

REGIONE LIGURIA

PIANO REGIONALE DI RISANAMENTO E TUTELA DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

ALLEGATO 1

INVENTARIO REGIONALE DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA ANNO 2021

SOMMARIO

SOMMARIO 2

ELENCO DELLE TABELLE 4

ELENCO DELLE FIGURE 5

INTRODUZIONE 7

CAPITOLO 1 L'INVENTARIO REGIONALE 9

1.1 Metodologia 9

1.2 Dimensione spaziale 10

1.2. Dimensione temporale 10

1.3 Nomenclatura delle attività e dei combustibili 10

1.4 Classificazione delle sorgenti di inquinamento 11

1.5 Procedura per la stima delle emissioni delle differenti sorgenti 13

1.6 Processo per la realizzazione dell'inventario 14

1.7 Incertezza dell'inventario 2021 17

CAPITOLO 2 LE EMISSIONI E LE LORO SORGENTI 19

2.1 Emissioni degli inquinanti principali 19

2.1.1 Emissioni annue ossidi di Azoto (NOX) per macrosettore 20

2.1.2 Emissioni annue particelle sospese < 10 micron (PM10) e < 2,5 micron (PM2,5) per macrosettore 22

2.1.3 Emissioni annue di ossidi di Zolfo (SOX) per macrosettore 25

2.1.4 Emissioni annue monossido di Carbonio (CO) per macrosettore 27

2.1.5 Emissioni annue composti organici volatili non metanici (COVNM) per macrosettore 29

2.1.6 1.1.1 Emissioni annue di Benzene (C6H6) 31

2.1.7 Emissioni annue di Ammoniaca (NH3) per macrosettore 32

2.2 Emissioni Microinquinanti 33

2.2.1 Emissioni annue di Benzo(a)Pirene B(a)P per macrosettore 34

2.2.2 Emissioni annue dei metalli Arsenico (As), Cadmio (Cd), Nichel (Ni), Piombo (Pb) per macrosettore 35

2.3 Emissioni di gas serra 36
2.3.1 Emissioni Annue Metano (CH4) per macrosettore 37
2.3.2 Emissioni in atmosfera Protossido di Azoto (N2O) per macrosettore 38
2.3.3 Emissioni Annue Anidride carbonica (CO2) per macrosettore 39
BIBLIOGRAFIA 42

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella 1-1 Emissioni totali regionali per macrosettore nell'anno 2021 19

ELENCO DELLE FIGURE

Figura 1-1 Schema operativo per la stima delle emissioni 14
Figura 2-1 Trend delle emissioni regionali di alcuni dei principali inquinanti espressi in tonnellate emesse negli anni di riferimento 20
Figura 2-2 : Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di ossidi di azoto (NOx) espresse in t/anno (anni: 1995, 1999, 2001, 2005, 2011, 2016, 2021) 21
Figura 2-3 Distribuzione delle emissioni di NOx stimate in t/anno a livello comunale – anno 2021 22
Figura 2-4 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di polveri sottili (PM10) espresse in t/anno 24
Figura 2-5 Distribuzione delle emissioni di PM10 stimate in t/anno a livello comunale – anno 2021 24
Figura 2-6 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di ossidi di zolfo (SOx) espresse in t/anno (anni: 1995, 1999, 2001, 2005, 2008, 2011,2016, 2021) 26
Figura 2-7 Distribuzione delle emissioni totali di ossidi di zolfo (SOx) su base comunale espresse in t/anno - anno 2021 27
Figura 2-8 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di monossido di carbonio (CO) espresse in t/anno 28
Figura 2-9 Distribuzione delle emissioni di monossido di carbonio (CO) su base comunale espresse in t/anno - anno 2021 29
Figura 2-10 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di composti organici volatili non metanici (COVNM) espresse in t/anno 30
Figura 2-11 Distribuzione delle emissioni di composti organici volatili non metanici (COVNM) su base comunale - anno 2021 31
Figura 2-12 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di Benzene (C6H6) espresse in t/anno 32
Figura 2-13 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di composti organici volatili non metanici (NH3) espresse in t/anno 33

Figura 2-14 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di Benzo(a)Pirene espressi in kilogrammi emessi negli anni di riferimento 34
Figura 2-15 Distribuzione delle emissioni di Benzo(a)pirene su base comunale - anno 2021 35
Figura 2-16 Trend delle emissioni regionali dei metalli espressi in tonnellate emesse negli anni di riferimento 36
Figura 2-17 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di Metano espressi in tonnellate (anni: 2001, 2005, 2011, 2016, 2021) 38
Figura 2-18 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di N2O espressi in tonnellate /anno (anni: 2001, 2005, 2011, 2016, 2021) 39
Figura 2-19 Contributo quantitativo, espresso in tonnellate, dei singoli macrosettori alle emissioni di CO2 per gli anni 2001, 2005, 2011, 2016, 2021 40
Figura 2-20 Trend e contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di CO2 equivalente espresse in t/anno (anni: 2001, 2005, 2011, 2016, 2021) 41

INTRODUZIONE

Le fonti di pressione naturali e antropiche che incidono sulla qualità dell'aria sono valutate attraverso l'inventario regionale delle emissioni degli inquinanti. Esso, con la sua base informativa, costituisce uno degli strumenti per lo studio delle sorgenti e dell'influenza di queste sullo stato della qualità dell'aria attraverso modelli di diffusione, nonché per la definizione delle misure e dei piani di tutela e risanamento. Nello specifico l'inventario regionale raccoglie le stime delle quantità emesse sull'intero territorio regionale degli inquinanti principali, dei gas serra e di altri inquinanti con riferimento all'intervallo temporale di un anno. Le emissioni sono valutate con riferimento ad un elenco di attività la cui nomenclatura è adottata a livello internazionale.

L'inventario regionale, da ultimo realizzato con riferimento all'anno 2021, è stato aggiornato periodicamente dalla Regione nel tempo a partire dal 1995 ai sensi dell'art. 22 del d.lgs. n. 155/2010 e dalla legge regionale 12/2017, in conformità ai criteri previsti all'appendice V del decreto. Ad ogni aggiornamento si procede al ricalcolo degli anni passati per avere omogeneità sull'intero periodo. Le emissioni sono valutate ricorrendo alle più aggiornate metodologie riconosciute in ambito europeo e nazionale tramite l'applicativo gestionale E2GOV (sistema di governo dell'ambiente e dell'energia) appositamente sviluppato dalla società Techne Consulting per la gestione dei dati e la stima delle emissioni.

Le emissioni sono valutate a partire da misure dirette, campionarie o continue, per alcuni impianti industriali di solito schematizzati come sorgenti puntuali. Per tutte le altre sorgenti (piccole industrie, impianti di riscaldamento, sorgenti mobili, ecc.) l'inventario ricorre a valutazioni basate su dati ottenuti da indagini o da statistiche e su metodologie di stima riconosciute in ambito europeo e nazionale.

Per un utilizzo corretto dei dati è necessario tenere conto che le emissioni sono affette da incertezza che deriva da diverse cause nella procedura di valutazione, che possono essere legate alla qualità delle informazioni statistiche disponibili, alla effettiva possibilità di fotografare specificità locali, alle metodologie di valutazione di

riferimento. L'incertezza, per alcuni inquinanti e alcune attività, può anche essere significativa.

Le sostanze inquinanti emesse dalle diverse sorgenti subiscono fenomeni diffusivi, di trasporto e di trasformazione quali reazioni chimico - fisiche e fotochimiche simulate dai modelli che consentono di conoscere come le emissioni in quell'area e nelle aree limitrofe influiscono sulla qualità dell'aria.

L'inventario delle emissioni 2021 fornisce la base informativa di riferimento per la valutazione degli scenari emissivi futuri di riferimento e di piano che sono stati realizzati attraverso il modello Projection, anch'esso appositamente sviluppato dalla società Techne Consulting.

Nei paragrafi seguenti sono fornite: alcune informazioni sul processo di realizzazione dell'inventario regionale; l'analisi dei risultati 2021 ed del trend delle emissioni totali regionali per macrosettore emissivo; elementi circa l'incertezza dei risultati.

Capitolo 1
L'INVENTARIO REGIONALE

1.1 **Metodologia**

Per inventario delle emissioni si intende una serie organizzata di valori stimati relativi alle quantità di inquinanti emesse nell'atmosfera da sorgenti naturali e/o da attività antropiche raggruppati per:

- attività economica,
- intervallo temporale (anno, mese, giorno, ecc.),
- unità territoriale (regione, provincia, comune, maglie quadrate di 1 km2, ecc.),
- combustibile (per i soli processi di combustione).

Le quantità di inquinanti emesse dalle diverse sorgenti della zona in esame sono ottenute tramite stima utilizzando misure dirette (campionarie o continue), dati statistici, indagini, rilevamenti.

•

La misura diretta, continua o campionare, è disponibile solo per alcuni impianti industriali, di solito schematizzati nell'inventario come sorgenti puntuali.

Per tutte le altre sorgenti, denominate sorgenti diffuse (piccole industrie, impianti di riscaldamento, sorgenti mobili, ecc.), lineari (strade) o areali (porti) 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:

$E = A \times F$

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 o dei processi che influiscono sull'emissione. Le attività che generano le emissioni sono ottenute ricorrendo ad informazioni statistiche disponibili con il dettaglio regionale o comunale o ad indagini o a dati rilevati.

1.2 **Dimensione spaziale**

Per quanto riguarda la dimensione spaziale, le emissioni delle principali sorgenti sono georeferenziate mediante coordinate geografiche dove disponibili (stabilimenti, principali linee e porti); le altre sorgenti sono stimate su base comunale o regionale e disaggregate sulla base di proxi sino al livello di reticolo di 1kmq.

1.2. Dimensione temporale

L'intervallo temporale preso in considerazione per la stima delle emissioni è l'anno solare.

Per utilizzare l'inventario nei modelli di qualità dell'aria l'emissione stimata è disaggregata su base oraria, dei differenti giorni della settimana e mesi.

1.3 **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, 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 Liguria 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, pur tenendo conto di alcune specificità regionali.

1.4 **Classificazione delle sorgenti di inquinamento**

Per la realizzazione dell'inventario è stata introdotta la suddivisione delle sorgenti di emissione in sorgenti puntuali o areali, lineari e diffuse.

Dal punto di vista della gestione dei dati è compiuta una generalizzazione e semplificazione 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.

Ogni struttura è suddivisa in unità. Ad esempio una struttura quale una centrale termoelettrica può contenere unità puntuali (le sezioni della centrale); una struttura autostradale conterrà differenti unità lineari (le tratte casello-casello).

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

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 l'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,

come, in alcuni casi, possa essere utile localizzare (all'interno di una stessa attività) 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 statistico come sorgenti diffuse.

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

- 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, 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, il convogliamento o meno dell'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 stradali per le quali l'emissione stimata è localizzata sul territorio tramite le loro coordinate geografiche suddivise in tratti. Le arterie minori sono invece trattate in modo statistico come sorgenti diffuse.

Le strutture (o sorgenti) areali sono quelle sorgenti che hanno emissioni diffuse su un'area ben definita del territorio (depositi di materiale polverulento, discariche, ecc.). Per tali strutture la stima delle emissioni viene effettuata singolarmente e localizzata tramite coordinate geografiche.

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 ubique (ad esempio traffico diffuso, uso di solventi domestici, ecc.).

1.5 **Procedura per la stima delle emissioni delle differenti sorgenti**

In Figura 1-1 è riportata una sintesi della procedura che è seguita per la stima delle emissioni delle differenti sorgenti, anche con riferimento alla 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:

Eijk = Aij x Fjk

dove:

- Eijk sono le emissioni dell'inquinante k dalla attività j nella zona statistica (comune) i;
- Aij è l'attività j nella zona statistica (comune) i (per esempio, per gli impianti termici, i consumi di combustibili);
- Fjk 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).

Per le emissioni diffuse, le emissioni lineari e quelle areali, nei casi più complessi sono 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 utilizzato il modello E2Road;
- 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 utilizzato il modello Ships;
- emissioni da decollo ed atterraggio aeromobili: per la stima delle emissioni da decollo ed atterraggio degli aeromobili è utilizzato il modello Airport;
- emissioni da vegetazione: per la stima delle emissioni (diffuse) da vegetazione è utilizzato il modello Forest;
- emissioni da incendi forestali: per la stima delle emissioni (diffuse) da incendi forestali è utilizzato il modello Fire;
- emissioni da discariche: per la stima delle emissioni (areali) dalle singole discariche è utilizzato il modello Landfill.

