla classe  $i$ ),
- $m$  è il mese,
- $E^{COVNM}$  sono le emissioni totali di composti organici volatili,
- $E^I$  sono le emissioni di isoprene,
- $E^M$  sono le emissioni dei monoterpeni,
- $E^A$  sono le emissioni di altri composti,
- $B_k$  è il fattore di biomassa in g biomassa/m<sup>2</sup> relativo alla specie vegetale  $k$ ,
- $S_{kj}$  è la superficie in ettari coperta dalla specie  $k$  nella fascia altimetrica  $j$ ,
- $F^{L,30k}$  è il fattore di emissione di isoprene della specie  $k$  a 30°C in µg/h per g biomassa,
- $F^{M,30k}$  è il fattore di emissione di monoterpeni della specie  $k$  a 30°C in µg/h per g biomassa,
- $F^{A,30k}$  è il fattore di emissione di altri composti della specie  $k$  a 30°C in µg/h per g biomassa,
- $F_i^{I,T^g_{mj}}$  è il fattore di correzione per la temperatura dell'isoprene (in funzione della temperatura efficace giornaliera nella fascia altimetrica  $j$ ,  $T_g$   $m_j$ ) emesso dalla classe  $i$ ,
- $F_i^{I,L_{mj}}$  è il fattore di correzione per la radiazione solare (in funzione della radiazione solare fotosinteticamente attiva  $L_j$ , pari al 45-50% della radiazione solare totale, nella fascia altimetrica  $j$ ) emesso dalla classe  $i$ ,
- $F_i^{M,T^g_{mj}}$  è il fattore di correzione per la temperatura dei monoterpeni (in funzione della temperatura efficace giornaliera nella fascia altimetrica  $j$ ,  $T_g$   $m_j$ ) emessi dalla classe  $i$ ,
- $F_i^{M,T^n_{mj}}$  è il fattore di correzione per la temperatura dei monoterpeni (in funzione della temperatura efficace notturna nella fascia altimetrica  $j$ ,  $T_n$   $m_j$ ) emessi dalla classe  $i$ ,
- $F_i^{A,T^g_{mj}}$  è il fattore di correzione per la temperatura di altri composti (in funzione della temperatura efficace giornaliera nella fascia altimetrica  $j$ ,  $T_g$   $m_j$ ) emessi dalla classe  $i$ ,
- $F_i^{A,T^n_{mj}}$  è il fattore di correzione per la temperatura degli altri composti (in funzione della temperatura efficace notturna nella fascia altimetrica  $j$ ,  $T_n$   $m_j$ ) emessi dalla classe  $i$ ,
- $t^g_m$  è il numero di ore di giorno nel mese  $m$ ,

- $t_m^n$  è il numero di ore di notte nel mese m;
- $\delta_{km}$  è un fattore che tiene conto che, per quanto riguarda le specie decidue, le emissioni sono presenti solo durante il periodo che va da aprile a settembre e che le emissioni di isoprene sono assunte nulle durante la notte.

Le emissioni sono stimate per le specie vegetali riportate in Tabella 2.

Tabella 2 – Macroclassi, classi e specie vegetali

Macroclasse	Classe	Specie
Conifere e Macchia mediterranea	Fustaie di resinose	Abete bianco
		Abete rosso
		Larice
		Pini
		Altre resinose
		Resinose miste
	Macchia mediterranea	Macchia mediterranea
Decidue emettitrici di isoprene	Fustaie di latifoglie emettitrici di isoprene	Sughere
		Rovere
		Cerro
		Altre querce
Decidue non emettitrici di isoprene	Fustaie di latifoglie non emettitrici di isoprene	Castagno
		Faggio
		Pioppi
		Altre latifoglie
		Latifoglie miste
	Fustaie di latifoglie e resinose consociate	
Cedui semplici	Cedui semplici	
Cedui composti	Cedui composti	

I fattori correzione per la temperatura dell'isoprene ( $F^I$ ), dei monoterpeni ( $F^M$ ) e degli altri COVNM ( $F^A$ ) sono calcolati attraverso le seguenti funzioni:

$$F^{I,T} = e^{(C_{T1}(T - T_s)/R T_s T)} / (1 + e^{(C_{T2}(T - T_M)/R T_s T)})$$

$$F^{M,T}, F^{A,T} = e^{\beta(T - T_s)}$$

dove:

- $C_{T1}$ ,  $C_{T2}$ ,  $T_M$  e  $\beta$  sono costanti empiriche;
- $R$  è la costante dei gas;
- $T_s$  è la temperatura standard di 303 K.

In Figura 2 sono visualizzati gli andamenti dei fattori di correzione al variare della temperatura per l'isoprene, i monoterpeni e per gli altri COV.

