
Inventario delle emissioni regionale anno 2021

Dati dell'inventario regionale delle emissioni della Lombardia,
principali risultati, differenze rispetto alla edizione precedente e serie
storica delle emissioni da riscaldamento a legna e traffico

ARPA Lombardia

Dicembre 2023

Documento redatto da:

Alessandro Marongiu

Elisabetta Angelino

Giuseppe Fossati

Marco Moretti

Responsabile U.O. Inventario delle Emissioni in Atmosfera

Dr.ssa Elisabetta Angelino

Direttore Settore Monitoraggi Ambientali

Dr.ssa Elena Bravetti

ARPA Lombardia | Settore MONITORAGGI AMBIENTALI

U.O. Inventario delle Emissioni in Atmosfera

Via I. Rosellini, 17

20124 – Milano

Tel. 02.69666.1

PEC: arpa@pec.regione.lombardia.it

WEB: www.arpalombardia.it

Dicembre 2023

Sommario

1. LE EMISSIONI D'INQUINANTI IN LOMBARDIA	4
1.1. Le sorgenti di emissione d'inquinanti in atmosfera	4
1.2. Le emissioni di gas climalteranti (CO ₂ , CH ₄ , N ₂ O)	10
1.3. Distribuzione spaziale delle emissioni in Lombardia	11
2. MIGLIORAMENTI METODOLOGICI DELL'INVENTARIO RISPETTO ALL'EDIZIONE PRECEDENTE	14
2.1. Emissioni da Pizzerie	14
2.2. Emissioni di ammoniaca da animali domestici, cani e gatti	14
2.3. Fuochi d'artificio	15
2.4. Combustioni all'aperto, incendi e falò	15
2.5. Aggiornamento parco impianti puntuali.....	16
2.6. Aggiornamento stime da trasporto su strada	19
3. EMISSIONI DA PICCOLI APPARECCHI DOMESTICI A LEGNA 2008-2021 IN LOMBARDIA 20	
3.1. Emissioni da combustione di legna.....	20
3.2. Fattori di emissione.....	21
3.3. Stima dei consumi	21
3.4. Stima delle emissioni	24
4. ANDAMENTO DELLE EMISSIONI DA TRAFFICO	28
4.1. Parco veicoli in Lombardia tra il 2000 e 2021.....	28
4.2. Andamento emissioni tra il 2003 ed il 2021	33
4.3. Andamento dei fattori di emissione tra il 2003 ed il 2021	36
5. VARIAZIONE EMISSIONI	37
5.1. Confronto fra le stime di emissioni dell'inventario 2021 e 2019	37
6. QUADRO EMISSIVO AGGIORNATO AL 2021	40
6.1. Principali macroinquinanti e gas climalteranti.....	40
6.2. Metalli pesanti	47
6.3. Componenti carboniose del particolato	51
6.4. Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)	53
7. QUADRO EMISSIVO DI INSIEME PER TUTTI GLI INQUINANTI	56

1. LE EMISSIONI D'INQUINANTI IN LOMBARDIA

1.1. Le sorgenti di emissione d'inquinanti in atmosfera

Obiettivo di un inventario è quello di fornire una stima quantitativa dei contributi alle emissioni in atmosfera provenienti dalle varie sorgenti antropiche e naturali e come essi si distribuiscono su un determinato territorio.

A decorrere dal 2003 la Regione Lombardia ha affidato ad A.R.P.A. Lombardia la gestione e l'aggiornamento dell'inventario regionale delle emissioni. Tale attività, dapprima a progetto con rinnovo annuale, si è successivamente configurata tra le attività istituzionali della nostra Agenzia ai sensi della Legge Regionale n. 24/2006 e del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, che riconosce nell'inventario una banca dati essenziale per l'attuazione da parte della Regione del decreto stesso, in particolare per quanto concerne la zonizzazione del territorio regionale, la valutazione e la gestione della qualità dell'aria ambiente, la stima dei benefici derivanti dalle misure adottate per la riduzione delle emissioni inquinanti, attraverso la simulazione di scenari di emissione.

La redazione e l'aggiornamento dell'inventario regionale delle emissioni in atmosfera in Lombardia è effettuato mediante il sistema informatico INEMAR (INventario EMissioni in ARia), prodotto nell'ambito del Piano Regionale Qualità dell'Aria (PRQA) e, a partire dal 2002, gestito e sviluppato da ARPA Lombardia¹. INEMAR è inoltre utilizzato dal 2006, per la redazione dei propri inventari di emissione, anche da Regione Piemonte, Regione Emilia-Romagna, ARPA Friuli-Venezia Giulia, Regione Veneto, Regione Puglia e dalle Province di Trento e Bolzano, nell'ambito di una Convenzione interregionale. La regione Marche ha partecipato a tale convenzione dal 2009 al 2011.

Le informazioni raccolte nel sistema INEMAR sono costituite dalle numerose variabili necessarie per la stima delle emissioni: indicatori di attività (consumo di combustibili, consumo di vernici, quantità di rifiuti incenerita o depositata in discarica, quantità di metalli processati in fonderia ed in generale qualsiasi parametro che tracci l'attività emissiva), fattori di emissione, dati statistici necessari per la disaggregazione spaziale e temporale delle emissioni.

Con il sistema INEMAR sono stati realizzati gli inventari delle emissioni in atmosfera in Lombardia per gli anni 1997, 2001, 2003, 2005, 2007, 2008, 2010, 2012, 2014, 2017, 2019 e 2021 relativamente ai principali macroinquinanti di interesse ai fini del risanamento della qualità dell'aria (SO₂, NO_x, COVNM, CO, NH₃, PM_{2,5}, PM₁₀, PTS) e dei gas climalteranti di interesse per il loro effetto sul riscaldamento globale (CO₂, CH₄, N₂O).

A partire dalla edizione relativa al 2010 sono state pubblicate le stime relative alle emissioni di idrocarburi policiclici aromatici (BaP, BbF, BkF, IcdP) e delle componenti del particolato come carbonio organico ed elementare (OC, BC). A partire dall'edizione relativa al 2012 sono state pubblicate le stime sulle emissioni di metalli pesanti (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Se, Zn) e, a partire dal 2014, quelle relative al black carbon (BC).

¹ Il sistema INEMAR è stato realizzato secondo la metodologia internazionale per la stima delle emissioni elaborata nell'ambito del progetto europeo CORINAIR (CooRdination Information AIR), raccolte ed aggiornate in successive versioni dell'EMEP/EEA Emission Inventory Guidebook.

I dati in versione finale relativi all'anno 2021 sono stati resi disponibili al pubblico e sono scaricabili dal sito web di INEMAR², con il seguente dettaglio:

- attività CORINAIR (macrosettore, settore, attività) e tipo di combustibile per la Regione Lombardia, le zone, le province e i capoluoghi;
- macrosettore CORINAIR e tipo di combustibile per i singoli comuni non capoluogo di provincia.

La tabella 1 e la figura 1 illustrano in sintesi i risultati dell'inventario 2021, riportando, in valore assoluto e percentuale, il contributo delle diverse fonti alle emissioni dei vari inquinanti, raggruppate in macrosettori³. Le sorgenti più rilevanti sono: il trasporto su strada, la produzione di energia, gli impianti di riscaldamento, le attività industriali e quelle agricole; i pesi delle differenti fonti variano in relazione al contesto territoriale e all'inquinante che si considera. Nel paragrafo seguente verranno esaminati in dettaglio i contributi per le principali classi di inquinanti atmosferici, raggruppati in inquinanti tradizionali e gas climalteranti.

² <http://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/Inemar/HomeLombardia>

³ Il sistema INEMAR stima gli inquinanti emessi dalle numerose sorgenti codificate secondo la nomenclatura internazionale SNAP (Selected Nomenclature for Air Pollution), organizzate in modo gerarchico in 11 macrosettori, 84 settori e 591 attività. A ciascuna di queste classi è assegnata una codifica numerica e nel caso dei macrosettori questa è la corrispondenza: 1. produzione energia e trasformazione di combustibili; 2. combustione non industriale; 3. combustione nell'industria; 4. processi produttivi; 5. estrazione e distribuzione di combustibili; 6. uso di solventi; 7. trasporto su strada; 8. altre sorgenti mobili e macchinari; 9. trattamento e smaltimento rifiuti; 10. agricoltura; 11. altre sorgenti e assorbimenti.

	SO ₂ t/anno	NO _x t/anno	COV t/anno	CH ₄ t/anno	CO t/anno	CO ₂ kt/anno	N ₂ O t/anno	NH ₃ t/anno	PM2.5 t/anno	PM10 t/anno	PTS t/anno	CO ₂ eq kt/anno	Precurs. O ₃ t/anno	Tot. acidif. (H ⁺) kt/anno
1 - Produzione energia e trasform. combustibili	2.046	8.444	755	1.425	4.897	13.969	256	10	164	165	168	14.081	11.614	248
2 - Combustione non industriale	572	10.857	7.312	4.018	57.970	14.599	573	863	6.481	6.636	6.944	14.870	26.991	305
3 - Combustione nell'industria	3.431	15.955	2.783	614	11.016	11.287	266	489	755	996	1.238	11.383	23.469	483
4 - Processi produttivi	2.175	1.609	8.905	174	29.324	3.528	61	49	375	720	1.124	3.551	14.095	106
5 - Estrazione e distribuzione combustibili			7.082	34.843								871	7.570	
6 - Uso di solventi	1	255	77.469	0	202	0		20	637	726	1.066	4.072	77.802	7
7 - Trasporto su strada	37	42.874	13.178	975	54.980	15.598	534	740	2.284	3.344	4.575	15.781	71.545	977
8 - Altre sorgenti mobili e macchinari	140	11.559	1.138	26	4.174	1.204	45	2	561	562	563	1.218	15.699	256
9 - Trattamento e smaltimento rifiuti	417	2.276	304	60.804	1.015	1.733	389	733	9	10	12	3.369	4.044	106
10 - Agricoltura		701	58.681	234.803			5.432	88.699	267	715	1.503	7.489	62.824	5.233
11 - Altre sorgenti e assorbimenti	22	292	60.019	5.060	6.504	-3.612	10	1.276	871	969	1.119	-3.482	61.162	82
Totale	8.840	94.822	237.626	342.742	170.083	58.306	7.566	92.883	12.404	14.842	18.312	73.202	376.816	7.801

Tabella 1. Emissioni in Lombardia nel 2021 ripartite per macrosettore (Fonte: INEMAR ARPA LOMBARDIA)

La Figura 1 riporta i contributi percentuali alle emissioni totali derivanti dall'impiego di differenti tipologie di combustibili con dettaglio di macrosettore. Per gli NO_x è evidente il ruolo del consumo di diesel che determina circa il 53% delle emissioni di questo inquinante, mentre la combustione di biomasse legnose ha contribuito in tutta la Lombardia nel 2021 per il 31% delle emissioni totali di CO e per il 47% delle emissioni totali di PM_{10} . Le emissioni di COV, CH_4 , N_2O ed NH_3 non sono riconducibili all'impiego di una particolare tipologia di combustibile: i COV derivano principalmente dall'uso dei solventi e dal settore delle emissioni biogeniche (agricoltura e foreste), il CH_4 è emesso principalmente dal trattamento dei rifiuti solidi urbani in discarica e da attività legate alla agricoltura che a loro volta determinano buona parte delle emissioni di N_2O ed NH_3 .

Negli ultimi decenni si è registrata una riduzione delle emissioni dei principali macroinquinanti. La riduzione delle emissioni negli ultimi 20 anni è stata molto consistente per importanti precursori delle polveri fini, quali SO_2 e NO_x . In figura 2 e 3 è mostrato il trend delle emissioni di questi inquinanti per macrosettore, come stimato dai dati di ISPRA (1990-1997) e dai dati dell'inventario delle emissioni INEMAR (1997-2021).

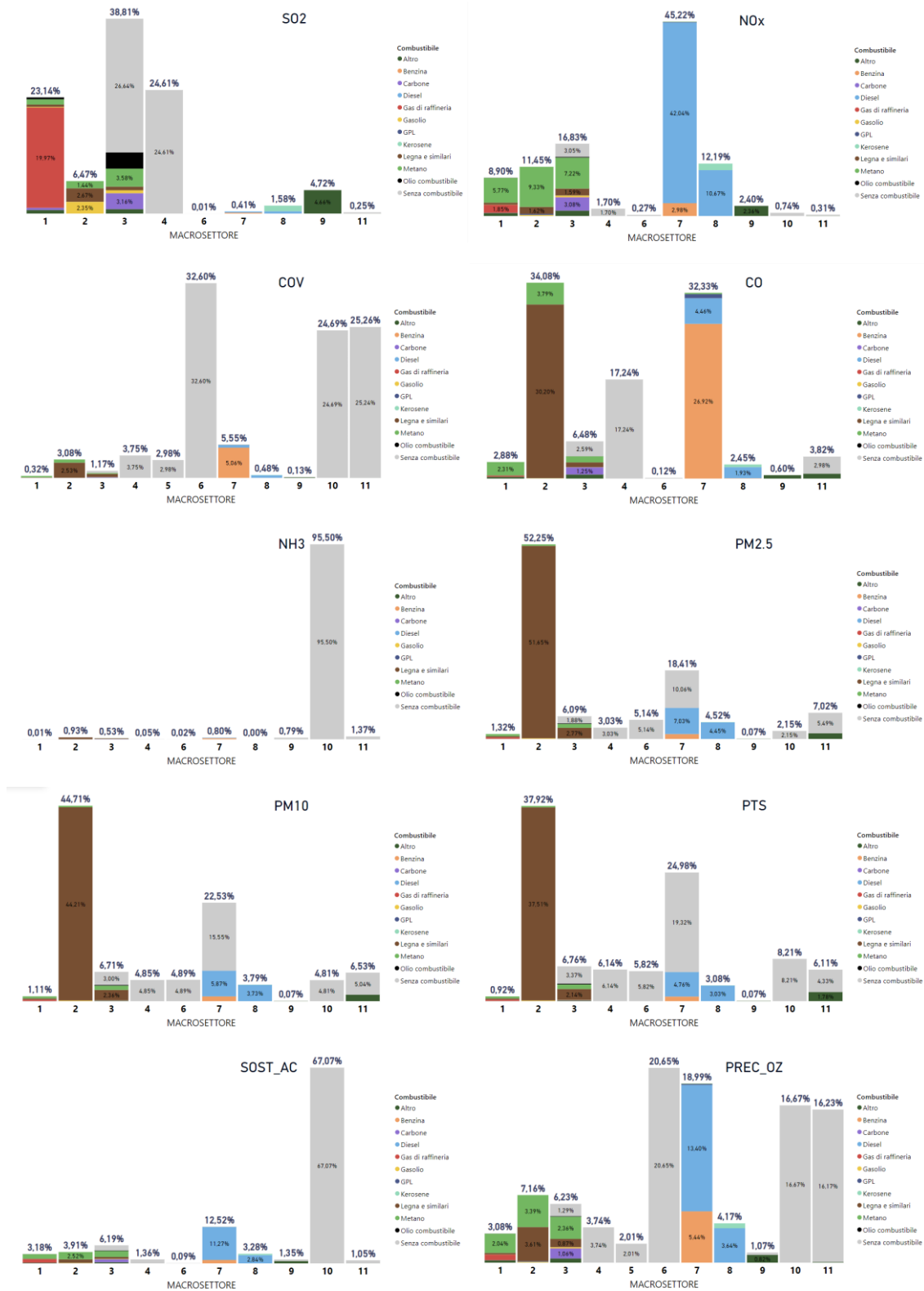


Figura 1 – Ripartizione delle emissioni in Lombardia nel 2021 per macrosettore (Fonte: INEMAR ARPA LOMBARDIA).

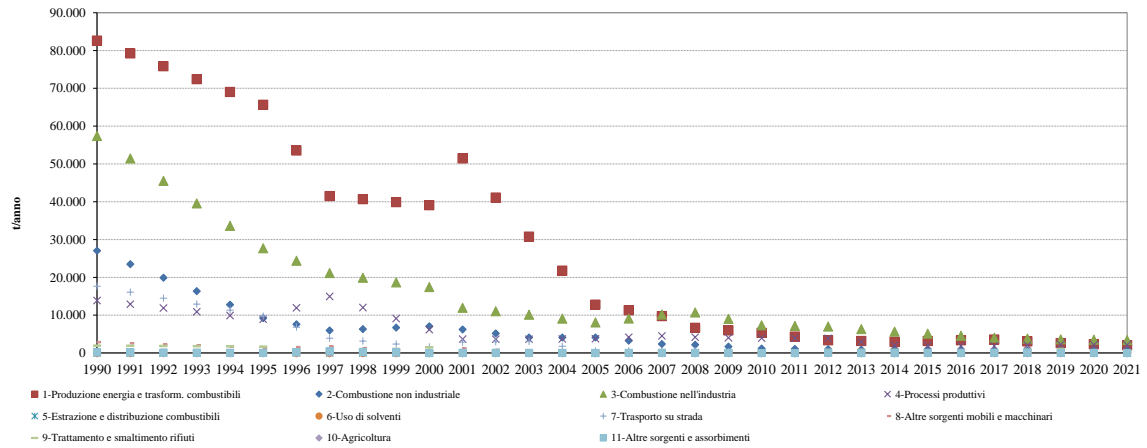


Figura 2 – Serie storica delle emissioni di SO₂ (t/anno) in Lombardia. Fonte: elaborazioni ARPA Lombardia

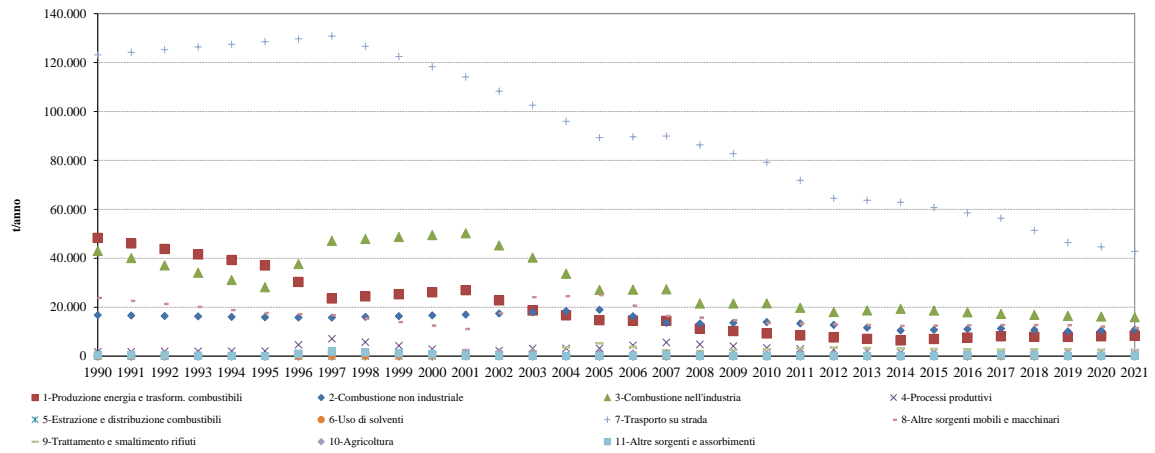


Figura 3 – Serie storica delle emissioni di NO_x (t/anno) in Lombardia. Fonte: elaborazioni ARPA Lombardia

Gli importanti risultati ottenuti negli scorsi decenni sono stati determinati da numerosi fattori. Fra questi, di primaria importanza, il miglioramento delle tecnologie nel settore energetico, civile ed industriale e il ricambio dei combustibili usati, con la diffusione del gas naturale. Un ruolo importante ha giocato anche la terziarizzazione delle attività, con la delocalizzazione delle attività a maggiore impatto ambientale, prima lontano dal capoluogo e poi al di fuori della regione. Infine, va ricordato che altri contributi, come quelli derivanti dal rinnovo del parco veicolare, con la diffusione di veicoli caratterizzati da minori emissioni, sono derivati da un insieme di politiche a scala nazionale e comunitaria miranti ad una riduzione generalizzata delle emissioni in atmosfera, anche per gli impegni previsti dalle convenzioni internazionali.

1.2. Le emissioni di gas climalteranti (CO₂, CH₄, N₂O)

Gli inquinanti climalteranti considerati dall'inventario emissioni sono: CO₂, CH₄, N₂O e gas fluorurati (HFCs). Le emissioni di tali inquinanti sono aggregate ed espresse in termini di CO₂ equivalente, tramite l'utilizzo dei "global warming potential" (GWP), utilizzati come riferimento per le stime delle emissioni ai fini della verifica degli impegni del Protocollo di Kyoto. Al fini di permettere una confrontabilità con le edizioni precedenti, i GWP utilizzati sono relativi alle stime del Quarto Rapporto di Valutazione dell'IPCC (IPCC 4th Assessment Report, 2007). Per maggiori informazioni si rimanda al seguente documento:

https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg1/en/ch2s2-10-2.html

Le emissioni di CO₂ risultano avere una componente negativa, in quanto sono stati stimati gli assorbimenti forestali di CO₂. L'inventario considera questi contributi come quantità sottratte all'atmosfera, per cui le riporta con un segno negativo. Nel 2021 gli assorbimenti forestali rappresentano il 5% delle emissioni di gas climalteranti in Lombardia.

La variazione delle emissioni di gas climalteranti (in termini di CO₂eq) nel periodo 1990-2021 in Italia è pari a -19,9%, se non si considerano le emissioni prodotte dalla variazione di uso del suolo e gli assorbimenti forestali (LULUCF), mentre sono pari a -24,7% considerando tali attività (Inventario nazionale ISPRA 2021, NIR 2023).

A livello regionale, le emissioni totali di gas climalteranti per l'anno 2021 sono pari a 73.202 kt di CO₂eq. Considerando le emissioni di CO₂eq senza LULUCF, pari a 76.864 kt, si registra una diminuzione del 5,5% rispetto al valore stimato da ENEA per il 1990.

Le emissioni di CO₂eq provengono (Figura 4) per il 22% dal macrosettore 7 (trasporto su strada) e per il 20% dal macrosettore 2 (combustione non industriale). I contributi del macrosettore 1 (produzione di energia) e 3 (combustione nell'industria) sono rispettivamente del 19% e del 16%.

Il contributo maggiore alle emissioni di CH₄ si deve per il 69% al macrosettore 10 (agricoltura), seguono il macrosettore 9 (rifiuti) con il 18% e il macrosettore 5 (estrazione e distribuzione combustibili) con il 10%, trascurabili le emissioni dal macrosettore 2 (combustione non industriale) con circa l'1%.

L'N₂O è emesso per il 72% dal macrosettore 10 (agricoltura) e per circa l'8% dal macrosettore 2 (combustione non industriale). Complessivamente, le emissioni di CO₂eq derivano prevalentemente dai macrosettori 1, 2, 3 e 7 legati alle combustioni, determinando un contributo pari al 77% delle emissioni totali. È quindi evidente come la precisione di un inventario delle emissioni di gas climalteranti su scala regionale sia largamente dominata dalla possibilità di

disporre di un affidabile bilancio energetico che quantifichi con sufficiente accuratezza l'utilizzo dei diversi combustibili.

La suddivisione per combustibile delle emissioni di CO₂, per il 2021, rileva un importante ruolo del metano, che da solo rappresenta il 54% delle emissioni di CO₂ di tutti i macrosettori. Il diesel (19% delle emissioni totali di CO₂) dal settore trasporti rappresenta il secondo vettore, a cui seguono la benzina verde (circa 9%), il carbone (2%), il GPL (circa 1%) e l'olio combustibile (0,2%).

Da ricordare che le emissioni di CO₂ dalla combustione delle biomasse e della componente biodegradabile dei rifiuti sono considerate nulle, in quanto si assume che la CO₂ emessa in fase di combustione equivalga a quella assorbita durante la formazione delle biomasse.

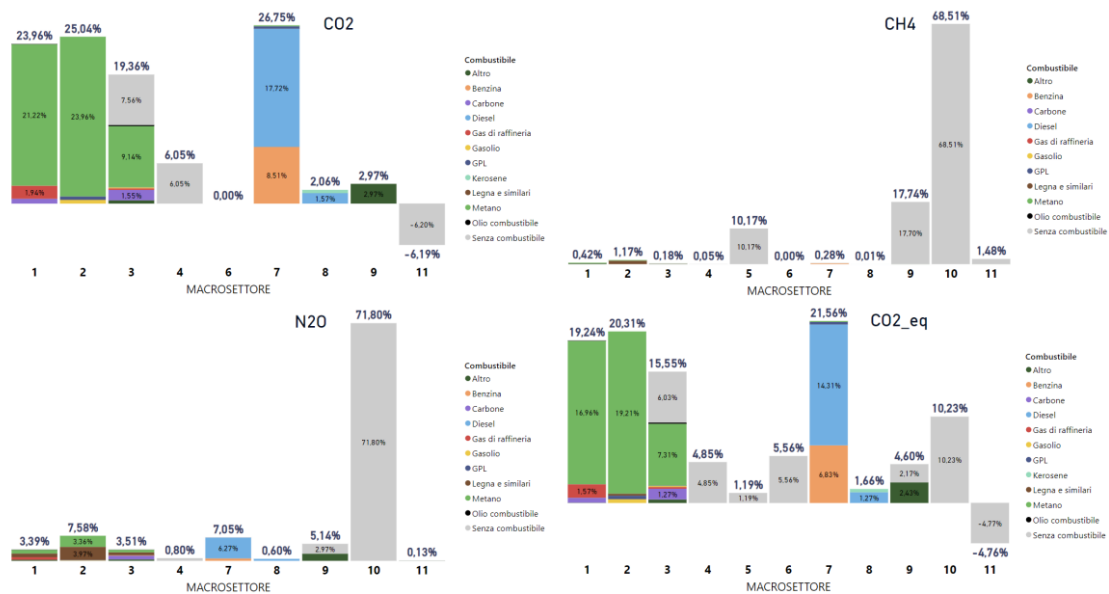


Figura 4 – Emissioni di gas climalteranti nel 2021 in Lombardia suddivisi per inquinante e per macrosettore SNAP (Fonte: INEMAR ARPA LOMBARDIA).

1.3. Distribuzione spaziale delle emissioni in Lombardia

Le figure che seguono riportano la distribuzione spaziale delle emissioni sul territorio lombardo rispettivamente per: PM₁₀, NO_x NH₃ e COVNM (figura 5), CO₂eq (figura 6), acidificanti e precursori dell'ozono (figura 7). Tali distribuzioni differiscono in relazione alla presenza di sorgenti di emissione che, come si è detto nei paragrafi precedenti, contribuiscono con pesi diversi alla produzione dei vari inquinanti. La mappa in figura 5 mostra come le maggiori emissioni di PM₁₀ primario per unità di superficie di ciascun comune lombardo interessino le principali aree urbane della regione, i territori comunali limitrofi ai principali archi autostradali ed alcune zone alpine e prealpine caratterizzate dall'utilizzo di biomasse legnose come combustibile domestico. Mentre le maggiori emissioni di NO_x sono stimate in prossimità delle principali strade ed autostrade in relazione al traffico veicolare, l'NH₃ è emessa principalmente nelle zone di pianura caratterizzate da una vocazione agricola. In maniera del tutto differente dai due precedenti inquinanti, i composti organici volatili non metanici, derivanti prevalentemente dall'utilizzo di solventi, sono emessi nelle aree più popolate della regione, come i capoluoghi di regione e di provincia. Per i COVNM tale sorgente è subito seguita dalle emissioni di tipo biogenico, prevalenti nelle fasce di maggiore forestazione.

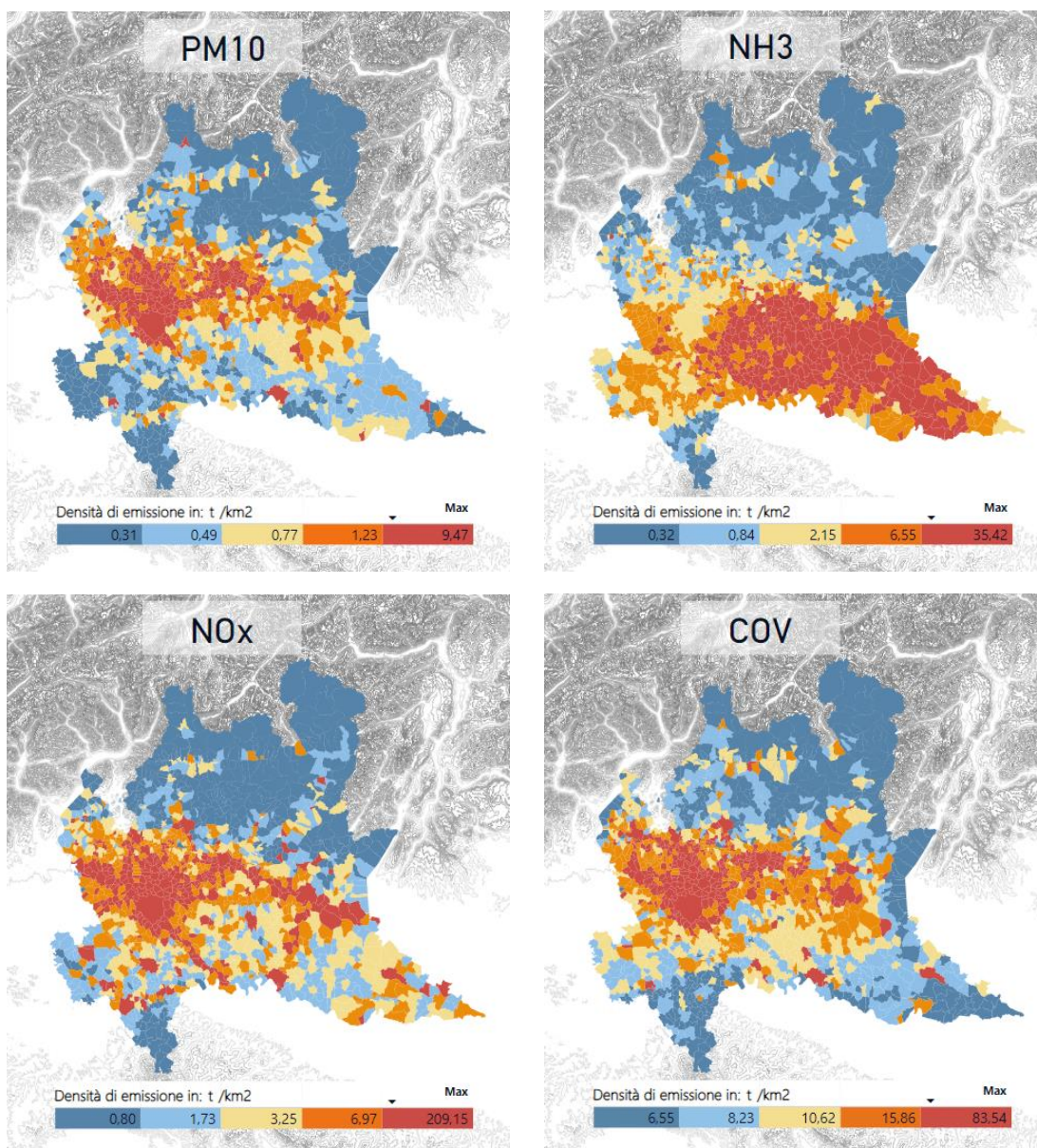


Figura 5. Mappe di emissione nel 2021 in Lombardia per PM₁₀, NO_x, NH₃ e COVNM (Fonte: INEMAR ARPA LOMBARDIA).

Come si è detto, le emissioni di CO₂eq provengono principalmente dai processi di combustione; pertanto, risultano essere principalmente concentrate nelle aree maggiormente urbanizzate del territorio regionale o in prossimità di impianti di produzione di energia.

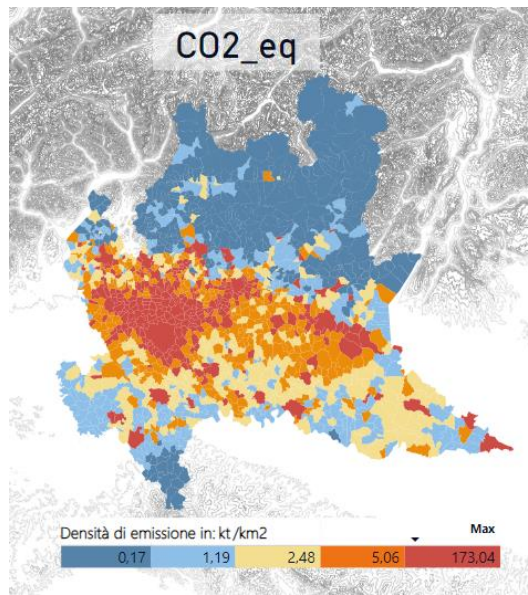


Figura 6. Mappa di emissione nel 2021 in Lombardia di CO₂ equivalente (Fonte: INEMAR ARPA LOMBARDIA).

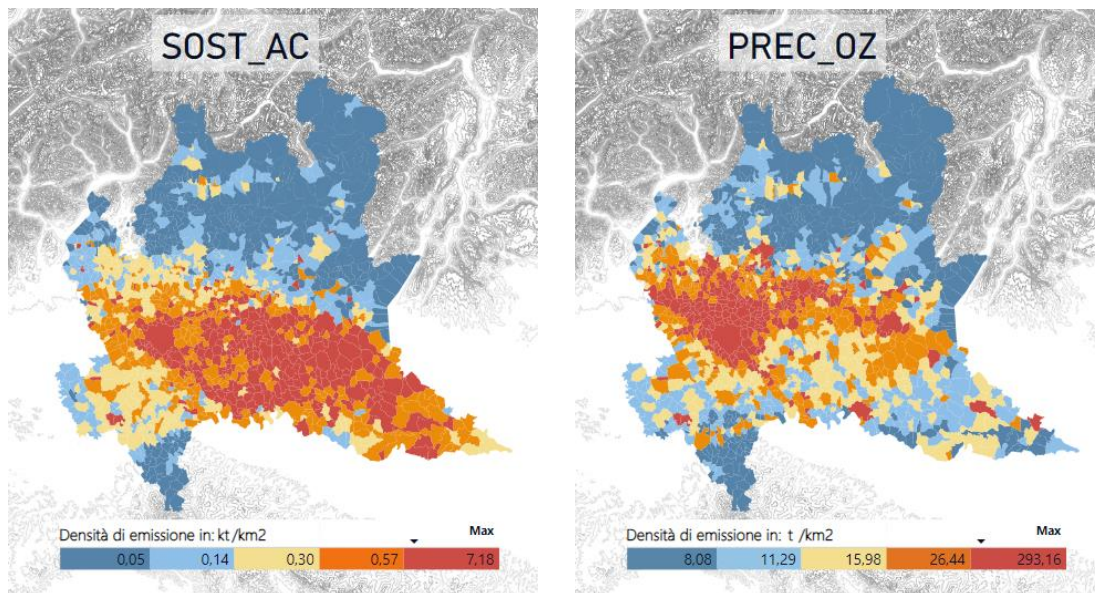


Figura 7. Mappa di emissione nel 2021 in Lombardia di Acidificanti e Precursori ozono (Fonte: INEMAR ARPA LOMBARDIA).