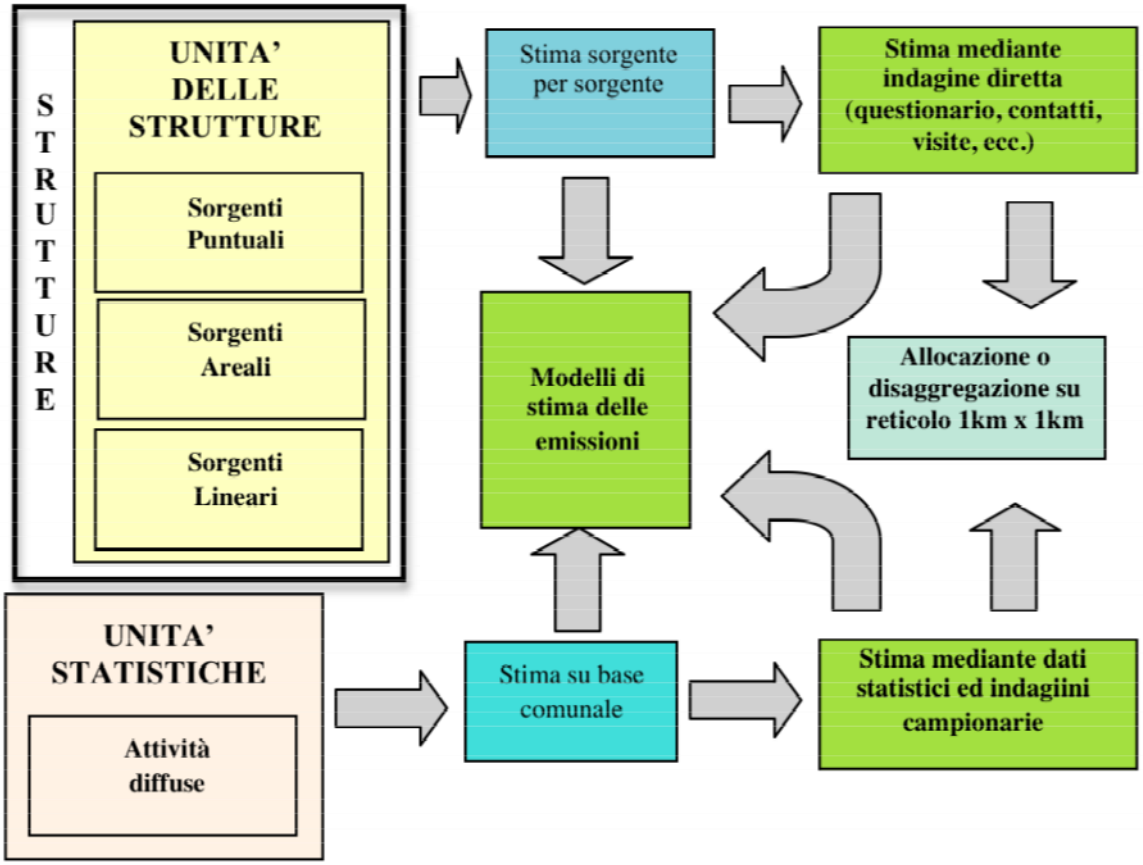


Figura 1-1 Schema operativo per la stima delle emissioni

1.6 **Processo per la realizzazione dell'inventario**

Il processo di aggiornamento dell'inventario regionale delle emissioni di inquinanti dell'aria da sorgenti puntuali, diffuse, lineari e areali comporta le seguenti fasi di attività:

a) Pianificazione:

- Analisi delle risorse disponibili (personale, SW, HW, fondi),
- definizione degli obiettivi, tempi, ruoli e responsabilità
- Definizione delle specifiche generali e attività chiave

b) Raccolta dati e stima delle emissioni:

- Progettazione raccolta dei dati e individuazione delle fonti

- Aggiornamento delle metodologie di stima e del SW / HW
- Raccolta dati e loro elaborazione
- Compilazione della base dati e calcolo delle emissioni.

c) Validazione

- Analisi dei risultati tramite predisposizione di indicatori, analisi di serie storica e confronto tra edizioni, aggregazioni in attività e trend
- Riscontri di utenti esperti
- Armonizzazione con l'inventario nazionale
- Revisioni, se necessarie
- Validazione

d) Pubblicazione finalizzata alla RSA, banca dati verticale SIRAL, generazione input per modellistica:

- preparazione degli elaborati
- integrazione della base dati dell'inventario nel SIRAL
- integrazione output inventario per generazione input modelli qualità aria.

Le fasi sono rappresentate nella figura che segue, tratta dal documento SNPA del 12/07/2016 "Inventari regionali delle emissioni in atmosfera e loro articolazione a livello locale".

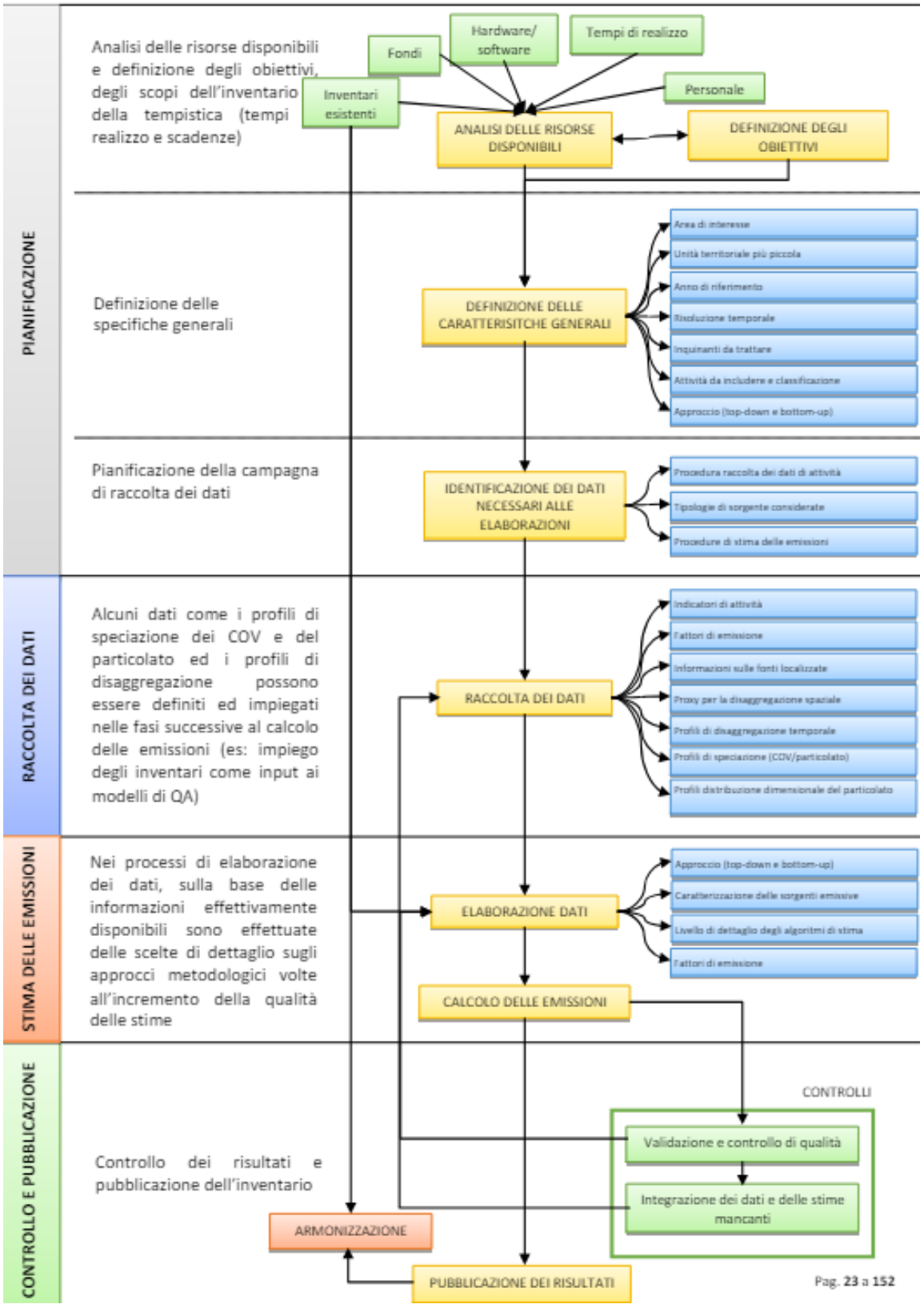

PIANIFICAZIONE
RACCOLTA DEI DATI
STIMA DELLE EMISSIONI
CONTROLLO E PUBBLICAZIONE
Analisi delle risorse disponibili e definizione degli obiettivi, degli scopi dell'inventario della tempistica (tempi realizzo e scadenze)
Fondi
Hardware/ software
Tempi di realizzo
Inventari esistenti
Personale
ANALISI DELLE RISORSE DISPONIBILI
DEFINIZIONE DEGLI OBIETTIVI
Definizione delle specifiche generali
DEFINIZIONE DELLE CARATTERISITCHE GENERALI
Area di interesse
Unità territoriale più piccola
Anno di riferimento
Risoluzione temporale
Inquinanti da trattare
Attività da includere e classificazione
Approccio (top-down e bottom-up)
Pianificazione della campagna di raccolta dei dati
IDENTIFICAZIONE DEI DATI NECESSARI ALLE ELABORAZIONI
Procedura raccolta dei dati di attività
Tipologie di sorgente considerate
Procedure di stima delle emissioni
Alcuni dati come i profili di speciazione dei COV e del particolato ed i profili di disaggregazione possono essere definiti ed impiegati nelle fasi successive al calcolo delle emissioni (es: impiego degli inventari come input ai modelli di QA)
RACCOLTA DEI DATI
Indicatori di attività
Fattori di emissione
Informazioni sulle fonti localizzate
Proxy per la disaggregazione spaziale
Profili di disaggregazione temporale
Profili di speciazione (COV/particolato)
Profili distribuzione dimensionale del particolato
Nei processi di elaborazione dei dati, sulla base delle informazioni effettivamente disponibili sono effettuate delle scelte di dettaglio sugli approcci metodologici volte all'incremento della qualità delle stime
ELABORAZIONE DATI
Approccio (top-down e bottom-up)
Caratterizzazione delle sorgenti emissive
Livello di dettaglio degli algoritmi di stima
Fattori di emissione
CALCOLO DELLE EMISSIONI
CONTROLLI
Validazione e controllo di qualità
Integrazione dei dati e delle stime mancanti
Controllo dei risultati e pubblicazione dell'inventario
ARMONIZZAZIONE
PUBBLICAZIONE DEI RISULTATI
Pag. 23 a 152

Figura 1-2 Fasi di preparazione di un inventario delle emissioni in atmosfera

1.7 **Incertezza dell'inventario 2021**

Sulla base dei dati raccolti e dell'esperienza maturata in altre realtà regionali dove è stata implementata una procedura per la valutazione dell'incertezza è possibile fare alcune considerazioni di carattere qualitativo sull'incertezza dell'inventario 2021 che si riassumono di seguito.

In primo luogo, in relazione ai differenti inquinanti dell'inventario:

- l'incertezza in generale è minore per ossidi di azoto, ossidi di zolfo e monossido di carbonio, inquinanti per i quali da un lato i fattori di emissione sono maggiormente consolidati e d'altro canto sono spesso disponibili emissioni misurate direttamente dalle principali sorgenti puntuali;
- l'incertezza è minore, e paragonabile agli inquinanti suddetti, per i principali gas serra, ed in particolare per anidride carbonica e metano; nel primo caso perché direttamente proporzionale ai consumi di combustibili (un dato con una maggiore affidabilità) e nel secondo per la maggiore robustezza dei fattori di emissione;
- l'incertezza è maggiore per le polveri ed i metalli dove una minore conoscenza è spesso disponibile sui sistemi di abbattimento e sulla loro efficienza;
- l'incertezza maggiore si ha poi su IPA e microinquinanti dove i fattori di emissione sono meno affidabili e le misure molto meno frequenti.

Passando a una analisi per macrosettore si può rilevare come:

- per ossidi di azoto, ossidi di zolfo e monossido di carbonio, l'incertezza è minore per quei macrosettori dove il contributo delle sorgenti puntuali è più rilevante: Combustione nell´industria dell´energia e della trasformazione delle fonti energetiche e Processi senza combustione;
- in generale l'incertezza è maggiore per quei macrosettori dove sono utilizzati modelli di stima di elevata complessità che utilizzano valori statistici per alcune delle grandezze di base per la valutazione; ad esempio, nei trasporti stradali diffusi le percorrenze medie e le velocità medie per tipologia di veicolo;
- l'incertezza è inoltre maggiore per quelle stime che utilizzano dati relativi ad anni meno recenti quali ad esempio le stime delle emissioni da traffico da sorgenti lineari, con l'esclusione delle autostrade dove i dati sono dell'anno preso in considerazione, che utilizzano dei rilievi di traffico molto datati;

- l'incertezza è moderatamente maggiore per la stima delle navi in porto a causa della incompletezza delle informazioni fornite dalle Direzioni Marittime/Capitanerie di Porto e dalla necessità di aggiornare il database delle navi utilizzato nel modello;
- un'incertezza rilevante per quegli inquinanti, quali i composti organici volatili ed in misura minore il particolato e gli idrocarburi policiclici aromatici, che risentono di un incertezza maggiore nei metodi di determinazione degli indicatori per le sorgenti principali (in particolare uso dei solventi, incendi forestali e vegetazione).

