



**GIUNTA REGIONALE**

**DIREZIONE URBANISTICA E SOSTENIBILITÀ**

**SETTORE ECONOMIA CIRCOLARE E QUALITÀ DELL'ARIA**

**INVENTARIO REGIONALE DELLE SORGENTI  
DI EMISSIONE (IRSE) 1995-2019**

**AGGIORNAMENTO ALL'ANNO 2019**

## INDICE

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| <b>1</b> | <b>PREMESSA.....</b>                              | <b>3</b>  |
| <b>2</b> | <b>L'INVENTARIO DELLE EMISSIONI.....</b>          | <b>4</b>  |
| <b>3</b> | <b>RACCOLTA DATI E STIMA DELLE EMISSIONI.....</b> | <b>8</b>  |
|          | 3.1 Sorgenti puntuali.....                        | 8         |
|          | 3.2 Sorgenti diffuse, lineari e areali.....       | 8         |
| <b>4</b> | <b>LE EMISSIONI DI INQUINANTI NEL 2019.....</b>   | <b>14</b> |
|          | 4.1 Inquinanti principali.....                    | 14        |
|          | 4.2 Metalli pesanti.....                          | 23        |
|          | 4.3 Altri inquinanti.....                         | 26        |
|          | 4.4 Gas climalteranti.....                        | 29        |

## INDICE DELLE FIGURE

|   |    |
|---|----|
| Figura 1 – Schema operativo per la stima delle emissioni.....   | 6  |
| Figura 2 – Emissioni di NO <sub>x</sub> (Mg) per macrosettore negli anni di riferimento dell'inventario                       | 16 |
| Figura 3 – Mappa delle emissioni totali di NO <sub>x</sub> (Mg) nel 2019.....   | 16 |
| Figura 4 – Emissioni di PM <sub>10</sub> (Mg) per macrosettore negli anni di riferimento dell'inventario<br>.....             | 17 |
| Figura 5 – Mappa delle emissioni totali di PM <sub>10</sub> (Mg) nel 2019.....  | 17 |
| Figura 6 – Emissioni di PM <sub>2,5</sub> (Mg) per macrosettore negli anni di riferimento dell'inventario<br>.....            | 18 |
| Figura 7 – Mappa delle emissioni totali di PM <sub>2,5</sub> (Mg) nel 2019.....   | 18 |
| Figura 8 – Emissioni di PST per macrosettore negli anni di riferimento dell'inventario.....                                   | 19 |
| Figura 9 – Mappa delle emissioni totali di PST (Mg) nel 2019.....   | 19 |
| Figura 10 – Emissioni di COVNM per macrosettore negli anni di riferimento dell'inventario<br>.....                            | 20 |
| Figura 11 – Mappa delle emissioni totali di COVNM (Mg) nel 2019.....  | 20 |
| Figura 12 – Emissioni di SO <sub>x</sub> per macrosettore negli anni di riferimento dell'inventario.....                      | 21 |
| Figura 13 – Mappa delle emissioni totali di SO <sub>x</sub> (Mg) nel 2019.....  | 21 |
| Figura 14 – Emissioni di CO per macrosettore negli anni di riferimento dell'inventario.....                                   | 22 |
| Figura 15 – Mappa delle emissioni totali di CO (Mg) nel 2019.....   | 22 |
| Figura 16 – Emissioni di NH <sub>3</sub> per macrosettore negli anni di riferimento dell'inventario.....                      | 23 |
| Figura 17 – Mappa delle emissioni totali di NH <sub>3</sub> (Mg) nel 2019.....  | 23 |
| Figura 18 – Emissioni di metalli pesanti per macrosettore negli anni di riferimento<br>dell'inventario.....                   | 26 |
| Figura 19 – Mappa delle emissioni totali di metalli pesanti (kg) nel 2019.....  | 26 |
| Figura 20 – Emissioni di Idrocarburi policiclici aromatici per macrosettore negli anni di<br>riferimento dell'inventario..... | 28 |
| Figura 21 – Mappa delle emissioni totali di Idrocarburi policiclici aromatici (kg) nel 2019...28                              |    |

## 1 PREMESSA

La presente sintesi descrive quanto realizzato nell'ambito del progetto di ARPA Toscana riguardante l'aggiornamento dell'inventario delle emissioni in atmosfera della regione Toscana con riferimento al 2019 e aggiornamento relativo agli anni 1995, 2000, 2003, 2005, 2007, 2010, 2013, 2015, 2017.

L'aggiornamento dell'inventario delle emissioni in atmosfera della regione Toscana per l'anno 2019 è stato effettuato secondo le prescrizioni del D.Lgs. n. 155/2010 e s.m.i. e le indicazioni contenute nelle Linee guida EMEP/EEA Guidebook 2019.

Le linee guida EMEP/EEA Guidebook 2019 forniscono le metodologie di stima ed i fattori di emissione da prendere come riferimento nell'elaborazione dell'aggiornamento dell'inventario delle emissioni.

L'aggiornamento delle attività dell'inventario delle emissioni è stato effettuato a scala:

- regionale;
- provinciale;
- comunale.

## 2 L'INVENTARIO DELLE EMISSIONI

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

- attività economica,
- intervallo temporale (anno, mese, giorno, ora),
- unità territoriale (regione, provincia, comune, maglie quadrate di 1 km<sup>2</sup>),
- 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. 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.

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.

Per la stima delle emissioni dalla navigazione nei porti e nelle linee di navigazione, da traffico stradale, da decollo e atterraggio di aeromobili, da vegetazione, da incendi forestali e da discariche di rifiuti sono stati utilizzati appositi modelli di stima che tengono conto di diversi parametri che concorrono alla stima delle emissioni.

Gli inquinanti presi in considerazione dall'inventario delle emissioni della Regione Toscana per l'anno 2019 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>), ammoniacca (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 (IPA): 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);
- acido solfidrico (H<sub>2</sub>S);
- gas serra: anidride carbonica (CO<sub>2</sub>), metano (CH<sub>4</sub>), protossido di azoto (N<sub>2</sub>O).

Per tutti gli inquinanti sopra elencati, la stima dei livelli emissivi è stata effettuata per diverse tipologie di sorgenti; fa eccezione l'acido solfidrico (H<sub>2</sub>S) le cui emissioni, allo stato attuale, sono state registrate per le sole sorgenti di tipo puntuale che le hanno dichiarate nell'indagine diretta.

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

L'attività consiste nella raccolta di dati e informazioni per i seguenti macrosettori:

1. Combustione nell'industria e impianti energetici
2. Impianti di combustione non industriale
3. Processi produttivi (combustione nell'industria manifatturiera)
4. Attività produttive
5. Estrazione e distribuzione di combustibili fossili e geotermia
6. Uso di solventi
7. Trasporti stradali
8. Altri sorgenti mobili e macchine
9. Trattamento dei rifiuti e discariche
10. Agricoltura
11. Altre sorgenti/natura

La nomenclatura delle attività rilevanti per la valutazione delle emissioni di inquinanti dell'aria utilizzata è la SNAP 2007 ampliata ed integrata al fine di meglio descrivere la realtà locale. 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.

Le sorgenti sono state classificate e distinte in puntuali, diffuse, areali e lineari; le emissioni totali vengono classificate anche sulla base di questa distinzione.

Per sorgenti puntuali si intendono le sorgenti di emissione che è possibile ed utile localizzare direttamente, tramite le loro coordinate geografiche, sul territorio. Sono individuate come sorgenti puntuali tutte quelle con emissioni maggiori delle seguenti soglie:

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

Come sorgenti lineari sono indicate le principali arterie di comunicazione interne alla regione (strade, linee marittime, linee ferroviarie). Per tali arterie la stima delle emissioni è stata effettuata per singola arteria, o tratto di arteria.

Come sorgenti areali sono indicati i principali nodi di comunicazione (porti, aeroporti) e le principali aree di movimentazione dei materiali (cave e discariche). Per tali aree la stima delle emissioni è stata effettuata singolarmente.

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 puntuali, sia le emissioni effettivamente di tipo areale (ad esempio le foreste) o ubiqua (ad esempio traffico diffuso, uso di solventi domestici, ecc.). La zona statistica di base scelta per la stima delle emissioni diffuse è il comune.

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).

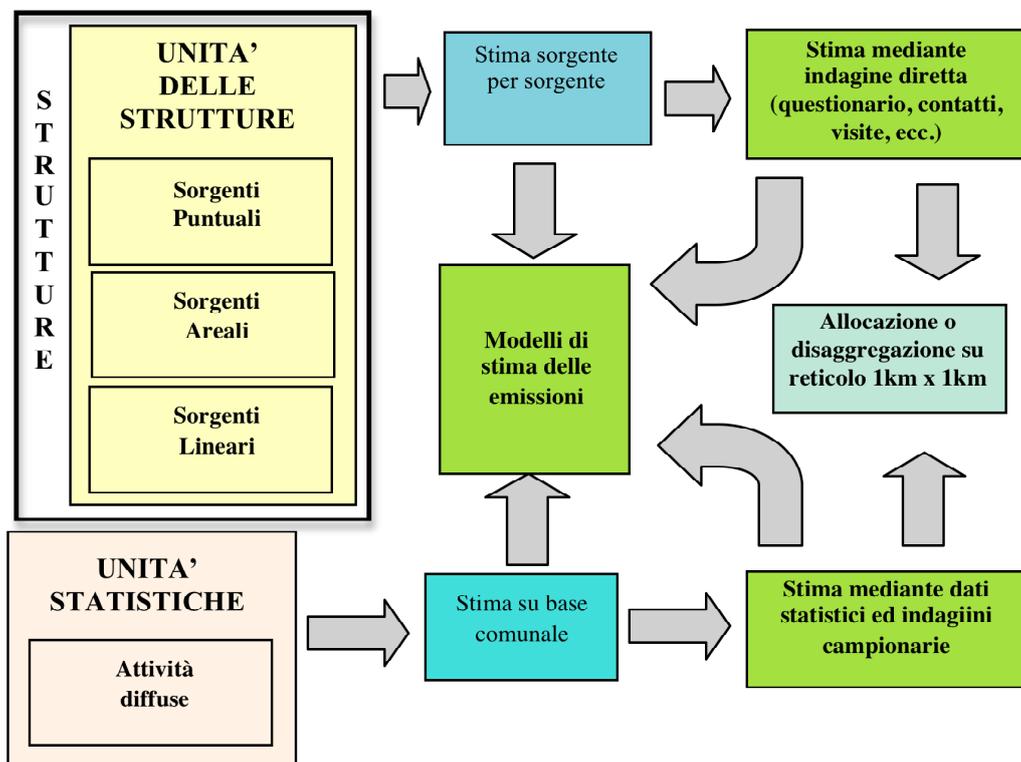


Figura 1 – Schema operativo per la stima delle emissioni

Le emissioni, nei casi più semplici, sono stimate a partire da indicatori dell'attività e da opportuni fattori di emissione.

I fattori di emissione sono in continuo aggiornamento a livello internazionale e nazionale. L'azione di aggiornamento dei fattori di emissione è resa necessaria in conseguenza del processo continuo di revisione ed aggiornamento delle informazioni e delle metodologie di supporto alla realizzazione degli inventari delle emissioni di inquinanti dell'aria che si sviluppa, nel corso degli anni, a livello internazionale ed ai nuovi studi che si rendono disponibili nella letteratura scientifica del settore.

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

Al momento della redazione dell'inventario i prodotti principali di questo processo di revisione continua a livello internazionale sono:

- la classificazione delle attività di interesse per l'inquinamento atmosferico SNAP (SNAP 2007);
- i fattori di emissione dell'EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook 2019;
- i fattori di emissione dei gas serra delle 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories e gli ulteriori aggiornamenti del 2019 Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories.

Nel corso dell'aggiornamento è stata utilizzata la base dati dei fattori di emissione di Techne Consulting che è largamente basata sull'EMEP/EEA Air pollutant emission inventory guidebook 2019 e le IPCC Guidelines integrando informazioni provenienti dall'inventario nazionale ISPRA ed altri fattori di emissione provenienti dalle attività di supporto alle regioni nella redazione degli inventari di emissione svolte da Techne Consulting.

Per le emissioni diffuse, le emissioni lineari e quelle areali, nei casi più complessi sono stati utilizzati 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<sup>2</sup>Road***;
- emissioni da navi: per la stima delle emissioni da movimentazione e stazionamento delle navi in porto e dalle navi in navigazione sulle rotte interne alla regione è stato utilizzato il modello ***Ships***;
- emissioni da decollo ed atterraggio aeromobili: per la stima delle emissioni da decollo ed atterraggio degli aeromobili è stato utilizzato il modello ***Airport***;
- emissioni da vegetazione: per la stima delle emissioni (diffuse) da vegetazione è stato utilizzato il modello ***Forest***;
- emissioni da incendi forestali: per la stima delle emissioni (diffuse) da incendi forestali è stato utilizzato il modello ***Fire***;
- emissioni da discariche: per la stima delle emissioni (localizzate) da discariche di rifiuti è utilizzato il modello ***Landfill***.

Nel seguito sono riportate le metodologie seguite per la raccolta dei dati delle sorgenti puntuali (paragrafo 3.1) e delle sorgenti diffuse, areali e lineari (paragrafo 3.2) e per la loro stima.