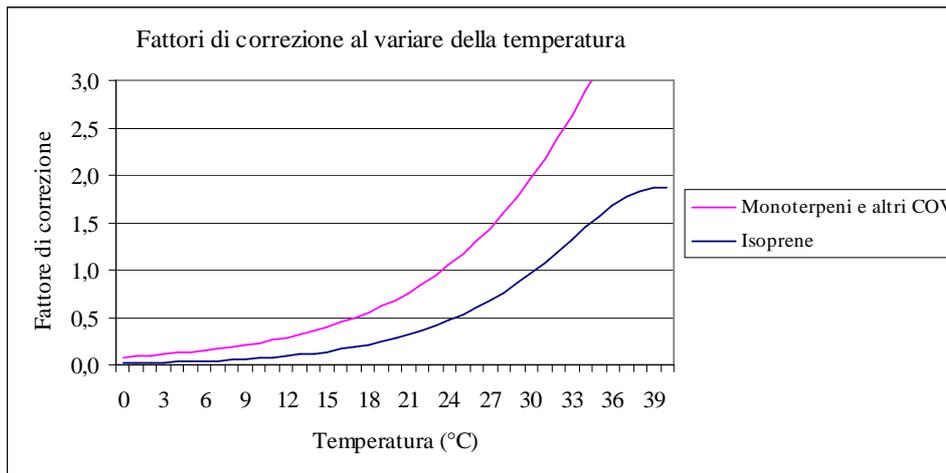


Figura 2 – Fattori di correzione per l’isoprene, i monoterpeni e gli altri COVNM al variare della temperatura

Il fattore di correzione per la radiazione solare è calcolato come:

$$F^{IL} = \alpha C_{L1} L / (1 + \alpha L^2)^{1/2}$$

dove:

- $\alpha$  e  $C_{L1}$  sono costanti empiriche;
- $L$  è la radiazione fotosinteticamente attiva (PAR) espressa in  $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ .

In Figura 3 sono visualizzati gli andamenti dei fattori di correzione per l’isoprene al variare della radiazione solare.

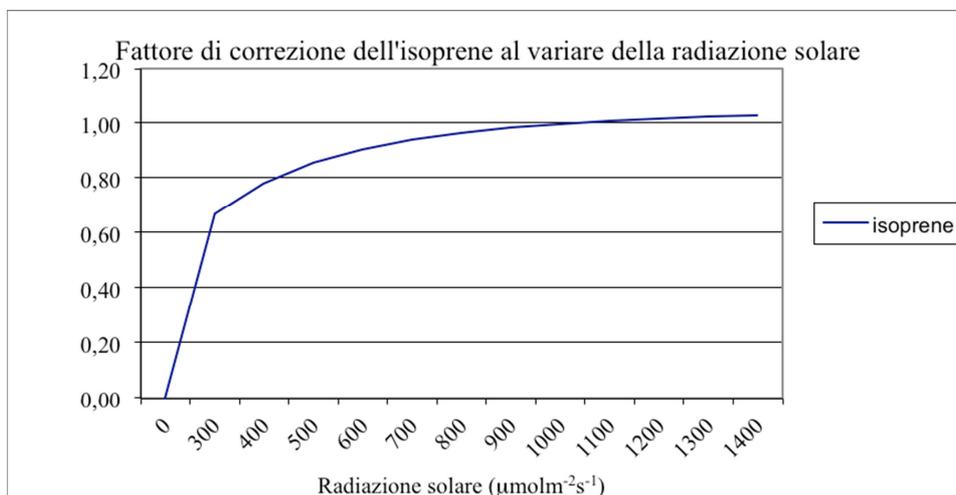


Figura 3 – Fattori di correzione per l’isoprene al variare della radiazione solare

#### 2.4.4 Incendi forestali

Per la stima delle emissioni da vegetazione è stato utilizzato il modello **5<sup>2</sup> Fire**, evoluzione del modello AirFire.com. I fattori di emissione sono stati aggiornati nell’ambito del presente lavoro.

Gli inquinanti dell'aria presi in considerazione dal modello aggiornato sono: Monossido di Carbonio (CO), Anidride Carbonica (CO<sub>2</sub>), Metano (CH<sub>4</sub>), Ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>), Protossido di azoto (N<sub>2</sub>O), Particelle Sospese con diametro inferiore a 10 micron (PM<sub>10</sub>), Composti organici volatili (COV), Ossidi di azoto (SO<sub>x</sub>), Ammoniaca (NH<sub>3</sub>), Diossine e Furani (PCDD-F), Benzo(a)pirene (BAP), Benzo(b)fluorantene (BBF), Benzo(k)fluorantene (BKF), Indeno(123 cd)pirene, (INP), Esaclorobifenili (HCB), Policlorobenzene (PCB).