Capitolo 2
LE EMISSIONI E LE LORO SORGENTI

2.1 **Emissioni degli inquinanti principali**

Nella Tabella 2-1 è riportata una sintesi delle emissioni totali regionali per macrosettore emissivo, stimate con riferimento all'anno 2021, per ciascuno degli inquinanti principali (NOx, SOx, PM10, PM2,5, CO, COVNM, NH3) che contribuiscono all'inquinamento atmosferico, alla formazione dell'ozono troposferico (COVNM e NOX) e al fenomeno dell'acidificazione (NOx, SOx, NH3).

		CO (Mg)	COVNM (Mg)	NOX (Mg)	PM10 (Mg)	PM2,5 (Mg)	SOX (Mg)	NH3 (Mg)	C6H6 (kg)
01	Combustione nell´industria dell´energia e trasformaz.fonti energetiche	189	82	718	17	12	175	4	3642
02	Impianti di combustione non industriali	24303	2631	1961	3057	2983	248	346	351354
03	Impianti di combustione industriale e processi con	535	108	1661	19	19	485	8	19
04	Processi senza combustione	237	1126	11	306	66	240	29	150
05	Altro trasporto interno e immag. di comb. liquidi	0	558	0	8	2	0	0	403
06	Uso di solventi	0	7391	0	6	6	0	0	3
07	Trasporti stradali	19591	3064	10683	819	598	7	98	86850
08	Altre sorgenti mobili e	1946	524	9428	281	281	545	0	7617
09	Trattamento e smaltimento	227	183	19	19	18	1	209	406
10	Agricoltura	4	186	0	55	9	0	577	0
11	Altre sorgenti/assorbenti in natura	8052	6040	214	1318	1318	50	70	29928
	totale	**55085**	**21894**	**24696**	**5906**	**5311**	**1752**	**1342**	**480374**

Tabella 2-1 Emissioni totali regionali per macrosettore nell'anno 2021

La Figura 2-1, che riporta l'andamento delle emissioni negli anni di aggiornamento dell'inventario sino al 2021, evidenzia che complessivamente si stima una marcata riduzione delle emissioni degli inquinanti principali in atmosfera come effetto delle molteplici misure e provvedimenti realizzate ai diversi livelli istituzionali volte ad incidere sui settori industriale, dei trasporti ed energia, che maggiormente influiscono sulla qualità dell'aria.

Le più recenti misure introdotte dalla Regione e dagli Enti Locali interessati sono volte a superare le criticità legate alle concentrazioni di biossido di azoto e a ridurre le emissioni di precursori dell'ozono per perseguire il valore obiettivo.

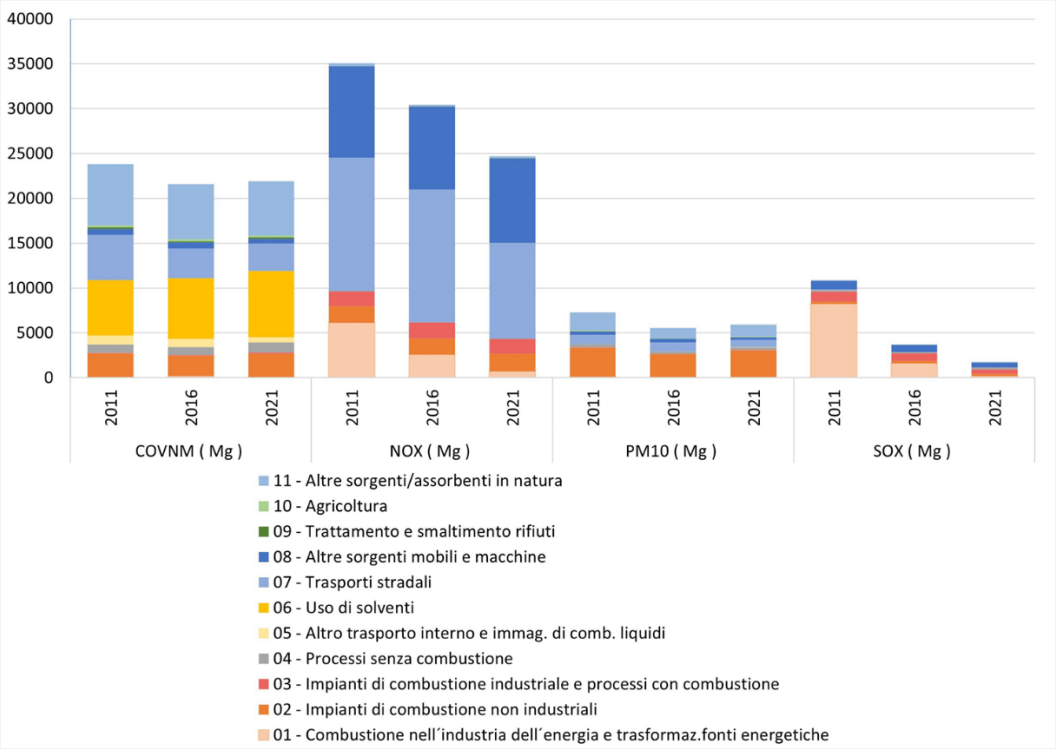


Figura 2-1 Trend delle emissioni regionali di alcuni dei principali inquinanti espressi in tonnellate emesse negli anni di riferimento

Nei paragrafi che seguono sono analizzate le emissioni dell'inventario regionale e le tendenze con riferimento a ciascun inquinante.

2.1.1 *Emissioni annue ossidi di Azoto (NOX) per macrosettore*

Le emissioni di NOx sono da ricondurre generalmente ai processi di combustione che avvengono ad alte temperature.

Si stima che le emissioni totali regionali riferite all'anno 2021 (circa 24.700 Mg) rappresentate in Figura 2-2, sono dovute principalmente ai Trasporti che contribuiscono per circa 81% alle emissioni totali, di queste il 43% è dovuto ai Trasporti stradali (circa 10.700 Mg) e il 38% alle Altre Sorgenti mobili (9.400 Mg) attività che comprende le emissioni dai tre porti liguri (8.600 Mg). Un contributo minore

(8%) deriva dagli Impianti di combustione civili, in modo comparabile agli Impianti di combustione industriale e processi con combustione che contribuiscono per il 7%.

In Figura 2-3 è riportata la distribuzione nel territorio regionale delle emissioni totali di NOX stimate su base comunale per l'anno 2021. È evidente la maggiore emissione nei comuni della fascia costiera dove è più forte il contributo del traffico stradale, nelle città con presenza dei porti più importanti e nelle aree industriali dell'entroterra.

L'evoluzione dal 1995 (Figura 2-2) è caratterizzata da una rilevante riduzione delle emissioni nella Combustione nell'industria dell'energia e trasformazione fonti energetiche per la ristrutturazione del settore della produzione di energia elettrica con la dismissione di importanti centrali termoelettriche. Nel 2021 è ripresa in maniera più marcata la riduzione delle emissioni dai trasporti stradali per l'efficacia delle più recenti normative Euro per i motori diesel. Il dato relativo alle altre sorgenti mobili è anomalo in conseguenza alla maggiore emissione delle navi che sono state ferme in porto non operative per lunghi periodi dell'anno a causa dell'emergenza sanitaria COVID19.

Complessivamente è stimata una riduzione delle emissioni confermata dal trend di miglioramento delle concentrazioni medie annue di Biossido di azoto misurate dalle postazioni di monitoraggio, sebbene persistano superamenti dei limiti stabiliti dalla normativa di riferimento in alcune stazioni da traffico di Genova.

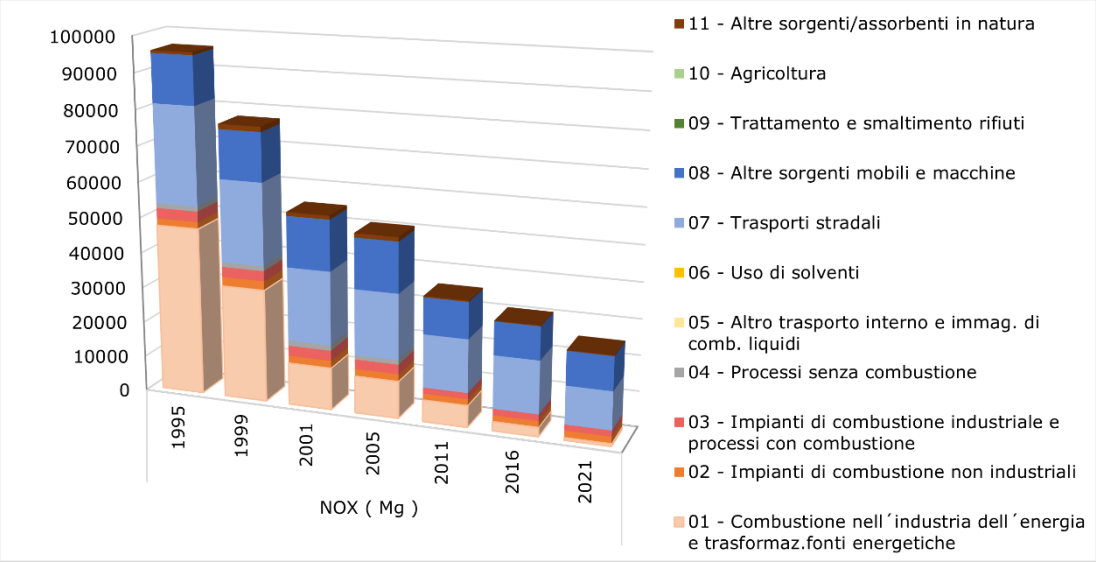


Figura 2-2 : Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di ossidi di azoto (NOx) espresse in t/anno (anni: 1995, 1999, 2001, 2005, 2011, 2016, 2021)

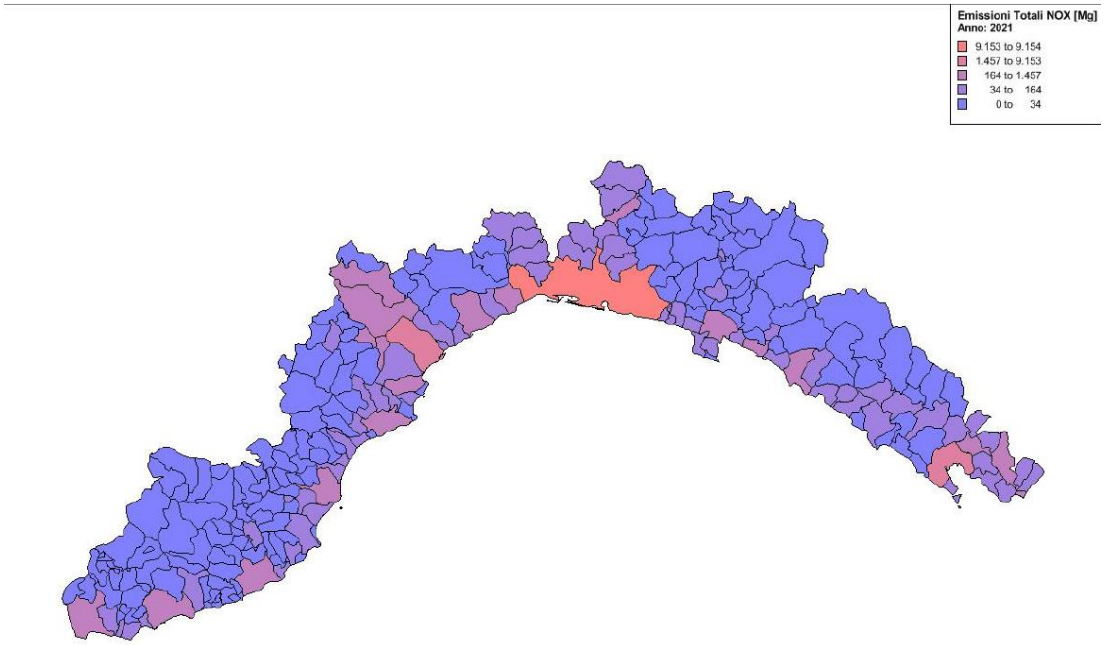


Figura 2-3 Distribuzione delle emissioni di NOx stimate in t/anno a livello comunale – anno 2021

2.1.2 *Emissioni annue particelle sospese < 10 micron (PM10) e < 2,5 micron (PM2,5) per macrosettore*

L'inventario delle emissioni stima le quantità di polveri fini (PM10 e PM2.5) di origine primaria emesse in atmosfera.