### 3.1 Sorgenti puntuali

---

Con riferimento alle sorgenti puntuali sono state in primo luogo censite le aziende già contenute nell'inventario regionale delle sorgenti di emissione (IRSE 2017). La selezione degli impianti alla base del censimento del 1995, confermata ed integrata per gli anni successivi, si è basata originariamente sull'analisi delle richieste di autorizzazione D.P.R. 203/88 nel loro complesso ed ha compreso le seguenti attività:

- valutazione preliminare delle emissioni per singolo punto di emissione;
- calcolo delle emissioni per l'intero impianto come somma delle emissioni di tutti i camini;
- ampliamento della classificazione dell'inventario qualora risultino attività rilevanti non previste dalla classificazione.

L'elenco delle aziende ottenuto è stato negli anni integrato alla luce dei cambiamenti intercorsi nel tessuto produttivo regionale, nell'intervallo di tempo trascorso dal 1995 (primo censimento) fino al 2019 (ultimo anno di aggiornamento dell'inventario).

Il lavoro di reperimento di informazioni e la selezione degli impianti per l'aggiornamento dell'inventario al 2019 è stato condotto interamente da ARPAT. In prima istanza sono state selezionate tutte le aziende con autorizzazione AIA presenti sul territorio regionale i cui codici IPPC corrispondessero ai codici di aziende già presenti nell'elenco delle puntuali dell'ultimo aggiornamento dell'inventario disponibile (IRSE 2017), a queste sono state aggiunte le ditte già presenti nel suddetto elenco e ritenute ancora attive all'anno 2019.

Come già nel precedente aggiornamento, in questa selezione, sono state escluse tutte le aziende del settore conciario, le cui emissioni sono state valutate tra le sorgenti di tipo diffuso.

ARPAT ha predisposto uno specifico modulo web per richiedere alle ditte interessate, tutte le informazioni utili alla stima dei singoli stabilimenti ricadenti sul territorio regionale. La verifica censuraria condotta ha portato all'individuazione di 197 stabilimenti che hanno compilato il questionario IRSE2019, di cui 20 censiti per la prima volta nel 2019. Inoltre, 4 stabilimenti sono risultati chiusi o inattivi nel periodo intercorso tra il precedente inventario (2017) e l'attuale inventario.

I dati reperiti sono stati validati e completati in base:

- alla verifica delle emissioni dichiarate, raffrontate a quelle ottenute con l'utilizzo di fattori di emissione standard;
- al completamento delle informazioni mediante l'inserimento di emissioni di inquinanti non dichiarati dalle aziende nel questionario ma, di cui sia nota la presenza, calcolate con fattori di emissione standard.

Dove necessario è stata contattata nuovamente da ARPAT l'azienda per richiedere delucidazioni rispetto ad incongruenze, errori o chiarimenti.

Una volta raccolti e validati i dati si è proceduto alla omogeneizzazione dei censimenti relativi a tutti gli anni dell'inventario, ai fini di produrre un insieme di dati il più possibile coerenti, con i quali valutare l'evoluzione storica delle emissioni.

### 3.2 Sorgenti diffuse, lineari e areali

---

Per quanto riguarda le attività diffuse le emissioni sono state stimate a partire dai valori dell'attività desunti da opportune variabili e dai rispettivi fattori di emissione secondo la metodologia descritta nel seguito, dove sono fornite le indicazioni riguardo le variabili utilizzate per la stima delle singole attività diffuse; sono indicate, inoltre, la metodologia di stima e le fonti dei dati.

Come quadro generale di riferimento, ed ai fini della stima di alcune variabili specifiche, sono stati reperiti tutti i dati disponibili utili alla migliore comprensione della situazione economico/produttiva della regione ed alla quantificazione delle emissioni.

Sono state in primo luogo reperite autonomamente le seguenti informazioni:

- i dati 2019 ISTAT sulla popolazione, del Registro Statistico delle Imprese Attive (ASIA); sulla Produzione industriale nazionale e sulla Produzione agricola;
- i dati sulle unità locali e sugli addetti ISTAT Censimento permanente 2019;
- i dati ISTAT relativi alla seconda indagine sui consumi energetici delle famiglie relativa al 2021, particolarmente significativi per quanto riguarda la combustione della legna;
- i dati 2019 del Bollettino Petrolifero elaborato ogni trimestre dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica sulla base dei dati del Questionario Petrolifero e del Questionario del Carbone;
- i dati del Bilancio Energetico Nazionale 2019;
- le temperature medie mensili (massima e minima) per fascia altimetrica e la radiazione solare, per singola stazione di misura, direttamente scaricati da SCIA, sistema nazionale per la raccolta, elaborazione e diffusione di dati climatici, realizzato dall'ISPRA;
- i dati Andil – Associazione nazionale degli Industriali dei Laterizi (pubblicazione online);
- i dati Atecap – Associazione Tecnico Economica del Calcestruzzo Preconfezionato (pubblicazione online);
- i dati Siteb – Associazione Italiana Bitume Asfalto Strade (pubblicazione online);
- la cartografia incendi del SITA – Banca Dati Incendi Boschivi.

Relativamente alla raccolta dei dati per la stima delle emissioni da sorgenti diffuse, la tipologia dei dati indicata scaturisce da un'analisi del territorio regionale ed è conforme alla classificazione SNAP delle attività.

Per il consumo totale di **legna/pellet** a livello regionale sono stati presi come punto di partenza l'indagine ISTAT 2021 sui consumi energetici delle famiglie, l'indagine della Regione Toscana sulle biomasse residenziali ed i consumi finali di biomasse solide nel settore residenziale provenienti dal monitoraggio del cosiddetto burden sharing da parte del GSE.

La disaggregazione a livello comunale è stata effettuata disaggregando i consumi sul fabbisogno energetico delle abitazioni con impianto di riscaldamento alimentato a legna elaborato a partire dal numero di abitazioni per comune che utilizzano come combustibile la legna, dalla superficie media delle abitazioni per comune e per tipologia di riscaldamento e dai gradi giorno per comune.

Per la stima dei consumi di **prodotti petroliferi** sono stati utilizzati i dati di vendita regionali desunti dal Bollettino Petrolifero pubblicato dal Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica. Per il settore agricolo, sono stati utilizzati i dati, a livello nazionale, presenti nel Bilancio Energetico Nazionale ed il rapporto percentuale tra il valore regionale e il valore nazionale della superficie agricola utilizzata, ricavata dal Censimento dell'agricoltura 2010.

Per i prodotti petroliferi, la stima a livello comunale è stata effettuata disaggregando i consumi sulla base del rapporto percentuale tra il valore regionale e il valore nazionale:

- per il terziario, delle unità locali operanti nel terziario a livello comunale, ricavate dai dati ISTAT ASIA annuali;
- per il domestico, del fabbisogno energetico delle abitazioni come già indicato per la legna;
- per l'industria, degli addetti nell'industria manifatturiera di fonte ISTAT ASIA;
- per l'agricoltura, della superficie agricola utilizzata ricavata dal Censimento dell'agricoltura 2010.

Per quanto riguarda il **gas naturale**, per la stima dei consumi comunali in tutti i settori, sono stati utilizzati tutti i dati reperiti tramite indagine diretta. In particolare, 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 a cui sono stati richiesti i dati di gas distribuito a livello comunale, distinto tra i settori domestico, terziario e industriale. Per il gas naturale nel settore agricolo, sono stati utilizzati i dati, a livello nazionale, presenti nel Bilancio Energetico Nazionale ed il rapporto percentuale tra il valore regionale e il valore nazionale della superficie agricola utilizzata, ricavata dal Censimento dell'agricoltura 2010.

Per quanto riguarda le **attività produttive** sono state condotte indagini presso le associazioni produttive (SITEB Strade italiane e bitumi, Confindustria Ceramica, Assodistil Associazione Distillatori Italiani, ANDIL Assolaterizi – Associazione nazionale degli Industriali dei Laterizi) e le aziende presenti sul territorio regionale e reperiti dati nazionali ISTAT riportati a livello regionale e comunale sulla base degli addetti ISTAT o tramite elaborazioni cartografiche.

Per la **distribuzione dei combustibili**, sono stati utilizzati i dati del Bollettino Petrolifero, di SNAM Rete Gas e delle aziende erogatrici di gas.

Per l'**utilizzo di solventi**, la stima dell'indicatore di attività è stata effettuata a partire dai consumi nazionali, forniti da ISPRA ed utilizzati negli inventari nazionali e dalle distribuzioni nazionali, regionali e comunali degli addetti nei settori interessati, di fonte ISTAT ASIA o della popolazione.

La stima delle emissioni da **trasporto stradale** è effettuata mediante il modello *E<sup>2</sup>Road* tenendo distinte le emissioni da traffico urbano da quelle da traffico extraurbano ed autostradale.

Per la stima delle emissioni si sono utilizzati i dati ACI sul parco circolante nazionale (per le autostrade) e regionale (per l'urbano e l'extraurbano).

Sono considerate “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 tali sorgenti le emissioni sono stimate per singola tratta utilizzando i flussi veicolari. Le emissioni sulle restanti strade extraurbane e quelle in ambito urbano sono considerate sorgenti diffuse.

Relativamente al reperimento dei dati per la stima delle emissioni da sorgenti lineari (traffico stradale), sono stati reperiti per la stima delle emissioni i flussi autostradali relativi al 2019, da Autostrade per l'Italia (A1, Milano-Napoli, A11 Firenze-Pisa, A12 Genova-Roma, A15 Autostrada della Cisa), SAT- Società Autostrada Tirrenica S.p.A., Autostrade SALT S.p.A.

I dati dei flussi sulle extraurbane principali trattate come sorgenti lineari stradali sono stati in passato forniti dall'IRPET (ultimo aggiornamento anno 2003), mentre i dati relativi alle strade regionali SRT forniti dal dipartimento delle Infrastrutture e Trasporti della Regione Toscana si riferiscono a campagne di misura condotte dal 2009 al 2013. Tali dati sono stati aggiornati al 2019 utilizzando la variazione dei flussi totali extraurbani regionali valutati con il modello *Road*.

Il traffico al di fuori delle autostrade e delle principali strade extraurbane considerate lineari è stimato seguendo una procedura iterativa che, a partire da una stima preliminare delle percorrenze totali del circolante, fa quadrare i consumi calcolati dal modello con la quantità di combustibile venduto a livello regionale (quest'ultimo dato è disponibile presso il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, che lo pubblica annualmente nel Bollettino Petrolifero).

Più in particolare, la procedura di taratura del modello e di calcolo delle emissioni si articola nei seguenti passi:

- stima preliminare utilizzando il parco circolante regionale, ed i parametri del modello ricavati da precedenti stime regionali per le simulazioni diffuse (urbana ex extraurbana) e lineari e calcolo dei consumi di combustibili regionali al di fuori delle autostrade;
- variazione delle percorrenze medie delle simulazioni diffuse per tipo, classe e categoria di veicolo, fino a minimizzare la differenza tra consumi stimati e vendite di carburanti;
- calcolo, una volta ottenuta la quadratura tra consumi stimati e vendite regionali di fonte Bollettino Petrolifero, delle emissioni per ciascuna simulazione.

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

- temperature medie mensili minime e massime, rilevate presso l'aeroporto di Firenze Peretola;
- percentuale utilizzata su scala nazionale delle automobili a benzina con alimentazione ad iniezione;
- valore mensile medio nazionale dell'RVP (Reid Vapour Pressure);
- percentuali di zolfo e benzene nei combustibili e percentuale di Pb nella benzina con Pb e nella benzina senza Pb assunte in base a quanto disposto nelle direttive europee.

Le emissioni regionali diffuse sono state disaggregate a livello comunale con la popolazione.

Per i **porti** e la **navigazione marittima** le emissioni sono valutate tramite l'impiego del modello ***Ships***.

Sono stati utilizzati i dati dei singoli arrivi e partenze pervenuti dall'AdSP di Livorno e le informazioni meno dettagliate inviate dalle Capitanerie di Porto di Isola del Giglio, Portoferraio e Piombino. Tutte le informazioni sono state utilizzate per l'aggiornamento. Per il traffico dei traghetti tra i porti della Toscana (sulla terraferma e sulle isole del Tirreno), il numero di movimenti è stato stimato sulla base delle informazioni fornite mediante questionari compilati dalle Autorità Portuali degli orari delle compagnie di navigazione.

Per gli **aeroporti** di Firenze Peretola, Pisa San Giusto e Grosseto la stima delle emissioni è stata effettuata mediante il modello ***Airport***. Sono stati richiesti a Toscana Aeroporti Spa e Aeroporto di Grosseto SpA il numero di cicli LTO nazionali e internazionali, per modello di aereo, i tempi caratteristici (in minuti) distintamente per tipo di operazione (Rullaggio/Sosta, Decollo, Salita, Atterraggio) e per classe di aereo.

Per le **ferrovie** è stato utilizzato il dato regionale fornito da Trenitalia SpA – Direzione Regionale Toscana disaggregato per comune sulla base dell'elaborazione cartografica sul grafo ferroviario di Regione Toscana.

Per la **pesca** il consumo regionale e comunale di gasolio è stato stimato dai consumi nazionali, presenti nel Bilancio Energetico Nazionale, con il rapporto tra la somma delle potenze al livello regionale e nazionale, dei motori delle imbarcazioni da pesca elaborato su dati EU Fleet Register database.

Per quanto riguarda la **navigazione da diporto** la valutazione dei consumi è stata effettuata sulla base dei consumi nazionali dal Bollettino Petrolifero e del rapporto tra il numero di Posti

barca regionali e nazionali del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Il Diporto Nautico in Italia. I consumi a livello comunale sono stati ottenuti utilizzando il numero di posti barca per comune della stessa fonte.