Nel modello sono prese in considerazione le differenti colture come definite dal Corpo Forestale dello Stato nell'apposito foglio notizie incendi:

- Resinose alto fusto
- Latifoglie alto fusto
- Miste alto fusto
- Ceduo semplice
- Ceduo composto
- Macchia mediterranea.

Il calcolo delle emissioni E<sub>j</sub> dell'inquinante j segue la metodologia sviluppata in ambito dell'International Panel on Climate Change nel 1991 e richiede la valutazione della quantità di biomassa bruciata, il cui valore va moltiplicato per il fattore d'emissione relativo a ciascun inquinante considerato F<sub>j</sub>:

$$E_j = MF_j$$

La quantità di biomassa a secco bruciata è data da:

$$M = \alpha \sum_i A_i B_i$$

dove i è la tipologia di vegetazione, A<sub>i</sub> è l'area (in ettari) della superficie incendiata coperta dalla coltura i, B<sub>i</sub> è la quantità media a secco di biomassa (in tonnellate per ettaro) emersa dal terreno nella coltura i, α l'efficienza dell'incendio, ovvero la frazione di biomassa distrutta definitivamente: in caso di incendio completo deve essere posta uguale ad 1 mentre in caso di incendio parziale deve esprimere la valutazione della quantità di biomassa effettivamente bruciata.

## 3 RACCOLTA DATI PER LA STIMA DELLE EMISSIONI

Nel seguito sono descritte le metodologie adottate per la fase della raccolta dati delle sorgenti puntuali (paragrafo 3.1) e delle sorgenti diffuse e lineari/nodali (paragrafo 3.2).

### 3.1 Sorgenti puntuali

#### 3.1.1 Metodologia seguita per la raccolta dati

Il censimento ha interessato gli impianti produttivi e/o impianti termici industriali già noti e censiti nei precedenti inventari. Inoltre sono state individuate e censite nuove aziende mai valutate prima, in particolar modo allevamenti ed aziende con impianti di combustione a biomassa per la produzione di energia elettrica e/o calore.

La selezione degli impianti alla base del censimento del 1999, confermata poi per gli anni successivi, si è basata originariamente sull'analisi delle richieste di autorizzazione ai sensi del D.P.R. 203/88 (ora parte V del D. Lgs. 152/2006).

In occasione dei successivi aggiornamenti, l'elenco delle aziende è stato ogni volta nuovamente analizzato ed integrato alla luce dei cambiamenti intercorsi nel tessuto produttivo nell'intervallo di tempo trascorso dal 1999 (primo censimento) al 2004 (secondo censimento), al 2007 (terzo censimento), al 2010 e 2013 (quarto e quinto censimento) ed in ultimo al 2015.

Come per gli anni precedenti, il lavoro di reperimento di informazioni e selezione degli impianti per l'aggiornamento dell'inventario al 2015 è stato condotto mediante una raccolta della documentazione autorizzativa e dei monitoraggi ambientali aggiornati al 2015 delle aziende in questione o, in alternativa, mediante una verifica censuaria diretta tramite invio di appositi questionari o richieste dati.

Per quest'ultima modalità di reperimento dati sono stati utilizzati gli stessi questionari redatti per le precedenti edizioni dell'inventario.

Il questionario inviato è composto dalle seguenti parti, nelle quali si richiedono:

- le generalità dell'azienda (Scheda 1),
- le generalità dello stabilimento produttivo (Scheda 2),
- una descrizione sintetica del processo produttivo (Scheda 3),
- un riepilogo delle sezioni o linee produttive (unità) di cui si compone lo stabilimento (Scheda 4),
- la descrizione dei punti di emissione (camini) (Scheda 5),
- le caratteristiche degli effluenti dai punti di emissione e delle tecniche di abbattimento (Scheda 6),
- con riferimento a ciascuna unità, le emissioni di inquinanti e tutti gli altri elementi che la caratterizzano (attività, capacità produttiva, materie prime utilizzate, consumi di combustibile ecc.) (Scheda 7),
- i dati relativi ai consumi di combustibile per usi civili dell'intero stabilimento (Scheda 8);
- infine Note e commenti (Scheda 9).

Allegata al questionario è stata inviata una guida alla compilazione dello stesso.

### **3.1.2 Riepilogo delle sorgenti selezionate e bilancio dell'indagine**

Per l'aggiornamento al 2015 la lista di aziende di riferimento è stata desunta dal censimento effettuato per la redazione dell'inventario 2010/2013. A questa sono state aggiunte nuove ditte mai valutate prima, in particolar modo allevamenti e aziende per la produzione di energia elettrica e/o calore da biomassa, per le quali è stato necessario chiedere dati anche per gli anni precedenti.

