PIEMONTE
verso un presente sostenibile

ALLEGATO 1a

Piano Regionale di Qualità dell' Aria

RELAZIONE GENERALE

REGIONE PIEMONTE

Arpa Piemonte
Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale

REGIONE PIEMONTE

PIANO REGIONALE DI QUALITÀ DELL'ARIA (PRQA)

RELAZIONE GENERALE

PIEMONTE verso un presente sostenibile

PRQA - RELAZIONE GENERALE

INDICE

1. La nuova pianificazione regionale di qualità dell'aria: dal "PRQA 2019" al "PRQA 2024"....1

2. Il contesto normativo di riferimento....4
2.1 Il quadro normativo europeo....4
2.1.1 Le procedure di infrazione....6
2.2 Il quadro normativo nazionale....8
2.3 Il quadro normativo regionale....9

3. Il contesto strategico, pianificatorio e programmatico di riferimento....11
3.1. Strategie europee....11
3.2 Piani e strategie nazionali....12
3.3 Strategie, programmi e piani regionali....15

4. Il coordinamento tra i livelli di governo del territorio e le risorse economiche...32
4.1 La governance multilivello....32
4.1.1 Il livello sovranazionale....32
4.1.2 Il livello nazionale....34
4.1.3 Il livello sovraregionale....39
4.1.4 Il livello regionale....45
4.1.5 Il livello locale....49
4.2 Le risorse economiche....53
4.2.1 Contributo della programmazione dei Fondi Strutturali 21-27 al PRQA....53

5. Il quadro metodologico....61
5.1. Il Sistema integrato di qualità dell'aria....61
5.1.1 Il Sistema regionale di rilevamento della qualità dell'aria....61
5.1.2 L'Inventario regionale delle emissioni in atmosfera....63
5.1.3 Il Sistema modellistico regionale....63
5.2. Il source apportionment....66
5.2.1 Il source apportionment modellistico: il sistema integrato FARM/ORSA....67
5.2.2 Il source apportionment analitico....68
5.3. Le analisi di scenario....69

6. Il quadro conoscitivo sulla qualità dell'aria....71
6.1 La zonizzazione del territorio ai fini della qualità dell'aria....71
6.2 La meteorologia e la sua influenza sulla qualità dell'aria....73
6.2.1 Scenari di cambiamento climatico....83
6.3 I fattori di pressione sulla qualità dell'aria....95
6.3.1 Lo scenario emissivo base....97
6.4 Lo stato di qualità dell'aria....105
6.4.1 Il monitoraggio degli inquinanti e il loro trend....106
6.4.2 *Lo scenario base di qualità dell'aria....136*
6.5 Individuazione delle aree di superamento e di rispetto dei valori limite all'anno base...146

6.6 Le responsabilità dell'inquinamento: il source apportionment....155
6.6.1 Il source apportionment modellistico....155
6.6.2 Il source apportionment analitico....199

7. Gli scenari tendenziali....202

7.1. Gli scenari emissivi tendenziali....202
7.1.1 Gli scenari emissivi tendenziali al 2025 e al 2030....202

7.2. Gli scenari di qualità dell'aria tendenziali....204
7.2.1 Lo scenario di qualità dell'aria tendenziale 2025....204
7.2.2 Lo scenario di qualità dell'aria tendenziale 2030....207

8. L'aggiornamento del piano regionale di qualità dell'aria....211

8.1 La metodologia e i soggetti coinvolti....211
8.2 L'attuazione del piano....212
8.3 Le Norme di attuazione - NdA....213
8.4 Gli obiettivi di sostenibilità, gli obiettivi specifici e gli obiettivi trasversali del piano....214
8.4.1 Obiettivi di sostenibilità....214
8.4.2 Obiettivi ambientali specifici....219
8.4.3 Obiettivi trasversali....220

9. Gli indirizzi di piano....221

9.1 Ambiti di intervento, misure e azioni di piano....221
9.1.1 Ambiti di intervento....221
9.1.2 Misure....221
9.1.3 Azioni di piano....222
9.1.4 Ambiti territoriali....222
9.1.4 Ambiti temporali....228

9.2 Ambito "Mobilità e aree urbane" (Mob)....228
9.2.1 Elementi descrittivi....228
9.2.2 Contesto emissivo....234
9.2.3 Misure e azioni....234
Mob.M1 - Attuazione della pianificazione di settore....236
Mob.M2 - Promozione del trasporto pubblico....238
Mob.M3 - Riduzione dei veicoli inquinanti in circolazione e delle loro percorrenze e promozione della multimodalità....242
Mob.M4 - Potenziamento dei controlli....245
Mob.M5 - Interventi la rigenerazione e la riqualificazione urbana e l'adattamento degli ambiti urbani a nuove forme di mobilità sostenibile e attiva....246
Mob.M6 - Azioni di sistema....248

9.3 Ambito "Energia e biomasse" (Enb)....250
9.3.1 Elementi descrittivi....250
9.3.2 Contesto emissivo....261
9.3.3 Misure e azioni....262
Enb.M1 - Efficientamento edifici e infrastrutture pubbliche....264
Enb.M2 - Interventi di riduzione emissioni impianti a biomassa....264
Enb.M3 - Interventi di installazione di impianti a FER in sostituzione di impianti a combustibili fossili....267

9.4 Ambito “Attività produttive” (Ind).....268
9.4.1 Elementi descrittivi.....*268*
9.4.2 Contesto emissivo.....*270*
9.4.3 Misure e azioni.....*270*
Ind.M1 - Interventi per favorire la sostenibilità ambientale dei processi produttivi.....272
Ind.M2 - Verso l'inquinamento zero dalla produzione al consumo.....273
Ind.M3 - Azioni di sistema.....273
9.5 Ambito “Agricoltura e zootecnia” (Agr).....274
9.5.1 Elementi descrittivi.....*274*
9.5.2 Contesto emissivo.....*275*
9.5.3 Misure e azioni.....*276*
Agr.M1 - Interventi per l’abbattimento delle emissioni di ammoniaca.....277
Agr.M2 - Potenziamento dei controlli.....278
Agr.M3 - Limitazioni sulla combustione all’aperto dei residui vegetali.....279
Agr.M4 - Incentivazione delle attività e recupero dei materiali vegetali.....279
Agr.M5 - Azioni di sistema.....279

10. Gli scenari di piano.....280
10.1 Gli scenari emissivi di Piano.....280
10.1.1 Lo scenario emissivo di Piano al 2025.....*280*
10.1.2 Lo scenario emissivo di Piano al 2030.....*286*
10.2. Gli scenari di qualità dell’aria di Piano.....291
10.2.1 Lo scenario di qualità dell’aria di Piano al 2025.....*292*
10.2.2 Lo scenario di qualità dell’aria di Piano al 2030.....*301*

11. Valutazione degli impatti dell’inquinamento atmosferico sulla salute umana. 310
11.1 Inquinamento atmosferico: caratteristiche e sorgenti.....310
11.2 L’impatto dell’inquinamento atmosferico sulla salute.....313
11.3 La tossicità del particolato, nuovi studi e lo sviluppo di metriche sanitarie innovative.....319
11.4 La tossicità del particolato nella città di Torino, primi risultati.....322
11.5 Le risultanze dei progetti nazionali ed europei a supporto della governance locale...326
11.6 Risultati attesi dalla implementazione della metodologia di “*Health Impact Assessment*” in relazione agli scenari di Piano.....328
11.7 Raccomandazioni.....333
11.8 Le politiche sanitarie della Regione Piemonte e progetti a tutela della salute contro i rischi derivanti dall’inquinamento atmosferico.....340
11.9 Costi sanitari.....344

12. Il Monitoraggio del PRQA.....346
12.1 Il progetto PREPAIR - Sistema per la contabilità ambientale delle misure dei Piani di qualità dell’aria.....349
12.2 Definizioni degli indicatori.....349
12.2.1 Indicatori per l'analisi del contesto ambientale.....*349*
12.2.2 Indicatori di stato.....*349*
12.2.3 Indicatori per il monitoraggio delle misure pianificate nel PRQA.....*350*

12.3 Relazioni annuali e relazioni di monitoraggio.....352
12.3.1 Condivisione delle informazioni da parte dei soggetti responsabili delle misure ed azioni ai fini del monitoraggio.....353
12.4 Meccanismi di retroazione.....354
12.5 Gestione e sviluppi del Sistema regionale integrato della qualità dell'aria.....354

1. LA NUOVA PIANIFICAZIONE REGIONALE DI QUALITÀ DELL'ARIA: DAL "PRQA 2019" AL "PRQA 2024"

L'aggiornamento del Piano Regionale di Qualità dell'Aria (PRQA) consegue, principalmente, al decreto legge 12 settembre 2023, n. 121 "*Misure urgenti in materia di pianificazione della qualità dell'aria e limitazioni della circolazione stradale*", convertito con modificazioni dalla legge n. 155 del 6 novembre 2023, al fine di assicurare l'esecuzione delle sentenze della Corte di Giustizia dell'Unione europea del 10 novembre 2020 nella causa C-644/18 e del 12 maggio 2022 nella causa C-573/19.

L'art. 1 del DL 121/2023 dispone, infatti, che le Regioni Piemonte, Lombardia, Veneto e Emilia-Romagna devono provvedere, entro 12 mesi dall'entrata in vigore del decreto stesso, ad aggiornare i rispettivi piani di qualità dell'aria, modificando ove necessario i relativi provvedimenti attuativi, alla luce dei risultati prodotti dalle iniziative già assunte per la riduzione delle emissioni inquinanti.

L'aggiornamento tiene conto dei significativi cambiamenti del contesto di riferimento che sono stati apportati a partire dal 2019 - anno in cui è stato approvato l'ultimo Piano Regionale di Qualità dell'Aria (nel seguito, anche denominato "PRQA 2019")[1] - non solo dalle iniziative economiche e regolamentari assunte dalla Regione, ma anche dall'approvazione e emanazione di nuovi piani e strategie europee, statali e regionali.

Gli indirizzi del PRQA 2019 partivano dallo studio "Environmental Outlook"[2] (2012) dell'OCSE: le "Prospettive ambientali" dell'OCSE tracciano le tendenze demografiche ed economiche che traguardano al 2050 utilizzando un modello elaborato congiuntamente dall'OCSE e dall'Agenzia di Valutazione Ambientale dei Paesi Bassi (PBL) e analizzano le conseguenze della non-azione.

Lo scenario di riferimento dell'OCSE vede un livello dell'inquinamento atmosferico tale da diventare la principale causa ambientale di mortalità prematura a livello mondiale e pone l'accento sulla necessità di agire con urgenza per cambiare l'andamento del nostro futuro sviluppo. In sintesi, l'"*Outlook 2012*" evidenzia l'urgenza di agire, per evitare i costi e la conseguenza della non azione.

Dal 2019 il contesto strategico di riferimento si è arricchito di nuove strategie europee, nazionali e regionali che pongono sfidanti obiettivi per la salvaguardia dell'ambiente, di seguito sinteticamente indicate e approfondite nel prosieguo.

L'11 dicembre 2019, la Commissione Europea ha presentato la strategia "*Green Deal*"[3] che ha come obiettivo primario quello di rendere l'UE il primo continente a impatto climatico zero entro il 2050, riducendo le emissioni di almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990.

Il 12 maggio 2021 la Commissione Europea ha poi adottato il piano d'azione dell'UE "*Azzerare l'inquinamento atmosferico, idrico e del suolo*"[4] che combina tutte le pertinenti politiche dell'UE per contrastare e prevenire l'inquinamento, e il 14 luglio 2021 il Pacchetto clima "*Fit for 55%" ("Pronti per il 55%")*[5] che contiene una serie di proposte legislative[6] e nuovi obiettivi in settori strategici ed economici tra cui clima, energia e combustibili, trasporti, edilizia, uso del suolo e silvicoltura.

1 https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/ambiente/aria/piano-regionale-qualita-dellaria-prqa#
2 http://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/oecd-environmental-outlook-1999155x.htm
3 https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it
4 https://environment.ec.europa.eu/strategy/zero-pollution-action-plan_en
5 https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/
6 https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal/delivering-european-green-deal/fit-55-delivering-proposals_it

Sul piano nazionale, il 5 giugno 2019, nell'ambito del "*Clean Air Dialogue*"[7] che si è tenuto a Torino il 4 e 5 giugno, la Presidenza del Consiglio dei Ministri, i Ministeri competenti e le Regioni e Province Autonome di Trento e Bolzano hanno firmato il protocollo d'intesa che istituisce il *"Piano d'azione per il miglioramento della qualità dell'aria"*[8]. Sempre a livello nazionale, in ottemperanza al d.lgs 81/2018, sono stati definiti gli obiettivi di riduzione delle emissioni in atmosfera nel "*Programma Nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico*" (PNCIA), approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 23 dicembre 2021.

Per quanto riguarda il livello regionale, il 18 febbraio 2022 la Giunta regionale del Piemonte, con la deliberazione n. 23 – 4671, ha approvato il primo stralcio della "*Strategia Regionale sul Cambiamento Climatico"*[9], che ha la finalità di indirizzare l'azione amministrativa e politica regionale per contrastare il cambiamento climatico e far fronte alle conseguenze, minimizzando gli effetti negativi e, ove possibile, sfruttarne le opportunità.

Infine, nel luglio del 2022, è stata rilasciata la "*Strategia Regionale per lo Sviluppo Sostenibile (SRSvS)"*[10] che delinea gli ambiti e gli obiettivi che la Regione Piemonte intende perseguire nel quadro definito dall'Agenda 2030 dell'Organizzazione delle Nazioni Unite e in coerenza e attuazione della Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile.

Con riferimento alla regolamentazione regionale in materia di qualità dell'aria, successivamente all'approvazione del PRQA vigente, con la deliberazione della Giunta regionale n. 9-2916 del 26 febbraio 2021, sono state approvate le "*Disposizioni straordinarie in materia di tutela della qualità dell'aria ad integrazione e potenziamento delle misure di limitazione delle emissioni, strutturali e temporanee, di cui alla DGR n. 14-1996 del 25 settembre 2020, e dei vigenti protocolli operativi*" e con la deliberazione del Consiglio regionale n. 284-15266 del 27 giugno 2023 è stato approvato il *Piano Stralcio Agricoltura,* in attuazione della misura AG.04 "Riduzione delle emissioni di ammoniaca in atmosfera dal comparto agricolo" dell'allegato A (Misure di piano) al vigente PRQA.

L'aggiornamento del PRQA del 2019 non tiene conto solo del rinnovato contesto strategico e regolamentare sopra descritto, ma anche delle iniziative economiche messe in campo dalla Regione Piemonte per la riduzione delle emissioni di inquinanti.

A partire dal 2018 la Regione Piemonte ha stanziato complessivamente circa 9 miliardi di euro per l'attuazione delle misure che concorrono direttamente e indirettamente al miglioramento della qualità dell'aria negli ambiti delle infrastrutture e mobilità sostenibile, delle attività agricole e forestali, della decarbonizzazione ed efficienza energetica e delle metodiche di valutazione e gestione della qualità dell'aria.

Le misure messe in campo hanno portato a un miglioramento della qualità dell'aria significativo ma non ancora sufficiente per rientrare nei limiti posti dalla direttiva 2008/50/CE e risulta quindi di fondamentale importanza l'adozione, in continuità con quanto fatto nel passato, di interventi strutturali ancora più pregnanti a valere sui diversi settori che impattano sulla qualità dell'aria. Tali interventi sono attuabili anche grazie alla grande opportunità fornita dalle ingenti risorse messe in gioco a livello europeo, nazionale e regionale anche per le politiche sulla qualità dell'aria.

Le iniziative programmatiche, regolamentari ed economiche sopra illustrate hanno cambiato significativamente lo scenario di riferimento della nuova pianificazione, concorrendo a costituire un rinnovato quadro in cui sviluppare l'aggiornamento del PRQA 2019 e individuare gli interventi finalizzati alla riduzione delle emissioni in atmosfera, ascrivibili alle diverse attività antropiche.

7 https://environment.ec.europa.eu/topics/air/clean-air-dialogues_en

8 https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio_immagini/cleanair_dialogues/protocollo-cleanair.pdf

9 https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/cambiamento-climatico/strategia-regionale-sul-cambiamento-climatico

10 https://www.regione.piemonte.it/web/temi/strategia-sviluppo-sostenibile/strategia-regionale-per-sviluppo-sostenibile-0

Il documento di Piano illustrerà, quindi, in primo luogo il nuovo contesto normativo, strategico e pianificatorio (sovranazionale, nazionale e regionale), le risorse economiche disponibili e il sistema di governance multilivello in cui si troverà ad operare il nuovo PRQA.

Nei capitoli 5 e 6 viene dato ampio spazio alla definizione del quadro metodologico e all'analisi del quadro conoscitivo della qualità dell'aria: sono pertanto descritti la zonizzazione del territorio ai fini della qualità dell'aria, i fattori di pressione e lo stato della qualità dell'aria, l'individuazione delle aree di superamento e di rispetto dei limiti all'anno base, e, attraverso il source apportionment, le responsabilità dell'inquinamento. Agli scenari emissivi tendenziali è dedicato, il capitolo 7.

Definito in tutti i suoi aspetti il contesto in cui si inserisce la pianificazione, viene affrontato il tema dell'aggiornamento vero e proprio del Piano, a partire dalla metodologia utilizzata per la sua costruzione ed i soggetti coinvolti, per passare alle modalità di attuazione e, infine, all'individuazione degli obiettivi, degli ambiti, delle misure e azioni di intervento, necessari al raggiungimento dei limiti stabiliti dalla norma.

Attraverso gli scenari di piano, illustrati al capitolo 10, le azioni di Piano sono state reinterpretate in termini di scenario emissivo, individuandone ambiti d'intervento (comparti emissivi coinvolti), efficacia (percentuale di riduzione dei diversi inquinanti), grado di penetrazione (diffusione nell'ambito del comparto emissivo coinvolto).

Il Piano affronta, inoltre, il tema della valutazione degli impatti degli scenari sulla salute umana.

Alla verifica degli effetti ambientali riferibili all'attuazione del piano e al grado di conseguimento degli obiettivi di sostenibilità ambientale, anche ai fini della comunicazione alla Commissione Europea, al Ministero dell'Ambiente e al pubblico, è deputato il monitoraggio, descritto nel capitolo 12.

Le "Norme Tecniche di Attuazione", infine, declinano le disposizioni attuative, tra cui quelle cogenti e immediatamente prevalenti in quanto auto applicative del Piano.

2. IL CONTESTO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

2.1 IL QUADRO NORMATIVO EUROPEO

Il primo strumento giuridico internazionale vincolante volto ad affrontare i problemi correlati all'inquinamento atmosferico su un'ampia base regionale è la Convenzione sull'inquinamento transfrontaliero a lunga distanza della Commissione Economica delle Nazioni Unite per l'Europa (CLRTAP; del 1979).

Nel 1999 venne adottata la prima versione del Protocollo di Göteborg per ridurre l'acidificazione, l'eutrofizzazione e l'ozono troposferico, fissando tetti massimali di emissione in atmosfera di alcuni tra gli inquinanti prioritari.

Il quadro delle disposizioni normative e regolamentari europee per la riduzione delle emissioni in atmosfera e per la tutela della qualità dell'aria si è arricchito negli anni di numerosi atti giuridici:

- la **Direttiva 2004/107/CE**[1] del Parlamento europeo e del Consiglio, del 15 dicembre 2004, concernente l'arsenico, il cadmio, il mercurio, il nichel e gli idrocarburi policiclici aromatici nell'aria ambiente;
- la **Direttiva 2008/50/CE**[2] del Parlamento europeo e del Consiglio, del 21 maggio 2008, relativa alla *qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*

La Direttiva 2008/50/EC identifica il miglioramento della qualità dell'aria come un obiettivo chiave della legislazione ambientale. La Direttiva segue la proposta della Commissione Europea per una strategia tematica per la riduzione del numero di decessi legati all'inquinamento atmosferico del 40% entro il 2020 e, per questo, istituisce misure volte a stabilire obiettivi di qualità dell'aria ambiente al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso.

In particolare, definisce le soglie per la valutazione di ciascuna sostanza inquinante, i criteri e i metodi comuni di valutazione e stabilisce i limiti, gli obiettivi e gli obblighi che gli Stati membri devono raggiungere entro un determinato periodo.

E' inoltre richiesto che alla Commissione vengano comunicati i risultati delle valutazioni e le informazioni relative ai piani e programmi messi in campo, per consentirle di verificare il rispetto delle disposizioni delle direttive. Il *reporting* prevede, inoltre, che alla Commissione, agli Stati membri, agli *stakeholder*, alla Agenzia Europea dell'Ambiente e a tutti i cittadini siano fornite informazioni armonizzate sui dati misurati e sulla valutazione e gestione della qualità dell'aria. Infine, spinge sull'ottenimento di informazioni sulla qualità dell'aria ambiente che supportino il monitoraggio delle tendenze a lungo termine e garantiscano le informazioni e la loro messa a disposizione dei cittadini.

- la **Decisione 2011/850/UE**[3]**,** meglio conosciuta come IPR "Implementing Provision on Reporting" recante disposizioni attuative delle direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE per quanto riguarda lo scambio reciproco e la comunicazione di informazioni sulla qualità dell'aria ambiente;

La Decisione 2011/850/UE supporta la notifica e lo scambio di informazioni e facilita l'elaborazione dei dati mediante l'uso di avanzati strumenti elettronici e portali web.

La lettura combinata della Direttiva e della Decisione evidenzia importanti dettagli, quali:

1 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32004L0107&rid=1
2 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/it/ALL/?uri=CELEX%3A32008L0050
3 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/ALL/?uri=CELEX%3A32011D0850

- la zonizzazione territoriale e gli agglomerati urbani chiariscono qual è la scala territoriale per la valutazione e gestione della qualità dell'aria;
- i punti di campionamento usati per la valutazione della qualità dell'aria ambiente sono basati sull'esposizione della popolazione e la tutela dell'ambiente;
- i metodi di misurazione di riferimento sono stabiliti e così pure i livelli critici;
- le concentrazioni di ozono (O_3), biossido di zolfo (SO_2), biossido di azoto (NO_2), ossidi totali di azoto (NO_x), le particelle (PM10 e PM2,5), piombo (Pb), benzene (BTX) e monossido di carbonio (CO) sono da monitorare;
- l'utilizzo dei modelli di diffusione e trasporto devono essere utilizzati per la valutazione della qualità dell'aria ambiente, dopo una opportuna convalida dei dati.

  - Il **COM(2013) 918 final**[4] del dicembre 2013 con cui la Commissione Europea ha adottato un programma "Aria pulita" per l'Europa che comprende una proposta di nuova Direttiva NEC, una proposta di nuova direttiva MCP (emissioni di inquinanti originati da impianti di combustione medi), una proposta al consiglio d'Europa per l'accettazione della modifica al protocollo del 1999 della convenzione sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero a grande distanza (CLRTAP), del 1979, per la riduzione dell'acidificazione, dell'eutrofizzazione e dell'ozono troposferico (Göteborg).
  - La **Direttiva 2016/2284**[5] del Parlamento europeo e del Consiglio, del 14 dicembre 2016 (cosiddetta "direttiva NEC"), concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici che abroga la **Direttiva 2001/81/CE**[6]**.**

La Direttiva 2016/2284, al fine di contribuire al generale miglioramento della qualità dell'aria sul territorio dell'Unione Europea, prevede il conseguimento di obiettivi nazionali di riduzione delle emissioni di alcuni inquinanti (materiale particolato, ossidi di zolfo, ossidi di azoto, composti organici volatili non metanici ed ammoniaca), al 2020 e al 2030. Tali riduzioni devono essere ottenute tramite l'adozione e l'attuazione di un "Programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico" (PNCIA) da elaborare sulla base delle indicazioni contenute nella stessa direttiva. Le informazioni contenute nel programma dovranno poi essere trasmesse alla Commissione europea secondo il formato stabilito dalla Decisione 2018/1522.

Nel 2018 la Commissione Europea ha condotto una consultazione pubblica sulle Direttive sulla qualità dell'aria ambiente (2008/50/CE e 2004/107/CE) al fine di valutare se le disposizioni ivi contenute fossero ancora pertinenti, efficaci, efficienti e coerenti con le altre politiche nazionali e dell'Unione Europea.

Dall'analisi è risultato che le Direttive sono state solo parzialmente efficaci nel migliorare la qualità dell'aria e non tutti i loro obiettivi sono stati raggiunti. Anche, il "Green Deal" ha evidenziato la necessità di migliorare ulteriormente la qualità dell'aria e ad allineare maggiormente gli standard di qualità dell'aria dell'UE alle raccomandazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS)

Proprio l'OMS, il 22 settembre 2021, ha pubblicato le nuove linee guida sulla qualità dell'aria[7]. Esse tengono conto le ultime evidenze scientifiche relativamente agli impatti sulla salute dei diversi inquinanti atmosferici e aggiornano i valori limite raccomandati per i principali inquinanti atmosferici, ora inferiori rispetto a quelli indicati dalle precedenti linee guida del 2005.

---

4 https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2013:0918:FIN:IT:PDF

5 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016L2284

6 https://eur-lex.europa.eu/legal-content/IT/TXT/PDF/?uri=CELEX:32001L0081&rid=1

7 https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/345329/9789240034228-eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Il 26 ottobre 2022, la Commissione Europea ha pubblicato **la proposta della nuova Direttiva sulla qualità dell'aria, "*Proposal for a directive of the European Parliament and of the Council on ambient air quality and cleaner air for Europe*"[8],** che si pone anche l'obiettivo di dare attuazione al Piano d'azione "Azzerare l'inquinamento atmosferico, idrico e del suolo".

La nuova direttiva prevede la definizione di standard di qualità dell'aria dell'UE per il 2030, sviluppando una prospettiva che favorisca la possibilità di un pieno allineamento con le linee guida dell'OMS sulla qualità dell'aria entro il 2050.

In particolare, la proposta di direttiva stabilisce:

- valori limite per PM10, PM2.5, biossido di azoto (NO_2), biossido di zolfo (SO_2), benzene, monossido di carbonio (CO), piombo (Pb) più bassi rispetto a quelli vigenti oppure aggiuntivi, relativamente a nuovi periodi di mediazione;
- l'introduzione di valori limite per tutti gli inquinanti atmosferici attualmente soggetti a valori obiettivo (arsenico, nichel, cadmio e benzo(a)pirene contenuti nella frazione PM10 del particolato atmosferico), ad eccezione dell'ozono (O_3), per il quale rimangono i valori obiettivo e gli obiettivi a lungo termine;
- l'introduzione delle soglie di allerta per l'esposizione a breve termine a livelli particolarmente alti di PM10 e PM2,5, in aggiunta alle soglie di allerta già esistenti per il biossido di azoto (NO_2) e il biossido di zolfo (SO_2);
- l'importanza di monitorare gli inquinanti che destano nuove preoccupazioni, come il particolato ultrafine, il particolato carbonioso e il carbonio elementare, nonché l'ammoniaca e il potenziale ossidativo del particolato, al fine di favorire la comprensione scientifica dei loro effetti sulla salute e sull'ambiente, come raccomandato dall'OMS;
- il rafforzamento dei sistemi di monitoraggio, modellizzazione ed elaborazione di piani per la qualità dell'aria;
- una nuova disposizione che impone una riduzione progressiva nel tempo dell'esposizione media della popolazione al particolato fine (PM2,5) e al biossido di azoto (NO_2), stimata a livello delle unità territoriali NUTS 137, verso i livelli raccomandati dall'OMS. Tale riduzione dovrà essere pari entro il 2030, in ciascun livello territoriale, al 25% rispetto al valore dell'indicatore di esposizione medio calcolato nel 2020;
- l'ulteriore consolidamento della certezza del diritto e dell'applicabilità del quadro legislativo, comprese le disposizioni sull'informazione del pubblico, sulle sanzioni, sull'accesso alla giustizia.

Con questa proposta prende avvio il processo che porterà all'approvazione della nuova Direttiva sulla qualità dell'aria, la quale sostituirà e unificherà quelle attualmente in vigore (la Direttiva 2008/50/CE e la Direttiva 2004/107/CE).

2.1.1. Le Procedure Di Infrazione

Il quadro normativo europeo di riferimento non può, tuttavia, limitarsi ai soli atti giuridici o alle strategie dell'UE ma deve altresì comprendere, in termini più generali, le procedure d'infrazione europee in materia di qualità dell'aria, avviate dalla Commissione europea nei confronti dell'Italia, in cui Regione Piemonte, insieme ad altre regioni italiane, è coinvolta a causa del perdurare dei superamenti dei valori limite relativi agli inquinanti PM10 e NO_2. A seguito di tali procedure, infatti,

[8] https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM%3A2022%3A542%3AFIN

la Regione nel corso degli anni ha messo in atto misure sia economiche che di regolamentazione sempre più ambiziose, di cui l'aggiornamento del PRQA deve necessariamente tener conto.

Per quanto concerne il PM10, la Commissione Europea, a seguito della decisione di non comminare la sanzione derivante dalla sentenza del 19/12/2012, causa C-68/2011, ha avviato una nuova procedura d'infrazione, la procedura n. 2014/2147, nei confronti dell'Italia.

Il 14 luglio del 2014 la Commissione Europea ha avviato una nuova fase di pre-contenzioso per i superamenti dei valori limite di PM10, registrati sul territorio nazionale a decorrere dal 1 gennaio 2005 - anno dell'entrata in vigore degli stessi - come disposto dalla direttiva 1999/30/CE.

In seguito, il 16 giugno 2016, ha inviato, ai sensi dell'art. 258 del "Trattato sul Funzionamento dell'Unione Europea", una lettera di costituzione in mora nei confronti dell'Italia per la violazione dell'articolo 13, paragrafo 1 - superamento del limite giornaliero di PM10 di 50 $\mu g/m^3$, per più di 35 giorni per anno civile, con un valore limite annuale di 40 $\mu g/m^3$ - e dell'articolo 23 paragrafo 1 - prolungato superamento in una determinata zona dei valori limite o dei valori obiettivo di un qualsiasi inquinante, senza che siano state stabilite misure appropriate affinché il tempo di superamento sia il più breve possibile - della Direttiva 2008/50/CE.

Per quanto riguarda il Piemonte, vengono contestati il superamento prolungato dei limiti di PM10 dal 2005 al 2015, nella zona IT0118 (denominata: "Agglomerato di Torino"), nella zona IT0119 (denominata: "Zona di Pianura") e nella zona IT0120 (denominata: "Zona di Collina").

La Corte di Giustizia Europea, con sentenza del 10 novembre 2020, adottata ai sensi dell'articolo 258 del "Trattato sul Funzionamento dell'Unione Europea (TFUE)", ha accertato che lo Stato italiano è venuto meno agli obblighi imposti:

- all'articolo 13 e l'Allegato XI della Direttiva 2008/50/CE, per avere superato, nelle zone interessate dal ricorso, in maniera sistematica e continuativa, dal 2008 al 2017, i valori limite giornaliero e annuale fissati per il PM10, superamento che è tuttora in corso;
- all'articolo 23 e Allegato XV della Direttiva 2008/50/CE, per non avere adottato misure appropriate per garantire il rispetto di tali valori limite.

La Regione Piemonte, a partire dal 2016 e, da ultimo, nell'agosto 2023, ha periodicamente trasmesso alle strutture ministeriali competenti, l'elenco di tutte le misure, le azioni e le disposizioni significative, realizzate sul proprio territorio, al fine di dar modo alle stesse di formulare le proprie controdeduzioni nei confronti della suddetta procedura di infrazione.

Per il biossido di azoto, la Direttiva 2008/50/CE individuava il 1° gennaio 2010 come termine ultimo per il rispetto degli standard fissati. L'Italia, con note del 20 settembre 2011 e del 16 gennaio 2012, ha presentato, ai sensi dell'articolo 22 della Direttiva, istanza di proroga di tale termine per le 48 zone del territorio nazionale ove si evidenziavano superamenti dei limiti normativi.

Con la Decisione C(2012) 4524 del 6 luglio 2012 la Commissione, relativamente al territorio regionale, ha accettato la richiesta di proroga per tutte le zone tranne che per il Comune di Novara e la zona metropolitana di Torino.

A valle della Decisione, la Commissione ha concesso agli Stati membri di formulare una eventuale nuova richiesta di proroga nel caso in cui, per le zone escluse, fossero stati decisi ulteriori interventi per la riduzione delle emissioni rispetto a quanto già comunicato con l'istanza precedente. In data 9 aprile 2013, sono state inviate al Ministero dell'Ambiente, per la trasmissione alla Commissione Europea, le informazioni finalizzate a includere le zone di Torino e Novara nella nuova istanza di proroga e, a seguito dell'invio di questa documentazione integrativa, la zona di Novara è stata esclusa.

Questa situazione ha portato ad una nuova messa in mora dell'Italia, con *l'infrazione n. 2015/2043* relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa, per non aver rispettato continuamente, vale a dire per il periodo 2010 – 2013 (4 anni consecutivi) – il valore limite annuale di NO_2. Per quanto riguarda il Piemonte, la procedura di infrazione riguarda solo la zona IT0118 (Agglomerato di Torino).

La Corte di Giustizia Europea, con sentenza del 12 maggio 2022, adottata ai sensi dell'articolo 258 del "Trattato sul Funzionamento dell'Unione Europea (TFUE)", ha accertato che lo Stato italiano è venuto meno agli obblighi imposti:

- all'articolo 13 e l'Allegato XI della Direttiva 2008/50/CE, non avendo provveduto affinché non fosse superato il valore limite annuale fissato per il NO2 nelle dieci zone interessate dal ricorso e ciò in modo sistematico e continuato, dal 2010 al 2018 incluso;
- all'articolo 23 e Allegato XV della Direttiva 2008/50/CE, per non avere adottato misure appropriate per garantire il rispetto di tali valori limite.