Per la stima dei consumi di gasolio dei **fuoristrada**, a partire dai dati del Bollettino Petrolifero, i consumi regionali sono valutati:

- per i Trasporti Militari, dal gasolio motori nazionale, ripartito a livello regionale con il rapporto tra il personale del comparto difesa nazionale e regionale di fonte ISTAT, disaggregato successivamente con il numero di caserme militari presenti nei vari comuni;
- per l'agricoltura, dal gasolio agricolo regionale, suddiviso tra caldaie e fuoristrada utilizzando l'ultimo dato disponibile di fonte ENAMA (Prontuario dei consumi di carburante per l'impiego agevolato in agricoltura) e disaggregato con la superficie agricola utilizzata di fonte ISTAT;
- per l'industria, dal gasolio motori nazionale, ripartito a livello regionale e comunale con gli addetti totali nell'industria;
- per la selvicoltura, dal dato di vendite di benzina a livello regionale e dalle informazioni pubblicate dall'Unione Nazionale Costruttori Macchine Agricole (UNACOMA) relative alla vendita di benzina agevolata per l'agricoltura, disaggregati a livello comunale con la superficie territoriale ricoperta da boschi.

Le **discariche di rifiuti** sono state considerate come sorgenti areali e l'indicatore dell'attività è la quantità interrata di rifiuti solidi urbani (RSU). Per quanto riguarda la stima dell'emissione di CH<sub>4</sub> è stato utilizzato il modello di calcolo integrato nel sistema e basato sulla metodologia IPCC che richiede in ingresso i dati storici della quantità di rifiuti conferiti in discarica.

La quantità interrata per gli anni dal 1998 al 2010 per ogni singola discarica era stata fornita dal Settore Rifiuti e Bonifiche della Regione Toscana. In questo lavoro ARPAT, per completare la serie, ha chiesto al medesimo Settore di fornire i quantitativi smaltiti fino all'anno 2020. Ottenuti i dati, anno per anno, per ogni singola discarica dal 1985 (o dalla data di entrata in funzionamento delle discariche) fino al 2019, si è passati alla definizione della composizione del rifiuto, che è stata divisa in categorie utilizzando le stesse percentuali della regione Piemonte.

È stata infine detratta la quota di metano recuperato nelle discariche con impianti di captazione e combustione del biogas in impianti per il recupero energetico o in torcia. Anche le informazioni sul biogas recuperato sono state fornite da Arpa Toscana, gli impianti sono inseriti nel sistema come unità puntuali delle strutture discariche, queste sono state trattate invece come sorgenti di tipo areale.

Per la **combustione all'aperto di residui agricoli** (eccetto combustione stoppie sul campo), sono stati presi in considerazione i risultati di uno studio dell'Università degli studi di Perugia Centro Ricerca Biomasse per ENEA, nel 2009. Nel lavoro sono valutati i rapporti residuo di potatura/prodotto per uva ed olive. Sulla base delle informazioni derivanti dall'indagine sulle principali coltivazioni agrarie per il 2012 realizzata da ISTAT è stata valutata una quantità pari a circa il 10% dei residui prodotti per la bruciatura in campo di residui. Sulla base dei dati ISTAT di produzione di olive, uva e frutta (per cui il rapporto residuo di potatura/prodotto è stato assunto uguale a quello dell'uva) è stata valutata la quantità di residui bruciati. I valori regionali sono stati ripartiti a livello comunale con i dati delle superfici ricoperte da coltivazioni legnose agrarie del Censimento dell'Agricoltura dell'ISTAT 2010.

Per la **cremazione corpi umani** sono stati utilizzati i dati di fonte Utilitalia.

Per le **superfici agricole** sono stati utilizzati i dati regionali ISTAT relativi alle produzioni delle coltivazioni legnose. I valori regionali sono stati ripartiti a livello comunale con i dati delle superfici ricoperte da coltivazioni del Censimento dell'Agricoltura dell'ISTAT 2010.

Per la **combustione delle stoppie**, come indicatore di attività è stato considerato il dato regionale, relativo agli ettari di superficie non boscata percorsa dal fuoco, elaborato su base comunale a partire dalla cartografia degli incendi forestali fornita dalla Regione Toscana, Coordinamento delle attività di antincendio boschivo.

Per gli **allevamenti di bestiame** sono stati impiegati i dati sulla consistenza del bestiame regionali dell'ISTAT (Sistema Informativo su agricoltura e zootecnia). I dati regionali sono stati disaggregati con i valori medi comunali estratti dal Sistema Informativo Veterinario come media dei valori al 31 dicembre dell'anno precedente ed al 30 Giugno e il 31 dicembre dell'anno in corso.

Per l'**applicazione di pesticidi in agricoltura** è stata impiegata la quantità totale di prodotti fitosanitari distribuiti per uso agricolo di fonte ISTAT. I dati sono stati disaggregati a livello comunale con la Superficie Agricola Utilizzata (SAU) al Censimento dell'agricoltura 2010.

Per la stima delle emissioni da vegetazione è stato utilizzato il modello **Forest**. L'indicatore di attività, a livello regionale, è stato elaborato con le superfici boscate di fonte ISTAT Statistiche Forestali riferito al 2000. Questo dato è il più aggiornato secondo la suddivisione richiesta dal modello. Altro dato di base utile ai fini dell'elaborazione delle emissioni, sono le temperature medie mensili, caratteristiche per pianura, collina e montagna. Sono state utilizzate le informazioni delle stazioni sinottiche caratteristiche per le tre categorie estratte dal Sistema nazionale per l'elaborazione e diffusione di dati climatici (SCIA) gestito da ISPRA.

I dati regionali relativi agli ettari di superficie boscata bruciata per tipologia di vegetazione sono stati estratti dalla Statistica incendi boschivi della Regione Toscana 1970-2020 Settore Forestazione – Organizzazione regionale AIB. Tali informazioni sono state inserite nel modello **Fire** per la stima delle emissioni utilizzando come distribuzione sulle specie vegetali quella relativa all'intera vegetazione regionale. I risultati del modello sono stati disaggregati a livello comunale utilizzando la cartografia degli incendi forestali fornita dalla Regione Toscana Coordinamento delle attività di antincendio boschivo.

### **4.1 Inquinanti principali**

---

Nella Tabella 1 sono riportate le emissioni totali degli inquinanti principali per macrosettore nel 2019.

Tabella 1 – Emissioni totali inquinanti principali per macrosettore – Anno 2019

| Valori assoluti                                      | CO<br>(Mg)       | COVNM<br>(Mg)   | NO <sub>x</sub><br>(Mg) | PM <sub>10</sub><br>(Mg) | PM <sub>2,5</sub><br>(Mg) | PST<br>(Mg)     | SO <sub>x</sub><br>(Mg) | NH <sub>3</sub><br>(Mg) |
|--|------------------|-----------------|-------------------------|--------------------------|---------------------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| 01 Comb. ind. energia e trasf. fonti energ.          | 1.075,6          | 409,2           | 3.773,5                 | 118,4                    | 108,4                     | 147,0           | 556,0                   | 19,6                    |
| 02 Impianti combust. non industriali                 | 75.766,3         | 9.964,0         | 4.681,6                 | 12.965,6                 | 12.646,9                  | 13.638,2        | 430,8                   | 1.259,2                 |
| 03 Imp. comb. industr., processi con comb.           | 2.666,7          | 304,7           | 5.961,9                 | 83,1                     | 82,9                      | 84,3            | 1.109,8                 | 64,6                    |
| 04 Processi senza combustione                        | 549,6            | 2.258,0         | 290,4                   | 966,4                    | 284,6                     | 1.750,6         | 1.022,5                 | 130,7                   |
| 05 Estraz. e distrib. combust. ed energia geotermica | 0,0              | 695,0           | 0,0                     | 0,0                      | 0,0                       | 0,0             | 0,0                     | 2.045,6                 |
| 06 Uso di solventi                                   | 0,6              | 24.859,3        | 11,7                    | 8,7                      | 8,7                       | 8,7             | 0,0                     | 32,6                    |
| 07 Trasporti stradali                                | 50.765,0         | 8.094,9         | 28.466,4                | 2.117,3                  | 1.551,4                   | 2.786,1         | 17,5                    | 267,7                   |
| 08 Altre sorgenti mobili e macchine                  | 1.538,1          | 564,7           | 7.424,0                 | 315,2                    | 314,0                     | 316,0           | 1.161,7                 | 0,5                     |
| 09 Trattamento e smaltimento rifiuti                 | 1.173,4          | 682,6           | 291,8                   | 98,6                     | 89,8                      | 103,2           | 8,0                     | 831,1                   |
| 10 Agricoltura                                       | 67,2             | 1.708,7         | 2,3                     | 958,5                    | 111,0                     | 1.093,6         | 0,5                     | 6.441,1                 |
| 11 Altre sorgenti/natura                             | 11.448,9         | 19.222,1        | 304,0                   | 1.874,4                  | 1.874,4                   | 1.874,4         | 70,9                    | 99,3                    |
| <b>Totale</b>  | <b>145.051,6</b> | <b>68.763,2</b> | <b>51.207,5</b>         | <b>19.506,2</b>          | <b>17.072,1</b>           | <b>21.802,1</b> | <b>4.377,7</b>          | <b>11.192,0</b>         |
| Valori percentuali (%)                               | CO               | COVNM           | NO <sub>x</sub>         | PM <sub>10</sub>         | PM <sub>2,5</sub>         | PST             | SO <sub>x</sub>         | NH <sub>3</sub>         |
| 01 Comb. ind. energia e trasf. fonti energ.          | 0,7              | 0,6             | 7,4                     | 0,6                      | 0,6                       | 0,7             | 12,7                    | 0,2                     |
| 02 Impianti combust. non industriali                 | 52,2             | 14,5            | 9,1                     | 66,5                     | 74,1                      | 62,6            | 9,8                     | 11,3                    |
| 03 Imp. comb. industr., processi con comb.           | 1,8              | 0,4             | 11,6                    | 0,4                      | 0,5                       | 0,4             | 25,4                    | 0,6                     |
| 04 Processi senza combustione                        | 0,4              | 3,3             | 0,6                     | 5,0                      | 1,7                       | 8,0             | 23,4                    | 1,2                     |
| 05 Estraz. e distrib. combust. ed energia geotermica | 0,0              | 1,0             | 0,0                     | 0,0                      | 0,0                       | 0,0             | 0,0                     | 18,3                    |
| 06 Uso di solventi                                   | 0,0              | 36,2            | 0,0                     | 0,0                      | 0,1                       | 0,0             | 0,0                     | 0,3                     |
| 07 Trasporti stradali                                | 35,0             | 11,8            | 55,6                    | 10,9                     | 9,1                       | 12,8            | 0,4                     | 2,4                     |
| 08 Altre sorgenti mobili e macchine                  | 1,1              | 0,8             | 14,5                    | 1,6                      | 1,8                       | 1,4             | 26,5                    | 0,0                     |
| 09 Trattamento e smaltimento rifiuti                 | 0,8              | 1,0             | 0,6                     | 0,5                      | 0,5                       | 0,5             | 0,2                     | 7,4                     |
| 10 Agricoltura                                       | 0,0              | 2,5             | 0,0                     | 4,9                      | 0,7                       | 5,0             | 0,0                     | 57,6                    |
| 11 Altre sorgenti/natura                             | 7,9              | 28,0            | 0,6                     | 9,6                      | 11,0                      | 8,6             | 1,6                     | 0,9                     |

Con riferimento agli **ossidi di azoto** (Figura 2), le emissioni relative al 2019 (circa 51.200 Mg) sono dovute principalmente ai **Trasporti** (70%) in particolare ai **Trasporti stradali** (56%). In Figura 3 è riportata la distribuzione territoriale, su base comunale, delle emissioni totali di ossidi di azoto per l'anno 2019. L'evoluzione nel corso degli anni è caratterizzata da una forte riduzione delle emissioni essenzialmente dovuta ai **Trasporti stradali** in conseguenza del rinnovo del parco circolante fino al 2017 e alla **Combustione nell'industria dell'energia e trasformazione delle fonti energetiche** per la ristrutturazione del settore della produzione di energia elettrica con la dismissione di importanti centrali termoelettriche nei primi anni del millennio.