È stata selezionata, tra le aziende con stabilimenti attivi, una lista di quelle alle quali è stato necessario inviare un questionario specifico, mentre per le restanti sono stati reperiti documenti autorizzativi quali *Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA)* e Istruttorie ARPA o monitoraggi ambientali aggiornati al 2015, come Piani Gestione Solventi (PGS), Piani di Monitoraggio e Controllo (PMC), certificati e risultati analitici.

Per quanto riguarda le aziende che gestiscono allevamenti oltre ai documenti sopra elencati sono stati richiesti i numeri di capi allevati all'anno 2015.

Di seguito si riporta in sintesi il risultato della verifica censuaria condotta sulla totalità degli impianti congiuntamente al risultato dell'analisi della documentazione ai fini dell'inserimento o meno nel sistema come sorgente puntuale:

- stabilimenti (195) censiti ed inseriti nel sistema per l'anno 2015;
- stabilimenti (35) censiti ma non inseriti nel sistema perché risultati essere al di sotto delle soglie emissive per le sorgenti puntuali;
- stabilimenti (21) non censiti perché sotto soglia nel precedente censimento, chiusi o inattivi all'anno di riferimento 2015, non rintracciati.

## **3.2 Sorgenti diffuse, lineari ed areali**

### **3.2.1 Metodologia seguita per la raccolta dati**

Relativamente al reperimento dei dati per la stima delle emissioni da sorgenti diffuse, lineari ed areali (escluso il traffico stradale), nelle tabelle seguenti è riportato un sommario delle informazioni richieste agli uffici competenti (Tabella 3 e Tabella 4).

Tabella 3 - Elenco dei dati disponibili presso gli uffici pubblici competenti

---

#### Dati richiesti

---

Localizzazione delle cave (in coordinate UTM32) e quantità di materiale estratto dalle cave (in tonnellate), per tipologia di materiale, per ciascuna cava

---

Localizzazione delle discariche (in coordinate UTM32) e quantità di rifiuti posti in discarica per ciascuna discarica; impianti di compostaggio e quantità annua di rifiuto trattato

---

Temperature medie mensili (massima e minima) per fascia altimetrica

---

Dati sulle materie prime dichiarati dalle aziende nell'ambito del ridotto inquinamento per l'anno 2015

---

Superficie forestale percorsa da incendi e biomassa bruciata per tipologia di bosco; totale superficie bruciata per comune senza distinzione di tipologia di vegetazione

---

Tabella 4 – Altri dati raccolti presso le aziende

---

Dati richiesti
Consumo annuo di gasolio per singolo impianto/stazione; consumo di gasolio per la trazione delle automotrici diesel, per tratta ferroviaria con l'indicazione della lunghezza della tratta automotrici diesel, per tratta ferroviaria con l'indicazione della lunghezza della tratta
Navigazione del Trasimeno - numero imbarcazioni, stazza lorda delle singole imbarcazioni, tipologia motori, consumo di combustibile, numero corse e durata di ciascuna tratta percorsa da ogni singola imbarcazione
Numero di cicli LTO per modello di aereo; tempi caratteristici (in minuti) distintamente per tipo di operazione (Rullaggio/Sosta, Decollo, Salita, Atterraggio) e classe di aereo.
Produzione in tonnellate di Conglomerati bituminosi per stabilimento produttivo gestito da ciascuna ditta.
Produzione in tonnellate di Calcestruzzi per stabilimento produttivo gestito da ciascuna ditta.
Quantitativi di gas metano immessi in rete per comune e settore di utilizzo

---

Per quanto riguarda la stima delle emissioni delle discariche, queste sono considerate come strutture areali e la metodologia di stima utilizzata segue il modello dell'IPCC il quale valuta le emissioni per singola discarica utilizzando come indicatore la quantità interrata di rifiuti solidi urbani (RSU). Nel modello si inserisce l'ammontare dei rifiuti posti a dimora dall'anno di entrata in esercizio di ciascuna discarica agli anni di riferimento dell'inventario. Alla quantità stimata dal modello sono detratte le quantità di biogas captato distinguendo tra il quantitativo "bruciato in torcia", il "recuperato a fini energetici" e il "venduto". Oltre ai dati menzionati sopra, sono state reperite informazioni riguardanti eventuali misure di concentrazioni di inquinanti nei fumi degli scarichi in atmosfera provenienti dagli impianti di combustione del biogas, per tutti gli anni dell'inventario. I dati sulla quantità di rifiuti interrata sono stati forniti per ciascun anno dal 2004 al 2010 dalla Regione, mentre per gli anni successivi sono stati estrapolati dalle dichiarazioni AIA. Le informazioni raccolte sono state integrate con i dati pubblicati da ISPRA nel Rapporto Rifiuti.