2.2 Il Quadro Normativo Nazionale

A scala nazionale in Italia la normativa del settore ha subito una radicale riformulazione con il **decreto legislativo n. 152/2006** "*Norme in materia ambientale*"[9] i cui obiettivi sono quelli di raggiungere livelli di qualità dell'aria che non comportino rischi o impatti negativi significativi per la salute umana e per l'ambiente.

Il testo di riferimento nazionale in materia di gestione e valutazione della qualità dell'aria è costituito dal **decreto legislativo n. 155/2010** "*Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*"[10], la cui impostazione garantisce un approccio coerente ed uniforme in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria ambiente nell'ambito del riparto di competenze tra Stato, Regioni ed Enti locali. Il d.lgs. 155/10 prevede che le Regioni adottino Piani sulla qualità dell'aria per agire sulle principali sorgenti di emissione.

Il d.lgs. 155/2010 ha, in particolare, le seguenti finalità:

- individuare gli obiettivi di qualità dell'aria ambiente volti a evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- valutare la qualità dell'aria ambiente sulla base di metodi e criteri comuni su tutto il territorio nazionale;
- raccogliere informazioni sulla qualità dell'aria ambiente come base per individuare le misure da adottare per contrastare l'inquinamento e gli effetti nocivi dell'inquinamento sulla salute umana e sull'ambiente e per monitorare le tendenze a lungo termine;
- mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove buona, e migliorarla negli altri casi;
- garantire al pubblico corrette informazioni sulla qualità dell'aria ambiente;
- realizzare una migliore cooperazione tra gli Stati dell'Unione europea in materia di inquinamento atmosferico.

Ai fini della valutazione e della gestione della qualità dell'aria ambiente, l'intero territorio nazionale deve essere classificato in zone e agglomerati e la zonizzazione compete alle regioni; la

[9] https://www.normattiva.it/atto/caricaDettaglioAtto?atto.dataPubblicazioneGazzetta=2006-04-14&atto.codiceRedazionale=006G0171&atto.articolo.numero=0&atto.articolo.sottoArticolo=1&atto.articolo.sottoArticolo1=0&qId=88a2a17e-7356-4327-9e08-a6d4d3d633e7&tabID=0.8161163102337321&title=lbl.dettaglioAtto

[10] https://www.normattiva.it/eli/id/2010/09/15/010G0177/CONSOLIDATED/20231116

zonizzazione vigente in Piemonte è stata approvata con deliberazione della Giunta regionale n. 24-903 del 30 dicembre 2019 ed è attualmente in fase di aggiornamento.

Per quanto riguarda, infine, i piani e le misure da adottare ed attuare in caso di individuazione di una o più aree di superamento all'interno di una zona o di un agglomerato, il decreto stabilisce che gli stessi devono agire, secondo criteri di efficienza ed efficacia, sull'insieme delle principali sorgenti di emissione, ovunque localizzate, che influenzano tali aree, senza l'obbligo di estendersi all'intero territorio della zona o dell'agglomerato, né di limitarsi a tale territorio.

Con il **decreto legislativo n. 81/2018** "*Attuazione della direttiva (UE) 2016/2284 del Parlamento europeo e del Consiglio, del 14 dicembre 2016, concernente la riduzione delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici, che modifica la direttiva 2003/35/CE e abroga la direttiva 2001/81/CE*"[11] lo Stato Italiano ha dato attuazione alla direttiva "NEC", prevedendo:

- impegni nazionali di riduzione delle emissioni di origine antropica di biossido di zolfo, ossidi di azoto, composti organici volatili non metanici, ammoniaca e particolato fine;
- elaborazione, adozione attuazione di programmi nazionali di controllo dell'inquinamento atmosferico, ai fini della riduzione delle emissioni in atmosfera;
- obblighi di monitoraggio delle emissioni, degli impatti dell'inquinamento atmosferico sugli ecosistemi e obblighi di comunicazione.
- elaborazione, adozione attuazione di programmi nazionali di controllo dell'inquinamento atmosferico, ai fini della riduzione delle emissioni in atmosfera.

Infine, il recente **decreto-legge 12 settembre 2023, n. 121**[12] *"Misure urgenti in materia di pianificazione della qualità dell'aria e limitazioni della circolazione stradale"*, convertito, con modificazioni, dalla **legge 155 del 6 novembre 2023**, ha introdotto misure urgenti finalizzate ad assicurare la piena esecuzione delle sentenze della Corte di Giustizia dell'Unione europea del 10 novembre 2020 nella causa C-644/2018 e del 12 maggio 2022 nella causa C-573/2019, con particolare riferimento alle regioni Piemonte, Lombardia, Veneto e Emilia-Romagna, tenendo conto dei risultati raggiunti a seguito delle iniziative poste in essere per la riduzione delle emissioni inquinanti.

In particolare, il DL 121/2023 ha introdotto all'articolo 1 misure in materia di pianificazione della qualità dell'aria, disponendo che le Regioni del Bacino Padano provvedano, entro 12 mesi dalla data di entrata in vigore del decreto stesso, ad aggiornare i rispettivi piani di qualità dell'aria, modificando ove necessario i relativi provvedimenti attuativi, nonché misure in materia di limitazione della circolazione stradale.

2.3 Il Quadro Normativo Regionale

La normativa e i principali provvedimenti regionali, che concorrono a costituire l'attuale quadro di riferimento normativo per l'aggiornamento del PRQA, sono rappresentati da:

- la **legge regionale n. 43 del 7 aprile 2000** "*Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Prima attuazione del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria*"[13];

[11] https://www.gazzettaufficiale.it/eli/gu/2018/07/02/151/sg/pdf
[12] https://www.gazzettaufficiale.it/eli/id/2023/09/12/23G00131/sg
[13] http://arianna.consiglioregionale.piemonte.it/base/leggi/l2000043.html

- la l.r. 7/2000 è l'atto normativo regionale di riferimento, tuttora vigente, per la gestione ed il controllo della qualità dell'aria. In essa sono contenuti gli obiettivi e le procedure per l'approvazione del Piano regionale di qualità dell'aria (PRQA) nonché le modalità per la realizzazione e la gestione degli strumenti della pianificazione: il Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA) e l'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA).
- la **deliberazione della Giunta regionale n. 22-5139 del 5 giugno 2017** "*Approvazione dello schema di Accordo di Programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria nel Bacino Padano, ai sensi della L. 88/2009*"[14];
- la **deliberazione del Consiglio regionale n. 364-6854 del 25 marzo 2019** "*Approvazione del Piano Regionale di Qualità dell'Aria ai sensi della legge regionale 7 aprile 2000, n. 43 (disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. prima attuazione del piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria)*[15]*";*
- la **deliberazione della Giunta regionale n. 24-903 del 30 dicembre 2019** *"Verifica e aggiornamento della zonizzazione e della classificazione del territorio regionale piemontese e aggiornamento del relativo programma di valutazione della qualità dell'aria ambiente, in attuazione degli articoli 4 e 5 del d.lgs. 155/2010 (Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa)*[16]*"*, attualmente in fase di aggiornamento;
- le **deliberazioni della Giunta regionale n. 14–1996 del 25 settembre 2020** *"DGR n. 22-5139 del 5 giugno 2017. Accordo di Programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria nel Bacino Padano. Aggiornamento dello schema di ordinanza sindacale tipo e dell'elenco dei comuni interessati, di cui alla d.g.r. 9 agosto 2019, n. 8-199, per l'applicazione delle misure di limitazione delle emissioni a partire dalla stagione invernale 2020/2021"*[17]
- la **deliberazione della Giunta regionale n. 9-2916 del 26 febbraio 2021,** *"Disposizioni straordinarie in materia di tutela della qualità dell'aria ad integrazione e potenziamento delle misure di limitazione delle emissioni, strutturali e temporanee, di cui alla DGR n. 14-1996 del 25 settembre 2020, e dei vigenti protocolli operativi"*[18] e **n. 26–3694 del 6 agosto 2021** *"Accordo di Programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria nel Bacino Padano (DGR 5.06.2017, n. 22-5139). Aggiornamento schema ordinanza sindacale tipo, di cui alla DGR 25.09.2020, n. 14-1996, per l'applicazione delle misure di limitazione delle emissioni a partire dalla stagione invernale 2021/2022, in continuità con quanto disposto dalla DGR 26.02.2021, n. 9-2916"*[19].
- la **deliberazione del Consiglio regionale n. 284-15266 del 27 giugno 2023** *"Approvazione del Piano Stralcio Agricoltura, in attuazione della misura AG.04 "Riduzione delle emissioni di ammoniaca in atmosfera dal comparto agricolo" dell'allegato A (Misure di piano) al Piano regionale di qualità dell'aria, approvato con DCR 25 marzo 2019, n. 364-6854"*[20].

[14] http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2017/24/attach/dgr_05139_930_05062017.pdf
[15] http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2019/16/suppo1/00000001.htm
[16] http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2020/03/attach/dgr_00903_1050_30122019.pdf
[17] http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2020/40/attach/dgr_01996_1050_25092020.pdf
[18] http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2021/09/attach/dgr_02916_1050_26022021.pdf
[19] http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2021/32/attach/dgr_03694_1050_06082021.pdf
[20] http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2023/26/suppo6/00000003.htm

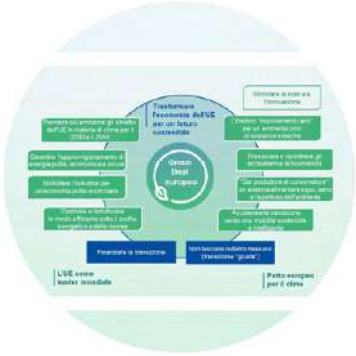
3. IL CONTESTO STRATEGICO, PIANIFICATORIO E PROGRAMMATICO DI RIFERIMENTO

Come già evidenziato nel capitolo 1, dal 2019 - anno in cui è stato approvato l'ultimo Piano Regionale di Qualità dell'Aria (PRQA 2019) - ad oggi, il contesto strategico di riferimento in cui sviluppare la pianificazione sulla qualità dell'aria si è arricchito di nuove strategie internazionali, europee, nazionali e regionali che pongono sfidanti obiettivi per la salvaguardia dell'ambiente.

3.1. STRATEGIE EUROPEE

L'11 dicembre 2019 la Commissione Europea ha presentato la strategia "***Green Deal***"[1]: partendo dall'assunzione che i cambiamenti climatici sono la sfida più grande della nostra epoca, ma rappresentano anche un'opportunità per costruire un nuovo modello economico; il "Green deal" ha come obiettivo primario quello di rendere l'UE il primo continente a impatto climatico zero entro il 2050, riducendo le emissioni di almeno il 55% entro il 2030 rispetto ai livelli del 1990.

Le sfide lanciate dal *Green Deal* per raggiungere l'obiettivo sono molteplici e alcune di esse impattano sulle politiche volte a migliorare la qualità dell'aria:



- rendere i trasporti sostenibili per tutti: la transizione verso una mobilità più verde offre soluzioni di trasporto e logistica pulite, accessibili e a prezzi accessibili a tutti gli europei, collegando le regioni rurali e remote;
- rendere pulito il sistema energetico: la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra di almeno il 55 % entro il 2030 richiede quote più elevate di energia rinnovabile e maggiore efficienza energetica;
- ristrutturare gli edifici per stili di vita più ecologici: la ristrutturazione delle case e degli edifici consentirà di risparmiare energia, proteggersi dagli estremi del caldo e del freddo e contribuire ad affrontare la povertà energetica.

La transizione verso la neutralità climatica offrirà nuove opportunità per l'innovazione, gli investimenti e l'occupazione, per creare occupazione e crescita, combattere la povertà energetica, ridurre la dipendenza dall'energia esterna, migliorare la nostra salute e il nostro benessere e ridurre le emissioni.

Il 12 maggio 2021 la Commissione europea ha adottato il piano d'azione dell'UE: "***Azzerare l'inquinamento atmosferico, idrico e del suolo***"[2].

Il piano d'azione combina tutte le pertinenti politiche dell'UE per contrastare e prevenire l'inquinamento, con particolare attenzione alle modalità offerte dalle soluzioni digitali per affrontare l'inquinamento.

Prevede, inoltre, di riesaminare la pertinente legislazione dell'UE al fine di individuare le lacune ancora esistenti e gli aspetti che necessitano di una migliore attuazione per conformarsi a tali obblighi giuridici.

Al fine di supportare e dare concretezza al processo di transizione ecologica contemplato nel Green Deal, il 14 luglio 2021 la Commissione Europea ha poi adottato il Pacchetto clima "***Fit for***

1 https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_it

2 https://environment.ec.europa.eu/strategy/zero-pollution-action-plan_en

55%[3] che contiene una serie di proposte legislative volte a rivedere e aggiornare le normative dell'UE e nuovi obiettivi in settori strategici ed economici tra cui clima, energia e combustibili, trasporti, edilizia, uso del suolo e silvicoltura.

Il pacchetto FIT FOR 55% include, tra l'altro:



- Obiettivi di riduzione delle emissioni degli Stati membri
- Emissioni e assorbimenti risultanti da attività connesse all'uso del suolo, ai cambiamenti di uso del suolo e alla silvicoltura
- Norme sulle emissioni di CO2 per autovetture e furgoni
- Ridurre le emissioni di metano nel settore dell'energia
- Infrastrutture per combustibili alternativi
- Energia rinnovabile
- Efficienza energetica
- Prestazione energetica degli edifici

In risposta alla crisi pandemica da COVID 19, l'Unione Europea ha lanciato il ***Next Generation EU*** (NGEU), un programma che prevede investimenti e riforme per accelerare la transizione ecologica e digitale, migliorare la formazione delle lavoratrici e dei lavoratori e conseguire una maggiore equità di genere, territoriale e generazionale.



I due principali strumenti del NGEU sono il Dispositivo per la Ripresa e Resilienza (RRF) e il Pacchetto di Assistenza alla Ripresa per la Coesione e i Territori d'Europa (REACT-EU). In particolare il dispositivo RRF richiede agli Stati membri di presentare un pacchetto di investimenti e riforme: *il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR).*

Approvato il 13 luglio 2021, con Decisione di esecuzione del Consiglio, il *Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR)* ha il compito di rilanciare l'economia del paese dopo la pandemia di COVID-19, al fine di permettere lo sviluppo verde e digitale (twin transition).

3.2 Piani e Strategie Nazionali

Le politiche per ridurre l'inquinamento atmosferico sono al centro delle strategie di sviluppo sostenibile con molti altri obiettivi ambientali, come quelli sulla lotta al cambiamento climatico, sulla razionalizzazione dei sistemi energetici o sull'ottimizzazione dei controlli dell'inquinamento.

La ***Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile*** approvata, ai sensi della l.221/2015, nel dicembre 2017 dal Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE), declina i 17 obiettivi strategici del Millennio dell'Agenda 2030 ONU per lo sviluppo sostenibile, nella realtà italiana.



3 https://www.consilium.europa.eu/it/policies/green-deal/fit-for-55-the-eu-plan-for-a-green-transition/

Tale documento propone in modo sintetico una visione per un nuovo modello economico circolare, a basse emissioni di CO_2, resiliente ai cambiamenti climatici e agli altri cambiamenti globali causa di crisi locali, con l'obiettivo di migliorare le condizioni di benessere del nostro Paese.

La SNSvS individua, in riferimento alle "5P" dell'Agenda 2030, una serie di obiettivi italiani di sviluppo sostenibile, collegati ma non coincidenti con i Sustainable Development Goals (SDGs) e caratterizzati dalla interazione tra più SDGs (nexus approach). La Strategia è strutturata in 5 aree - Persone, Pianeta, Prosperità, Pace, Partnership, suddivise in 15 Scelte Strategiche Nazionali (SSN), a loro volta declinate in 55 Obiettivi Strategici Nazionali (OSN), per i quali vengono identificati valori obiettivo, ed è complementare all'Agenda 2030.



Secondo quanto previsto dalla Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri 16/3/2018 (Indirizzi per l'attuazione dell'Agenda 2030) l'attuazione della Strategia Nazionale di Sviluppo Sostenibile deve raccordarsi con i documenti programmatici esistenti, in particolare con il Programma Nazionale di Riforma (PNR) e più in generale il Documento di Economia e Finanza (DEF). Le azioni proposte e gli strumenti operativi devono conciliarsi, inoltre, con gli obiettivi già esistenti e vincolanti a livello comunitario.

Il 5 giugno 2019, nell'ambito dei *Clean Air Dialogue*[4] (che si sono tenuti a Torino il 4 e 5 giugno 2019), la Presidenza del Consiglio dei Ministri, i Ministeri competenti e le Regioni e Province Autonome di Trento e Bolzano hanno firmato il protocollo di intesa che istituisce il ***Piano d'azione per il miglioramento della qualità dell'aria***[5].



Con il protocollo, le parti, nel rispetto dei propri ruoli e delle rispettive competenze, hanno individuato le attività da porre in essere per la realizzazione di misure di breve e medio periodo di contrasto all'inquinamento atmosferico in Italia avviando una collaborazione finalizzata alla salvaguardia, miglioramento e risanamento della qualità dell'aria ambiente.

Il ***Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza*** (PNRR), approvato nel 2021 dall'Italia per rilanciare l'economia dopo la pandemia di COVID-19, al fine di permettere lo sviluppo verde e digitale del Paese, stanzia 191,5 miliardi di euro, ripartiti in sei missioni:

M1. Digitalizzazione, innovazione, competitività cultura e turismo

M2. Rivoluzione verde e transizione ecologica

M3. Infrastrutture per una mobilità sostenibile

M4. Istruzione e ricerca

M5. Inclusione e coesione

M6. Salute.



4 https://environment.ec.europa.eu/topics/air/clean-air-dialogues_en

5 https://www.mase.gov.it/sites/default/files/archivio_immagini/cleanair_dialogues/protocollo-cleanair.pdf

Riveste particolare rilievo in materia di qualità dell'aria la missione *Rivoluzione Verde e Transizione ecologica* che prevede, tra le 4 componenti, la componente *C2. Energia rinnovabile, idrogeno, rete e mobilità sostenibile* e la *C3. Efficienza energetica e riqualificazione degli edifici nonché la missione M3. Infrastrutture per una mobilità sostenibile*.

Per finanziare ulteriori interventi il Governo italiano ha approvato un Piano Nazionale Complementare (PNC) con risorse pari a 30,6 miliardi di euro.

Complessivamente, dunque, gli investimenti previsti dal PNRR e dal Fondo complementare sono pari a 222,1 miliardi di euro.

In aggiunta, il Piano promuove un'ambiziosa agenda di riforme e, in particolare, le quattro principali riguardano:

- pubblica amministrazione
- giustizia
- semplificazione
- competitività.

In data 8 marzo 2022 il Comitato interministeriale per la transizione ecologica (CITE) ha approvato il ***Piano per la Transizione ecologica*** (PTE).

Il Piano Nazionale di Transizione Ecologica (PTE) risponde alla sfida che l'Unione Europea con il Green Deal ha lanciato al mondo e, in coerenza con le linee programmatiche delineate dal PNRR, prevede un completo raggiungimento degli obiettivi nel 2050. Anche in questo caso, delle 7 tematiche delineate e trattate nel Piano, ne rilevano 3:

01. Decarbonizzazione,

02. Mobilità sostenibile

03. Miglioramento della qualità dell'aria.



Sempre a livello nazionale, in ottemperanza al d.lgs 81/2018, sono stati definiti gli obiettivi di riduzione delle emissioni in atmosfera nel ***Programma Nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico***[6] (PNCIA).

Approvato con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 23 dicembre 2021, in particolare, il PNCIA identifica per i diversi settori responsabili delle emissioni in atmosfera (Produzione di energia elettrica, Residenziale e terziario, Trasporti, Agricoltura) un elenco di misure necessarie al raggiungimento degli obiettivi di riduzione al 2030.

Il documento fissa inoltre un obiettivo di riduzione delle emissioni di ammoniaca del -17% per il Piemonte, da ottenere anche attraverso l'istituzione di un tavolo di lavoro tra il Ministero, il Ministero dell'ambiente, il Ministero delle Politiche agricole alimentari forestali e del turismo e le Regioni.



6 https://www.mase.gov.it/pagina/programma-nazionale-controllo-inquinamento-atmosferico-pncia

Il Ministro dell'ambiente e della sicurezza energetica, con decreto n. 434 del 21 dicembre 2023, ha approvato il ***Piano nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici*** (PNACC)[7]. L'obiettivo principale del PNACC è fornire un quadro di indirizzo nazionale per l'implementazione di azioni finalizzate a ridurre al minimo i rischi derivanti dai cambiamenti climatici, migliorare la capacità di adattamento dei sistemi naturali, sociali ed economici nonché trarre vantaggio dalle eventuali opportunità che si potranno presentare con le nuove condizioni climatiche.

3.3 Strategie, Programmi e Piani Regionali

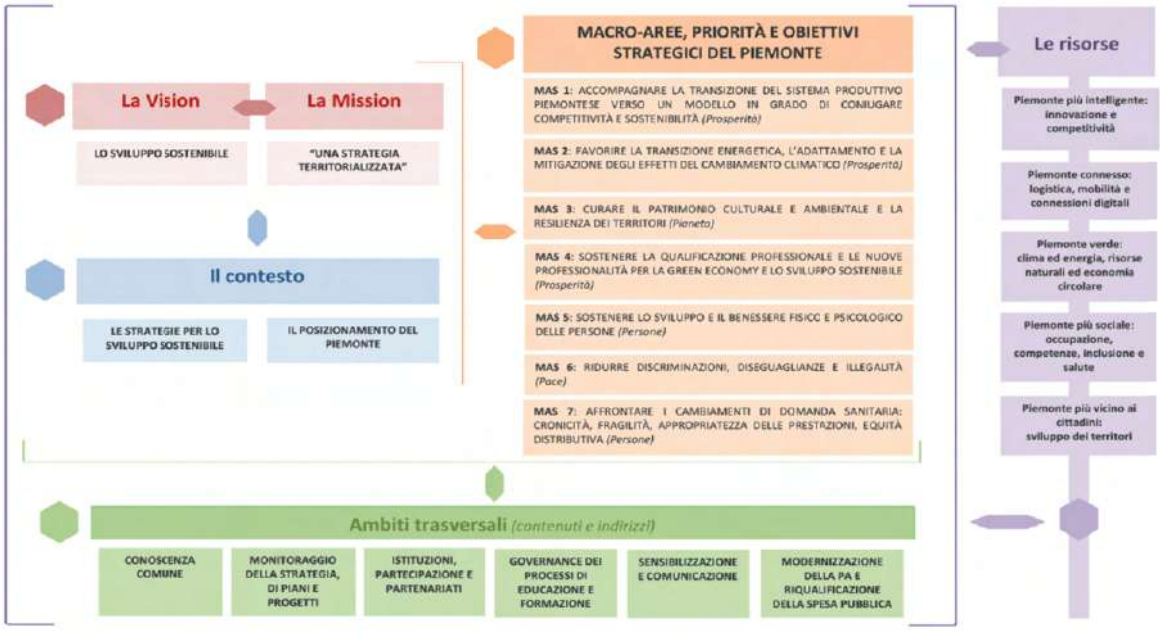
La Regione Piemonte ha elaborato la propria ***Strategia Regionale di Sviluppo Sostenibile*** *(SRSvS)*[8], approvata nel luglio del 2022, coinvolgendo l'intero sistema piemontese delle istituzioni, dell'innovazione e della ricerca, delle imprese e della società civile, in coerenza con il principio di piena integrazione di tutti i soggetti sociali.



La SRSvS delinea gli ambiti e gli obiettivi che la Regione Piemonte intende perseguire nel quadro definito dall'Agenda 2030 dell'Organizzazione delle Nazioni Unite e in coerenza e attuazione della Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile.

Tale strategia rappresenta il quadro di riferimento per costruire e valutare le politiche e per programmare le relative risorse, siano esse regionali o messe a disposizione del Piemonte dai Fondi Strutturali 2021-2027 e dal Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza.

Si struttura in 7 *Macro-Aree Strategiche* (MAS), articolate in 27 Priorità. Ciascuna MAS attua a scala regionale gli obiettivi strategici della Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile considerati significativi per il Piemonte.



7 https://www.mase.gov.it/sites/default/files/PNACC_DOCUMENTO_DI_PIANO.pdf

8 https://www.regione.piemonte.it/web/temi/strategia-sviluppo-sostenibile/strategia-regionale-per-sviluppo-sostenibile-0

La qualità dell'aria rappresenta uno dei tanti temi su cui la SRSvS porta la sua attenzione ritenendolo variabile significativa su cui lavorare per migliorare il benessere delle nostre città e dei nostri territori.

Il conseguimento degli obiettivi di alcune priorità della Strategia passa anche attraverso la realizzazione di misure previste nella pianificazione regionale della qualità dell'aria, come evidenziato nella seguente tabella:

MAS		PRIORITA' COERENTI CON PRQA	
1	Accompagnare la transizione del sistema produttivo piemontese verso un modello in grado di coniugare competitività e sostenibilità	1.D	Convertire le pratiche agricole attraverso il miglioramento delle prestazioni economiche ed ambientali delle aziende agricole ed agro-industriali, favorendo la competitività sostenibile
2	Favorire la transizione energetica e la mitigazione degli effetti del cambiamento climatico	2.A	Promuovere le misure di efficienza energetica
		2.C	Promuovere e facilitare la conversione dei trasporti e della mobilità in chiave più sostenibile
3	Curare il patrimonio culturale e ambientale e la resilienza dei territori	3.A	Ridurre il dissesto idrogeologico e il degrado ambientale
		3.B	Ridurre le marginalità territoriali

Tabella 3.1 - MAS e Priorità' SRSv coerenti con PRQA

Il coinvolgimento, il confronto, la comunicazione e l'attivazione di consultazione pubblica hanno rappresentato elementi essenziali del percorso di costruzione del documento di Strategia regionale e lo saranno parimenti per la sua fase attuativa. Di particolare interesse sono i percorsi attivati con Ires, Arpa Piemonte e gli enti partecipati, con il sistema degli Atenei del Piemonte, organizzati nella Rete delle Università per la Sostenibilità (RUS), con i giovani del Piemonte (18-35 anni), con le Multiutilities, con i Poli di Innovazione, i cui contributi hanno portato elementi importanti di discussione e di implementazione del Documento.

Il Piemonte ha anche ben delineato l'esigenza di avere una "conoscenza territorializzata" della sostenibilità (è, infatti, ben diverso parlare di sostenibilità nei territori ad esempio delle Aree interne e in quelli della zona metropolitana). La SRSvS, pertanto, ha individuato indicatori fino ai livelli locali per consentire lo sviluppo di politiche adeguate a rispondere ai problemi e a sviluppare le potenzialità dei territori.

Il 18 febbraio 2022 la Giunta regionale del Piemonte, con la deliberazione n. 23 – 4671, ha approvato il primo stralcio della Strategia Regionale sul Cambiamento Climatico[9].



La SRCC ha la finalità di indirizzare l'azione amministrativa e politica regionale per contrastare il cambiamento climatico e far fronte alle conseguenze, minimizzando gli effetti negativi e, ove possibile, sfruttandone le opportunità.

L'obiettivo perseguito è il contenimento del cambiamento climatico da una parte (mitigazione) e l'incremento della resilienza dall'altra

9 https://www.regione.piemonte.it/web/temi/ambiente-territorio/cambiamento-climatico/strategia-regionale-sul-cambiamento-climatico

(adattamento), per preparare il territorio e i suoi abitanti ad affrontare le conseguenze inevitabili dell'aumento in atmosfera di gas climalteranti.

Il ***Programma Regionale FESR 2021/2027*** (PR21-27) si inquadra in un contesto economico e sociale segnato da incertezza e opportunità. Esso si propone di rispondere alle sfide indicate nelle raccomandazioni dell'UE specifiche per l'Italia, nell'Allegato D al Country Report 2019, in raccordo sinergico con il PNRR Italia e in coerenza con gli obiettivi stabiliti dall'Agenda 2030 dell'ONU, dal Green Deal Europeo, dal Next Generation UE e dal Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima (PNIEC).

Il PR FESR declina le scelte strategiche definite dall'Accordo di Partenariato e dal Documento Strategico Unitario (DSU) della Regione Piemonte per la programmazione dei Fondi 2021-27 (approvato con DCR 162-14636 del 7/9/2021).



Il DSU definisce le direttrici prioritarie di intervento per lo sviluppo del Piemonte e costituisce il perimetro strategico entro cui utilizzare le risorse valorizzando l'apporto di diverse fonti di finanziamento che si integrano e si rafforzano a vicenda a sostegno di obiettivi e traiettorie di sviluppo comuni.

Il PR FESR tiene conto del ruolo guida di due strategie trasversali:

1. la Smart Specialisation Strategy 2021/2027 (S3);
2. la Strategia Regionale per lo Sviluppo Sostenibile (SRSvS).

Tra le principali sfide del PR21-27 vi sono quelle riconducibili al cambiamento climatico e all'inquinamento atmosferico. Le sfide poste dai cambiamenti climatici richiedono risposte integrate e sinergiche sia in termini di mitigazione che di adattamento. Le azioni di mitigazione saranno finalizzate alla riduzione delle emissioni climalteranti, con un focus sul comparto energia e trasporti (si vedano in particolare le Priorità II "Transizione ecologica e resilienza" e III "Mobilità urbana e sostenibile").

Le azioni in materia di adattamento sono focalizzate invece sulla realizzazione di infrastrutture verdi e blu, su interventi per aumentare la resilienza dei territori fluviali, di forestazione urbana, di ripristino e tutela della biodiversità nonché finalizzati al miglioramento dell'assetto idrogeologico dei territori più fragili in ambito collinare, montano e ripariale.

Nella costruzione delle Azioni del PR21-27 si è tenuto conto di criteri ambientali e di sostenibilità per la selezione dei progetti, prendendo a riferimento Obiettivi e Indirizzi della Strategia Regionale per lo Sviluppo Sostenibile, della Strategia regionale sul cambiamento climatico e del Piano Regionale per la Qualità dell'Aria, oltre che del principio orizzontale "non arrecare un danno significativo", nel pieno rispetto dell'insieme dei diritti, degli obblighi giuridici e degli obiettivi politici in materia ambientale dell'Unione.

Le linee direttrici suindicate hanno determinato la formazione di un programma regionale declinato attraverso le seguenti Priorità:

- Priorità I "Ricerca, Sviluppo ed Innovazione (RSI). Competitività e transizione digitale"
- Priorità II "Transizione ecologica e resilienza"
- Priorità III "Mobilità urbana sostenibile"

- Priorità IV "Infrastrutture per lo sviluppo delle competenze"
- Priorita' V "Coesione e sviluppo territoriale"
- Priorità VI "Assistenza Tecnica".

Dal 1° gennaio 2023 è attiva la nuova programmazione della ***Politica Agricola Comune (PAC),*** con una durata di cinque anni (2023-2027).

La PAC ha tradizionalmente tre obiettivi generali:

- Economico, relativo alla competitività delle aziende e alla creazione di filiere agroalimentari;
- Ambientale, dedicato alla sostenibilità e alla conservazione delle risorse naturali;
- Sociale, riguardante l'ingresso dei giovani in agricoltura e lo sviluppo delle comunità nelle zone rurali.

Sviluppo Rurale Piemonte 2023-2027

Nella PAC 2023-2027 ogni obiettivo generale è suddiviso in 3 obiettivi specifici.

É inoltre presente un decimo obiettivo trasversale, dedicato alla costruzione di sistemi di conoscenza e innovazione (AKIS, Agricultural Knowledge and Innovation Systems) tra mondo della ricerca, attori privati e pubblici.



Figura 9.12 - Obiettivi della PAC 2023-2027.

Il Piano strategico della PAC per l'Italia dedica particolare attenzione all'obiettivo *OS4 - Contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici e all'adattamento a essi, anche attraverso la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra e il miglioramento del sequestro del carbonio, nonché promuovere l'energia sostenibile*.

Per il suo raggiungimento, il PSP sostiene:

- la diffusione di pratiche agro-silvo-ecologiche che favoriscano sistemi colturali più estensivi e un più ampio apporto di matrici organiche al suolo anche in ottica di riciclo di materie di scarto e sottoprodotti;
- l'ammodernamento strutturale nel settore zootecnico, favorendo la diffusione di innovazioni nel settore con riferimento alle pratiche di allevamento, di gestione degli effluenti e nel campo dell'alimentazione animale;
- azioni finalizzate alla prevenzione dai disturbi naturali e da eventi climatici estremi (fitopatie, schianti da vento, siccità, alluvioni, ecc.) e dagli incendi boschivi;

- lo sviluppo e l'impiego delle energie rinnovabili, dei prodotti e sotto-prodotti di origine agricola, zootecnica e forestale e l'efficienza energetica, incentivandone la produzione all'interno delle aziende, favorendo il raggiungimento di bilanci territoriali ambientali neutri o positivi e lo sviluppo di comunità energetiche;
- azioni di tutela del territorio e del paesaggio per contenere fenomeni di dissesto e degrado, inclusi quelli derivati dagli eventi estremi;
- investimenti nelle aziende agricole, agroalimentari e forestali nonché investimenti infrastrutturali finalizzati a ridurre le emissioni e ad aumentare la capacità di stoccaggio di carbonio.

Sino alla programmazione 2014-2022, la Commissione Europea aveva previsto due strumenti per l'attuazione della PAC:

- il "Primo Pilastro" (aiuti diretti e interventi settoriali)
- il "Secondo Pilastro" (misure di sviluppo rurale) gestito prevalentemente dalle singole Regioni attraverso i PSR (Programmi di sviluppo rurale).