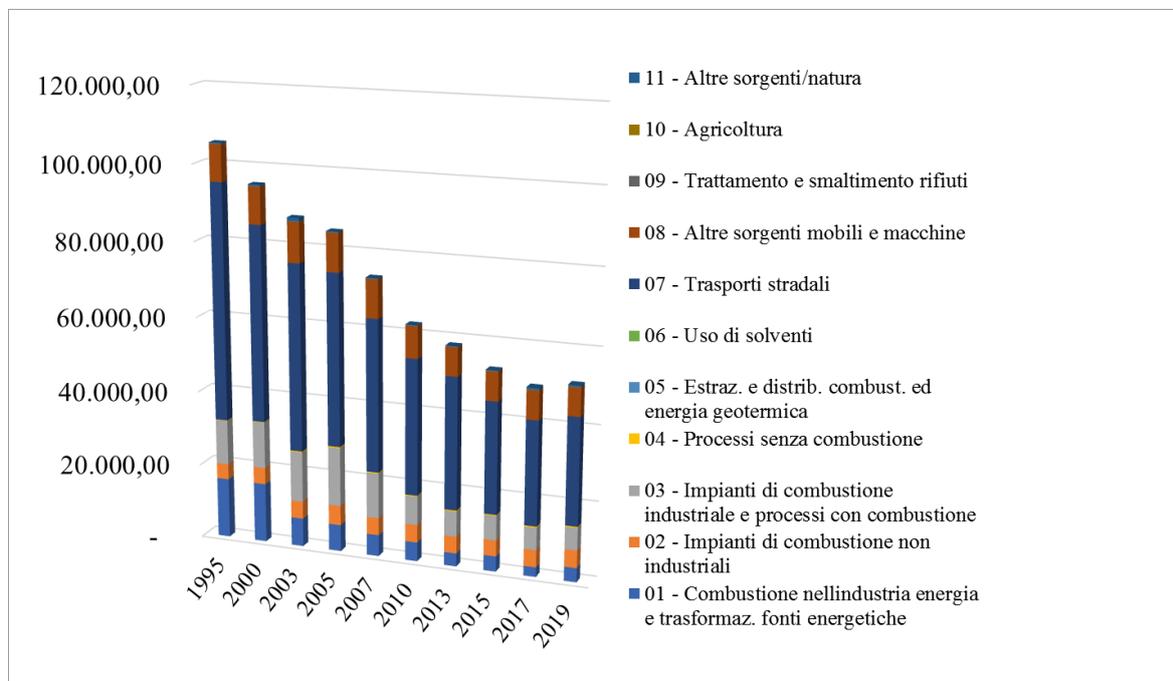


Figura 2 – Emissioni di NO<sub>x</sub> (Mg) per macrosettore negli anni di riferimento dell'inventario

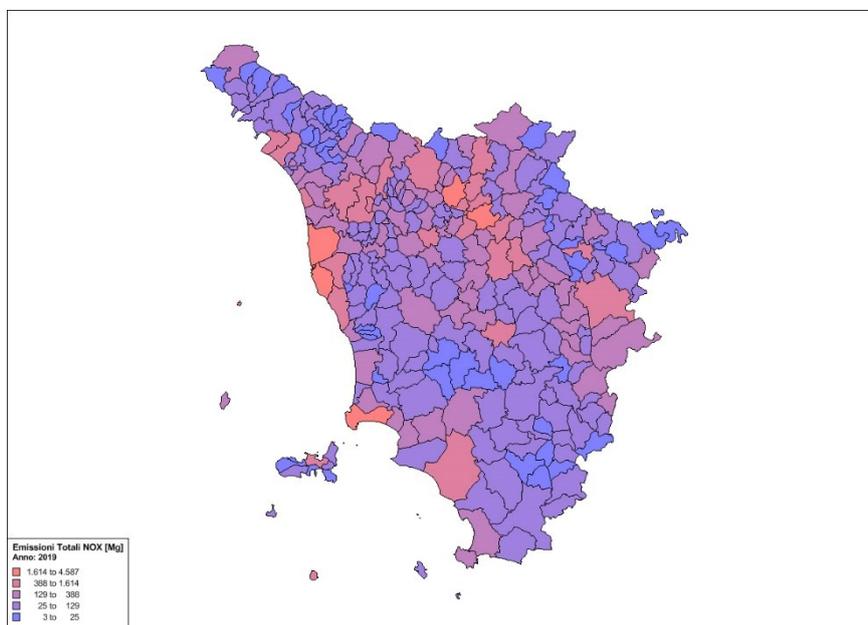


Figura 3 – Mappa delle emissioni totali di NO<sub>x</sub> (Mg) nel 2019

Per le emissioni di **PM<sub>10</sub>** (Figura 4), pari a circa 19.500 Mg, il contributo prevalente deriva dagli **Impianti di combustione non industriali** (67%) seguiti dai **Trasporti stradali** (11%). L'andamento storico delle emissioni è caratterizzato dalla variabilità del contributo degli incendi forestali e delle emissioni negli **Impianti di combustione non industriali** in conseguenza delle

particolarità climatiche del periodo invernale e, in misura minore, della progressiva penetrazione di sistemi più efficienti di combustione della legna nel settore residenziale

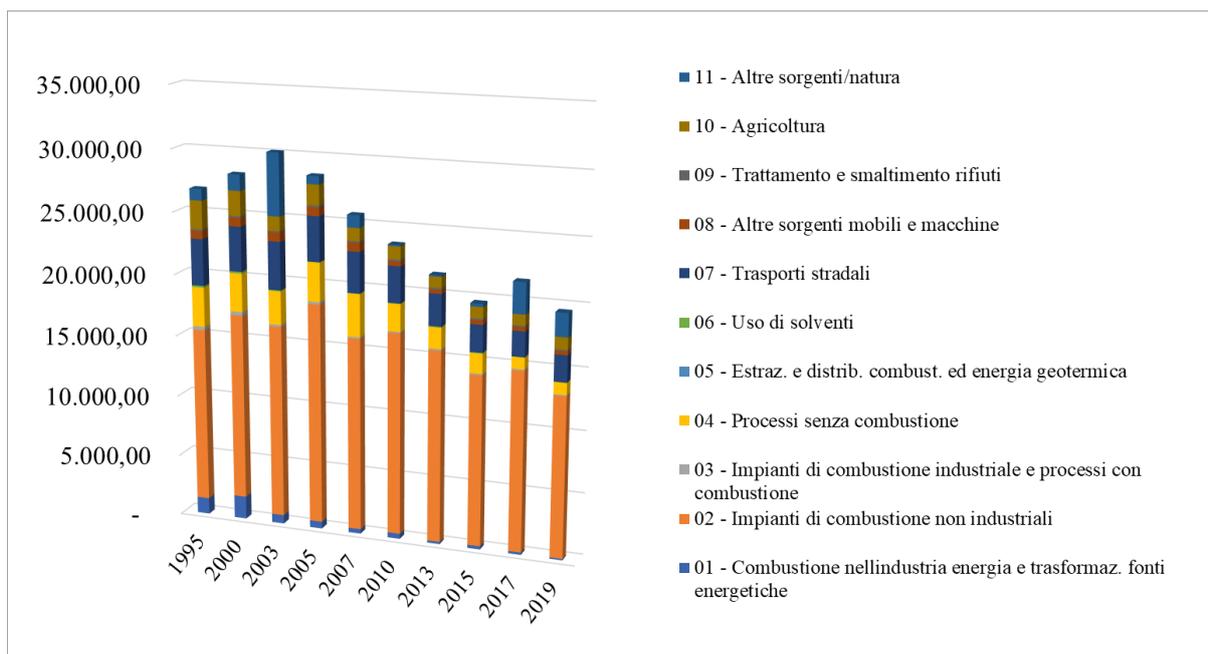


Figura 4 – Emissioni di PM<sub>10</sub> (Mg) per macrosettore negli anni di riferimento dell’inventario

In Figura 5 è riportata la distribuzione territoriale, su base comunale, delle emissioni totali di particelle sospese con diametro inferiore a 10 micron per l’anno 2019.

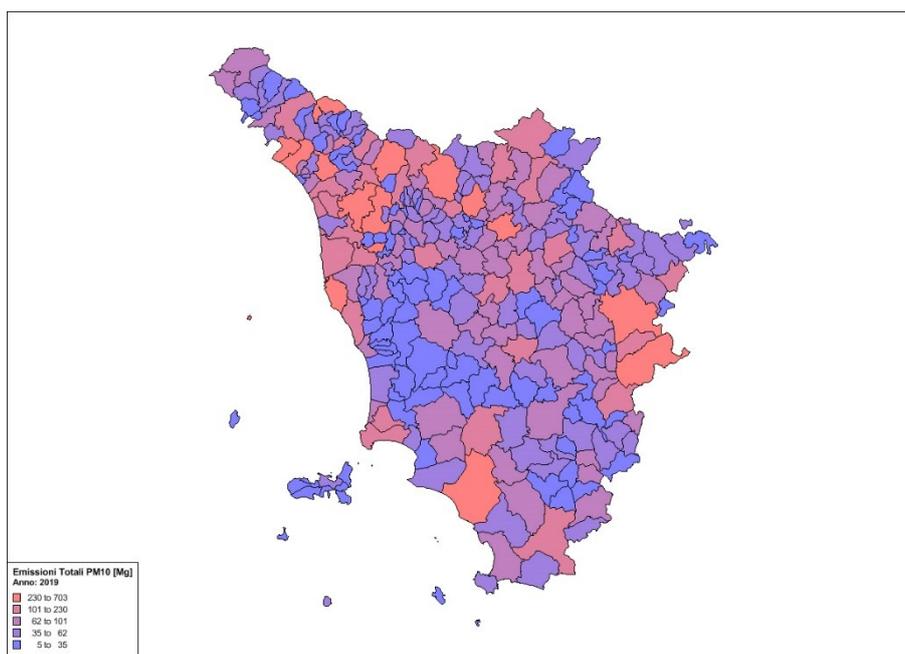


Figura 5 – Mappa delle emissioni totali di PM<sub>10</sub> (Mg) nel 2019

Le emissioni di PM<sub>2,5</sub> (Figura 6), pari a circa 17.000 Mg, sono principalmente dovute agli **Impianti di combustione non industriali** (74%) e ai **Trasporti stradali** (9%). Per l’andamento della serie storica valgono le considerazioni svolte a proposito del PM<sub>10</sub>.

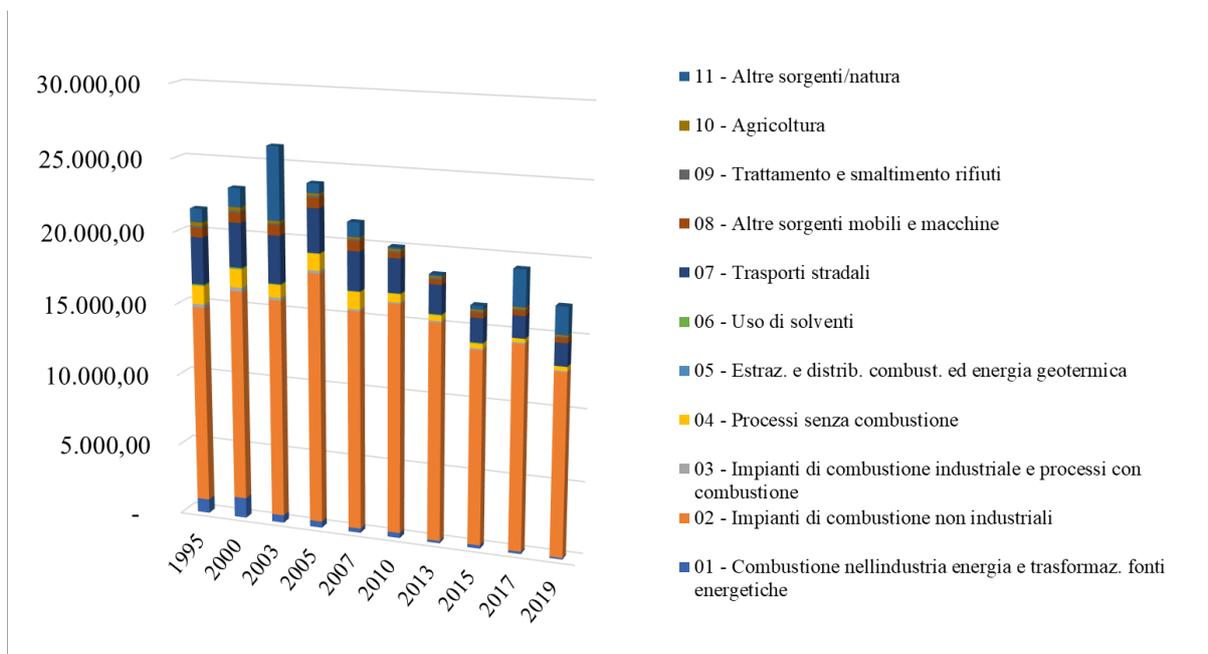


Figura 6 – Emissioni di PM<sub>2,5</sub> (Mg) per macrosettore negli anni di riferimento dell’inventario

In Figura 7 è riportata la distribuzione territoriale, su base comunale, delle emissioni totali di particelle sospese con diametro inferiore a 2,5 micron per l’anno 2019.

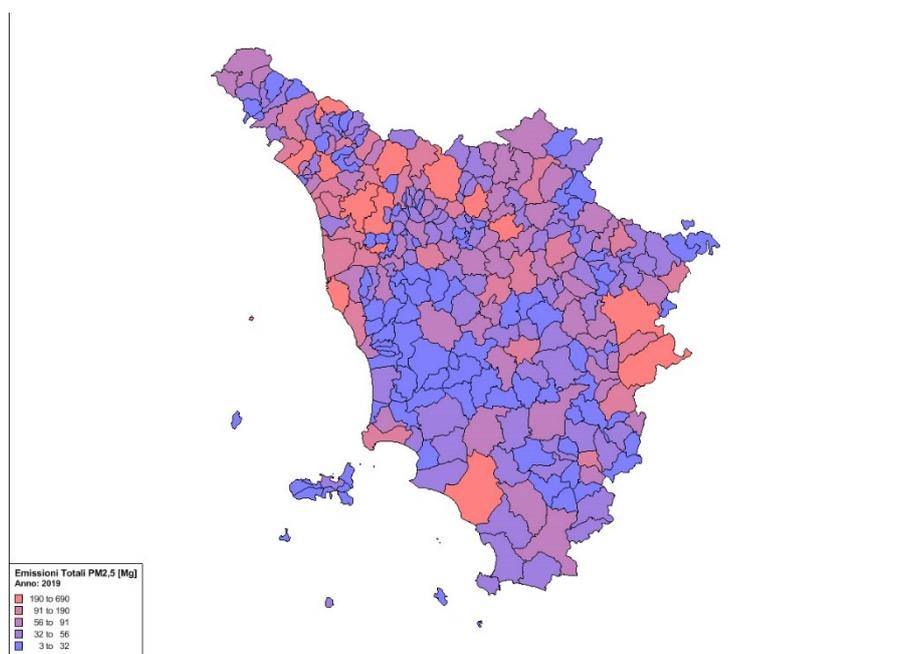


Figura 7 – Mappa delle emissioni totali di PM<sub>2,5</sub> (Mg) nel 2019

Le emissioni di **Particelle sospese totali** (Figura 8), uguali a circa 21.800 Mg, sono principalmente dovute agli **Impianti di combustione non industriali** (63%) e ai **Trasporti Stradali** (13%). Per l’andamento della serie storica valgono le considerazioni svolte a proposito del PM<sub>10</sub>.