Le emissioni regionali (circa 5.900 Mg) stimate con riferimento all'anno 2021 (Figura 2-4) derivano per circa il 52% (3.000 Mg/anno) dalla combustione non industriale, principalmente dalla combustione della legna nel settore civile, pressione distribuita nel territorio regionale. I trasporti stradali risultano emettere il 14% delle emissioni di PM10 (circa 800 Mg) seguiti dalle altre sorgenti mobili (principalmente i porti) e processi industriali senza combustione, entrambi con un contributo del 5%. L'apporto degli incendi boschivi nel macrosettore Altre sorgenti in natura, che nel 2021 è stato del 22%, è piuttosto variabile negli anni di inventario e non è pertanto rappresentato in figura.

E' evidente la riduzione negli anni del contributo industriale dovuto alla progressiva chiusura delle centrali a carbone ed di altri importanti impianti e all'adeguamento alle norme ambientali. La riduzione negli anni più recenti si ascrive al macrosettore

trasporti stradali per le norme "Euro" sulle emissioni dai veicoli diesel che ha inciso positivamente sulla qualità dell'aria. La combustione nel settore civile varia nel tempo in dipendenza dalla situazione climatica dell'anno e, in misura minore, dall'utilizzo progressivo di impianti più moderni.

In Figura 2-5 è riportata la distribuzione territoriale, su base comunale, delle emissioni totali di PM10 stimate per l'anno 2021. La distribuzione evidenzia le zone a maggiore pressione antropica e le aree con maggiore utilizzo della legna e con minore penetrazione del gas naturale.

Le emissioni di PM2.5 mostrano distribuzione, disaggregazione per macrosettore, e trend analoghi al PM10.

Le riduzioni delle emissioni stimate sono confermate dal trend di miglioramento delle concentrazioni di PM10 e PM2.5 misurate dalle stazioni di monitoraggio che rispettano i limiti stabiliti dalla normativa da diversi anni.

Si fa osservare che le concentrazioni misurate dalle centraline sono influenzate non solo dalle polveri primarie emesse in aria da sorgenti antropiche, ma anche dalla presenza in aria di polveri fini che hanno origine naturale quali aerosol marino e sabbia sahariana trasportata a lunga distanza. Inoltre, una parte consistente delle polveri presenti in atmosfera ha origine secondaria ed è dovuta alla reazione di composti gassosi quali ossidi di azoto, ossidi di zolfo, ammoniaca e composti organici.

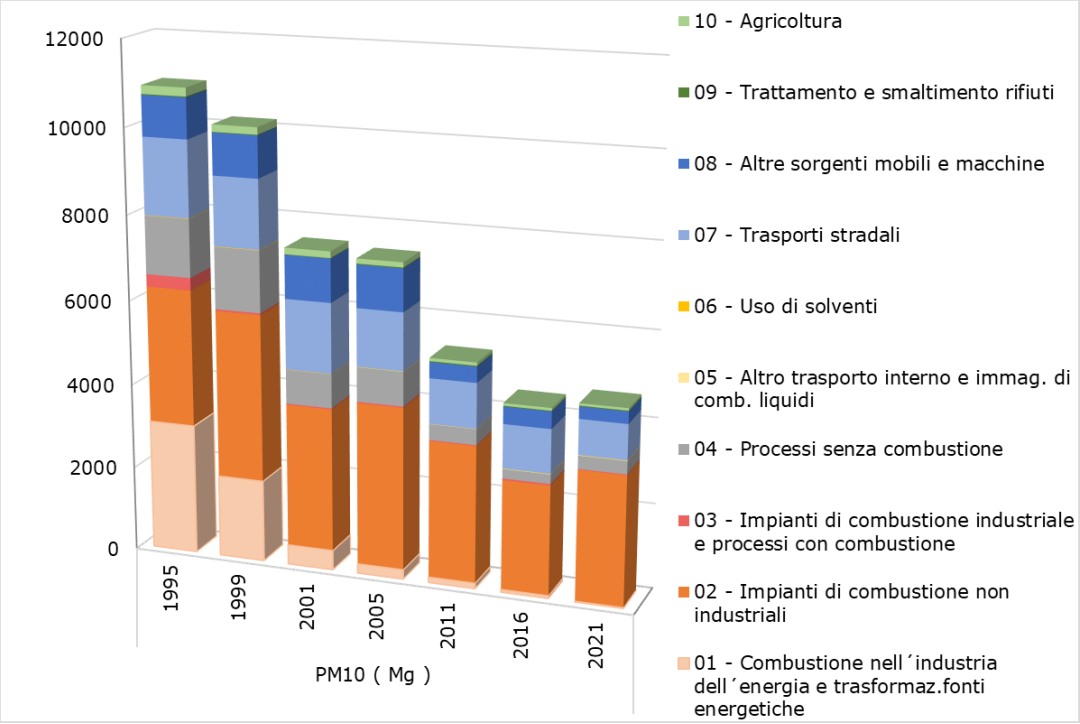


Figura 2-4 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di polveri sottili (PM10) espresse in t/anno

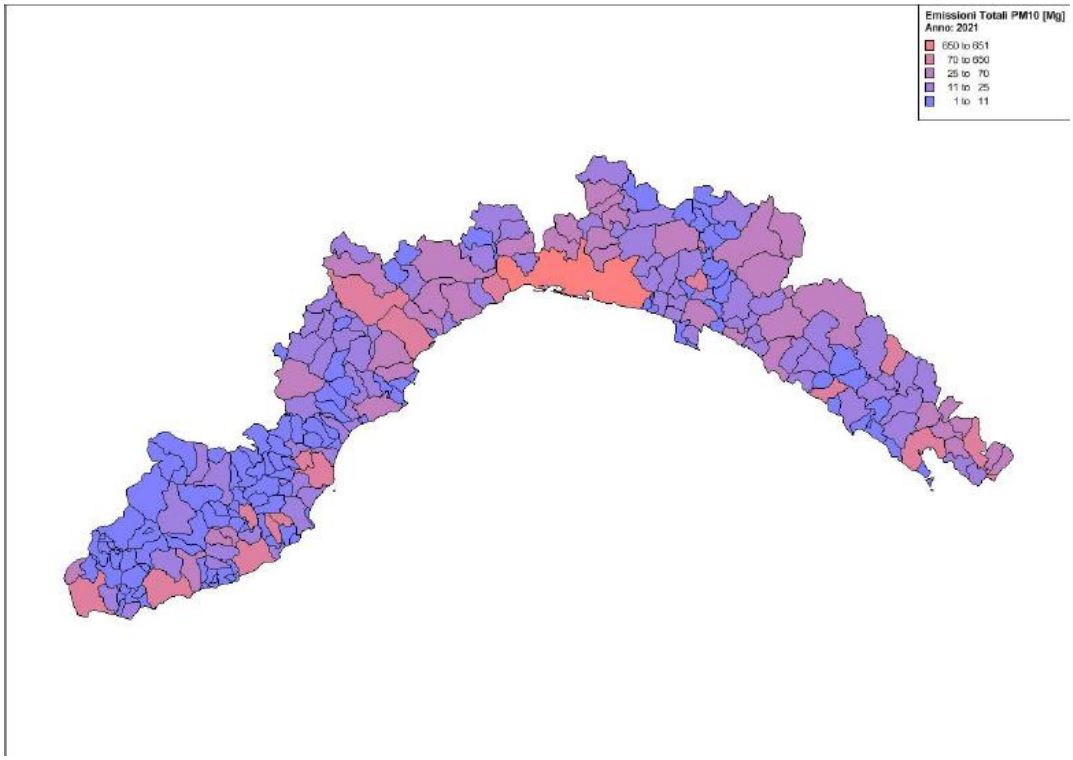


Figura 2-5 Distribuzione delle emissioni di PM10 stimate in t/anno a livello comunale – anno 2021

2.1.3 *Emissioni annue di ossidi di Zolfo (SOX) per macrosettore*

Le emissioni di ossidi di zolfo sono da ricondurre principalmente all'uso di combustibili contenenti zolfo.

Per questo inquinante va in primo luogo sottolineato che le emissioni a partire dal 1995 si sono ridotte drasticamente (del 98%) come evidenziato in Figura 2-6, per le politiche europee e nazionali sul contenuto di zolfo dei combustibili nonché per la dismissione delle centrali termoelettriche nella regione e di stabilimenti industriali. Anche il trasporto marittimo (navi in porto) ha contribuito alla riduzione.

Le emissioni regionali stimate nel 2021 (Figura 2-6) derivano per il 31% (pari a circa 545 Mg) dal settore Altre sorgenti mobili e macchine (principalmente navi in porto) e per il 14% (250Mg / anno) dalla combustione nel settore civile. Il comparto industriale contribuisce per il 28% (quasi 500 Mg) con gli impianti di combustione industriale e i processi con combustione, per il 10% con la combustione nell'industria dell'energia e per il 14% con i processi senza combustione.

In Figura 2-7 è riportata la distribuzione nel territorio regionale su base comunale, delle emissioni totali di ossidi di zolfo stimate per l'anno 2021. La mappa evidenzia il contributo delle sorgenti industriali e dei porti.

Le considerazioni sopra riportate sono coerenti con il quadro della qualità dell'aria fornito dalle stazioni di monitoraggio che evidenziano ormai da anni per questo inquinante valori ampliamente sotto i limiti stabiliti dalla normativa.

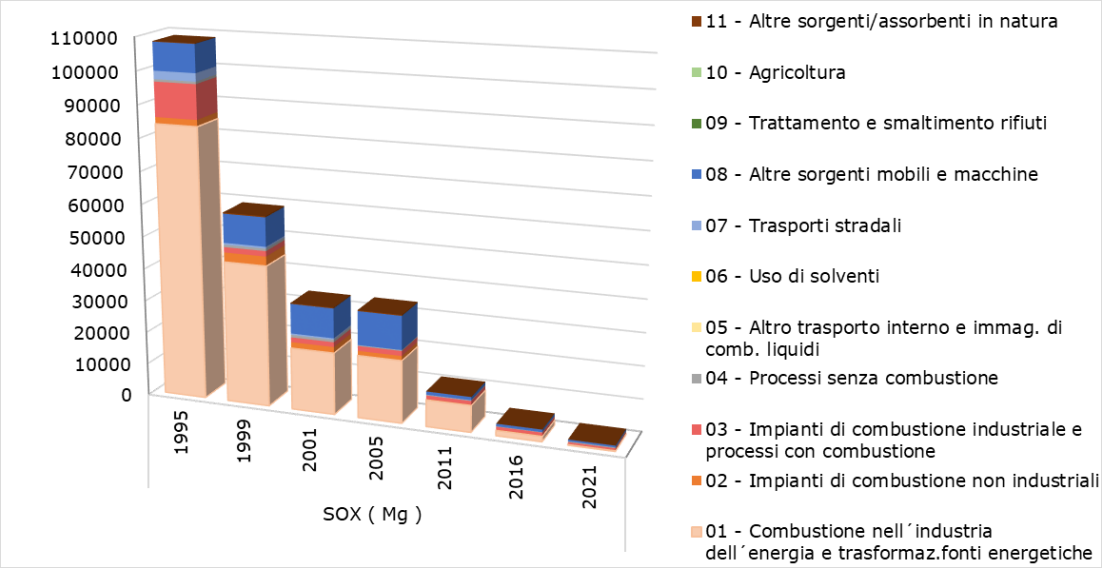


Figura 2-6 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di ossidi di zolfo (SOx) espresse in t/anno (anni: 1995, 1999, 2001, 2005, 2008, 2011,2016, 2021)