Nel nuovo ciclo è invece previsto un unico strumento di attuazione di livello nazionale, il Piano strategico della PAC (PSP), che comprende sia il Primo sia il Secondo pilastro e include tutti gli interventi sui territori. Non esistono più i PSR regionali, ma ogni Regione ha definito un ***Complemento regionale per lo sviluppo rurale 2023-2027*** (CSR), che rappresenta lo strumento attuativo a livello locale della strategia nazionale.

Il CSR del Piemonte ha una dotazione finanziaria di 756 milioni di euro e attiva 49 interventi all'interno di 8 ambiti:

1. Clima e ambiente
2. Vincoli naturali
3. Svantaggi territoriali specifici
4. Investimenti
5. Giovani agricoltori
6. Strumenti di gestione del rischio
7. Cooperazione
8. Formazione e informazione.

In questa programmazione ha grande importanza la sostenibilità e si considerano gli obiettivi da raggiungere a livello mondiale (Agenda 2030), europeo (Green Deal, Strategia Farm to Fork) e nazionale (Strategia Nazionale per lo Sviluppo sostenibile), con una nuova "architettura verde" che si poggia su tre componenti:

- una *condizionalità rafforzata*, riguardante non solo la sfera ambientale, ma anche quella sociale (rispetto delle normative sul lavoro);
- nel Primo pilastro della PAC, un *regime ecologico (eco-schemi)* la cui adesione è volontaria e che prevede l'erogazione di premi agli agricoltori che si impegnano ad osservare pratiche agricole benefiche per il clima e l'ambiente. Sono cinque gli eco-schemi attivati dall'Italia, riguardanti: la zootecnia (benessere animale e riduzione antibiotici), le colture arboree (inerbimento colture pluriennali), la salvaguardia degli oliveti paesaggistici, i sistemi foraggeri estensivi, le misure specifiche per gli impollinatori;

- nel Secondo pilastro, le *misure agro-climatico-ambientali* attivate nell'ambito dei Complementi di Sviluppo Rurale (CSR) delle Regioni.

Ad integrazione di queste tre componenti, infine, sono previste *misure di sostegno alla realizzazione di investimenti verdi,* sia produttivi che non produttivi.

Il PRQA permette di intervenire in maniera mirata su quelle che sono le fonti di inquinamento e interessano settori, tra i quali i trasporti, l'energia e l'agricoltura, che incidono in maniera diretta e indiretta sulla qualità dell'aria ambiente.

La programmazione e pianificazione delle politiche settoriali dei comparti interessati dovranno quindi operare in sinergia e coerenza con gli obiettivi di qualità dell'aria e di riduzione delle emissioni dei gas ad effetto serra.

Per quanto riguarda il settore trasporti, il ***Piano Regionale della Mobilità e dei Trasporti (PRMT)*** ha il compito di fornire alla pubblica amministrazione gli strumenti adeguati per fronteggiare, in una logica di anticipazione e non di emergenza, le nuove esigenze di cittadini e imprese sulle tematiche mobilità e trasporti.

PRMT
Piano Regionale della Mobilità e dei Trasporti

Il PRMT si propone di innovare le modalità di funzionamento del sistema dei trasporti, riconfigurando l'organizzazione delle singole componenti e dotandosi di una governance capace di coniugare lo sviluppo nella triplice dimensione della sostenibilità ambientale, sociale ed economica. Il PRMT, approvato dal Consiglio regionale con deliberazione n. 256 – 2458 del 16 gennaio 2018, ha una visione per il Piemonte al 2050, definisce i risultati che intende raggiungere seguendo la "Tabella di marcia verso 2050" e propone un metodo organizzativo per perseguirli.

Per rispondere alle trasformazioni in atto intende agire secondo 7 strategie e individua gli obiettivi che le qualificano, come riportato nella tabella seguente:

LE STRATEGIE DEL PRMT	GLI OBIETTIVI DEL PRMT
A. Aumentare la sicurezza reale e percepita negli spostamenti	Protezione di passeggeri e merci
	Incolumità delle persone
B. Migliorare le opportunità di spostamento e di accesso ai luoghi di lavoro, di studio, dei servizi e per il tempo libero	Disponibilità delle reti
	Fruibilità dei servizi
	Accessibilità alle informazioni
	Integrazione dei sistemi
C. Aumentare l'efficacia e l'affidabilità nei trasporti	Utilità del sistema
	Qualità dell'offerta
D. Aumentare l'efficienza economica del sistema, ridurre e distribuire equamente i costi a carico della collettività	Razionalizzazione della spesa pubblica
	Internalizzazione dei costi esterni
E. Ridurre i rischi per l'ambiente e sostenere scelte energetiche a minor impatto in tutto il ciclo di vita di mezzi e infrastrutture	Uso razionale del suolo
	Riqualificazione energetica
	Limitazione delle emissioni
	Contenimento della produzione dei rifiuti
F. Sostenere la competitività e lo sviluppo di imprese, industria e turismo	Competitività delle imprese
	Sviluppo dell'occupazione
G. Aumentare la vivibilità del territorio e dei centri abitati e contribuire al benessere dei cittadini	Salvaguardia dell'ambiente naturale
	Recupero degli spazi costruiti

Tabella 3.2 - Strategie e obiettivi del PRMT

Il PMRT, ai sensi della lr n.1/2000, articolo 4, si attua attraverso i piani di settore.

La Giunta regionale, con deliberazione n. 13-7238 del 20 luglio 2018, ha individuato:

- ***il Piano regionale della Mobilità delle Persone (PrMoP)***
- ***il Piano regionale della Logistica (PrLog)***

per definire le politiche di breve e medio termine e individuare le macroazioni utili a conseguire gli obiettivi del PRMT.

I suddetti piani sono stati approvati dalla Giunta regionale, con deliberazione n. 6-7459 del 25 settembre 2023, in esito ad un ampio processo partecipato, che ha visto il coinvolgimento di un Nucleo Tecnico interdirezionale, istituito dal Segretariato Generale con DD. n. 29 del 13.02.2018 per sviluppare le necessarie sinergie con le altre Direzioni regionali interessate, anche indirettamente, dalle azioni del piano di settore.

Il PrMoP e il PrLog si sviluppano in sinergia con le contestuali redazioni di altri documenti regionali (il *Documento Strategico Unitario per la programmazione europea 21-27*, la *Strategia regionale per lo Sviluppo Sostenibile* e il *Next Generation Piemonte* per la valutazione della coerenza dei progetti con il Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza) e, nell'intento di coordinare in modo esaustivo le politiche regionali che influenzano la mobilità e i trasporti, costituisce un documento unitario che si compone di un quadro strutturato di linee strategiche, macroazioni e azioni che contribuiscono a conseguire l'evoluzione desiderata:

- le 7 Linee strategiche d'intervento (Ls) indirizzano l'attuazione e individuano le criticità sulle quali occorre intervenire affrontando la materia della mobilità e dei trasporti da punti di vista differenti;
- le 30 Macroazioni (M) rappresentano gli obiettivi da conseguire per garantire l'efficacia e l'efficienza di reti, nodi e servizi, agendo anche sul coordinamento delle politiche pubbliche regionali e per modificare il comportamento delle persone;
- le 83 Azioni discendono dalle Macroazioni e rappresentano le risposte a quanto emerso in fase di analisi e segnalato in fase di consultazione indirizzando la programmazione verso gli obiettivi di piano.

Nel PrMoP e il PrLog, le azioni operano in modo sinergico, tra loro e con le altre politiche regionali, e a scale diverse in una logica di pianificazione gerarchica e integrata che tiene conto del comune assetto infrastrutturale e degli sviluppi dell'innovazione tecnologica, delle politiche per la mobilità sostenibile e per la sicurezza stradale.

Il PrMoP e il PrLog, intendono agevolare l'accessibilità delle persone a beni e servizi secondo modelli di mobilità sostenibile richiede di riservare un trattamento preferenziale al trasporto pubblico e ai trasporti non motorizzati per la mobilità delle persone e favorire l'utilizzo di mezzi, e combinazioni di mezzi, meno inquinanti per il trasporto delle merci in modo da ridurre in maniera significativa l'inevitabile impatto. Il riferimento europeo per la mobilità sostenibile, di persone e merci, è la Strategia ASI – *Avoid-Shift-Improve*. Nella Strategia:

- Avoid significa prediligere interventi per contenere la necessità dello spostamento favorendo altre forme di accessibilità evitando o riducendo i chilometri da percorrere
- Shift significa scegliere modalità di trasporto meno impattanti sulla salute e sull'ambiente
- Improve indirizza verso il miglioramento tecnologico dei mezzi di trasporto affinché questi siano meno energivori ed inquinanti.

La Regione Piemonte con D.G.R. n. 14-6571 del 6.03.2023 ha adottato il ***Piano regionale della mobilità ciclistica*** (PRMC) al fine di orientare lo sviluppo di una mobilità ciclistica "diffusa" nel territorio piemontese, in attuazione della L.R. 33/1990 e soprattutto ai sensi della L. 2/2018, "Disposizioni per lo sviluppo della mobilità in bicicletta e la rete nazionale di percorribilità ciclistica", che ha individuato la strategie a livello nazionale per promuovere l'uso della bicicletta come mezzo di trasporto, sia per le esigenze quotidiane sia per le attività turistiche e ricreative.

Il PRMC è parte integrante e riferimento tecnico del "Piano regionale della Logistica (PrLog) e del "Piano regionale della Mobilità delle Persone (PrMoP).

Con il PRMC, la Regione intende tracciare la via per un Piemonte più sostenibile ed efficiente: un Piemonte in rete, in cui la bicicletta sia una scelta sicura, piacevole e vantaggiosa per sempre più persone, al pari degli altri mezzi.

Il PRMC interviene sulle infrastrutture, sul parco mezzi ma anche sui comportamenti, la cultura di mobilità, nonché nella promozione di un maggiore coordinamento dell'azione locale e individua le proprie strategie ed azioni facendo riferimento a tre dimensioni principali:

- infrastrutture, per rendere la bicicletta la scelta più conveniente per spostarsi;
- cultura, per favorire un cambio di comportamenti e abitudini;
- governance, per facilitare i processi decisionali e uniformare gli interventi.

In merito alla definizione della Rete, in coerenza con quanto definito dal PGMC (Piano Generale della Mobilità Ciclistica urbana ed extraurbana 22-24), redatto dal MIMS ed approvato con D.M. del 23/08/2022, il PRMC individua una Rete strategica di interesse regionale, una rete a maglia larga di ciclovie continue e sicure su tutto il territorio regionale, collegata ad analoghe infrastrutture degli Stati e Regioni Confinanti.

La Giunta ha inoltre approvato, con DGR. n. 16-6611 del 16 marzo 2018, il documento "Ciclopposteggi di interscambio con il trasporto pubblico – linee guida per la realizzazione", redatto da Regione Piemonte, Agenzia della Mobilità Piemontese e FIAB, che costituisce uno strumento di supporto tecnico nella realizzazione e nel mantenimento dei ciclopposteggi di interscambio.

La pianificazione regionale nel settore della mobilità e dei trasporti incide profondamente sulle politiche di qualità dell'aria.

In particolare il PMRT nella "*Tabella di Marcia verso il 2050*", rivista con D.G.R. n. 12-83 del 2 agosto 2024, assume indicatori che rappresentano interventi rivolti a produrre benefici, diretti o indiretti, in tema di qualità dell'aria come meglio rappresentato nella tabella riassuntiva di seguito riportata.

INDICATORE	VALORI TARGET		
	2020	2030	2050
b. Rapporto tempi di percorrenza AUTO e TPL per la mobilità sistematica intercomunale	≥0,65	≥ 0,80	→1
c. Percentuale di utenti (studenti e lavoratori) che utilizzano il mezzo pubblico	≥30%	≥ 35%	→100% (esclude modalità sostenibili come bici, monopattini, etc.)
e. Coefficiente di occupazione auto	≥1,35	≥ 1,40	≥ 1,50
g. Consumo di carburanti tradizionali su rete stradale ordinaria	≤95 % del valore 2010	≤50% del valore 2010	→ 0
h. Rapporto veicoli*km annuali ed erogato annuale benzina equivalente su strada ordinaria [VL e VP]	[Rapporto consumo energetico e km percorsi [VL e VP[: da definirsi, in diminuzione rispetto al val. rif.]	In aumento rispetto al valore 2019	In aumento rispetto al valore 2019
i. Emissioni di gas serra da trasporti [CO_2 equivalente]	- 3 % rispetto al 2010	- 20% rispetto al 2008	- 60% rispetto al 1990
j. Emissioni di inquinanti atmosferici da trasporti ($PM_{2.5}$, NO_2, COVNM)	$PM_{2.5}$: - 7% NO_2: - 29% COVNM: -25% (rispetto al 2010)	$PM_{2.5}$:- 34% NO_2:- 57% COVNM: - 39% (rispetto al 2010)	$PM_{2.5}$: - 77% NO_2:- 77% COVNM: -95% (rispetto al 2010)
k. Quota di merci esportate su ferrovia rispetto al totale di merci esportate	[merci trasportate su strada -8% rispetto al 2013]	-30%	-50% (rispetto al 2013)
i. Indice di competitività regionale (RCI)	[Indice di qualità logistica regionale: da definirsi, in crescita rispetto al val. rif.]	Dinamica in crescita rispetto al valore 2019	Dinamica in crescita rispetto al valore 2019
m. Split modale degli spostamenti verso scuola/lavoro	≤60% (auto+moto) ≥ 21% (TPL) ≥ 5% (bici) *≥14% (piedi)*	≤ 51% (auto+moto) ≤ 75% (tradizionali) ≥ 25% ("0 emissioni") ≥ 27% (TPL) ≥ 8% (bici) *≥ 14% (piedi)*	≤31%(auto+moto) → 0% (tradizionali) →100% ("0 emissioni") ≥ 36% (TPL) ≥ 17% (bici) *≥ 16% (piedi)*

Tabella 3.3 - Indicatori PRMT

L'indicatore "j. Emissioni di inquinanti atmosferici da trasporti", in particolare, tiene conto dei più rilevanti inquinanti atmosferici emessi dai trasporti (intese come emissioni esauste, vale a dire emissioni generate da motori endotermici), quali:

- ossidi di azoto (NOx), i
- composti organici volatili non metanici (COVNM),
- materiale particolato (PM).

I valori target assunti derivano dagli impegni di riduzione delle emissioni di alcuni inquinanti rispetto al 2005 indicati per l'Italia nella COM(2016) 2284.

A fronte della necessità di confrontare nel tempo i valori raggiunti, si è scelto di ricalcolare tali riduzioni rispetto ai valori del 2010:

- -7% di PM2.5 entro il 2020 e -34% entro il 2030;
- -29% di NOX entro il 2020 e -57% entro il 2030;
- -25% di COVNM entro il 2020 e -39% entro il 2030.

I target al 2050 sono stati calcolati con riferimento ai target attesi per il 2030 ridotti della quota di emissioni in ambito urbano, che al 2050 dovranno essere pari a "0" (Strategia E, indicatore g):

- PM2.5 -77%;
- NOX -77%;
- -95% di COVNM.

Si precisa che in tema di "materiale particolato" la Direttiva fa riferimento al PM2,5, più pericoloso per la salute umana ma, considerato che sul territorio piemontese risulta attualmente più critico il PM10, il Piano li assume entrambi, attribuendo lo stesso valore obiettivo, tenuto conto che sono generati in egual misura dai motori endotermici.

INDICATORE	Valore rif. (2010)	TARGET		
		2020	2030	2050
$PM_{2.5}$ (t/anno) per le emissioni esauste coincide con PM_{10}	2.168	≤ 2.000	≤1.400	≤500
$N0_x$ (t/anno)	46.659	≤33.100	≤20.000	≤10.700
COVNM (t/anno)	17.632	≤13.200	≤10.800	≤900

Tabella 3.4 - Indicatore "*j. Emissioni di inquinanti atmosferici da trasporti*" del PRMT

Conseguire i risultati delineati nel PRMT risulta complesso e implica il coordinamento fra politiche regionali (ambiente, trasporti, governo del territorio, ma anche ricerca, energia e competitività) e con gli altri livelli istituzionali.

Anche il PrMoP e il PrLog nell'attuare la Strategia ASI, prevedono numerose azioni con benefici per la qualità dell'aria. Nella tabella seguente si riportano le più significative:

AZIONI PrMoP E PrLoG con benefici su qualità aria	
LsA1. Protezione del contesto	
Sviluppare una rete sicura e resiliente	Riqualificare e mettere in sicurezza la rete ciclabile nelle aree urbane ed extraurbane
LsB1. Assetto gerarchico di reti, nodi e servizi di trasporto	
Migliorare i collegamenti interregionali e transfrontalieri	Adeguare le dotazioni infrastrutturali e tecnologiche delle reti ferroviarie
	Coordinare i servizi interregionali (SFR e intercity)
Connettere i territori	Ottimizzare il trasporto pubblico locale nei Quadranti
	Migliorare i servizi per connettere le aree periferiche ai poli di attestamento
	Sviluppare un sistema di ciclovie regionali per la mobilità sistematica di Quadrante e la logistica dell'ultimo miglio
Rendere accessibili i grandi nodi urbani	Migliorare l'accessibilità ferroviaria del nodo di Torino
	Migliorare l'accessibilità ferroviaria del nodo di Novara
	Migliorare i servizi di trasporto rapido di massa nell'area metropolitana (SFM, metro, tram)
LsB2. Integrazione dei sistemi per la mobilità	
Rafforzare la multimodalità nei nodi	Valorizzare i nodi del trasporto pubblico rafforzando le connessioni intermodali
	Favorire l'interscambio di bici e micromobilità con il trasporto pubblico
	Promuovere l'uso degli interporti e dei terminal merci
Integrare le banche dati e le piattaforme abilitanti i sistemi informativi dei trasporti	Implementare le banche dati del Sistema Informativo Regionale Trasporti e il Cruscotto di Monitoraggio Regionale Trasporti
	Assicurare continuità e sviluppo alla piattaforma regionale della bigliettazione elettronica BIP e del trasporto pubblico locale
	Assicurare continuità e sviluppo alla piattaforma regionale del traffico (Traffic Operation Center)
	Assicurare continuità e sviluppo alla piattaforma regionale dell'infomobilità e Mobilità come Servizio (MaaS)
	Assicurare continuità e sviluppo alla piattaforma regionale della mobilità sostenibile
	Studiare la fattibilità di una piattaforma regionale per la Logistica come Servizio (LaaS)
LsC. Affidabilità ed efficacia dei servizi di trasporto pubblico locale	
Migliorare la qualità dei servizi di trasporto pubblico locale	Rinnovare il parco mezzi destinati all'esercizio dei servizi di trasporto pubblico locale
	Migliorare il sistema delle fermate del trasporto pubblico locale su strada
	Privilegiare i percorsi del trasporto pubblico
Migliorare l'utilità dell'offerta di servizi di trasporto pubblico	Migliorare il controllo e certificare i servizi di trasporto pubblico locale
	Rafforzare i tavoli di dialogo istituzionale tra domanda e offerta
	Adeguare la normativa regionale per i servizi di trasporto pubblico non di linea
LsD. Efficienza economica del sistema trasporti	
Valorizzare le entrate del comparto trasporti	Adottare sistemi di tariffazione e imposte proporzionati ai costi esterni generati dai trasporti
	Studiare modelli per finanziare il trasporto pubblico locale, la sicurezza stradale e la mobilità sostenibile

AZIONI PrMoP E PrLoG con benefici su qualità aria	
LsE. Transizione energetica e ambientale dei trasporti	
Ridurre la necessità e la lunghezza dello spostamento (AVOID)	Digitalizzare e rendere accessibili i servizi della Pubblica Amministrazione per il cittadino e le imprese
	Promuovere il telelavoro e il lavoro agile
	Definire i criteri per la localizzazione dei poli attrattori e generatori di traffico
	Ottimizzare la gestione logistica delle filiere produttive
Trasferire quote di mobilità verso modalità più sostenibili (SHIFT)	Adottare politiche tariffarie che favoriscano l'uso del trasporto pubblico locale e le modalità più sostenibili
	Favorire il trasferimento modale da gomma a ferro per il trasporto delle merci
	Creare un sistema strutturato di mobility management piemontese
Migliorare l'efficienza di mezzi e infrastrutture (IMPROVE)	Incentivare il rinnovo del parco veicoli anche attraverso la promozione dei combustibili alternativi
	Sviluppare adeguate reti di ricarica per la mobilità elettrica e per il rifornimento dei combustibili gassosi
Sviluppare le competenze e accrescere la sensibilità sulla mobilità sostenibile	Definire i fabbisogni professionali, sviluppare i percorsi formativi, qualificare i lavoratori sulla mobilità sostenibile
	Sensibilizzare la società civile sulla mobilità sostenibile
Utilizzare in modo razionale il suolo e contenere la produzione di rifiuti da trasporti	Regolamentare l'uso, il consumo e la frammentazione del suolo dovuto ai trasporti
LsF. Competitività delle imprese e sviluppo dell'occupazione	
Sostenere i processi di innovazione nelle imprese dei trasporti	Favorire lo sviluppo di progetti di logistica green di Quadrante
	Favorire dinamiche di clusterizzazione e la condivisione di tecnologie, capacità e risorse
	Sostenere l'innovazione digitale nelle imprese dei trasporti e della logistica
	Attuare la strategia regionale sul vettore idrogeno per il trasporto sostenibile
	Attivare collaborazioni scientifiche per le policy di mobilità sostenibile
Costruire le competenze e sviluppare l'occupazione nei trasporti e nella logistica	Definire i fabbisogni professionali, sviluppare i percorsi formativi, qualificare i lavoratori nei processi di innovazione per i trasporti green e la logistica
LsG.1 Fruizione sostenibile dell'ambiente naturale e del patrimonio culturale	
Sviluppare il cicloturismo	Completare il sistema delle ciclovie turistiche europee e nazionali
	Completare e connettere la rete cicloturistica di interesse regionale
	Migliorare i servizi al ciclista
	Favorire l'interscambio della bicicletta con il trasporto pubblico nei circuiti turistici
	Migliorare la sostenibilità della fruizione turistica delle acque interne
Migliorare la gestione dell'accessibilità turistica	Integrare le informazioni di mobilità nei servizi digitali al turista
	Definire linee guida per l'organizzazione di grandi eventi sostenibili e accessibili
LsG.2 Recupero e vivibilità degli spazi urbani	
Pianificare in modo integrato la mobilità	Diffondere l'adozione dei piani di mobilità sostenibile

AZIONI PrMoP E PrLoG con benefici su qualità aria	
urbana	
Recuperare la dimensione multifunzionale della strada	Uniformare le norme e adottare una gestione unitaria per l'accesso ai centri urbani
	Rivedere gli indirizzi e i criteri dell'urbanistica per la mobilità urbana sostenibile
Sviluppare le competenze per il re-design dello spazio pubblico	Definire i fabbisogni e sviluppare i percorsi formativi per qualificare i tecnici e progettisti nello street design

Tabella 3.5 - Azioni del PMRT con benefici sulla qualità dell'aria

Per quanto riguarda il settore Energia la Regione ha approvato il ***Piano Energetico Ambientale Regionale (PEAR)*** con DCR n. 200 - 5472 del 15 marzo 2022.

A partire dalla definizione dei macro-obiettivi strategici, il PEAR, elegge quali "obiettivi portanti" del nuovo ciclo di pianificazione energetica regionale nel lungo termine (2030), la riduzione dei consumi e la loro progressiva sostituzione da fonte fossile con quote crescenti di fonti rinnovabili (FER).

Per quanto riguarda in particolare le fonti rinnovabili, il Piano attribuisce la priorità a quelle che non presuppongono un processo di combustione e, conseguentemente, l'emissione in atmosfera di inquinanti (in primis, polveri sottili) critici per la qualità dell'aria e tale priorità ha costituito uno dei passaggi nodali del processo di pianificazione in oggetto, nonché di qualificazione delle alternative di scenario.

Si può quindi affermare che la linea portante delle scelte operate nel PEAR in merito alle FER si fonda sulla priorità di miglioramento della qualità dell'aria, a causa della complessa situazione presente nella Pianura Padana.

Proprio in quest'ottica, il Piano promuove un processo di efficientamento delle produzioni termiche e termoelettriche da biomassa solida, piuttosto che favorirne *tout court* l'incremento, e orienta la crescita delle produzioni da FER, indispensabile per raggiungere gli obiettivi del PNIEC al 2030, verso fonti non caratterizzate da processi di combustione e che quindi non abbiano impatto sulla componente "aria".

Coerentemente con tali indirizzi strategici, gli scenari obiettivo di Piano riferiti alle proiezioni di utilizzo della biomassa solida nel lungo periodo evidenziano una riduzione delle quantità di fonte primaria utilizzata, a fronte di un'invarianza della volumetria riscaldata (nel caso della produzione termica) e di diminuzione della generazione termoelettrica per effetto del progressivo venir meno degli incentivi pubblici.

Per quanto riguarda la produzione termoelettrica in centrali alimentate a biomassa solida, lo scenario di Piano al 2030 stima una riduzione della generazione elettrica di circa il 22% rispetto al dato (64 ktep) rilevato nel 2017 (fonte: GSE). Gli indirizzi di Piano contemplano ipotesi di generazione elettrica da biomasse solide soltanto ove la stessa avvenga in assetto cogenerativo, con effettivo utilizzo, per buona parte dell'anno, del calore di recupero ad uso di processi produttivi o per riscaldamento/teleriscaldamento di utenze termiche al contorno.

Per lo sfruttamento della biomassa solida in assetto cogenerativo sono previsti dei requisiti minimi da rispettare, al di sotto dei quali il territorio incluso nelle zone IT0118 "Agglomerato di Torino", IT0119 "Pianura" e IT0120 "Collina" è da ritenersi inidoneo ad accogliere un impianto CAR (cogenerazione ad alto rendimento).

Per quanto riguarda l'utilizzo di biomasse nell'alimentazione di impianti di cogenerazione, a cui sono sottese reti locali di teleriscaldamento, gli indirizzi di Piano intendono favorire la diffusione di piccoli impianti alimentati a cippato, di taglia inferiore a 1 MWe, approvvigionati da "filiera corta", al servizio di reti di teleriscaldamento locali in Comuni montani, in cui non risultino superati i valori limite del PM10.

Nello scenario di Piano al 2030 il contributo delle biomasse solide nel settore residenziale è previsto in significativa discesa, con una riduzione pari a oltre il 30% rispetto al dato (678 ktep) stimato per il 2017 (fonte: GSE, cfr. Allegato 6 - PEAR).

In sintonia con le previsioni del PRQA e delle prime disposizioni attuative, gli indirizzi di Piano concernenti i nuovi impianti ne vietano l'installazione nelle aree più critiche per la qualità dell'aria e servite dalla rete del gas naturale a una distanza dal fabbricato per cui il costo di allacciamento risulti economicamente sostenibile. Inoltre, costituisce specifica raccomandazione di Piano la limitazione della possibilità di installare nuovi impianti, comunque caratterizzati da rendimenti energetici ed emissivi molto elevati, soltanto agli edifici che presentino un elevata prestazione energetica invernale dell'involucro con qualità.

Il Piano conferma infine le limitazioni assunte con la DGR n. 29–7538 del 14 settembre 2018 relativamente ai generatori di calore alimentati a biomassa legnosa.

Per quanto attiene, invece, alla realizzazione di impianti centralizzati (caldaie o cogeneratori) alimentati a cippato e asserviti a reti locali di teleriscaldamento, costituisce indirizzo di Piano l'obbligo di prevedere l'allacciamento ai medesimi di volumetrie edificate prioritariamente servite da impianti alimentati a biomassa o gasolio, in Comuni montani, in cui non risultino superati i valori limite del PM10. Tali impianti dovranno essere caratterizzati dalle tecnologie più efficienti presenti sul mercato sotto il profilo dei rendimenti energetici ed emissivi.

L'indirizzo di Piano prevede inoltre l'avvio di un processo di progressiva sostituzione dello stock di impianti/apparecchi oggi in esercizio, secondo termini temporali prestabiliti legati a specifici standard di rendimento degli impianti sostituiti.

Tra gli indirizzi di Piano si enuncia altresì la necessità di limitare il consumo di biomassa negli impianti ed apparecchi esistenti, riducendo il fabbisogno energetico dei fabbricati mediante la realizzazione di interventi di coibentazione di agevole esecuzione.

Si evidenzia infine che gli scenari evolutivi dei consumi energetici e della produzione di energia da fonte rinnovabile del Piemonte per il 2030 e per i decenni successivi saranno definiti nel corso del 2024 e la biomassa sarà, al pari delle altre fonti energetiche rinnovabili, studiata tenendo conto degli orientamenti definiti nel PEAR e negli altri documenti di pianificazione ambientale regionale.

In ultimo, il PEAR pone in risalto l'importanza di disciplinare adeguatamente anche gli aspetti correlati all'approvvigionamento di biomassa forestale degli impianti/apparecchi alimentati da biomassa solida. Costituisce indirizzo di Piano la promozione del processo di qualificazione della risorsa forestale utilizzata, sia sotto il profilo della provenienza da "filiera corta", sia delle caratteristiche di umidità e, quindi, di PCI del combustibile.

Sulla base dei criteri tecnici che saranno definiti in attuazione del Piano Forestale Regionale, il PEAR evidenzia la necessità di implementare quanto prima un sistema che consenta la tracciabilità dei flussi di compra-vendita di combustibili legnosi.

Al ***Piano Forestale Regionale (PFR)***, di cui all'art. 9 della l.r. 10 febbraio 2009 n. 4 "Gestione e promozione economica delle foreste", spetta il compito di rappresentare il quadro strategico e strutturale all'interno del quale sono individuati, in coerenza con le finalità di cui all'articolo 2 e in armonia con la legislazione nazionale e comunitaria, gli obiettivi e le strategie da perseguire nel settore forestale.

Obiettivo generale del PFR è la valorizzazione sostenibile del patrimonio forestale e il Piano prefigura sinteticamente tre percorsi attraverso cui giungere alla valorizzazione delle foreste:

- la diminuzione dei costi di gestione;
- aumento del valore dei prodotti forestali;
- miglioramento organizzativo del comparto.

La prima parte del PFR è dedicata alla costruzione di un completo quadro conoscitivo a supporto delle decisioni. A tale quadro si affiancano gli studi compiuti per lo sviluppo della pianificazione di livello intermedio (Piani Forestali Territoriali), che assegnano alle foreste piemontesi le seguenti funzioni, in ordine descrescente di priorità:

Destinazioni funzionali	Montagna %	Collina %	Pianura %	Piemonte %
Protettiva	15	13	12	15
Naturalistica	15	9	25	15
Turistico - ricreativa	2	0	1	1
Evoluzione libera	10	2	0,3	7
Produttiva	11	22	37	16
Protettivo-produttiva	47	54	24	46

Tabella 3.6. Destinazioni funzionali delle foreste piemontesi

Gli interventi potenziali e sostenibili sull'intero territorio regionale interessano circa il 62% della superficie forestale, corrispondenti a più di 36.000 ha/anno percorribili nell'arco del quindicennio di riferimento considerato per la pianificazione forestale territoriale.

Sulla restante quota dei boschi (38%) non è prevista l'esecuzione di interventi selvicolturali ma il solo monitoraggio (26%) relativo a popolamenti giovani e recentemente utilizzati o l'evoluzione naturale (12%) a lungo termine senza opportunità di gestione attiva.

Considerando la sola superficie forestale accessibile in quanto servita da viabilità (circa 45% dei boschi con potenzialità di gestione attiva) si stima che il volume annuo legnoso potenzialmente utilizzabile, con uno scenario quindicennale, ammonta a circa 1,4 milioni m^3/anno.

Le rilevazioni compiute sulla base delle istanze di taglio presentate ai sensi del regolamento forestale regionale dimostrano una forte differenza fra le potenzialità sopra descritte e i prelievi reali, pur considerando che non sono oggetto di alcun rilievo i tagli destinati all'autoconsumo (prelevi inferiori ai 150 q.li/anno) e i tagli a carico di piccole formazioni legnose non classificate come bosco, quali filari e piante singole.

Nel periodo 2011 - 2022 i volumi tagliati stimati ammontano mediamente a 366.500 m^3/anno, saliti però ad una media di oltre 470.000 m^3/anno nelle ultime tre stagioni di taglio.

Gli attuali livelli di prelievo dalle foreste del Piemonte risultano ampiamente inferiori alla potenziale produzione sostenibile ed esistono quindi ampi margini per incrementare l'utilizzo della risorsa legno locale.

Non considerando i tagli di autoconsumo (che non sono rilevati ma che sono impiegati pressoché totalmente per la produzione di energia), si tratta in grande prevalenza di assortimenti

destinati alla produzione di energia (82% in volume), prevalentemente sotto forma di legna da ardere.

Si può quindi affermare senza ombra di dubbio che l'utilizzo energetico del legno rappresenta ad oggi il principale motore economico della selvicoltura in Piemonte e quindi lo strumento attraverso cui ottenere i benefici pubblici correlati alla gestione attiva.

Nell'ambito delle strategie per lo sviluppo delle filiere il PFR dedica di conseguenza anche una specifica attenzione a quelle energetiche, distinguendo fra diverse tipologie di combustibile: cippato e legna da ardere. Il pellet non viene preso in considerazione in quanto non ha una significativa produzione locale e il consumo, pur elevato, viene per la quasi totalità soddisfatto con il commercio e l'importazione.

Sul tema degli impieghi energetici del legno, a distanza di oltre cinque anni dall'approvazione del PFR, sono da condurre alcune importanti considerazioni, che seguono.