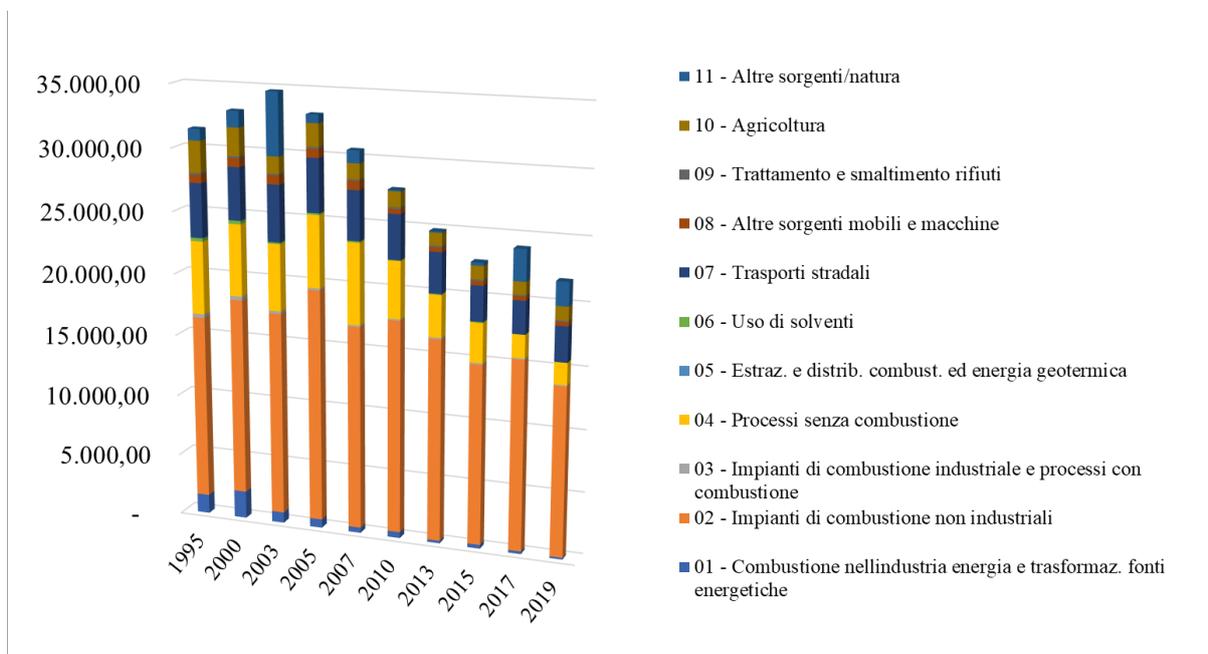


Figura 8 – Emissioni di PST per macrosettore negli anni di riferimento dell’inventario

In Figura 9 è riportata la distribuzione territoriale, su base comunale, delle emissioni totali di particelle sospese totali per l’anno 2019.

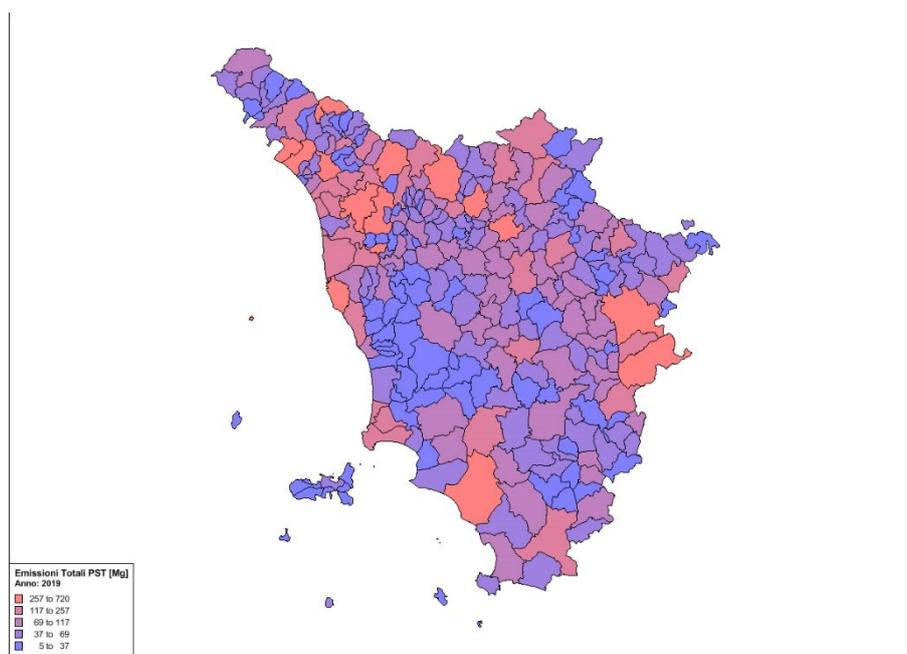


Figura 9 – Mappa delle emissioni totali di PST (Mg) nel 2019

Nel 2019 le emissioni di **Composti organici volatili** (Figura 10), circa 68.800 Mg, sono dovute all’**Uso di solventi** (36%), cui seguono le **Altre sorgenti/natura** (28%), gli **Impianti di combustione non industriali** (15%) e i **Trasporti stradali** (12%). La forte riduzione fino al 2013 è attribuibile ai trasporti stradali con le progressive regolamentazioni delle emissioni da combustione ed evaporative dei veicoli leggeri e dei motocicli a benzina.

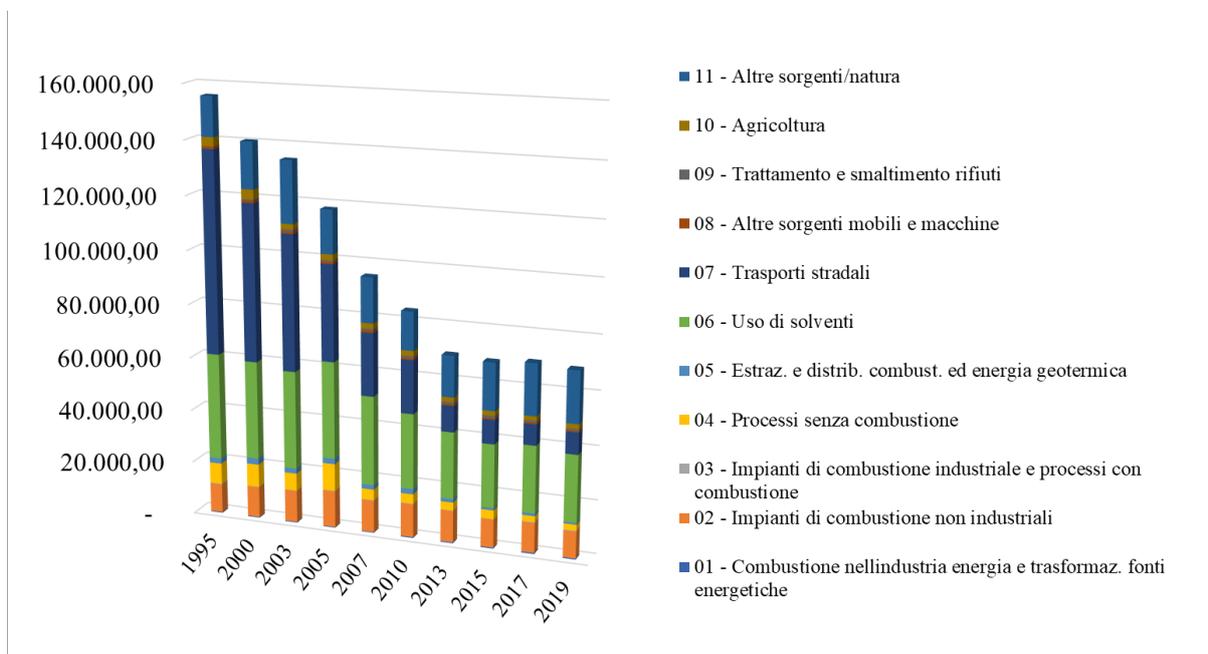


Figura 10 – Emissioni di COVNM per macrosettore negli anni di riferimento dell’inventario

In Figura 11 è riportata la distribuzione territoriale, su base comunale, delle emissioni totali di composti organici volatili non metanici per l’anno 2019.

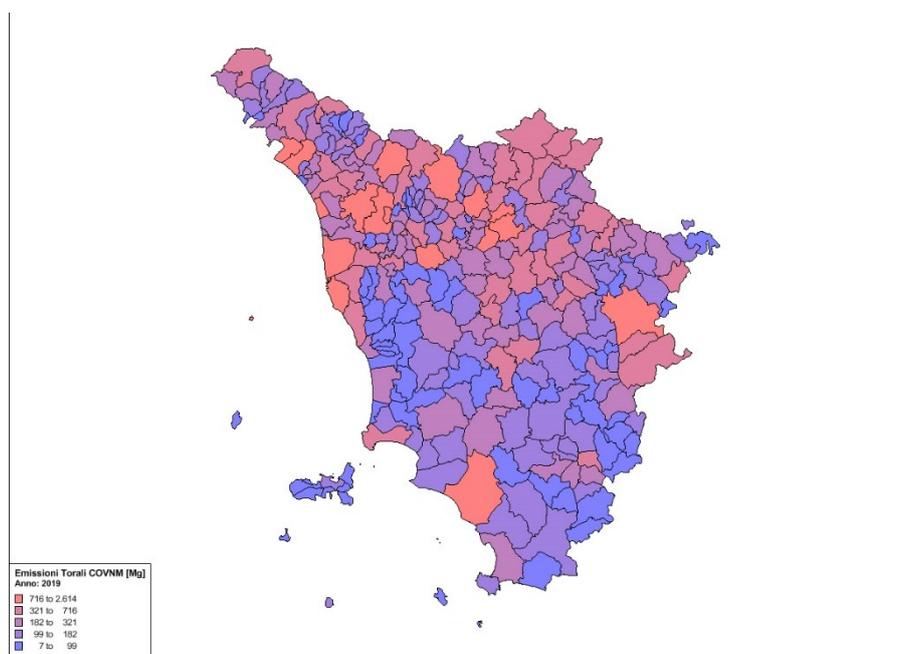


Figura 11 – Mappa delle emissioni totali di COVNM (Mg) nel 2019

Per questo inquinante va in primo luogo sottolineato il fatto che le emissioni a partire dal 1995 si sono ridotte del 95%. Nell’anno 2019, le residue emissioni di **Ossidi di zolfo** (Figura 12), pari a circa 4.400 Mg, sono dovute principalmente alle **Altre sorgenti mobili e macchine** (27%), agli **Impianti di combustione industriale e processi con combustione** (25%), ai **Processi senza combustione** (23%), alla **Combustione nell’industria dell’energia e trasformazione delle fonti energetiche** (13%), ed infine agli **Impianti di combustione non industriali** (10%).

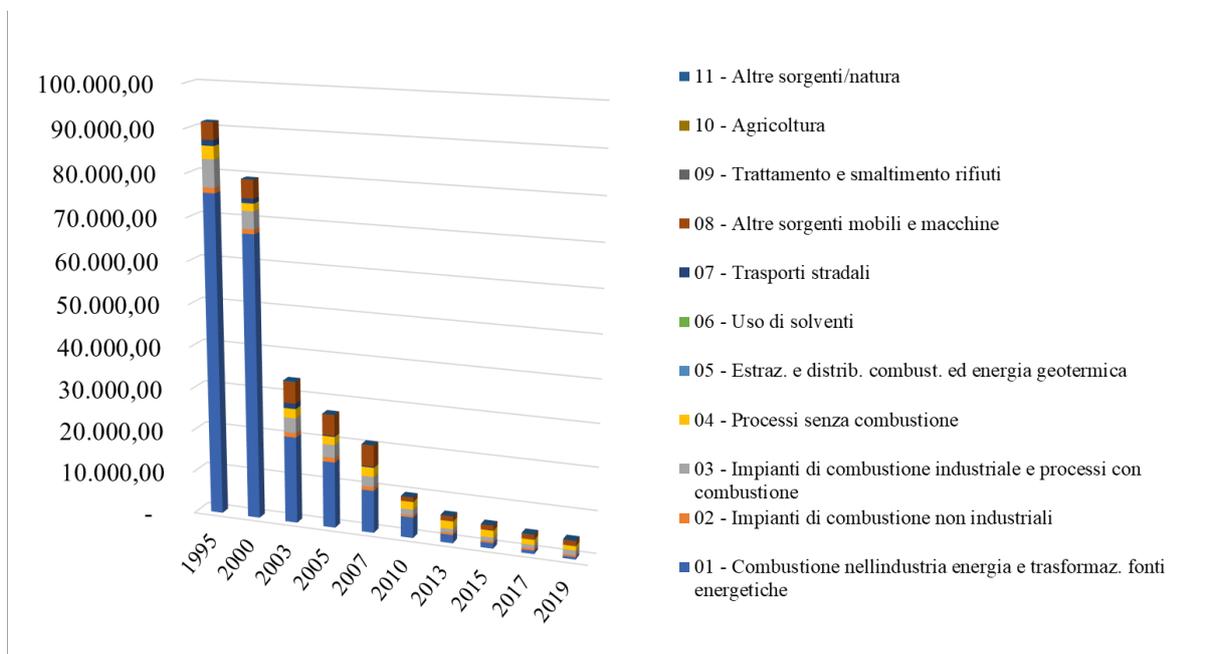


Figura 12 – Emissioni di SO<sub>x</sub> per macrosettore negli anni di riferimento dell’inventario

In Figura 13 è riportata la distribuzione territoriale, su base comunale, delle emissioni totali di ossidi di zolfo per l’anno 2019.