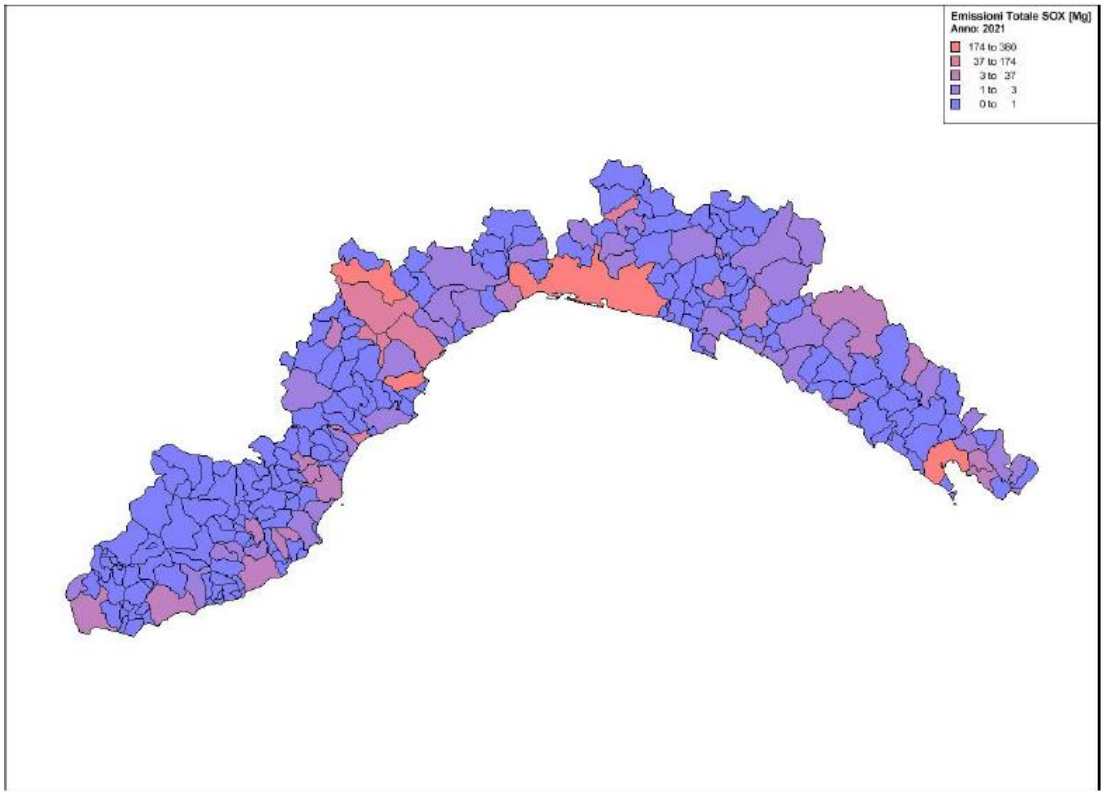


Figura 2-7 Distribuzione delle emissioni totali di ossidi di zolfo (SOx) su base comunale espresse in t/anno - anno 2021

2.1.4 *Emissioni annue monossido di Carbonio (CO) per macrosettore*

Le emissioni di monossido di carbonio si formano durante i processi di combustione incompleta per difetto di ossigeno.

Per questo inquinante va in primo luogo sottolineato che le emissioni a partire dal 1995 si sono ridotte molto negli anni (del 77%), come evidenziato nelle Figura 2-8, principalmente per l'evoluzione tecnologica del parco circolante e per la dismissione di impianti industriali.

Le emissioni regionali, stimate con riferimento all'anno 2021 (Figura 2-8) sono dovute principalmente al settore Trasporti stradali (per il 36% ovvero circa 19600 Mg) e alla combustione nel settore civile (per il 44% ovvero circa 24.300 Mg) in conseguenza alla combustione di legna. Il contributo degli altri macrosettori all'emissione regionale è esiguo. La variazione nel periodo 2016 - 2021 di leggero aumento è legata gli incendi forestali e alla combustione nel settore civile, probabilmente in relazione alle condizioni climatiche invernali.

Il trend di riduzione delle emissioni nel lungo periodo trova riscontro nelle concentrazioni misurate dalle stazioni di monitoraggio per questo inquinante che sono sotto i limiti stabiliti dalla normativa ormai da anni.

In Figura 2-9 è riportata la distribuzione nel territorio regionale, su base comunale, delle emissioni di CO stimate per l'anno 2021. La distribuzione evidenzia i comuni con maggiore traffico stradale, insieme a quelli con maggiore utilizzo della legna, quelli in cui sono localizzate sorgenti industriali e i porti e quelli in cui si sono verificati incendi forestali.

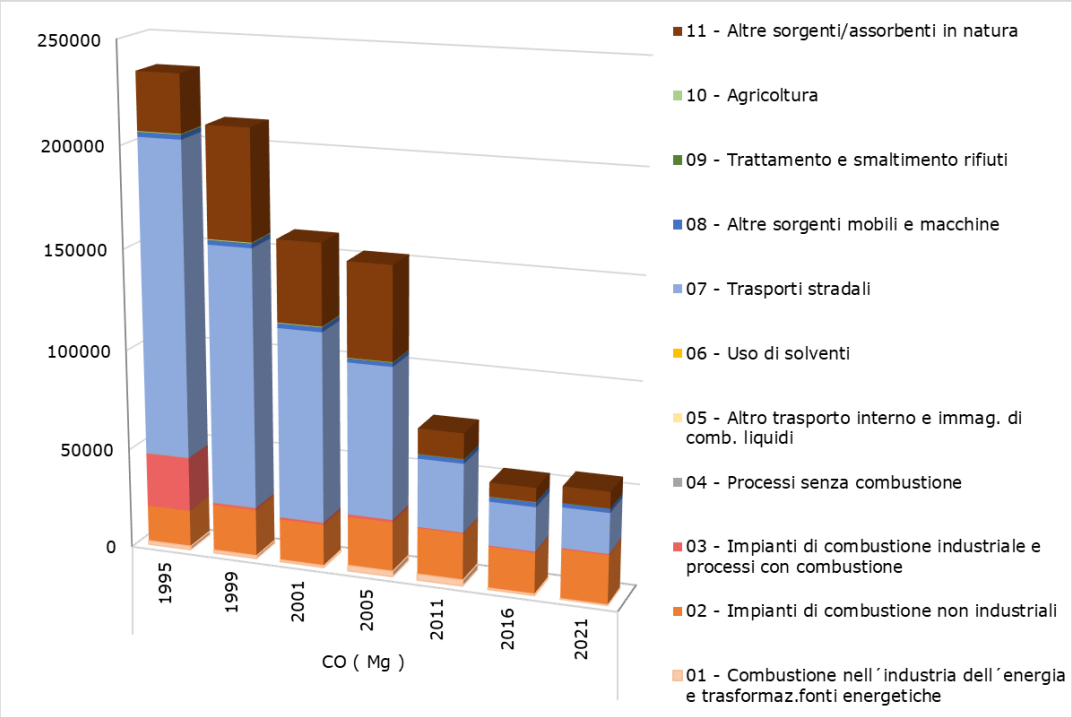


Figura 2-8 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di monossido di carbonio (CO) espresse in t/anno

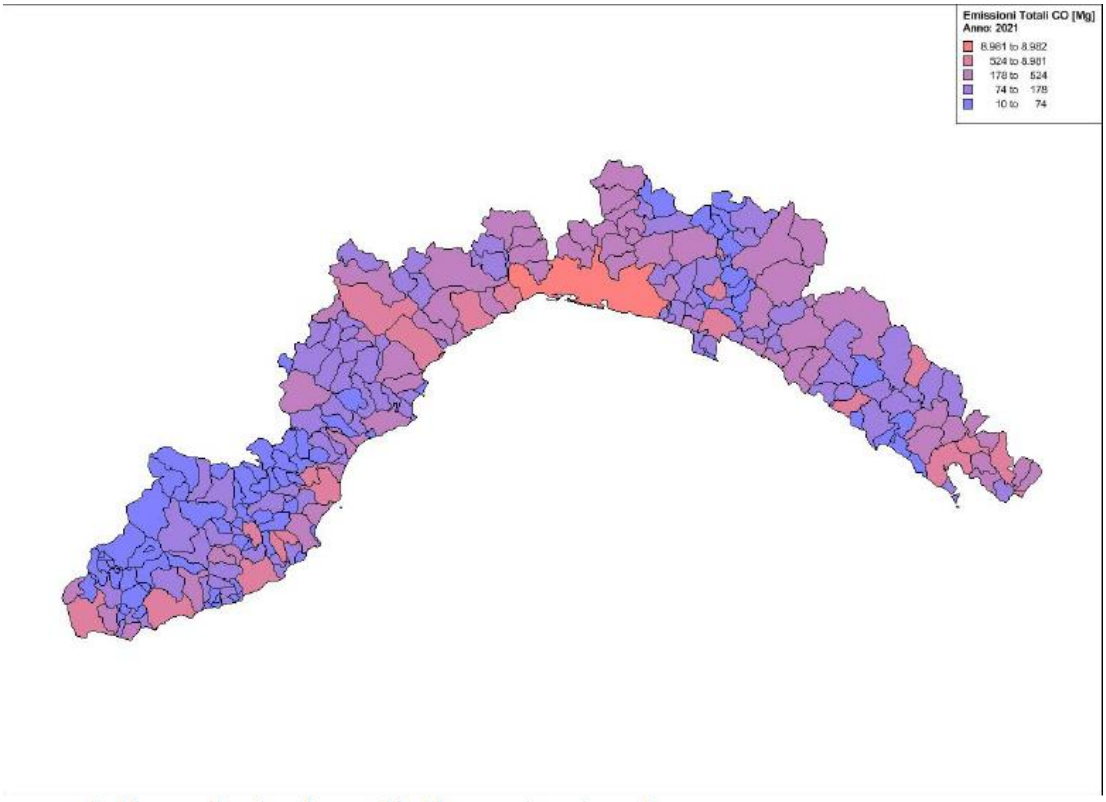


Figura 2-9 Distribuzione delle emissioni di monossido di carbonio (CO) su base comunale espresse in t/anno - anno 2021

2.1.5 *Emissioni annue composti organici volatili non metanici (COVNM) per macrosettore*

I composti organici non volatili (COVNM) sono precursori, assieme alle emissioni di ossidi di azoto (NOx), di particolato secondario, dell'ozono troposferico, inquinante che ha un elevato potere ossidante e determina effetti dannosi sulla popolazione, sull'ecosistema e sui beni storico artistici e che ha rilevanza per i fenomeni di trasporto a lunga distanza.

Le emissioni regionali di composti organici volatili non metanici stimate nel 2021 (Figura 2-10), sono dovute per circa il 34% (circa 7.400 Mg/ anno) ad attività industriali e civili che comportano l'uso di solventi compresa applicazione di vernici, colle e adesivi. I trasporti stradali (in particolare motoveicoli e veicoli a benzina) contribuiscono per il 14% (circa 3.000 Mg) mentre la combustione nel settore civile per il 12% (con 2.600 Mg). Anche gli impianti di stoccaggio, carico, scarico e lavorazione di combustibili liquidi forniscono un contributo. Le emissioni di origine

biogenica dalla vegetazione sono valutate nel settore Altre sorgenti in natura che contribuisce per circa il 28% con oltre 6000 Mg.

In Figura 2-11 è riportata la distribuzione territoriale, su base comunale, delle emissioni totali di COVNM stimate per l'anno 2021. La distribuzione evidenzia alcuni comuni più antropizzate con maggiore traffico stradale, maggior uso dei solventi o impianti di stoccaggio carico o scarico di prodotti petroliferi, insieme ad altri dell'entroterra con maggiore utilizzo della legna nonché con più importante copertura forestale.

La Figura 2-10 evidenzia la forte riduzione delle emissioni sino al 2011 attribuibile al trasporto stradale per le progressive regolamentazioni delle emissioni da combustione ed evaporative dai veicoli leggeri e dai motocicli a benzina; influisce inoltre la riduzione del contenuto di solventi nei prodotti anche questo normato. La variazione stimata nell' ultimo quinquennio risente principalmente degli incendi forestali nonchè dell'andamento delle emissioni dalla combustione nel civile che dipende dalle particolarità climatiche invernali e in misura minore dall'ammodernamento dei sistemi di riscaldamento a legna.