Relativamente alle emissioni da sorgenti lineari (traffico stradale), le emissioni da traffico urbano sono state considerate sorgenti diffuse, mentre quelle da traffico sulle statali e provinciali sono state considerate, sorgenti lineari così come per i tratti autostradali. Per la stima delle emissioni "diffuse" sono inoltre stati utilizzati i dati ACI sul parco circolante nella regione nell'anno 2015 ed i consumi regionali di combustibili di fonte Bollettino Petrolifero 2015. Sono considerate invece "lineari" le emissioni sui tratti autostradali e sulle principali strade extraurbane, per le quali sono disponibili dati di flusso o TGM (Traffico Giornaliero Medio). Per le sorgenti autostradali i dati di TGM relativi all'anno 2015 sono stati forniti dalla società di gestione delle autostrade.

Per la stima delle emissioni, in tutti i casi suddetti, sono inoltre stati utilizzati i seguenti dati:

- temperature medie mensili minime e massime, elaborate su scala regionale sulla base dei dati misurati nelle stazioni meteorologiche presenti sul territorio regionale;
- percentuale utilizzata su scala nazionale delle automobili a benzina con alimentazione ad iniezione;
- valore mensile medio nazionale del RVP (Reid Vapour Pressure);
- percentuali di zolfo e benzene nei combustibili assunte in base a quanto disposto nelle direttive 98/70/CE, 2000/71/CE, 2003/17/CE, nel Regolamento (CE) n. 1882/2003 e nella Direttiva 2009/30/CE);

- percentuale di Pb nella benzina con Pb e nella benzina senza Pb assunta in base a quanto disposto nelle direttive 98/70/CE, 2000/71/CE, 2003/17/CE, nel Regolamento (CE) n. 1882/2003 e nella Direttiva 2009/30/CE).

### **3.2.2 Dati Statistici da Pubblicazioni Ufficiali**

Accanto ai dati indicati nel paragrafo precedente sono stati utilizzati i seguenti dati ufficiali di fonte statistica funzionali alla redazione dell'inventario:

- I dati Istat relativi alla prima indagine sul riscaldamento domestico 2013; i dati sono particolarmente significativi per quanto riguarda la combustione della legna; i risultati sono abbastanza "forti" in quanto riportano un totale nazionale di circa 20 milioni di tonnellate di legna utilizzata per combustione domestica al 2013, ovvero più del doppio del valore Bilancio Energetico Nazionale; tuttavia, analizzando i dati regionali gli squilibri riguardano prevalentemente altre regioni; i dati pubblicati sono utilizzati per aggiornare le valutazioni dei consumi nel domestico per tutti i combustibili e per tutti gli anni dell'inventario;
- i dati del Bollettino Petrolifero elaborato ogni trimestre dal Ministero dello Sviluppo Economico sulla base dei dati del Questionario Petrolifero e del Questionario del Carbone, compilato dagli operatori del settore; i dati reperiti, relativi a tutto il 2015, sono necessari alla valutazione dei consumi energetici in una serie di settori nonché alla quadratura del modello di traffico con le vendite di benzina e diesel regionali;
- il Bilancio Energetico Nazionale 2015.

### **3.2.3 Metodologie di stima**

Si riporta di seguito la metodologia di stima adottata relativamente alle sorgenti diffuse e lineari/nodali, per le quali si riporta il codice SNAP e il nome dell'attività.

Relativamente agli impianti di combustione non industriale (macrosettore 02), che comprende impianti termici con potenzialità inferiore a 20 MWth e caminetti e forni a legna (domestico e terziario), caminetti avanzati, stufe tradizionali stufe ad alta efficienza e stufe a pellets (impiegate nel settore domestico), la stima dei consumi di combustibile è stata effettuata separatamente per i singoli combustibili.

Il consumo di legna a livello regionale relativo al 2013 impiegato nel settore domestico è stato stimato utilizzando come base di calcolo i dati pubblicati dall'ISTAT riguardanti l'Indagine sul riscaldamento domestico 2013. Le stime agli anni precedenti, e conseguentemente per l'anno 2015, sono state ottenute facendo variare il consumo di legna del 2013 con l'andamento dei consumi del gas naturale nel settore civile. La stima dei consumi in sistemi innovativi (caminetti e stufe avanzate) e di pellets per i quale c'è stato una progressiva penetrazione nel corso degli anni al di là degli effetti termici, è stata effettuata utilizzando i dati nazionali di crescita del mercato dell'Associazione Italiana Energie agroforestali (AIEL).