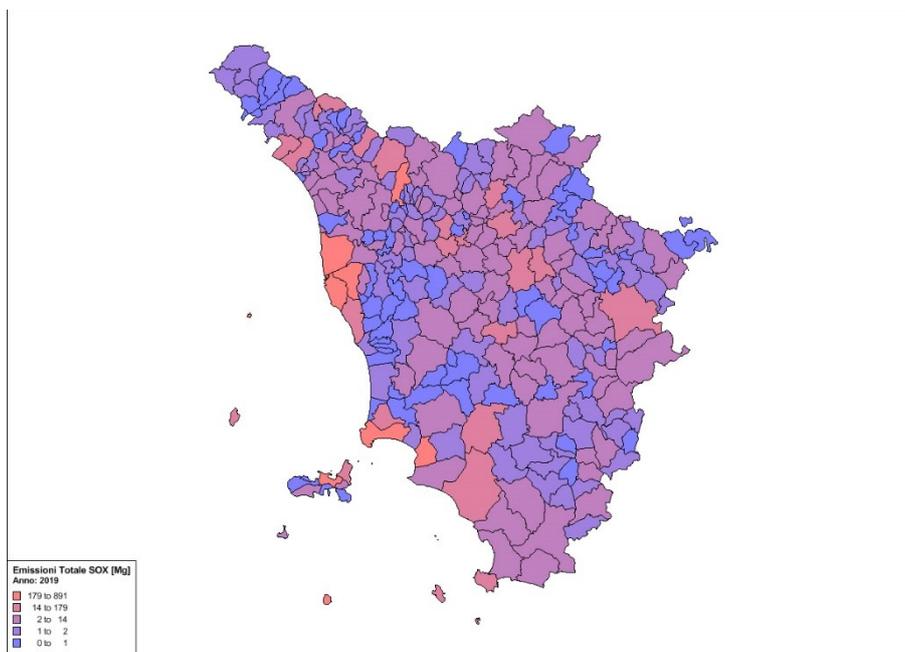


Figura 13 – Mappa delle emissioni totali di SO<sub>x</sub> (Mg) nel 2019

Nel 2019, per quanto riguarda il **monossido di carbonio** (Figura 14) le emissioni, circa 145.000 Mg, sono dovute agli **Impianti di combustione non industriali** (52%) e ai **Trasporti stradali** (35%). Le emissioni sono in costante decrescita per le riduzioni nei trasporti stradali.

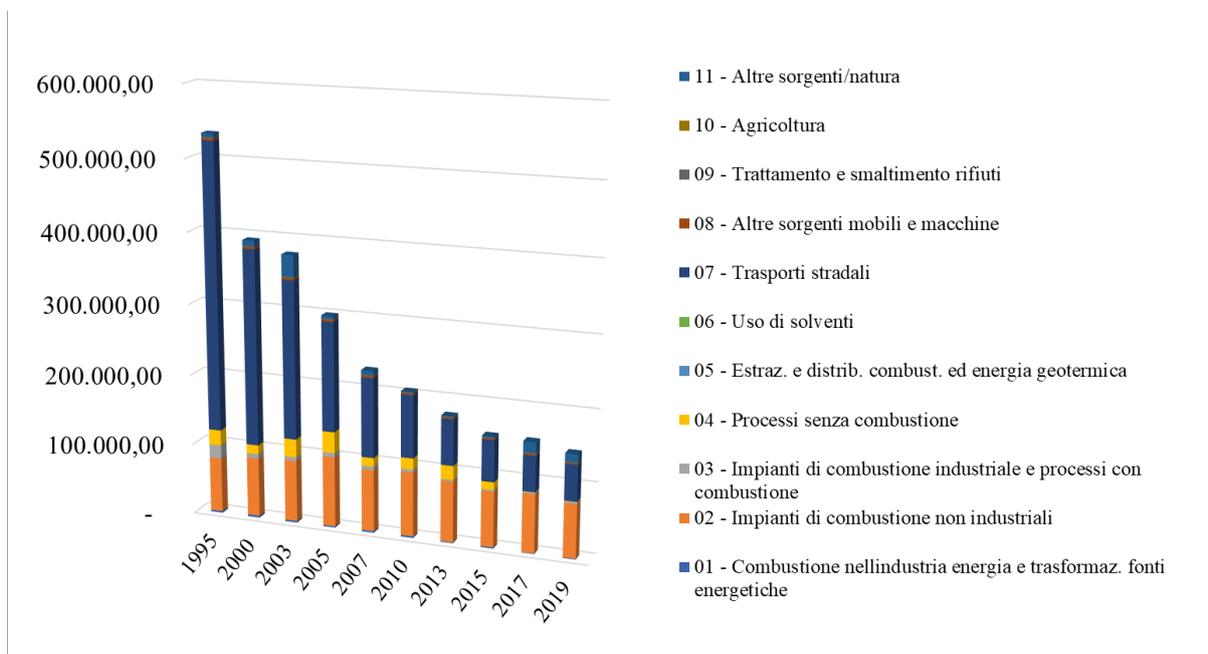


Figura 14 – Emissioni di CO per macrosettore negli anni di riferimento dell’inventario

In Figura 15 è riportata la distribuzione territoriale, su base comunale, delle emissioni totali di monossido di carbonio per l’anno 2019.

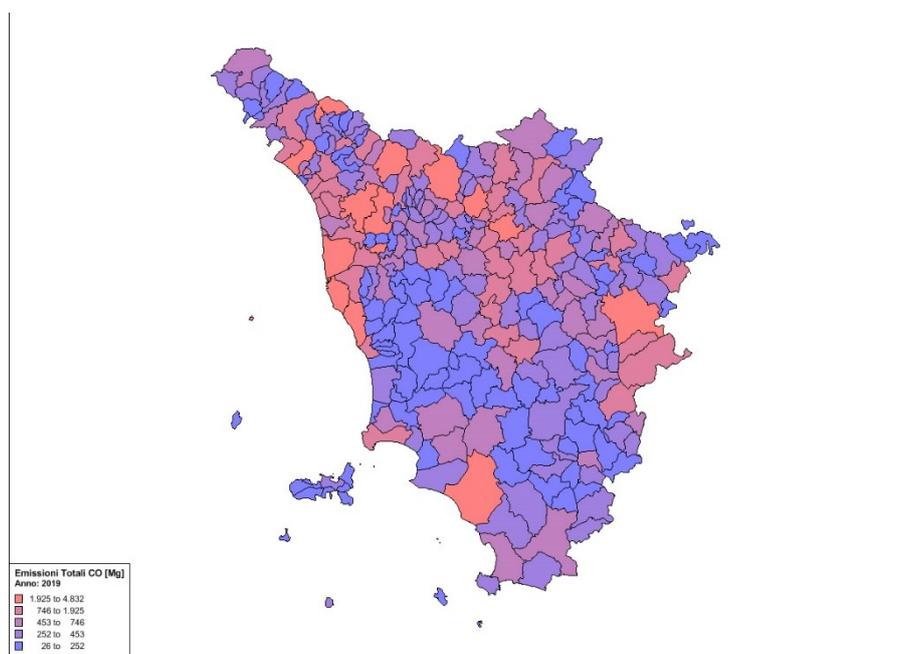


Figura 15 – Mappa delle emissioni totali di CO (Mg) nel 2019

Per quanto riguarda l’**ammoniaca** (Figura 16) le emissioni, ammontanti a circa 11.200 Mg, sono in prevalenza dovute all’**Agricoltura** (58%) e in misura minore alla **Estrazione e distribuzione combustibili ed energia geotermica** (18%). Dopo il 2000 si assiste alla riduzione delle emissioni del settore agricolo dovuto ad una contrazione delle attività dell’allevamento di bestiame e dal 2013 ad una forte riduzione del settore geotermico. Nel 2019 si assiste ad un’ulteriore riduzione nel settore geotermico e ad una ripresa delle emissioni dagli allevamenti di bestiame.

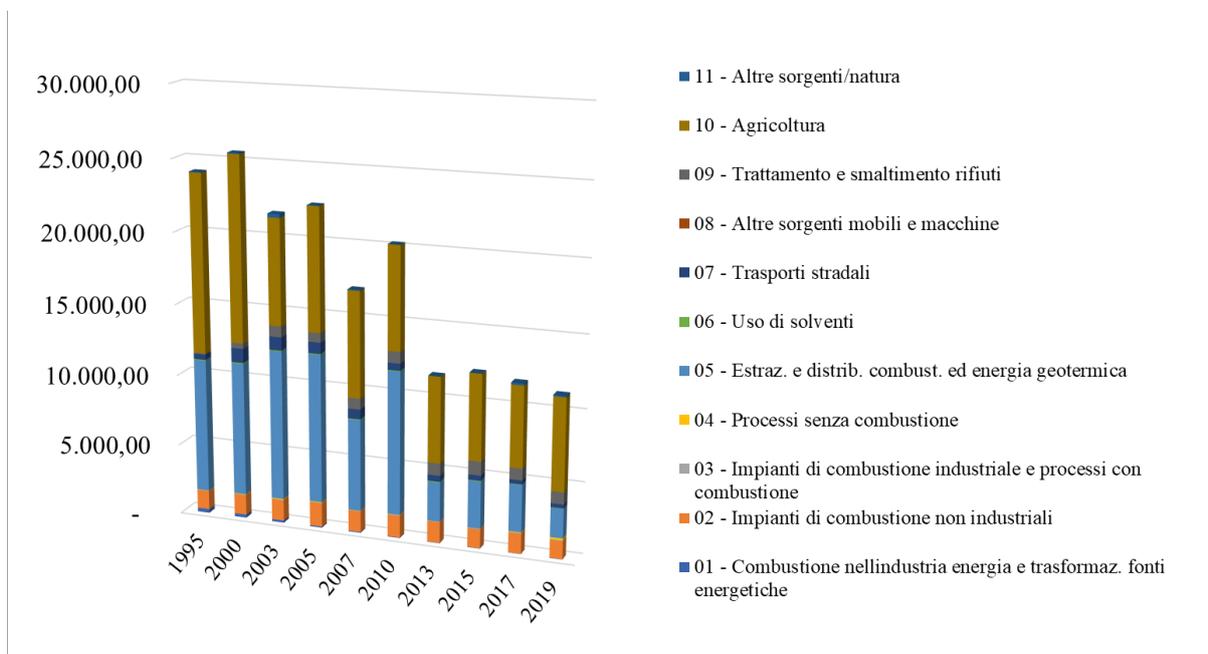


Figura 16 – Emissioni di NH<sub>3</sub> per macrosettore negli anni di riferimento dell’inventario

In Figura 17 è riportata la distribuzione territoriale, su base comunale, delle emissioni totali di ammoniaca per l’anno 2019.

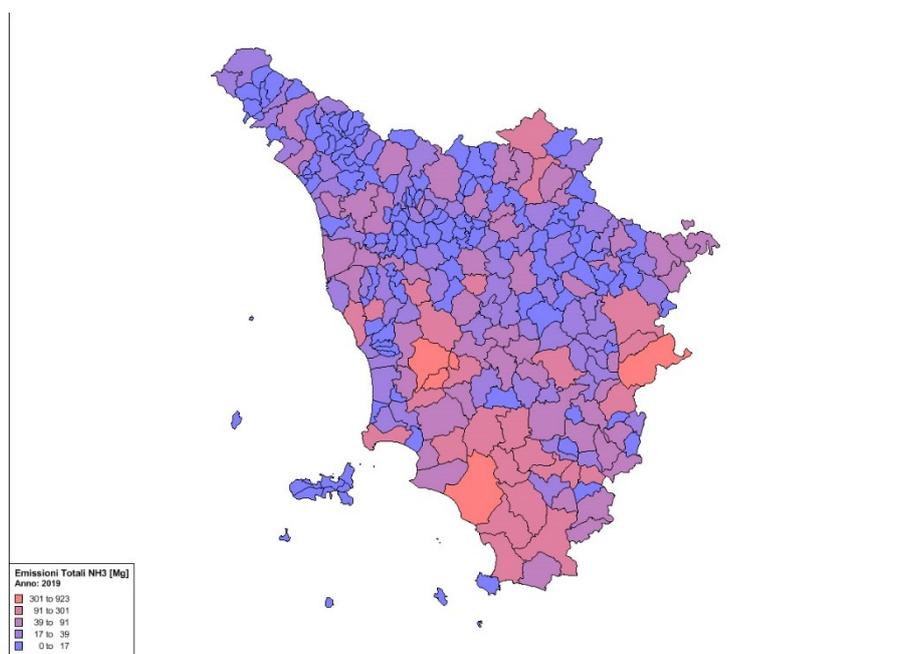


Figura 17 – Mappa delle emissioni totali di NH<sub>3</sub> (Mg) nel 2019

## 4.2 Metalli pesanti

Nella bella 2 sono riportate le emissioni totali dei metalli pesanti per macrosettore nel 2019.