Il quadro sociale ed economico entro cui è stato costruito il PFR ha subito prima gli imponenti effetti della pandemia generata dal coronavirus e poi quelli, altrettanto importanti, della crisi economico/energetica connessa alla guerra, ancora in essere, tra Russia e Ucraina, con un forte stimolo al consumo di combustibili legnosi. Inoltre lo sviluppo delle filiere forestali sta progressivamente assumendo maggiore importanza all'interno delle strategie di sviluppo della montagna soprattutto come strumento di capace di coniugare l'utilizzo di una risorsa locale rinnovabile (il legno) con la creazione di occupazione.

Il quadro delle strategie di riferimento si è evoluto ed aggiornato, sia a livello internazionale che nazionale. Con la Comunicazione COM(2021) 572 final del 16 luglio 2021, è stata approvata la "Nuova strategia dell'UE per le foreste per il 2030", che prevede un'attenzione particolare all'energia prodotta da biomassa forestale: a essa viene riconosciuto un ruolo importante per raggiungere l'obiettivo di riduzione delle emissioni di almeno il 55% entro il 2030 e agli obiettivi di de-carbonizzazione dell'energia prodotta in UE, a patto che la biomassa venga prodotta in modo sostenibile e utilizzata in modo efficiente, in linea con il principio a cascata e tenendo conto degli obiettivi dell'Unione riguardanti le capacità di assorbimento del carbonio e la biodiversità.

A livello nazionale è stata approvata, con decreto interministeriale n. 677064 del 23 dicembre 2021, in attuazione del D. Lgs 34/2018 "Testo unico in materia di foreste e filiere forestali", la Strategia Forestale Nazionale - SFN che comprende azioni volte a valorizzare il ruolo dei prodotti forestali per fornire energia rinnovabile (e in particolare biomassa a uso termico) in sostituzione dei combustibili fossili, soprattutto in filiere "corte" strettamente collegate alle risorse territoriali locali e valorizzando scarti di lavorazione e materie prime secondarie, privilegiando approcci "a cascata" e quindi la circolarità dell'economia.

A livello regionale, per effetto della progressiva attuazione della legge forestale regionale (l.r. 4/2009), delle azioni e delle risorse disponibili nell'ambito della programmazione dei fondi europei, nazionali e regionali, la realtà regionale è progressivamente migliorata, soprattutto per gli aspetti che sottendono lo sviluppo delle filiere, in particolare di quelle a fini energetici. Fra gli elementi di qualificazione delle filiere locali che si stanno diffondendo vi è quello connesso alla produzione e utilizzo di combustibili certificati secondo la norma ISO 17225, da estendere in parallelo alla qualificazione dei generatori di calore.

Sempre a livello regionale, lo sviluppo della filiera legno energia come strumento di sviluppo socio economico è altresì prevista nella Strategia regionale per le Montagne del Piemonte, adottata con DGR n. 1-6542 del 27 febbraio 2023.

Le strategie che perseguono il miglioramento della qualità dell'aria e la riduzione delle emissioni hanno oggi impatti importanti sul mondo forestale, con reazioni di difficoltà associate però anche alla volontà di ottenere combustibili legnosi e filiere di maggiore qualità.

L'aumento della domanda di biomassa per l' energia pur comportando criticità nei confronti del tema emissioni contribuisce in maniera positiva rispetto alla rinnovabilità delle fonti energetiche e alla decarbonizzazione.

Si sottolinea poi che l'uso della biomassa a fini energetici è elemento indispensabile per realizzare un utilizzo "a cascata" in un'ottica di sviluppo sostenibile ed economia circolare.

L'attuazione di progetti specificamente dedicati al tema (LENO – Legno Energia Nord Ovest) ha permesso di focalizzare l'attenzione su quattro elementi cardine su cui è necessario perseguire miglioramenti al fine di ridurre le emissioni:

a) efficientamento energetico degli edifici;

b) qualificazione degli impianti (tecnologia, dimensionamento e installazione);

c) qualificazione dei combustibili legnosi;

d) corretta conduzione e ma\nutenzione dei generatori.

Su questa tematica specifica si è espresso il Tavolo di Filiera Foresta Legno istituito presso il MASAF con un position paper sulla "Gestione forestale e sostenibilità degli usi energetici delle biomasse forestali" (1 Maggio 2023) le cui conclusioni puntano, oltre che ad azioni di governance, ad azioni di sviluppo di filiere locali e territoriali, con impianti dimensionati sulle capacità di approvvigionamento e basate, oltre che sull'uso a cascata del legno, sulla qualità, legalità e tracciabilità delle biomasse combustibili e sulla qualità ed efficienza degli impianti tecnologici con esclusione da ogni forma di supporto economico delle filiere che non rispondono a questi requisiti di virtuosità.

Infine si evidenzia che nel breve e medio periodo, senza un cambiamento della struttura dei boschi l'aumento di domanda di legno da costruzioni è più difficilmente prevedibile senza un parallelo aumento della domanda di legno energia.

4. IL COORDINAMENTO TRA I LIVELLI DI GOVERNO DEL TERRITORIO E LE RISORSE ECONOMICHE

Il raggiungimento degli obiettivi del PRQA richiede oltre all'attivazione di sinergie tra le politiche in materia di qualità dell'aria e quelle inerenti i settori responsabili di emissioni inquinanti (trasporti, clima, energia, attività produttive, agricoltura):

- l'implementazione di una **governance multilivello**, intesa come un quadro di principi, regole e procedure, in cui i diversi livelli istituzionali (sovranazionale, nazionale, sovraregionale, regionale e locale) operino in modo coerente e integrato per perseguire il risultato;
- l'identificazione di adeguate **risorse economiche** per l'attuazione delle misure.

4.1. La Governance Multilivello

Il contributo coordinato e integrato tra i diversi livelli istituzionali, in base alle proprie competenze e funzioni, a partire dal livello sovranazionale, a quello nazionale, interregionale, regionale e locale risulta fondamentale per attuare quelle misure la cui efficacia è strettamente connessa con la scala di applicazione o che vanno a incidere su competenze diverse da quelle regionali.

Il PRQA 2024, in continuità con il piano precedente, persegue un modello di governance multi-livello, implementando e rafforzando gli strumenti esistenti di raccordo tra le istituzioni, al fine di massimizzare l'efficacia delle azioni e sviluppare le sinergie attraverso cinque livelli di coordinamento:

- sovranazionale;
- nazionale;
- sovraregionale (Bacino Padano);
- regionale;
- locale.

4.1.1. Il Livello Sovranazionale

Un primo esempio di iniziativa di governance di livello sovranazionale è l'*AIR GROUP of Regions*[1], un *network* istituito nel 2011 su base volontaria da 13 regioni di 7 Stati membri. Le regioni che fanno parte della rete volontaria sono accomunate dal mancato rispetto dei limiti fissati dall'UE per la qualità dell'aria e dal possedere analoghe caratteristiche (orografiche, climatologiche, demografiche, produttive, ecc.), e insieme rappresentano il 23% del PIL UE e il 19% of della popolazione europea (circa 95 milioni di abitanti): Baden-Württemberg, Catalunya, Comunidad de Madrid, Emilia-Romagna, Greater London Authority, Hessen, Lombardia, North Rhine-Westphalia, Piemonte, Randstad, Steiermark, Veneto, Vlaanderen. La finalità dell'"Air Group" è principalmente quella di favorire lo scambio di dati, esperienze e buone pratiche, ma anche rafforzare il confronto con le istituzioni europee con l'obiettivo di individuare soluzioni coordinate per affrontare in modo organico una problematica così complessa e garantire ai cittadini europei una buona qualità dell'aria.

1 https://airregions.wordpress.com/

L'impegno dei partner della rete è stato rinnovato nel 2022, con la sottoscrizione di un nuovo *Memorandum of Understanding* da parte delle regioni Catalunya, Comunidad de Madrid, Dutch provinces, Emilia-Romagna, Lombardia, Piemonte, Steiermark e Veneto.

Il 18 dicembre 2013 la Commissione Europea ha adottato il "*Clean Air Policy Package: Improving Europe's air quality*"[2], un pacchetto di misure per la qualità dell'aria con lo scopo di migliorare la legislazione esistente e ridurre le emissioni dannose causate dall'industria, dal traffico, dagli impianti di produzione di energia e dall'agricoltura per tutelare la salute e l'ambiente.

Tra gli strumenti operativi più importanti presenti nel **"Clean Air Programme"** c'è il potenziamento della condivisione delle migliori pratiche a livello comunitario e questo avviene principalmente attraverso i dialoghi bilaterali strutturati con gli Stati, denominati **"Clean Air Dialogues"**[3].

Il dialogo bilaterale è uno strumento per aiutare gli Stati membri a coinvolgere e attivare le parti interessate nazionali e i settori chiave - che contribuiscono a discussioni costruttive - e riunisce attori nazionali, regionali e locali, ministeri e agenzie governative, che possono contribuire a soluzioni per l'aria pulita.

I dialoghi dovrebbero essere aperti, trasparenti e orientati alle soluzioni. Sono organizzati in sessioni strategiche e sessioni tecniche/tematiche più pratiche.

I "Clean air dialogues" mirano a:

- promuovere un approccio collaborativo
- realizzare azioni e impegni per migliorare la qualità dell'aria
- riunire i settori pertinenti e le parti interessate in un paese dell'UE per discutere la via da seguire per un'aria più pulita.

Dal 5 al 9 settembre 2019 il Clean Air Dialogue, su invito del Commissario per l'Ambiente, alla luce delle due procedure d'infrazione sulla qualità dell'aria (2015/2043 e 2014/2147), ha avuto come Stato membro partecipante l'Italia e si è tenuto a Torino portando alla firma del protocollo d' intesa che istituisce il *Piano d'azione per il miglioramento della qualità dell'aria*".



Il 12 maggio 2021 la Commissione europea ha adottato il piano d'azione **Azzerare l'inquinamento atmosferico, idrico e del suolo**[4]. Il Piano d'azione combina tutte le pertinenti politiche dell'UE per contrastare e prevenire l'inquinamento, con particolare attenzione alle modalità offerte dalle soluzioni digitali per affrontare l'inquinamento e prevede di riesaminare la pertinente legislazione dell'UE al fine di individuare le lacune ancora esistenti e gli aspetti che necessitano di una migliore attuazione per conformarsi a tali obblighi giuridici.

Il piano d'azione stabilisce obiettivi chiave per il 2030 per ridurre l'inquinamento alla fonte, rispetto alla situazione attuale, e, in particolare:

- ✓ migliorare la qualità dell'aria in modo da ridurre del 55% il numero di morti premature causate dall'inquinamento atmosferico;
- ✓ ridurre del 25% gli ecosistemi dell'UE in cui l'inquinamento atmosferico minaccia la biodiversità.

2 https://www.consilium.europa.eu/en/policies/clean-air/#:~:text=The%20clean%20air%20package%20aims,for%20emissions%20and%20air%20pollution.

3 https://environment.ec.europa.eu/topics/air/clean-air-dialogues_en

4 https://italy.representation.ec.europa.eu/notizie-ed-eventi/notizie/green-deal-europeo-obiettivo-della-commissione-azzerare-linquinamento-di_it

Tra le azioni faro del piano d'Azione si annovera quella che prevede di allineare ulteriormente gli standard di qualità dell'aria alle ultime raccomandazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità *(OMS)*.

Per dare attuazione a tali politiche, la Commissione europea ha avviato il processo che porterà all'approvazione della nuova Direttiva sulla qualità dell'aria.

Gli strumenti di raccordo con il livello europeo in fase ascendente e discendente, previsti dalla legislazione comunitaria e nazionale, hanno permesso anche alle Regioni italiane di presentare le proprie proposte ed osservazioni sulla nuova Direttiva in fase di adozione.

Nell'ambito della consultazione delle autorità competenti nella pianificazione e gestione della qualità dell'aria, le Regioni del Bacino Padano (Emilia-Romagna, Lombardia, Veneto e Piemonte) l'11 febbraio del 2022 hanno trasmesso il position paper "*Air Quality revision of EU rules - Position paper by four Regions of the Po Valley Agreement*" nel quale sono illustrate le specificità e criticità del bacino e le evidenze scientifiche a supporto di tale peculiarità orografica e meteoclimatica, soprattutto nell'ottica dei nuovi valori guida proposti dall'OMS.

Gli approfondimenti tecnici sugli scenari di qualità dell'aria sono stati presentati e discussi anche in un incontro delle Regioni del Bacino con la Commissione europea che si è svolto il 16 febbraio 2022.

Anche i partner del *AIR Group of Region* hanno prodotto un *Position Paper* sulla proposta di revisione delle Direttive europee per la qualità dell'aria, trasmesso alla Commissione nell'ottobre 2022, nel quale si chiede un maggiore supporto da parte della Commissione Europea e degli Stati membri nel raggiungimento dei limiti e valori obiettivo indicati nella proposta stessa.

4.1.2. IL LIVELLO NAZIONALE

All'articolo 20 del d.lgs 155/2010 è prevista l'istituzione, presso il Ministero dell'ambiente, di un **Coordinamento** tra i rappresentanti di tale Ministero, del Ministero della salute, di ogni regione e provincia autonoma, dell'Unione delle province italiane (UPI) e dell'Associazione Nazionale Comuni Italiani (ANCI). Partecipano al Coordinamento rappresentanti dell'ISPRA, dell'ENEA, del Consiglio nazionale delle ricerche (CNR), di altre autorità competenti all'applicazione del decreto, dell'Istituto superiore di sanità (ISS), delle ARPA e delle APPA. Il Coordinamento assicura, anche mediante gruppi di lavoro, l'elaborazione di indirizzi e di linee guida in relazione ad aspetti di comune interesse e permette un esame congiunto di temi connessi all'applicazione della direttiva 2008/50/CE e del decreto stesso, anche al fine di garantire un'attuazione coordinata e omogenea su tutto il territorio italiano delle nuove norme e di prevenire le situazioni di inadempimento e le relative conseguenze. Garantisce altresì un esame congiunto e l'elaborazione di indirizzi e linee guida in relazione ad aspetti di comune interesse inerenti la normativa vigente in materia di emissioni in atmosfera.

Nell'ambito del Coordinamento sono stati avviati tavoli di confronto, su tematiche specifiche relative alla qualità dell'aria e alle emissioni in atmosfera. tra il Ministero dell'Ambiente e le Regioni, cui partecipano anche rappresentanti della Regione Piemonte. In tale contesto sono stati attivati i seguenti gruppi di lavoro:

- gruppo di lavoro finalizzato all'esame della proposta di nuova Direttiva europea sulla qualità dell'aria in vista delle attività per il negoziato in sede comunitaria;
- gruppo di lavoro per la predisposizione di una proposta di zonizzazione del territorio nazionale per la protezione della vegetazione e degli ecosistemi;

- gruppo di lavoro per l'attuazione della decisione 2011/850/CE recante disposizioni di attuazione delle direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda lo scambio reciproco e la comunicazione di informazioni sulla qualità dell'aria ambiente;
- gruppo di lavoro per la misurazione del materiale particolato;
- gruppo di lavoro finalizzato all'applicazione dei modelli per la valutazione della qualità dell'aria;
- gruppo di lavoro per l'aggiornamento dell'allegato I del D.Lgs. 152/2006 contenente i limiti di emissione nazionali per le sostanze pericolose, recependo tra l'altro le indicazioni del regolamento europeo CLP (Classification, Labelling and Packaging – regolamento (CE) n. 1272/2008).

Viste le procedure di infrazione avviate dalla Commissione Europea nei confronti dello Stato italiano, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il 30 dicembre 2015 ha attivato, inoltre, il "Protocollo d'intesa per migliorare la qualità dell'aria, incoraggiare il passaggio a modalità di trasporto pubblico a basse emissioni, disincentivare l'utilizzo del mezzo privato, abbattere le emissioni, favorire misure intese a aumentare l'efficienza energetica" **(Protocollo antismog)** con il quale ha individuato un consistente quantitativo di risorse da mettere a disposizione di Regioni, Province Autonome e Città Metropolitane, provenienti in parte dal Fondo Kyoto e in parte dal Ministero dello Sviluppo Economico (MiSE ora Ministero delle Imprese e del Made in Italy) e dal Gestore Servizi Energetici (GSE, da utilizzare per misure ed azioni a breve e a lungo termine per il miglioramento della qualità dell'aria.

Il protocollo va ad aggiungersi al *"Piano d'azione per il miglioramento della qualità dell'aria"* firmato nell'ambito dei *Clean air dialogue di Torino il 4-5 giugno 2019*[5].

Il Piano è articolato in ambiti di intervento: uno trasversale e quattro tematici (l'ultimo relativo all'uscita dal Carbone non trova applicazione nella Regione Piemonte). Come riportato nella tabella 4.1 per ciascun ambito di intervento sono individuate specifiche azioni, che ne costituiscono la specificazione in chiave operativa, inquadrate in una strategia unica e complessiva.

Per ciascuna azione il protocollo ha individuato i referenti, i diversi Ministeri competenti per materia, le tempistiche e le specifiche misure attuative:

ID	Azione	Soggetti coinvolti / Termini	
Ambito 1 – Misure trasversali			
1.1	Razionalizzazione dei sussidi ambientalmente dannosi	MEF, MATTM, MISE, MIPAAFT, MIT	
1.1.A	Istituzione GdL per verifica impatto socio-economico dei sussidi ambientalmente dannosi	Entro 90 g	
1.1.B	Elaborazione proposte normative su razionalizzazione dei sussidi dannosi e utilizzo risorse per misure miglioramento della qualità dell'aria	Entro il 31/12/2019	
1.2	Fondo per il finanziamento delle azioni del Programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico e per il co-finanziamento dei Piani regionali	MEF, MATTM, MISE, MIPAAFT	
1.2.A	Definizione Fondo max 400 Meuro all'anno	Entro il 31/12/2019	Conseguito
1.2.B	Istituzione, in legge bilancio 2020, del fondo ex lettera A)	Entro il 31/12/2019	Conseguito

5 Per le Regioni è stato nominato come rappresentante politico l'Assessore della Regione Abruzzo che si coordina con l'Assessore della regione Lombardia per gli aspetti specifici del bacino padano. Come rappresentante tecnico è stato nominato il Dirigente dell'Unità Organizzativa Clima e qualità dell'aria della Regione Lombardia.

1.3	Adozione Accordi tra Stato, Regioni e Province	MATTM, Regioni e Province autonome interessate da procedure d'infrazione, Regioni a rischio procedura d'infrazione con MISE, MIPAAFT e MIT	
1.3.A	Predisposizione e approvazione Accordi regionali	Entro 180 giorni	Conseguito
1.4	Informazione ai cittadini	Salute + MATTM	
1.4.A	Pagina tematica sul sito + opuscoli informativi	Entro 90 giorni	
Ambito 2 – Agricoltura e combustione di biomasse			
2.1	Interventi per l'abbattimento delle emissioni di ammoniaca	MIPAAFT	
2.1.A	Promuovere nella Programmazione 2021-2027 del PSR che misure di abbattimento delle emissioni di ammoniaca siano finanziate come "Investimenti non produttivi"	Entro 90 giorni	Conseguito
2.2	Limitazione all'abbruciamento dei residuii vegetali	MATTM, MIPAAFT e Salute	
2.2.A	Modifica del decreto legislativo 152/2006	Entro 180 giorni	
Ambito 3 – Mobilità			
3.1	Introduzione dei criteri ambientali nella disciplina della circolazione in ambito extraurbano	MIT, MATTM	
3.1.A	Modifica del decreto legislativo 285/1992	Entro 90 giorni	
3.2	Controllo delle aree a traffico limitato	MIT, MATTM	
3.2.A	Modifica della legge n. 127 del 1997 e del successivo DPR 22 giugno 1999, n. 250 e congiuntamente dell'articolo 201 del d.lgs 285/92	Entro 90 giorni	
3.3.	Linee guida per la classificazione dei veicoli elettrici ibridi	MIT, MATTM	
3.3.A	Linee guida per classificazione veicoli elettrici ibridi	Entro 180 giorni	
3.4	Sostegno alla diffusione della micromobilità elettrica e promozione dell'utilizzo di mezzi di trasporto innovativi e sostenibili per la mobilità personale a propulsione prevalentemente elettrica, quali segway, hoveboard e monopattini	MIT	
3.4.A	Adottare decreto previsto dal comma 102 dell'art. 1 della legge 145/2018	Entro 180 giorni	Conseguito
3.5	Disincentivo all'utilizzo di veicoli ad alte emissioni inquinanti	MEF, MATTM e MISE	
3.5.A	Modifica del decreto MEF 27 dicembre 1997 per introduzione bonus malus per disencentivare utilizzo di veicoli ad alte emissioni inquinanti	Entro 180 giorni	
3.6	Mobilità attiva	Salute	
3.6.A	Linee guida e buone pratiche per incrementare la "walkability" dell'ambiente urbano e per promuovere la mobilità attiva, soprattutto nei percorsi casa scuola e casa-lavoro	Entro 180 giorni	
3.6.B	Linee guida e buone pratiche di cui alla lettera A) nell'ambito del Piano Nazionale della prevenzione 2020-2025, ai fini della loro implementazione da parte delle Regioni	Entro 180 giorni	
Ambito 4 – Riscaldamento civile			
4.1	Riduzione delle emissioni inquinanti derivanti dalle stufe a biomassa	MISE, MATTM, MEF, MIPAAFT	
4.1.A	Decreto di aggiornamento del DM 16 febbraio 2016, in materia di "conto termico", per introdurre, tra i requisiti di accesso agli incentivi, la certificazione ambientale con classe di qualità 4 o superiore	Entro 180 giorni	

4.1.B	Decreto di modifica del decreto di cui all'art. 14, comma 3-ter, del d.l. 63/2013, come modificato dalla legge 205/2017, sui requisiti tecnici degli interventi che beneficiano delle detrazioni fiscali in particolare nelle zone affette da problemi di qualità dell'aria, in coerenza con i requisiti previsti alla lettera A), inclusa la sostituzione di apparecchi più emissivi	Entro 180 giorni
4.1.C	Valutare estensione dei requisiti di cui alle lettere A) e B) ai generatori di calore alimentati con biomassa installati, in particolare nelle zone affette da problemi di qualità dell'aria, ai fini dell'accesso al beneficio concesso dalle detrazioni di cui all'art.16 del d.l. 63/2013 e smi.	Entro 180 giorni

Tabella 4.1 Piano d'azione per il miglioramento della qualità dell'aria [6]- elaborazione RER

Per quanto riguarda lo stato di attuazione del protocollo, con particolare riferimento alle azioni che vedono coinvolte anche le regioni, si rileva che:

- è stata completata l'Azione 3 dell'Ambito di intervento 1, che prevedeva l'"Adozione degli accordi tra Stato, Regioni e Province autonome per il miglioramento della qualità dell'aria";
- per l'implementazione dell'Azione 2 dell'Ambito di intervento 1 "Fondo per il finanziamento del Programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico" nel 2022 è stato istituito il gruppo di lavoro che supporta il Ministero dell'ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) nella definizione dell'ordine di priorità delle misure previste nel Programma Nazionale di Controllo dell'inquinamento atmosferico (PNCIA), del relativo cronoprogramma, nonché del riparto delle risorse finanziarie disponibili a legislazione vigente;
- con riferimento alle azioni che prevedono interventi normativi, nel corso del 2022, in seguito agli esiti del confronto fra la Presidenza del Consiglio dei Ministri e i competenti uffici della Commissione europea in relazione alle procedure di infrazione sulla qualità dell'aria, sono state avviate le azioni che prevedono interventi normativi, attivando tutti gli interlocutori necessari, al fine di dare un segno tangibile alla Commissione riguardo alle azioni che l'Italia sta concretamente prendendo per riportare la concentrazione di PM10 entro i valori limite. Poiché la Commissione ha evidenziato che i settori chiave sui quali effettuare ulteriori interventi per limitare le emissioni di PM10 sono la riduzione della combustione delle biomasse e l'agricoltura, si è lavorato alla predisposizione di due proposte normative, una volta a modificare il decreto legislativo 152/2006 per limitare progressivamente la pratica dei residui vegetali, anche nell'ottica del recupero e valorizzazione di tali residui, e la seconda inerente all'obbligo di interramento dei reflui zootecnici. Le Regioni del Bacino Padano hanno collaborato, a livello tecnico, alla predisposizione di emendamenti alle proposte legislative dei Ministeri competenti, delle quali, peraltro, solo quella inerente la limitazione della pratica di abbruciamento è stata recepita dallo Stato a livello legislativo.

Si segnala inoltre che alcune delle azioni previste nel protocollo, che competono al livello nazionale e che sono nevralgiche per il raggiungimento degli obiettivi definiti nei piani di qualità dell'aria delle Regioni del Bacino Padano, allo stato attuale non sono state completate. Si citano in particolare le seguenti azioni, in assenza delle quali non è possibile portare a compimento alcune misure regionali già previste nei pregressi piani e finalizzate all'ammodernamento del parco veicolare:

- Azione 2 dell'Ambito di intervento 3 "Interventi per il controllo delle aree a traffico limitato";

6 LEGGE 30 dicembre 2021, n. 234. Bilancio di previsione dello Stato per l'anno finanziario 2022 e bilancio pluriennale per il triennio 2022-2024 -art. 1 comma 498. Fondi per il "Protocollo di Intesa che istituisce il Piano d'Azione per il miglioramento della qualità dell'aria", sottoscritto il 4 giugno 2019. Al Fondo è assegnata una dotazione pari a 50 milioni di euro per l'anno 2023, 100 milioni di euro per l'anno 2024, 150 milioni di euro per l'anno 2025 e 200 milioni di euro annui per ciascuno degli anni dal 2026 al 2035.

- Azione 5 dell'Ambito di intervento 3 "Disincentivo all'utilizzo di veicoli ad alte emissioni inquinanti", che prevede la formulazione di una proposta di modifica del decreto del Ministro delle finanze 27 dicembre 1997, con l'introduzione del criterio del bonus malus per disincentivare l'utilizzo di veicoli ad alte emissioni inquinanti.

Con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 23 dicembre 2021, in attuazione della direttiva NEC e del decreto legislativo 81/2018, è stato approvato il **Programma nazionale di controllo dell'inquinamento atmosferico** (PNCIA)[7].


PROGRAMMA NAZIONALE DI CONTROLLO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO

Allegato I al
RAPPORTO AMBIENTALE
Consultazione della Fase preliminare

luglio 2020

Il *PNCIA* è predisposto tenendo conto degli obiettivi stabiliti per l'Italia di riduzione al 2020 e al 2030 delle emissioni nazionali di determinati inquinanti atmosferici:

- biossido di zolfo SO_2,
- ossido di azoto NO_x,
- Composti Organici Volatili non Metanici (COVNM),
- ammoniaca NH_3,
- materiale particolato (con particelle aventi dimensioni minori o uguali a 2,5 µm) .

Nel programma viene data particolare importanza alla creazione di un quadro istituzionale che assicuri un'azione coordinata ed omogenea di più autorità, statali, regionali e locali, rispondendo all'esigenza, già prevista dalla direttiva, di garantire la sinergia tra le politiche in materia di qualità dell'aria e quelle inerenti ai settori responsabili di emissioni interessate dagli impegni nazionali di riduzione, comprese le politiche in materia di clima e di energia.

A tal fine, il programma identifica, nei diversi settori responsabili delle emissioni in atmosfera (Produzione di energia elettrica, Residenziale e terziario, Trasporti, Agricoltura), un elenco di misure necessarie al raggiungimento degli obiettivi di riduzione delle emissioni al 2030 (richiamate al paragrafo "Piani e stralci nazionali").

L'articolo 4 del decreto legislativo 81/2018 prevede che il programma sia aggiornato ogni quattro anni, in modo da tener conto dei nuovi scenari energetici ed emissivi e degli eventuali risultati delle politiche di riduzione messe in campo a livello nazionale.

La responsabilità della predisposizione e dell'aggiornamento del programma è in capo al MASE che, per l'istruttoria tecnica preliminare, si avvale del supporto di ISPRA ed ENEA, anche per la produzione di scenari a livello regionale. Il MASE per l'aggiornamento del programma si avvale altresì del supporto del gruppo di lavoro composto da tre rappresentanti del MASE stesso, due rappresentanti dei Ministeri dello Sviluppo Economico, dell'Economia e Finanze, delle Infrastrutture e della Mobilità Sostenibili, delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali e della Salute, da tre rappresentanti delle Regioni e Province autonome, un rappresentante di UPI e ANCI e un rappresentante di ISPRA, ENEA e CNR. Nel gruppo di lavoro, istituito nel 2022, in rappresentanza delle Regioni partecipano Lombardia, Umbria e Puglia. Il gruppo di lavoro concorre anche all'attuazione del programma, supportando il MASE nella definizione dell'ordine di priorità delle misure previste, del relativo cronoprogramma, nonché del riparto delle risorse finanziarie disponibili a legislazione vigente.

Per quanto riguarda le riduzioni di ammoniaca dal settore Agricoltura, le misure, concordate con il Ministero delle politiche agricole alimentari forestali e del turismo (MIPAAFT), sono contenute nel **Codice nazionale indicativo di buone pratiche agricole per il controllo delle emissioni di ammoniaca** e riportato come allegato al PNCIA.

7 https://www.mase.gov.it/pagina/programma-nazionale-controllo-inquinamento-atmosferico-pncia

Nel documento sono riportate le misure obbligatorie individuate al fine di raggiungere, a livello nazionale, l'obiettivo di riduzione del 16% delle emissioni di ammoniaca.

4.1.3. IL LIVELLO SOVRAREGIONALE

A decorrere dal 2005, le Regioni del bacino padano hanno sottoscritto accordi al fine di attuare politiche e misure coordinate per la qualità dell'aria, in modo da affrontare in modo più efficace l'inquinamento atmosferico nella Pianura Padana. Nello stesso tempo l'impegno delle Regioni ha riguardato anche il coinvolgimento del livello statale, affinché intervenisse sulle fonti emissive di propria competenza.

Dal 2013, gli Accordi tra le Regioni del bacino padano hanno visto il coinvolgimento anche del livello nazionale e l'impegno di diversi Ministeri ad intervenire nei settori maggiormente responsabili dell'inquinamento atmosferico e dello stato di qualità dell'aria.

Il primo "*Accordo tra le regioni del Bacino Padano per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento atmosferico*" (**Accordo di Bacino Padano 2007**) è stato sottoscritto il 7 febbraio 2007 tra le regioni Emilia Romagna, Friuli Venezia Giulia, Lombardia, Piemonte, Valle d'Aosta, le Province Autonome di Trento e Bolzano e la Repubblica e Cantone Ticino. Scopo dell'accordo era condividere elementi e azioni di natura tecnico-organizzativa sui quali coordinare un'azione sinergica dei territori coinvolti.

Le azioni proposte erano:

- limitazioni progressive della circolazione dei veicoli più inquinanti;
- promozione e agevolazione dell'installazione di filtri antiparticolato;
- definizione e adozione di forme di regolamentazione per l'utilizzo dei combustibili, compreso l'utilizzo delle biomasse per riscaldamento;
- definizione di standard emissivi comuni per le attività produttive e per le sorgenti civili, nell'ambito dell'autonomia concessa agli enti firmatari;
- approfondimento delle tecniche di monitoraggio e modellazione ai fini della previsione, valutazione e preparazione di piani e programmi di miglioramento della qualità dell'aria;
- condivisione e miglioramento dell'Inventario delle Emissioni INEMAR a supporto dell'elaborazione e della verifica dei piani degli enti firmatari.

A marzo 2007, il Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM ora Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica - MASE) ha pubblicato un decreto, contenente un programma di finanziamenti connessi al miglioramento della qualità dell'aria e della riduzione delle emissioni, che con una serie di accordi tra il Ministero e le singole Regioni o Province ha cofinanziato i progetti legati alle azioni previste nell'Accordo. Per quanto riguarda il Piemonte sono stati finanziati quattro progetti per complessivi 56 milioni di Euro e che hanno riguardato:

- lo sviluppo degli strumenti per la conoscenza, la valutazione e la gestione della qualità dell'aria;
- il miglioramento dei mezzi adibiti a trasporto pubblico locale, con l'installazione di filtri antiparticolato su circa 1.000 mezzi del trasporto pubblico locale con omologazione Euro 2;
- l'incentivazione all'utilizzo del trasporto pubblico locale, con forte incentivo per l'acquisto dell'abbonamento al mezzo pubblico annuale;
- la riqualificazione emissiva ed energetica degli edifici esistenti.

Con sentenza del 19 dicembre 2012, la Corte di Giustizia dell'Unione Europea ha condannato l'Italia per non aver provveduto, negli anni 2006 e 2007, ad assicurare che le concentrazioni di

materiale particolato PM10 rispettassero i valori limite fissati dalla direttiva 1999/30/CE in numerose zone e agglomerati del territorio italiano. La Commissione Europea ha successivamente avviato una nuova procedura precontenziosa in merito alla non corretta applicazione della Direttiva 2008/50/CE, a causa dei superamenti continui e di lungo periodo dei valori limite del materiale particolato PM10 sul territorio italiano.

Poiché nel Bacino Padano, a causa della specificità delle condizioni orografiche e meteoclimatiche che favoriscono l'aumento delle concentrazioni di materiale PM_{10} nell'aria e la produzione di situazioni di inquinamento particolarmente diffuse, il conseguimento del rispetto dei valori limite di qualità dell'aria risulta particolarmente difficile, il MATTM (ora MASE), insieme ai Ministeri aventi competenza sui settori che producono emissioni in atmosfera, ha avviato una nuova e più determinata strategia a livello nazionale, per integrare l'azione intrapresa dalle Regioni e Province Autonome.

Il 19 dicembre 2013 è pertanto stato sottoscritto un accordo tra Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, Ministero dello Sviluppo Economico, Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, Ministero delle Politiche Agricole, Alimentari e Forestali, Ministero della Salute, Regioni e Province Autonome del Bacino Padano, per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria (**Accordo di Bacino Padano 2013**), che individua misure di breve, medio e lungo periodo.