2. Miglioramenti metodologici dell'inventario rispetto all'edizione precedente

2.1. Emissioni da Pizzerie

Secondo la fotografia del mercato della pizza in Italia effettuata da CNA, Confederazione Nazionale dell'Artigianato e della piccola e media impresa (<https://www.ristorazioneitalianamagazine.it/la-pizza-in-italia-la-fotografia-post-covid/>), tra il 2019 ed il 2021 in Lombardia aumenta complessivamente il numero delle attività legate al mondo della pizza di 3.489 unità (+24,6 %). Sulla base di questo indicatore è stato effettuato l'aggiornamento della stima dei consumi di biomassa legnosa nelle pizzerie per il 2021.

Per quanto riguarda i fattori di emissione, questi sono stati oggetto di una attenta revisione prendendo in considerazione come nuovo riferimento bibliografico la campagna sperimentale di Innovhub: <https://www.cetjournal.it/cet/22/92/084.pdf>. I dati misurati da forni della pizza sono stati ottenuti da campagne sperimentali in laboratorio e su un numero limitato di apparecchiature.

Questi due aspetti, oltre alle incertezze riguardo le variabili che possono essere rilevanti nel passaggio dal laboratorio all'impiego reale dei forni, hanno suggerito la ricerca di fattori di correzione analoghi a quelli elaborati nell'ambito dei piccoli apparecchi domestici a legna. Tuttavia, la già limitata letteratura scientifica non permette di definire questi coefficienti. Nel limite dei dati disponibili, i fattori di emissione, stimabili dalle concentrazioni misurate in laboratorio, sono stati pesati per la variabilità degli stessi nelle differenti prove sperimentali.

I fattori di emissione per l'edizione 2021 sono stati quindi aggiornati con i seguenti valori:

- $\text{NH}_3 = 74 \text{ g/GJ}$
- $\text{NO}_x = 77 \text{ g/GJ}$
- $\text{CO} = 3.814 \text{ g/GJ}$
- $\text{PM}_{2,5} = 403 \text{ g/GJ}$
- $\text{PM}_{10} = 411 \text{ g/GJ}$
- $\text{PTS} = 416 \text{ g/GJ}$

2.2. Emissioni di ammoniaca da animali domestici, cani e gatti

Nell'ambito dei lavori della TFEIP 2023 (Task Force on Emission Inventories and Projections), che si occupa dell'aggiornamento delle linee guida internazionali per gli inventari delle emissioni, è stata posta la questione di inserire formalmente la sorgente emissiva di ammoniaca relativa agli animali non legati necessariamente ad una produzione zootecnica. In una prima disamina, i fattori di emissione utilizzabili sono quelli riportati da Sutton et al. (2000) ovvero: 0,13 kg NH_3 /capo/anno per gatti e 0,74 kg NH_3 /capo/anno per cani ([link](#)). Per l'inventario 2021 sono state introdotte due nuove sorgenti emissive (Tabella 2):

Macrosettore	Settore	Nome settore	Attività	Nome attività
11	25	Altro	3	Cani
11	25	Altro	4	Gatti

Tabella 2. Nuove attività SNAP – animali domestici

le cui emissioni sono stimate con il fattore di emissione appena citato ed il numero di animali reperito presso l'anagrafe degli animali d'affezione di Regione Lombardia: <https://www.anagrafecaninalombardia.it/ananaf/>

2.3. Fuochi d'artificio

Come documentato da EUROSTAT (<https://ec.europa.eu/eurostat/en/web/products-eurostat-news/w/edn-20221229-1>), nel 2021 l'UE ha importato 29 200 tonnellate di fuochi d'artificio da paesi terzi, per un valore di 90 milioni di euro. Si tratta di un importo più che tre volte inferiore a quello importato nel 2019, anno pre-pandemia (105 000 tonnellate; 264 milioni di euro). Nel 2020 il calo era già evidente con 79 700 tonnellate di fuochi d'artificio importati, per un valore di 190 milioni di euro.

Il crollo delle importazioni di fuochi d'artificio trova inoltre conferma dal Dipartimento della Pubblica Sicurezza, che traccia una panoramica dei morti e feriti per i botti di Capodanno negli ultimi anni (<https://www.truenumbers.it/fuochi-dartificio-il-giro-daffari-e-crollato-dell80/>) e mostra un andamento direttamente confrontabile con il crollo delle importazioni (Figura 8).

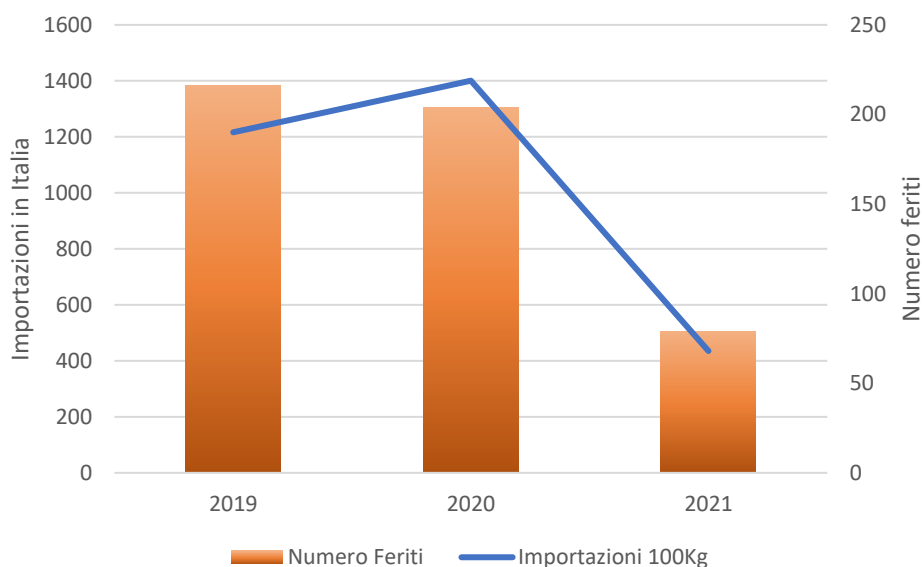


Figura 8. Numero di feriti e importazioni di fuochi d'artificio (2019-2021).

Nell'inventario 2021 è stata quindi considerata una riduzione del 64% dell'impiego di fuochi d'artificio.

2.4. Combustioni all'aperto, incendi e falò

L'insieme di queste sorgenti è stato oggetto di un approfondimento specifico che ha comportato una riorganizzazione delle attività (Tabella 3):

SNAP 2021	Attività 2021	Note rispetto al 2019	Indicatore
11.25.5	Incendio di mezzi di trasporto	Integra e sostituisce 9.10.10 Combustione di auto	Numero di eventi VVFF
11.25.6	Incendio di abitazioni	Nuova	Numero di eventi VVFF

11.25.7	Incendio di appartamenti	Nuova	Numero di eventi VVFF
11.25.8	Incendi di capannoni industriali	Nuova	Numero di eventi VVFF
11.25.9	Incendi in ambito rurale	Integra e sostituisce 9.7.0 Incenerimento di rifiuti agricoli (eccetto 10.3.0)	Incendi VVFF x t bruciate medie
11.25.10	Altri incendi	Integra e sostituisce 9.10.9 Combustione all'aperto di rifiuti vari	Incendi VVFF x t bruciate medie
11.25.11	Combustioni all'aperto Ricomprendono le combustioni incontrollate di biomassa legnosa (es.: falò, piccoli roghi, braceri all'aperto, ...)	Sostituisce ed integra 10.3.1 Bruciatore di stoppie - riso	Metodologia demografica tedesca

Tabella 3. Riorganizzazione delle attività SNAP – incendi e combustioni all'aperto

Numero di incendi e relativa classificazione sono stati reperiti da: ANNUARIO STATISTICO DEL CORPO NAZIONALE DEI VIGILI DEL FUOCO 2022 con Periodo di riferimento: 01/01/2021 - 31/12/2021 <https://www.vigilfuoco.it/asp/ReturnDocument.aspx?IdDocumento=13553>. Il dato riguarda il numero di interventi di soccorso tecnico operati dai VVFF che, per alcune attività SNAP, può essere impiegato come indicatore. Per gli incendi in ambito rurale e gli altri incendi è necessario stimare la quantità di materiale bruciato. Questa valutazione è stata effettuata considerando un valore medio di 0,5 t di materiale bruciato per ciascun evento.

L'attività relativa alle combustioni all'aperto ha ricompreso una serie di sorgenti legate all'impiego prevalente di biomassa legnosa in piccoli roghi, bracieri ed anche in falò. La metodologia sviluppata dalla UBA (Agenzia Federale per l'Ambiente tedesca) è stata adattata alla Lombardia (https://iir.umweltbundesamt.de/2023/sector/waste/open_burning/start; <https://www.umweltbundesamt.de/publikationen/erhebung-der-groessen-zusammensetzung-von>). L'impatto delle singole combustioni di stoppie di riso è stato valutato considerando i dati satellitari sulla combustione di biomassa forniti da CAMS ([Home | Copernicus](#)), dove non è stato possibile riscontrare elementi di particolare criticità nelle aree di coltivazione del riso.

2.5. Aggiornamento parco impianti puntuali

Sono stati fatti significativi aggiornamenti delle sorgenti emissive localizzate. Sono stati considerati 1121 impianti puntuali censiti in "AIDA" (database autocontrolli AIA in Lombardia). I dati emissivi di queste sorgenti puntuali sono stati elaborati considerando la media mobile dei dati per gli anni compresi tra il 2019 ed il 2022 (il 2023 è stato escluso in quanto ancora in corso).

È stata fatta l'analisi delle serie storiche dei dati e identificazione/verifica/esclusione dei potenziali outliers.

Il numero di punti di emissione AIA associati ad attività SNAP è notevolmente aumentato. Sono presenti nel raccordo AIDA-INEMAR 11.794 punti di emissione, rispetto ai 4.682 dell'Inventario 2019.

Gli indicatori relativi alle attività SNAP associate ai punti di emissione censiti sono 1.395, rispetto ai 750 dell'Inventario 2019. Nei casi in cui non erano disponibili dati di consumo di combustibile o

di produzione, ne è stata fatta una stima a partire dalle emissioni misurate e dai fattori di emissione utilizzati da INEMAR. La formula è la seguente:

$$\text{Indicatore} = \text{Emissione}_{\text{inq}} / \text{FE}_{\text{inq}} * 10^6$$

La scelta dell'inquinante da utilizzare per calcolare l'indicatore è critica, in quanto è necessario individuare quello che meglio caratterizzi l'attività in analisi. Per esempio, sono stati utilizzati:

- emissioni di NO_x per le attività di combustione (macrosettori 1, 2, 3, 9 incenerimento),
- emissioni di COV per le attività relative all'uso di vernici e solventi (macrosettore 6), in subordinate emissioni di PTS se le emissioni di COV sono mancanti;
- emissioni di PTS o di COV, a seconda del processo, per le attività di produzione non dipendenti dal combustibile (macrosettore 4).

I dati relativi alle sorgenti puntuali, non già comprese in AIDA (indicatori, emissioni dove disponibili), sono stati inseriti nell'apposito modulo, per un totale di 177 impianti. Le fonti degli indicatori sono: Aria S.p.A. (dati di grandi impianti di combustione), combustibili AIDA, dichiarazioni EMAS, elaborazioni tramite proporzionalità, elaborazioni tramite proxy da bilancio energetico regionale, elaborazioni tramite proxy da gradi-giorno. Le emissioni puntuali misurate inserite sono quelle di CO₂ di fonte Aria S.p.A e, dove disponibili, quelle di altri inquinanti (SO₂, NO_x, COV, CO, PTS, etc.) da dichiarazioni EMAS.

Le emissioni di sorgenti puntuali, misurate e stimate, comprese o meno nel database AIDA, sono visualizzate su mappa nelle figure 9-12 per i seguenti inquinanti: SO₂, NO_x, COV e PM₁₀.

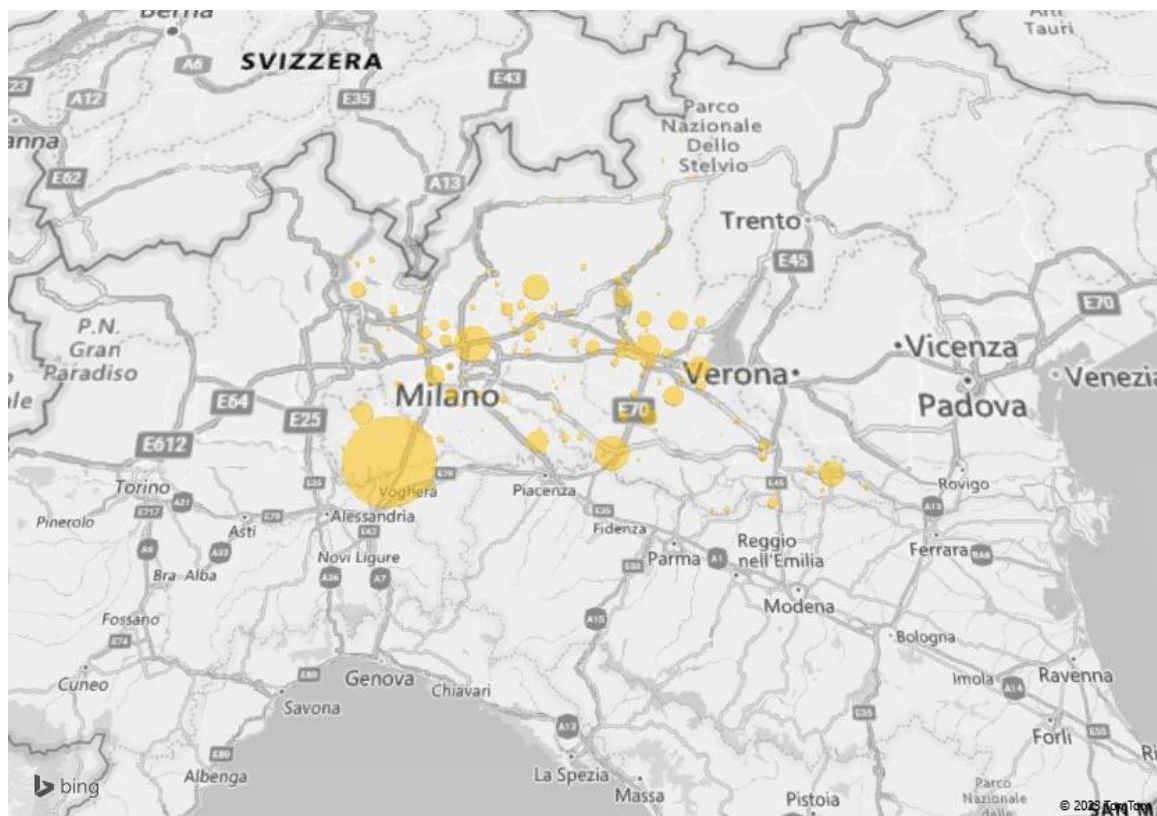


Figura 9. Emissioni puntuali di SO₂

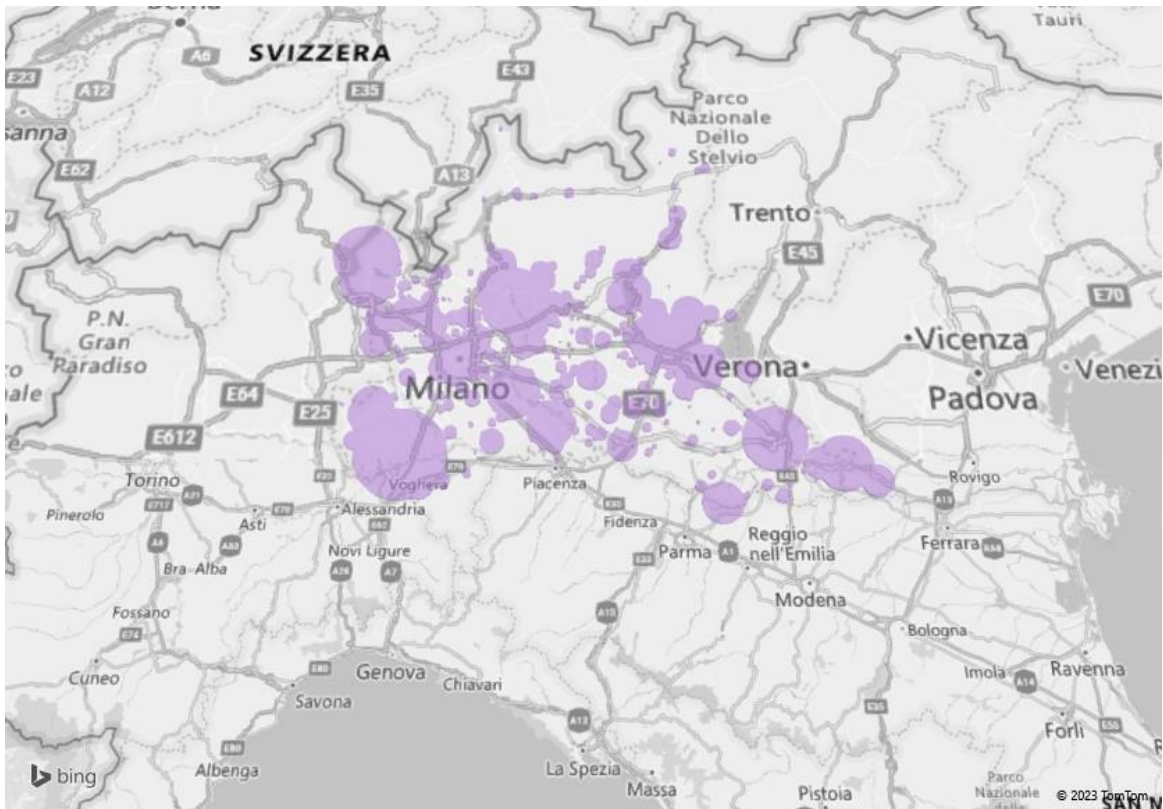


Figura 10. Emissioni puntuali di NO_x

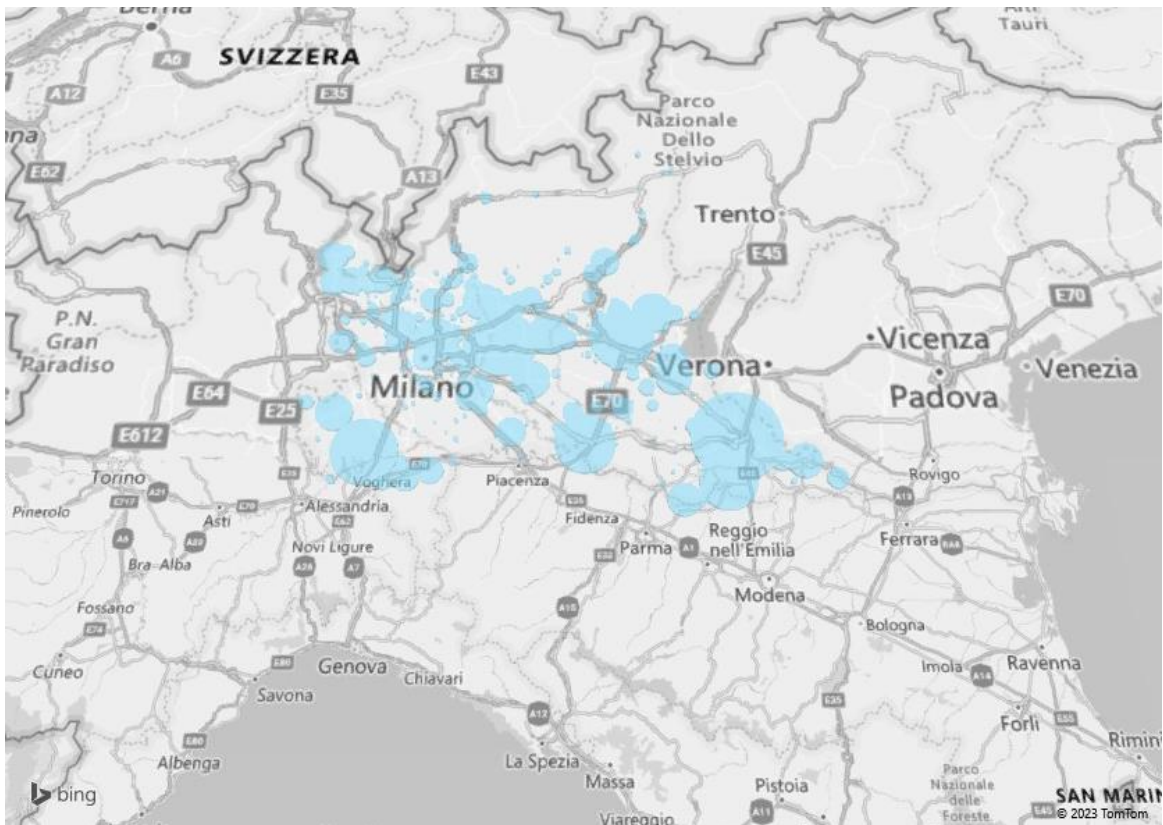
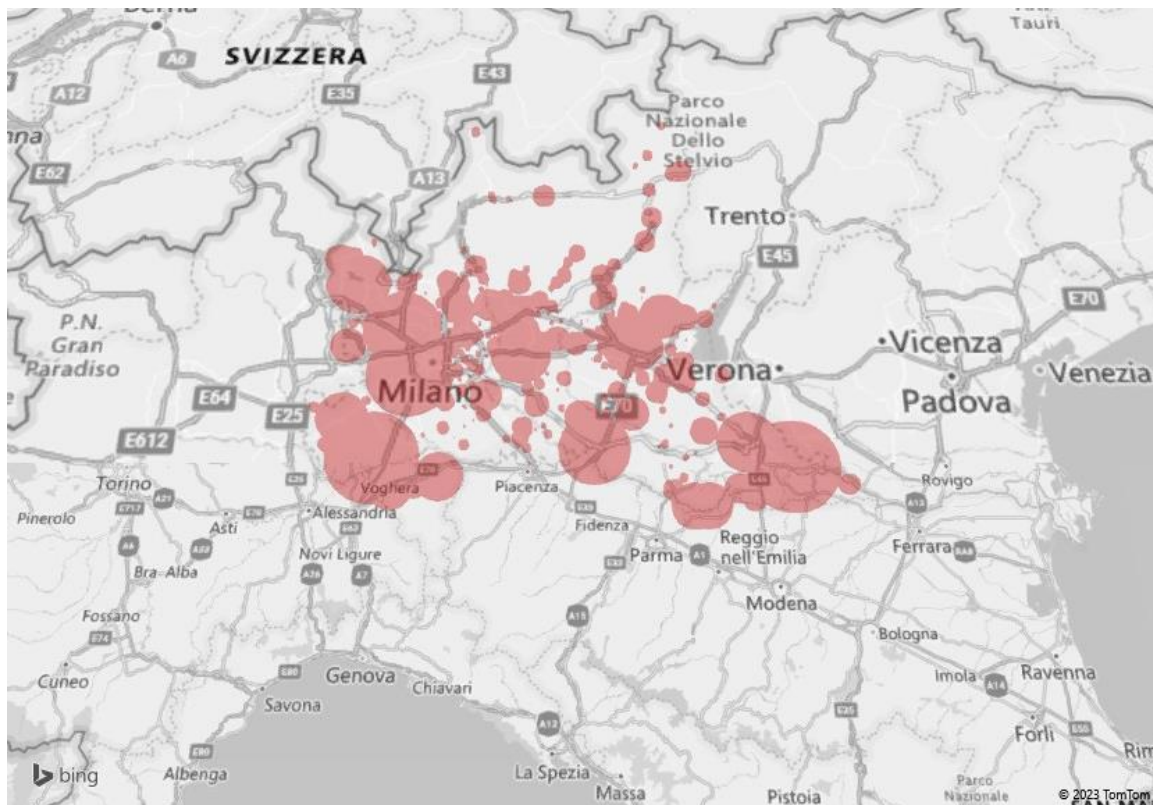


Figura 11. Emissioni puntuali di COV

Figura 12. Emissioni puntuali di PM₁₀

2.6. Aggiornamento stime da trasporto su strada

Per l'inventario 2021 è stato mantenuto lo stesso grafo stradale utilizzato per l'edizione precedente, costituito da circa 96.000 archi (considerando anche il senso di marcia) ma sono stati aggiornati i flussi di traffico, con le loro modulazioni temporali, relativi a cinque macro-classi veicolari corrispondenti a settori della classificazione SNAP delle attività: automobili, veicoli leggeri per trasporto merci (<3.5 t), veicoli pesanti, pullman e motocicli. Alla parte di grafo intersecante la Lombardia sono stati attribuiti i flussi di traffico elaborati nell'ambito del progetto Life Prepair per il 2021.

I flussi di traffico sono stati ripartiti nelle classi veicolari contemplate nella metodologia Copert in base alla consistenza del parco regionale ACI al 31/12/2021, e in base alla loro età, in modo tale da soddisfare il Bilancio Energetico Regionale 2021. I consumi di combustibili residui sono stati ripartiti tra classi di veicoli (compresi i ciclomotori forniti), in base a percorrenze e tra i comuni della regione in base alla popolazione residente al 31/12/2021.

I consumi energetici nel settore dell'autotrazione riportati dal Bilancio Energetico Regionale di A.R.I.A Spa mostrano un incremento tra il 2019 ed il 2021 per quanto riguarda benzina e diesel (Tabella 4), coerentemente le percorrenze totali stimate in INEMAR seguono lo stesso andamento.

2021

	Mkm/anno	t/anno
COMBUSTIBILE	Percorrenze	Consumi
Benzina	28.631	1.566.153
Diesel	46.216	3.490.271
GPL	1.281	73.739
Metano	436	30.762

2019

	Mkm/anno	t/anno
COMBUSTIBILE	Percorrenze	Consumi
Benzina	25.279	1.417.031
Diesel	41.957	3.329.528
GPL	3.414	197.012
Metano	796	49.840

Diff. % 2021 - 2019		
COMBUSTIBILE	Percorrenze	Consumi
Benzina	13%	11%
Diesel	10%	5%
GPL	-62%	-63%
Metano	-45%	-38%

Tabella 4. Percorrenze e consumi nel 2021 e 2019 per combustibile.

3. Emissioni da piccoli apparecchi domestici a legna 2008-2021 in Lombardia

3.1. Emissioni da combustione di legna

La serie storica delle emissioni da riscaldamento a legna è stata oggetto di aggiornamento che ha interessato la stima della numerosità delle principali categorie di apparecchi a biomassa legnosa tra il 2008 ed il 2021. L'approccio metodologico impiegato è quello analogo alla precedente edizione e documentato in: "Methodology for estimating atmospheric emissions from residential wood heating considering technology turnover and real utilization" (Alessandro Marongiu, TFEIP 2022, [link](#)).

Per la definizione delle categorie di apparecchi si è adottata una classificazione tecnologica ottenuta combinando in maniera armonizzata la classificazione SNAP, tecnologie di combustione a legna riportate da associazioni di settore e livelli emissivi definiti nel DM 18/2017⁴. Per le tecnologie di combustione il principale documento, che è stato preso in considerazione, è il rapporto di AIEL¹ (Associazione Italiana Energie Agroforestali) sviluppato nell'ambito delle attività del progetto Europeo LIFE PREPAIR² intitolato "Indagine sui flussi di biomassa in Trentino a fini energetici con riferimento al segmento del pellet".

Tecnicamente il documento riporta la metodologia che ha come principale fine la stima dei consumi di biomassa legnosa ripartita per differenti tipologie di apparecchi. Le categorie di

apparecchi sono state rappresentate da una tipologia di generatore (stufe, caldaie di varie pezzature, ...), un tipo di alimentazione (legna, pellet, cippato), una tipologia di distribuzione del calore (aria ed acqua); non si sono invece trovati riferimenti alle "stelle"³ del DM 186/2017⁴. La combinazione delle informazioni del rapporto di cui sopra e la definizione delle categorie emmissive del DM 186/2017 comporta la definizione di 52 attività nel database, che sono state accodate alla classificazione SNAP, e l'introduzione di una diversificazione del combustibile in: pellet, legna e cippato.

Rispetto a tale classificazione il DM 186/2017 comporta un dettaglio relativo alle stelle fino a caldaie da 500 kW.

3.2. Fattori di emissione

La ricostruzione della serie storica delle emissioni per le differenti categorie di apparecchi impiega migliaia di fattori di emissione ([link](#)) sono stati definiti tramite un algoritmo tenendo soprattutto in considerazione che per le stelle ci sono solo a disposizione limiti del DM 187 ed i coefficienti di letteratura BE-REAL⁵. Per i fattori di emissione delle caldaie di pezzature superiori alla applicabilità del DM 187 è stata effettuata una valutazione considerando: il manuale EEA-EMEP - 2016⁶, i limiti alle emissioni regionali e nazionali, il livello di aggiornamento di INEMAR, anche in relazione a tecnologie simili già rendicontate nell'inventario e che necessariamente dovevano essere armonizzate. Nella definizione dei fattori di emissione si è ipotizzato che le linee guida EEA-EMEP, nella edizione del 2016 riportino i FE di default per gli apparecchi con 1 stella.

Per ciascuna categoria di apparecchio e relativa stella sono stati calcolati i fattori di emissione dai limiti moltiplicandoli per i coefficienti BE-REAL. Per i COVNM e il PM₁₀ è stato necessario impiegare delle ulteriori ipotesi in relazione alla frazione dei metanici e dei condensabili.

A valle di questa attività, si è resa poi necessaria una armonizzazione del trend tecnologico degli apparecchi, punto estremamente delicato viste le incertezze. L'ipotesi di lavoro è stata quella di confrontare tali valutazioni con i fattori di emissione dell'EEA-EMEP, dal momento che per gli inventari delle emissioni rappresenta il primo riferimento. In quello che è stato considerato un orizzonte tecnologico, si è partiti con il FE EEA-EMEP per confrontarlo con fattori di emissione per le differenti stelle (dalla categoria più emissiva a quella più performante). L'armonizzazione è necessaria nel momento in cui il trend non risulta verosimilmente allineato ad un miglioramento delle prestazioni. Nel caso in cui il FE iniziale risulti già inferiore al livello prestazionale stimato dai limiti, questo viene propagato alla categoria superiore fino a quando il valore ottenuto dal limite diventa controllante sulle prestazioni medie.

La procedura appena descritta è stata applicata per i seguenti inquinanti: PM₁₀, COVNM, NO_x e CO. Per altri inquinanti, come IPA, BC, OC ed EC, i fattori di emissione sono stati stimati in base al rapporto del fattore di emissione rispetto al PM impiegando il trend tecnologico armonizzato delle emissioni. Mentre, avendo verificato che rispetto alle linee guida EEA-EMEP i fattori di emissione dei metalli sono gli stessi applicati per tutte le tecnologie, questi sono stati mantenuti costanti per le differenti categorie.

3.3. Stima dei consumi

Nella stima degli indicatori si è proceduto aggiornando quanto già sviluppato nelle edizioni precedenti e che prevedeva: una fotografia iniziale degli apparecchi al 2008, una ricostruzione della serie storica sulla numerosità degli apparecchi che sono sostituiti a mano a mano che invecchiano, considerando uno share tra i nuovi ottenuto da elaborazioni su CURIT e pubblicazioni

di settore (Figura 13). Per quanto riguarda le caldaie è stato effettuato un aggiornamento impiegando i dati di CURIT ripartiti per categorie di potenza.

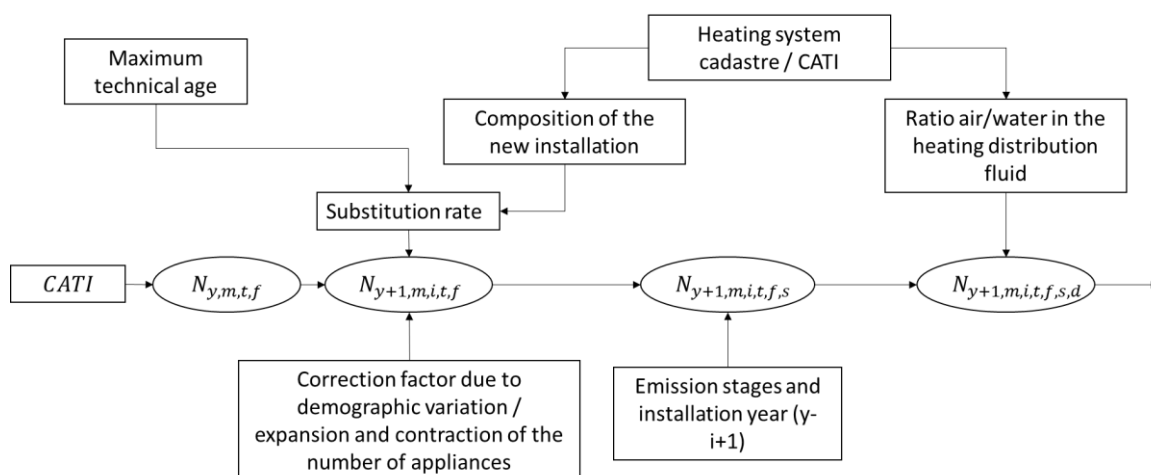


Figura 13. Metodologia di stima della numerosità degli apparecchi sostituiti

Per quanto riguarda i piccoli apparecchi domestici, in una prima fase della valutazione è stata aggiornata la serie storica sul numero di apparecchi per anno di riferimento. Il numero di apparecchi è stato ulteriormente ripartito per categoria di distribuzione del calore aria ed acqua, le cui percentuali sono state calcolate da elaborazioni sui dati di CURIT (Figura 14).

Un ulteriore dettaglio sulla classificazione degli apparecchi ha comportato una modulazione della classificazione in termini di stelle. L'algoritmo già implementato consente di stimare e tracciare l'anno di installazione che è stato messo in relazione alla classificazione secondo le seguenti ipotesi:

- installati fino al 2003 a 1 stella;
- installati dopo il 2003 e 2008 a 2 stelle;
- installati dopo il 2008 e 2016 a 3 stelle;
- Installati dopo il 2016 a 4 stelle.