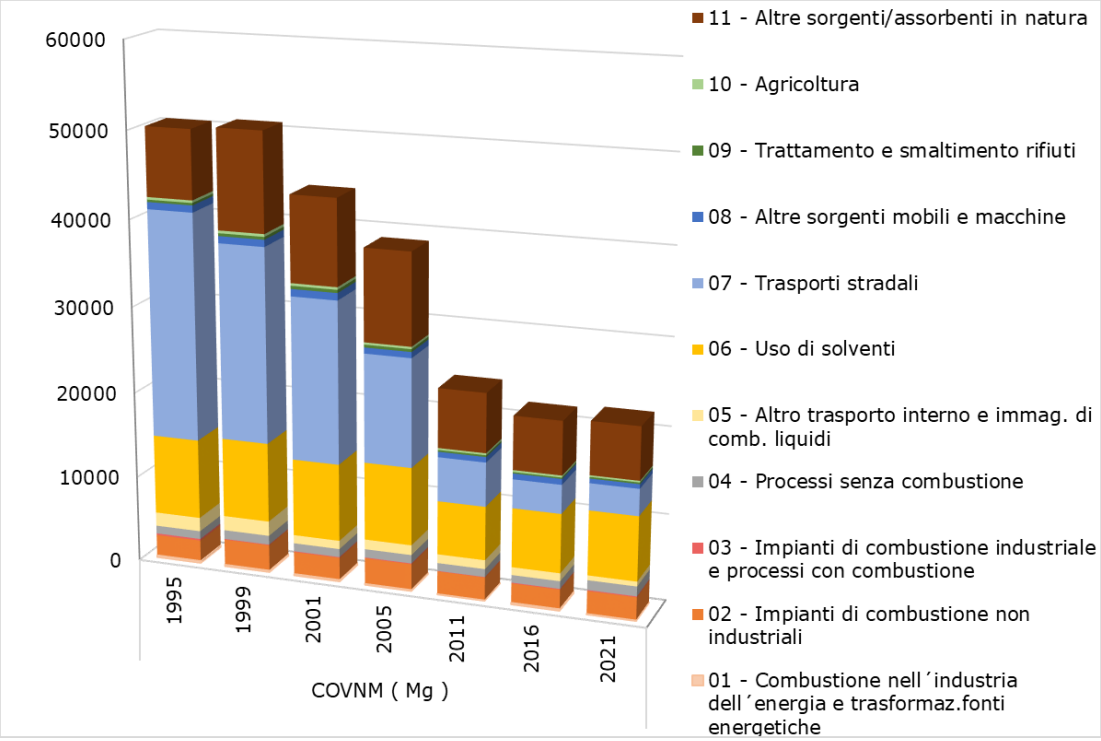


Figura 2-10 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di composti organici volatili non metanici (COVNM) espresse in t/anno

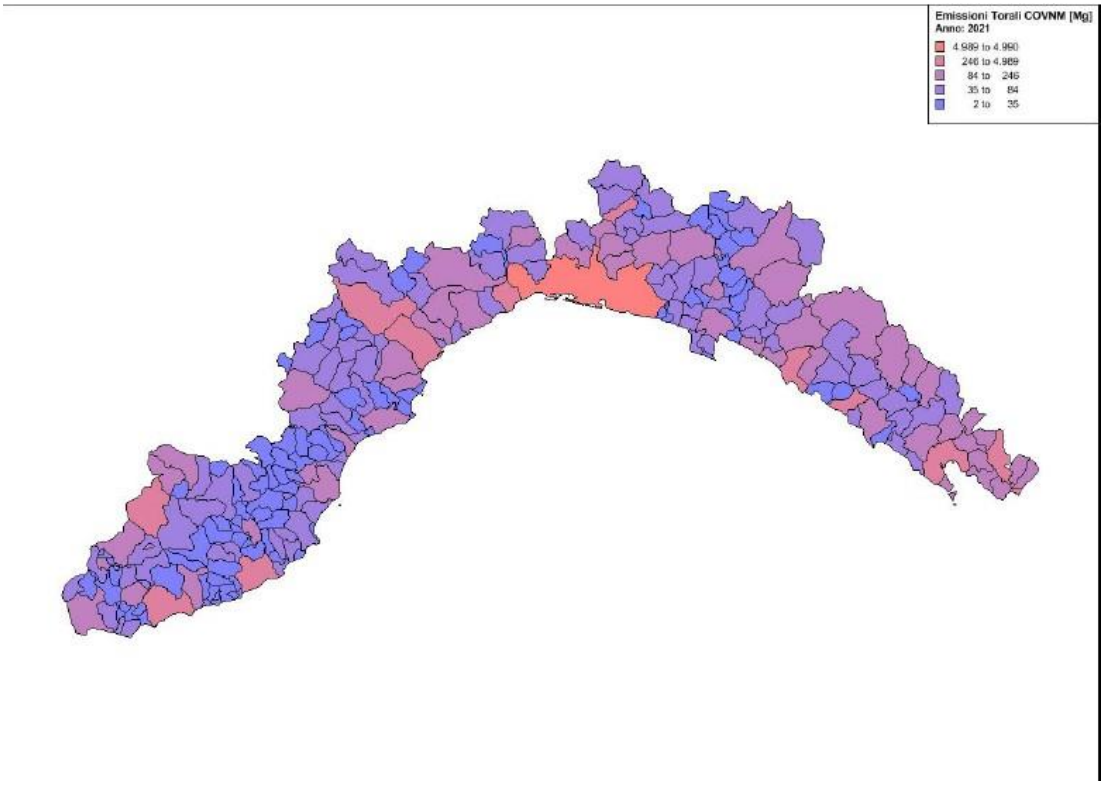


Figura 2-11 Distribuzione delle emissioni di composti organici volatili non metanici (COVNM) su base comunale - anno 2021

2.1.6 *1.1.1 Emissioni annue di Benzene (C6H6)*

Le emissioni regionali di benzene stimate con riferimento all'anno 2021 derivano principalmente dagli impianti di combustione non industriale (73%) e per il 18% dal traffico stradale. L'andamento storico del benzene, analogamente ai COVNM, evidenzia la forte riduzione delle emissioni sino al 2011 attribuibile al trasporto stradale per le progressive regolamentazioni delle emissioni dai veicoli leggeri e dai motocicli a benzina. La variazione stimata nell' ultimo quinquennio risente principalmente degli incendi forestali nonché dell'andamento delle emissioni dalla combustione nel civile che dipende dalle particolarità climatiche invernali e in misura minore dall'ammodernamento dei sistemi di riscaldamento a legna

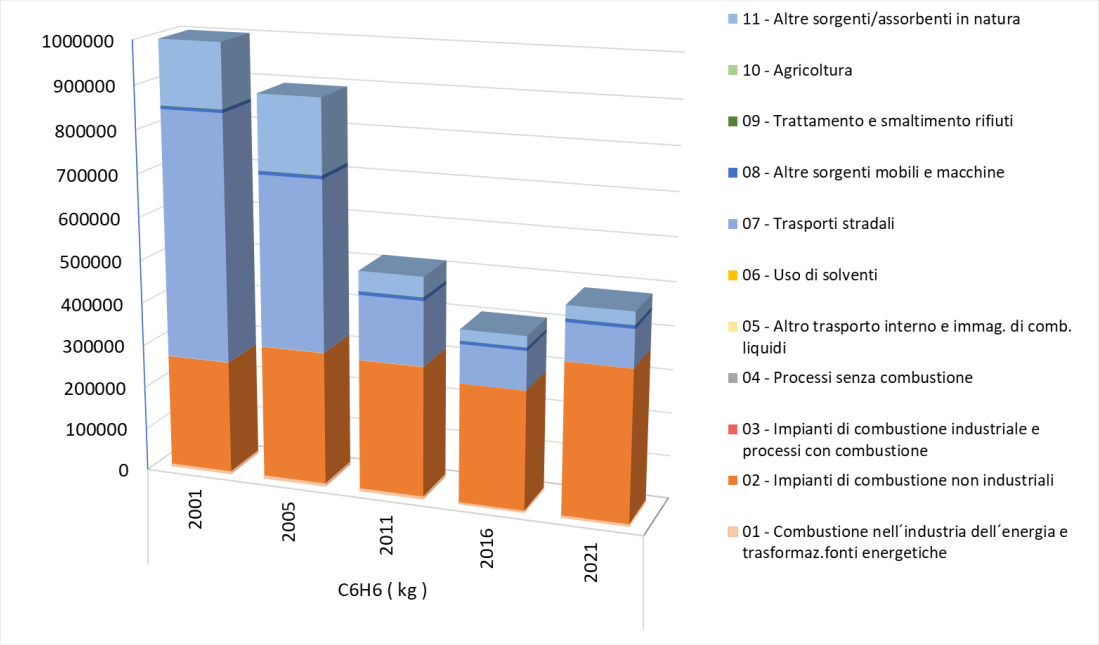


Figura 2-12 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di Benzene (C6H6) espresse in t/anno

2.1.7 *Emissioni annue di Ammoniaca (NH3) per macrosettore*

Le emissioni regionali di ammoniaca stimate con riferimento all'anno 2021 (circa 1.300 Mg), sono dovute per il 43% al settore dell'Agricoltura (con circa 580 Mg), principalmente a causa delle attività di allevamento di bestiame, per il 26% agli impianti di combustione non industriali (300Mg) e per il 16% al Trattamento e smaltimento dei rifiuti.

Le emissioni complessive regionali sono basse in conseguenza della relativa importanza del settore del bestiame in regione. Dopo il 2005 si assiste alla riduzione delle emissioni del settore agricolo dovuto ad una contrazione delle attività dell'allevamento di bestiame, mentre si assiste ad un aumento delle emissioni da traffico stradale con le prime normative EURO e ad una successiva diminuzione con il progredire della normativa.

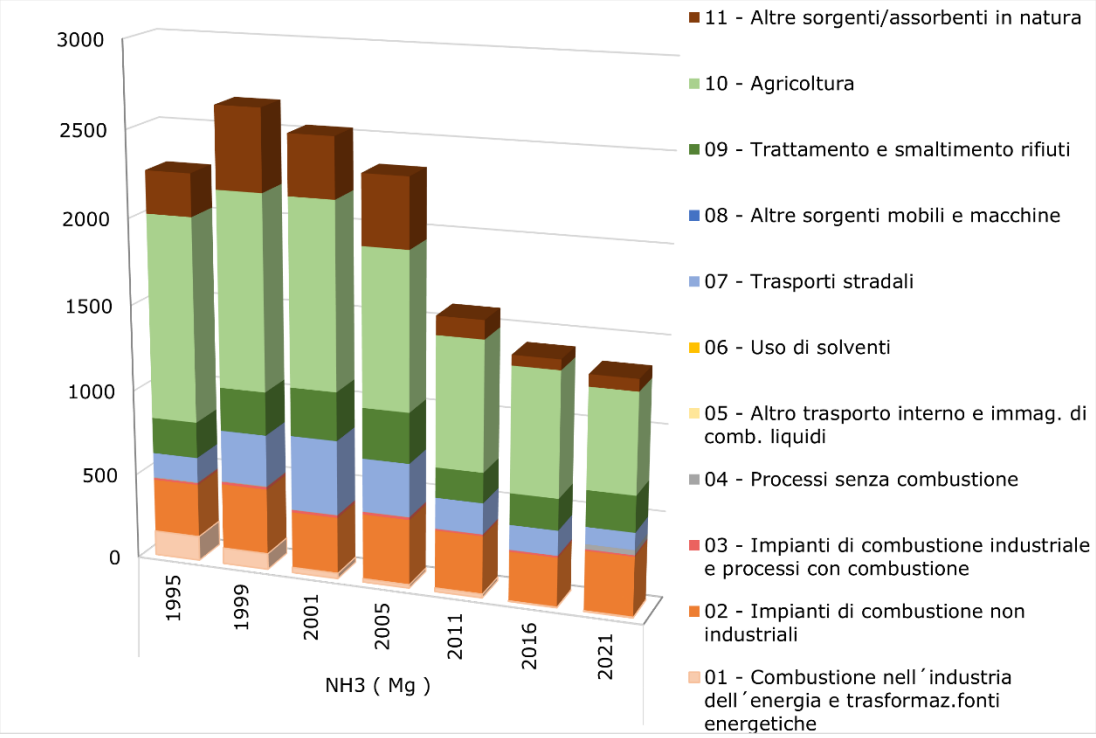


Figura 2-13 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di composti organici volatili non metanici (NH3) espresse in t/anno

2.2 **Emissioni Microinquinanti**

Nei paragrafi che seguono sono analizzate le stime delle emissioni e delle lore tendenze realizzate nell'inventario regionale per il Benzo(a)Pirene e i metalli Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo normati dal D.lgs. n. 155/2010 recante "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa".

I dati evidenziano per i metalli una tendenza di riduzione nel lungo periodo che è complessivamente confermata nel 2021. Essendo rispettati i limiti e obiettivi, per questi inquinanti non sono necessarie misure di risanamento della qualità.

L'inventario non mostra un trend di riduzione per le emissioni totali regionali di B(a)P, inquinante che presenta criticità solamente con riferimento all'area industriale di Cairo Montenotte con concentrazioni superiori al valore obiettivo.

2.2.1 *Emissioni annue di Benzo(a)Pirene B(a)P per macrosettore*

L'andamento storico negli anni di inventario dell'emissione annua regionale di B(a)P rappresentata in Figura 2-14 per macrosettore non evidenzia una tendenza alla riduzione, ma è correlato alla variabilità meteorologica, che influisce sui consumi di legna per il riscaldamento e sull'emissione dal macrosettore "impianti di combustione non industriale", a cui si aggiunge la variabilità degli incendi boschivi, che incide sull'emissione da "altre sorgenti in natura". Con riferimento a quest'ultimo macrosettore si evidenzia inoltre discontinuità nell'andamento causata dalla differente fonte dell'informazioni relativa alla superficie interessata da incendi.

Nel 2021, come nel 2016, le emissioni stimate evidenziano le sorgenti diffuse nel territorio regionale da combustione delle biomasse negli impianti non industriali tradizionali e la sorgente prevalente locale da cokeria nel comune di Cairo Montenotte, come mostrato nella Figura 2-15 dove è riportata la distribuzione territoriale su base comunale delle emissioni stimate per l'anno 2021.