L' Accordo ha portato alla costituzione di 9 gruppi di lavoro tra i Ministeri e le Regioni per la predisposizione di proposte di decreti ministeriali riguardanti:

- la certificazione degli impianti di combustione;
- gli impianti di combustione alimentati a biomasse;
- la cogenerazione nei nuovi impianti industriali alimentati a biomasse;
- il sostegno per la riqualificazione energetica degli edifici;
- l'aggiornamento delle linee guida dei piani urbani della mobilità;
- la revisione della velocità sulle autostrade e ulteriori misure di riduzione del traffico;
- la regolamentazione della circolazione dei veicoli;
- la diffusione dei veicoli elettrici;
- la predisposizione di linee guida per la riduzione di emissioni da attività agricole e zootecniche.

Quando le risultanze del lavoro dei vari gruppi saranno recepite con i relativi decreti ministeriali, le Regioni del Bacino Padano saranno tenute ad adeguare i loro piani di risanamento della qualità dell'aria, ed i Ministeri valuteranno l'attribuzione di specifiche risorse per le finalità previste dall'accordo.

Altra iniziativa congiunta delle quattro regioni sottoscrittrici dell'Accordo 2017, è la trasmissione nel Novembre 2020 di una lettera, a firma congiunta degli Assessori all'Ambiente, in cui si formalizzava al Ministero della Transizione Ecologica una proposta di interventi per il miglioramento della qualità dell'aria da considerare nella definizione, allora in corso, del Piano Nazionale per la Ripresa e la Resilienza (PNRR).

Gli interventi e i relativi finanziamenti (2 miliardi di euro – 500 milioni di euro a Regione) riguardavano misure specifiche nei seguenti ambiti:

- Mobilità
- Agricoltura e zootecnia
- Riscaldamento, inclusa la combustione di biomasse
- Città, aree verdi, rigenerazione urbana.

Contestualmente, veniva richiesto anche di dare immediata attuazione alle misure previste dal Piano d'azione per il miglioramento della qualità dell'aria, istituito dal Protocollo d'intesa sottoscritto il 4 giugno 2019. Entrambe le richieste, purtroppo, non hanno ricevuto ancora riscontro.

Nel 2016 è stato elaborato e approvato il progetto integrato **LIFE IP PREPAIR**[8] **"Po Regions Engaged to Policies of AIR"**, cofinanziato dalla Commissione Europea nell'ambito dello Strumento Finanziario per l'Ambiente LIFE. Il progetto ha l'obiettivo di contribuire al miglioramento della qualità dell'aria nel Bacino Padano attraverso l'implementazione delle misure previste dai piani regionali e dall'Accordo di Bacino su scala maggiore e il rafforzamento della loro sostenibilità e durabilità dei risultati.

Il progetto vede la partecipazione di 18 partner: le 4 regioni del Bacino Padano e le rispettive Arpa, la Regione e l'Arpa FVG, la Provincia di Trento, l'Arpa Valle d'Aosta e l'Agenzia per l'ambiente della Slovenia e i Comuni di Bologna, Milano e Torino.

Il progetto copre, quindi, la valle del Po e le regioni e le città che influenzano maggiormente la qualità dell'aria nel Bacino e le azioni si estendono anche alla Slovenia con lo scopo di valutare e ridurre il trasporto di inquinanti anche oltre il mare Adriatico.

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. Ha una durata di 7 anni, dal 1 febbraio 2017 al 31 gennaio 2024 (prorogato fino al 31 dicembre 2024) e un budget totale di € 16.805.939 con un co-finanziamento europeo di € 9.974.624.

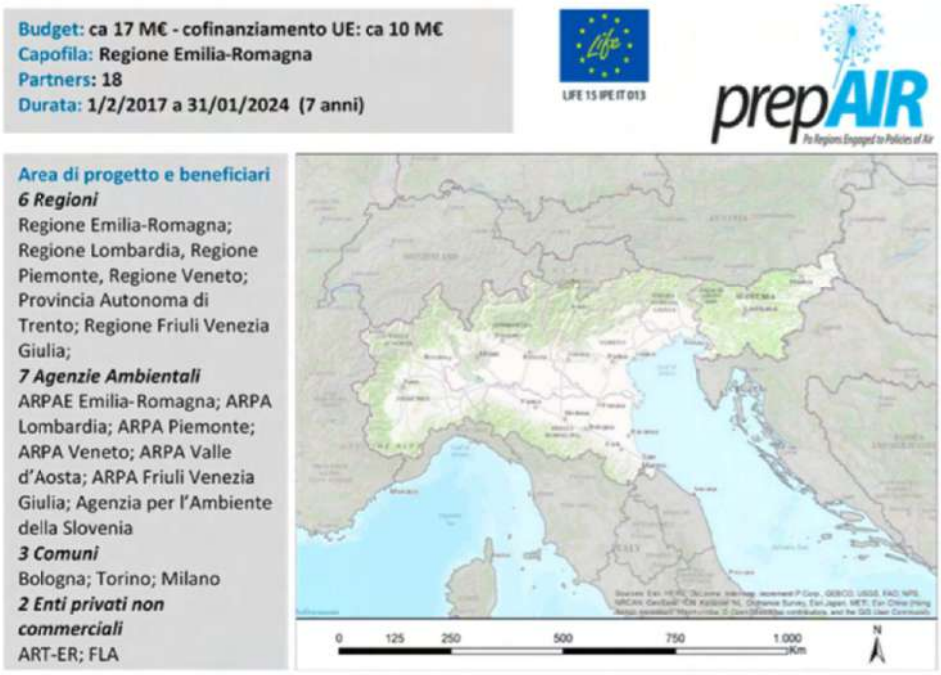


Figura 4.1 - Schema Progetto Life - Prepair

Le azioni di progetto sono realizzate in modo coordinato sul territorio del bacino padano e riguardano 5 ambiti tematici principali, tra i settori maggiormente responsabili dell'inquinamento atmosferico, esattamente: Agricoltura, Biomasse, Energia, Trasporti, Qualità dell'Aria ed Emissioni.

Oltre agli ambiti trasversali della Gestione (incluso il tema della Governance e del coinvolgimento degli stakeholder) e della Comunicazione (incluso il networking).

8 https://www.lifeprepair.eu/

AZIONI PROGETTO LIFE -PREPAIR	
Qualità dell'aria e agricoltura	promozione applicazione di fertilizzanti basati sull'urea e a bassa emissione di ammoniaca in agricoltura
	attuazione di un modello comune per la valutazione delle emissioni gassose e odorose derivanti dall'allevamento intensivo di bovini, suini e pollame
Qualità dell'aria e biomasse	formazione tecnica e specialistica per installatori e progettisti di sistemi domestici a biomassa
	valorizzazione del ruolo di "spazzacamino qualificato" per il controllo e la manutenzione dei sistemi domestici a biomassa
	analisi della logistica, del consumo e dell'offerta di biomassa legnosa
Qualità dell'aria e trasporti	azioni di promozione della mobilità ciclabile
	azione dimostrativa sulla conversione del sistema di propulsione da diesel a elettrico
	razionalizzazione della logistica di trasporto a corto raggio nelle aree urbae ed extra/peri urbane
	sviluppo di strumenti ICT per gli utenti del trasporto pubblico
	azioni a supporto della mobilità elettrica
	formazione sull'eco- driving
Qualità dell'aria ed efficienza energetica	servizi di formazione e supporto alle industrie finalizzate al miglioramento dell'efficienza energetica
	edifici a energia quasi zero
	supporto alle autorità locali per iniziative di risparmio energetico negli edifici pubblici e per la valorizzazione del GPP
Qualità dell'aria e valutazione delle emissioni	dataset sulle emissioni
	sistema per la contabilità ambientale delle misure dei piani di qualità dell'aria
	valutazione preliminare dei piani di qualità dell'aria
	rete di stazioni speciali per il monitoraggio degli effetti ambientali del Piano: definizione della rete e dei protocolli di misurazione
	implementazione dell'infrastruttura di condivisione dei dati e del modello di qualità dell'aria
	strumento per un miglior inventario delle emissioni nel bacino del Po ed immagazzinamento dei dati sulle emissioni
	implementazione del Modello di Valutazione Integrata (RIAT+)
	raccolta periodica delle misure già previste per il reporting ambientale dell'attuazione delle misure attraverso il sistema di responsabilità ambientale
	aggiornamento periodico dei dati sulle emissioni
	stima del consumo residenziale di legno nella valle del Po
	stima del flusso di trafficonella valle del Po
	valutazione periodica (mensile/annuale) della qualità dell'aria;
	monitoraggio degli effetti ambientali delle misure di riduzione delle sostanze inquinanti attuate dai piani di miglioramento della qualità dell'aria;
	report COVID-19 "Studio preliminare degli effetti delle misure COVID-19 sulle emissioni in atmosfera e sulla qualità dell'aria nel bacino padano"
	valutazione degli scenari di riduzione delle emissioni sulla qualità dell'aria nel bacino del Po

AZIONI PROGETTO LIFE -PREPAIR	
Comunicazione e capacity building	comunicazione generale di progetto
	comunicazione sull'utilizzo della biomassa
	sensibilizzazione della popolazione sui veicoli elettrici (giornata regionale sulla mobilità elettrica)
	creazione di percorsi didattici formali e non formali per le scuole sui temi di qualità dell'aria relativi agli obiettivi di progetto

Tabella 4.2 – Le azioni del Progetto Life-Prepair

Nell'ambito delle azioni preparatorie del progetto è stato costruito un *dataset* di emissioni per l'anno di riferimento 2013, mediante raccolta, elaborazione ed operazioni di raccordo (mosaicatura) delle stime disponibili dagli inventari esistenti e sono stati predisposti scenari emissivi sulla base della legislazione corrente per l'anno 2025[9], di uso comune per le Regioni del bacino padano.

Sono stati, inoltre, costruiti gli scenari emissivi che tengono conto dell'insieme di misure attuate dalle Regioni attraverso i rispettivi Piani di qualità dell'aria, cui si aggiungono ulteriori misure previste dagli Accordi di Bacino (sottoscritti nel 2013 e nel 2017) e dallo stesso progetto PREPAIR. L'impatto di tali scenari emissivi sulla qualità dell'aria è stato valutato con strumenti modellistici[10].

Il 9 giugno 2017 a Bologna, è stato sottoscritto tra il Ministero dell'Ambiente della Tutela del Territorio e del Mare e le Regioni Emilia Romagna, Lombardia, Piemonte e Veneto il "Nuovo Accordo di Programma per l'adozione congiunta di misure per il miglioramento della qualità dell'Aria nel Bacino Padano" (**Accordo di Bacino Padano 2017*)*.

L'Accordo, che in Piemonte è stato approvato con deliberazione della Giunta Regionale 5 giugno 2017, n. 22-5139, contiene una serie di misure in capo alle Regioni ed altre in capo al Ministero. Per quanto riguarda le Regioni, le misure di maggior rilievo sono:

- prevedere, nei piani di qualità dell'aria, limitazioni strutturali della circolazione dal 1 ottobre al 31 marzo di ogni anno, a partire dal 1 ottobre 2018, dal lunedì al venerdì, dalle ore 8.30 alle ore 18.30, per le autovetture ed i veicoli commerciali di categoria N1, N2 ed N3 ad alimentazione diesel, di categoria inferiore o uguale ad "Euro 3". La limitazione è estesa alla categoria "Euro 4" entro il 1 ottobre 2020 e alla categoria "Euro 5" entro il 1 ottobre 2025. La limitazione si applica prioritariamente nelle aree urbane dei comuni con popolazione superiore a 30.000 abitanti presso i quali opera un adeguato servizio di trasporto pubblico locale, ricadenti in zone presso le quali risulta superato uno o più dei valori limite del PM10 o del biossido di azoto NO_2;
- promuovere a livello regionale, mediante la concessione di appositi contributi, la sostituzione di una o più tipologie di veicoli oggetto dei divieti con veicoli a basso impatto ambientale; tali contributi devono essere erogati con priorità per i veicoli che garantiscono minori emissioni di PM, NO_x e CO_2;
- promuovere, a livello regionale, una regolamentazione omogenea dell'accesso alle aree a traffico limitato, delle limitazioni temporanee della circolazione e della sosta per tutti i veicoli alimentati a carburanti alternativi;
- prevedere, nei piani di qualità dell'aria, il divieto, entro sei mesi dalla sottoscrizione dell'accordo, di installare generatori di calore alimentati a biomassa con una classe di prestazione emissiva inferiore alla classe "3 stelle" e di continuare ad utilizzare generatori con una classe di

9 http://www.lifeprepair.eu/wp-content/uploads/2017/06/Emissions-dataset_final-report.pdf
10 http://www.lifeprepair.eu/wp-content/uploads/2017/06/PRELIMINARY-ASSESSMENT-OF-THE-AIR-QUALITY-PLANS.pdf

prestazione emissiva inferiore a "2 stelle", con riferimento alla certificazione prevista dal decreto attuativo dell'articolo 290, comma 4, del decreto legislativo n. 152/2006;

- prevedere, nei piani di qualità dell'aria, il divieto, entro il 31 dicembre 2019, di installare generatori di calore alimentati a biomassa con una classe di prestazione emissiva inferiore alla classe "4 stelle" e di continuare ad utilizzare generatori con una classe di prestazione emissiva inferiori a "3 stelle";
- adottare provvedimenti di sospensione, differimento o divieto della combustione all'aperto del materiale vegetale nelle zone presso le quali risulta superato uno o più dei valori limite del PM10 e/o il valore obiettivo del benzo(a)pirene;
- prevedere, nei piani di qualità dell'aria, e, ove ammesso dalle relative norme di riferimento, che nelle autorizzazioni integrate ambientali, nelle autorizzazioni uniche ambientali e nei programmi di azione di cui alla direttiva 91/676/CEE (direttiva nitrati) sia previsto l'obbligo di applicare pratiche finalizzate alla riduzione delle emissioni prodotte dalle attività agricole, ove tali pratiche risultino tecnicamente fattibili ed economicamente sostenibili.

Il Ministero dell'Ambiente si è preso l'impegno di:

- contribuire, con risorse fino ad un massimo di 2 milioni di euro per ciascuna Regione del Bacino Padano, all'attuazione della misura che prevede la sostituzione veicoli oggetto di divieti;
- contribuire, con risorse fino ad un massimo di 2 milioni di euro per ciascuna Regione del Bacino Padano, al finanziamento delle misure agricole;
- attivare le opportune interlocuzioni con il Ministero dell'economia e delle finanze al fine di valutare la possibilità di aggiornare le tasse automobilistiche utilizzando il criterio del bonus-malus (diesel vs benzina);
- promuovere presso il Ministero delle infrastrutture e dei trasporti una proposta di modifica del decreto legislativo 285/1992, finalizzata ad includere gli aspetti relativi alla tutela dell'ambiente nelle procedure di determinazione dei limiti di velocità.

L'Accordo stabilisce inoltre, all'Allegato 1, i criteri per l'individuazione e la gestione delle situazioni di perdurante accumulo degli inquinanti. Si tratta di una sorta di semaforo con due soli livelli (il "*semaforo anti smog*"): il livello arancione che si attiva dopo 4 giorni di superamento consecutivi della soglia limite di 50 $\mu g/m^3$ della concentrazione di PM10 e il livello rosso, che si attiva dopo 10 giorni di superamento consecutivi della soglia dei 50 $\mu g/m^3$.

Le limitazioni applicate sono sicuramente impattanti per quanto riguarda il traffico, in particolare:

- il livello arancione prevede la limitazione all'utilizzo delle autovetture private di classe emissiva almeno Euro 4 diesel in ambito urbano dalle 8.30 alle 18.30 e dei veicoli commerciali di classe emissiva almeno Euro 3 diesel dalle 8.30 alle 12.30, fatte salve le specifiche deroghe previste dal sopracitato Allegato 1;
- il livello rosso prevede, in aggiunta alle misure del livello arancione, l'estensione delle limitazioni per le autovetture private di classe emissiva almeno Euro 4 diesel in ambito urbano nella fascia oraria 8.30-18.30 e per i veicoli commerciali almeno Euro 3 diesel nella fascia oraria 8.30 – 18.30 ed Euro 4 diesel nella fascia oraria 8.30 – 12.30, fatte salve le specifiche deroghe previste dal sopracitato Allegato 1.

Tabella 4.3 – Le limitazioni del semaforo antismog

LIMITAZIONI ALLA CIRCOLAZIONE VEICOLARE - SINTESI

Limitazioni strutturali LIVELLO 0 - VERDE | attive dal 24 marzo 2021		
Tipo di veicolo	**Orari**	**Chi non circola**
Persone (M1) Merci (N1, N2, N3)	Tutto l'anno, tutti i giorni, festivi compresi, con orario 00.00 – 24.00	Benzina e Diesel con omologazione fino a EURO 2 GPL e metano fino a EURO 1
Ciclomotori e motocicli	Periodo dal 24/03/2021 al 15/04/2021, e dal 15/09/2021 al 15/04/2022, tutti i giorni, festivi compresi, con orario 00.00 – 24.00	Benzina con omologazione inferiore o uguale a Euro 1
Persone (M1) Merci (N1, N2, N3	Tutti giorni feriali, da lunedì a venerdì dalle ore 08.30 alle ore 18.30.	Diesel con omologazione uguale a Euro 3 e EURO 4
Limitazioni temporanee allerta 1° LIVELLO ARANCIO		
Tipo di veicolo	**Orari**	**Chi non circola**
Persone (M1)	tutti i giorni, festivi compresi, dalle 08.30 alle ore 18.30	Diesel, con omologazione fino a Euro 5
Merci (N1, N2, N3)	tutti i giorni feriali da lunedì a venerdì, dalle ore 08.30 alle ore 18.30 sabato e giorni festivi dalle ore 08.30 alle ore 12.30	Diesel, con omologazione fino a Euro 4
Limitazioni temporanee allerta 2° LIVELLO ROSSO		
Tipo di veicolo	**Orari**	**Chi non circola**
Merci (N1, N2, N3)	tutti i giorni compresi i festivi, dalle 08.30 alle ore 18.30	Diesel, con omologazione fino a Euro 4
Merci (N1, N2, N3)	tutti i giorni, festivi compresi dalle ore 08.30 alle ore 12.30	Diesel, con omologazione fino a Euro 5

Tali misure temporanee si applicano prioritariamente nelle aree urbane dei Comuni con popolazione superiore a 30.000 abitanti presso i quali opera un servizio di trasporto pubblico locale, ricadenti in zone presso le quali risulta superato uno o più dei valori limite del PM10.

In Piemonte, considerate le dimensioni medie dei comuni e le situazioni di superamento omogenee che si registrano comunemente nell'intorno di Torino, nella prima attuazione dell'Accordo si è optato per un'estensione dei provvedimenti a tutti i comuni dell'agglomerato di Torino dove si sono registrati superamenti dei limiti di qualità dell'aria per almeno 3 anni, anche non consecutivi, in un arco di tempo di cinque anni, con la presenza di un servizio di Trasporto Pubblico Locale e nei comuni con più di 20.000 abitanti, con i medesimi requisiti.

4.1.4. Il livello regionale



Il **Piano Regionale di Qualità dell'Aria** (PRQA) è lo strumento per la programmazione, il coordinamento ed il controllo in materia di inquinamento atmosferico, finalizzato al miglioramento progressivo delle condizioni ambientali e alla salvaguardia della salute dell'uomo e dell'ambiente.

Con deliberazione n. 364-6854 del 25 marzo 2019, il Consiglio regionale ha approvato il Piano Regionale di Qualità dell'Aria (PRQA 2019), in sostituzione della prima attuazione del Piano, approvata nel contesto della citata l.r. 43/2000.

Il PRQA 2019 perseguiva l'obiettivo di contribuire al raggiungimento dei 17 obiettivi del Millennio dell'Agenda 2030 dell'ONU, approvata nel settembre 2015 e la Strategia Nazionale per lo Sviluppo Sostenibile, approvata dal CIPE il 22 dicembre 2017, è stato lo strumento di riferimento per costruire il valore del Piano in tal senso.[11]

In tale contesto, il PRQA 2019 valutava le conseguenze delle azioni politiche settoriali

11 https://www.mase.gov.it/pagina/strategia-nazionale-lo-sviluppo-sostenibile

dell'agricoltura, dei trasporti, dell'energia e dell'industria, identificati quali i maggiori responsabili dell'inquinamento atmosferico, individuando 41 misure da mettere in campo per ridurre le emissioni in tali settori, e ulteriori 6 misure, nell'ambito della riqualificazione urbana e della comunicazione.

In riferimento al tema dei cambiamenti climatici, il PRQA 2019 non si poneva l'obiettivo di valutare gli impatti del fenomeno, ma intendeva contribuire, in sinergia e coerenza con altri Piani, ad un'azione efficace verso il contrasto al cambiamento climatico nel territorio piemontese. Gli scenari di Piano sono stati predisposti utilizzando i tre strumenti di Valutazione della qualità dell'aria di cui la Regione Piemonte si è dotata: l'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA), il Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA), e il Sistema Regionale di modellistica della Qualità dell'Aria, che costituiscono il Sistema Integrato per la valutazione della qualità dell'aria.

All'interno del PRQA 2019 sono stati definiti gli "obiettivi ambientali" che si intendono raggiungere nel più breve tempo possibile e le misure e azioni da mettere in campo; gli obiettivi ambientali discendono direttamente dalla normativa di settore attualmente in vigore, mentre le misure per il risanamento della qualità dell'aria rappresentano la strategia che la Regione Piemonte ha assunto per raggiungere gli stessi.

Le misure previste sono 47 e vanno ad intervenire sui diversi ambiti di interesse per la qualità dell'aria: agricoltura (5), energia (9), industria (5), trasporti (22), riqualificazione urbana (2) e comunicazione (4).

Il 30 dicembre 2019, con la deliberazione della Giunta regionale n. 24-903 è stato approvato l'ultimo *aggiornamento della zonizzazione e classificazione del territorio regionale piemontese*, che prevede le zone e agglomerati indicati nella tabella seguente.

ZONIZZAZIONE E CLASSIFICAZIONE DEL TERRITORIO REGIONALE PIEMONTESE				
ZONA	**DENOMINAZIONE**	**N° COMUNI**	**POPOLAZIONE**	**ESTENSIONE [KM^2]**
IT0118	Agglomerato di Torino	33	1.532.332	838
IT0119	Zona di Pianura	268	1.322.596	6.623
IT0120	Zona di Collina	646	1.338.980	8.801
IT0121	Zona di Montagna	234	181.980	9.125
IT0122	Zona Piemonte	1.148	4.375.006	25.389

Tabella 4.4 - Zonizzazione e classificazione del territorio regionale piemontese

Nei primi mesi del 2020 la crisi sanitaria causata dalla pandemia COVID-19 e le conseguenti misure di contenimento adottate hanno generato una drastica e repentina riduzione di alcune tra le principali sorgenti di inquinamento atmosferico. Si sono quindi verificate le condizioni per testare sul campo alcune azioni di contrasto all'inquinamento atmosferico in una delle aree più complesse d'Europa e tra quelle più drammaticamente colpite dall'emergenza sanitaria. Nell'ambito del Progetto PrepAIR è stato condotto un importante studio nel quale sono stati analizzati i dati della composizione chimica dell'aerosol atmosferico PM10 di cinque stazioni di rilevamento della rete di qualità dell'aria, di cui quattro facenti parte dell'Azione A4 del progetto PrepAIR (stazioni speciali di Torino, Bologna, Milano Pascal e Schivenoglia).

I risultati dello studio del particolarissimo periodo vissuto durante il lockdown hanno mostrato come lo "spegnimento" o la riduzione di una parte degli inquinanti emessi non sia sufficiente a

determinare una variazione apprezzabile nella formazione del particolato secondario; in particolare, tali risultati confermano che gli interventi che possono essere intrapresi per una riduzione del particolato devono essere coordinati a livello di Bacino e riguardare tutte le attività che concorrono alla produzione di precursori (agricoltura, traffico, comparto industriale e dei servizi, combustioni di biomassa), agendo in maniera incisiva sulle emissioni.

Per tale motivo, a partire da luglio 2020, il gruppo di lavoro delle regioni del Bacino Padano (Piemonte, Lombardia, Veneto, Emilia Romagna) ha avviato la revisione e l'aggiornamento delle misure, strutturali e temporanee, al fine di incrementarne l'efficacia in termini di miglioramento della qualità dell'aria, negli ambiti di maggior interesse: agricoltura, mobilità e riscaldamento domestico (uso della biomassa legnosa).

In tale contesto, facendo seguito anche alla sentenza del 10 novembre 2020 della Corte di Giustizia dell'Unione europea, inerente la causa C-644/18 per le violazioni dei valori limite del materiale particolato PM10, con la deliberazione n. 9-2916 del 26 febbraio 2021, la Giunta regionale ha approvato le "**Disposizioni straordinarie in materia di tutela della qualità dell'aria ad integrazione e potenziamento delle misure di limitazione delle emissioni, strutturali e temporanee, di cui alla DGR n. 14-1996 del 25 settembre 2020, e dei vigenti protocolli operativi**".

Tale provvedimento è risultato necessario per adottare in tempi brevi ulteriori misure straordinarie per la tutela della qualità dell'aria, ad integrazione e potenziamento delle misure strutturali e temporanee di limitazione delle emissioni, stabilite con la sopra citata deliberazione n. 14-1996 del 25 settembre 2020 e volte ad agire sulle principali sorgenti di emissione aventi influenza sulle aree di superamento, al fine di raggiungere i valori limite nei termini prescritti nel più breve tempo possibile, e in particolare entro il 2025.

I contenuti delle "Disposizioni straordinarie" sono stati definiti nell'ambito di incontri di coordinamento svoltisi a livello tecnico e politico, tra la Regione Piemonte e le Regioni Lombardia, Veneto ed Emilia-Romagna.

In particolare, le disposizioni inerenti le limitazioni del traffico veicolare vigenti sul territorio regionale, sono state estese territorialmente a tutti i Comuni localizzati nella zona denominata Agglomerato di Torino (codice zona IT0118) e ai Comuni con popolazione superiore a 10.000 abitanti, localizzati nelle zone, appartenenti alla medesima ripartizione, denominate Pianura (codice zona IT0119) e Collina (codice zona IT0120). In totale i comuni interessati sono ora 76. Le limitazioni inerenti il traffico veicolare sono state, inoltre, integrate secondo quanto riportato al punto 1.3. dell'allegato A alla deliberazione in oggetto.

Riguardo le disposizioni non inerenti il traffico veicolare, le stesse sono state estese a tutti i Comuni localizzati nelle zone in cui è ripartito il territorio regionale ai fini della qualità dell'aria, denominate Agglomerato di Torino (codice zona IT0118), Pianura (codice zona IT0119) e Collina (codice zona IT0120). In totale i comuni interessati sono ora 947.

Relativamente alle misure temporanee, le "Disposizioni straordinarie" prevedono l'introduzione di un nuovo meccanismo di attivazione finalizzato all'adozione preventiva dei provvedimenti di limitazione, in modo da prevenire l'eventuale occorrenza dei superamenti del valore limite giornaliero di PM10[12].

Le disposizioni straordinarie evidenziano una tempistica di rientro nei limiti di qualità dell'aria compatibile con le richieste della Corte di Giustizia Europea, obiettivo peraltro raggiungibile solo attraverso lo sforzo congiunto dei territori interessati dalle procedure di infrazione, incidendo su tutti gli ambiti di intervento e a tutti i livelli amministrativi.

12 http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2021/09/attach/dda1600000096_10300.pdf

In sintesi:

- estendere dal punto di vista temporale e spaziale le misure di carattere strutturale e temporaneo contenute nei piani d'azione in corso di realizzazione, interessando così tutti i 947 comuni su 1.181 comuni piemontesi, compresi nelle zone di qualità dell'aria IT0118, IT0119 e IT0120;
- anticipare l'adozione delle misure temporanee, in un'ottica di realizzazione dell'azione prima che avvenga il superamento dei limiti di concentrazione;
- introdurre ulteriori limitazioni/divieti riguardanti i seguenti ambiti: la circolazione dei veicoli a motore, le combustioni all'aperto, in particolare in ambito agricolo e forestale, le attività e le pratiche agricole relative a coltivazioni, allevamenti, con particolare riferimento allo spandimento dei fertilizzanti e degli effluenti di allevamento, i combustibili ed i generatori di calore per il riscaldamento domestico;
- progettare e realizzare azioni di sistema tese al maggior coinvolgimento e responsabilizzazione dei diversi attori del territorio e dei cittadini, nonché a migliorare il sistema dei controlli;
- finanziare azioni volte alla riduzione delle emissioni in atmosfera.

Con riferimento alle disposizioni nei confronti della Città Metropolitana di Torino, delle Province e dei Comuni, con successive deliberazioni della Giunta regionale, da ultimo aggiornate con la sopra citata DGR n. 26–3694 del 6 agosto 2021 *"Accordo di Programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria nel Bacino Padano (DGR 5.06.2017, n. 22-5139). Aggiornamento schema ordinanza sindacale tipo, di cui alla DGR 25.09.2020, n. 14-1996, per l'applicazione delle misure di limitazione delle emissioni a partire dalla stagione invernale 2021/2022, in continuità con quanto disposto dalla DGR 26.02.2021, n. 9-2916"*, è stato approvato uno schema di ordinanza sindacale tipo per l'applicazione delle misure di limitazione delle emissioni, al fine di supportare i Sindaci dei Comuni interessati nella relativa redazione e conseguente approvazione.

Il 27 giugno 2023, con Deliberazione del Consiglio regionale n. 284-15266, è stato approvato il **Piano Stralcio Agricoltura,** in attuazione della misura AG.04 "Riduzione delle emissioni di ammoniaca in atmosfera dal comparto agricolo" dell'allegato A (Misure di piano) al Piano regionale di qualità dell'aria.

Il Piano Stralcio Agricoltura è volto a ridurre le perdite di ammoniaca, uno dei principali precursori di polveri sottili e gas, e più in generale a migliorare l'impiego dei fertilizzanti organici. Si applica, sull'intero territorio regionale, agli allevamenti di bovini, suini, avicunicoli e bufali che producono annualmente valori di azoto zootecnico escreto maggiori di 1.000 kg/anno, agli allevamenti soggetti ad autorizzazione alle emissioni in atmosfera ai sensi del d.lgs. 152/2006 e agli impianti di biogas e/o biometano che producono digestato destinato all'utilizzo agronomico nel rispetto del Regolamento regionale 10/R/2007 e s.m.i.. Il Piano definisce criteri e vincoli in funzione della classe dimensionale delle imprese, modulandoli su più orizzonti temporali.

Il **Patto dei Sindaci** è il più grande movimento, su scala mondiale, delle città per le azioni a favore del **clima e l'energia**; le sue attività vanno dalla redazione della Baseline Emission Inventory (BEI), ai Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile e il Clima (PAESC).

La nuova strategia europea sull'energia sostenibile della Commissione Europea ha ampliato ulteriormente l'ambizione dell'iniziativa, traguardando gli **obiettivi europei al 2050**.

La Regione Piemonte, coordinatore territoriale del Patto dei Sindaci, nel contesto della propria programmazione pluriennale, orientata allo sviluppo sostenibile, alla transizione ecologica ed energetica e all'azzeramento delle emissioni di carbonio, mette a disposizione una serie di servizi e strumenti coerenti con le strategie europee e nazionali per supportare operativamente i Comuni

nella loro azione di pianificazione energetico-ambientale. L'organizzazione di tavoli di confronto con i tecnici della Regione e di networking tra i diversi Comuni, attraverso anche l'utilizzo di strumenti di analisi e benchmarking, faciliteranno la realizzazione concreta delle azioni previste dal piano.

4.1.5. IL LIVELLO LOCALE

Gli Enti locali sono titolari di competenze e funzioni che hanno importanti ricadute sulla qualità dell'aria, stabilite agli articoli 3 e 4 della legge regionale 43/2000 "Disposizioni per la tutela dell'ambiente in materia di inquinamento atmosferico. Prima attuazione del Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria".

Ai fini dell'attuazione del PRQA, tra le attività che competono alle Province e alla Città Metropolitana di Torino, rilevano in particolare quelle relative al rilascio delle autorizzazioni alle emissioni per attività ed impianti e in materia di Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) e Autorizzazione Unica Ambientale (AUA) e quelle inerenti al controllo della qualità dell'aria e delle emissioni, alla programmazione e realizzazione degli interventi necessari alla riduzione degli inquinanti secondo gli obiettivi generali fissati dal piano, alla formulazione alla regione di proposte per l'individuazione di zone in cui si rendano necessari particolari interventi di miglioramento o tutela della qualità dell'aria.

Spetta invece ai Comuni attuare gli interventi operativi per la gestione degli episodi acuti di inquinamento atmosferico, provvedere al controllo delle emissioni in atmosfera degli impianti termici degli edifici di civile abitazione e formulare proposte alla provincia per l'individuazione di zone in cui si rendano necessari particolari interventi di miglioramento o tutela della qualità dell'aria. In relazione alle misure che influiscono indirettamente sulla qualità dell'aria, competono ai Comuni, tra l'altro, la pianificazione urbanistica, la regolamentazione edilizia, la gestione del verde urbano.

In merito agli interventi operativi per la gestione degli episodi acuti di inquinamento atmosferico, che per quanto riguarda la regione Piemonte coincidono con l'intero periodo autunnale e invernale di ogni anno, anche al fine di consentire un'attuazione omogenea sul territorio regionale delle limitazioni strutturali e temporanee previste dall'Accordo di Programma del Bacino Padano, la Regione ha aggiornato regolarmente lo schema di ordinanza sindacale tipo per l'applicazione delle suddette misure .