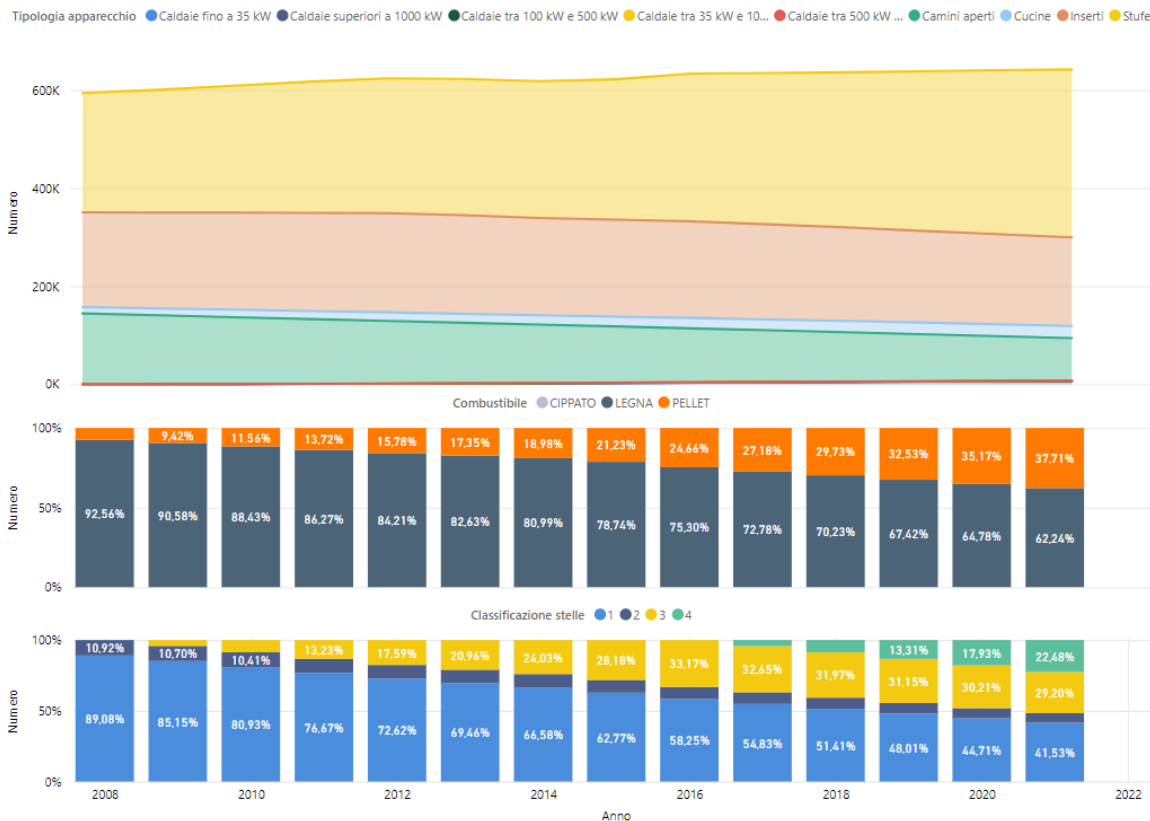


Figura 14. Numero di apparecchi per tipologia e combustibile

Il consumo complessivo di biomassa legnosa è stato determinato sulla base della variazione di gradi giorno.

I consumi per tipologia di apparecchio e combustibile sono calcolati moltiplicando il numero di apparecchi di una tipologia per un consumo specifico nominale, allineato alle ipotesi ed alle metodologie di AIEL nonché ai risultati del progetto LIFE PREPAIR (Figura 15).

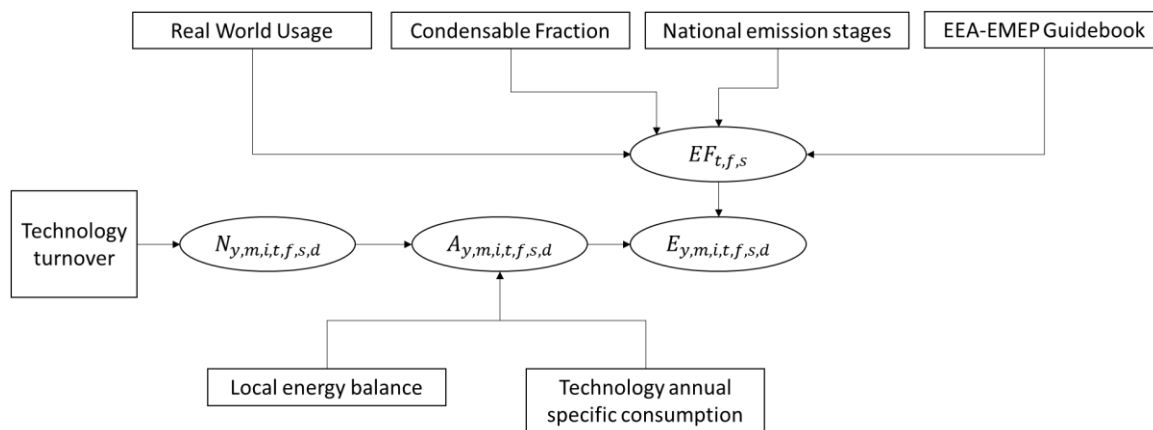


Figura 15. Metodologia di stima dei consumi per tipologia di apparecchio/combustibile

Per l'inventario delle emissioni non si utilizza direttamente questo valore, ma si calcola la percentuale di consumo energetico di ciascun apparecchio e si impiega l'indicatore totale comunale di consumo di biomassa legnosa (Figura 16). Questo è utile per cercare di riprodurre le caratteristiche locali dovute alla introduzione di impianti centralizzati, ma anche alla possibilità degli utenti di utilizzare differenti sistemi di riscaldamento. Questo punto è tanto più critico,

quanto più sono presenti utenti che possono scegliere a loro discrezione l'uso della legna o di caldaie a gas o GPL.

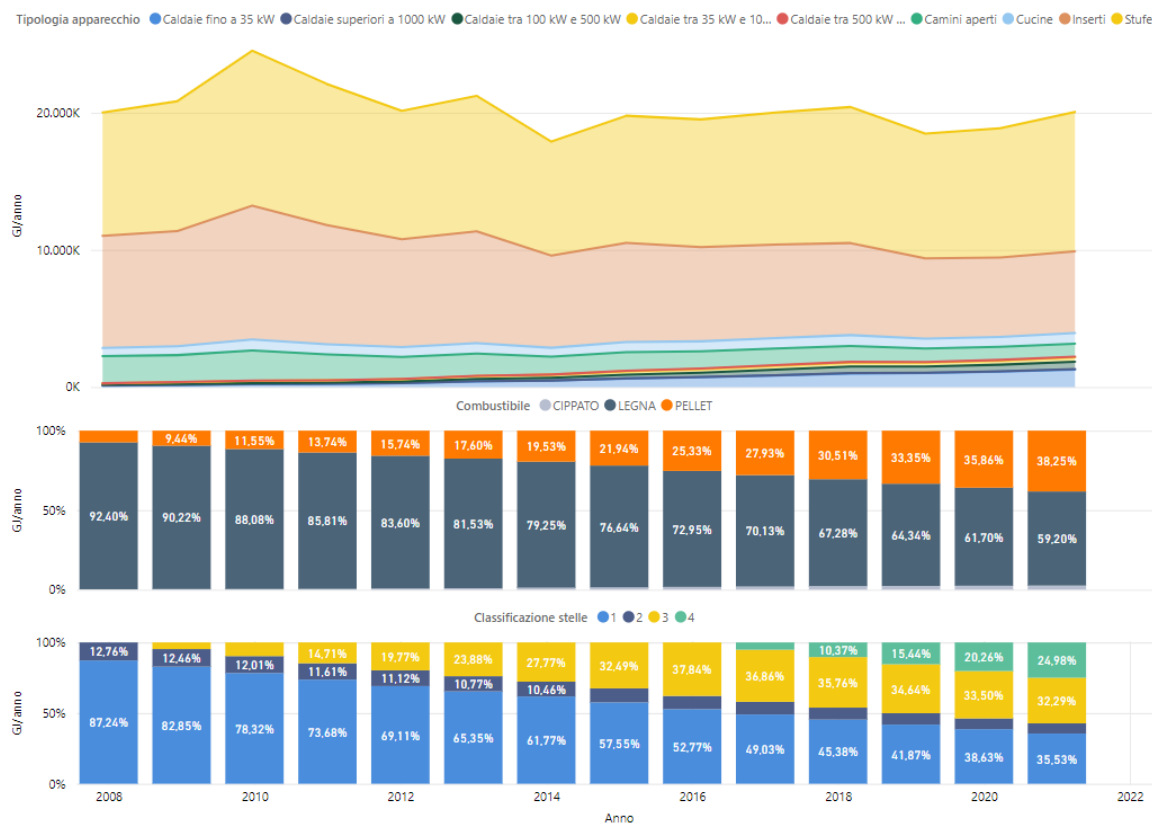


Figura 16. Consumi di biomassa legnosa per tipologia di apparecchio

3.4. Stima delle emissioni

Parte dei fattori di emissione e delle metodologie per la stima delle presenti serie storiche è disponibile al seguente indirizzo: <https://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/FontiEmissioni/RicercaMSA?macid=2> dove si possono consultare le schede dati per gli apparecchi di riscaldamento a biomassa impiegati per la redazione dell'inventario delle emissioni della Lombardia per il 2021 (Figure 17-21).

PM10 (t/anno)

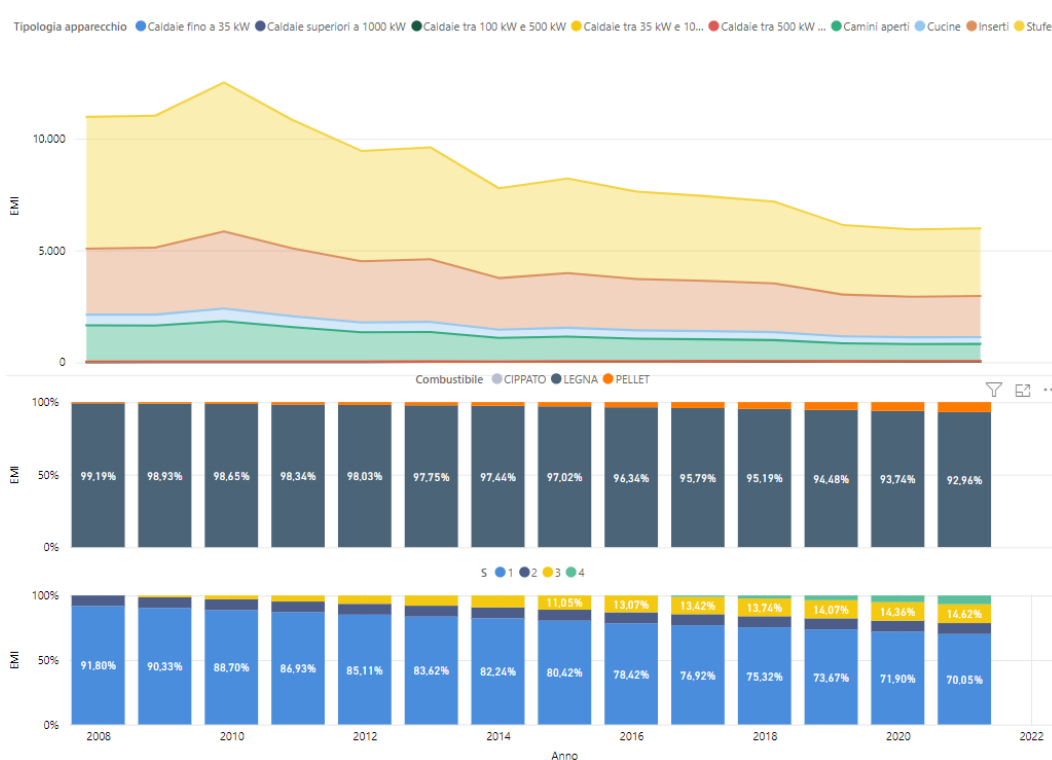


Figura 17. Emissioni di PM₁₀ da combustione di biomassa legnosa per tipologia di apparecchio

NOx (t/anno)

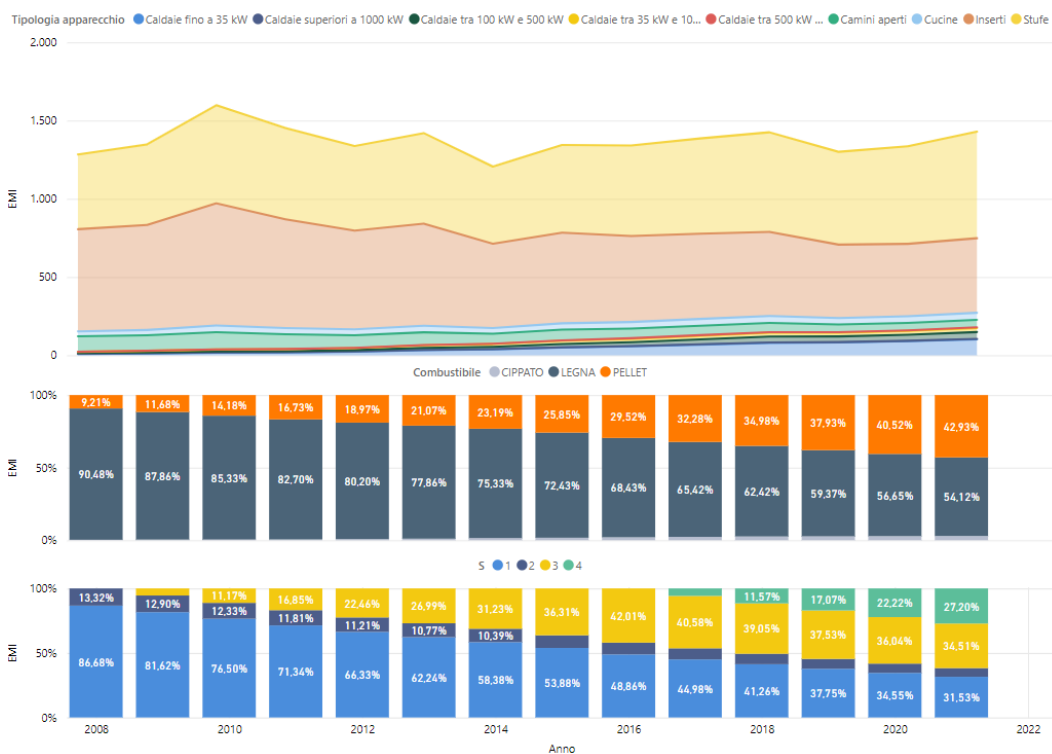


Figura 18. Emissioni di NO_x da combustione di biomassa legnosa per tipologia di apparecchio

COVNM (t/anno)

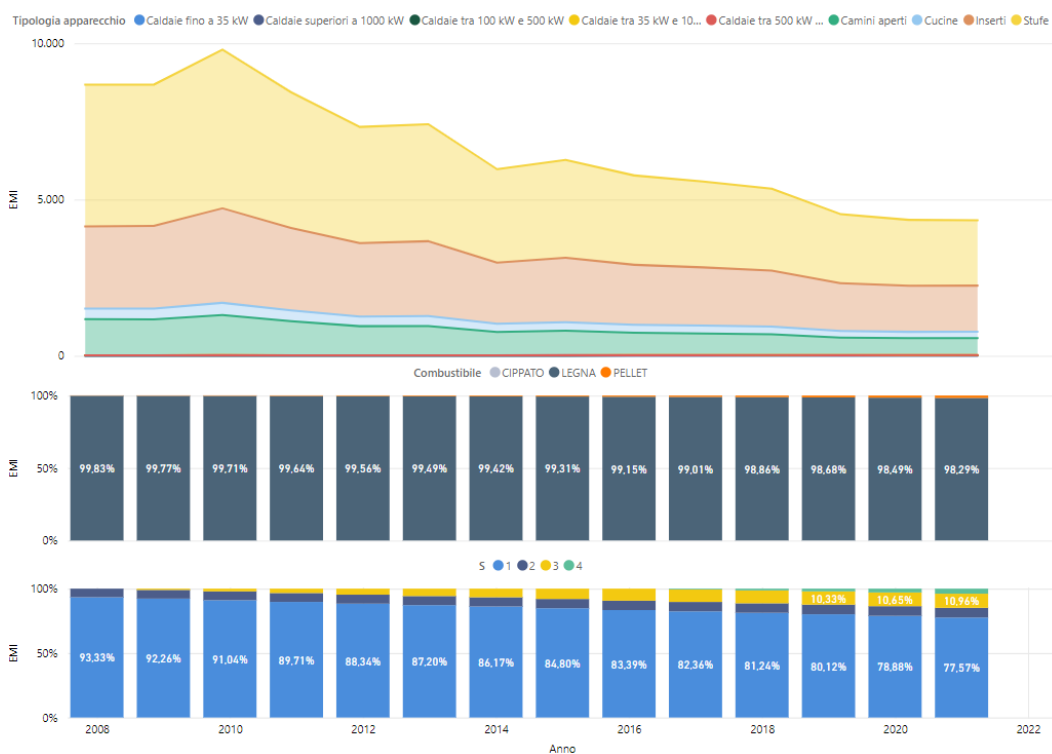


Figura 19. Emissioni di COVNM da combustione di biomassa legnosa per tipologia di apparecchio

CO (t/anno)

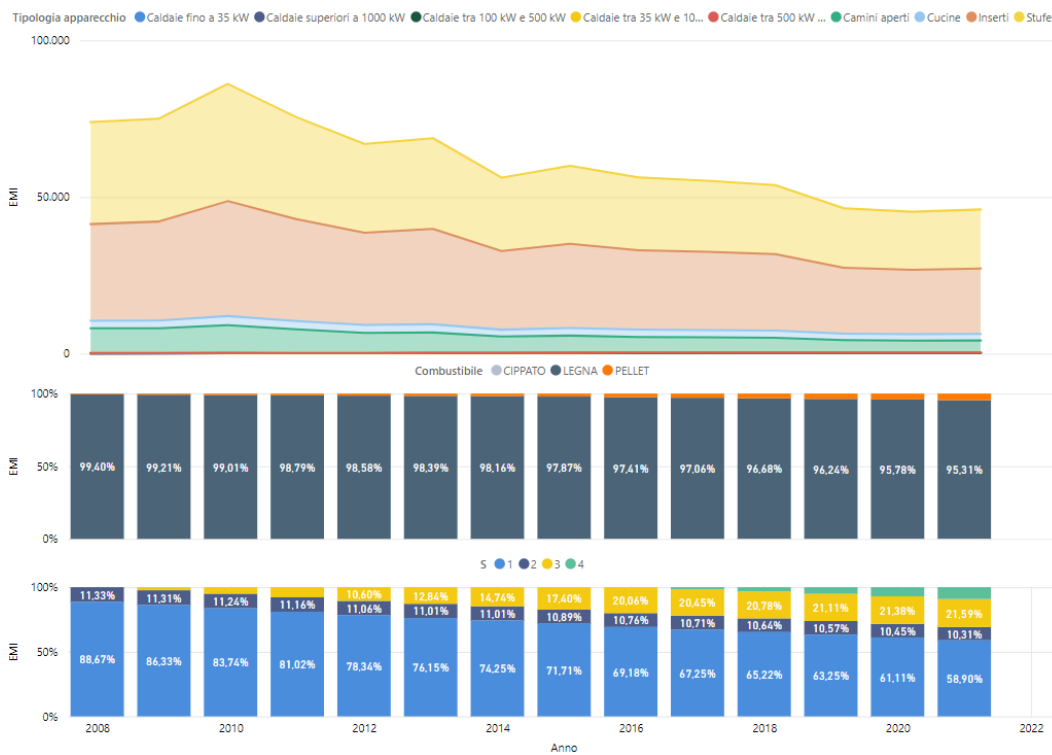


Figura 20. Emissioni di CO da combustione di biomassa legnosa per tipologia di apparecchio

BaP (kg/anno)

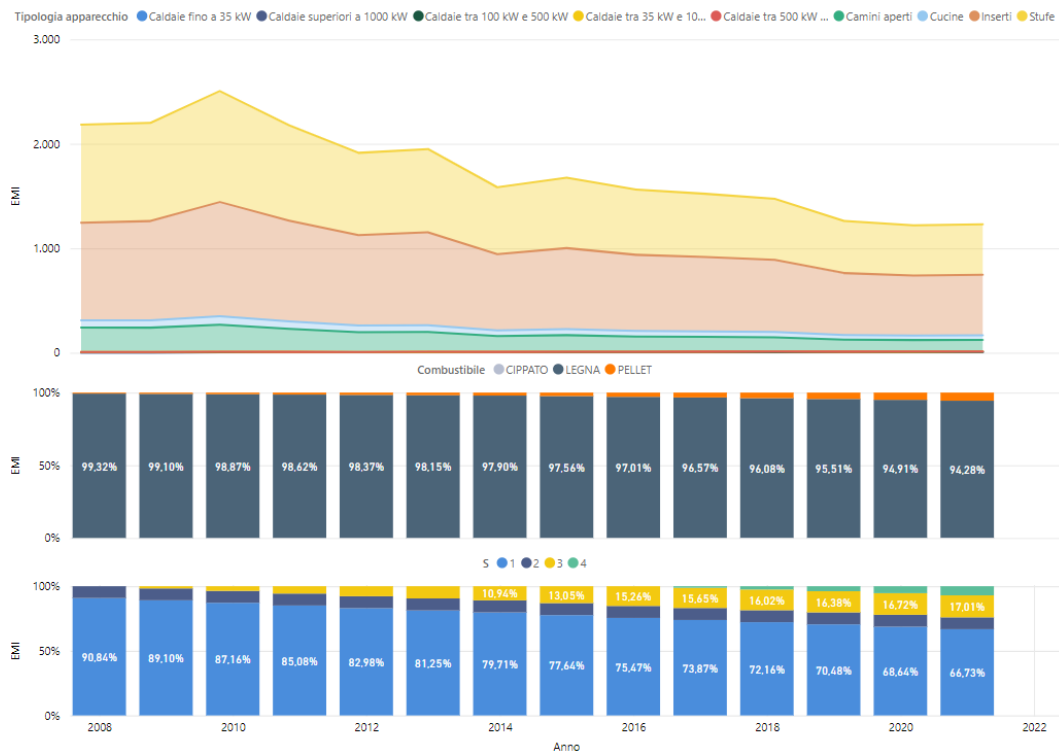


Figura 21. Emissioni di BaP da combustione di biomassa legnosa per tipologia di apparecchio

NOTE:

¹ AIEL (Associazione Italiana Energie Agroforestali) è l'associazione delle imprese che operano lungo la filiera legno-energia: dai produttori di biocombustibili legnosi (legna, cippato, pellet) ai produttori delle tecnologie per trasformare questi biocombustibili in calore ed energia (stufe, inserti camino, caldaie, gruppi di cogenerazione) <https://www.aieleenergia.it/>

² <http://www.lifeprepare.eu/> Il progetto Europeo LIFE PREPAIR mira ad implementare le misure previste dai piani regionali e dall'Accordo di Bacino su scala maggiore e a rafforzarne la sostenibilità e la durabilità dei risultati: il progetto copre la valle del Po e le regioni e le città che influenzano maggiormente la qualità dell'aria nel bacino. Le azioni di progetto si estendono anche alla Slovenia con lo scopo di valutare e ridurre il trasporto di inquinanti anche oltre il mare Adriatico. Il progetto, avviato ad inizio 2017, ha una durata di 7 anni, è guidato dalla Regione Emilia-Romagna e coinvolge 17 partner.

³ Classificazione degli impianti di produzione del calore alimentato con biomassa legnosa da 2 a 5 stelle in relazione alla conformità rispetto ai limiti che vanno via via diventando più stringenti

⁴ DECRETO 7 novembre 2017, n. 186 "Regolamento recante la disciplina dei requisiti, delle procedure e delle competenze per il rilascio di una certificazione dei generatori di calore alimentati a biomasse combustibili solide. (17G00200) (GU Serie Generale n.294 del 18-12-2017)"

⁵ <http://www.bereal-project.eu/projects-deliverables.html>

⁶ <https://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2016>

4. Andamento delle emissioni da traffico

4.1. Parco veicoli in Lombardia tra il 2000 e 2021

I grafici seguenti (Figure 22-31) mostrano l'andamento della consistenza del parco immatricolato in regione Lombardia, pubblicato da ACI, tra il 2000 e il 2021, per tipo di veicolo e di categoria legislativa. Per le automobili tale andamento è rappresentato anche per tipo di combustibile.

La discontinuità evidente nel parco dei veicoli pesanti nel periodo 2004 – 2006 è probabilmente dovuta alla esclusione, effettuata in quegli anni, di motrici e veicoli speciali.

La discontinuità presente nel numero di veicoli leggeri per trasporto merci tra il 2006 e il 2007 è dovuta ad una variazione avvenuta nel metodo di pubblicazione dei dati da parte di ACI: dal 2007 i veicoli industriali leggeri sono infatti elencati in un foglio a sé stante mentre in precedenza erano elencati nel foglio relativo agli autocarri e ciò rendeva incerta la classificazione dei veicoli di fascia di peso "non identificata" o "non contemplata".

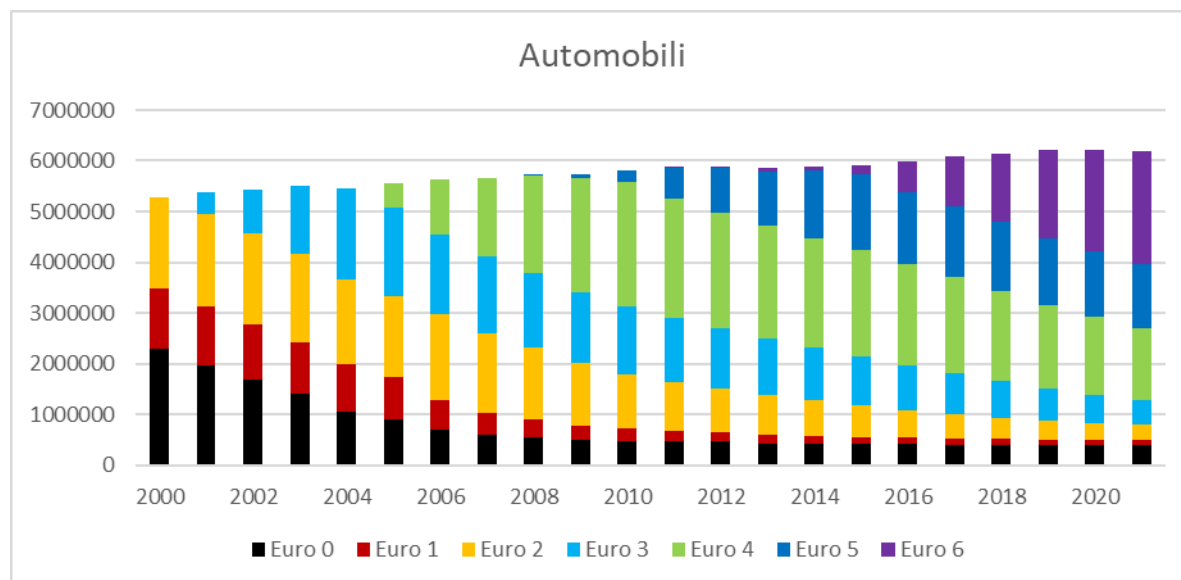


Figura 22. Andamento del parco veicoli per classe euro - Automobili

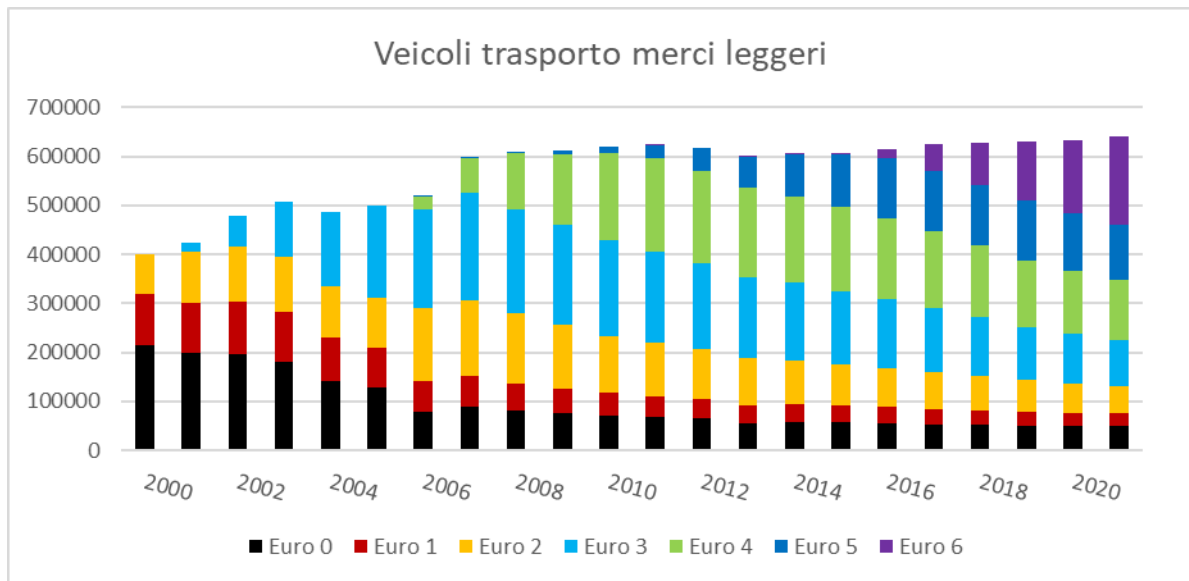


Figura 23. Andamento del parco veicoli per classe euro – Veicoli trasporto merci leggeri

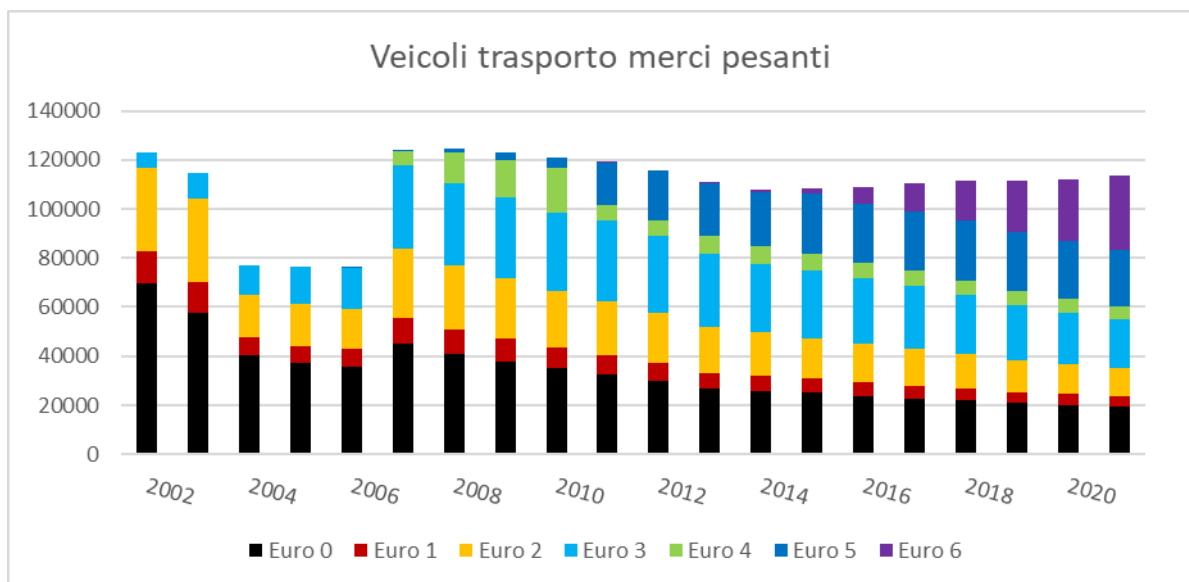


Figura 24. Andamento del parco veicoli per classe euro – Veicoli trasporto merci pesanti