Per tutti i metalli pesanti il contributo pressoché esclusivo proviene dalla combustione e dai processi industriali ed in particolare al 2019:

- arsenico

- il 56% proviene dalla **Estrazione e distribuzione combustibili ed energia geotermica**, il 25% dai **Processi senza combustione** ed il 6% dagli **Impianti di combustione industriale e processi con combustione**;
- cadmio  
il 54% proviene dagli **Impianti di combustione non industriale**, il 40% dai **Processi senza combustione**;
  - cromo  
il 50% proviene dai **Processi senza combustione**, il 35% dagli **Impianti di combustione non industriale**, il 7% dagli **Impianti di combustione industriale e processi con combustione** e il 5% dalla **Combustione nell'industria dell'energia e trasformazione delle fonti energetiche**;
  - rame  
il 71% proviene dai **Processi senza combustione**, l'11% proviene dalle **Altre sorgenti mobili e macchine**; il 7% dagli **Impianti di combustione non industriale**, il 5% dagli **Impianti di combustione industriale e processi con combustione**;
  - mercurio  
il 76% proviene dalla **Estrazione e distribuzione combustibili ed energia geotermica**, il 9% dagli **Impianti di combustione industriale e processi con combustione**, il 5% dal **Trattamento e smaltimento rifiuti** e il 4% dagli **Impianti di combustione non industriale**;
  - nichel  
il 66% proviene dalle **Altre sorgenti mobili e macchine**, il 14% dalla **Combustione nell'industria dell'energia e trasformazione delle fonti energetiche**, il 9% dagli **Impianti di combustione industriale e processi con combustione**, il 6% dai **Processi senza combustione**, ed il 4% dagli **Impianti di combustione non industriale**;
  - piombo  
proviene dagli **Impianti di combustione non industriale** (48%), dai **Processi senza combustione** (21%), dagli **Impianti di combustione industriale e processi con combustione** (18%), dal **Trattamento e smaltimento rifiuti** (6%);
  - selenio  
proviene prevalentemente dai **Processi senza combustione** (73%) ed in misura minore da **Combustione nell'industria dell'energia e trasformazione delle fonti energetiche** (8%), **Impianti di combustione industriale e processi con combustione** (8%) **Altre sorgenti mobili e macchine** (5%), **Impianti di combustione non industriale** (4%) e **Trattamento e smaltimento rifiuti** (3%);
  - zinco  
il 76% proviene dagli **Impianti di combustione non industriale**, l'11% dai **Processi senza combustione** e per il 6% dagli **Impianti di combustione industriale e processi con combustione**.

Tabella 2 - Emissioni totali di metalli pesanti per macrosettore – Anno 2019

| Valori assoluti   | As<br>(kg)   | Cd<br>(kg)   | Cr<br>(kg)   | Cu<br>(kg)   | Hg<br>(kg)   | Ni<br>(kg)     | Pb<br>(kg)      | Se<br>(kg)   | Zn<br>(kg)      |
|---|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|----------------|-----------------|--------------|-----------------|
| 01 Combustione industria energia e trasform. fonti energ.   | 25,6         | 13,9         | 69,9         | 49,2         | 12,2         | 152,2          | 42,89           | 22,2         | 241,1           |
| 02 Impianti combust. non industriali                        | 13,0         | 274,0        | 485,5        | 126,9        | 21,9         | 42,2           | 569,14          | 11,4         | 10.791,3        |
| 03 Impianti combust. industriali e processi con combustione | 35,3         | 8,9          | 96,3         | 92,1         | 46,7         | 94,0           | 214,44          | 21,9         | 802,6           |
| 04 Processi senza combustione                               | 51,4         | 199,8        | 124,7        | 123,8        | 7,3          | 47,6           | 177,15          | 199,2        | 1.619,4         |
| 05 Estraz. e distrib. combust. ed energia geotermica        | 343,6        | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 401,3        | 0,0            | 0,00            | 0,0          | 0,0             |
| 06 Uso di solventi  | 0,0          | 0,0          | 0,3          | 0,0          | 0,0          | 0,0            | 0,00            | 0,0          | 0,0             |
| 07 Trasporti Stradali                                       | 0,4          | 0,2          | 19,8         | 13,4         | 15,3         | 1,8            | 21,42           | 0,3          | 54,3            |
| 08 Altre sorgenti mobili e macchine                         | 16,4         | 1,8          | 21,0         | 199,2        | 0,4          | 704,4          | 15,55           | 12,8         | 181,3           |
| 09 Trattamento e smaltimento rifiuti                        | 21,5         | 4,7          | 5,8          | 18,0         | 24,6         | 8,5            | 73,64           | 7,5          | 521,0           |
| 10 Agricoltura  | 0,0          | 0,9          | 0,1          | 0,1          | 0,1          | 0,1            | 0,11            | 0,0          | 0,0             |
| 11 Altre sorgenti/natura                                    | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0            | 0,00            | 0,0          | 0,0             |
| <b>Totale</b>   | <b>507,2</b> | <b>504,2</b> | <b>823,5</b> | <b>622,6</b> | <b>529,9</b> | <b>1.050,9</b> | <b>1.114,34</b> | <b>275,1</b> | <b>14.211,0</b> |
| Valori percentuali (%)                                      | As           | Cd           | Cr           | Cu           | Hg           | Ni             | Pb              | Se           | Zn              |
| 01 Combustione industria energia e trasform. fonti energ.   | 5,0          | 2,8          | 8,5          | 7,9          | 2,3          | 14,5           | 3,8             | 8,1          | 1,7             |
| 02 Impianti combust. non industriali                        | 2,6          | 54,3         | 59,0         | 20,4         | 4,1          | 4,0            | 51,1            | 4,1          | 75,9            |
| 03 Impianti combust. industriali e processi con combustione | 7,0          | 1,8          | 11,7         | 14,8         | 8,8          | 8,9            | 19,2            | 7,9          | 5,6             |
| 04 Processi senza combustione                               | 10,1         | 39,6         | 15,1         | 19,9         | 1,4          | 4,5            | 15,9            | 72,4         | 11,4            |
| 05 Estraz. e distrib. combust. ed energia geotermica        | 67,7         | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 75,7         | 0,0            | 0,0             | 0,0          | 0,0             |
| 06 Uso di solventi  | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0            | 0,0             | 0,0          | 0,0             |
| 07 Trasporti Stradali                                       | 0,1          | 0,0          | 2,4          | 2,2          | 2,9          | 0,2            | 1,9             | 0,1          | 0,4             |
| 08 Altre sorgenti mobili e macchine                         | 3,2          | 0,4          | 2,6          | 32,0         | 0,1          | 67,0           | 1,4             | 4,6          | 1,3             |
| 09 Trattamento e smaltimento rifiuti                        | 4,2          | 0,9          | 0,7          | 2,9          | 4,6          | 0,8            | 6,6             | 2,7          | 3,7             |
| 10 Agricoltura  | 0,0          | 0,2          | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0            | 0,0             | 0,0          | 0,0             |
| 11 Altre sorgenti/natura                                    | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0          | 0,0            | 0,0             | 0,0          | 0,0             |

Complessivamente, per tutti i **metalli pesanti**, il contributo pressoché esclusivo proviene dalla combustione (Figura 18).

In Figura 19 è riportata la distribuzione territoriale, su base comunale, delle emissioni totali di metalli pesanti per l'anno 2019.

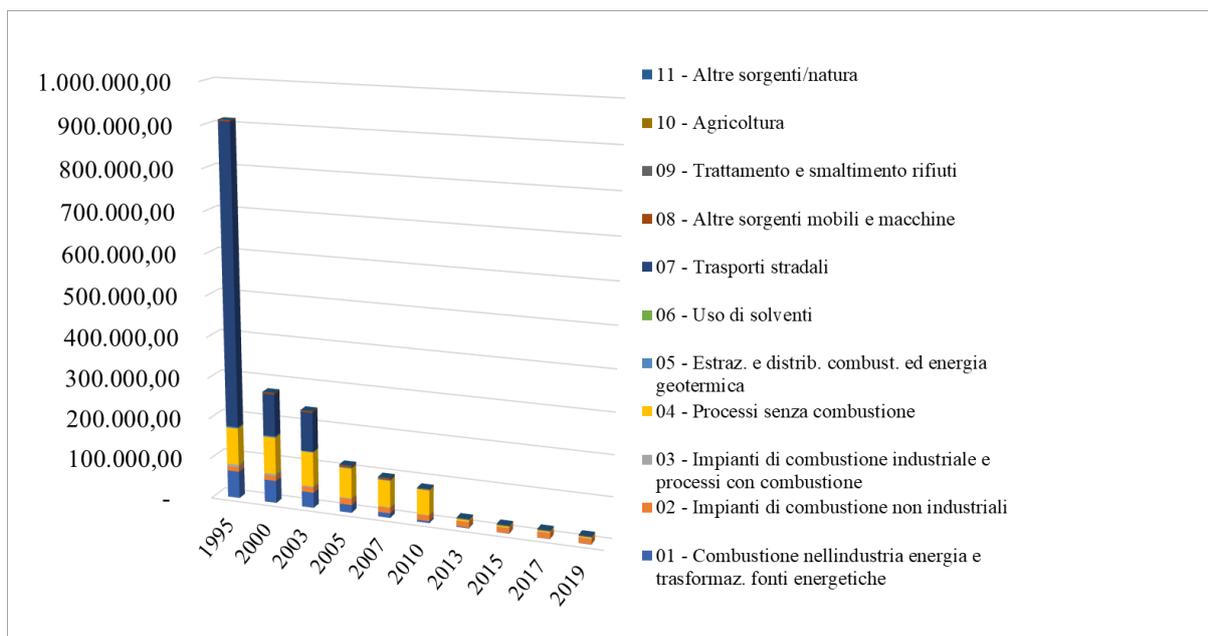


Figura 18 – Emissioni di metalli pesanti per macrosettoe negli anni di riferimento dell’inventario

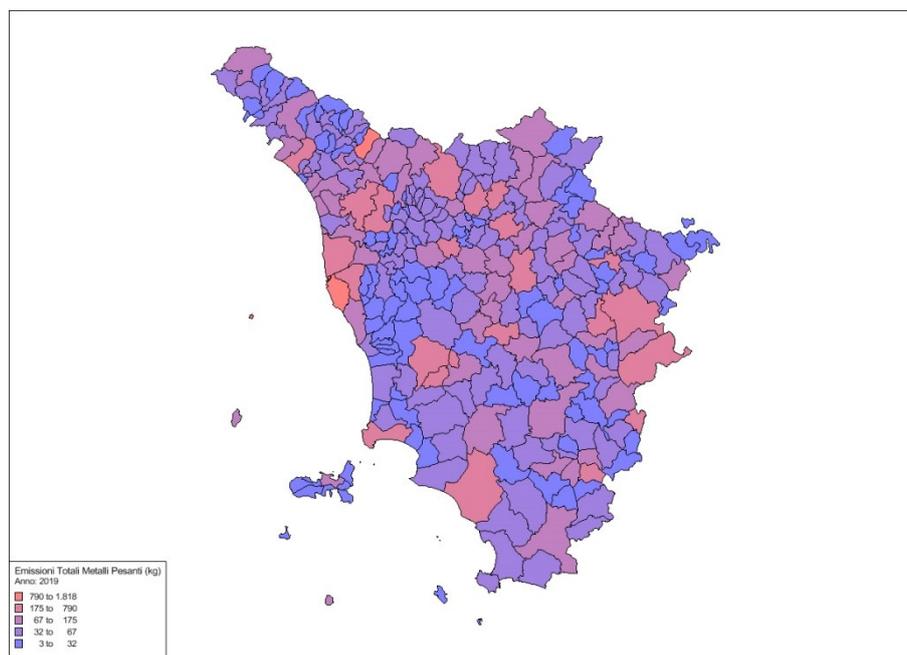


Figura 19 – Mappa delle emissioni totali di metalli pesanti (kg) nel 2019

### 4.3 Altri inquinanti

Nella Tabella 3 sono riportate le emissioni totali degli altri inquinanti per macrosettoe nel 2019.

Infine, le emissioni di Acido solfidrico dalla geotermia nel 2019 sono pari a 5.090,3 Mg.