È stata introdotta in questo aggiornamento una valutazione dei consumi di legna nelle pizzerie e bracerie della regione, il cui numero per comune è stato dedotto dagli elenchi delle pagine gialle online delle rispettive categorie. La stima è stata effettuata attribuendo un consumo medio annuo dedotto da informazioni tecniche sui forni forniti dai costruttori ed una stima di ore di funzionamento annuo pari a 2600 h. Il dato è stato mantenuto costante, in assenza di altre informazioni, per tutti gli anni dell'inventario. Il dato è stato inserito nel terziario ed è stato mantenuto costante per tutti gli anni.

Per quanto riguarda i prodotti petroliferi sono stati utilizzati i dati di vendita regionali riferiti ai vari anni, ed in particolare al 2015 desunti dal Bollettino Petrolifero pubblicato dal Ministero dello Sviluppo Economico.

Per la disaggregazione sul comune sono state utilizzate le informazioni derivanti dai Censimenti dell'industria e dei servizi e dai Censimenti della popolazione e delle abitazioni degli anni 2001 e 2011.

Per quanto riguarda il gas naturale, sono stati presi in considerazione i dati SNAM relativi alle consegne ai punti di riconsegna alle reti di distribuzione cittadine o ai grandi consumatori, ed i dati dichiarati dalle aziende distributrici che operano sul territorio di riferimento.

Alle aziende distributrici sono stati richiesti i dati di gas distribuito a livello comunale, distinto tra i settori domestico, terziario, agricolo e industriale.

Qualora le aziende distributrici hanno fornito dati non dettagliati per settore di consumo, i dati sono stati suddivisi nelle quattro categorie di consumo utilizzando la stessa percentuale riscontrata nel complesso dei comuni aventi i dati dettagliati. In completa assenza di dati di una specifica rete di distribuzione, è stato stimato il valore comunale assegnando la stessa percentuale comunale riscontrata negli anni precedenti. Per il settore industriale sono inoltre assegnati i dati dichiarati dalle aziende per questo.

Per quanto riguarda le attività produttive (macrosettori 03, 04 e 06), in base alla tipologia di attività, sono stati elaborati i dati forniti dalle aziende in risposta ad indagini dirette, anche a campione, condotte sul territorio regionale (es.: produzione di conglomerati bituminosi, produzione di calcestruzzo, etc.) o dichiarati dalle aziende nell'ambito dei controlli annuali istituiti dalla Regione Umbria sulle attività considerate a ridotto inquinamento atmosferico, in base al D.G.R. n. 567 del 07/05/2003 (es.: applicazione di vernici, sgrassaggio metalli, industria della stampa, etc.). Sono stati inoltre utilizzati dati ISTAT (es.: produzione di pane, applicazione di vernici in edilizia, politura a secco, etc.) e dati forniti da uffici pubblici (es.: produzione di vino). Rispetto alle precedenti edizioni, sono state apportate alcune variazioni:

- revisione delle emissioni da attività industriali poco rilevanti (Alluminio 2a fusione, 04030120 Produzione di Alluminio 2a fusione (processi), 03031900 Produzione di Laterizi, 03032000 Produzione di Materiali di ceramica fine, 03033000 Zincatura a caldo) i valori relativi a queste attività si riferivano ai dati dichiarati da aziende risultate sotto soglia relativamente alle sorgenti puntuali per il 1999 e/o 2004; i dati sono stati corretti valutando lo stato attuale delle aziende (tenendo conto se in attività, se con emissioni sotto soglia o irrilevanti e quindi assegnate alle diffuse);
- revisione dei dati di produzione del clinker e del cemento sulla base di nuove informazioni richieste alle aziende in quanto era presente qualche confusione rispetto ai due dati per alcune aziende; la revisione tuttavia incide solo sulle emissioni calcolate con fattori di emissione e non su quelle dichiarate dalle aziende;
- revisione delle metodologie di stima delle attività 06010300 Applicazione di vernici in edilizia e 06010400 Applicazione di vernici per uso domestico (eccetto legno) e 06010300 Applicazione di vernici in edilizia a partire dai consumi nazionali di vernici, stimati da ISPRA;
- revisione delle metodologie di stima delle attività 06020100 Sgrassaggio metalli e 06040500 Applicazione di colle e adesivi; tali attività erano valutate a partire da informazioni relative al 1999 adeguate nei vari anni sulla base di indicatori statistici nazionali; la nuova stima prende in considerazione i dati delle attività di controllo delle attività a ridotto inquinamento atmosferico elencate nella tabella 3 del D.G.R. 567 del 07/05/2003;

- revisione della metodologie di stima della attività di Pulitura a secco che era in precedenza valutata utilizzando un generico fattore di emissione pro-capite ed attribuito al ciclo aperto; si è preferito a partire da questa edizione dell’inventario concentrarsi sulle attività a ridotto inquinamento (ciclo chiuso) utilizzando i dati delle attività di controllo delle attività a ridotto inquinamento atmosferico elencate nella tabella 3 del D.G.R. 567 del 07/05/2003.