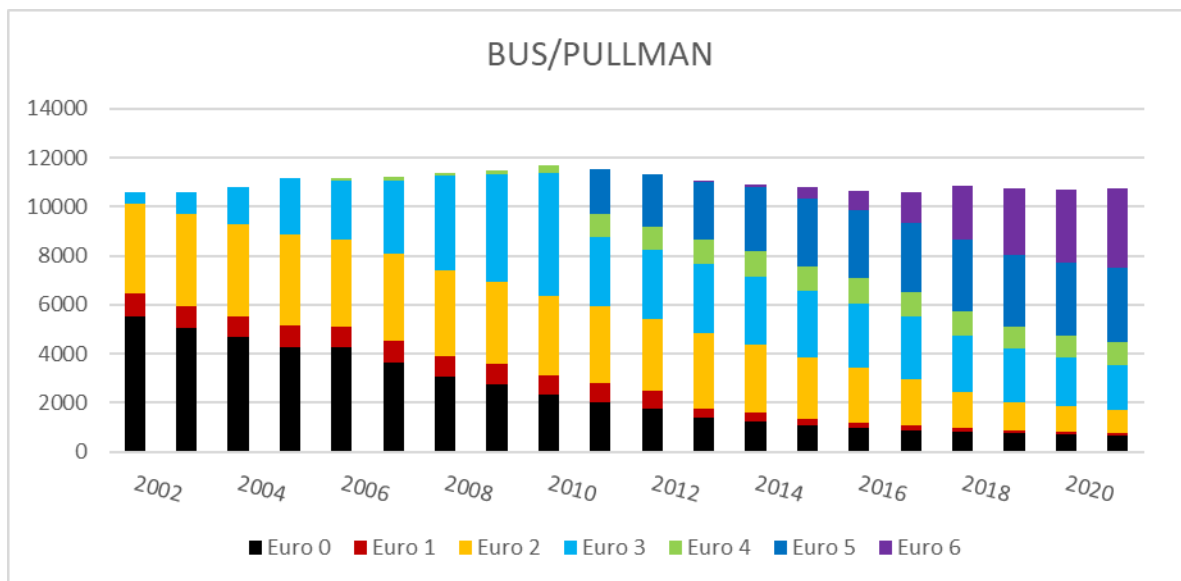


Figura 25. Andamento del parco veicoli per classe euro – Bus e pullman

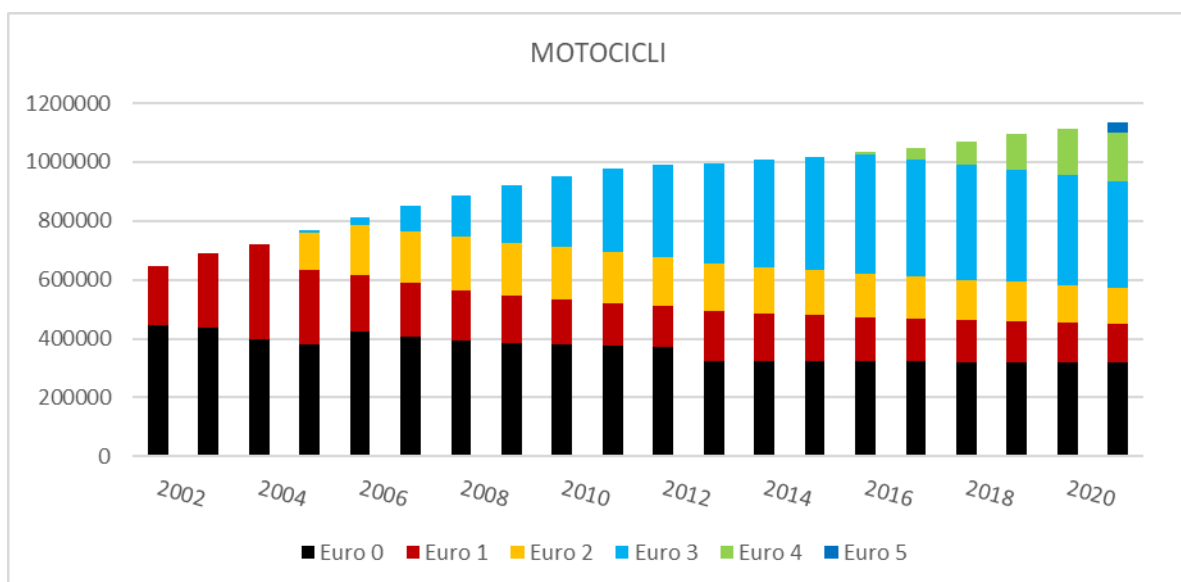


Figura 26. Andamento del parco veicoli per classe euro – Motocicli

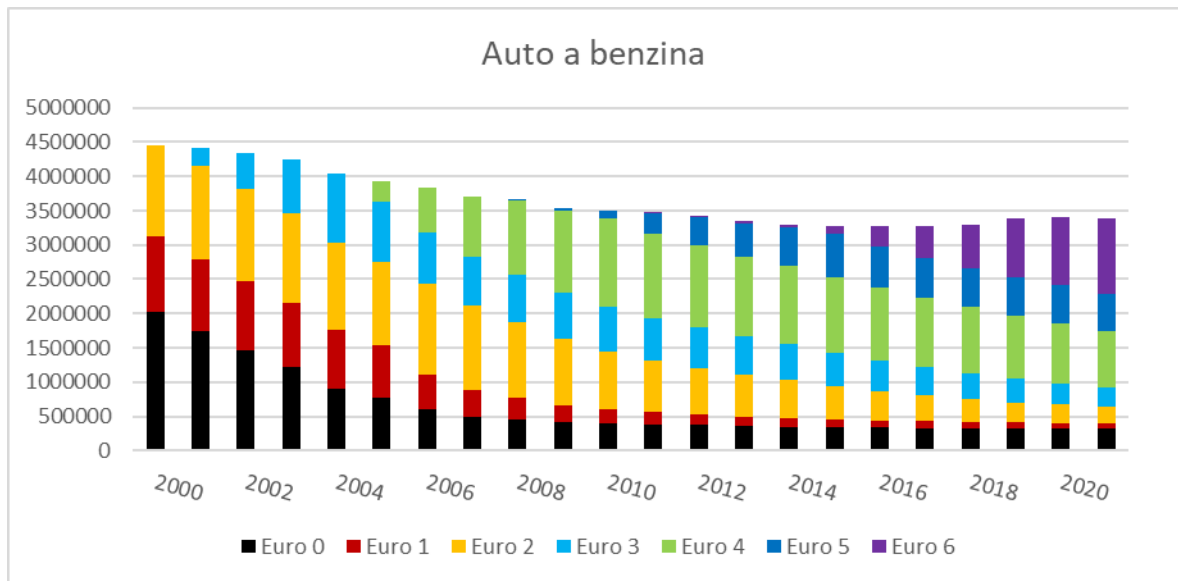


Figura 27. Andamento del parco veicoli per classe euro – Auto a benzina

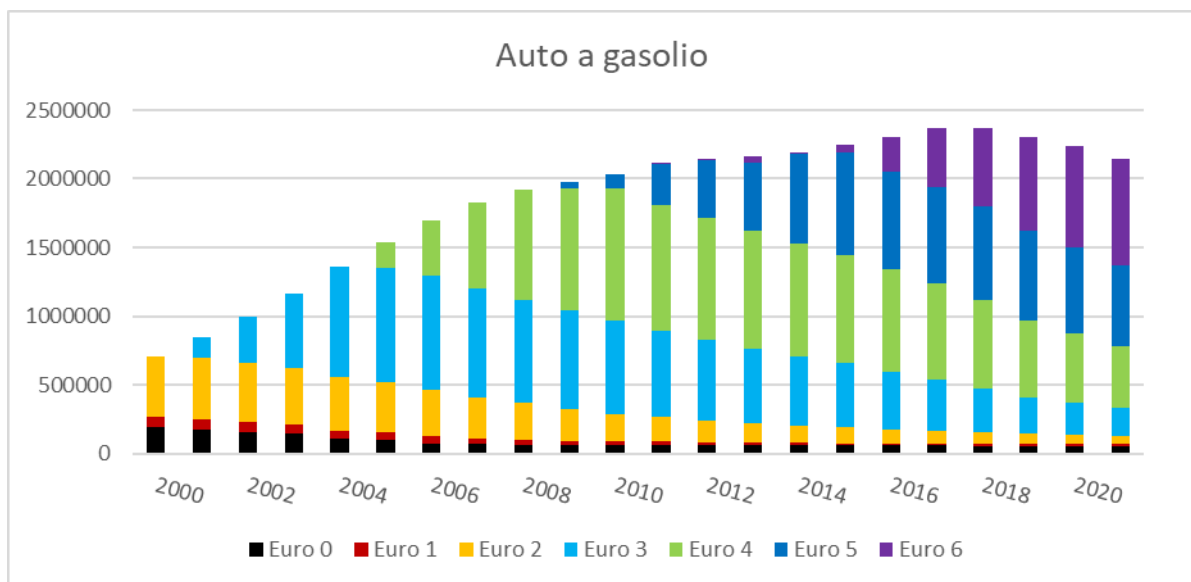


Figura 28. Andamento del parco veicoli per classe euro – Auto a gasolio

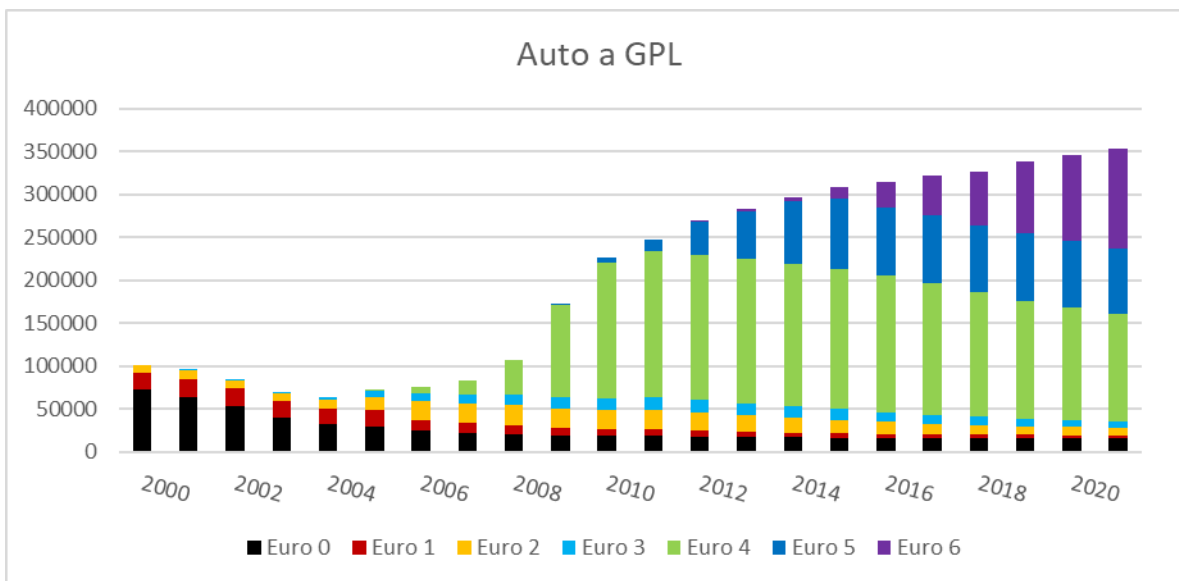


Figura 29. Andamento del parco veicoli per classe euro – Auto a GPL

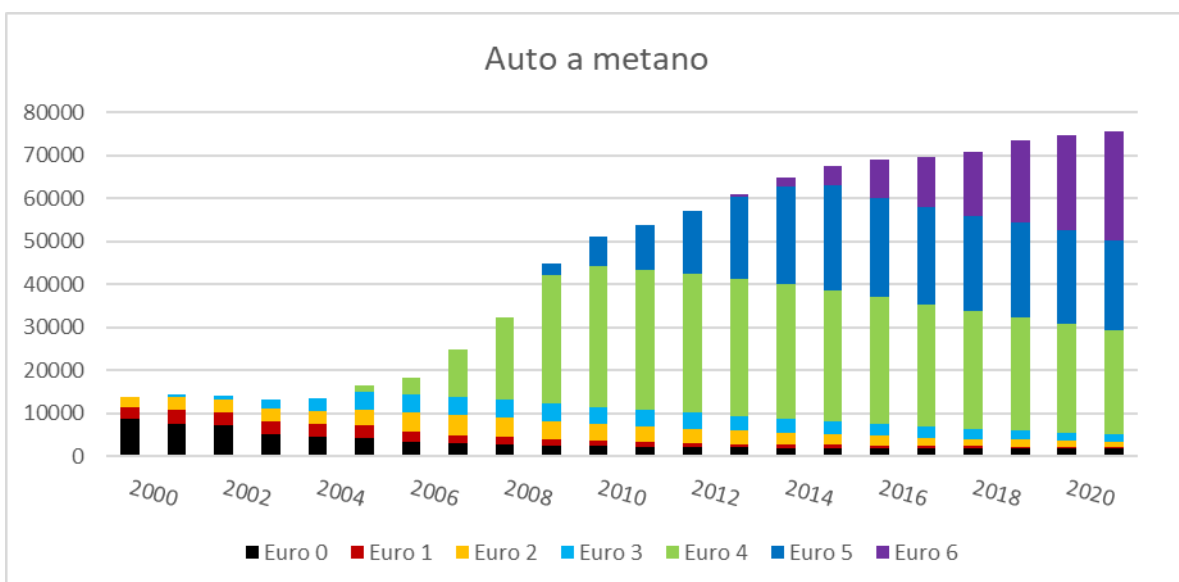


Figura 30. Andamento del parco veicoli per classe euro – Auto a metano

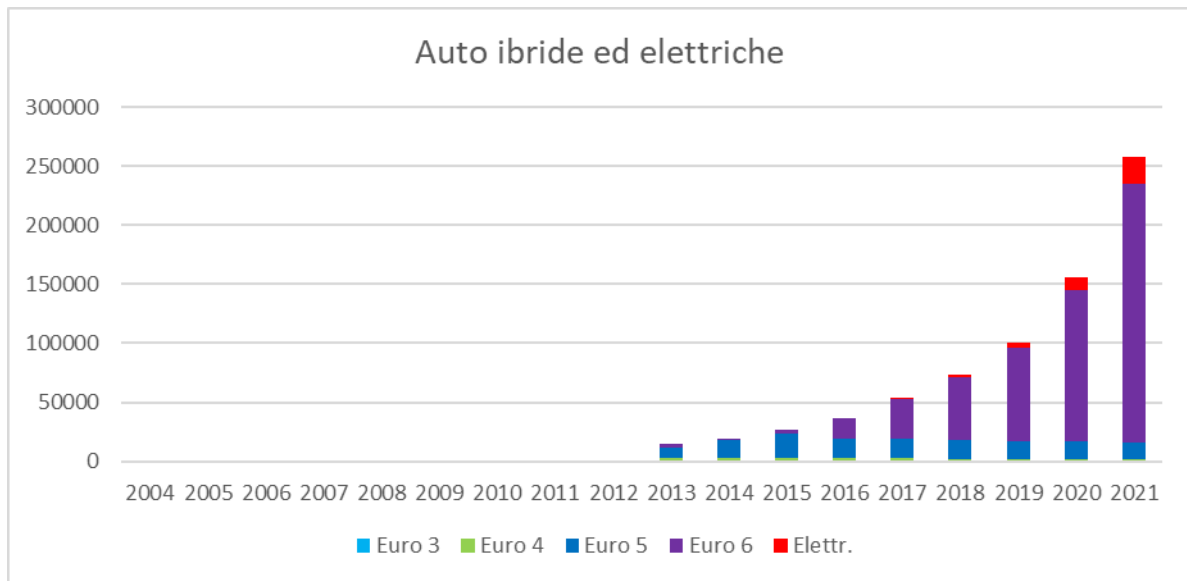


Figura 31. Andamento del parco veicoli per classe euro – Auto ibride ed elettriche

4.2. Andamento emissioni tra il 2003 ed il 2021

I grafici seguenti (Figura 32) mostrano l'andamento delle emissioni di NO_x e di PM₁₀ da trasporto su strada in regione Lombardia tra il 2003 e il 2021, espresse in tonnellate. Le emissioni di PM₁₀ classificate "senza combustibile" sono prodotte dall'usura di freni, pneumatici e manto stradale. La stima delle emissioni è il risultato dell'elaborazione di numerosi dati e di ipotesi di lavoro, di cui si elencano i principali:

1. Flussi all'ora di riferimento relativi a cinque macro-classi veicolari per ogni tratto di un grafo di rete stradale. Tali flussi sono prodotti da modelli di assegnazione che elaborano i dati delle matrici di origine/destinazione dei viaggi (frutto di indagini statistiche) e di rilevamenti dei transiti in alcune sezioni del grafo stradale.
2. Variazione dei flussi in funzione del tipo di mese, giorno e ora.
3. Velocità di percorrenza su ogni tratto stradale e sua variazione in funzione del grado di occupazione del tratto rispetto alla sua capacità.
4. Scomposizione di ogni macro-classe veicolare in singole classi di veicoli per le quali sono disponibili fattori di emissione dipendenti dalla velocità media. Le classi di veicoli sono distinte per: combustibile utilizzato, cilindrata o peso, categoria legislativa. La scomposizione viene effettuata in base alla consistenza del parco immatricolato e in base ad ipotesi sulla percorrenza media annuale compiuta dai veicoli appartenenti a ciascuna classe. Altre ipotesi riguardano la ripartizione tra motori a due e quattro tempi per moto e ciclomotori in base alla cilindrata e alla categoria legislativa.
5. Quantità di combustibili da autotrazione consumati in regione. Questo dato è tanto più rilevante quanto meno fitto è il grafo di rete stradale; in un territorio di dimensione regionale il grafo, pur comprendendo tutti o quasi i tratti extraurbani, non può comprendere anche tutte le strade urbane, sia per la difficoltà di assegnazione dei flussi ad un numero così elevato di tratti stradali, sia perché ciò comporterebbe tempi di calcolo

eccessivi. Il consumo di combustibili diventa quindi un dato necessario per la stima delle emissioni da traffico urbano.

Le stime relative a diverse edizioni dell'inventario risentono anche di variazioni di dati, ipotesi e di miglioramenti metodologici introdotti nel corso degli anni. Ad esempio, l'aumento delle emissioni da automobili e la riduzione delle emissioni da merci leggeri, mostrato nei grafici seguenti per il 2010 rispetto agli anni precedenti, è dovuto alla introduzione di un grafo di rete più dettagliato e ad una nuova assegnazione dei flussi di traffico. La riduzione delle emissioni del 2012 rispetto al 2010 è principalmente dovuta alla riduzione riscontrata nelle vendite di carburanti che ha reso necessario apportare anche una riduzione dei flussi assegnati al grafo stradale per evitare che i corrispondenti consumi, calcolati tramite il modulo "Traffico lineare" di INEMAR, superassero i quantitativi di carburanti attribuiti al trasporto dal Bilancio Energetico Regionale (B.E.R.).

I consumi da trasporto B.E.R 2021 mostrano complessivamente un incremento del 2,1% rispetto al 2019, seppur con variazioni significative tra i vari combustibili (da -63% di GPL a +11% di benzina). Ai consumi complessivi di benzina e gasolio da trasporto è stata sottratta una quota, stimata o comunicata da altre fonti, da attribuire ai trasporti off-road (ferrovie, macchine operatrici industriali, navigazione, mezzi di supporto aeroportuali ecc.).



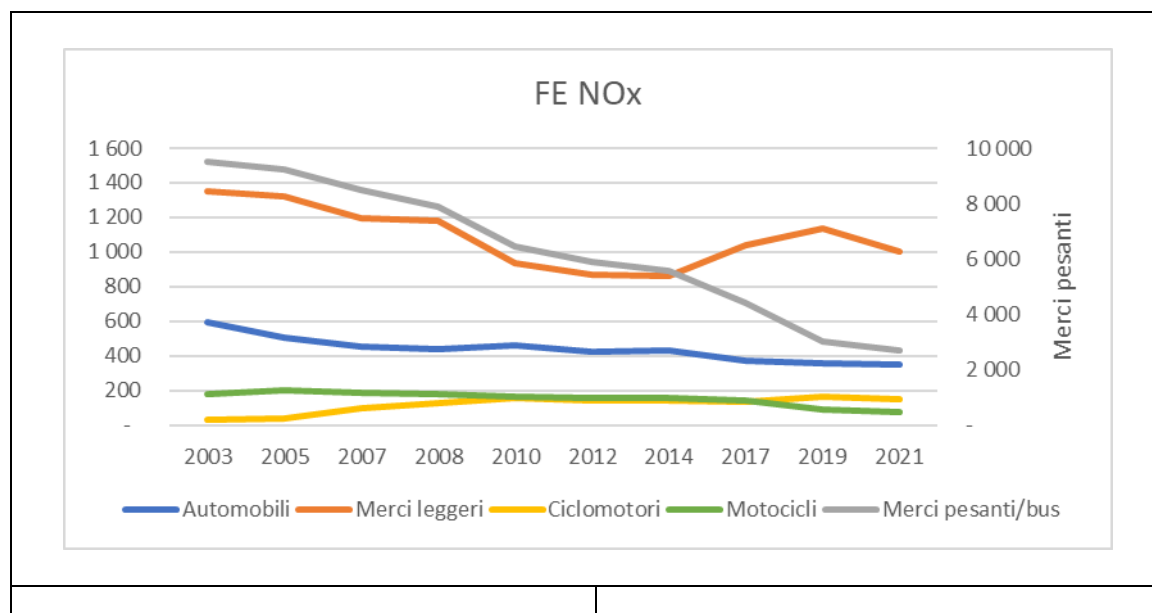


Figura 32. Andamento delle emissioni di NO_x e PM₁₀ per tipo veicolo e combustibile

4.3. Andamento dei fattori di emissione tra il 2003 ed il 2021

I grafici seguenti (Figura 33) mostrano l'andamento dei fattori di emissione medi di NO_x e di PM₁₀, espressi in mg/km per le macro-classi veicolari considerate nell'inventario. Tali fattori sono ottenuti dal rapporto tra emissioni e percorrenze, per tipo di veicolo e combustibile, calcolati ad ogni inventario. Le emissioni sono state calcolate applicando la metodologia pubblicata dall'Agenzia Europea per l'Ambiente nel Guidebook EMEP. Fino al 2019 i veicoli euro 6 sono stati considerati di categoria legislativa 6C, nel 2021 sono stati ripartiti tra 6C, 6D-temp e 6D. Sono inoltre riportati grafici che mostrano più nel dettaglio l'andamento dei fattori di emissione allo scarico da automobili per tipo di combustibile nonché il contributo rilevante dei fenomeni di usura al fattore di emissione medio complessivo di PM₁₀. I valori più elevati mostrati, fino al 2010, dai fattori di emissione medi di NO_x delle auto a GPL, rispetto a quelle alimentate a metano, erano dovuti alla maggiore età media del parco circolante alimentato con il primo combustibile. Per quanto riguarda il PM₁₀, la riduzione del fattore di emissione allo scarico delle automobili Diesel, avvenuta nel primo decennio dopo il 2000, è stata controbilanciata dall'incremento nel numero di tali veicoli verificatosi nello stesso periodo. A partire dal 2014 il fattore di emissione medio di PM₁₀ allo scarico delle auto Diesel è diventato inferiore al contributo dato dall'usura (circa 25 mg/km). È prevedibile, nei prossimi anni, un'ulteriore riduzione dovuta alla progressiva scomparsa delle auto Diesel di categoria inferiore all'euro 5, sprovviste di filtro antiparticolato (circa 782.000 immatricolate in Lombardia al 31/12/2021) che porterà progressivamente il fattore di emissione medio complessivo delle automobili dagli attuali 32 mg/km a circa 27 mg/km. Ulteriori riduzioni saranno probabilmente possibili, ma solo intervenendo su apparati frenanti e pneumatici.

L'incremento nel fattore di emissione medio di NO_x da merci leggeri nel 2017, rispetto al 2014, è dovuto all'adozione di una metodologia di calcolo più recente. L'edizione di dicembre 2016 del Guidebook Emep, riportava infatti fattori NO_x da merci leggeri euro 5 ed euro 6 (immatricolati fino al 2017) di valore rispettivamente doppio e quadruplo rispetto all'edizione di settembre dello stesso anno (Figura 33).



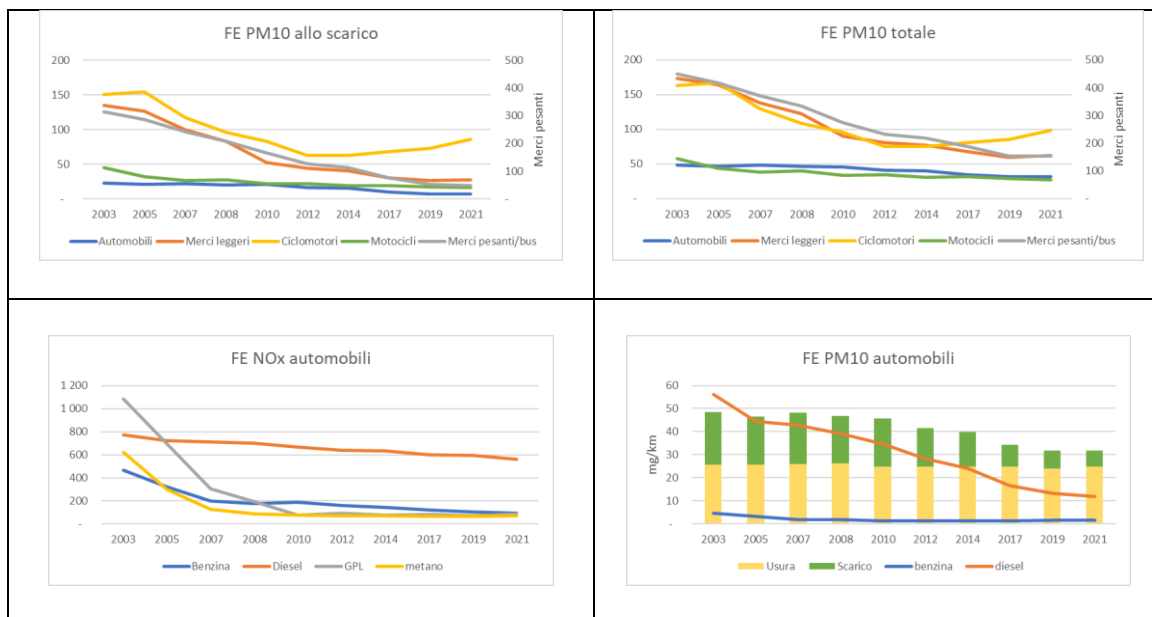


Figura 33. Trend dei fattori di emissione di NOx e PM10 per tipo veicolo e combustibile

5. Variazione emissioni

5.1. Confronto fra le stime di emissioni dell’inventario 2021 e 2019

Gli aggiornamenti introdotti rispetto all’Inventario 2019 hanno comportato alcune variazioni nelle emissioni complessive di macroinquinanti. Nel seguito, per ciascun inquinante vengono riportate le variazioni delle emissioni totali rispetto all’edizione precedente e, a seguire, dettagli sulle variazioni più rilevanti delle emissioni dei singoli macrosettori. Le principali variazioni sono dovute all’aggiornamento dei fattori di emissione o degli indicatori e a miglioramenti metodologici.

- *Le emissioni totali di SO₂ sono diminuite del 16%.*
 Questa differenza è dovuta principalmente alle emissioni da trattamento e smaltimento rifiuti, che sono diminuite di circa 660 t (-61%), produzione di energia, che sono diminuite di circa 570 t (-22%), a quelle da combustione nell’industria, che sono diminuite di circa 210 t (-6%). Meno significativi gli altri contributi. Il decremento delle emissioni da trattamento e smaltimento rifiuti e di quelle da produzione di energia è dovuto alle emissioni delle raffinerie di petrolio.
- *Le emissioni totali di NO_x sono diminuite del 4,4%.*
 Tale variazione è dovuta alla diminuzione delle emissioni da trasporto su strada (circa 3.600 t in meno, -8%), da altre sorgenti mobili (circa 1.100 t in meno, -9%), da trattamento e smaltimento rifiuti (circa 620 t in meno, -22%) e da combustione nell’industria (circa 510 t in meno, -3%). Sono aumentate le emissioni da combustione non industriale (circa 690 t in più, +7%) e da produzione di energia (circa 590 t in più, +8%). Meno significativi gli altri contributi. Il decremento delle emissioni da trasporto su strada è dovuto al rinnovo del parco veicolare, che nel caso dell’NO_x riesce a contrastare l’aumento dei consumi e delle percorrenze. Il decremento delle emissioni da altre sorgenti mobili è dovuto principalmente alla diminuzione degli indicatori relativi al traffico aereo.
- *Le emissioni totali di COV sono diminuite del 4%.*
 Il decremento è dovuto principalmente alle altre sorgenti e assorbimenti (circa 4.900 t in meno, -7%), all’uso di solventi (circa 3.500 t in meno, -4%), all’agricoltura (circa 3.200 t in

meno, -5%) e all'estrazione e distribuzione di combustibili (circa 1.600 t in meno, -18%). Si è avuto aumento delle emissioni da trasporto su strada (circa 3.200 t in più, +32%) e combustione non industriale (circa 920 t in più, +14%). Meno significative le altre variazioni. Il decremento delle emissioni da altre sorgenti e assorbimenti è dovuto principalmente alle sorgenti biogeniche. Il decremento delle emissioni da uso di solventi è dovuto principalmente alle attività di verniciatura. Le attività che hanno contribuito alla diminuzione delle emissioni da agricoltura sono le coltivazioni permanenti con uso di fertilizzanti e le risaie. L'incremento delle emissioni da trasporto su strada è dovuto all'aumento dei consumi e quindi delle percorrenze.

- *Le emissioni totali di CH₄ sono aumentate dello 0,1 %.*
L'incremento è dovuto all'agricoltura (circa 11.200 t in più, +5%). Sono diminuite le emissioni da estrazione e distribuzione di combustibili (circa 9.300 t in meno, -21%) e da trattamento e smaltimento rifiuti (circa 2.200 t in meno, -3%). Meno significative le altre variazioni. L'incremento delle emissioni da agricoltura è principalmente legato all'aumento dei fattori di emissione conseguente all'allineamento metodologico con i dati riportati da ISPRA. Il decremento delle emissioni da estrazione e distribuzione di combustibili è legato alla diminuzione dei fattori di emissione; il decremento delle emissioni da trattamento e smaltimento rifiuti è dovuto principalmente alla diminuzione delle emissioni da discariche.
- *Le emissioni totali di CO sono aumentate del 5%.*
L'incremento è dovuto principalmente alle emissioni da combustione non industriale (circa 7.600 t in più, +15%), trasporto su strada (circa 4.600 t in più, +9%) e da altre sorgenti e assorbimenti (circa 1.200 t in più, +24%). In altre sorgenti ed assorbimenti sono state riorganizzate le nuove sorgenti SNAP legate a combustioni all'aperto, incendi e falò. Meno significative le altre variazioni. L'incremento delle emissioni da trasporto su strada è dovuto all'aumento dei consumi e quindi delle percorrenze.
- *Le emissioni totali di CO₂ di origine fossile sono diminuite dello 0,5%.*
I decrementi sono dovuti ai seguenti macrosettori: combustione nell'industria (circa 630 kt in meno, -5%), produzione di energia (circa 350 kt in meno, -2%), altre sorgenti mobili e macchinari (circa 220 kt in meno, -16%), trattamento e smaltimento rifiuti (circa 200 kt in meno, -11%). Si è avuto un aumento del 15% delle emissioni negative sottratte dalla crescita delle foreste della Lombardia (circa 460 kt rimosse in più). Sono aumentate le emissioni da combustione non industriale (960 kt in più, +7%) e da trasporto su strada (circa 530 kt in più, +3%). Meno significative le altre variazioni. L'incremento delle emissioni da trasporto su strada è dovuto all'aumento dei consumi e quindi delle percorrenze.
- *Le emissioni totali di N₂O sono aumentate del 2%.*
L'incremento è dovuto principalmente alle emissioni da agricoltura (circa 270 t in più, +5%). Questo incremento è legato all'aumento del consumo di fertilizzanti nelle coltivazioni e in misura minore a piccole variazioni negli indicatori della zootecnia e nei fattori di emissione, aggiornati con la metodologia nazionale. Poco significativi gli altri contributi.
- *Le emissioni totali di NH₃ sono aumentate del 2,4%.*
L'incremento è dovuto principalmente alle emissioni da altre sorgenti e assorbimenti (circa 1.200 t in più, +1.365%). Questa variazione è dovuta all'introduzione di nuove attività SNAP relative agli animali domestici (cani e gatti). Meno significativi i contributi dell'agricoltura (circa 610 t in più, +1%) e della combustione non industriale (circa 240 t in più, +38%). L'incremento delle emissioni da agricoltura è legato principalmente all'aumento del consumo di fertilizzanti nelle coltivazioni e in misura minore a piccole variazioni negli indicatori della zootecnia e nei fattori di emissione, aggiornati con la metodologia nazionale. L'incremento delle emissioni della combustione non industriale è

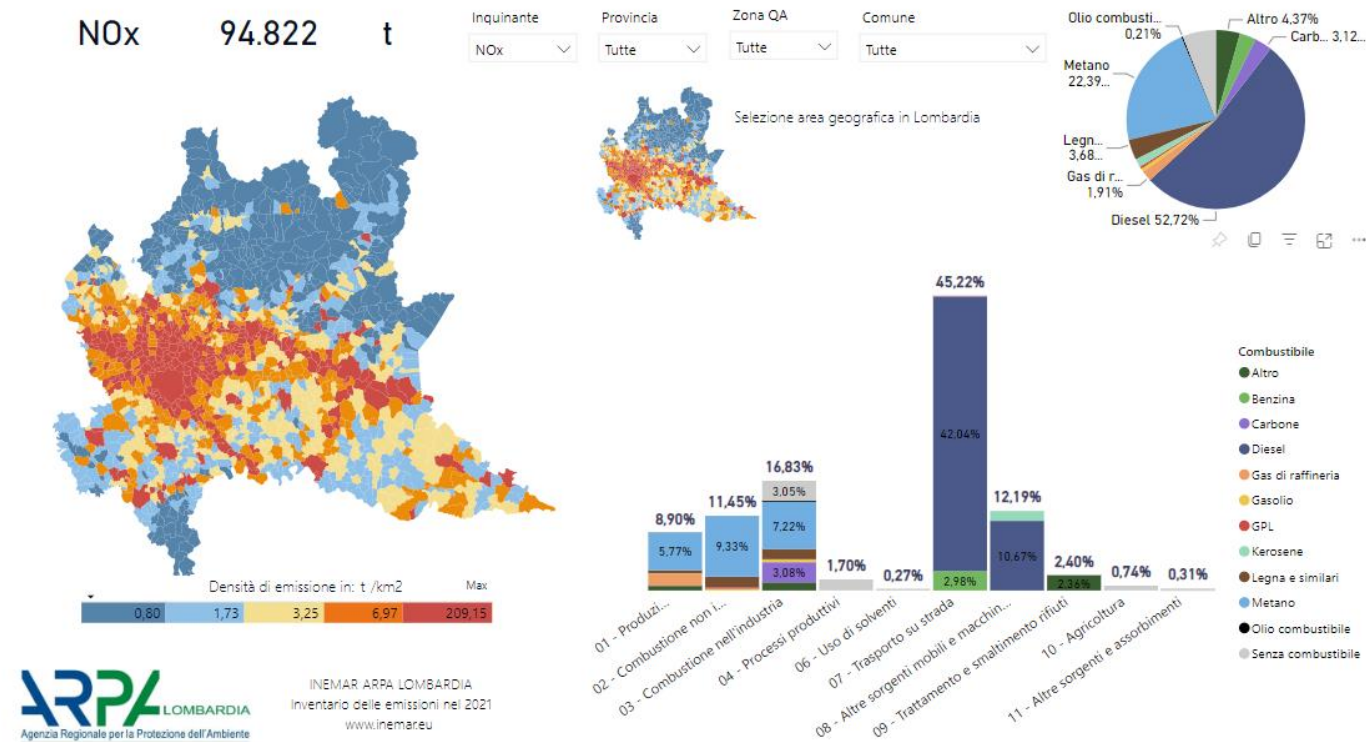
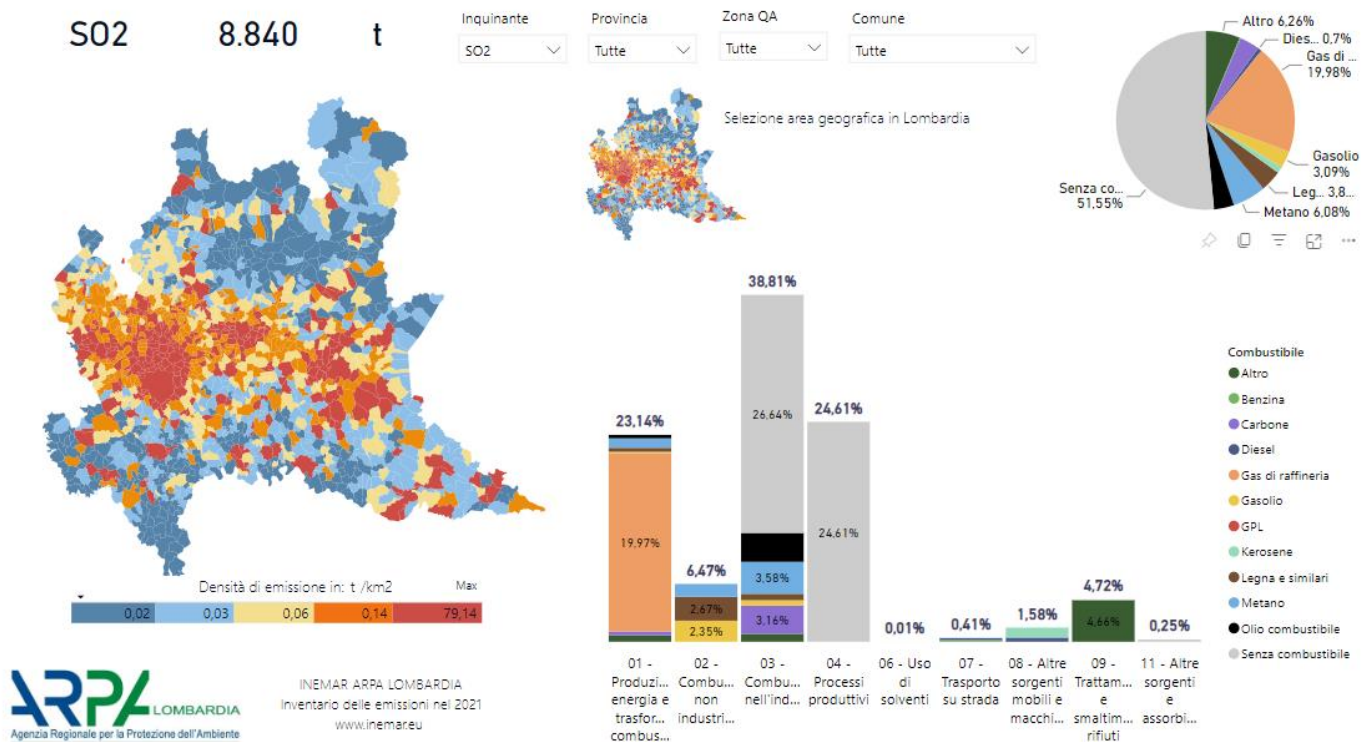
legato all'aggiornamento del fattore di emissione per la combustione di biomassa legnosa nel settore commerciale.