Tabella 3 - Emissioni totali di IPA, benzene, black carbon, HCB, PCB, Diossine e furani per macrosettore – Anno 2019

| Valori assoluti   | BAP<br>(kg)    | BBF<br>(kg)    | BKF<br>(kg)  | INP<br>(kg)    | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub><br>(kg) | BC<br>(kg)         | HCB<br>(g)   | PCB<br>(g)   | PCDD/F<br>(g) |
|---|----------------|----------------|--------------|----------------|---------------------------------------|--------------------|--------------|--------------|---------------|
| 01 Combustione industria energia e trasform. fonti energ. | 1,7            | 1,1            | 0,3          | 0,8            | 4.243,8                               | 37.739,8           | 6,7          | 4,41         | 0,3           |
| 02 Impianti combust.non industriali                       | 2.245,9        | 2.078,9        | 784,0        | 1.313,2        | 1.085.210,3                           | 1.603.099,4        | 99,9         | 1,05         | 13,1          |
| 03 Impianti combust .industriali e processi con combust.  | 0,1            | 0,3            | 0,1          | 0,1            | 6.155,0                               | 852,2              | 3,7          | 0,01         | 0,6           |
| 04 Processi senza combustione                             | 2,5            | 5,6            | 5,6          | 1,3            | 1.153,1                               | 4.091,6            | 0,0          | 0,34         | 0,2           |
| 05 Estraz. e distrib. combust. ed energia geotermica      | 0,0            | 0,0            | 0,0          | 0,0            | 122,3                                 | 0,0                | 0,0          | 0,00         | 0,0           |
| 06 Uso di solventi  | 0,0            | 0,0            | 0,0          | 0,0            | 101,6                                 | 0,0                | 0,0          | 0,00         | 0,0           |
| 07 Trasporti Stradali                                     | 46,3           | 65,3           | 55,8         | 45,8           | 211.231,4                             | 613.886,1          | 0,0          | 0,00         | 0,8           |
| 08 Altre sorgenti mobili                                  | 1,8            | 3,2            | 0,0          | 0,1            | 9.237,7                               | 84.249,7           | 9,2          | 8,93         | 0,0           |
| 09 Trattamento e smaltimento rifiuti                      | 0,4            | 0,7            | 0,6          | 0,0            | 1.691,1                               | 24.687,3           | 22,3         | 5,68         | 0,6           |
| 10 Agricoltura  | 0,4            | 1,1            | 0,5          | 0,3            | 0,5                                   | 0,5                | 0,0          | 0,00         | 0,0           |
| 11 Altre sorgenti/natura                                  | 273,8          | 251,2          | 95,0         | 160,7          | 42.553,6                              | 55.724,9           | 0,0          | 0,00         | 0,5           |
| <b>Totale</b>   | <b>2.572,8</b> | <b>2.407,3</b> | <b>941,8</b> | <b>1.522,3</b> | <b>1.361.700,4</b>                    | <b>2.424.331,6</b> | <b>141,7</b> | <b>20,42</b> | <b>16,1</b>   |
| Valori percentuali (%)                                    | BAP            | BBF            | BKF          | INP            | C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>         | BC                 | HCB          | PCB          | PCDD/F        |
| 01 Combustione industria energia e trasform. fonti energ. | 0,1            | 0,0            | 0,0          | 0,1            | 0,3                                   | 1,6                | 4,7          | 21,6         | 2,1           |
| 02 Impianti combust.non industriali                       | 87,3           | 86,4           | 83,2         | 86,3           | 79,7                                  | 66,1               | 70,5         | 5,1          | 81,2          |
| 03 Impianti combust .industriali e processi con combust.  | 0,0            | 0,0            | 0,0          | 0,0            | 0,5                                   | 0,0                | 2,6          | 0,0          | 3,6           |
| 04 Processi senza combustione                             | 0,1            | 0,2            | 0,6          | 0,1            | 0,1                                   | 0,2                | 0,0          | 1,6          | 1,1           |
| 05 Estraz. e distrib. combust. ed energia geotermica      | 0,0            | 0,0            | 0,0          | 0,0            | 0,0                                   | 0,0                | 0,0          | 0,0          | 0,0           |
| 06 Uso di solventi  | 0,0            | 0,0            | 0,0          | 0,0            | 0,0                                   | 0,0                | 0,0          | 0,0          | 0,0           |
| 07 Trasporti Stradali                                     | 1,8            | 2,7            | 5,9          | 3,0            | 15,5                                  | 25,3               | 0,0          | 0,0          | 5,0           |
| 08 Altre sorgenti mobili                                  | 0,1            | 0,1            | 0,0          | 0,0            | 0,7                                   | 3,5                | 6,5          | 43,7         | 0,1           |
| 09 Trattamento e smaltimento rifiuti                      | 0,0            | 0,0            | 0,1          | 0,0            | 0,1                                   | 1,0                | 15,7         | 27,8         | 3,6           |
| 10 Agricoltura  | 0,0            | 0,0            | 0,1          | 0,0            | 0,0                                   | 0,0                | 0,0          | 0,0          | 0,0           |
| 11 Altre sorgenti/natura                                  | 10,6           | 10,4           | 10,1         | 10,6           | 3,1                                   | 2,3                | 0,0          | 0,0          | 3,1           |

Per gli **Idrocarburi policiclici aromatici** (come somma di **Benzo(a)pirene**, **Benzo(b)fluorantene**, **Benzo(k)fluorantene** e **Indenopirene**) il contributo prevalente deriva dagli **impianti di combustione non industriale** (86%), in gran parte dovuto alla combustione della legna in sistemi tradizionali (Figura 20). L'andamento storico segue quello del PM e dei COVNM.

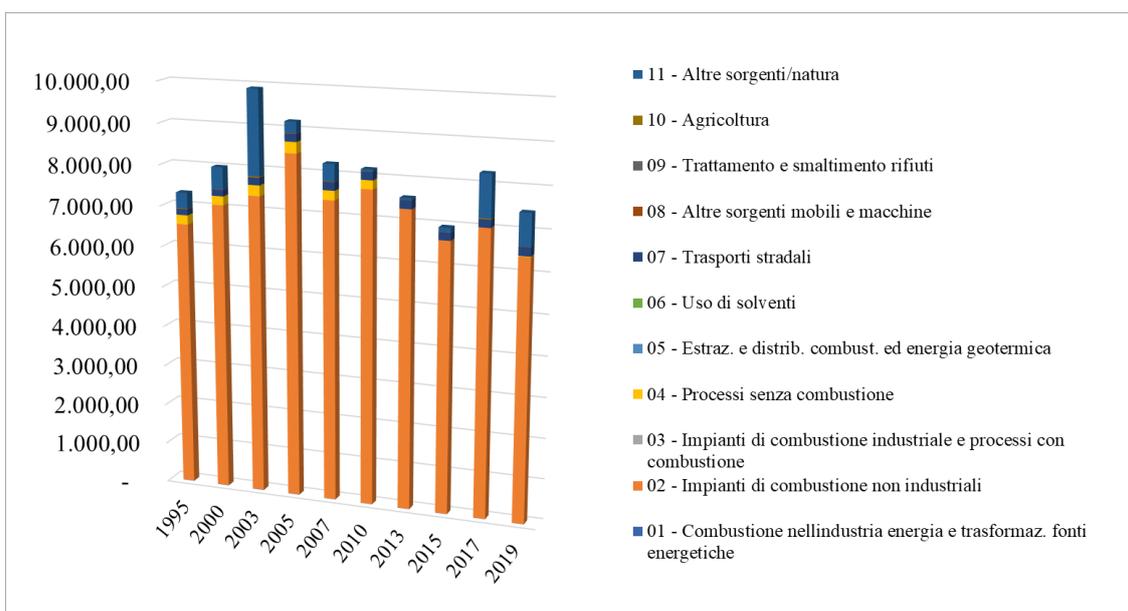


Figura 20 – Emissioni di Idrocarburi policiclici aromatici per macrosettore negli anni di riferimento dell’inventario

In Figura 21 è riportata la distribuzione territoriale, su base comunale, delle emissioni totali di Idrocarburi policiclici aromatici per l’anno 2019.

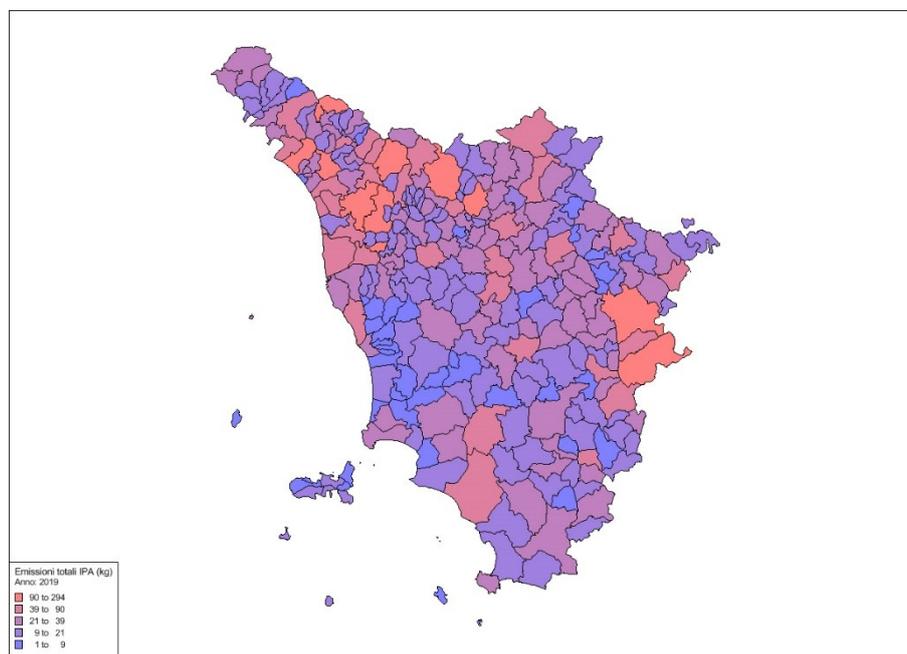


Figura 21 – Mappa delle emissioni totali di Idrocarburi policiclici aromatici (kg) nel 2019

Gli **impianti di combustione non industriale** sono responsabili per l’80% delle emissioni di **benzene** ed il 66% di quelle di **black carbon**. Il **traffico stradale** è responsabile per il 16% delle emissioni di **benzene** e per il 25% delle emissioni di **black carbon**.

Gli **Impianti di combustione non industriale** sono la sorgente principale di emissione di HCB (71%), seguiti dal **Trattamento e smaltimento dei rifiuti** che contribuiscono al 16% delle emissioni. I PCB provengono dalle **Altre sorgenti mobili** (44%), dal **Trattamento e smaltimento**

**rifiuti (28%) e dalla Combustione nell'industria dell'energia e trasformazione delle fonti energetiche (22%).**

Gli **Impianti di combustione non industriale** sono la sorgente principale di emissione di diossine e furani (81%), un contributo minore deriva dai **Trasporti stradali (5%).**

#### 4.4 Gas climalteranti

Nella Tabella 4 sono riportate le emissioni totali degli altri inquinanti per macrosettore nel 2019.

Tabella 4 - Emissioni totali di gas serra per macrosettore – Anno 2019

| Valori assoluti                                       | CH <sub>4</sub><br>(Mg) | CO <sub>2</sub><br>(Gg) | N <sub>2</sub> O<br>(Mg) |
|---|-------------------------|-------------------------|--------------------------|
| 01 Comb. industria energia e trasform. fonti energ.   | 403,5                   | 3.935,1                 | 67,9                     |
| 02 Impianti combust.non industriali                   | 19.717,7                | 6.871,4                 | 231,9                    |
| 03 Impianti combust.industriali,processi con combust. | 293,4                   | 3.043,2                 | 48,1                     |
| 04 Processi senza combustione                         | 633,0                   | 1.321,9                 | 56,1                     |
| 05 Estraz. e distrib. combust. ed energia geotermica  | 21.149,5                | 1.841,5                 | 0,0                      |
| 06 Uso di solventi                                    | 0,0                     | 0,0                     | 0,0                      |
| 07 Trasporti Stradali                                 | 633,4                   | 8.109,0                 | 169,5                    |
| 08 Altre sorgenti mobili e macchine                   | 41,7                    | 542,9                   | 84,4                     |
| 09 Trattamento e smaltimento rifiuti                  | 66.799,9                | 224,8                   | 98,5                     |
| 10 Agricoltura  | 11.321,6                | 1,6                     | 1.779,8                  |
| 11 Altre sorgenti/natura                              | 1.002,3                 | 159,1                   | 31,8                     |
| <b>Totale</b>   | <b>121.996,0</b>        | <b>26.050,3</b>         | <b>2.568,1</b>           |
| Valori percentuali (%)                                | CH <sub>4</sub>         | CO <sub>2</sub>         | N <sub>2</sub> O         |
| 01 Comb. industria energia e trasform. fonti energ.   | 0,3                     | 15,1                    | 2,6                      |
| 02 Impianti combust.non industriali                   | 16,2                    | 26,4                    | 9,0                      |
| 03 Impianti combust.industriali,processi con combust. | 0,2                     | 11,7                    | 1,9                      |
| 04 Processi senza combustione                         | 0,5                     | 5,1                     | 2,2                      |
| 05 Estraz. e distrib. combust. ed energia geotermica  | 17,3                    | 7,1                     | 0,0                      |
| 06 Uso di solventi                                    | 0,0                     | 0,0                     | 0,0                      |
| 07 Trasporti Stradali                                 | 0,5                     | 31,1                    | 6,6                      |
| 08 Altre sorgenti mobili                              | 0,0                     | 2,1                     | 3,3                      |
| 09 Trattamento e smaltimento rifiuti                  | 54,8                    | 0,9                     | 3,8                      |
| 10 Agricoltura  | 9,3                     | 0,0                     | 69,3                     |
| 11 Altre sorgenti/natura                              | 0,8                     | 0,6                     | 1,2                      |

Per l'anidride carbonica le emissioni sono prevalentemente distribuite tra cinque macrosettori: **Trasporti Stradali (31% e circa 8.100 Gg)**, **Impianti di combustione non industriali (26% e circa 6.900 Gg)**, **Combustione nell'industria dell'energia e trasformazione fonti energetiche (15% e circa 3.900 Gg)**, **Impianti di combustione industriali e processi con combustione (12% e circa 3.000 Gg)**, **Estrazione e distribuzione combustibili ed energia geotermica (7% e circa 1.800 Gg)**.

Con riferimento al metano il maggior contributo proviene dal **Trattamento e smaltimento rifiuti (55% con circa 66.800 Mg)**, dall'**Estrazione e distribuzione di combustibili fossili (17% con 21.150 Mg)**, dagli **Impianti combustione non industriali (16% con circa 19.700 Mg)** e dall'**Agricoltura (9% con circa 11.300 Mg)**.

Con riferimento al protossido di azoto il contributo principale proviene dall'**Agricoltura (69% con circa 1.800 Mg)**, con un minore contributo dagli **Impianti combustione non industriali (9% con 230 Mg)**, dai **Trasporti stradali (7% con circa 170 Mg)** e dal **Trattamento e smaltimento rifiuti (4% con circa 100 Mg)**.