Per le attività legate al macrosettore 05 (estrazione, distribuzione combustibile fossile), la stima delle emissioni è stata fatta a partire dai dati forniti dai competenti soggetti pubblici o privati opportunamente trattati e/o disaggregati a livello comunale per ottenere un dato riferito all’anno di aggiornamento dell’inventario e al comune di competenza.

La stima delle emissioni da trasporto stradale (macrosettore 07) è stata effettuata mediante il modello *E-Road* tenendo distinte le emissioni da traffico urbano da quelle da traffico extraurbano ed autostradale. Le emissioni da traffico urbano sono considerate sorgenti diffuse, mentre quelle da traffico sulle statali e provinciali sono considerate, se sono disponibili dati sui flussi veicolari, sorgenti lineari così come accade per i tratti autostradali. Per la stima delle emissioni da trasporto stradale sono stati utilizzati i dati elencati in precedenza. Per tali emissioni sono stati utilizzati i fattori di emissione aggiornati con le ultime modifiche recentemente rilasciate dall’EMEP/EEA Task Force on emission inventory and projection nell’EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook; sono stati inoltre inserite le stime delle emissioni da motocicli in extraurbano che non erano state considerate in precedenza.

Per le restanti tipologie di trasporto (ferroviario e navigazione interna, traffico aereo ed emissioni derivanti da altre sorgenti mobili non su strada) (macrosettore 08) sono stati utilizzati dati forniti dai competenti soggetti pubblici o privati opportunamente trattati e/o disaggregati a livello comunale per ottenere un dato riferito all’anno di aggiornamento dell’inventario e al comune di competenza. Nel caso del traffico aereo la stima delle emissioni è stata fatta utilizzando il modello di calcolo *E-Airport*

Per le attività legate al trattamento e smaltimento rifiuti (macrosettore 09), le emissioni sono imputabili prevalentemente a due attività. Per la valutazione delle emissioni dell’attività *09040120 Discarica controllata con recupero di biogas*, le discariche sono state considerate sorgenti areali. Per quanto riguarda la stima dell’emissione di metano è stato utilizzato il modello di calcolo fornito dall’IPCC. È stato preso come arco temporale di riferimento il periodo che va dal 1989 al 2015. Ottenuti i dati, anno per anno, per ogni singola discarica dal 1989 (o dalla data di entrata in funzionamento delle discariche) fino al 2015, si è passati alla definizione della composizione del rifiuto. La composizione del rifiuto è stata divisa in categorie utilizzando percentuali elaborate da Techne Consulting corrette prendendo in considerazione i fanghi smaltiti in ciascuna discarica, che sono stati inseriti nella composizione del rifiuto, anno per anno e discarica per discarica.

Inserendo questi dati di input in un apposito modello, creato e fornito dall’IPCC, si ottiene la quantità di metano prodotta dalle discariche. In ultima analisi, è stata detratta l’eventuale quota di metano recuperato nelle discariche con impianti di captazione e combustione del biogas. Uno dei parametri utilizzati per la valutazione del biogas prodotto è la composizione dei rifiuti secondo la classificazione prevista nel modello IPCC. la classificazione del modello con le percentuali utilizzate nella sua applicazione (distribuzione standard) e derivata da un’analisi di Techne Consulting sul centro-nord Italia. ARPA Umbria, nel periodo 2015-2016, ha effettuato un’indagine sulla composizione dei rifiuti rilevata sui rifiuti in ingresso agli

impianti di selezione. La composizione rilevata nell'indagine non si discosta sostanzialmente da quella utilizzata attualmente nel modello.

Per la prima volta in questa edizione sono state valutate le emissioni dall'attività *09070000 Combustione all'aperto di residui agricoli (eccetto combustione stoppie sul campo)*. Per tale valutazione sono stati presi in considerazione i risultati di uno studio dell'Università degli studi di Perugia Centro Ricerca Biomasse riportati nella relazione tecnica "Rilievo indici di relazione tra produzioni agricole e biomassa residuale" realizzato per ENEA, nel 2009. Nel lavoro sono valutati, separatamente per le due province, i rapporti residuo di potatura/prodotto per uva ed olive. I quantitativi dei residui prodotti per la bruciatura in campo sono stati valutati sulla base delle informazioni derivanti dall'Indagine sulle principali coltivazioni agrarie per il 2012 realizzata da ISTAT.