- *Le emissioni totali di PM₁₀ sono aumentate del 2,4%.*

Sono aumentate le emissioni da combustione non industriale (circa 530 t in più, +9%), trasporto su strada (circa 140 t in più, +4%) e processi industriali (circa 120 t in più, +20%). Sono invece diminuite le emissioni da agricoltura (circa 260 t in meno, -27%) e da combustione nell'industria (circa 150 t in meno, -13%). Meno significative le altre variazioni. Le emissioni da combustione non industriale di biomassa in apparecchi domestici riportata nell'inventario 2019 deve essere ricalcolata, come descritto nel capitolo 3. Considerando il valore ricalcolato per questa sorgente e il nuovo aggiornamento del 2021, le emissioni presentano una riduzione pari a 2,6% (nonostante il consumo di biomassa legnosa sia aumentato). L'incremento delle emissioni da trasporto su strada è dovuto all'aumento dei consumi e quindi delle percorrenze, non più sufficientemente compensato dal rinnovo del parco veicolare. Il principale contributo all'incremento delle emissioni da processi produttivi è dovuto all'aumento degli indicatori dell'estrazione di materiale da cave. Il decremento delle emissioni da agricoltura è legato alla riorganizzazione delle sorgenti di combustioni all'aperto.

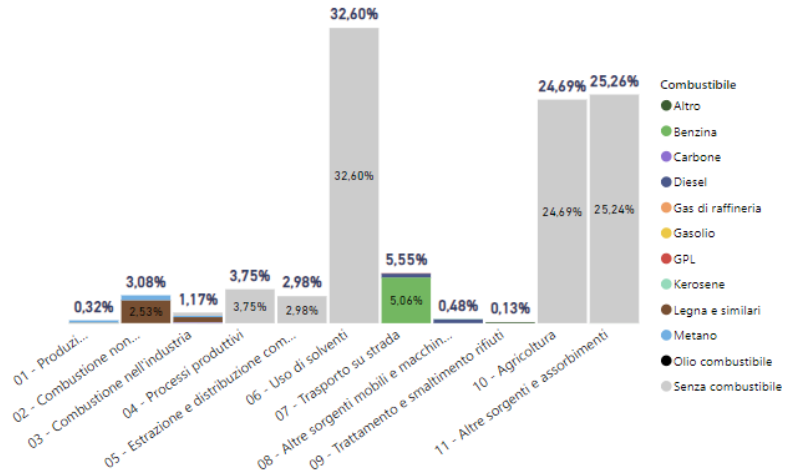
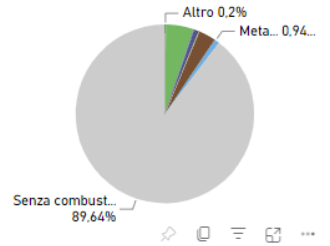
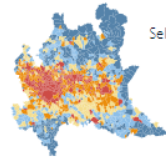
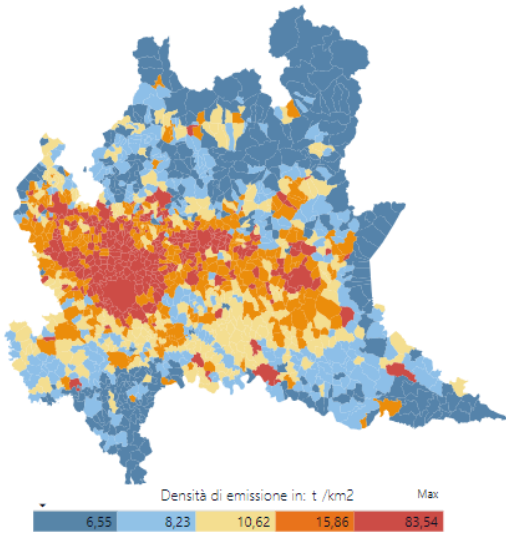
6. Quadro emissivo aggiornato al 2021

6.1. Principali macroinquinanti e gas climalteranti



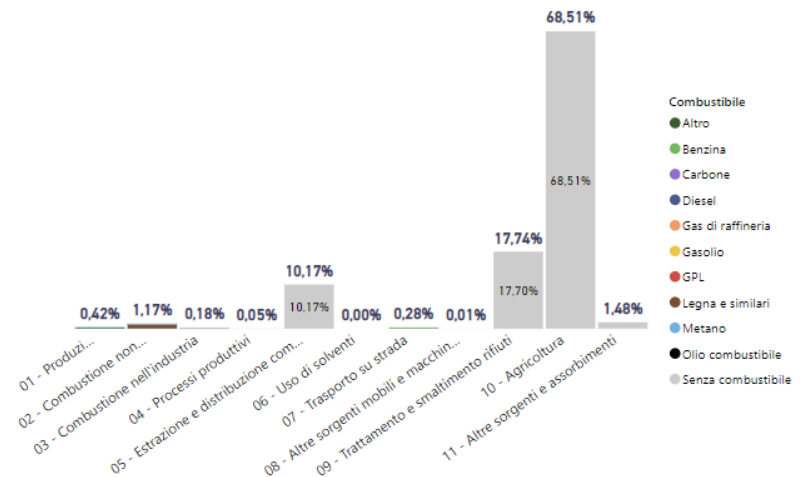
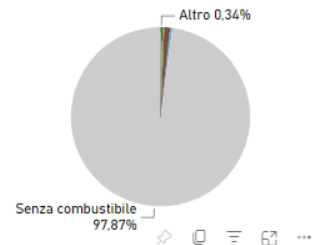
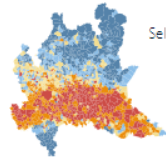
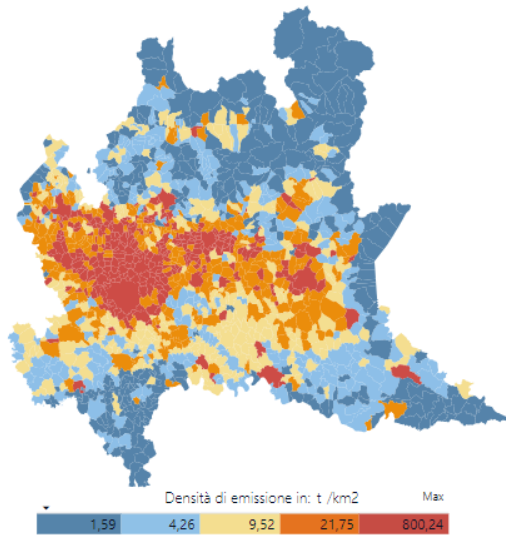
COV 237.626 t

Inquinante: COV
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



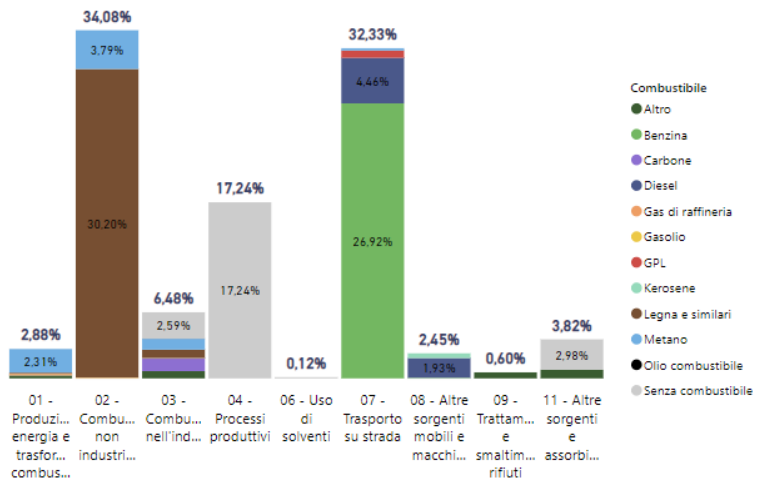
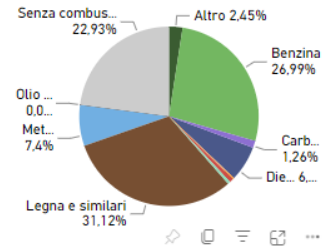
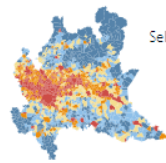
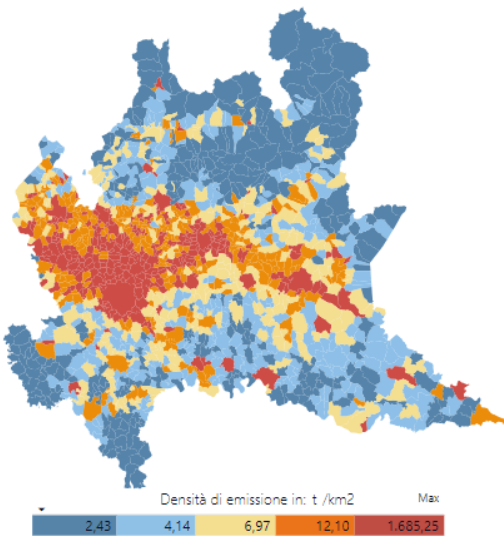
CH4 342.742 t

Inquinante: CH4
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



CO 170.083 t

Inquinante: CO
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte

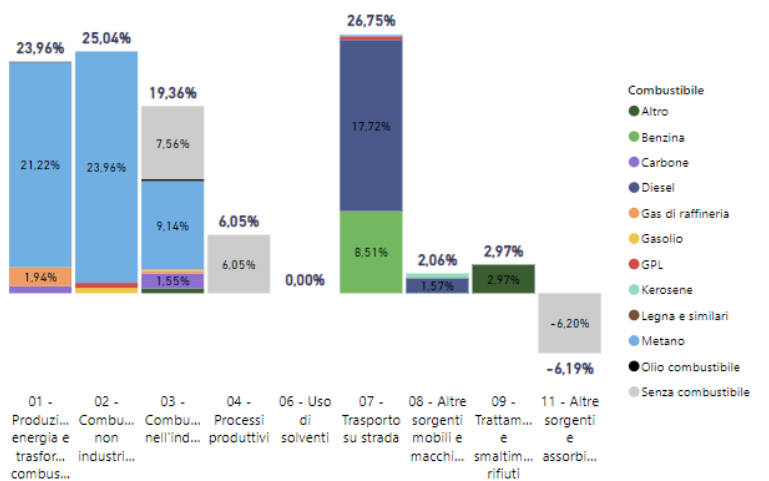
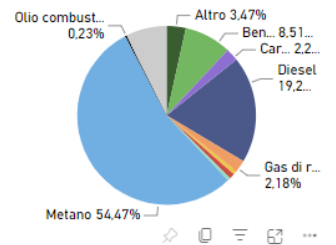
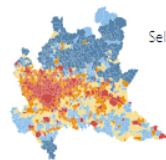
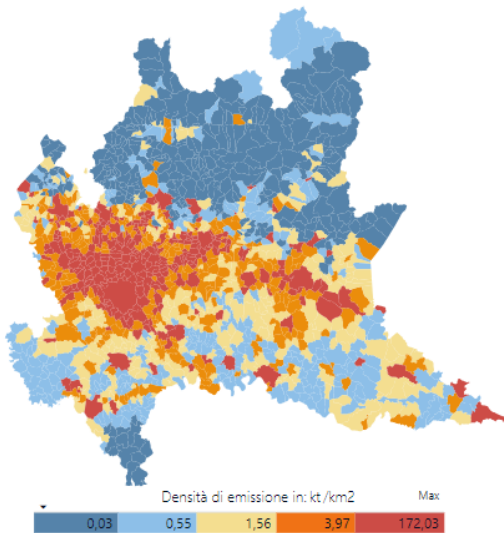


ARPA LOMBARDIA
 Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente

INEMAR ARPA LOMBARDIA
 Inventario delle emissioni nel 2021
 www.inemareu

CO2 58.306 kt

Inquinante: CO2
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte

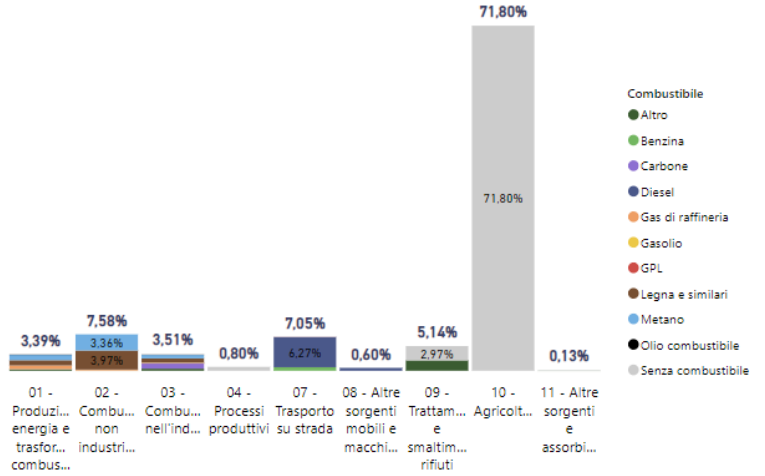
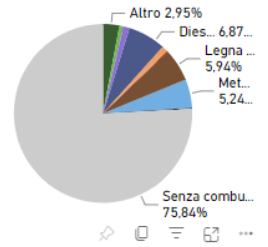
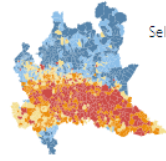
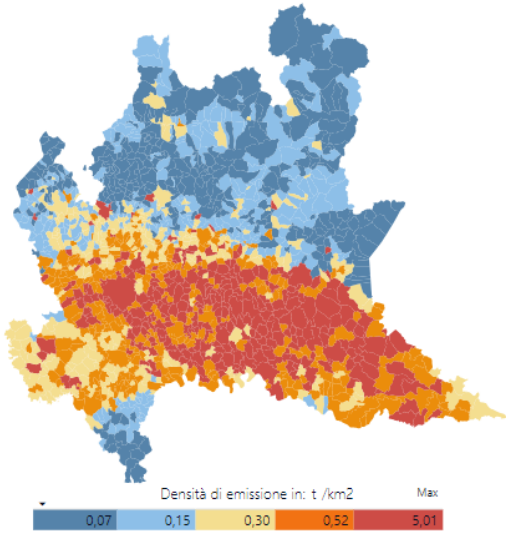


ARPA LOMBARDIA
 Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente

INEMAR ARPA LOMBARDIA
 Inventario delle emissioni nel 2021
 www.inemareu

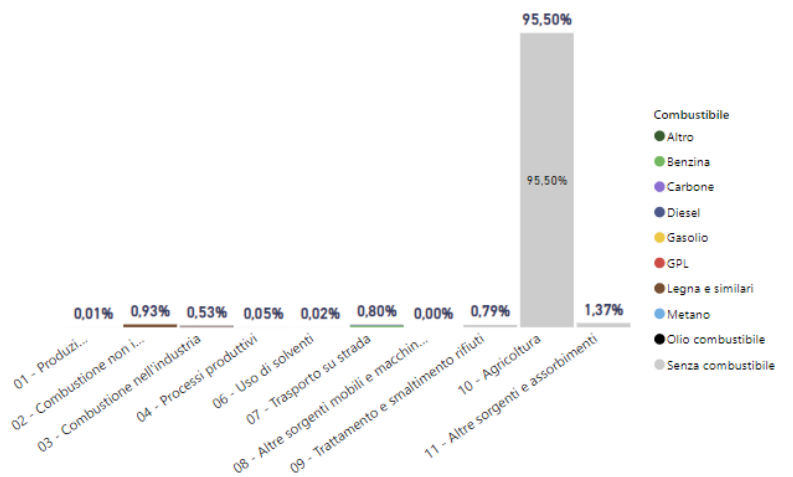
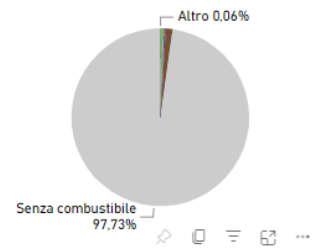
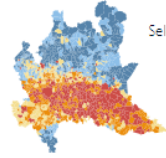
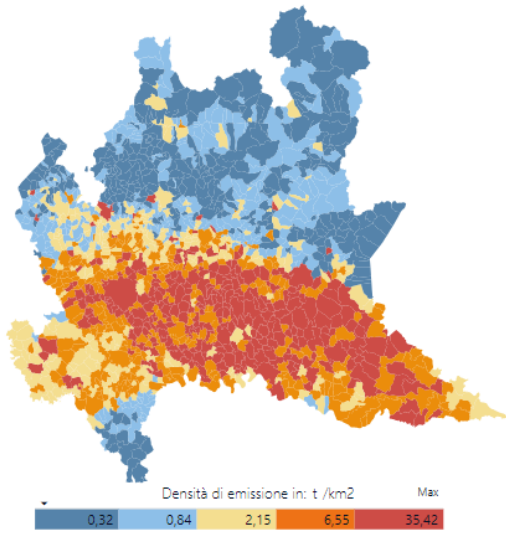
N2O 7.566 t

Inquinante: N2O
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



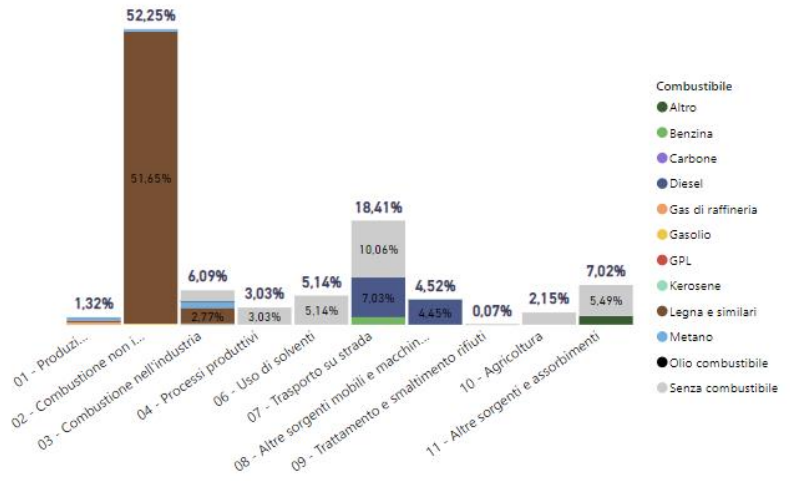
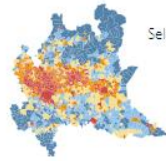
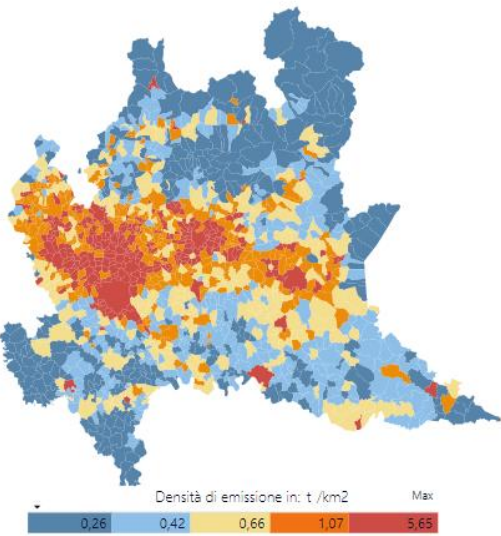
NH3 92.883 t

Inquinante: NH3
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



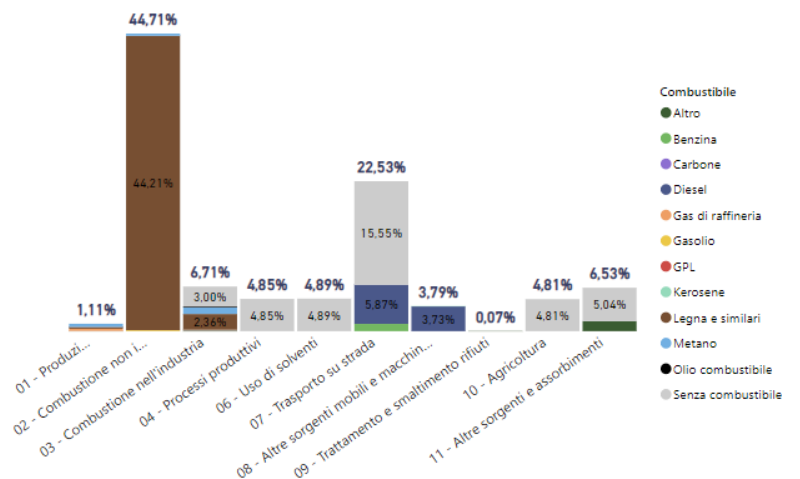
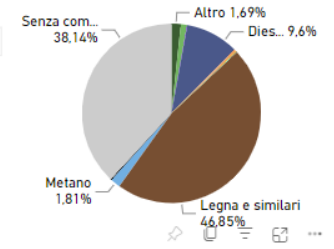
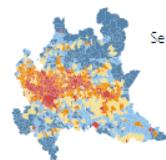
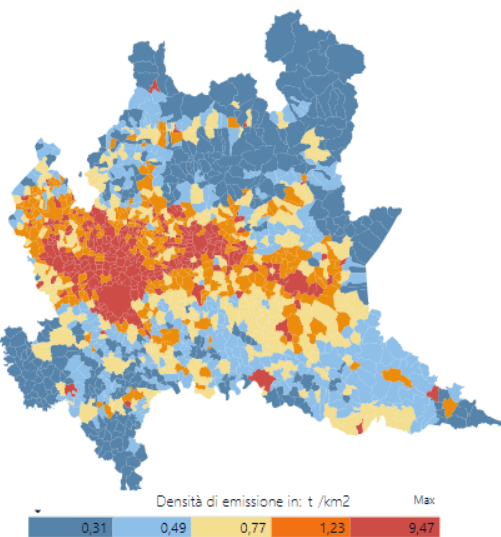
PM2.5 12.404 t

Inquinante: PM2.5
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



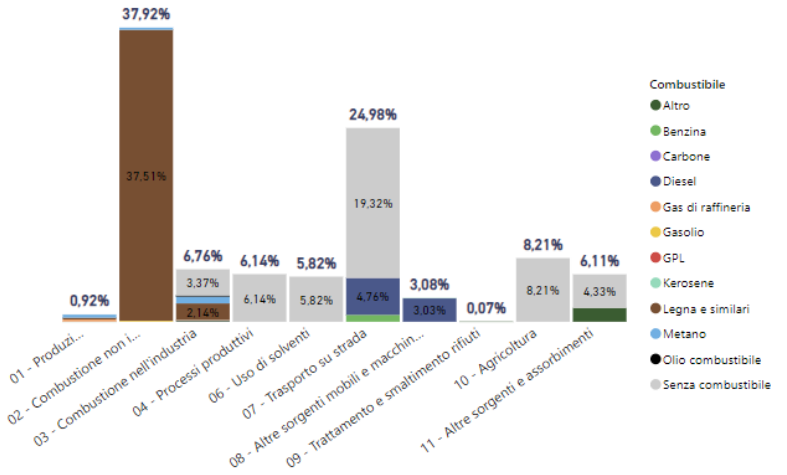
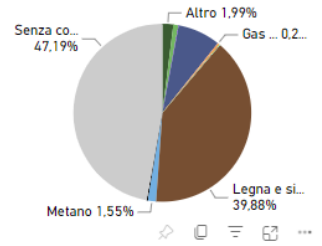
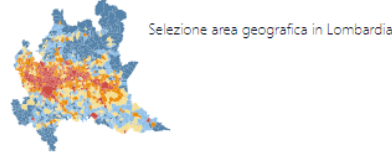
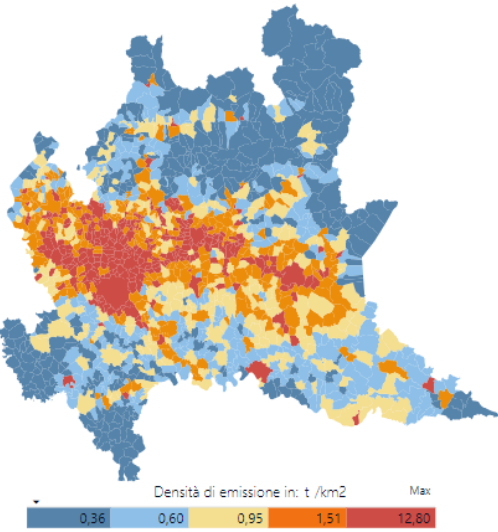
PM10 14.842 t

Inquinante: PM10
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



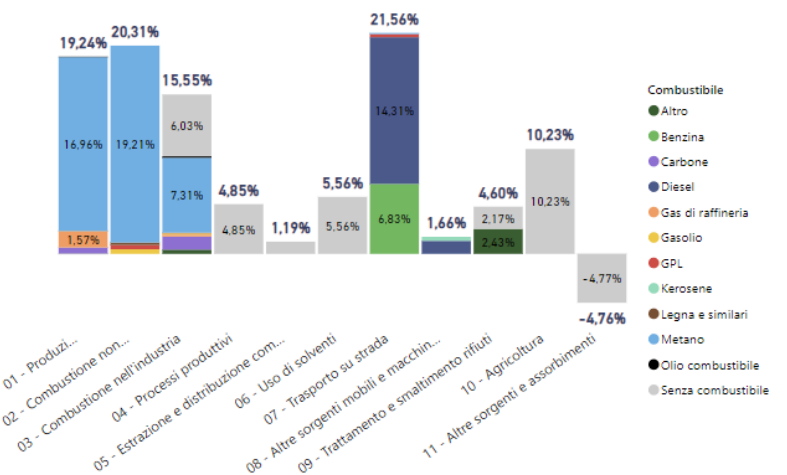
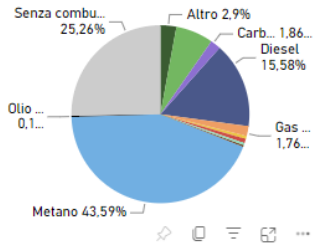
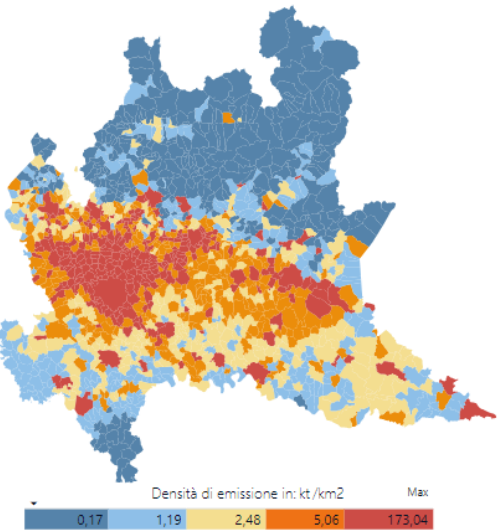
PTS 18.312 t

Inquinante: PTS
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



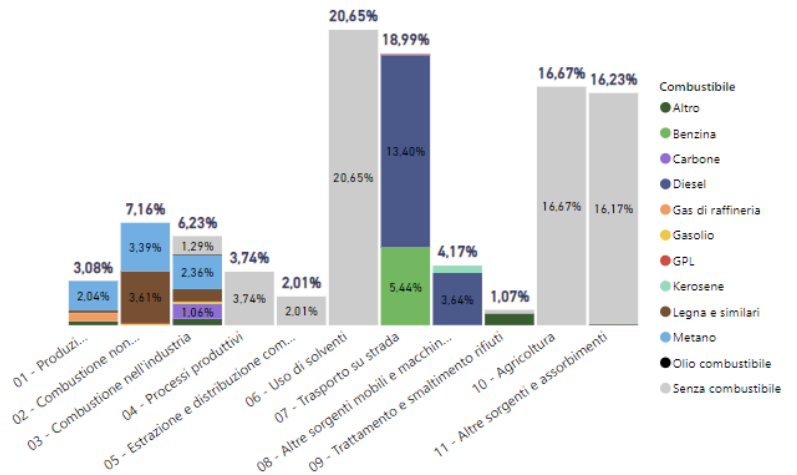
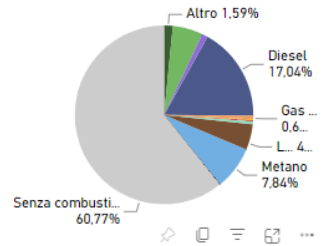
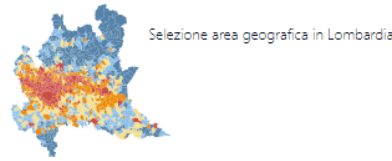
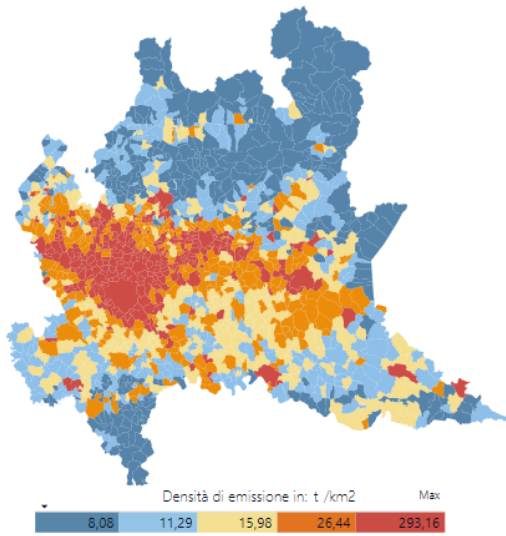
CO2_eq 73.202 kt

Inquinante: CO2_eq
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



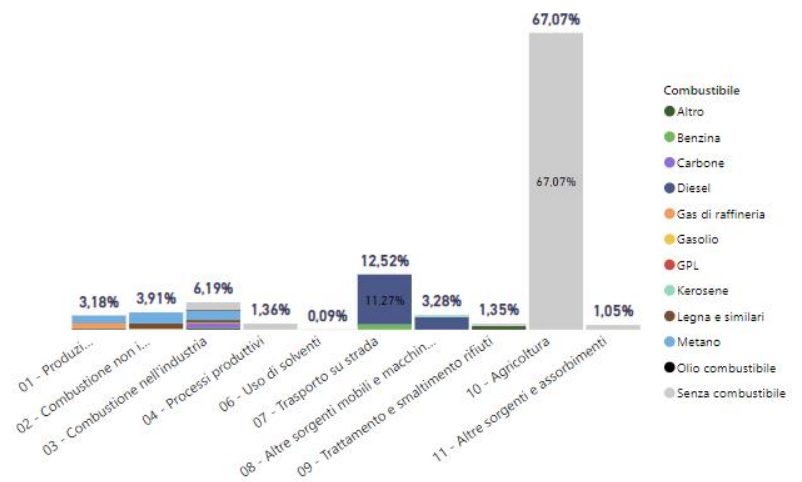
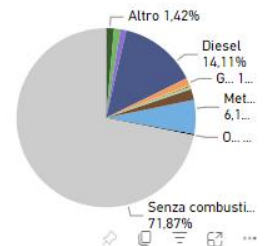
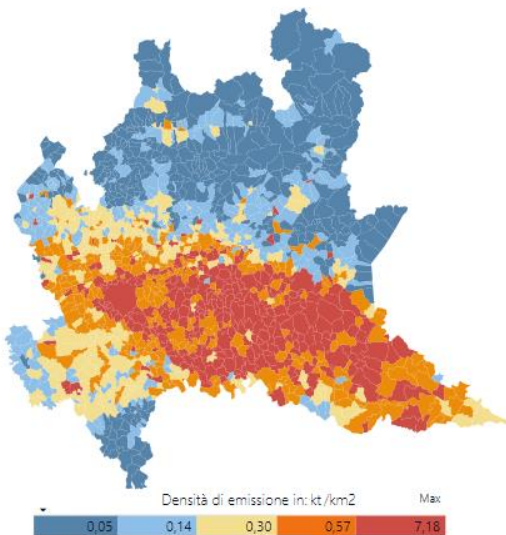
PREC_OZ 376.816 t

Inquinante: PREC_OZ
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



SOST_AC 7.801 kt

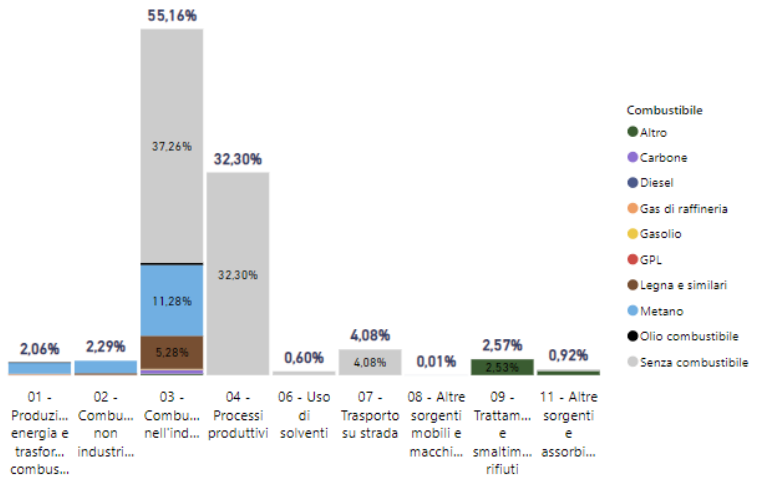
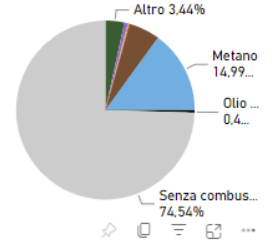
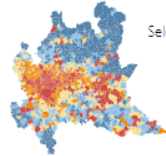
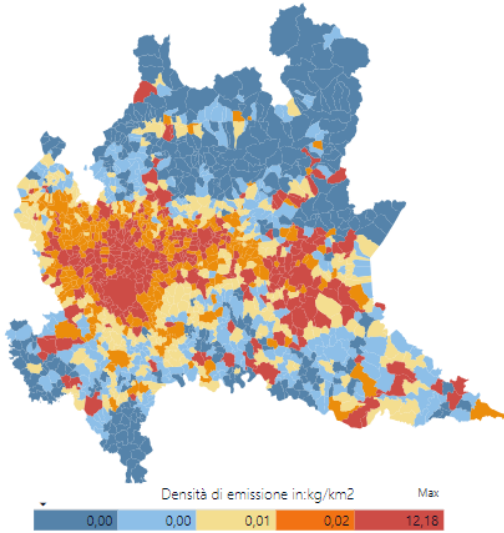
Inquinante: SOST_AC
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



6.2. Metalli pesanti

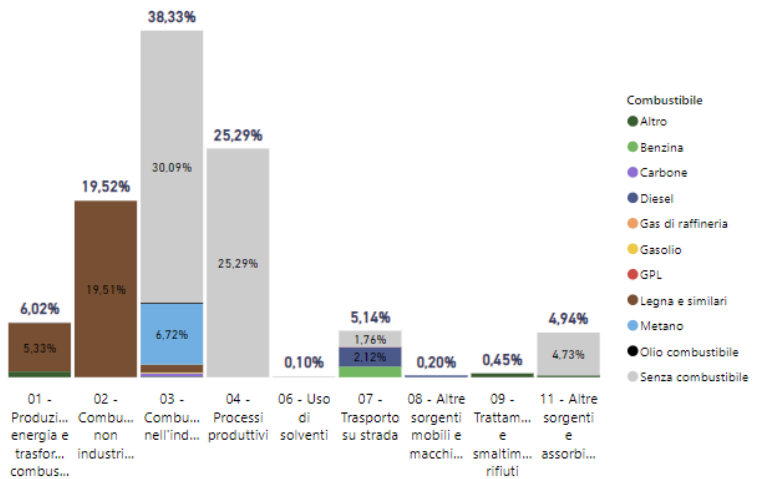
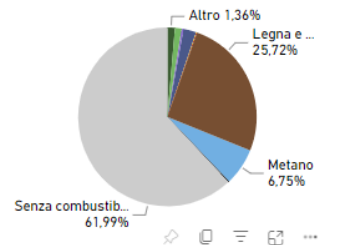
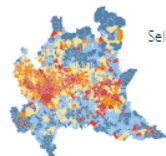
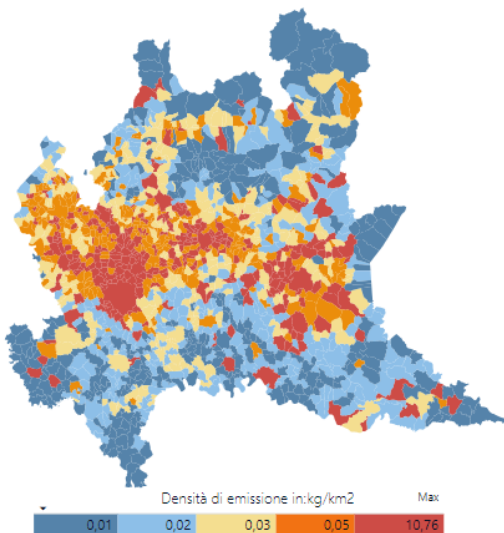
As 1.537 kg