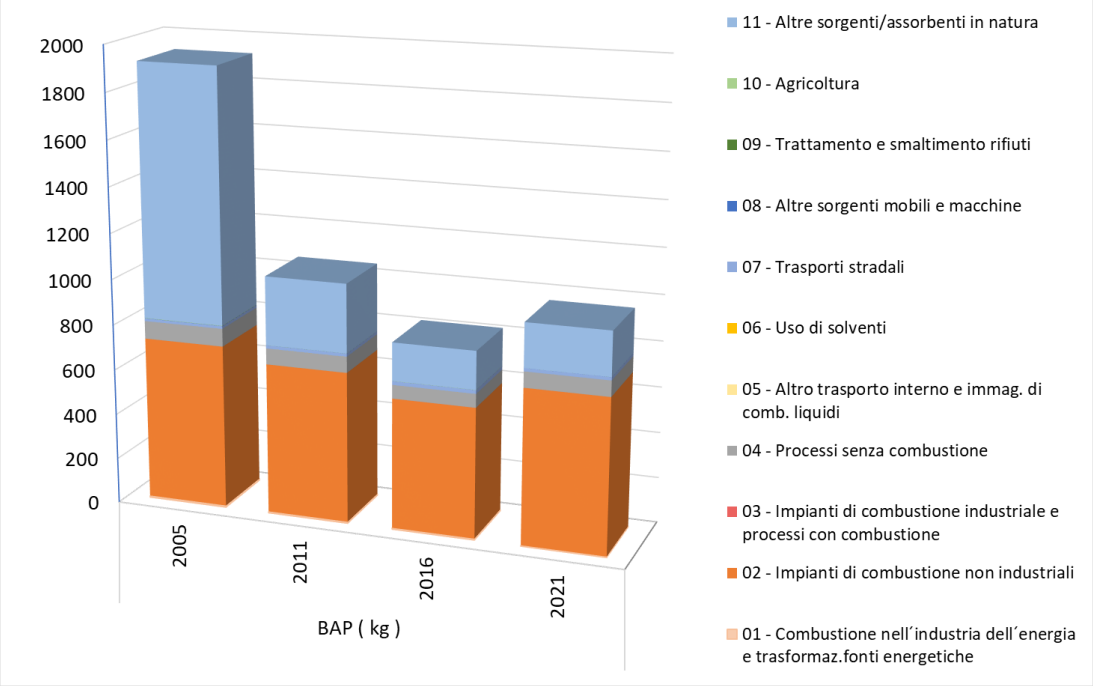


Figura 2-14 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di Benzo(a)Pirene espressi in kilogrammi emessi negli anni di riferimento

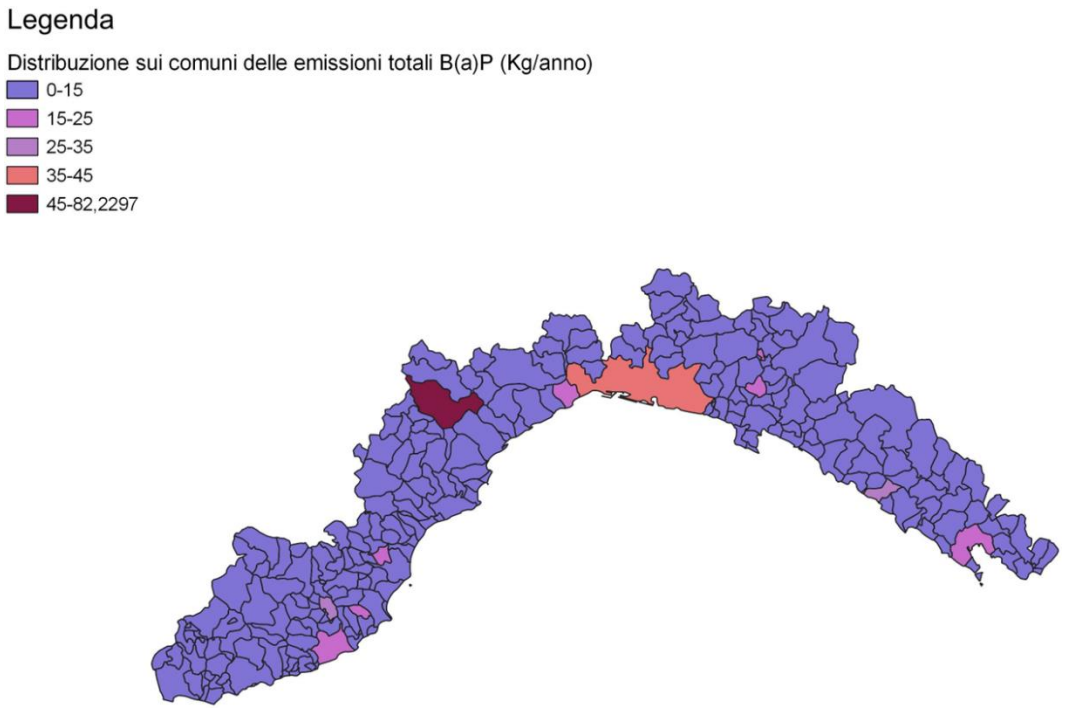


Figura 2-15 Distribuzione delle emissioni di Benzo(a)pirene su base comunale - anno 2021

2.2.2 *Emissioni annue dei metalli Arsenico (As), Cadmio (Cd), Nichel (Ni), Piombo (Pb) per macrosettore*

Le emissioni in atmosfera di metalli pesanti stimate nell'inventario regionale mostrano un andamento di lungo periodo di drastica riduzione, per l'introduzione della benzina senza piombo e per la progressiva ambientalizzazione e poi dismissione delle centrali termoelettriche a carbone e dei principali stabilimenti presenti nel territorio ligure.

L'andamento delle emissioni è coerente con il quadro della qualità dell'aria fornito dalle stazioni di monitoraggio che evidenziano per questi inquinanti valori ampiamente sotto i limiti / obiettivi stabiliti dalla norma (D.LGs. n. 155/2010) per la protezione della salute.

Si stima che le emissioni di metalli pesanti derivano nel 2021 in maniera pressoché esclusiva dalla combustione e dai processi industriali. In particolare:

- le emissioni di arsenico e di cadmio, che si sono ridotte nel lungo periodo, non sono più variate in modo significativo nell'ultima decade; l'arsenico nel 2021 proviene principalmente dai macrosettori processi senza combustione

nell'industria e da altre sorgenti mobili e macchine (i porti) mentre il cadmio deriva ormai prioritariamente dalla combustione non industriale e dai processi senza combustione;

- il piombo, che derivava principalmente dai trasporti e dall'industria, non ha subito variazioni significative nell'ultima decade e proviene nel 2021 principalmente dai processi senza combustione e dagli impianti di combustione non industriale;
- l'emissione di nichel ha ancora un andamento di forte riduzione per il contributo della combustione nell'industria dell'energia e dei porti in altre sorgenti mobili e macchine che nel 2021 è il macrosettore emissivo principale assieme ai processi senza combustione.

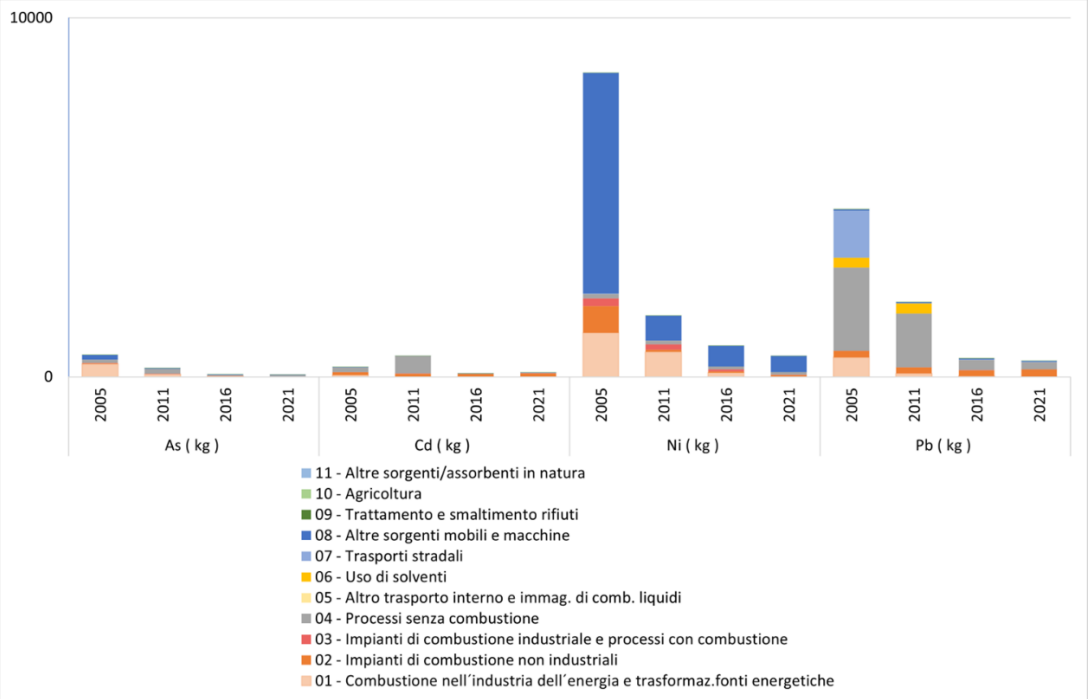


Figura 2-16 Trend delle emissioni regionali dei metalli espressi in tonnellate emesse negli anni di riferimento

2.3 **Emissioni di gas serra**

All'emissione globale di grandi quantità di gas serra è associato il riscaldamento globale della Terra ed eventi atmosferici anomali quali ondate di calore, siccità, piogge intense ecc. che causano effetti ambientali (scioglimento dei ghiacci, desertificazione,

dissesto idrogeologico, innalzamento del livello del mare ecc.), sulla salute, sulle attività umane e sull'economia.

Non tutti i gas serra hanno lo stesso comportamento nei confronti del riscaldamento della terra. E' stato scelto come gas di riferimento ai fini della verifica degli impegni del Protocollo di Kyoto l'anidride carbonica: una tonnellata di metano emessa in atmosfera ha l'effetto, sul riscaldamento globale, di circa 25 tonnellate di CO2, mentre una tonnellata di protossido di azoto equivale a circa 300 tonnellate di CO2.

L'inventario regionale delle emissioni in atmosfera contiene la stima delle emissioni dirette, ovvero dovute alle sorgenti presenti nel territorio regionale, di anidride carbonica (CO2), metano (CH4), protossido di azoto (N2O).

L'anidride carbonica (CO2) è il gas che contribuisce maggiormente alle emissioni totali regionali di gas serra e ne caratterizza il trend di riduzione dovuto principalmente al macrosettore combustione nell'industria dell'energia per la ristrutturazione del settore della produzione di energia elettrica con la dismissione di importanti centrali termoelettriche.

La stima non comprende le emissioni indirette, ovvero dovute a consumi di energia prodotta presso sorgenti esterne alla Regione e gli assorbimenti di anidride carbonica dovuti alla copertura forestale. Le emissioni indirette sono stimate nell'ambito del bilancio energetico regionale assieme ai consumi energetici regionali.

2.3.1 *Emissioni Annue Metano (CH4) per macrosettore*

Le emissioni regionali di metano stimate con riferimento al 2021 sono determinate principalmente dal macrosettore trattamento e smaltimento dei rifiuti per l'attività di discarica (56%), dal macrosettore altro trasporto interno e immagazzinamento combustibili liquidi (11%) ed in parte dagli impianti di combustione non industriale. Il trend risente della metodologia di stima delle emissioni da discarica controllata che è calcolato dalla differenza tra la stima del metano prodotto e il metano captato e recuperato.