Per le attività legate al settore dell'agricoltura (macrosettore 10) la stima delle emissioni è stata fatta a partire da dati forniti da competenti uffici pubblici e/o dati ufficiali di fonte statistica (es. censimenti dell'agricoltura 2000 e 2010), anche in questo caso opportunamente trattati e/o disaggregati a livello comunale per ottenere un dato riferito all'anno di aggiornamento dell'inventario e al comune di competenza.

Per le attività legate al macrosettore 11 (natura) le emissioni sono state stimate applicando gli appositi modelli di calcolo *E<sub>Forest</sub>* e *E<sub>Fire</sub>* a partire da dati forniti da competenti uffici pubblici.

## 4 INTEGRAZIONE DEI NUOVI FATTORI DI EMISSIONE

L'azione di aggiornamento dei fattori di emissione si è resa necessaria in conseguenza del continuo processo di revisione ed aggiornamento delle informazioni e delle metodologie di supporto alla realizzazione degli inventari delle emissioni di inquinanti dell'aria che è ormai usuale, nel corso degli ultimi anni, a livello europeo.

Tale processo di revisione è stato sospinto dalla sempre maggiore consapevolezza dell'importanza degli inventari delle emissioni nei processi decisionali relativi alla gestione della qualità dell'aria.

Il principale prodotto di questo processo di revisione a livello internazionale è stato l'aggiornamento dei fattori di emissione degli inquinanti principali e dei metalli pesanti successivi al rilascio dell'*EMEP/EEA Air Pollutant Emission Inventory Guidebook 2016: Technical Guidance to Prepare National Emission Inventories* che segue le Guidelines for Reporting Emission Data under the UNECE Convention on Long-range Transboundary Air Pollution and the EU National Emission Ceilings Directive; il Guidebook è stato preparato dalla Convention's Task Force on Emission Inventories and Projections (TFEIP), con il lavoro degli expert panels della Task Force e della European Environment Agency (EEA).

In particolare gli aggiornamenti successivi al rilascio del Guidebook 2016 presi in considerazione hanno riguardato modifiche per le seguenti attività:

- macrosettore 01 (combustione nell'industria dell'energia e della trasformazione delle fonti energetiche) per tutte le attività per l'olio combustibile ed il gas di raffineria sono stati introdotti nuovi fattori di emissione del monossido di carbonio sensibilmente più bassi di quelli precedentemente selezionati (la variazione non influenza le stime regionali);
- macrosettore 07 (trasporti su strada)
  - la versione del modello che è stata utilizzata contiene i fattori di emissione più recenti per i veicoli diesel che tengono conto degli aggiornamenti effettuati a seguito del cosiddetto dieseldgate;
  - è stata inserita una nuova frazione del Black Carbon sul PM<sub>2,5</sub> e dunque un nuovo fattore di emissione per l'abrasione strada (la variazione influenza tutte le stime regionali)
- macrosettore 02 (impianti di combustione non industriali) per l'attività terziario caldaie 20 - 50 MWth sono stati inseriti nuovi fattori di emissione per le caldaie a combustibili liquidi nelle utenze non residenziali di medio grandi dimensioni:  $50 < P(\text{kWth}) \leq 1 \text{ MWth}$  e  $1 < P(\text{MWth}) \leq 50 \text{ MWth}$  (la variazione non influenza le stime regionali);
- macrosettore 04 (processi produttivi):
  - per alcune attività legate a diverse tipologie di produzione di alluminio, piombo, zinco, rame, nichel, silicio e magnesio sono state apportate modifiche ai fattori di emissione (la variazione non influenza le stime regionali);
  - per le attività pavimentazione stradale con asfalto e produzione di materiali di copertura in asfalto è stato eliminato il black carbon (la variazione non influenza le stime regionali);
- macrosettore 06 (uso solventi), sono stati modificati fattori di emissione per uso di solventi domestici (eccetto verniciatura ed aerosol incluso in 0605), uso domestico di prodotti farmaceutici;

- macrosettore 10 (agricoltura) per l'attività applicazione di pesticidi in agricoltura sono stati introdotti nuovi fattori di emissione per NH<sub>3</sub> ed NO;
- macrosettore 11 (natura) per l'attività incendi provocati dall'uomo è stato introdotto un nuovo fattore di emissione per il BC.

Una ulteriore attività di aggiornamento dei fattori di emissione è stata svolta riguardo al macrosettore 05 (estrazione, distribuzione combustibili fossili e geotermia) per le attività condotte di gas e reti di distribuzione di gas (Networks), sono stati aggiornati i fattori di emissione di CH<sub>4</sub>, CO<sub>2</sub> e COVNM sulla base delle nuove valutazione sulle perdite dalla distribuzione del gas di fonte ASNAM fornite da ISPRA.