Inquinante: As
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



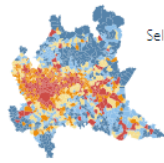
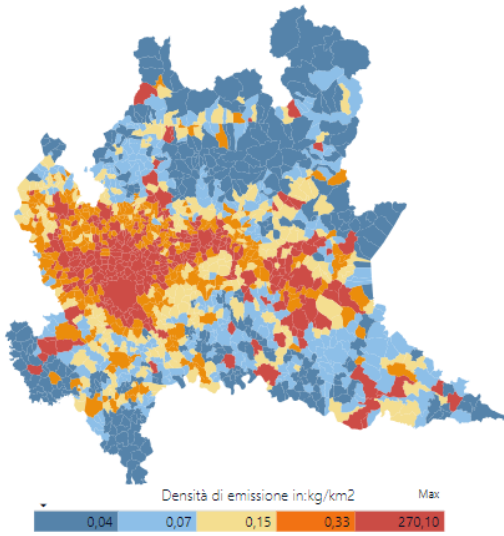
Cd 1.430 kg

Inquinante: Cd
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte

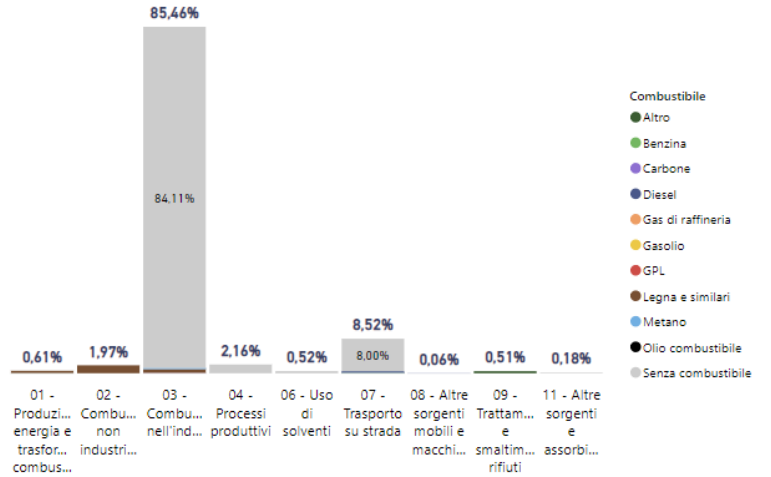
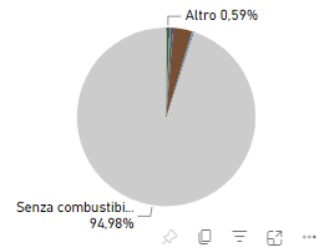


Cr 25.170 kg

Inquinante: Cr
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte

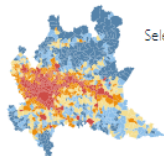
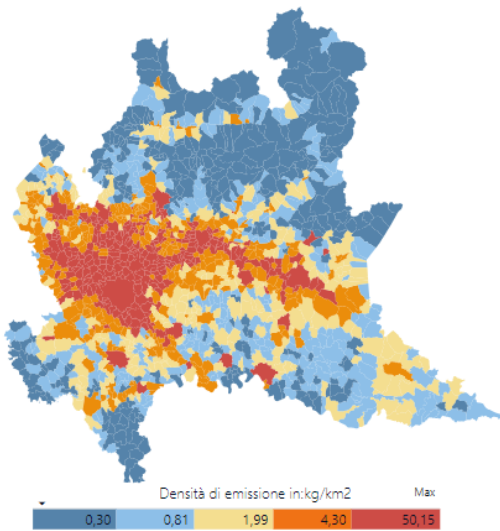


Selezione area geografica in Lombardia

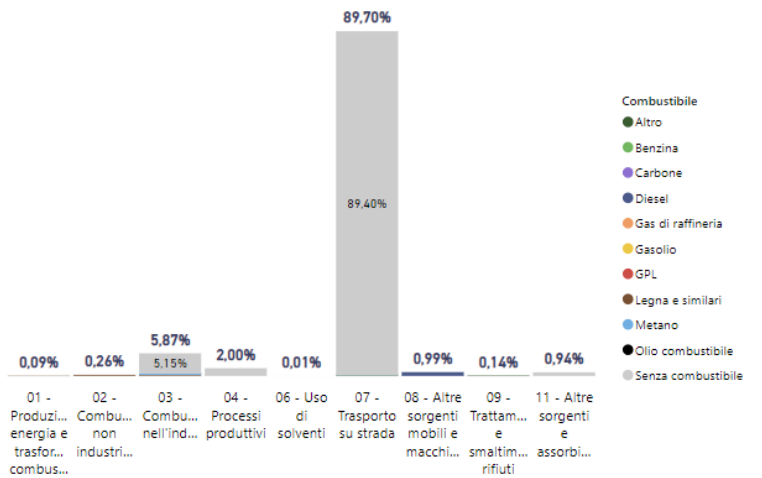
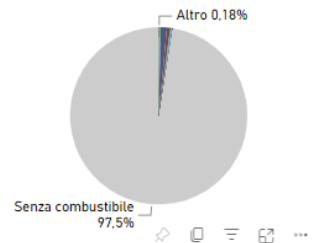


Cu 49.328 kg

Inquinante: Cu
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte

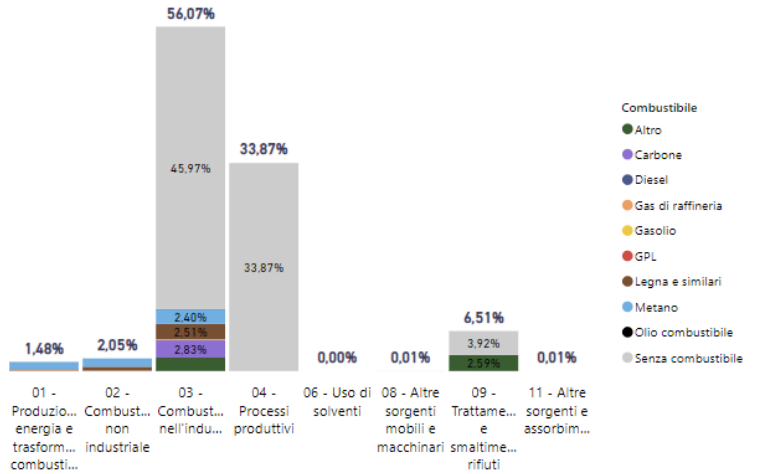
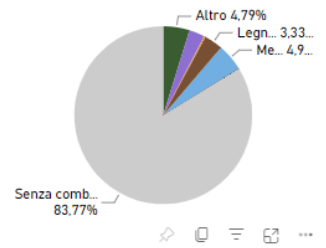
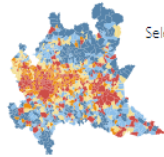
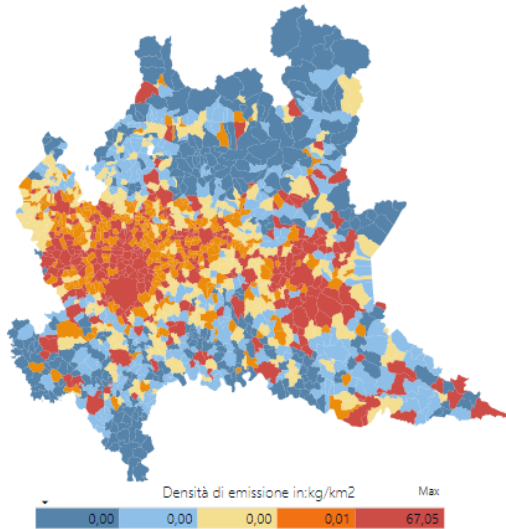


Selezione area geografica in Lombardia



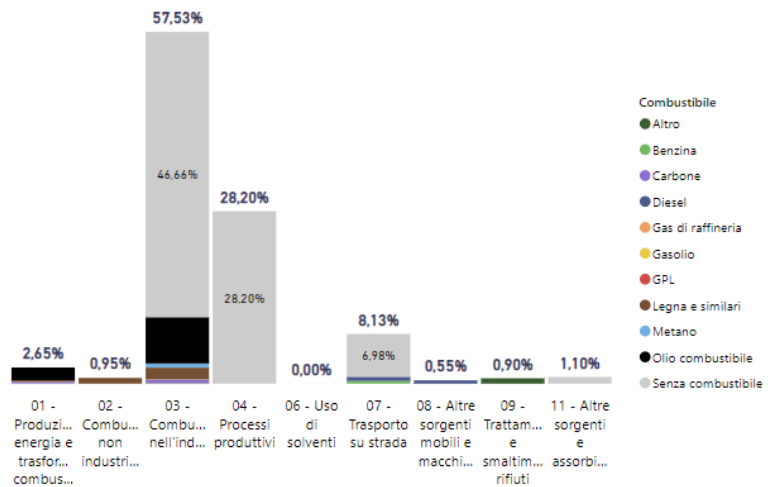
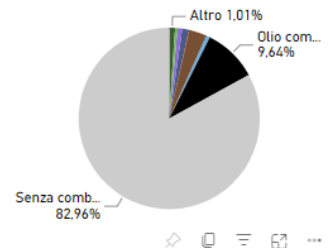
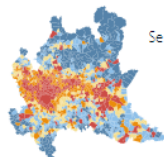
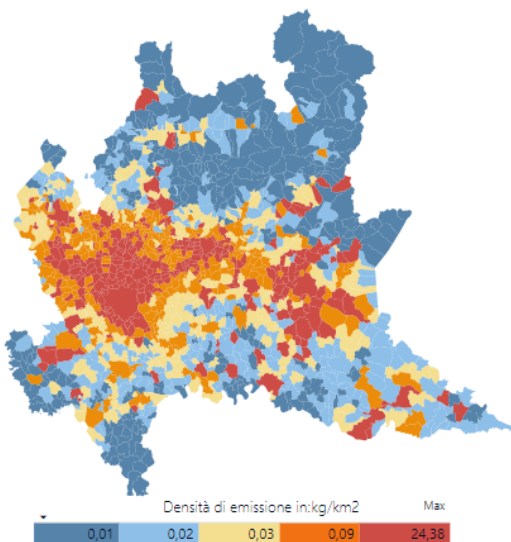
Hg 1.873 kg

Inquinante: Hg
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



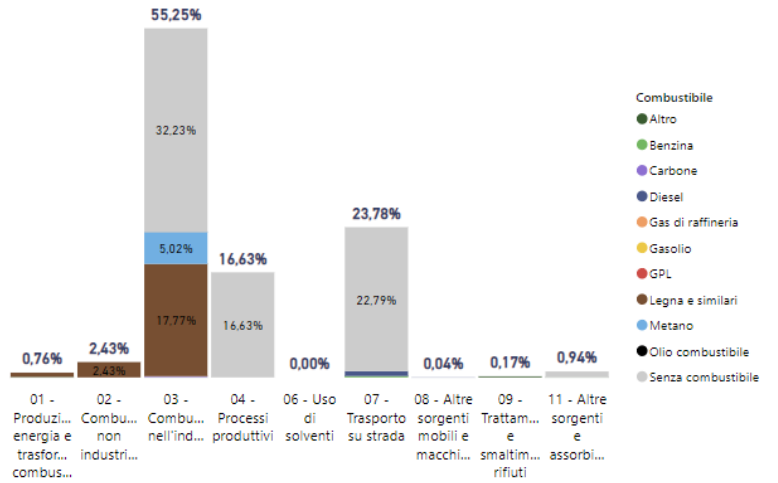
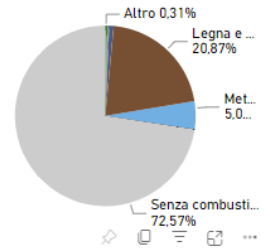
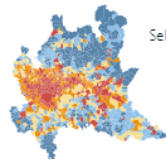
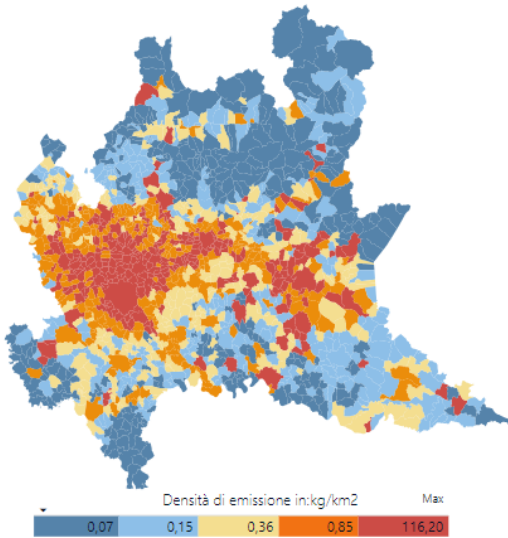
Ni 4.560 kg

Inquinante: Ni
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



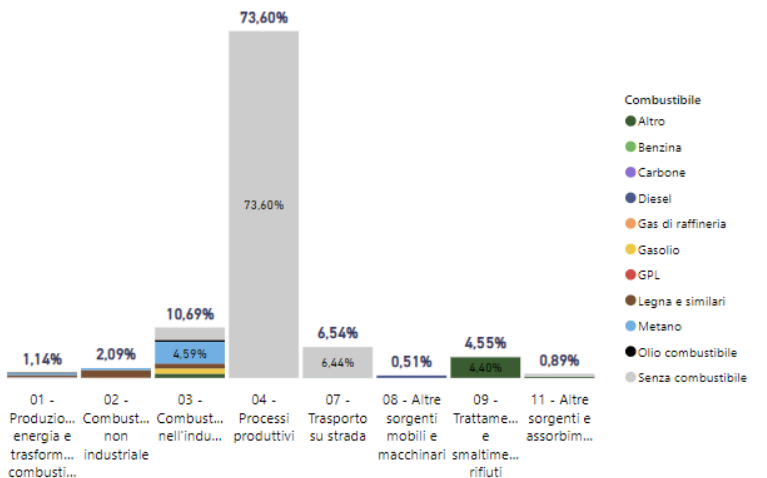
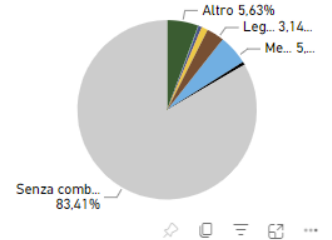
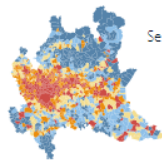
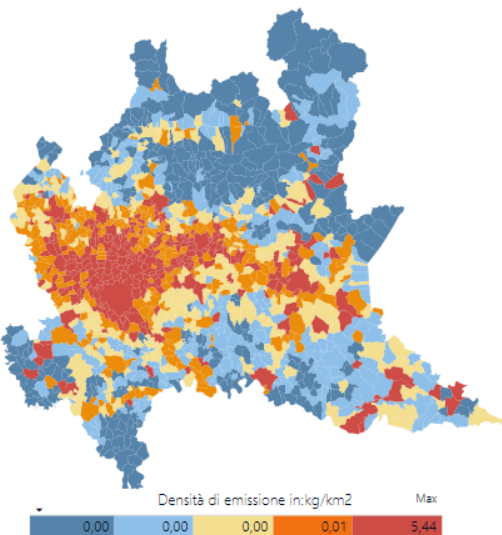
Pb 23.842 kg

Inquinante: Pb
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



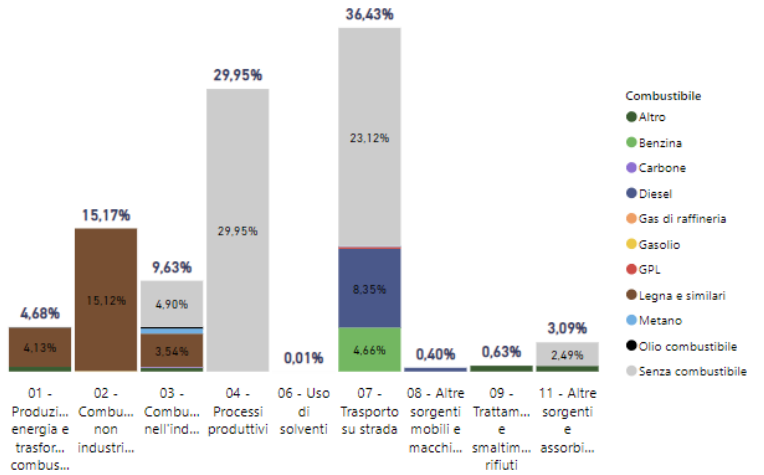
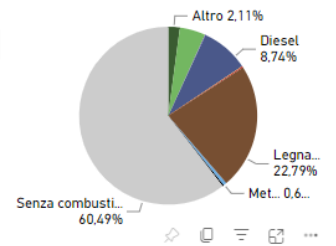
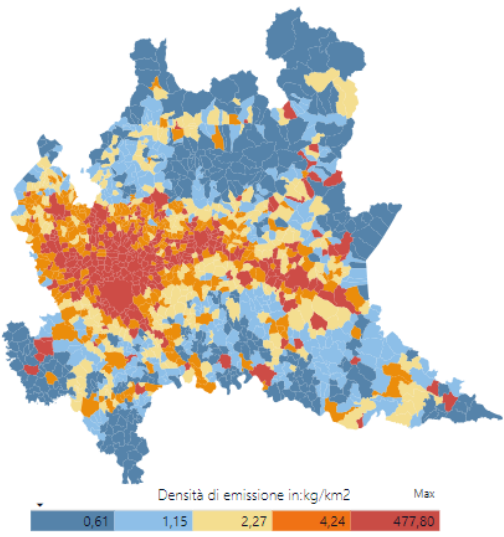
Se 658 kg

Inquinante: Se
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



Zn 72.691 kg

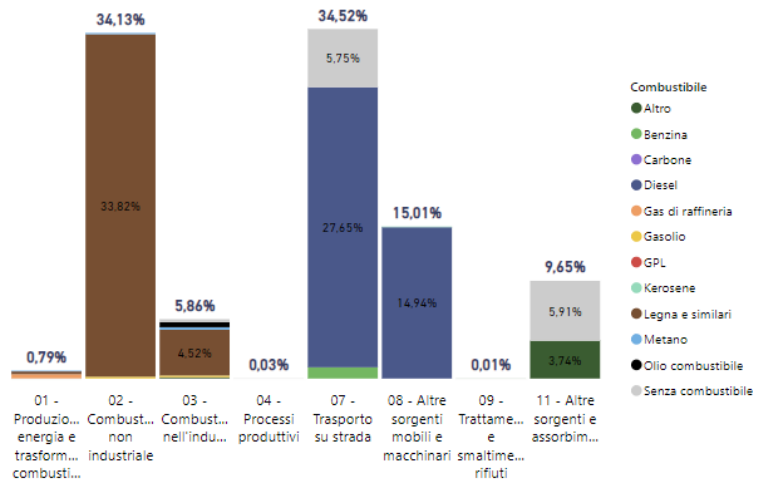
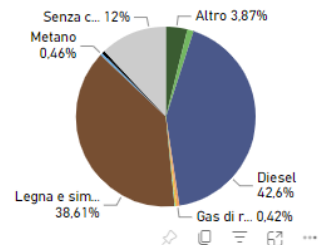
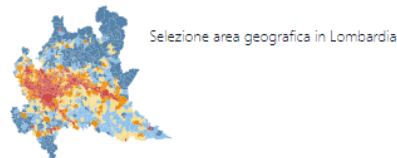
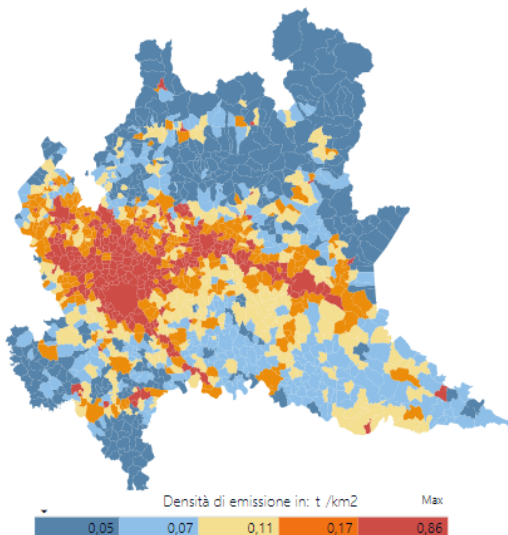
Inquinante: Zn
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



6.3. Componenti carboniose del particolato

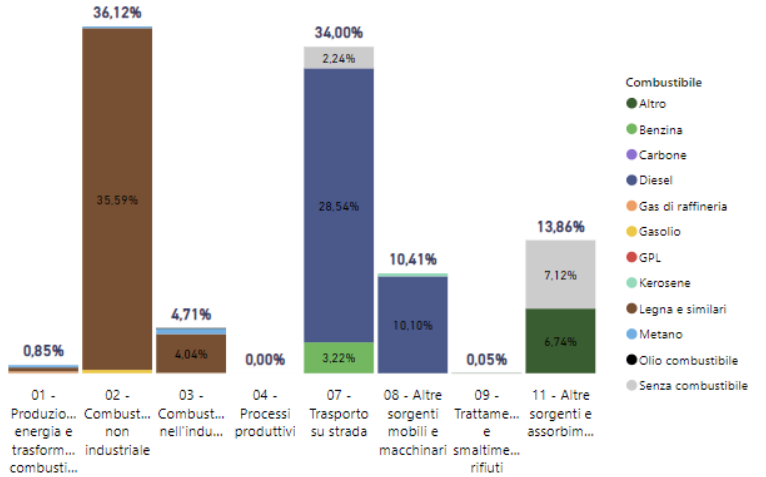
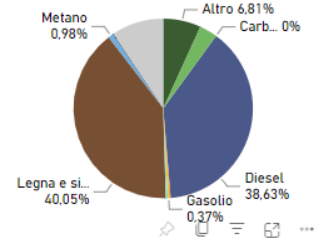
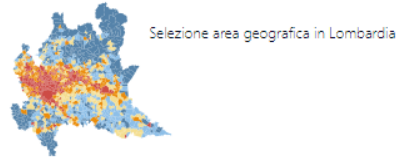
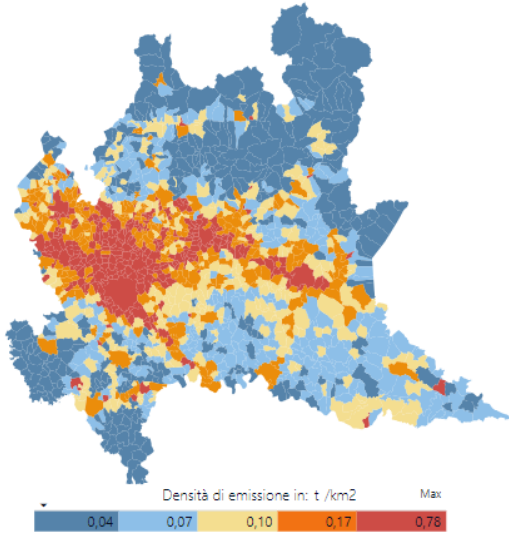
BC 2.131 t

Inquinante: BC
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



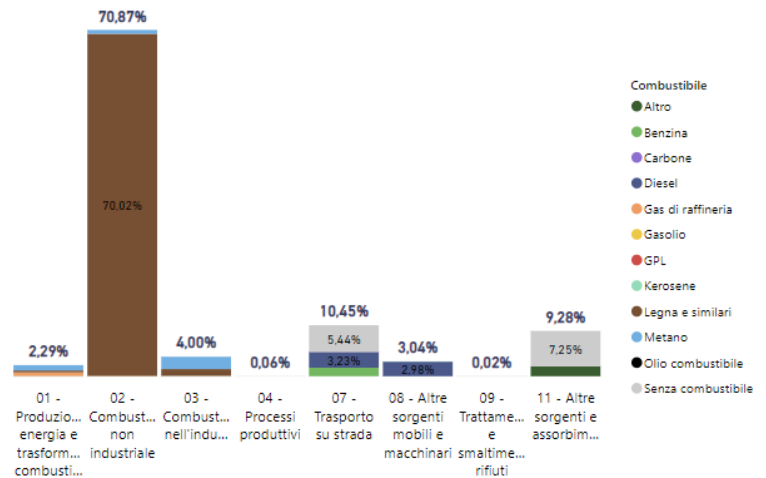
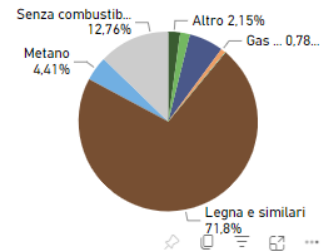
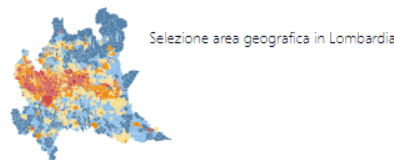
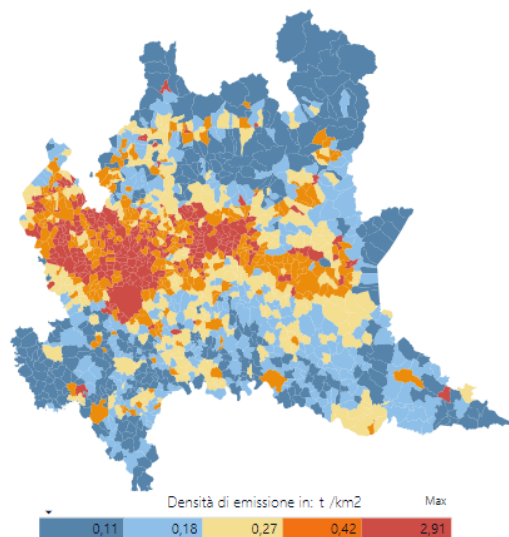
EC 2.035 t

Inquinante: EC
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



OC 4.827 t

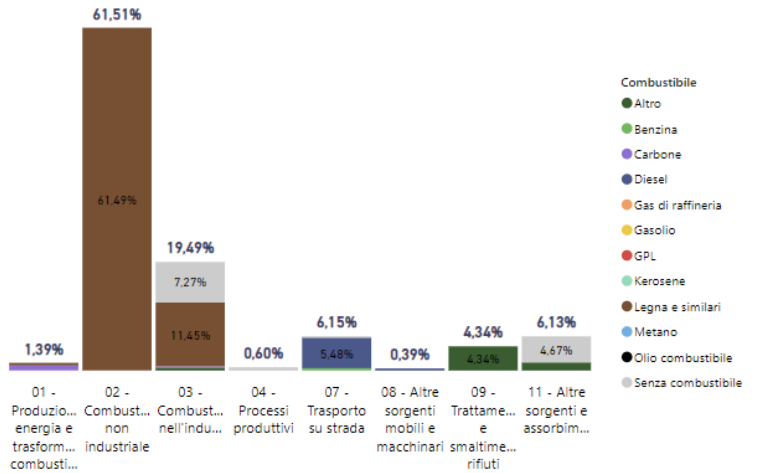
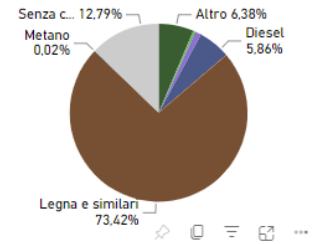
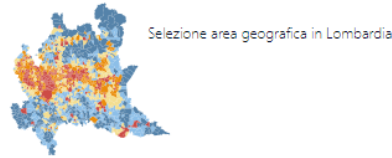
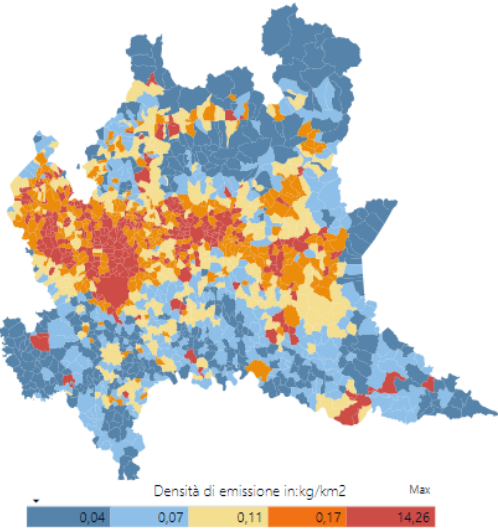
Inquinante: OC
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



6.4. Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)

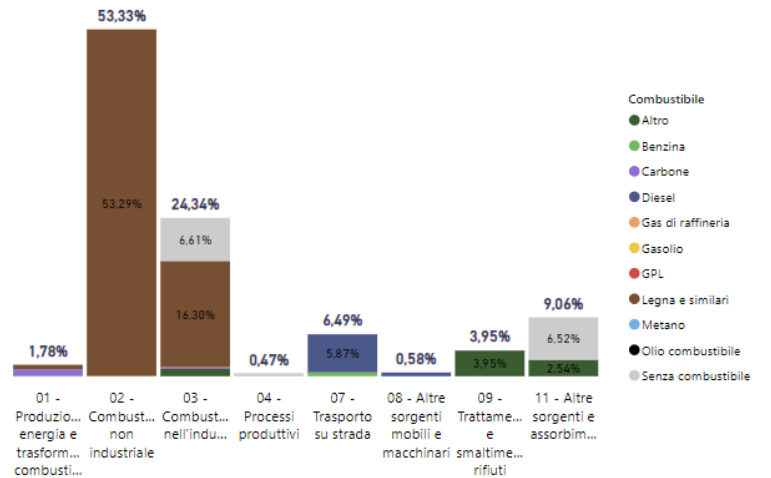
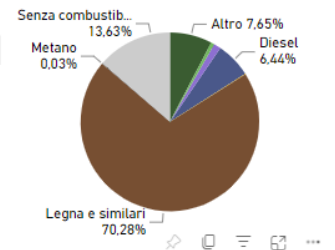
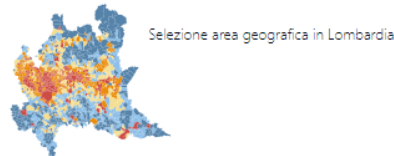
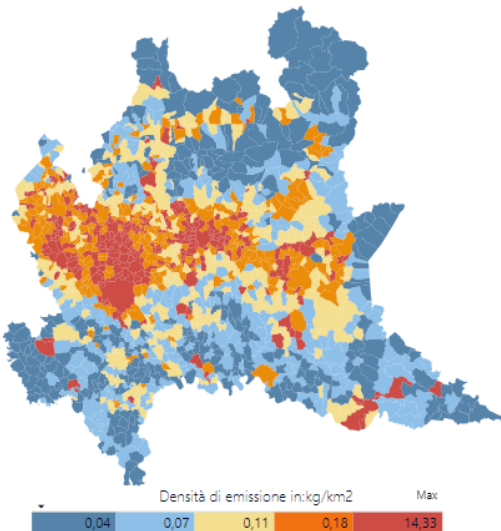
BaP 2.228 kg

Inquinante: BaP
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



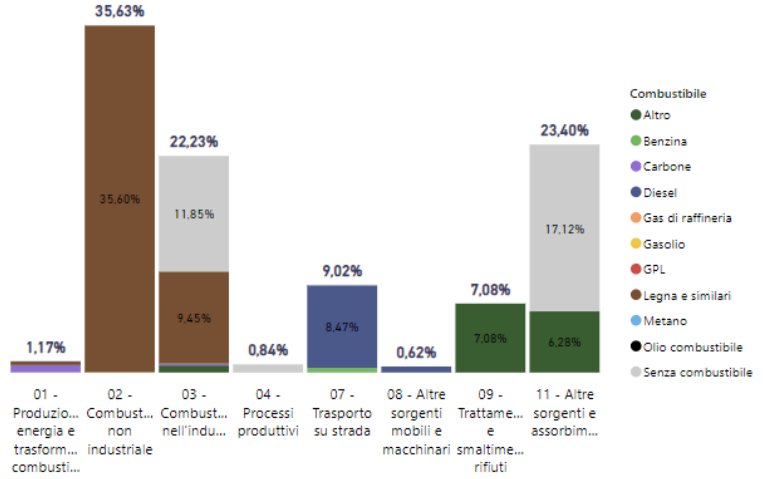
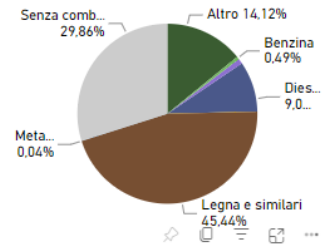
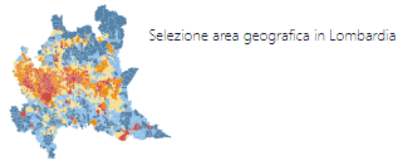
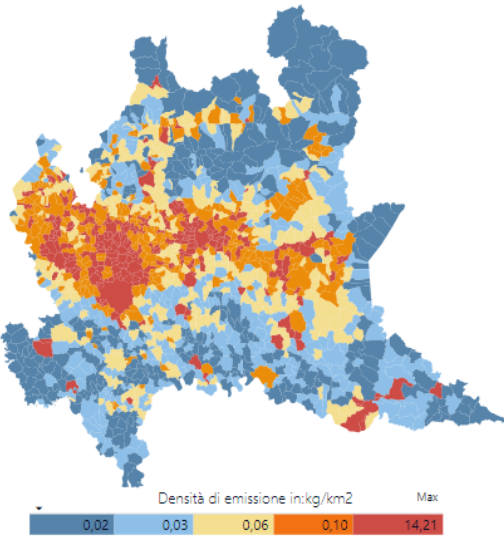
BbF 2.448 kg