Si citano, in proposito, la DGR n. 42-5805 del 20 ottobre 2017[13] "*Prime misure di attuazione dell'Accordo di Programma per l'adozione coordinata e congiunta di misure di risanamento della qualità dell'aria nel Bacino Padano, sottoscritto in data 9 giugno 2017, ai sensi dell'articolo 10, comma 1, lett. d), della legge 88/2009*" con la quale sono stati approvati i criteri per l'individuazione e la gestione delle situazioni di perdurante accumulo degli inquinanti nonché le misure temporanee da applicare, l'elenco dei comuni con popolazione superiore ai 20.000 abitanti, e l'elenco delle prime misure strutturali. Con DGR n. 57-7628 del 28 settembre 2018[14] la suddetta DGR è stata integrata con l'approvazione dello schema di ordinanza sindacale tipo per le misure strutturali e temporanee da adottarsi nei comuni dell'agglomerato di Torino e nei comuni con popolazione maggiore di 20.000 abitanti.

In seguito all'approvazione delle "Disposizioni straordinarie" lo schema di ordinanza tipo è stato aggiornato con la DGR 6 agosto 2021, n. 26-3694[15].

13 http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2017/43/attach/dgr_05805_930_20102017.pdf
14 http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2018/40/attach/dgr_07628_1050_28092018.pdf
15 http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2021/32/attach/dgr_03694_1050_06082021.pdf

In caso di inerzia nell'attuazione degli interventi per la gestione operativa di episodi acuti di inquinamento atmosferico, la legge regionale conferisce alle province e alla Città Metropolitana di Torino l'esercizio del potere sostitutivo.

Compete alla Città Metropolitana di Torino (CMTO) e ai Comuni anche l'elaborazione dei PUMS (Piano Urbano della Mobilità Sostenibile) dei PUT (Piano Urbano del Traffico). I PUT devono essere elaborati dai comuni con più di 30.000 abitanti o comunque interessati da rilevanti problematiche di congestione stradale , mentre i PUMS dai comuni con più di 100.000 abitanti.

Particolarmente significativo, in quanto riferito ad un'area territoriale vasta e complessa da un punto di vista infrastrutturale, è il **Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) della Città Metropolitana di Torino**, approvato con delibera del Consiglio Metropolitano n. 42/2022 del 20 luglio 2022 [16].

Il PUMS della CMTO è un programma di azioni e interventi sul territorio della Città metropolitana di Torino con un orizzonte temporale di dieci anni (dal 2020 al 2030), sviluppando una visione del sistema della mobilità e dei trasporti più accessibile, sicura e meno inquinante, orientata a migliorare la qualità della vita delle persone.

Attraverso uno sviluppo equilibrato di tutte le modalità di trasporto con preferenza per quelle più sostenibili e grazie a un approccio trasparente e partecipativo, il PUMS propone di migliorare l'efficacia e l'efficienza del sistema di mobilità delle persone e delle merci, e di raggiungere obiettivi di sostenibilità ambientale, economica e sociale.

Nelle seguenti tabelle sono riporatati gli obiettivi generali e i contenuti del PUMS CMTO:

OBIETTIVI GENERALI PUMS CMTO
Garantire il diritto alla mobilità, e prima ancora all'accessibilità, di tutti i cittadini senza differenze di genere, età e reddito
Rispondere alle grandi sfide di transizione energetica e ambientale dei prossimi vent'anni attraverso una progressiva riduzione del consumo di carburanti da fonti fossili e delle emissioni di gas serra
Garantire l'equità e l'efficacia dell'azione pubblica riducendo i costi della mobilità attraverso servizi integrati di trasporto e aumentando l'accessibilità ai servizi
Aumentare la sicurezza stradale evitando che l'errore umano generi conseguenze tragiche e irreversibili

Tabella 4.5. Gli obiettivi generali del PUMS della CMTO

16 http://www.cittametropolitana.torino.it/cms/risorse/trasporti-mobilita-sostenibile/dwd/pums/DEL_CONS-42-2022-TESTO_ATTO.pdf

CONTENUTI PUMS CMTO	
MOBILITA' DOLCE	Migliorare, completare e aumentare i percorsi ciclo-pedonali
	Proseguire con la realizzazione di ciclabili urbane, extraurbane e percorsi cicloturistici
	Migliorare la qualità dello spazio pubblico con marciapiedi, percorsi pedonali, ZTL, zone 30
	Favorire l'interscambio e lo sharing attraverso la realizzazione di bici-stazioni nei capolinea della metropolitana e nelle stazioni del SFM
TRASPORTO PUBBLICO	Rendere il servizio più puntuale, rapido e accessibile
	Favorire l'interscambio gomma-ferro
	Migliorare l'accessibilità delle aree interne
MOBILITA' INDIVIDUALE	Favorire un miglioramento della sicurezza stradale Ridurre gli impatti ambientali connessi al traffico
	Ridurre gli impatti ambientali connessi al traffico
INTERVENTI TRASVERSALI	Favorire cambiamenti nello stile di vita delle persone e sensibilizzare le nuove generazioni ad una mobilità consapevole
	Favorire l'innovazione tecnologica verso le grandi sfide future della mobilità elettrica e della guida autonoma

Tabella 4.6 - Contenuti del PUMS della CMTO

Lo scenario di piano del PUMS, a partire dallo scenario di riferimento che contiene gli interventi e le opere già programmate e finanziate, prevede nuovi interventi di diversa natura, non ancora programmati e finanziati che dovrebbero portare al raggiungimento dei seguenti risultati:

- Spostamenti motorizzati collettivi +52%;
- Volumi di traffico -12,6%;
- Tempi di percorrenza -15,5%;
- Consumi ed emissioni di CO2 -27,8%;
- Emissioni di PM10 -33,9%.

Il PUMS prevede tre sottopiani di settore, che sono in corso di redazione:

- il Biciplan;
- il Piano dell'accessibilità e dell'intermodalità;
- il Piano della logistica.

IL BICIPLAN DELLA CITTÀ METROPOLITANA
Il Biciplan Metropolitano è uno strumento fondamentale e obbligatorio previsto dalla Legge 2/2018 art. 7, per una corretta ed efficace programmazione degli interventi per incentivare l'uso della bicicletta come mezzo di trasporto quotidiano, ricreativo e turistico su scala sovracomunale. Si configura come piano di settore del PUMS, assumendone gli indirizzi e concorrendo ad un positivo sviluppo ciclistico del territorio tramite la definizione di: • una rete ciclabile (sistematica e turistica) frutto di una proposta condivisa con il territorio ed integrata con i piani e progetti delle diverse scale territoriali d'interesse (non solo nazionale ma anche locale). • un sistema di intermodalità tra bicicletta e trasporto pubblico su ferro e su gomma. • un programma di azioni ed interventi per l'incentivazione di scelte di mobilità attinenti agli obiettivi di piano e per favorire la creazione di progetti integrati di territorio, completato da un Piano Finanziario. • un sistema di governance, dal monitoraggio degli interventi alla definizione delle modalità di gestione dei progetti. A seguito della costruzione del primo quadro conoscitivo, si individueranno i corridoi ciclabili metropolitani e di nodi del bike-to-rail. Proprio per favorire la partecipazione del territorio alla redazione della proposta, con Deliberazione di Consiglio n. 68 del 22/12/2022 CMTO ha messo a disposizione dei Comuni e Unioni di Comuni i fondi ministeriali per la redazione dei Progetti di fattibilità tecnico-economica dei percorsi sovracomunali coerenti con la strategia del Bike-to-rail.
IL PIANO DELL'ACCESSIBILITÀ E DELL'INTERMODALITÀ
La Città metropolitana di Torino, nel contesto programmatico assunto e per dare risposte concrete ad un territorio vasto e plurale, è l'unica Città metropolitana d'Italia ad aver previsto tra i piani di settore del PUMS un piano attuativo dedicato allo sviluppo di dettaglio delle misure dedicate al trasporto pubblico, denominato Piano dell'Accessibilità e dell'Intermodalità, che si configura come strumento programmatico fondamentale attraverso il quale l'Ente intende esercitare le competenze programmatiche attribuite dalla L.R. 4 gennaio 2000 al livello di governo intermedio (provinciale e metropolitano). Il Piano governerà lo sviluppo del Servizio Ferroviario Metropolitano, un sostanziale potenziamento della rete metropolitana (con la realizzazione della linea 2 ed il prolungamento della linea 1), e diverse estensioni della rete tranviaria, che devono accompagnarsi a un complessivo ridisegno della rete automobilistica, sia urbana/suburbana che extraurbana.
IL PIANO DELLA LOGISTICA
Lo scopo del PMLS, quale Piano di settore del PUMS ai sensi del DM 4 agosto 2017, è quello di individuare le strategie per la mobilità sostenibile delle merci sia per la logistica distributiva in ambito urbano che per la logistica industriale, con l'ambizione di integrare gli elementi più recenti caratterizzanti i processi legati alla catena logistica che si concretizzano: • nell'analisi dei fabbisogni logistici del sistema produttivo, enfatizzando il ruolo del sistema dei trasporti e della logistica per la competitività e la crescita dell'economia italiana; • nell'analisi dei fattori abilitanti trasversali, dalla rivoluzione tecnologica, all'importanza del fattore lavoro al ruolo delle politiche pubbliche, soprattutto in termini di regolamentazione e incentivi; • nella declinazione della logistica per favorire lo sviluppo di un'economia circolare. Le principali tappe della formazione del Piano focalizzate sia a livello di zona omogenea sia sui principali hub del territorio, riguardano: • l'analisi della distribuzione delle merci e delle relative filiere, - la valutazione delle criticità (congestione, orari, uso di mezzi ad elevato impatto ambientale), • l'accesso e attestamento presso gli hub; • l'implementazione di una banca dati metropolitana; • l'individuazione degli interventi infrastrutturali e delle azioni per la gestione del cosiddetto “ultimo miglio”; • la simulazione degli scenari alternativi; • la scelta dello scenario di Piano, accompagnato da piano finanziario e cronoprogramma degli interventi; • piano di gestione degli interventi; • predisposizione del piano di monitoraggio.

Tabella 4.7 – Sottopiani di settore del PUMS della CMTO

Si cita quale strumento ulteriore di governance locale, il **Tavolo di Coordinamento,** istituito, in considerazione della complessità del contesto territoriale di riferimento, dalla Città Metropolitana di Torino, al fine di uniformare l'attuazione della pianificazione e delle misure, con particolare riferimento ai provvedimenti di limitazioni del traffico. Al tavolo partecipano gli Amministratori dei Comuni della Città Metropolitana interessati dalle misure, la Regione e l'Arpa Piemonte ed eventuali altri soggetti pubblici, in relazione agli specifici argomenti trattati (es. Agenzia della Mobilità).

4.2 Le risorse economiche

In particolare negli anni 2018-2023 la Regione Piemonte ha stanziato ingenti risorse (circa 9 miliardi di euro) per l'attuazione delle misure che concorrono, direttamente e indirettamente, al miglioramento della qualità dell'aria, erogando contributi, attraverso la pubblicazione di bandi a favore di cittadini, imprese ed enti pubblici, come descritti di seguito.

Le misure di sostegno economico, sono state implementate a valere su diverse fonti finanziarie: fondi strutturali (FESR e FEASR in particolare sulla programmazione 14-21 e 21-27) e fondi nazionali (in particolare quelle stanziate dal MASE con decreto direttoriale 412 del 18 dicembre 2020, modificato dal decreto 417 dell'8 settembre 2023, che ha istituito un Programma di finanziamento per il periodo 2020 – 2035, volto a promuovere l'attuazione di interventi per il contrasto all'inquinamento atmosferico e conseguentemente il miglioramento della qualità dell'aria nel territorio delle Regioni del Bacino Padano).

4.2.1. Contributo della programmazione dei fondi strutturali 21-27 al PRQA

4.2.1.1. PR FESR programmazione 2021/2027

Pilastro della Strategia 2021-2027 è la centralità delle Componenti Trasversali dell'Innovazione (CTI) della «transizione digitale», della «transizione ecologica», dell'«impatto sociale e territoriale», più una quarta componente («capacità e competenze»).

La CTI "Transizione ecologica" discende dai grandi obiettivi della politica europea. L'obiettivo di fondo è incentivare la riconversione e l'innovazione in chiave sostenibile dei sistemi produttivi esistenti, con la crescita dell'offerta di beni e servizi di positivo impatto ambientale. Gli obiettivi di sviluppo verso un'economia decarbonizzata abbinano agli obiettivi di sostenibilità climatica una visione di competitività industriale in settori ad alto valore aggiunto, individuati a livello regionale nei Sistemi Prioritari dell'innovazione. Data l'urgenza della sfida dei cambiamenti climatici e gli ambiziosi e necessari obiettivi di decarbonizzazione adottati, tale CTI risulta indispensabile per assicurare un sistema produttivo resiliente, strettamente interconnesso con il contesto sociale e ambientale in cui opera.

Le Azioni programmatiche del PR FESR 21-27 che potranno riflettersi positivamente sulle strategie del PRQA2024 sono riportate nella tabella 4.8.

AZIONI PR FESR 21-27			
PRIORITA'	**OBIETTIVO SPECIFICO**	**AZIONE**	
I	1.1	**1.1 Sostegno alle attività di RSI e alla valorizzazione economica dell'innovazione**	In coerenza con la Smart Specialisation Strategy 2021/2027 (S3) regionale, l'Azione promuove interventi di RSI a favore del sistema delle imprese attraverso la costituzione di ampi partenariati su tematiche rilevanti per la S3, il sostegno allo sviluppo delle filiere e catene del valore più strategiche e rilevanti. In tale contesto, tra l'altro, potranno essere sostenuti processi di ricerca e innovazione, trasferimento di tecnologie e cooperazione tra imprese incentrate sull'economia circolare.
	1.2	**1.2.1 Sostegno alla trasformazione digitale nella PA**	L'Azione sostiene l'evoluzione del sistema informativo pubblico, funzionale all'innovazione dei processi interni della PA e a supporto della trasformazione digitale. In tale contesto, tra l'altro, potranno essere sostenuti interventi di razionalizzazione e digitalizzazione di servizi funzionali a promuovere la riduzione di effetti negativi sul clima e sulla qualità dell'aria (es. riduzione spostamenti, ambienti di lavoro virtualizzati).
		1.2.2 Promuovere la transizione digitale del sistema imprenditoriale	L'Azione sosterrà in particolare interventi di digitalizzazione volti all'efficientamento dei processi, dei sistemi di produzione e dei canali di distribuzione di beni e servizi, sostenendo un uso più efficiente dell'energia oltre ad una razionalizzazione della logistica, con effetti di mitigazione delle emissioni.
II	2.1	**2.1.1 Efficientamento energetico negli edifici pubblici**	L'Azione promuove investimenti di efficientamento energetico, di riduzione dei consumi di energia primaria e delle connesse emissioni climalteranti di edifici, strutture e impianti, compresa la cogenerazione, della Regione Piemonte, degli enti locali e nell'edilizia sanitaria pubblica, individuati all'interno di una diagnosi energetica - almeno su base biennale - in conformità alle norme vigenti in materia. La priorità sarà assegnata agli interventi sugli edifici ad elevati consumi energetici e maggiormente responsabili delle emissioni inquinanti e climalternati, agli interventi realizzati nell'ambito di strategie territoriali quali le Comunità energetiche rinnovabili ai sensi del D.lgs. 199/2021, alle trasformazioni in "edifici ad energia quasi zero", nonché a quegli investimenti in grado di garantire i più elevati livelli di sostenibilità ambientale - in particolare attraverso l'uso sostenibile dei materiali edili e il ricorso alla bioedilizia - i quali potranno assumere un ruolo dimostrativo ed esemplare in termini di efficacia dell'iniziativa sotto il profilo formativo e della riproducibilità in contesti analoghi.
		2.1.2 Efficientamento energetico nelle imprese	L'Azione sostiene investimenti di efficientamento energetico, di riduzione dei consumi di energia primaria e delle connesse emissioni inquinanti e climalteranti di impianti produttivi e edifici delle imprese, compresa la cogenerazione. Sono inclusi interventi di razionalizzazione dei cicli produttivi e utilizzo efficiente dell'energia, l'ingegnerizzazione di prototipi e/o processi innovativi volti al risparmio energetico e l'installazione di sistemi di building automation, con priorità rivolta a interventi che comportino profondi risparmi di energia e che interessino edifici/impianti ad elevato assorbimento di energia.
		2.1.3 Efficientamento energetico e transizione intelligente della rete di illuminazione pubblica	Saranno sostenuti investimenti finalizzati a migliorare l'efficienza nell'erogazione del servizio di illuminazione pubblica, diminuendo contestualmente i consumi energetici e le emissioni inquinanti e climalteranti connesse alla produzione di energia, attraverso: l'installazione di apparecchi illuminanti efficienti, l'adozione di sistemi di regolazione, telecontrollo e telegestione, di illuminazione adattiva e di altre tecnologie innovative disponibili. Gli interventi consentiranno, inoltre, di utilizzare l'infrastruttura di illuminazione pubblica per l'erogazione a tutta la comunità di servizi orientati alle "smart cities" in differenti ambiti applicativi (es. traffico e mobilità urbana, inquinamento, condizioni meteorologiche, sicurezza urbana), attraverso l'installazione di dispositivi quali sensori, telecamere, tecnologie dell'informazione e della comunicazione.
		2.1.4 Promozione della diffusione del teleriscaldamento efficiente	L'azione sostiene la diffusione di sistemi di teleriscaldamento efficienti, di cui alla Direttiva 2012/27/UE, attraverso la costruzione o ammodernamento di impianti di teleriscaldamento a fonti rinnovabili di piccole dimensioni non situati in zone critiche per la qualità dell'aria. Saranno sostenuti interventi di potenziamento/ammodernamento di impianti di teleriscaldamento esistenti - alimentati da fonti fossili - con l'inserimento di sezioni a fonti rinnovabili e/o di sistemi di accumulo e di estensione complessiva della rete, a condizione che l'intervento non comporti un aumento né del consumo di energia da fonti fossili né delle emissioni inquinanti e climalteranti.
	2.2	**2.2.1 Promozione dell'utilizzo delle energie rinnovabili negli edifici pubblici**	L'Azione promuove l'installazione di impianti a fonti rinnovabili, come definite dalla Direttiva (UE) 2018/2001, per la produzione di energia termica ed elettrica, eseguiti contestualmente ad interventi di miglioramento dell'efficienza energetica e di riduzione della domanda di energia. Si prevede di sostenere la realizzazione di impianti per lo sfruttamento dell'energia idraulica, solare, da biomassa, e nel rispetto della normativa vigente in materia di qualità dell'aria, che generino elevate riduzioni di gas a effetto serra. Gli interventi potranno inoltre riguardare impianti di sfruttamento di energia

AZIONI PR FESR 21-27			
			dell'ambiente ed energia geotermica, oltre che sistemi di produzione di idrogeno da energia elettrica rinnovabile (idrogeno verde) e comprendere la cogenerazione.
		2.2.2 Promozione dell'utilizzo delle energie rinnovabili nelle imprese	L'Azione promuove l'installazione di impianti a fonti rinnovabili, come definite dalla Direttiva (UE) 2018/2001, per la produzione di energia termica ed elettrica, anche contestualmente ad interventi di miglioramento dell'efficienza energetica e di riduzione della domanda di energia. Si prevede di sostenere la realizzazione di impianti per lo sfruttamento dell'energia idraulica, solare, da biomassa, e nel rispetto della normativa vigente in materia di qualità dell'aria. Gli interventi potranno inoltre riguardare impianti di sfruttamento di energia dell'ambiente ed energia geotermica, oltre che sistemi di produzione di idrogeno da energia elettrica rinnovabile (idrogeno verde) e comprendere la cogenerazione.
	2.3	**2.3.1 Favorire la trasformazione intelligente delle reti di trasmissione e distribuzione di elettricità**	L'Azione interviene nel quadro di un sempre più affermato modello di generazione distribuita, in cui lo sviluppo della generazione elettrica da fonti rinnovabili non programmabili sta rendendo sempre più problematico il bilanciamento della rete nella sua totalità (soprattutto nell'interfaccia tra le funzioni della trasmissione e della distribuzione). Saranno sostenuti interventi di "smartizzazione" di porzioni della rete elettrica piemontese. Il supporto agli interventi sarà garantito al fine di favorire l'evoluzione della rete verso forme più flessibili e intelligenti, nel rispetto delle esigenze di sicurezza, affidabilità ed efficienza del sistema elettrico, favorendo la piena utilizzazione degli impianti a fonti rinnovabili presenti sul territorio e la diminuzione delle perdite di rete.
	2.4	**2.4.3 Forestazione urbana**	L'Azione sostiene la realizzazione in aree urbane e periurbane di interventi basati sul concetto di "nature based solution" (foreste urbane, parchi, viali e alberate, fasce arboree, verde verticale, zone umide, rain garden, etc.) finalizzati all'adattamento ai cambiamenti climatici e al miglioramento della funzionalità degli ecosistemi (mitigazione ondate di calore; sequestro di CO2 e di inquinanti atmosferici; realizzazione di corridoi ecologici e biodiversità; fruizione pubblica; etc.). Sono beneficiari dell'Azione: i capoluoghi di Provincia e i comuni con una popolazione al di sopra dei 10.000 abitanti e che devono attuare le misure di limitazione della circolazione dei veicoli più inquinanti, come previsto dal PRQA e dal Piano Straordinario della Qualità dell'aria (DGR n. 9-2196 del 26 febbraio 2021).
III	2.8	**2.8.1 Promuovere la mobilità ciclistica**	L'Azione interviene in aree urbane, suburbane e inter-urbane a supporto della mobilità ciclistica, prevedendo il potenziando dell'intermodalità tra la bicicletta ed altri mezzi di trasporto pubblico (treno, metro, tram, navigazione, etc.). Ciò, per favorire la competitività delle due ruote anche su lunghe distanze e come mezzo per il primo/ultimo chilometro anche attraverso la realizzazione di nuove infrastrutture per la mobilità ciclistica e dei servizi ad esse collegate.
V	5.1	**5.1.1 Strategie Urbane d'Area (SUA)**	La Regione intende promuovere la crescita equilibrata dei sistemi locali a vantaggio dei cittadini e delle attività economiche, favorendo la convergenza verso un comune obiettivo di sviluppo del territorio mediante la concentrazione degli investimenti sulle potenzialità dell'area, promuovendone lo sviluppo sotto il profilo economico, ambientale, culturale e sociale. Il sistema territoriale viene concepito in senso funzionale, quale espressione di sistemi inter-comunali, considerandone complementarità e specializzazione, anche oltre il singolo perimetro comunale. Lo sviluppo locale viene quindi inteso come insieme integrato e coordinato di interventi, con carattere intersettoriale e pluri-funzionale, aventi un filo conduttore comune. Nell'ambito della presente azione sono quindi sostenuti interventi integrati a supporto: - delle aree urbane medie e dei sistemi territoriali, nei quali si concentra l'ossatura del sistema produttivo nazionale. - delle Aree Metropolitane, le cui tipologie di azioni verranno definite in sinergia con gli obiettivi del PON Metro Plus Torino. Nelle strategie territoriali riguardanti le aree urbane medie e i sistemi territoriali saranno implementati interventi volti a integrare agli aspetti ambientali ed economici, quelli sociali e culturali, coinvolgendo le comunità locali nel promuovere prioritariamente: ⏱ la riqualificazione territoriale, la rigenerazione urbana ed ecologica, con particolare attenzione alle sfide ambientali e climatiche, ⏱ la tutela, la valorizzazione e la messa in rete del patrimonio architettonico, culturale, turistico e naturale. Agendo sul patrimonio costruito secondo un approccio integrato, che favorisca l'interconnessione tra le comunità coinvolte, si intende agevolare la riorganizzazione dei territori, riqualificare, staticamente e funzionalmente, il patrimonio architettonico-storico di pregio, restituire una centralità agli spazi pubblici, valorizzare il patrimonio naturale in chiave sostenibile.

Tabella 4.8 – Azioni PR FESR 22-27

4.2.1.2. COMPLEMENTO REGIONALE PER LO SVILUPPO RURALE 2023-2027

Come già illustrato nel capitolo 2, il Piano strategico nazionale della PAC per l'Italia dedica particolare attenzione all'obiettivo *OS4 - Contribuire alla mitigazione dei cambiamenti climatici e all'adattamento a essi, anche attraverso la riduzione delle emissioni di gas a effetto serra e il miglioramento del sequestro del carbonio, nonché promuovere l'energia sostenibile*.

In coerenza con gli obiettivi e i target derivanti dalla legislazione comunitaria, il PSP prevede numerosi interventi che sostengono, direttamente o indirettamente, le politiche di transizione ecologica.

FINALITA' PSP CONNESSE ALLA TRANSIZIONE ECOLOGICA	
FINALITA'	**MISURE INTERESSATE**
Ridurre le emissioni di gas a effetto serra	A questa finalità contribuisce una serie di interventi volti a favorire: i) il mantenimento o l'adozione di usi più estensivi del suolo (PD05-ES4, PD04-ES5, SRA07, SRA08, SRA09, SRA10, SRA13, SRA26, SRA29, SRD05, SRD10); ii) l'adozione di pratiche e tecnologie utili all'efficientamento/riduzione d'impiego di energia e fertilizzanti (PD05-ES2, PD04-ES5, SRA01, SRA03, SRA05, SRA06, SRA20, SRA21, SRA24, SRA29, SRD02-A); iii) la produzione di energie rinnovabili e da prodotti e sotto-prodotti di origine agricola, zootecnica e forestale (SRD02-A, SRD 13-2, SRD 15-2).
Favorire il sequestro di carbonio nei suoli	A questa finalità contribuiscono gli interventi che supportano: i) l'adozione di pratiche che riducono l'intensità delle lavorazioni del suolo (SRA03); ii) il passaggio/mantenimento a sistemi colturali più estensivi e/o meno impattanti (PD04-ES5, SRA01, SRA07, SRA26, SRA29, SRD10); iii) l'apporto e impiego sostenibile di matrici organiche, anche in ottica di riciclo di materie di scarto e sottoprodotti (SRA04, SRA13); iv) la conservazione e/o integrazione dei residui colturali (PD05-ES3, SRA21, SRA27-5); v) l'introduzione di cover crops e/o l'inerbimento delle colture permanenti (PD05-ES2, SRA05, SRA06); iv) l'adozione di tecniche e pratiche volte a proteggere gli stock di carbonio esistenti (SRA08, SRA28, SRD11-1, SRD12).
Accrescere la resilienza e l'adattamento del settore primario ai cambiamenti climatici	A questa finalità contribuiscono gli interventi che: i) favoriscono la diversificazione dell'agro-ecosistema (PD05-ES4, PD04-ES5, SRA06, SRA07); ii) sostengono l'adozione di pratiche utili a favorire il risparmio idrico o a migliorare l'efficienza d'uso della risorsa idrica (PD05-ES2, SRA01, SRA02, SRA03, SRA04, SRA05, SRA24, SDR02-C); iii) favoriscono la conservazione o il ripristino di agro-ecosistemi e habitat minacciati dal cambiamento climatico, incluse le azioni di prevenzione e ripristino dei danni forestali derivanti da eventi calamitosi (SRA08, SRA09, SRA27, SRD02-C, SRD06, SRD11).
Contenere fenomeni di dissesto e degrado	[ ] attraverso pratiche di prevenzione dal dissesto idrogeologico e di gestione connesse alla conservazione dell'attività agro-forestale e investimenti non produttivi finalizzati alla cura del territorio, al contrasto al consumo di suolo agricolo, alla manutenzione straordinaria dei sistemi di idraulica forestale e del reticolo idraulico minore e un piano straordinario di manutenzione del territorio forestale e montano. A questa finalità contribuiscono tutti gli interventi selvicolturali di gestione forestale (SRD05, SRD10, SRD12, SRD15), gli investimenti non produttivi agricoli e forestali (SRD04, SRD11), gli investimenti infrastrutturali, sia quelli per le aree rurali (SRD07), sia quelli a finalità ambientale (SRD08).

Tabella 4.9 – Finalità PSP connesse alla transizione ecologica

Per la realizzazione dell'obiettivo OS4, a scala nazionale sono stanziati 7,5 miliardi di euro.

Rispetto al quadro nazionale, per l'obiettivo OS4 in Piemonte gli interventi programmati per soddisfare le esigenze in termini di adattamento e mitigazione ai cambiamenti climatici riguardano prevalentemente l'adozione di pratiche agricole che concorrono a migliorare la gestione del suolo e il sequestro del carbonio organico nel suolo, la riduzione delle lavorazioni del terreno e l'inerbimento, così come gli interventi finalizzati al miglioramento della gestione e dell'estensivizzazione degli allevamenti.

La dotazione finanziaria assegnata al raggiungimento, per via diretta ed indiretta, dell'obiettivo OS4 è pari a € 288.695.000, ovvero il 37% della spesa pubblica stanziata per il periodo 2023-2027 e ben l'83% del budget assegnato all'obiettivo generale *OG2 - Tutela dell'ambiente, compresa la biodiversità, e lotta al cambiamento climatico*.

DOTAZIONE FINANZIARIA OS4			
	Intervento	**Dotazione finanziaria**	**Obiettivo da realizzare**
SRA01	ACA 1 - produzione integrata	58.500.000 €	55.000 ha
SRA03	ACA3 - tecniche lavorazione ridotta dei suoli	6.400.000 €	6.500 ha
SRA04	ACA4 - apporto di sostanza organica nei suoli	12.500.000 €	11.300 ha
SRA05	ACA5 - inerbimento colture arboree	4.000.000 €	2.660 ha
SRA06	ACA6 - cover crops	10.000.000 €	8.700 ha
SRA08	ACA8 - gestione prati e pascoli permanenti	25.000.000 €	55.000 ha
SRA10	ACA10 - supporto alla gestione di investimenti non produttivi	1.845.000 €	318 ha
SRA13	ACA13 - impegni specifici gestione effluenti zootecnici	15.000.000 €	24.000 ha
SRA24	ACA24 - pratiche agricoltura di precisione	2.000.000 €	1.100 ha
SRA29	Adottare e mantenere pratiche e metodi di produzione biologica	53.450.000 €	32.100 ha
SRD02	Investimenti produttivi agricoli per ambiente, clima e benessere animale	33.000.000 €	867 progetti
SRD08	Investimenti in infrastrutture con finalità ambientali	19.000.000 €	42 progetti
SRD13	Investimenti per la trasformazione e commercializzazione dei prodotti agricoli	48.000.000 €	94 progetti

Tabella 4.10 – Dotazione finanziaria dell'obiettivo OS4

Tra gli interventi di sostegno agli investimenti, gli investimenti produttivi agricoli per ambiente, clima e benessere animale (SRD02) e, in particolare, l'azione A per la riduzione dell'emissione di gas climalteranti, operano in modo specifico per la mitigazione dei cambiamenti climatici.