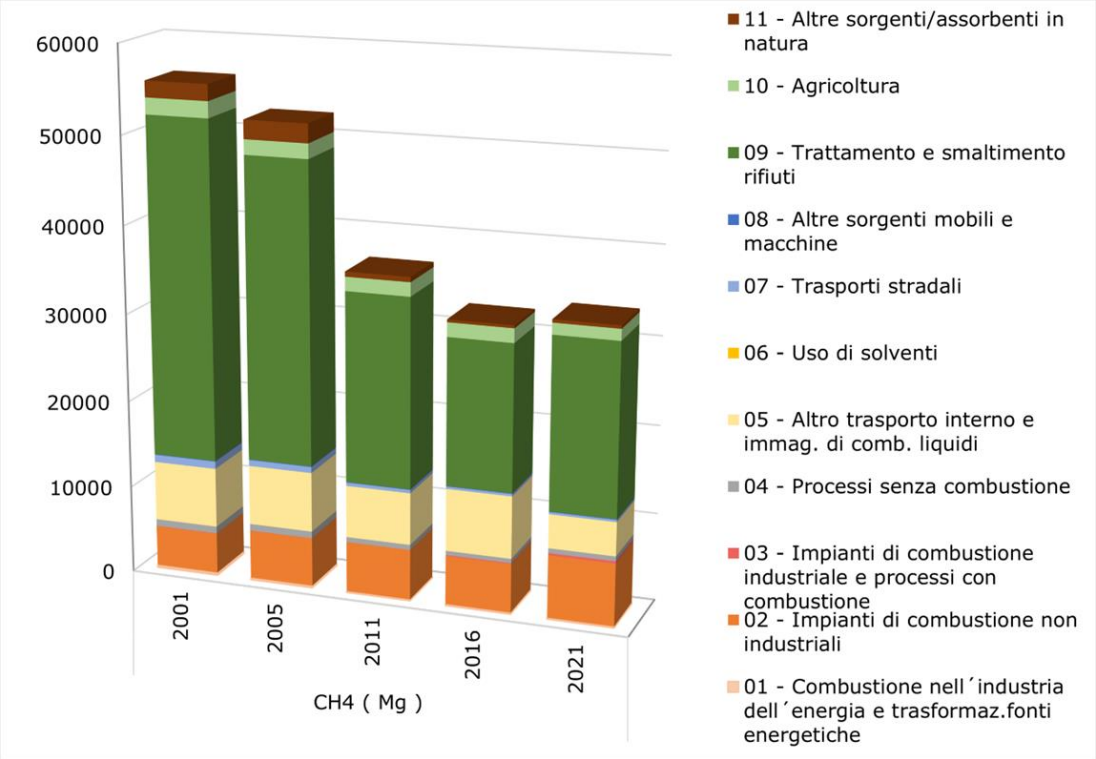


Figura 2-17 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di Metano espressi in tonnellate (anni: 2001, 2005, 2011, 2016, 2021)

2.3.2 *Emissioni in atmosfera Protossido di Azoto (N2O) per macrosettore*

Le emissioni di protossido di Azoto stimate nel 2021 (331Mg) derivano principalmente dall'agricoltura (35%), dal trasporto stradale (18%) e porti (7%) e dagli impianti di combustione non industriale (24%). L'andamento di riduzione nel lungo periodo si è arrestato nell'ultimo quinquennio.

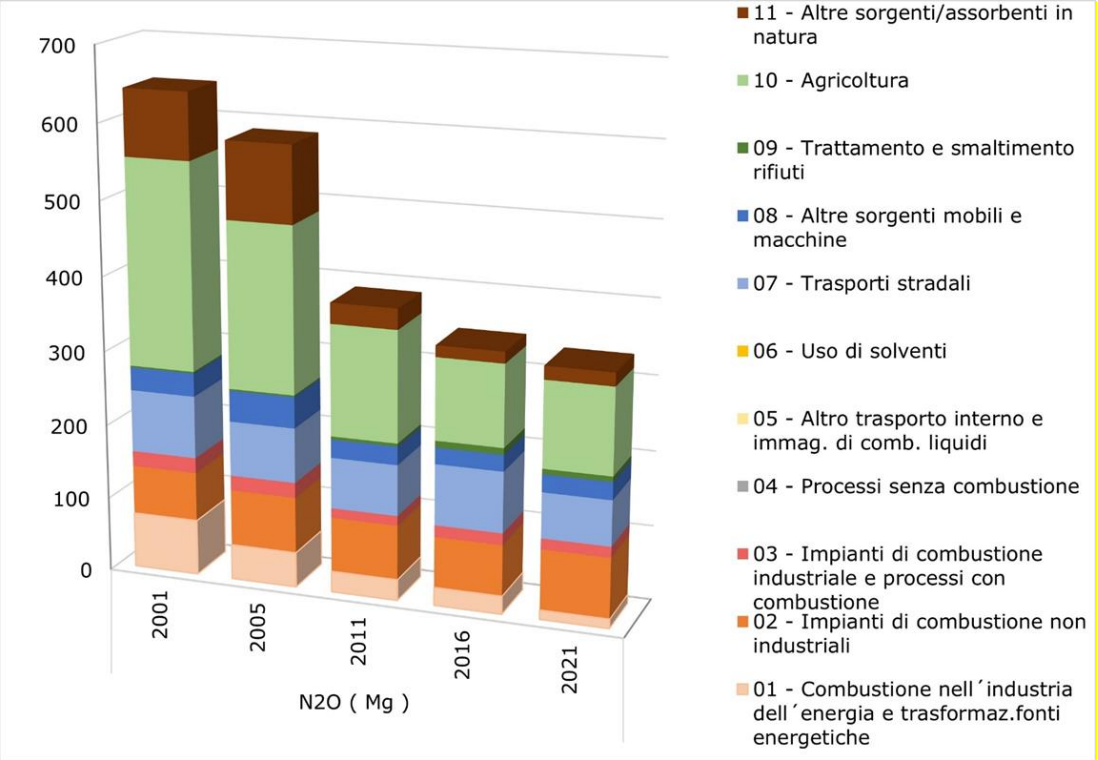


Figura 2-18 Contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di N2O espressi in tonnellate /anno (anni: 2001, 2005, 2011, 2016, 2021)

2.3.3 *Emissioni Annue Anidride carbonica (CO2) per macrosettore*

I macrosettori che maggiormente incidono sulle emissioni di anidride carbonica stimate con riferimento al 2021 sono i trasporti e gli impianti termici civili, essendosi decisamente ridotto il contributo all'emissione dovuto alla produzione di energia nelle centrali termoelettriche regionali e ad altre sorgenti industriali.

Il trend risulta pertanto complessivamente in calo.

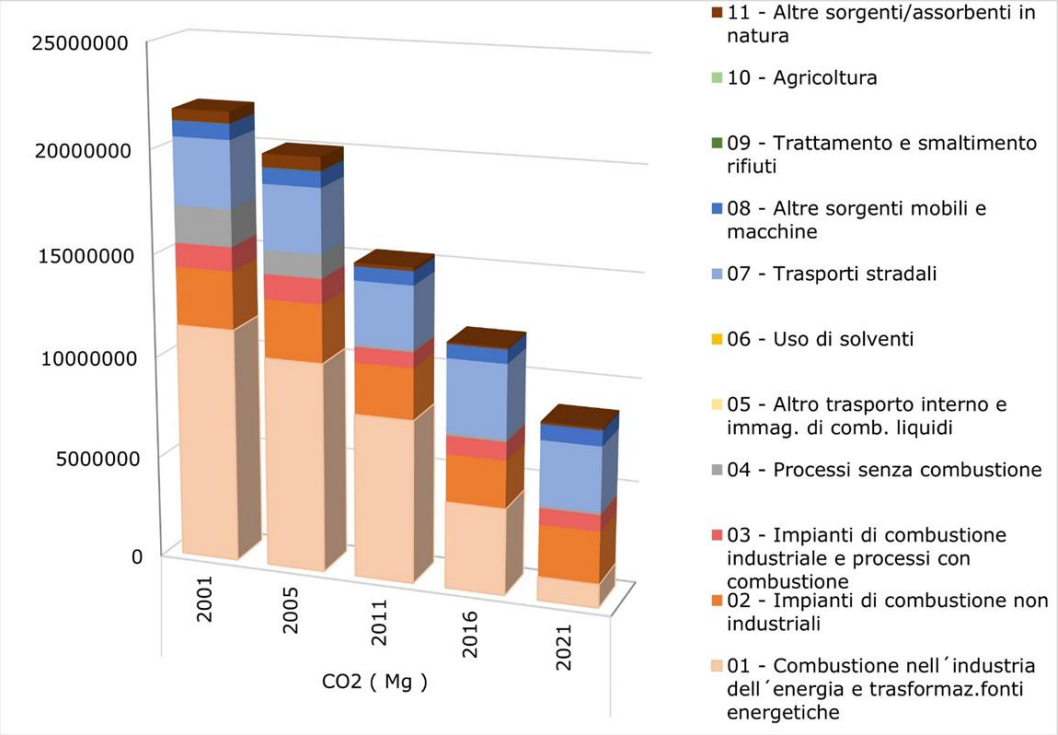


Figura 2-19 Contributo quantitativo, espresso in tonnellate, dei singoli macrosettori alle emissioni di CO2 per gli anni 2001, 2005, 2011, 2016, 2021

L'inventario regionale stima che le emissioni totali regionali di gas serra totali sono in riduzione per effetto principalmente del settore della produzione di energia (figura 1). Nel 2021 rimane il contributo all'emissione determinato principalmente dal settore dei trasporti e dalla combustione non industriale.

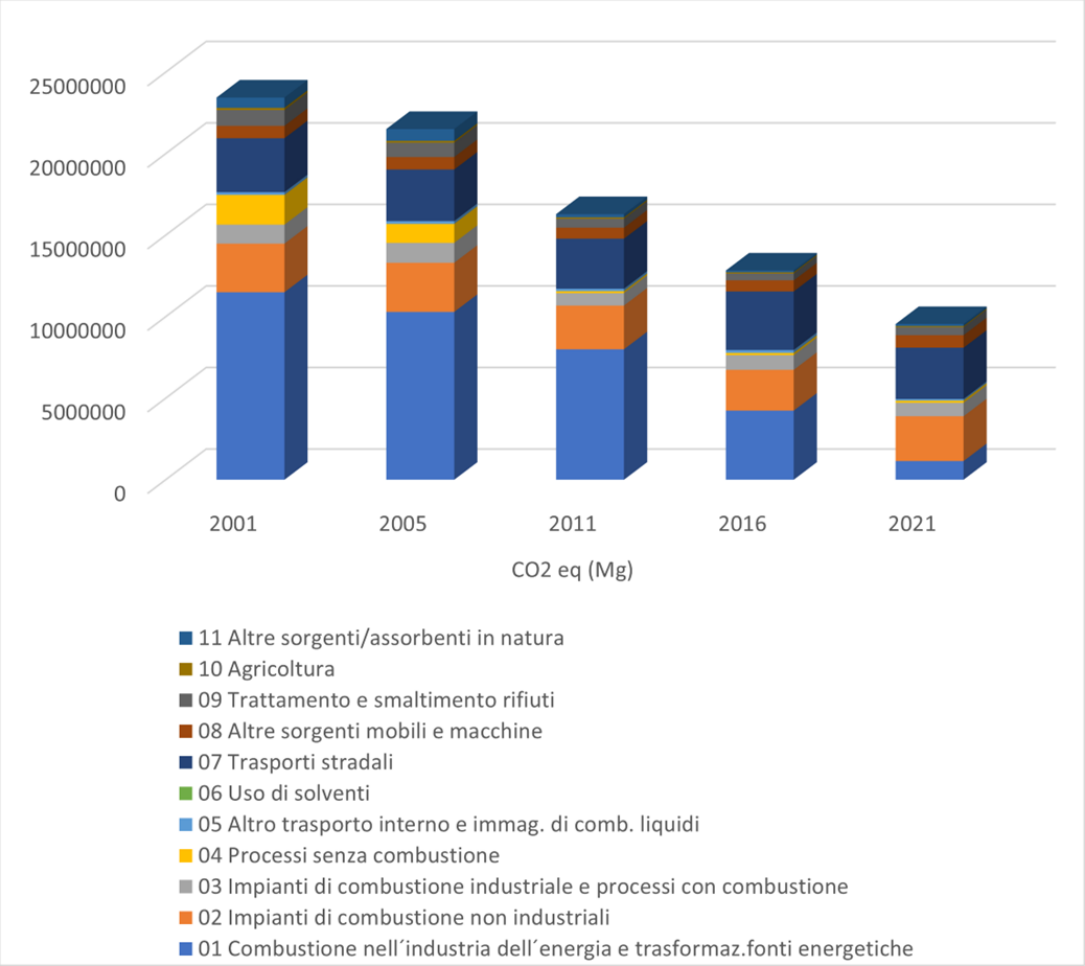


Figura 2-20 Trend e contributo dei macrosettori alle emissioni regionali di CO2 equivalente espresse in t/anno (anni: 2001, 2005, 2011, 2016, 2021)

BIBLIOGRAFIA

Techne Consulting, 2024. "*Regione Liguria - Inventario regionale sorgenti di emissione anno 2021"* Lavoro svolto nell'ambito dell'Affidamento diretto di Regione Liguria per l'acquisizione dell'inventario regionale delle emissioni in atmosfera per l'anno 2021, della proiezione delle emissioni agli anni 2025 e 2030 e del relativo sistema informatico di gestione e consultazione.

SNPA, 2016, Inventari regionali delle emissioni in atmosfera e loro articolazione a livello locale.