Inquinante: BbF
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



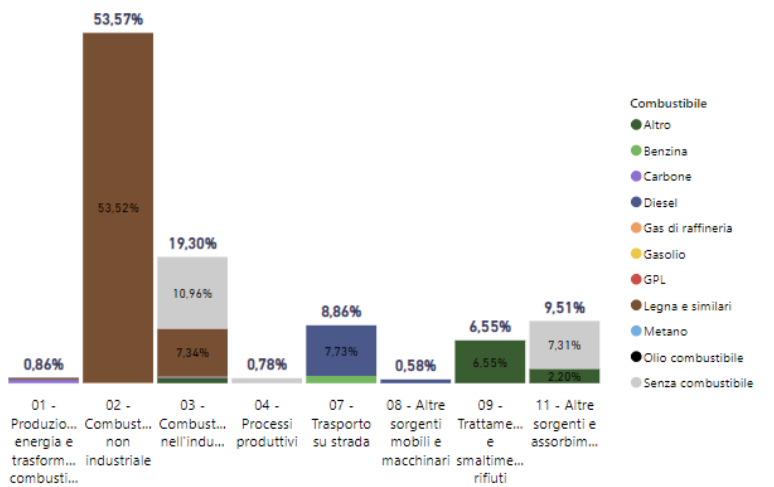
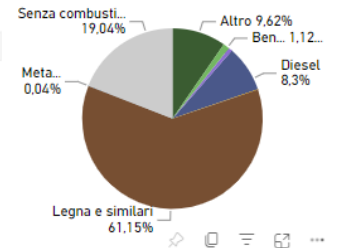
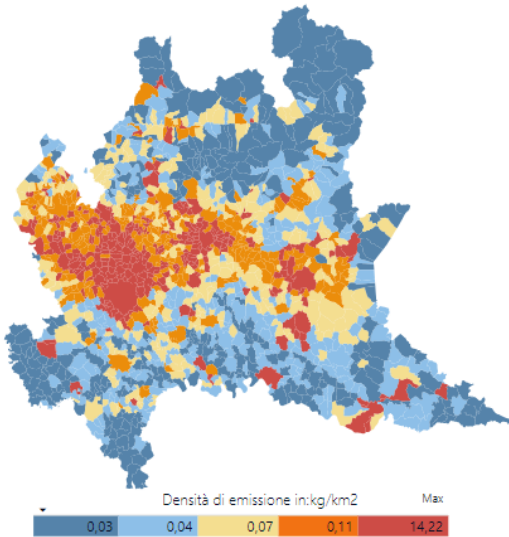
BkF 1.366 kg

Inquinante: BkF
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



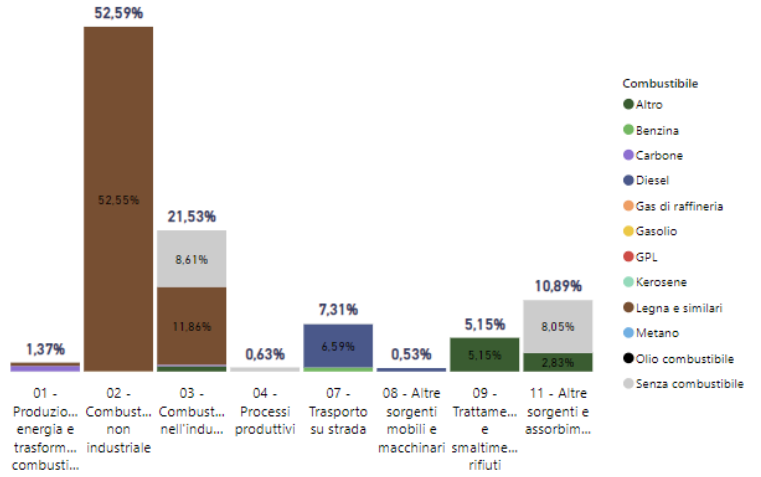
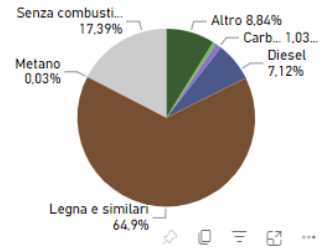
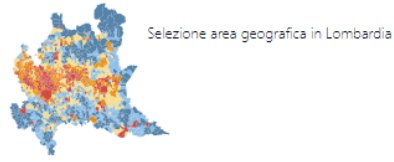
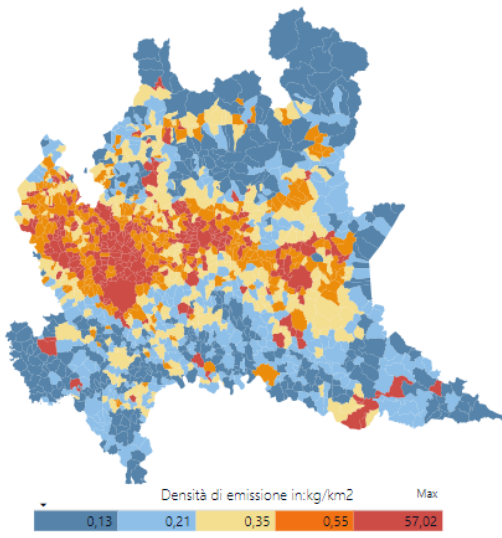
IcdP 1.477 kg

Inquinante: IcdP
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte

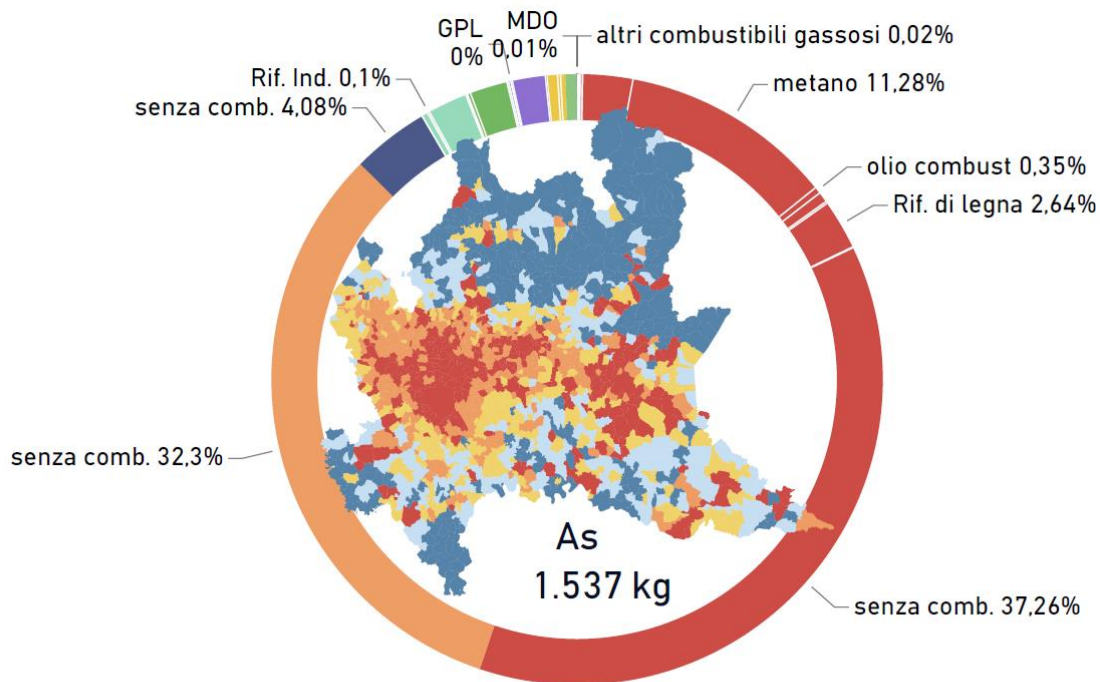


IPA-CLT... 7.519 kg

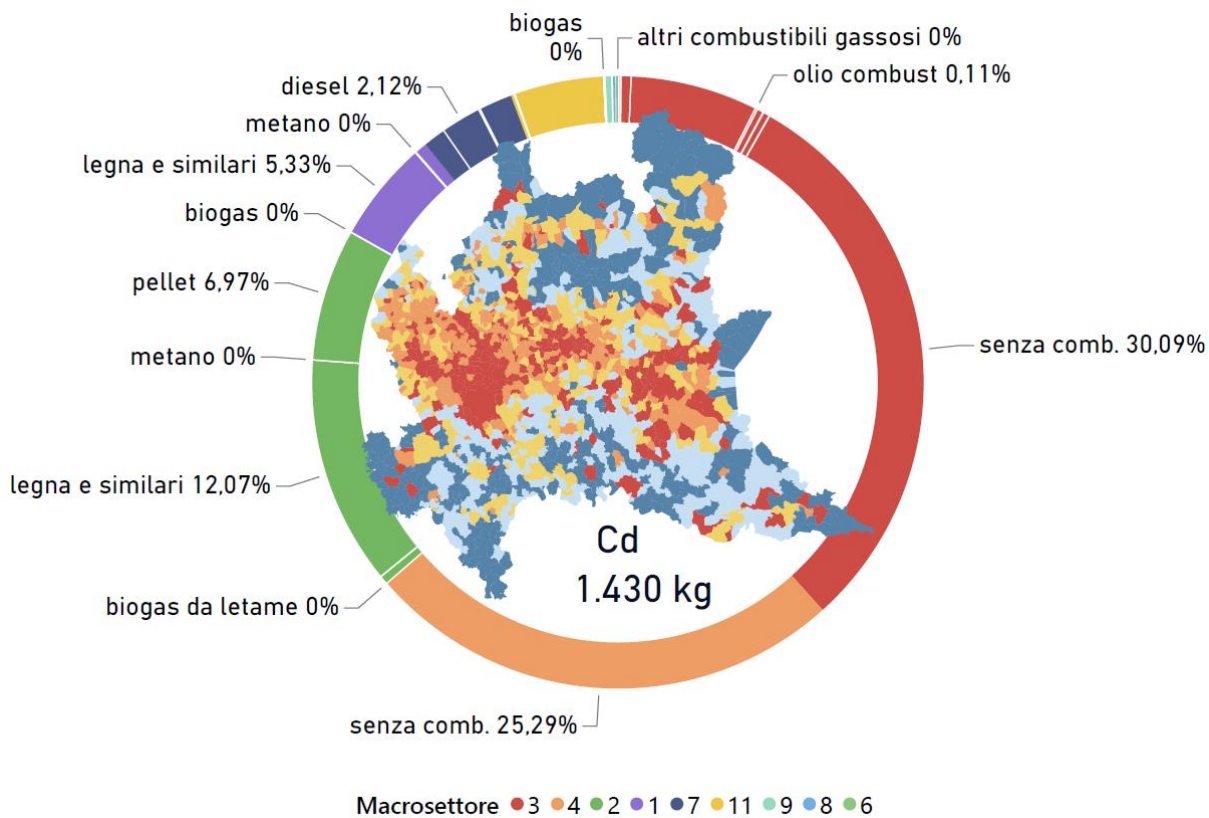
Inquinante: IPA-CLTRP
 Provincia: Tutte
 Zona QA: Tutte
 Comune: Tutte



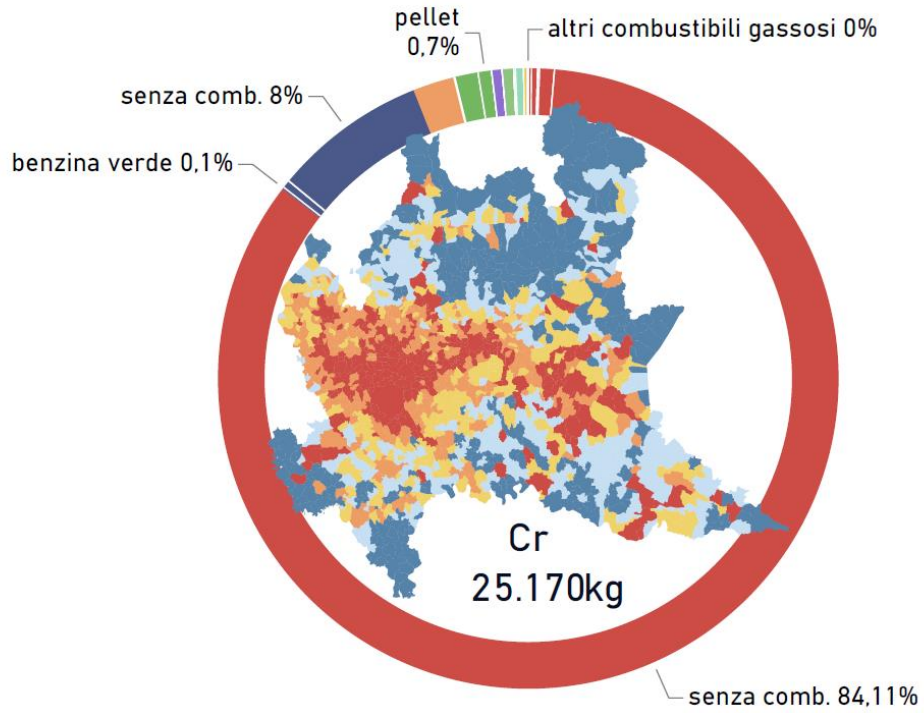
7. Quadro emissivo di insieme per tutti gli inquinanti



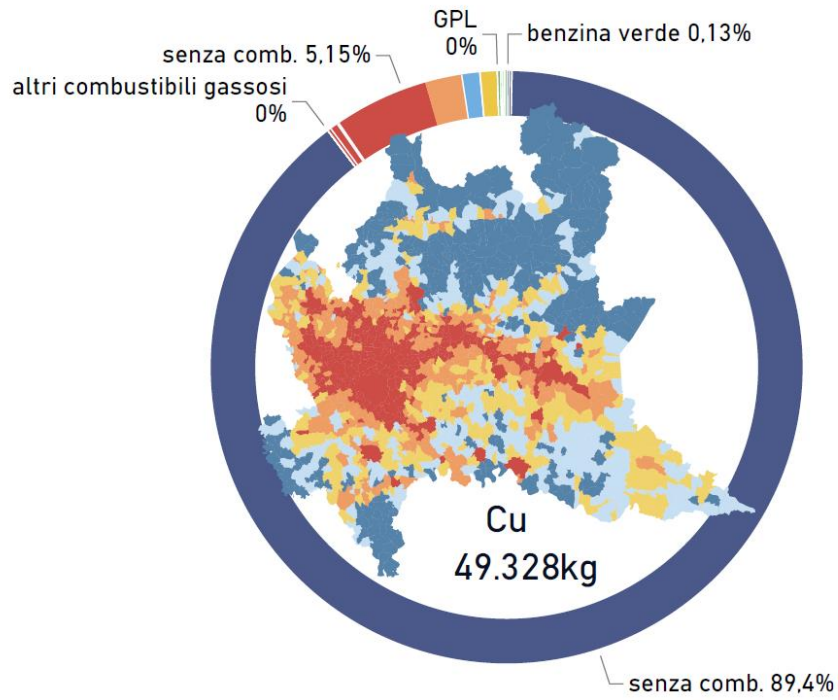
Macrosettore ● 3 ● 4 ● 7 ● 9 ● 2 ● 1 ● 11 ● 6 ● 8



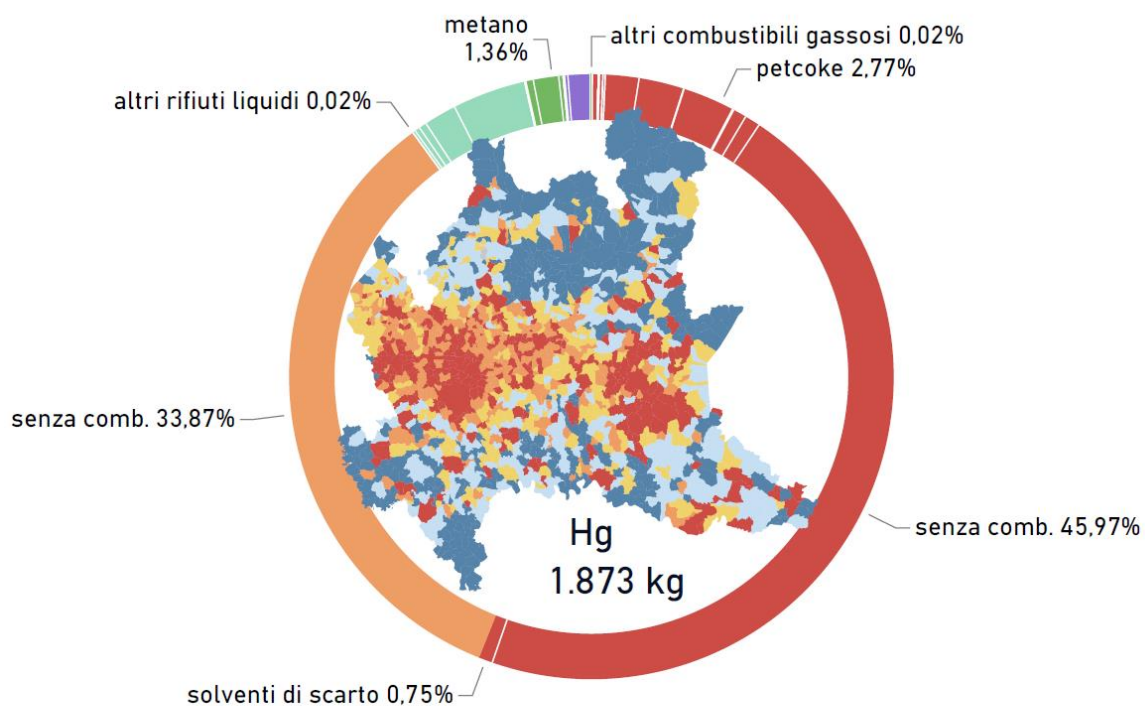
Macrosettore ● 3 ● 4 ● 2 ● 1 ● 7 ● 11 ● 9 ● 8 ● 6



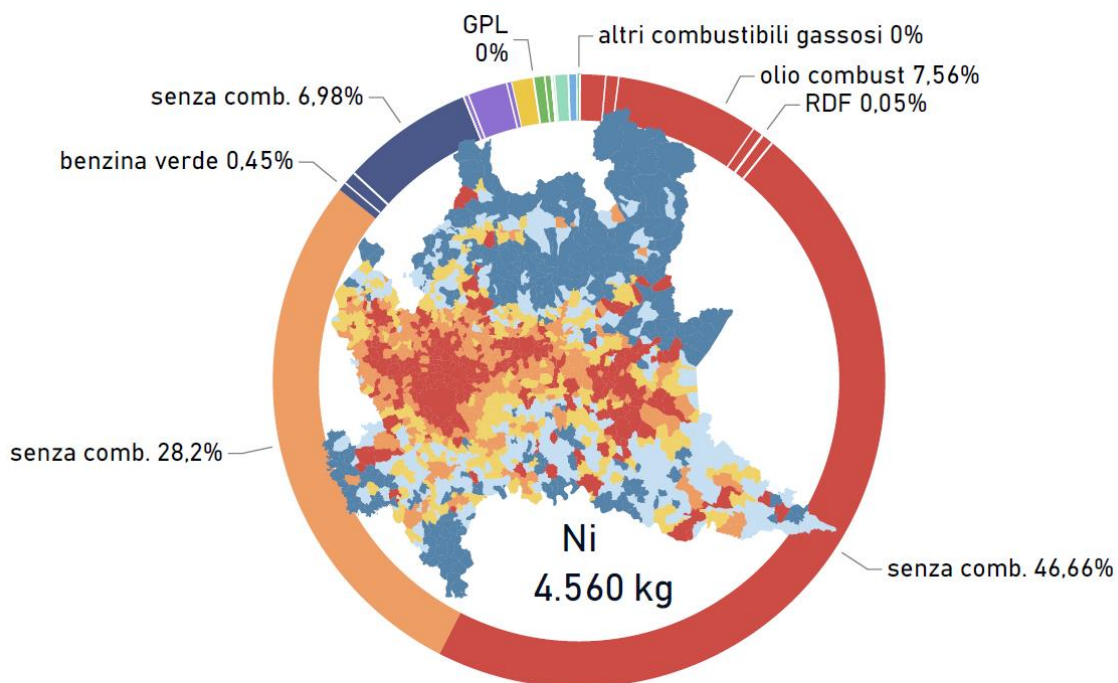
Macrosettore ● 3 ● 7 ● 4 ● 2 ● 1 ● 6 ● 9 ● 11 ● 8



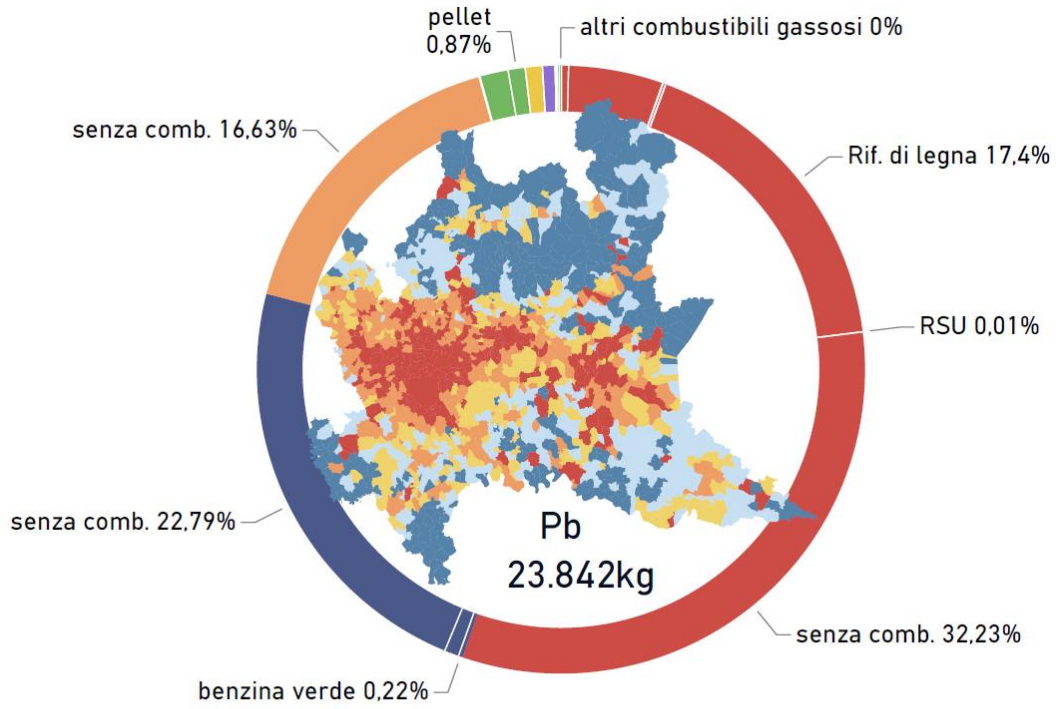
Macrosettore ● 7 ● 3 ● 4 ● 8 ● 11 ● 2 ● 9 ● 1 ● 6



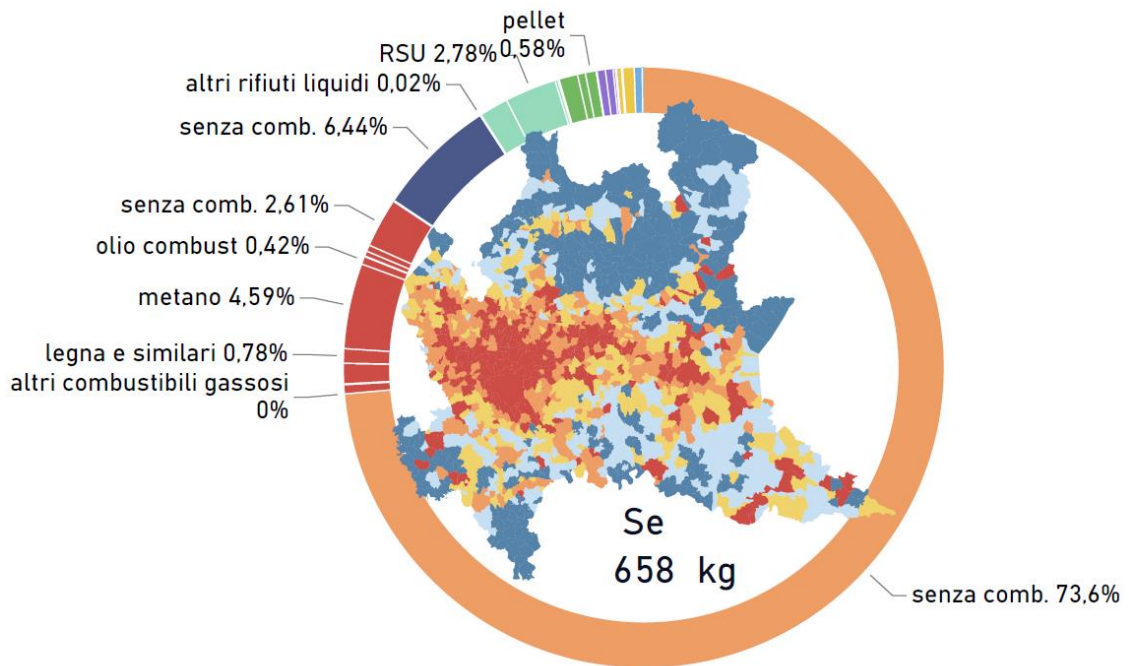
Macrosettore ● 3 ● 4 ● 9 ● 2 ● 1 ● 8 ● 11 ● 6



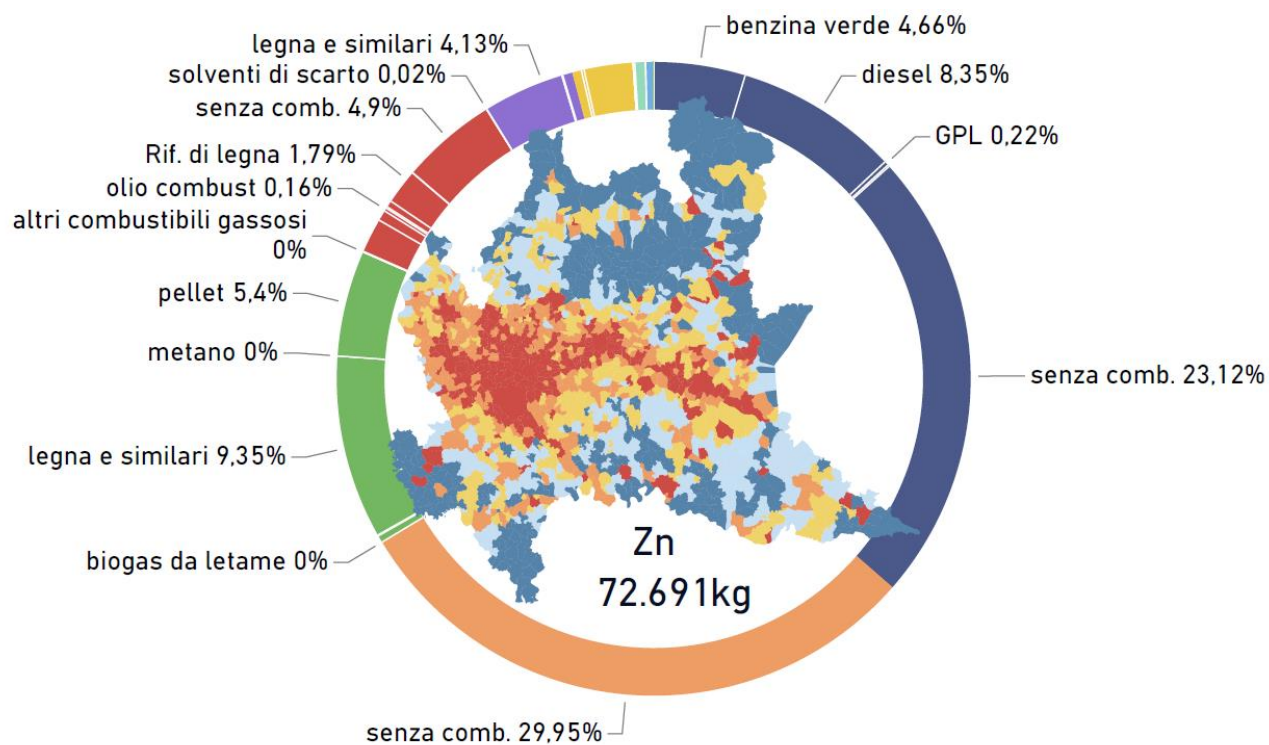
Macrosettore ● 3 ● 4 ● 7 ● 1 ● 11 ● 2 ● 9 ● 8 ● 6



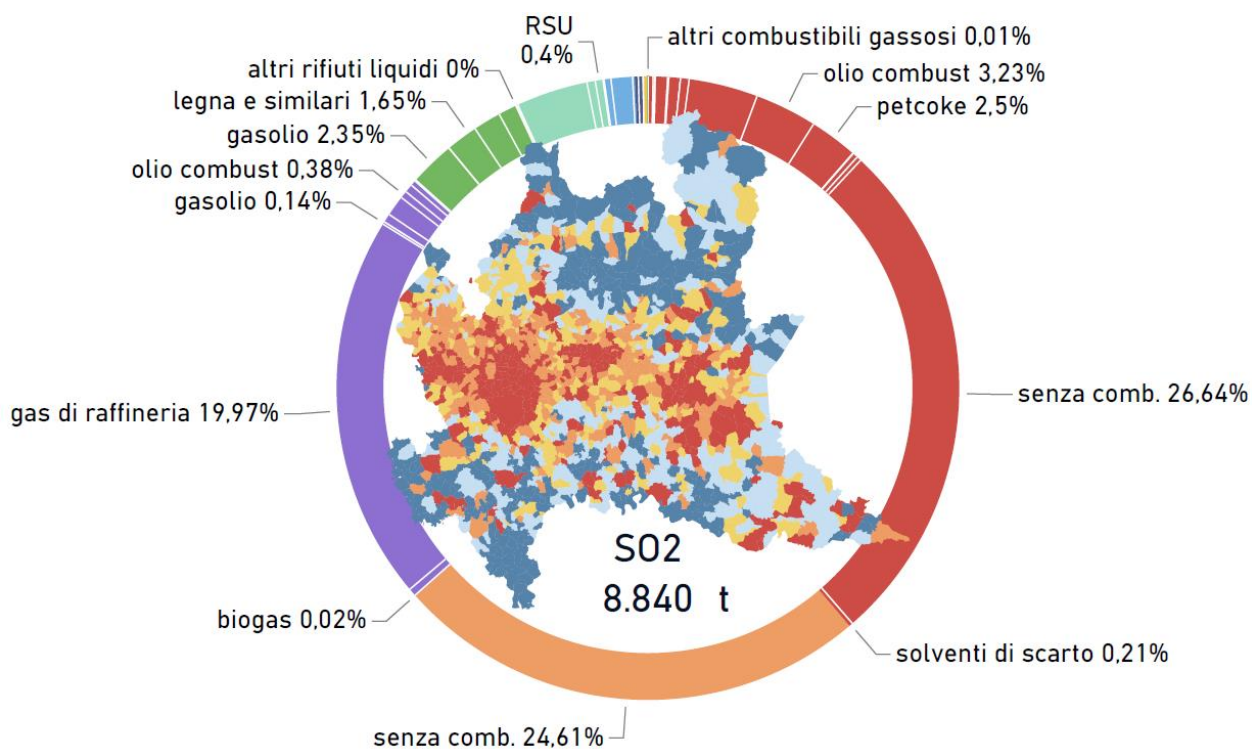
Macrosettore ● 3 ● 7 ● 4 ● 2 ● 11 ● 1 ● 9 ● 8 ● 6



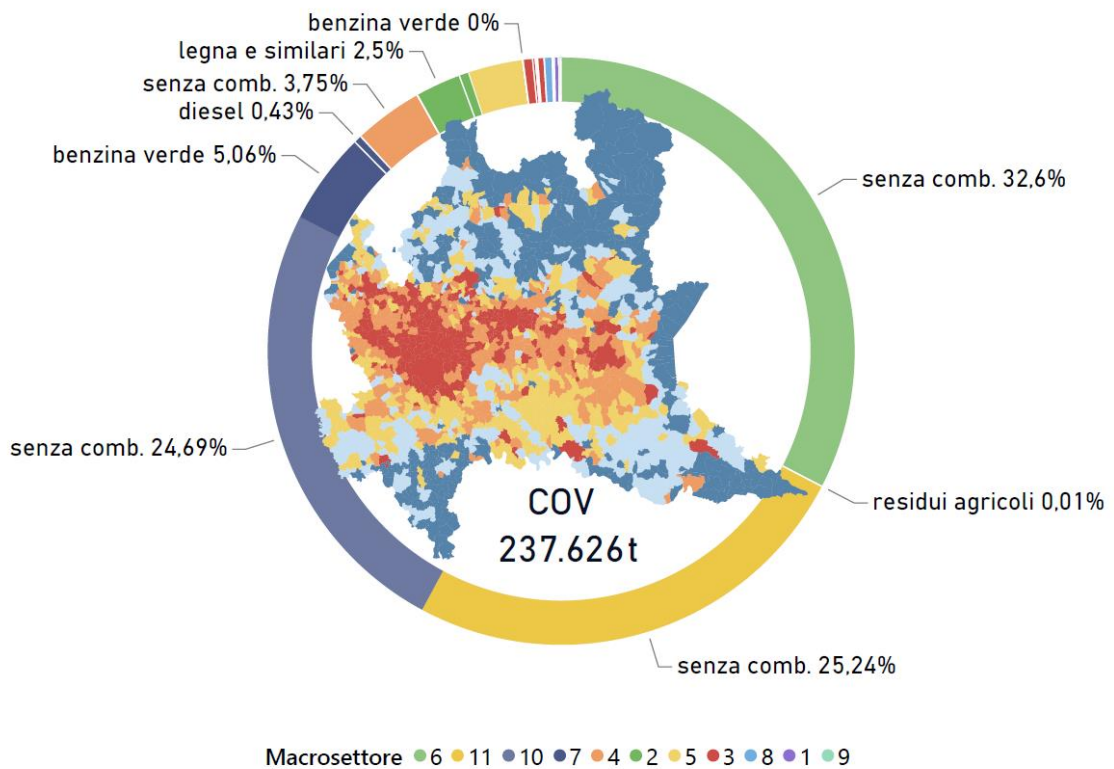
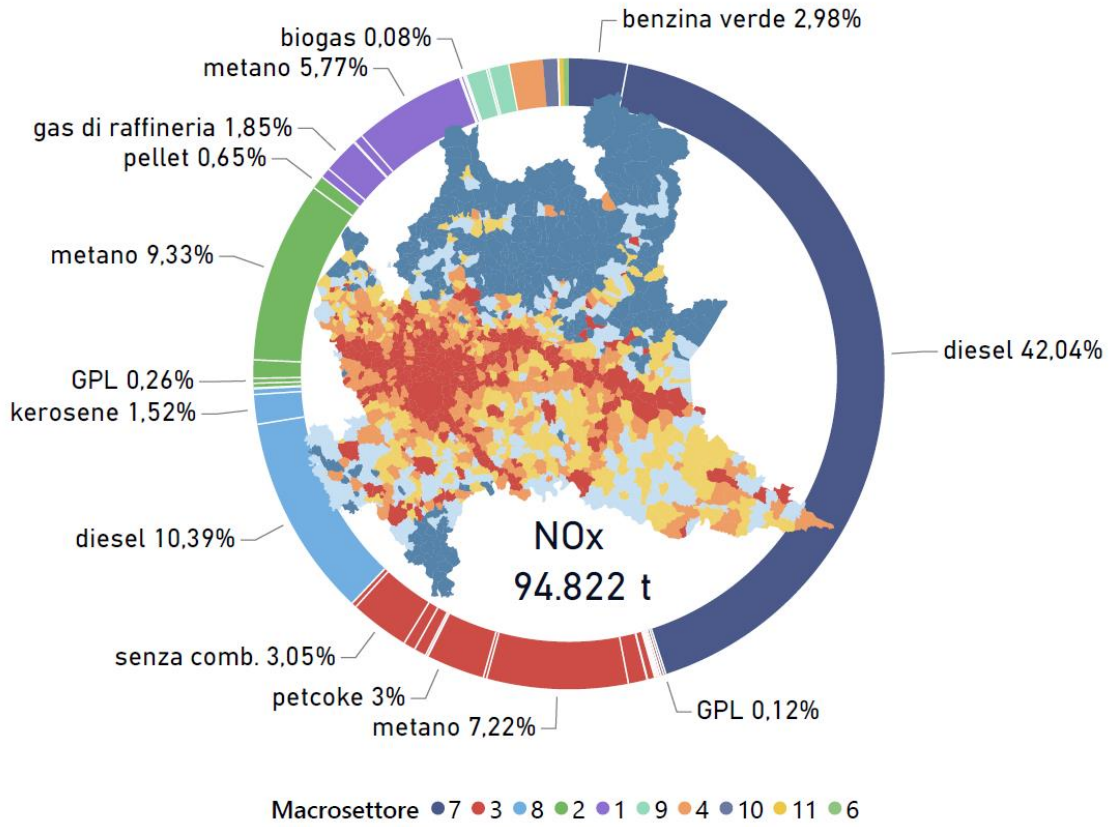
Macrosettore ● 4 ● 3 ● 7 ● 9 ● 2 ● 1 ● 11 ● 8