4.2.1.3. Fondi Del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica

Con il decreto direttoriale 412 del 18 dicembre 2020, modificato dal decreto 417 dell'8 settembre 2023, che ha istituito un Programma di finanziamento per il periodo 2020 – 2035, volto a promuovere l'attuazione di interventi per il contrasto all'inquinamento atmosferico e conseguentemente il miglioramento della qualità dell'aria nel territorio delle Regioni del Bacino Padano, sono state stanziate per la Regione Piemonte le risorse riportate nella seguente tabella:

RISORSE MASE	
ANNO	RISORSE IMPEGNATE [€]
2020	3.387.000
2021	8.897.000
2022	9.554.000
2023	19.329.334,02
2024	12.997.712,04.
2025	4.487.400
2026	9.056.334,02
Totale	68.108.780,08

Tabella 4.11 – Risorse MASE 2020-2026

Parte delle risorse sono già state utilizzate dalla Regione Piemonte per finanziare le seguenti misure, in attuazione del PRQA 2019:

AZIONI FINANZIATE CON FONDI MASE		
MISURA		**DOTAZIONE [€]**
Bando per l'erogazione di contributi per lo sviluppo della mobilità sostenibile a favore dei cittadini piemontesi	Il bando ha come obiettivo il rinnovo del parco veicolare con veicoli a basso impatto ambientale destinati in particolare al trasporto di persone. Il bando concede un contributo per i seguenti interventi: • sostituzione dei veicoli con nuovi veicoli a basso impatto ambientale; • sostituzione dei ciclomotori e dei motocicli con nuovi ciclomotori e motocicli a trazione elettrica; • acquisto di biciclette e biciclette cargo anche a pedalata assista; • rottamazione di veicoli e ciclomotori/motocicli.	11.200.000
Bando per il cofinanziamento di interventi effettuati dai cittadini piemontesi e finalizzati alla sostituzione di generatori a biomassa legnosa di potenza inferiore a 35 kWt	Obiettivo del bando è quello di contribuire al miglioramento della qualità dell'aria e all'incremento dell'efficienza energetica attraverso la concessione di un contributo economico per la rottamazione di generatori alimentati a biomassa legnosa e l'acquisto ed installazione di generatori di calore domestici certificati e innovativi, alimentati sempre a biomassa legnosa, con potenza al focolare inferiore a 35 kWt.	7.300.000
Sviluppo ecosostenibile della mobilità delle imprese piemontesi	L'intervento è finalizzato a supportare le Micro, Piccole e Medie imprese in un percorso di innovazione organizzativa delle diverse forme di mobilità per ridurre le emissioni in atmosfera. Gli interventi ammissibili sono di 3 tipologie: • acquisto veicoli a basse emissioni con rottamazione di un pari numero di veicoli inquinanti; • acquisto ciclomotori e motocicli elettrici con rottamazione di un pari numero di veicoli inquinanti; • acquisto velocipedi.Zona di Collina	7.121.000
Mitigazione delle emissioni ammoniacali di origine agricola	La misura promuove la realizzazione di interventi di mitigazione delle emissioni ammoniacali di origine agro-zootecnica, con particolare riferimento alle fasi di stoccaggio e distribuzione in campo di effluenti di allevamento e digestati.	4.000.000 ad integrazione di quelle previste all'interno del PSR 2014-2020, prorogato per il biennio di transizione 2021-22 dal Regolamento 2020/2220/UE
Programma di interventi per l'adattamento degli ambiti urbani a nuove forme di mobilità sostenibile e attiva	La misura in oggetto mira a valorizzare lo spazio pubblico come luogo di aggregazione al centro dei quartieri, con l'obiettivo di incrementare la pedonalità e promuovere la mobilità sostenibile a beneficio dell'ambiente, della sicurezza e della qualità della vita in città, attraverso interventi veloci, a basso costo e scalabili. I destinatari del bando sono i 76 Comuni che attuano le misure di limitazione della circolazione dei veicoli più inquinanti, previste dal PRQA e dalle Disposizioni Straordinarie. Gli interventi prevedono: • creazione di nuove aree pedonali, percorsi ciclabili e zone scolastiche, segnaletica stradale; • interventi di piantumazione verde urbano e depavimentazione.	8.300.000
Incentivazione dell'utilizzo del trasporto pubblico locale per i lavoratori: bando per il cofinanziamento di titoli di viaggio per i lavoratori vincolato all'utilizzo di abbonamenti annuali	L'obiettivo della misura è quello di incentivare lo spostamento di utenti dal mezzo individuale al trasporto collettivo anche al fine della riduzione delle percorrenze dei veicoli privati e, pertanto, delle relative emissioni inquinanti. Sono previste due linee di intervento: • acquisto abbonamenti annuali TPL per i lavoratori. Il bando riconosce un cofinanziamento alle pubbliche amministrazioni e imprese per l'acquisto di abbonamenti annuali al TPL, per lo	3.607.700

AZIONI FINANZIATE CON FONDI MASE		
MISURA		**DOTAZIONE [€]**
	spostamento casa-lavoro dei propri dipendenti. • organizzazione di corsi di formazione per Mobility Manager pubblici, privati e scolastici sul territorio regionale.	
Incentivazione all'utilizzo del trasporto pubblico locale per i cittadini piemontesi	La rimodulazione e proroga del progetto prevedono le seguenti linee di finanziamento: • erogazione di un buono sconto o di un rimborso del valore unitario predefinito da destinare ai proprietari di veicoli diesel Euro 3, 4 e 5e ai loro familiari da utilizzare per l'acquisto di abbonamenti annuali o plurimensili studenti per il servizio di TPL (ferro e gomma); • scontistica del 50% applicata agli abbonamenti al TPL rivolta ai dipendenti regionali, prolungata per un biennio; • ulteriori edizioni dei corsi di formazione per mobility manager, da svolgere nel triennio 2023-2025; • attività di sensibilizzazione e campagne di comunicazione al fine di incrementare l'efficacia delle altre linee di finanziamento e comunicarne i risultati.	23.284.080
Incremento della consapevolezza delle abitudini di mobilità	Importante leva per la riduzione dei chilometri percorsi con mezzi privati è l'incremento della consapevolezza dei cittadini rispetto alle loro abitudini di mobilità: il progetto MOVE IN, assegnando una determinata soglia chilometrica annuale massima e monitorandone il suo utilizzo, consente di responsabilizzare i cittadini rispetto all'apporto inquinante prodotto dai veicoli di loro proprietà. A ogni veicolo aderente al servizio viene assegnato un tetto massimo di chilometri che possono essere percorsi annualmente sull'intero territorio dei comuni che partecipano all'iniziativa, tranne che nei periodi di attivazione delle misure temporanee in previsione di situazioni di accumulo critico degli inquinanti. Una scatola nera (black-box) installata a bordo del veicolo calcola i chilometri percorsi su tutti i tipi di strade, tutti i giorni dell'anno, 24 ore su 24. Raggiunto il tetto massimo di percorrenza assegnato, il mezzo non potrà più circolare nelle aree soggette a limitazioni sino al termine dell'anno di adesione al servizio. Il presente progetto prevede due linee di finanziamento: • rimborso del costo relativo alla sola installazione della black-box per aderire al servizio MOVE-IN per i soli nuovi aderenti al servizio da attivare nelle due annualità a copertura anche delle stagioni invernali 2024-2025 e 2025-2026; • attività di sensibilizzazione e campagne di comunicazione al fine di incrementare l'efficacia della linea di finanziamento 1 e di comunicarne i risultati.	3.296.080

Tabella 4.13 – Azioni finanziate con fondi MASE

Le suddette azioni, hanno cambiato significativamente lo scenario di riferimento della pianificazione vigente e concorrono a costituire un rinnovato quadro su cui sviluppare l'aggiornamento del PRQA (il "PRQA 2024") e verranno ulteriormente implementate nell'aggiornamento del PRQA, al fine di raggiungere i risultati attesi nel minor tempo possibile.

5 IL QUADRO METODOLOGICO

5.1. IL SISTEMA INTEGRATO DI QUALITÀ DELL'ARIA

La valutazione della qualità dell'aria, secondo l'articolo 1, comma 4, del decreto legislativo 13 agosto 2010, n. 155, deve essere condotta utilizzando determinati siti fissi di campionamento e determinate tecniche di valutazione. La valutazione della qualità dell'aria deve rappresentare la qualità dell'aria all'interno dell'intera zona o dell'intero agglomerato di riferimento. La scelta dei siti e delle altre tecniche di valutazione deve essere operata in conformità alle disposizioni del citato decreto, attraverso la predisposizione di uno specifico documento, il Programma di Valutazione[1], che dettaglia la configurazione della rete di rilevamento utilizzata e descrive le tecniche di valutazione utilizzate.

Coerentemente con il vigente quadro normativo, le attività di valutazione della qualità dell'aria sul territorio della Regione Piemonte sono effettuate nell'ottica di una progressiva integrazione dei tre principali strumenti informativi disponibili, descritti nel vigente Programma di Valutazione e illustrati in Figura 5.1:

- il Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (SRRQA);
- l'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA);
- il Sistema Modellistico Regionale di trasporto, dispersione e trasformazione chimica degli inquinanti.

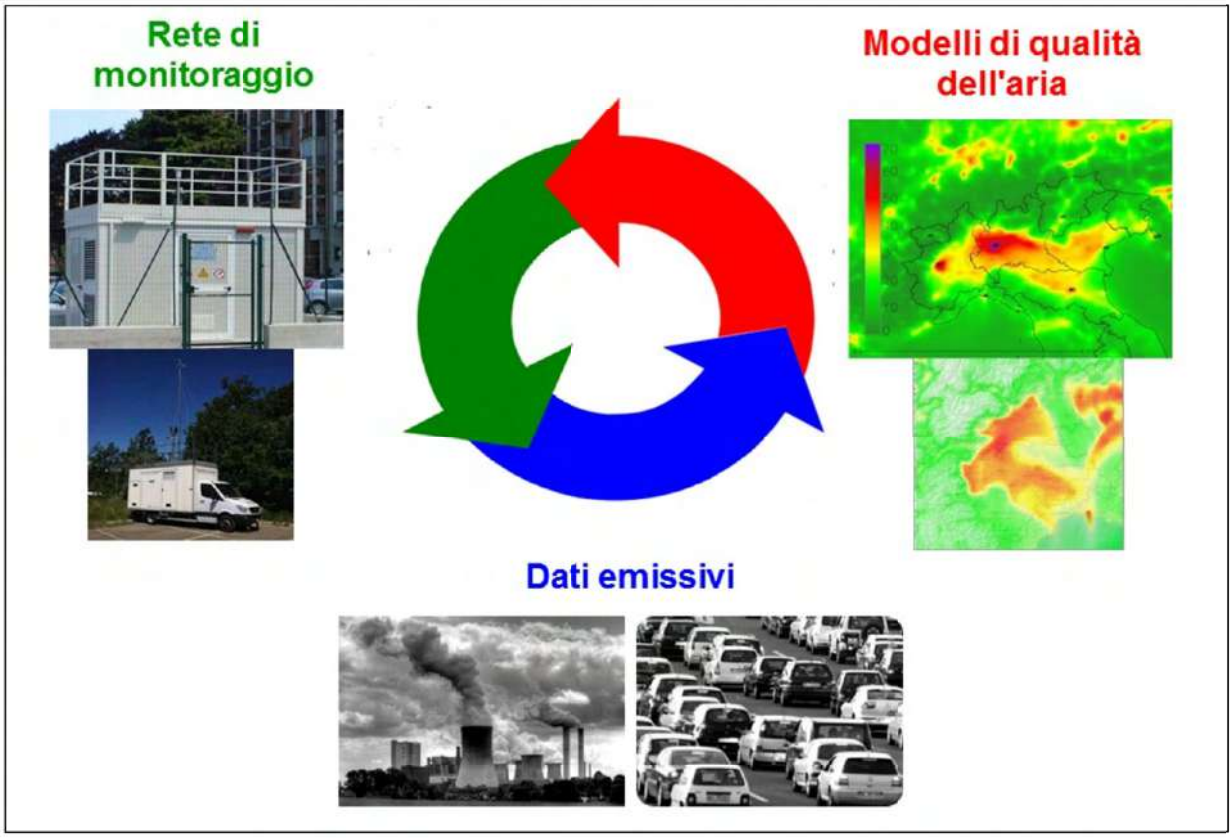


Figura 5.1 - I componenti del sistema integrato di qualità dell'aria

5.1.1. IL SISTEMA REGIONALE DI RILEVAMENTO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Il Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria SRRQA è attualmente composto da 55 stazioni fisse, delle quali 4 di proprietà privata situate in prossimità di impianti industriali (in

[1]Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 24-903

particolare un termovalorizzatore, una centrale termoelettrica a metano ed una azienda chimica), finalizzate alla valutazione dell'eventuale impatto locale delle stesse sull'aria ambiente

Nelle stazioni sono installati sia analizzatori automatici - che forniscono dati in continuo ad intervalli regolari di tutti i parametri monitorati, con cadenza generalmente oraria - sia campionatori.

Solo per il particolato PM10 e PM2.5 sono utilizzati sia analizzatori automatici sia campionatori per la gravimetria: i primi producono dati orari o giornalieri, mentre i secondi solo giornalieri. I dati di IPA e metalli, ottenuti in laboratorio tramite speciazione sui filtri di particolato, sono forniti con cadenza mensile a partire comunque dai filtri di PM10 campionati quotidianamente.

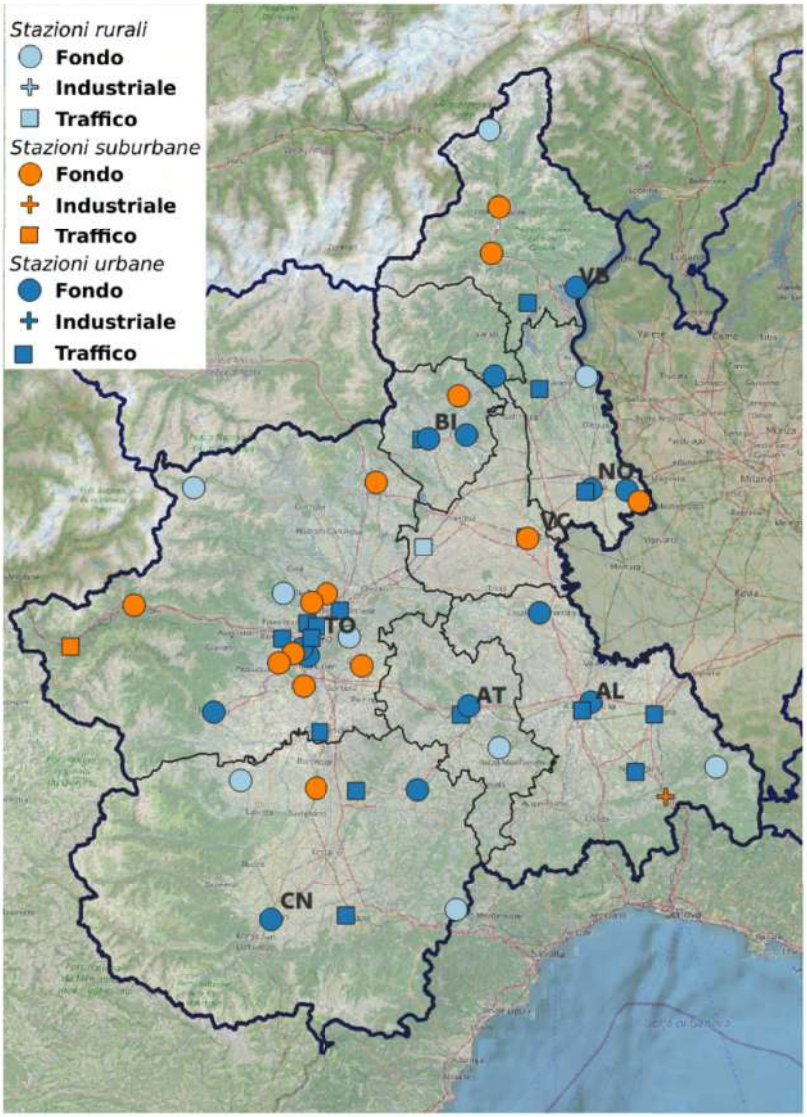


Figura 5.2: Localizzazione delle stazioni del SRRQA al 31/12/2023, differenziate per tipologia di stazione (fondo/traffico/industriali) e per tipologia di zona (urbana/suburbana/rurale).

I punti di misura sono dislocati sul territorio regionale in funzione della zonizzazione del territorio - effettuata[2] ai sensi dell'art. 3 del decreto 155/2010 - della densità abitativa e altri parametri, in modo da garantire una valutazione della qualità dell'aria rappresentativa per ciascuna zona (Agglomerato torinese IT0118, Zona di Pianura IT0119, Zona di Collina IT0120, Zona di montagna IT0121 e Zona regionale - escluso l'Agglomerato - per l'ozono IT0122).

Più in dettaglio le stazioni di traffico sono collocate in posizione tale da misurare prevalentemente gli inquinanti provenienti da emissioni veicolari, le stazioni di fondo rilevano livelli di inquinamento non direttamente influenzati da singole sorgenti ma riferibili al loro contributo

[2] Deliberazione della Giunta Regionale 30 dicembre 2019, n. 24-903

integrato, mentre quelle industriali rilevano l'eventuale contributo connesso alle limitrofe attività produttive.

I punti di misura ove sono misurati o campionati i principali inquinanti, possono essere descritti in relazione alla loro collocazione per tipo di zona (urbana/suburbana/rurale) o per tipo di stazione (traffico/fondo/industriale).

La rete regionale è oggetto di un'attività di continuo adeguamento, sia dal punto di vista strumentale che infrastrutturale, in particolare in concomitanza con gli aggiornamenti del Programma di Valutazione, ma anche per rispondere alle richieste in materia di e-Reporting, secondo quanto stabilito dalla 2011/850/CE "Decisione di Esecuzione recante disposizioni di attuazione delle direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda lo scambio reciproco e la comunicazione di informazioni sulla qualità dell'aria ambiente".

5.1.2. L'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera

L'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA) è uno strumento conoscitivo di fondamentale importanza per la gestione della qualità dell'aria in quanto fornisce, ad un livello di dettaglio comunale, la stima delle quantità di inquinanti introdotte in atmosfera da sorgenti naturali e/o attività antropiche; la sua realizzazione e il suo aggiornamento periodico comportano non solo il reperimento dei dati di base (parametri e fattori di emissione) da molteplici fonti, istituzionali e private, ma anche l'applicazione di metodologie di calcolo in continua evoluzione.

Sulla base della metodologia EMEP-CORINAIR e attraverso il software INEMAR, il Settore regionale competente realizza periodicamente l'Inventario regionale piemontese, effettuando l'analisi dei requisiti e delle informazioni necessarie per la stima delle emissioni totali annuali di macro e microinquinanti, disaggregate per attività emissiva ai vari livelli di classificazione SNAP (*Selected Nomenclature for Air Pollution*[3]). La prima versione dell'Inventario Regionale risale all'anno 1997; sono disponibili gli aggiornamenti per gli anni 2001, 2005, 2007, 2008, 2010, 2013, 2015 e 2019.

Per ciascuna delle sorgenti emissive, suddivise in sorgenti puntuali (singoli impianti industriali), sorgenti lineari (strade e autostrade) e sorgenti areali (fonti di emissione diffuse sul territorio), vengono stimate le quantità di inquinanti emesse dalle diverse attività SNAP; gli principali inquinanti e gas serra considerati sono metano (CH_4), monossido di carbonio (CO), anidride carbonica (CO_2), protossido di azoto (N_2O), ammoniaca (NH_3), composti organici volatili non metanici (NMVOC), ossidi di azoto (NO_x), anidride solforosa (SO_2) e polveri inalabili (PM10 e PM2.5).

Inoltre, poiché l'IREA costituisce la base dati a partire dalla quale, nel sistema modellistico regionale, viene predisposto l'input emissivo ai modelli di dispersione, gli aggiornamenti sulle pressioni emissive si estendono anche al recupero e analisi delle informazioni di carattere territoriale e temporale necessarie per ottimizzare la modellizzazione delle emissioni (cfr. paragrafo successivo).

5.1.3. Il Sistema Modellistico Regionale

La Regione Piemonte ha sviluppato e realizzato presso Arpa Piemonte una catena modellistica operativa di qualità dell'aria, basata sull'applicazione di modelli euleriani di chimica e trasporto (i modelli *C.T.M., Chemical Transport Models*), i più idonei da applicare - come indicato esplicitamente nell'appendice III del D. Lgs. 155/10 - in un contesto, quale quello piemontese, caratterizzato da un'elevata complessità morfologica ed emissiva, su scale spaziali che vanno da quella urbana a quella regionale e di bacino, su scale temporali sia orarie sia di lungo periodo; tale sistema modellistico è in grado di riprodurre la complessa serie di reazioni chimiche che avvengono in atmosfera e simulare le concentrazioni dei principali inquinanti atmosferici – primari

[3] https://www.eea.europa.eu/publications/EMEPCORINAIR4/page009-a.html

e secondari - su tutto il territorio regionale (O_3, NO_2, NO_x, PM10, PM2,5 e loro componenti, CO, SO_2, benzene).La catena modellistica regionale (rappresentata in Figura 5.3) è in realtà una rete integrata di codici di calcolo: le molteplici basi di dati in ingresso (gli inventari delle emissioni, i dati geografici necessari alla descrizione della topografia, dell'uso del suolo e del dettaglio urbano, i dati meteorologi e chimici) vengono elaborate dalle componenti specifiche del sistema in modo da produrre tutte le informazioni necessarie al modello di dispersione. I principali elementi che compongono il sistema si possono sinteticamente riassumere in:

- un modulo territoriale che, a partire dalle basi di dati territoriali, costruisce i campi dei parametri geofisici e territoriali;
- un modulo meteorologico che, a partire dai dati meteorologici di ingresso (osservazioni al suolo e in quota e/o campi tridimensionali, previsti o analizzati, di modelli meteorologici a mesoscala), costruisce i campi meteorologici tridimensionali e bidimensionali di turbolenza utilizzati dal modello di dispersione;
- un modulo delle emissioni che, a partire dagli inventari delle emissioni, ricostruisce i campi tridimensionali orari dei ratei di emissione per tutte le specie chimiche trattate dal modello di qualità dell'aria;
- il modello chimico di qualità dell'aria[4], in grado di ricostruire i campi tridimensionali di concentrazione delle diverse specie chimiche prodotte dal modulo delle emissioni e dalle reazioni chimiche simulate in atmosfera;
- un modulo per le condizioni iniziali e al contorno che, a partire dai campi tridimensionali di concentrazione di un modello di qualità dell'aria a mesoscala e/o dai dati chimici osservati, prepara i relativi campi di concentrazione;
- un modulo di post-processing che elabora i campi tridimensionali di concentrazione per produrre campi aggregati di indicatori e mappe tematiche ed effettua la valutazione delle prestazioni del sistema modellistico.

Il sistema modellistico è stato progettato con un'architettura modulare, in modo da limitare l'interdipendenza tra le singole componenti, rendendo così agevoli gli interventi di sviluppo, che possono essere effettuati modificando o sostituendo uno o più componenti, ma senza variare la struttura generale, permettendone l'ottimizzazione ed il consolidamento nel corso degli anni.

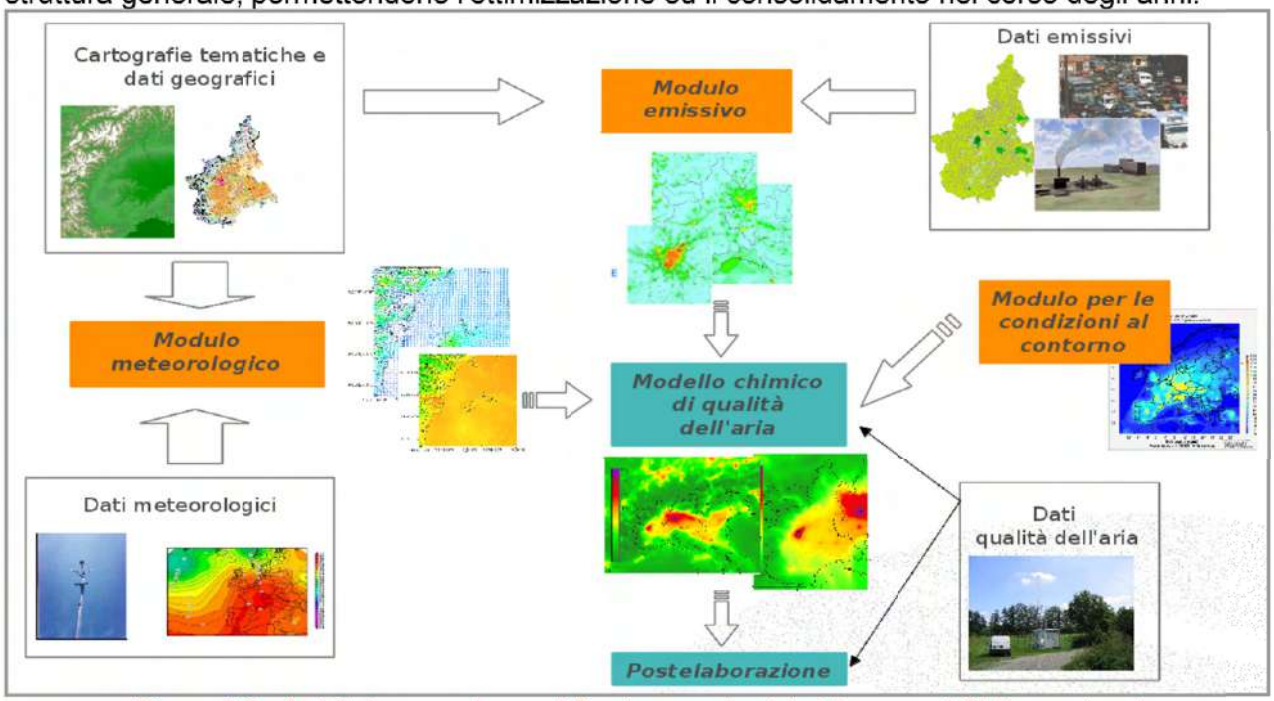


Figura 5.3 - Architettura e schema di funzionamento del sistema modellistico regionale

[4] Flexible Air quality Regional Model, http://www.farm-model.org/

Il sistema è attualmente implementato in tre differenti versioni su avanzati sistemi HPC per il calcolo parallelo ad alte prestazioni:

- versione diagnostica di lungo periodo, in grado di effettuare simulazioni annuali di valutazioni sull'intero territorio regionale a supporto dei compiti istituzionali previsti dalla normativa nazionale e comunitaria; in tale implementazione la componente meteorologica utilizza campi di analisi meteorologica e dati meteorologici osservati e nella componente di post elaborazione i risultati del modello di dispersione vengono integrati con i dati osservati di qualità dell'aria;
- versione prognostica, che effettua quotidianamente la previsione dei livelli di concentrazione al suolo dei principali inquinanti atmosferici per il giorno in corso ed i due giorni successivi su differenti domini di simulazione; in tale implementazione la componente meteorologica utilizza i campi meteorologici previsti;
- versione diagnostica *near-real-time* che fornisce quotidianamente informazioni circa lo stato di qualità dell'aria relativo al giorno precedente il giorno di emissione, integrando i risultati delle simulazioni di dispersione con i dati osservati di qualità dell'aria.

In tutte le versioni sopra citate, i domini di simulazione, raffigurati in Figura 5.4, sono almeno due:

- il dominio principale di indagine (dominio target), illustrato in rosso in Figura 5.4, che interessa tutta la regione Piemonte con risoluzione orizzontale di 4 km;
- un dominio sovraregionale su tutto il nord Italia con una risoluzione orizzontale di 8km, illustrato in blu in Figura 5.4.

La scelta dei domini è determinata dall'esigenza di simulare le dinamiche di dispersione, trasporto e trasformazione degli inquinanti nel domini target considerando allo stesso tempo anche gli effetti delle sorgenti emissive localizzate al loro esterno e descrivendo meglio i fenomeni di accumulo caratterizzati da più grandi scale spaziali (ad esempio legati allo smog fotochimico).

Nelle simulazioni diagnostiche, sia quindi di lungo periodo che near real time, i campi di concentrazione prodotti dal modello di qualità dell'aria sono integrate con i dati osservati dal SRRQA[5]. Questo processo, che in letteratura il nome di data fusion, permette di sfruttare in modo combinato entrambe le tipologie di informazione: quella primaria, i valori di concentrazione derivanti dalle stazioni di rilevamento, disponibile solamente per un numero limitato di localizzazioni spaziali e quella secondaria, i campi di concentrazione prodotti dalle simulazioni modellistiche, ad elevata risoluzione spaziale. Con la data fusion si riescono quindi a correggere gli errori sistematici del modello, in modo da a ottenere una stima dello stato di qualità dell'aria sul territorio regionale il più possibile vicina alla realtà.

Infine, a valle delle simulazioni di dispersione e della data fusion, il modulo di post-elaborazione produce le mappe tematiche su griglia e su base comunale, calcola i campi degli indicatori di lungo periodo richiesti dalla normativa e necessari per procedere alla valutazione del territorio in relazione allo stato di qualità dell'aria, ed effettua una prima verifica delle prestazioni del sistema, con particolare riferimento agli obiettivi di qualità per la modellizzazione richiesti dalla normativa nazionale e comunitaria.

[5] Ignaccolo R., Ghigo S., Bande S., Functional zoning for air quality. Environmental and Ecological Statistics, 03/2013:20(1):109-127, Springer, 2013

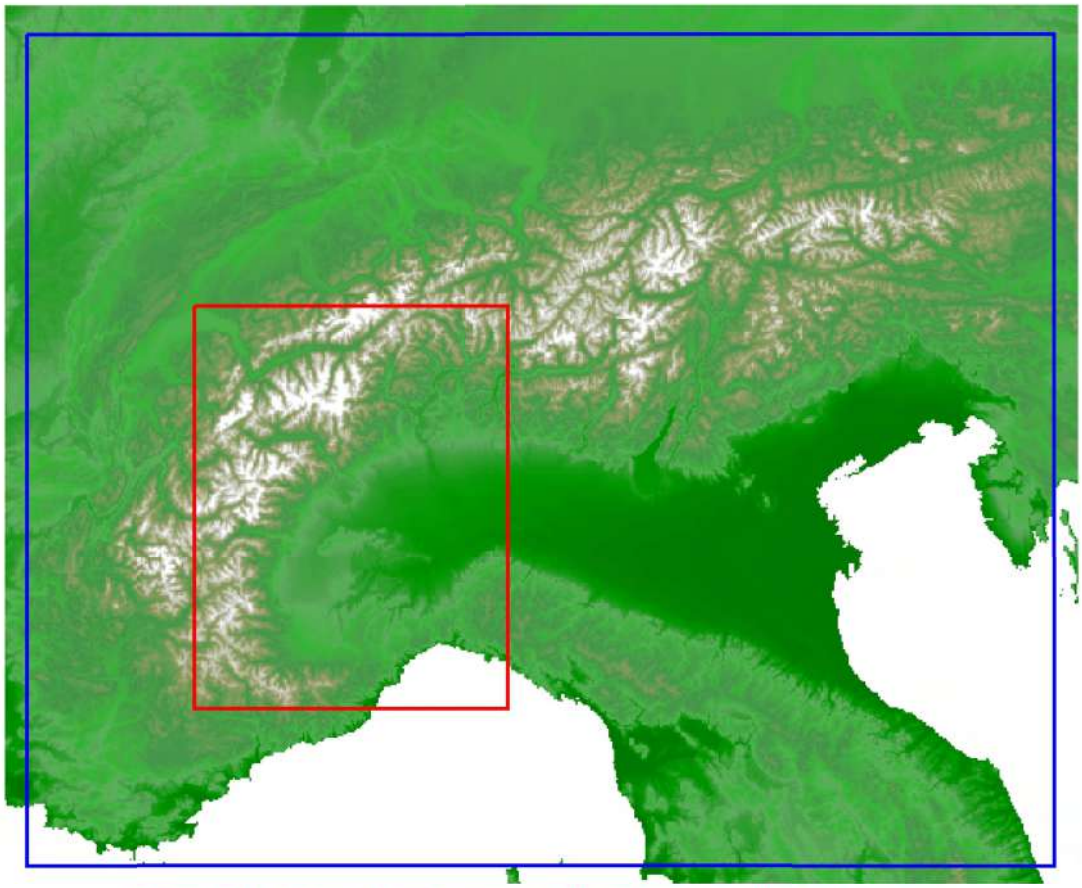


Figura 5.4 - Domini di applicazione del sistema modellistico regionale

5.2. Il Source Apportionment

Il *source apportionment* in termini generali è una metodologia in grado di identificare e stimare quantitativamente il contributo alle concentrazioni degli inquinanti in aria ambiente delle sorgenti esistenti nell'area di studio o in contesti territoriali limitrofi.

Allo stato dell'arte esistono differenti tecniche di SA, raggruppabili in due grandi famiglie: i modelli a recettore, basati sull'approccio analitico ed i modelli orientati alla fonte, basati sull'utilizzo dei modelli di dispersione per la qualità dell'aria.

L'approccio analitico a "recettore" (*source apportionment* analitico) consente di effettuare delle stime partendo dai dati di composizione chimica del particolato PM10, campionato in siti ritenuti significativi, e applicando a tali dati specifiche tecniche statistiche, tra le quali la più utilizzata è la *Positive Matrix Factorization* (PMF)[6].

L'approccio con modelli orientati alla fonte (*source apportionment* modellistico) consiste nell'applicazione di tecniche specialistiche ai modelli di chimica e trasporto degli inquinanti (CTM) che consentono di individuare il contributo alle concentrazioni degli inquinanti - sia primari che secondari - da parte delle diverse sorgenti, individuate sia sulla base dei differenti comparti emissivi che su base geografica.

I due differenti approcci metodologici, dopo una fase sperimentale[7], sono stati applicati operativamente nell'ambito del Sistema Integrato di Qualità dell'Aria descritto nel capitolo 4.1 sia nella redazione del Piano Regionale della Qualità dell'Aria (DCR 25 marzo 2019, n. 364-6854 2019) sia nell'ambito (per quanto riguarda il *source apportionment* analitico) del Progetto LIFE PrepAIR (2017 - 2024).

[6] PMF EPA - https://www.epa.gov/air-research/positive-matrix-factorization-model-environmental-data-analyses

[7] Progetto SH'AIR (*source apportionment* modellistico) e progetto Part'AERA (*source apportionment* analitico) del Programma di Cooperazione Transfrontaliera ALCOTRA 2007-2013

Nel seguito saranno descritte entrambe le metodologie adottate per la redazione del presente piano: quella del *source apportionment* modellistico e quella del *source apportionment* analitico. Per i risultati dell'applicazione di tali metodologie si rimanda al capitolo 5.8, nonché agli ulteriori approfondimenti riportati in Allegato 1b.

5.2.1 Il source apportionment modellistico: il sistema integrato FARM/ORSA

Negli studi di source apportionment modellistico, i modelli maggiormente utilizzati sono quelli - euleriani di chimica e trasporto, secondo due approcci principali: Tagged Species (TS) e Brute Force Method (BFM)[8]. Nel primo, durante l'esecuzione del modello CTM, uno specifico modulo etichetta le specie chimiche selezionate in accordo con la categoria di sorgente (attività o settore) e/o la sua origine geografica e ne segue l'evoluzione nel corso della simulazione. L'identificazione delle sorgenti è implementata con l'utilizzo di specie chimiche aggiuntive che possono anche reagire chimicamente (traccianti reattivi), permettendo quindi di tracciare non solo gli inquinanti emessi direttamente, ma anche quelli secondari. L'approccio BFM è un'analisi di sensitività condotta attraverso la realizzazione di una simulazione di riferimento (caso base) e di un numero opportuno di simulazioni di sensitività, una per ogni sorgente che si intende analizzare e con le emissioni di tutte le specie chimiche variate di una certa percentuale rispetto al caso base: il contributo di ciascuna sorgente viene successivamente stimato analizzando le differenze tra i risultati delle simulazioni di sensitività ed il caso base. Entrambi i metodi presentano, come naturale, vantaggi e svantaggi. L'approccio TS rispetta il principio di conservazione della massa, anche in situazioni di non linearità, descrive bene la situazione rappresentata nel caso di studio e necessita di una sola simulazione, per contro richiede complessità di implementazione (il modulo deve far parte del codice del modello) e non fornisce informazioni in situazioni differenti da quelle analizzate. L'approccio BFM può essere applicato a qualsiasi modello CTM non richiedendo modifiche sul codice, fornisce le risposte di carattere più generale e di immediato interesse per gli amministratori sulla gestione della qualità dell'aria, per contro necessità di ingenti risorse di calcolo e, in alcune situazioni di forte non linearità, può non conservare la massa.