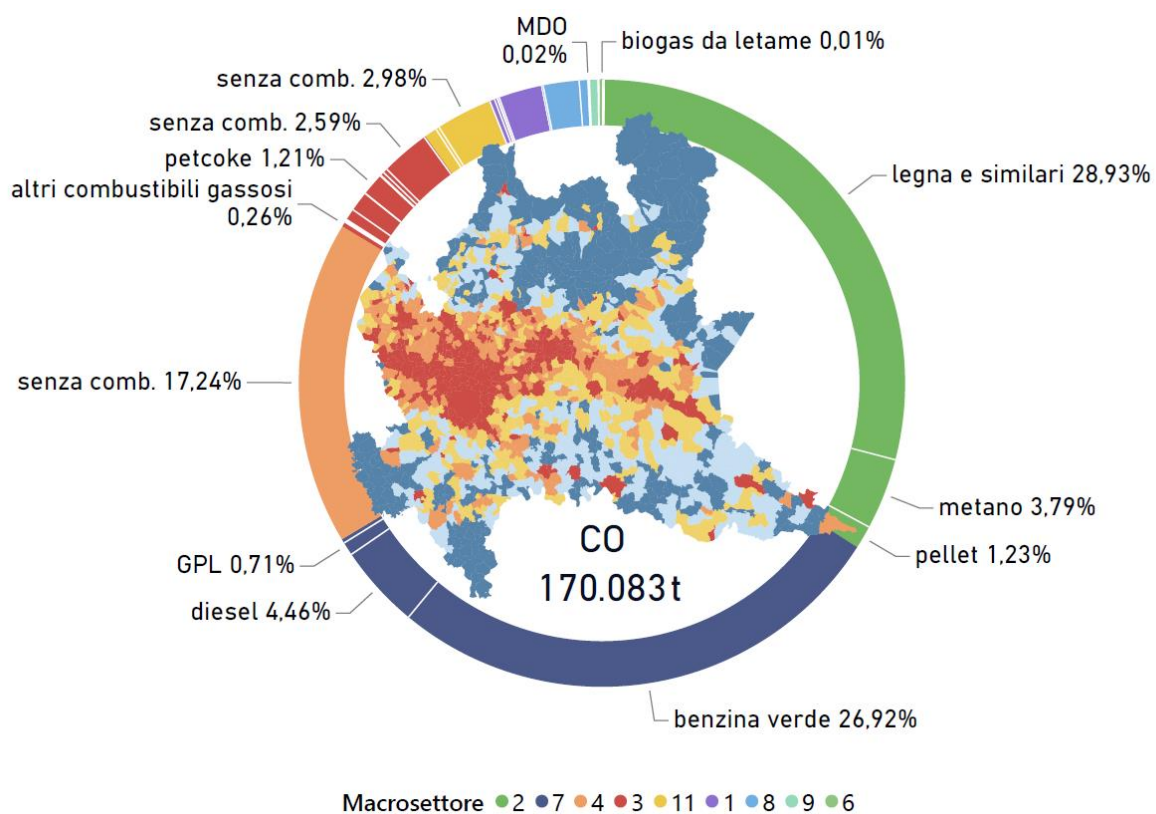
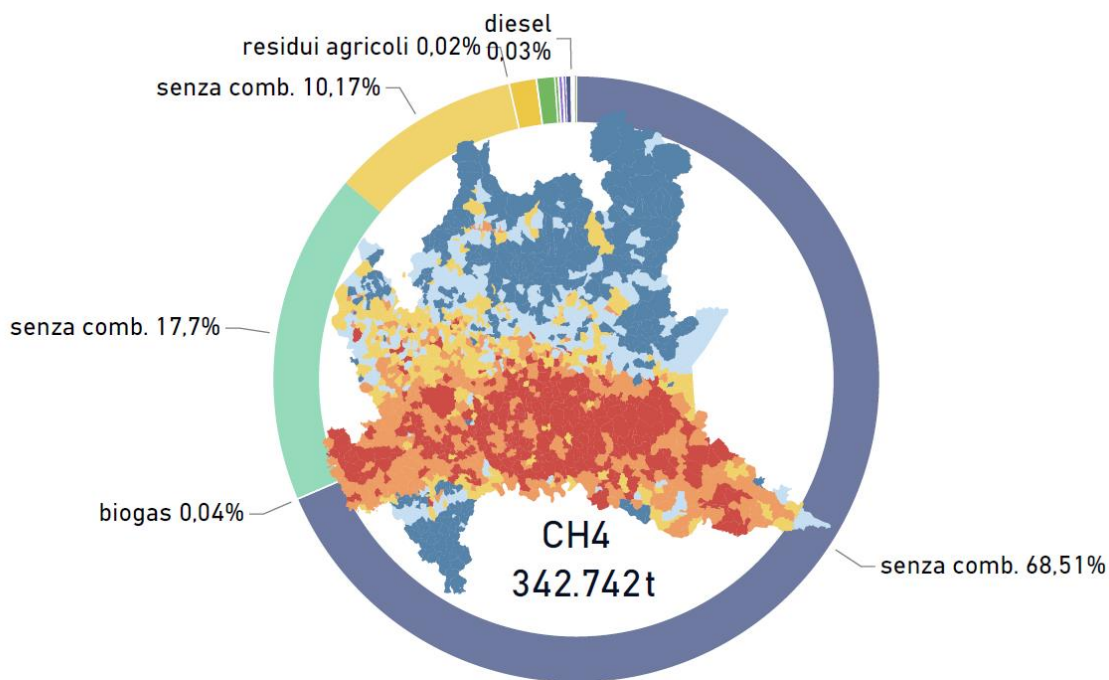


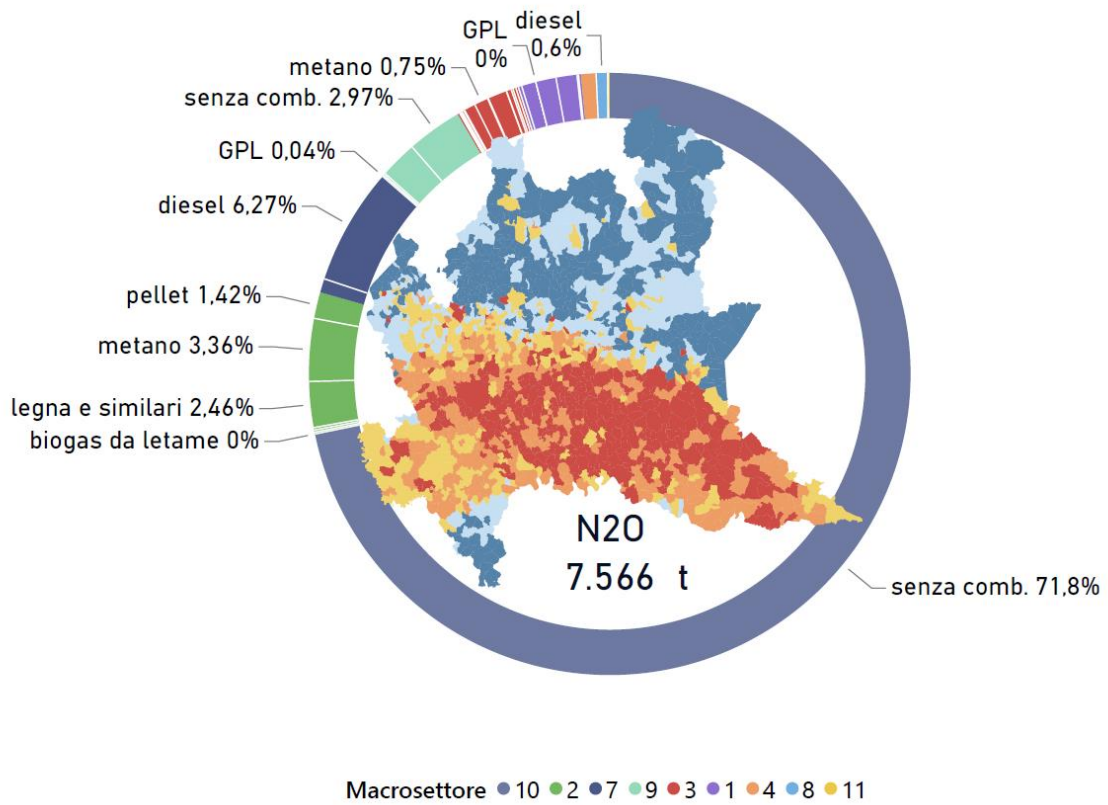
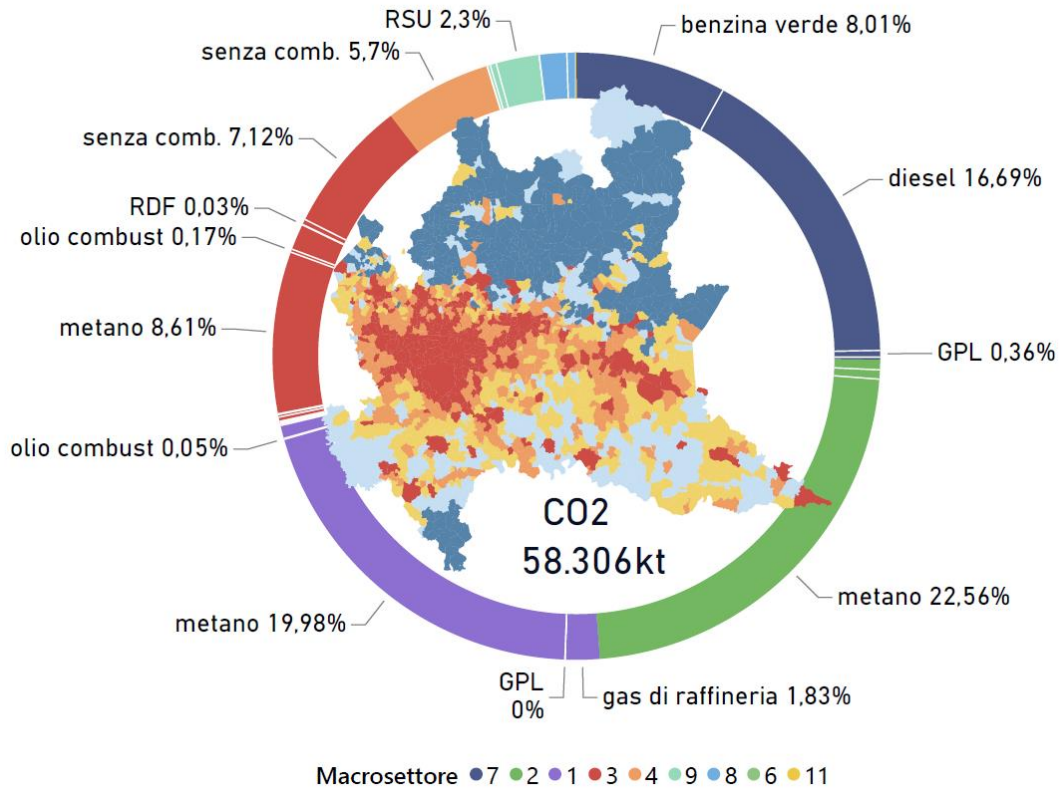
Macrosettore ● 7 ● 4 ● 2 ● 3 ● 1 ● 11 ● 9 ● 8 ● 6

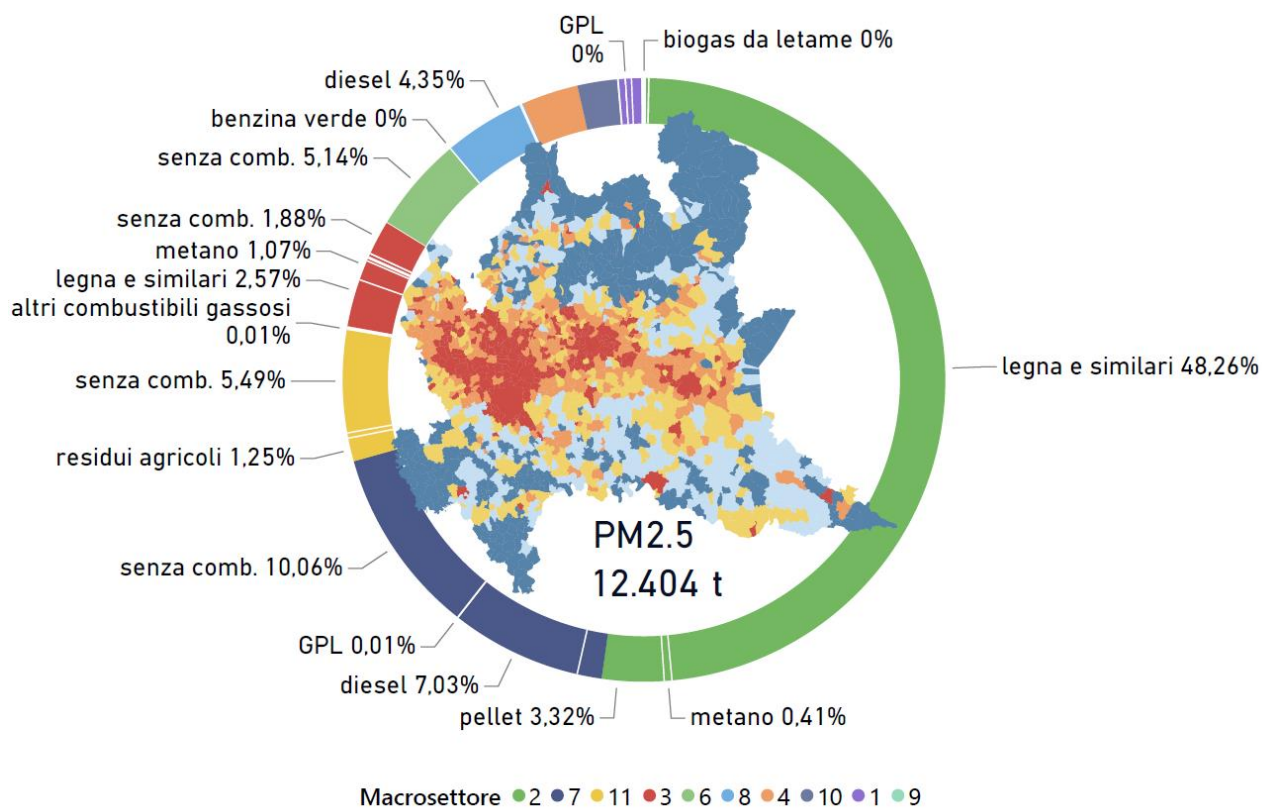
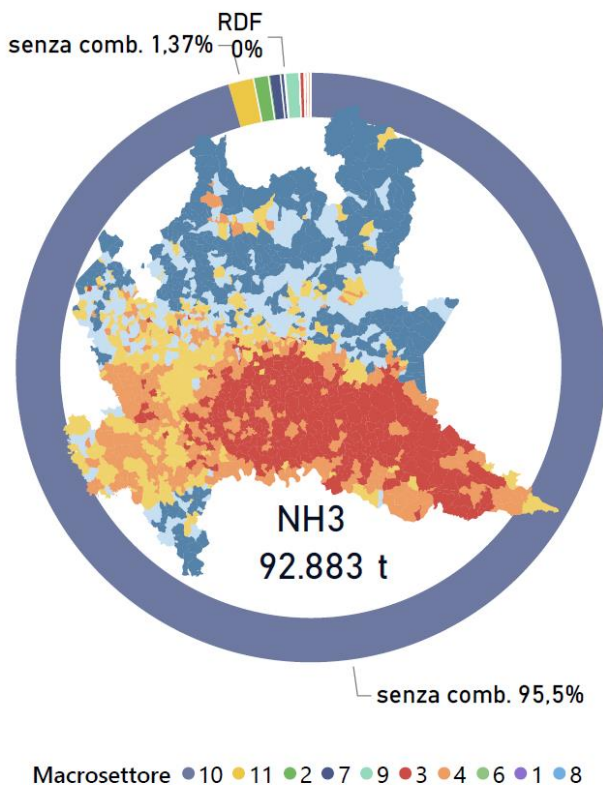


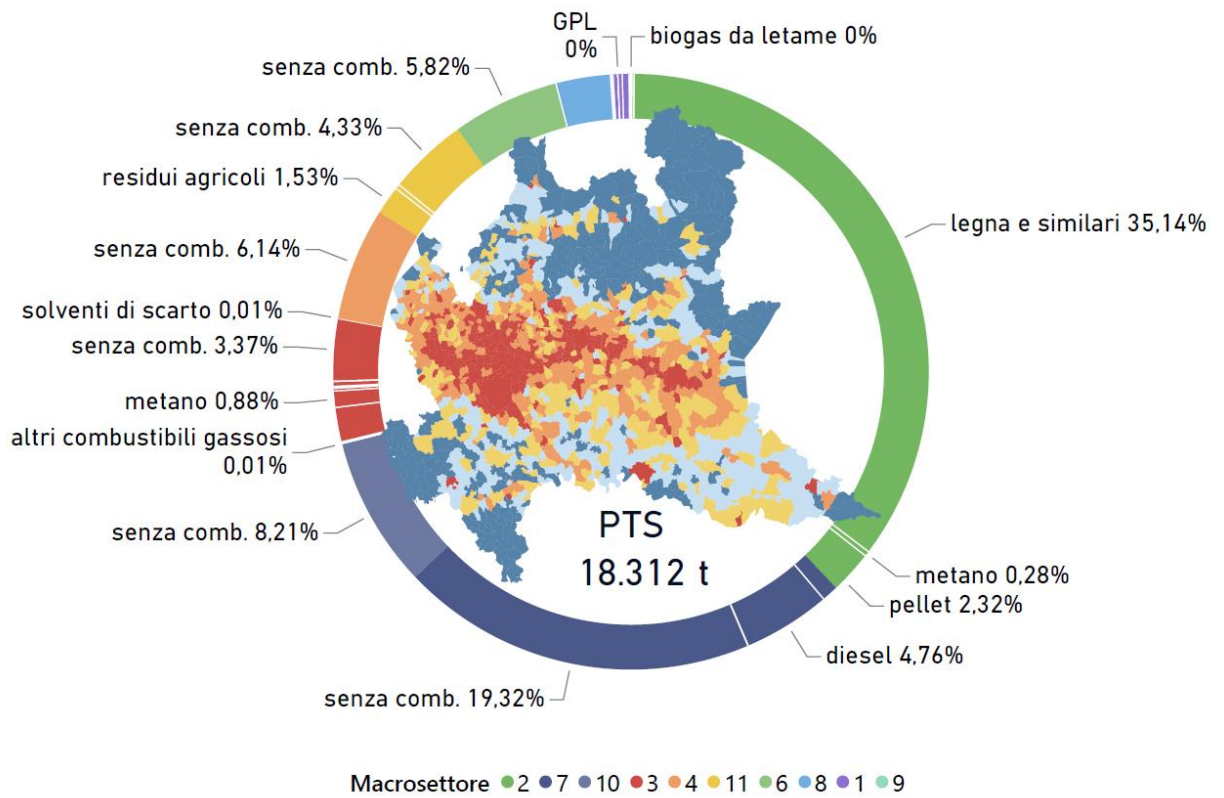
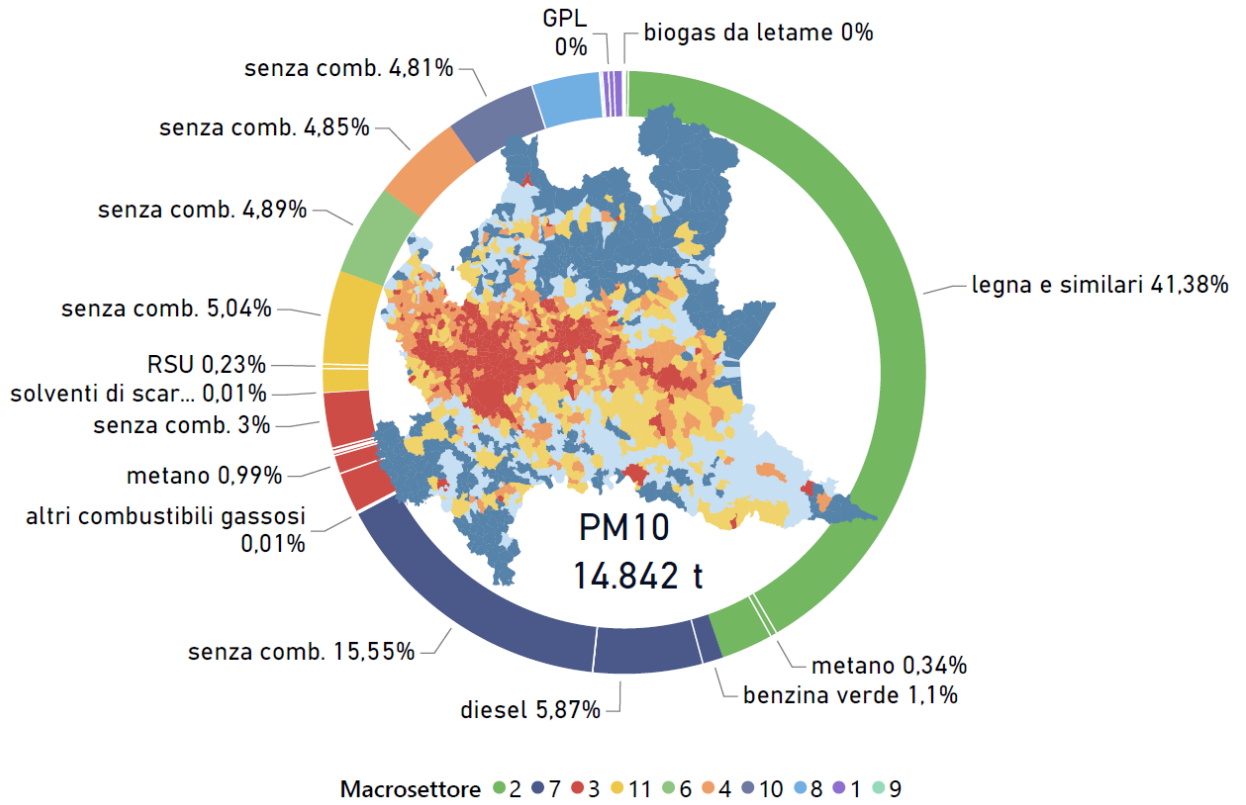
Macrosettore ● 3 ● 4 ● 1 ● 2 ● 9 ● 8 ● 7 ● 11 ● 6

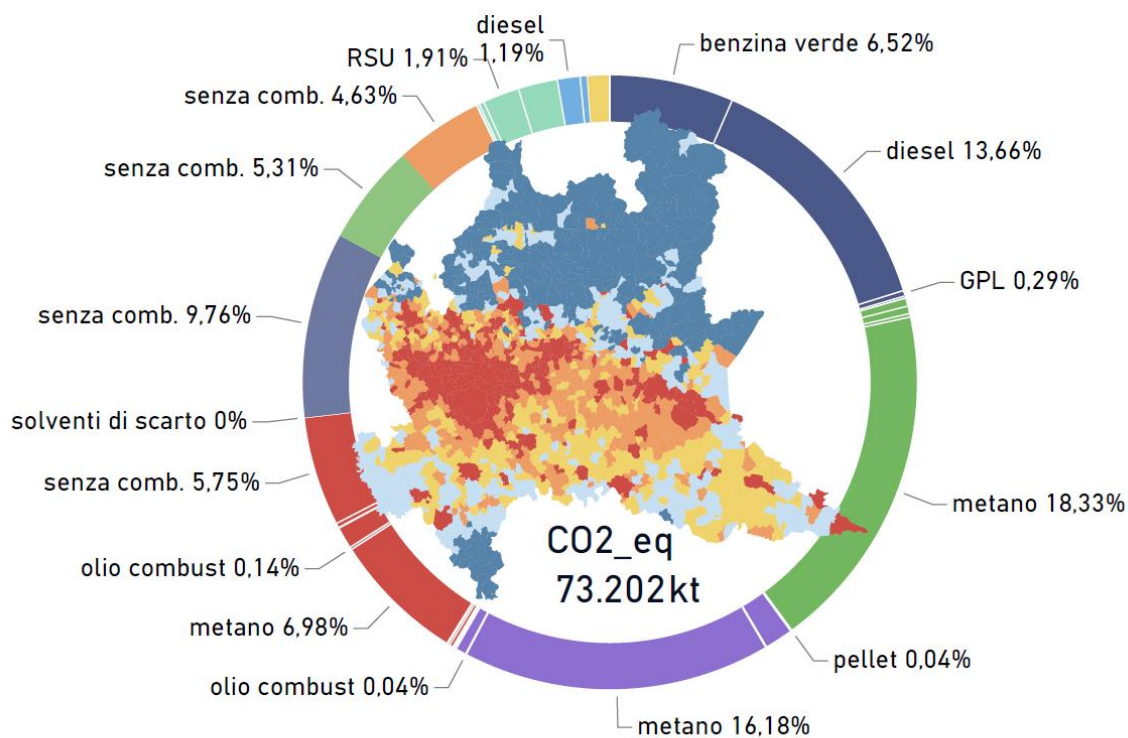




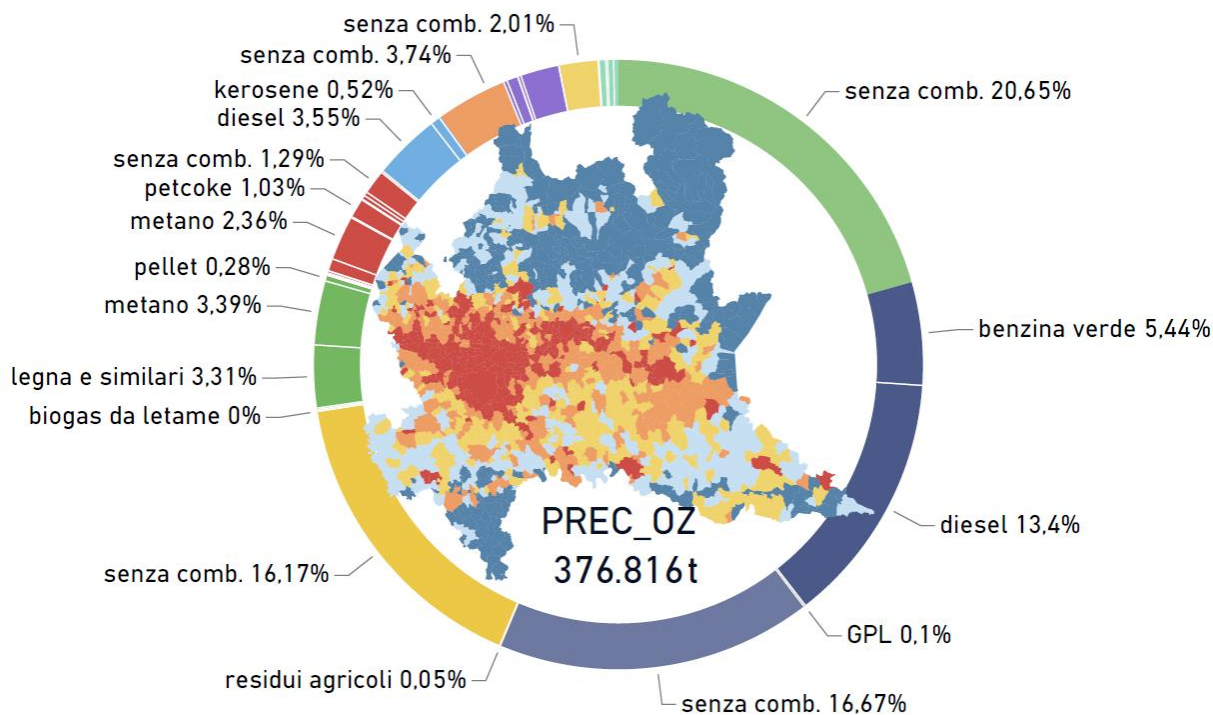




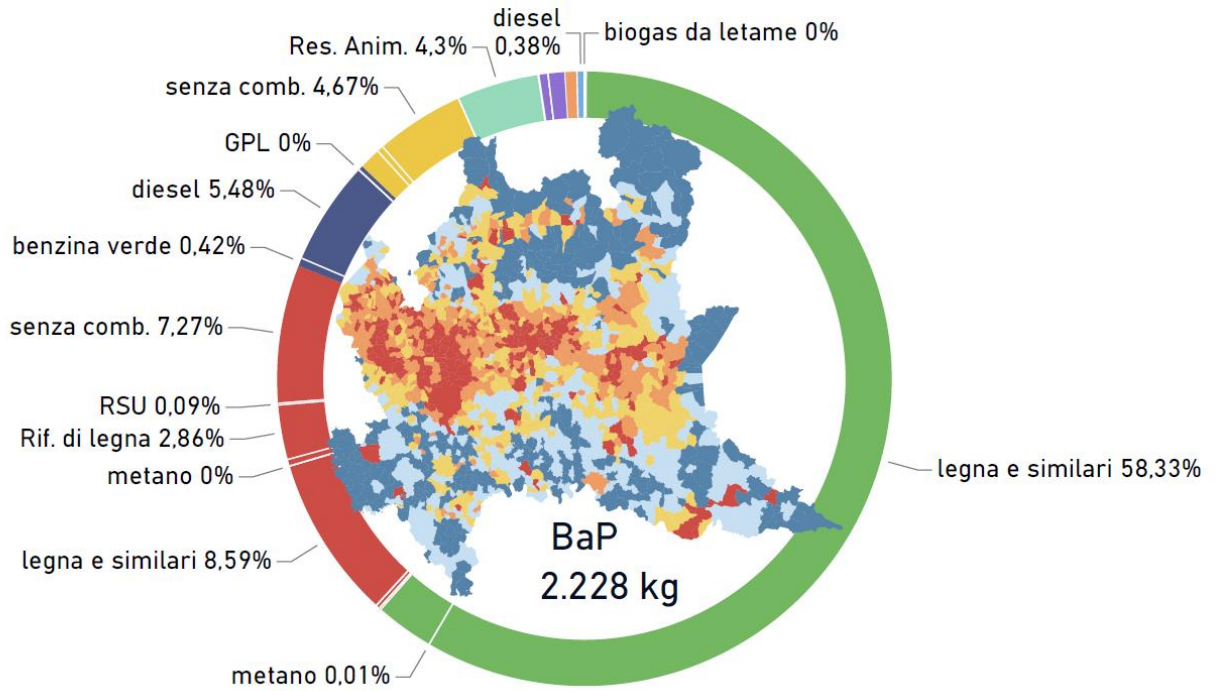




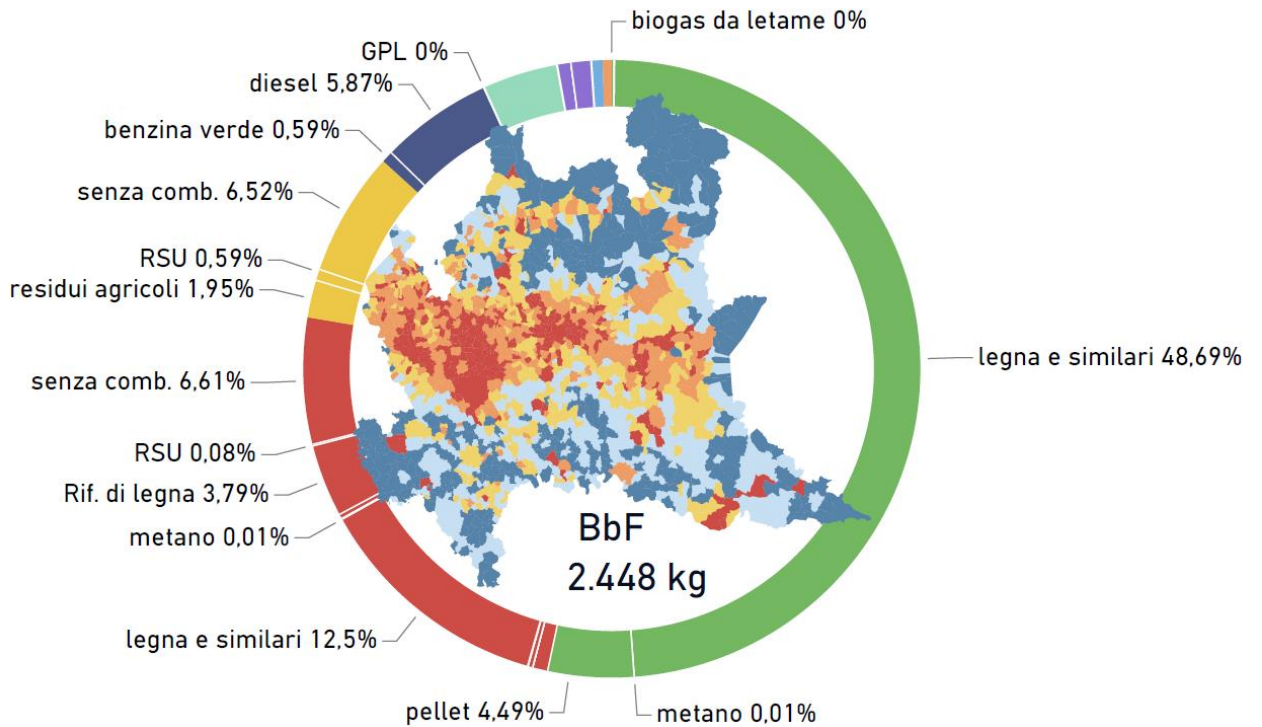
Macrosettore ● 7 ● 2 ● 1 ● 3 ● 10 ● 6 ● 4 ● 9 ● 8 ● 5 ● 11



Macrosettore ● 6 ● 7 ● 10 ● 11 ● 2 ● 3 ● 8 ● 4 ● 1 ● 5 ● 9



Macrosettore ● 2 ● 3 ● 7 ● 11 ● 9 ● 1 ● 4 ● 8



Macrosettore ● 2 ● 3 ● 11 ● 7 ● 9 ● 1 ● 8 ● 4