Nell'ambito delle analisi di *source apportionment* modellistico condotte per il Piano Regionale della Qualità dell'Aria approvato con DCR 25 marzo 2019, n. 364-6854 2019, Arpa Piemonte aveva adottato ed integrato nel proprio sistema modellistico un modulo in source apportionment con metodologia 3D sensitivity runs / Brute Force Method – BFM.

Nel corso del 2023 Arpa Piemonte si è dotata del sistema integrato FARM/ORSA (On-line Reactive Source Apportionment[9]) con il quale ha provveduto ad aggiornare, per le finalità del nuovo Piano Regionale della Qualità dell'aria, il precedente studio si source apportionment modellistico.

Punto di partenza dell'algoritmo ORSA è la definizione degli insiemi (o gruppi) di sorgenti che sono oggetto dell'indagine: questi possono corrispondere a uno o più categorie emissive organizzate per settori di attività (*source apportionment settoriale*), una o più sorgenti individuate dalla loro posizione geografica (*source apportionment geografico*), oppure ad una combinazione di entrambi (*source apportionment settoriale e geografico*). Ciascun gruppo di sorgenti è descritto mediante una coppia di dati, associati rispettivamente a sorgenti diffuse e puntuali che contengono una frazione delle emissioni considerate nella situazione di riferimento. Il destino delle emissioni associate a ciascun gruppo viene quindi seguito attraverso una serie di traccianti reattivi (denominati *tag*), che subiscono gli stessi processi fisici e chimici delle specie modello regolari e non contrassegnate (le specie *bulk*). L'evoluzione della specie *tag* è quindi seguita dal modello utilizzando il più possibile gli stessi algoritmi utilizzati per le specie *bulk*, per massimizzare la coerenza tra specie traccianti e specie *bulk* ed evitare l'inserimento di complessità ridondanti nel codice, preservandone la modularità. Le specie *tag* attualmente supportate dall'algoritmo sono il

[8] Mircea M., Calori G., Pirovano G., Belis C.A., European guide on air pollution source apportionment for particulate matter with source-oriented models and their combined use with receptor models, EUR 30082 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2020, ISBN 978-92-76-10698-2, doi:10.2760/470628, JRC119067

[9] Calori G., Briganti G., Uboldi F., Pepe N., D'Elia I., Mircea M., Marras G. F., Piersanti A. Implementation of an On-line Reactive Source Apportionment (ORSA) algorithm in the FARM chemical-transport model and application over multiple domains in Italy. Submitted 2023

biossido di azoto (NO_2), l'ozono (O_3), il particolato (PM10, PM2.5 e loro componenti), il biossido di zolfo SO_2, l'ammoniaca NH_3 e il monossido di carbonio (CO). Al termine delle simulazioni FARM/ORSA è in grado di fornire quindi le concentrazioni, per ognuna delle specie trattate dal modello FARM, le concentrazioni del caso base di riferimento e, per ognuna delle specie contrassegnate supportate dall'algoritmo ORSA, le concentrazioni dovute al singolo insieme o gruppo di sorgente che le ha emesse in atmosfera.

Elemento fondamentale per il *source apportionment* modellistico (in entrambi gli approcci sopra descritti) sono le informazioni riguardanti le sorgenti emissive; va infatti sottolineato che i risultati di tale approccio metodologico dipendono fortemente dai dati presenti negli inventari delle emissioni in ingresso al sistema; di conseguenza, ogni criticità presente nei dati emissivi si riflette nella distribuzione delle concentrazioni.

Per una corretta interpretazione dei risultati è inoltre opportuno ricordare che le concentrazioni vengono calcolate dal sistema modellistico regionale su un grigliato con risoluzione orizzontale di 4km, per cui i punti di misura descritti più correttamente sono quelli con rappresentatività spaziale confrontabile con la risoluzione della griglia. Più in dettaglio, i valori ottenuti presso punti di misura che ricadono nella stessa cella di calcolo mostreranno concentrazioni - e contributi da parte dei settori emissivi - molto simili e non potranno quindi rappresentare completamente le differenze fra concentrazioni misurate presso stazioni con diversa rappresentatività spaziale (ad es. una stazione di fondo urbano e una stazione di traffico), essendo queste legate a fenomeni che avvengono ad una scala spaziale non riproducibile alla risoluzione del sistema modellistico.

5.2.1.1 Il source apportionment modellistico settoriale

Per identificare il contributo - da parte delle diverse sorgenti emissive – alle concentrazioni di inquinanti, sia primari che secondari, sul territorio regionale, si utilizza il *source apportionment* modellistico di tipo settoriale, ovvero la ricerca delle responsabilità dell'inquinamento per settore di attività.

Fondamentale risulta la scelta delle associazioni di sorgenti emissive ovvero la definizione dei "settori": tale ripartizione deve infatti risultare funzionale da un lato all'interpretazione dei risultati modellistici (per identificare il reale contributo alle concentrazioni degli inquinanti da parte delle principali fonti emissive), dall'altro alla focalizzazione dei potenziali ambiti di intervento da parte della pianificazione regionale.

5.2.1.2 Il source apportionment modellistico geografico

Per indagare il contributo alle concentrazioni di inquinanti, sia primari che secondari, su un determinato territorio (ad es. il territorio regionale oppure la città di Torino) da parte delle sorgenti interne o esterne al territorio stesso, si applica la metodologia del *source apportionment* modellistico di tipo geografico, che prevede la ricerca delle responsabilità dell'inquinamento operando una separazione delle sorgenti emissive su base geografica.

L'applicazione del *source apportionment* geografico prevede di separare le differenti sorgenti emissive sulla base della regione/area di appartenenza, ottenendo come risultato la quantificazione sia del contributo endogeno, legato alle sorgenti localizzate all'interno del territorio di interesse, sia, per differenza, del contributo esogeno, dovuto alle sorgenti localizzate all'esterno di tale territorio.

5.2.2 Il source apportionment analitico

L'applicazione delle tecniche di *source apportionment* analitico – basate su tecniche matematico-statistiche (analisi multivariata) mirate a separare gli elementi in differenti gruppi sulla base del loro grado di associazione - consente teoricamente di ottenere una stima dei contributi da parte delle classi di sorgenti - sia reali (traffico, riscaldamento a legna, ecc.) che virtuali (componente secondaria) – partendo da misure/analisi e identificando le diverse sorgenti sulla base della statistica dei contributi analitici e della loro variabilità temporale. Tale processo prescinde dall'Inventario delle Emissioni, strumento basato su metodologie di stima la cui accuratezza non risulta confrontabile con valutazioni di tipo chimico-analitico.

La metodologia del *source apportionment* analitico prevede infatti – a valle di un campionamento rappresentativo sia dal punto di vista spaziale che temporale - l'analisi chimica dei campioni (con vari approfondimenti relativi alla speciazione chimica del particolato, in relazione sia alla scelta degli analiti e delle metodiche laboratoristiche, sia all'interpretazione delle incertezze associate ai risultati analitici).

Sui risultati laboratoristici vengono poi effettuate una serie di preelaborazioni di tipo statistico – caratterizzazione dei suoli nei siti di monitoraggio, calcolo dei fattori di arricchimento, studio della correlazione tra parametri chimici, attribuzione dell'incertezza - fino all'utilizzo del modello statistico EPA PMF 5.0 (Positive Matrix Factorization). La PMF, appartenente alla categoria dei modelli a recettore, rappresenta un approccio matematico-statistico basato sul profilo delle sorgenti e sulla loro variabilità spazio-temporale, attraverso l'applicazione di tecniche di analisi multivariata.

Una criticità intrinseca alla metodologia del *source apportionment* analitico è rappresentata dalla discrezionalità con cui, in assenza di traccianti chimici specifici, un profilo analitico viene associato ad una specifica sorgente (o gruppo di sorgenti); inoltre la componente secondaria del particolato viene trattata come una generica sorgente virtuale (secondario nitrati, secondario solfati) non attribuibile ad uno specifico comparto emissivo (trasporto, riscaldamento, ecc…).

Il *source apportionment* analitico risulta quindi una tecnica complementare in grado di rafforzare le valutazioni sul contributo delle sorgenti – almeno nel caso della componente primaria - ottenute dalle simulazioni di *source apportionment* modellistico, che partono invece dalle stime degli Inventari delle Emissioni e dalle variabili meteorologiche misurate per ricostruire nel tempo e nello spazio tridimensionale le reazioni chimiche che avvengono in atmosfera.

In sintesi, il *source apportionment* analitico può servire a valutare i contributi di alcune classi di sorgenti primarie (per le quali sono disponibili traccianti specifici) ai livelli di PM10 misurati sia prima che successivamente alla realizzazione dei provvedimenti di risanamento senza attribuire a specifiche sorgenti la componente secondaria nel suo complesso.

É importante rilevare che per speciazione dei campioni di particolato si intende l'analisi chimica quantitativa dei componenti del particolato, in particolare dei composti organici, degli ioni e dei metalli che risultino traccianti specifici di particolari comparti emissivi. Ad esempio, la combustione della legna, o comunque della biomassa, è tracciata da alcuni componenti organici, in particolare dal levoglucosano prodotto dalla pirolisi di composti come la cellulosa. Purtroppo per altri comparti emissivi non sono disponibili traccianti così efficaci e studiati come per la combustione della legna: su questo aspetto sarebbe dunque necessario effettuare indagini e studi per indentificare e/o confermare la presenza di possibili traccianti nel particolato primario, in particolare per quanto riguarda i veicoli a motore.

5.3. Le Analisi di Scenario

Le analisi di scenario permettono di stimare, tramite l'utilizzo del sistema modellistico regionale, gli effetti attesi sulla qualità dell'aria a seguito dell'applicazione di misure di riduzione delle emissioni.

Per la realizzazione delle analisi di scenario devono innanzitutto essere predisposti lo scenario base, relativo ad un determinato anno preso come riferimento e, a partire da questo, gli scenari emissivi che tengano conto delle evoluzioni tecnologiche e comportamentali, nonché dell'applicazione delle misure di riduzione delle emissioni decise ai vari livelli (comunitario, nazionale, regionale).

Definiti gli scenari emissivi, il sistema modellistico regionale viene applicato dapprima allo scenario base, con la meteorologia e le condizioni al contorno relativi all'anno di riferimento scelto. L'applicazione allo scenario base permette, da un lato, di stimare lo stato di qualità dell'aria di riferimento e, dall'altro, di valutare le prestazioni del sistema modellistico secondo quanto previsto dal d.lgs 155/2010, necessaria per definire l'affidabilità delle successive analisi di scenario. In questa fase, inoltre, per tenere conto del bias del modello - ovvero della differenza sistematica tra concentrazioni osservate e simulate - viene effettuata la data fusion con i dati di qualità dell'aria.

Definiti gli scenari emissivi, il sistema modellistico regionale viene applicato dapprima allo scenario base, con la meteorologia e le condizioni al contorno relativi all'anno di riferimento scelto. L'applicazione allo scenario base permette, da un lato, di stimare lo stato di qualità dell'aria di riferimento e, dall'altro, di valutare le prestazioni del sistema modellistico secondo quanto previsto dal d.lgs 155/2010, necessaria per definire l'affidabilità delle successive analisi di scenario. In questa fase, inoltre, per tenere conto del bias del modello - ovvero della differenza sistematica tra concentrazioni osservate e simulate - viene effettuata la data fusion con i dati di qualità dell'aria.

Successivamente il sistema modellistico viene applicato agli scenari emissivi futuri, mantenendo invariate la meteorologia, le condizioni al contorno e tutte le configurazioni adottate per le simulazioni dello scenario base. Le differenze tra i campi di concentrazione prodotti nello scenario base e negli scenari futuri sono quindi da attribuire solamente all'applicazione delle misure di riduzione delle emissioni: l'analisi dei risultati ottenuti, effettuata tenendo conto anche delle prestazioni del sistema modellistico e della data fusion, permette quindi di stimare gli effetti legati alla variazione del quadro emissivo e, in un'ultima analisi, il rispetto degli obiettivi ambientali per la protezione della salute stabiliti dal quadro normativo vigente. I risultati così ottenuti devo essere valutati alla luce della risoluzione del sistema modellistico, che non è in grado di risolvere fenomeni che avvengono su scale molto più piccole di quelle adottate nella simulazione. Nel caso del Sistema Modellistico Regionale, la risoluzione adottata permette di cogliere bene i fenomeni che avvengono dalla scala extra-regionale fino a quella urbana, ma non è in grado, se non in particolari casi, di riprodurre fenomeni su scale inferiori, quali, ad esempio, canyon stradali o piccole valli particolarmente complesse dal punto di vista orografico.

6. IL QUADRO CONOSCITIVO SULLA QUALITA' DELL'ARIA

6.1 LA ZONIZZAZIONE DEL TERRITORIO AI FINI DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

Il recepimento nazionale della Direttiva aria che il con il d.lgs. n. 155/2010 ha delineato un nuovo quadro gestionale della qualità dell'aria, ha portato a un processo di revisione di tutti gli strumenti a servizio della valutazione della qualità dell'aria: il programma di valutazione (rete di monitoraggio e tecniche di modellizzazione) e la zonizzazione del territorio per primi. Il nuovo quadro conoscitivo, in particolare l'articolo 3 del suddetto decreto legislativo, stabilisce che le Regioni e le Province, nel rispetto dei criteri indicati nell'Appendice I, redigano appositi progetti recanti la suddivisione territoriale in zone e agglomerati da classificare ai fini della valutazione della qualità dell'aria, stabilendo altresì che le zonizzazioni vigenti alla data di entrata in vigore del decreto stesso siano rivalutate sulla base della suddetta Appendice I. L'articolo 4 specifica i criteri per la classificazione territoriale, prevedendo inoltre che i progetti di classificazione e zonizzazione del territorio siano revisionati almeno ogni cinque anni. Il d.lgs. 155/2010 prevede inoltre che ciascun progetto di zonizzazione corredato dalla classificazione debba essere trasmesso al Ministero dell'Ambiente e all'Ispra per la valutazione di conformità alle disposizioni del decreto e di coerenza tra i differenti progetti di zonizzazione regionali nelle zone di confine.

Per tali motivi, con Deliberazione della Giunta Regionale 29 dicembre 2014 n. 41-855, la Regione Piemonte, ha approvato l'aggiornamento della zonizzazione del territorio regionale relativa alla qualità dell'aria ambiente e individuato gli strumenti utili alla sua valutazione tra i quali, ad esempio, il programma di valutazione. Il Programma di Valutazione definito dal d.lgs. n. 155/2010 è "il programma che indica le stazioni di misurazione della rete di misura utilizzate per le misurazioni in siti fissi e per le misurazioni indicative, le tecniche di modellizzazione e le tecniche di stima obiettiva; e prevede che le stazioni di misura utilizzate risultino conformi a precise disposizioni in riferimento agli obiettivi di qualità dei dati ed ai criteri di ubicazione". Conformemente al rinnovato assetto di disciplina della tutela della qualità dell'aria, la Direzione Ambiente di Regione Piemonte, con la collaborazione di ARPA Piemonte ha predisposto sia il progetto relativo alla nuova zonizzazione e classificazione del territorio, sia il nuovo Programma di Valutazione.

In particolare, la zonizzazione e classificazione del territorio, sulla base degli obiettivi di protezione per la salute umana per gli inquinanti NO_2, SO_2, C_6H_6, CO, PM10, PM2.5, Pb, As, Cd, Ni, B(a)P, nonché obiettivi a lungo termine per la protezione della salute umana e della vegetazione relativamente all'ozono, ha ripartito il territorio regionale nelle seguenti zone ed agglomerati:

- Agglomerato di Torino - codice zona IT0118
- Zona denominata Pianura - codice zona IT0119
- Zona denominata Collina - codice zona IT0120
- Zona denominata di Montagna - codice zona IT0121
- Zona denominata Piemonte - codice zona IT0122.

In conformità all'articolo 16 della decisione 850/2011/EU e all'articolo 19 del d.lgs. 155/2010, la nuova zonizzazione e classificazione del territorio regionale è divenuta applicabile per i relativi obblighi di reporting delle informazioni sulla qualità dell'aria del 2014.

Con successiva deliberazione della Giunta regionale 30 dicembre 2019, n. 24-903 (Verifica ed aggiornamento della zonizzazione e della classificazione del territorio regionale piemontese ed aggiornamento del relativo programma di valutazione della qualità' dell'aria ambiente, ai sensi degli articoli 4 e 5 del d.lgs. 155/2010 - Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa), la Regione Piemonte ha verificato ed aggiornato la zonizzazione e la classificazione del territorio, unitamente al programma di valutazione che contiene l'aggiornamento degli strumenti utilizzati per la valutazione della qualità dell'aria, secondo le disposizioni previste dal d.lgs.155/2010. La conseguente zonizzazione, attualmente vigente, non ha modificato la ripartizione del territorio regionale, ma ha provveduto ad adeguarla in seguito all'approvazione, nel quinquennio 2014-2019, di alcune leggi istitutive di nuovi Comuni, a seguito di fusione per incorporazione, con conseguente riduzione del numero dei comuni piemontesi.

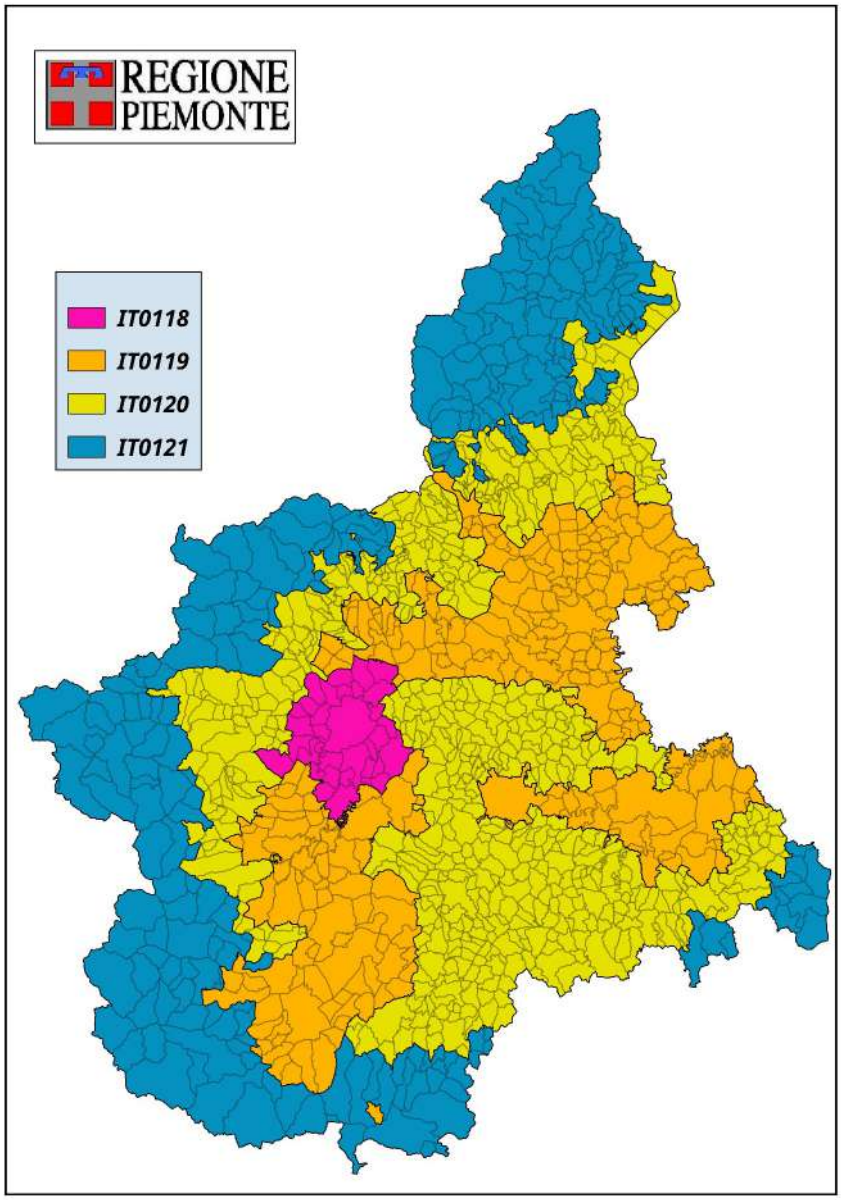


Figura 6.1: Rappresentazione grafica della vigente zonizzazione del territorio piemontese sulla base degli obiettivi di protezione per la salute umana per gli inquinanti NO_2, SO_2, C_6H_6, CO, PM10, PM2,5, Pb, As, Cd, Ni, B(a)P

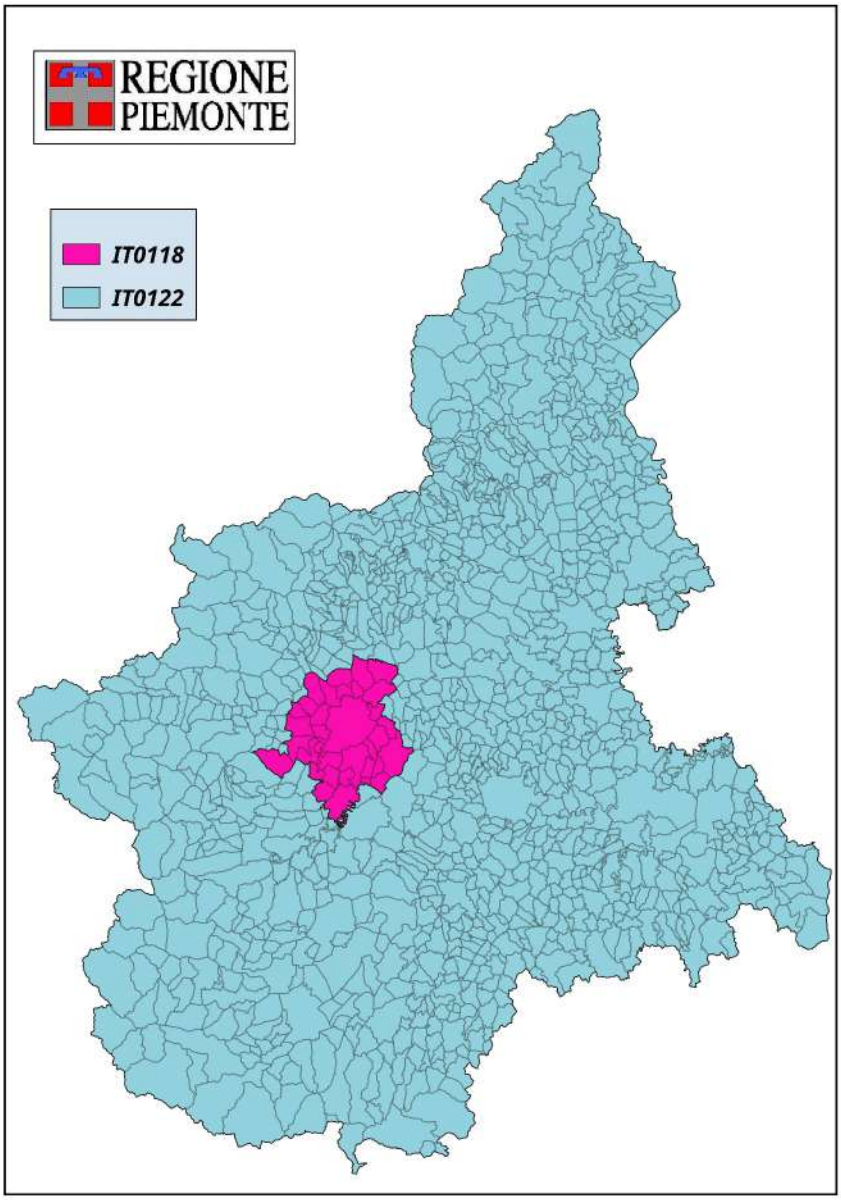


Figura 6.2: Rappresentazione grafica della vigente zonizzazione per la tutela della salute umana e della vegetazione in riferimento all'ozono

6.2 La meteorologia e la sua influenza sulla qualità dell'aria

Il Piemonte è un territorio particolarmente variegato dal punto di vista morfologico e la sua intrinseca complessità ne definisce e regola la peculiarità climatica. L'area è infatti zona di scontro tra le masse d'aria continentali provenienti dalla piana del Po, l'umidità proveniente dal Mediterraneo e le correnti atlantiche nord-occidentali interagiscono con i rilievi innescando circolazioni locali e microclimi.

Le sue caratteristiche meteo-climatiche sono fortemente condizionate dal contesto geografico e dalla conformazione topografica dell'area che è inserita alla testata del Bacino Orografico Padano e chiusa su tre lati dai rilievi Alpini: a nord da Alpi Lepontine e Pennine, ad ovest da Alpi Cozie e Graie ed a sud da Alpi Marittime, Liguri ed Appennini. Questa particolare conformazione "a catino" contribuisce a rendere più difficile il rimescolamento e il ricambio dell'aria, in particolare nei bassi

strati, influenzando direttamente ed indirettamente il trasporto, la dispersione e la deposizione al suolo di gas e aerosol presenti in atmosfera e determinando, in autunno ed in inverno, frequenti periodi di stagnazione nelle zone pianeggianti della regione, con calme di vento ed inversioni termiche. La Figura 6.3 mostra una situazione tipica di accumulo di inquinanti atmosferici nel bacino padano, rilevato il 4 ottobre 2023 dal satellite Sentinel-3 - Copernicus.



Figura 6.3: Stagnazione di aerosol e particelle in sospensione sul Piemonte il 4 ottobre 2023 Credit: *European Union, Copernicus Sentinel-3 imagery*

In generale, dal punto di vista climatico, analizzando i dati misurati dalle reti di misurazione meteorologiche storiche presenti sulla regione, si osserva che anche il clima piemontese ha subito variazioni significative negli ultimi 60 anni, in linea con quanto documentato a scala globale e certificato nell'ultimo Rapporto sul cambiamento climatico pubblicato dall'IPCC nel 2023.

Tra i parametri meteorologici che influenzano maggiormente i fenomeni di accumulo e/o dispersione degli inquinanti in atmosfera, vi sono la temperatura (in particolare per l'inquinamento da ozono), le precipitazioni, la velocità del vento e l'altezza dello strato di rimescolamento. Anche particolari circolazioni atmosferiche influenzano significativamente l'andamento delle concentrazioni di inquinanti atmosferici, in particolare condizioni estese di föhn (venti di caduta con forti raffiche), che ne favoriscono la dispersione, e circolazioni meridionali che, di contro, determinano un aumento del particolato con apporti di polveri sottili di origine sahariana. Di seguito tutti queste grandezze e fattori meteorologici vengono analizzati in dettaglio con andamenti mensili e le tendenze negli ultimi anni.

ERA5 è la quinta generazione di rianalisi ECMWF per il clima e il tempo globale degli ultimi 8 decenni. I dati sono disponibili dal 1940 in poi. Le rianalisi combinano i dati dei modelli numerici meteorologici con le osservazioni provenienti da tutto il mondo in un set di dati completo e coerente a livello globale. Questo principio, chiamato assimilazione dei dati, si basa sul metodo

utilizzato dai centri di previsione meteorologica numerica, dove ogni 12 ore una previsione precedente viene combinata con le nuove osservazioni disponibili in modo ottimale per produrre una nuova migliore stima dello stato dell'atmosfera, chiamata analisi, da cui viene emessa una previsione aggiornata e migliorata. La rianalisi funziona allo stesso modo, ma con una risoluzione ridotta per consentire la fornitura di un insieme di dati che coprono diversi decenni. In questo Piano, per caratterizzare l'andamento di alcuni parametri meteorologici si è fatto ricorso alle rianalisi ERA5, valori medi mensili e disponibili presso Copernicus CDS (https://cds.climate.copernicus.eu/cdsapp#!/home). I valori di riferimento sono estratti alle coordinate 45N, 8E mediando tre per tre punti griglia.

TEMPERATURE E PRECIPITAZIONI

L'analisi storica dei dati misurati sulla regione Piemonte mette in evidenza una tendenza all'aumento delle temperature, in particolare nei valori massimi, significativo dal punto di vista statistico. Tale tendenza, che ha raggiunto i 2°C negli ultimi 65 anni, come illustrato nella Figura 6.4, è aderente a quanto evidenziato dalla letteratura per l'area alpina.

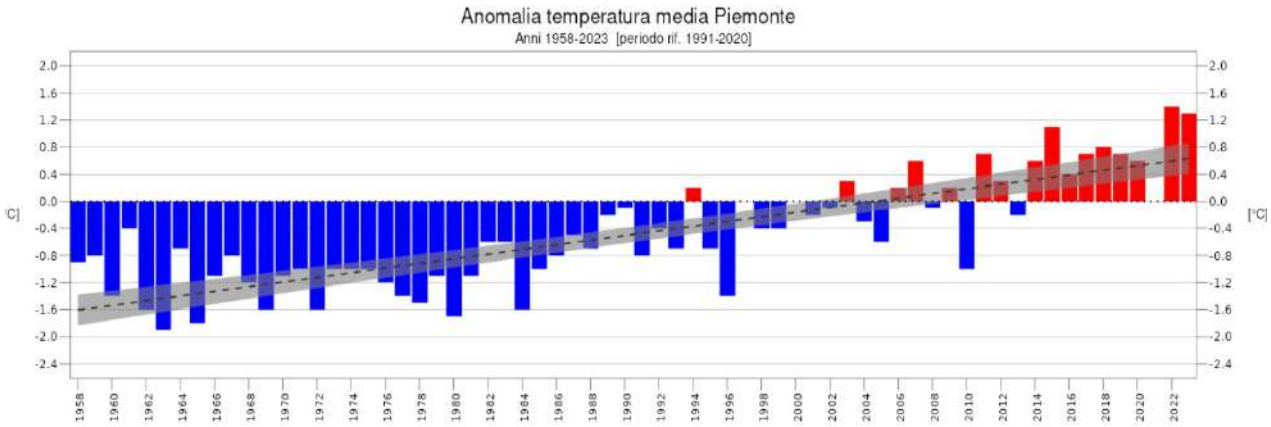


Figura 6.4: Andamento delle temperature medie annue sul Piemonte dal 1958 al 2023 rispetto alla norma climatica 1991-2020. In rosso le annate con temperatura superiore alla norma e in blu quelle con medie inferiori. La linea tratteggiata rappresenta la tendenza lineare

Risulta invece alquanto più complesso trarre conclusioni definitive e statisticamente robuste sull'andamento delle precipitazioni negli ultimi decenni, anche a causa della natura discontinua sia nel tempo sia nello spazio di questo particolare fenomeno meteorologico.

Se i quantitativi cumulati medi annui non mostrano tendenze significative in termini di aumento o diminuzione, va notato tuttavia che, nell'ultimo decennio, il numero di giorni piovosi medi annui è risultato in diminuzione su gran parte della regione, come si osserva in Figura 6.5.

Questa tendenza generale alla diminuzione dei giorni piovosi va quindi considerata attentamente in quanto viene a mancare in parte uno dei meccanismi più efficaci nella rimozione degli inquinanti in atmosfera.

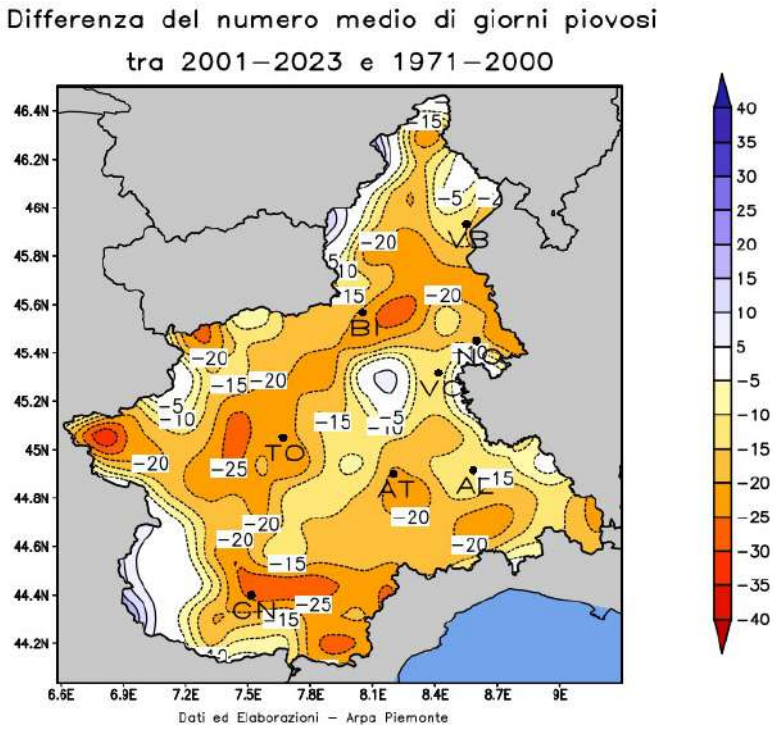


Figura 6.5: Numero medio annuo di giorni piovosi osservati nel decennio 2001-2023 rispetto alla norma climatica del trentennio di riferimento 1971-2000

Tali tendenze globali e storiche sono state confermate anche per il 2023, che infatti è risultato essere in Piemonte il secondo più caldo degli ultimi 65 anni, dopo il 2022, con un'anomalia termica positiva di 1,3°C rispetto alla climatologia del periodo 1991-2020, seguito dal 2017 e dal 2015.

Rispetto al trentennio di riferimento 1991-2020, la temperatura media annuale registrata in Piemonte è al di sopra alla norma con uno scostamento di circa 2 deviazioni standard, ed è uno dei tre anni negli ultimi 65, in cui la temperatura media regionale ha superato la soglia degli 11°C.

Durante il 2023 si è registrata un'anomalia termica negativa solo ad aprile e maggio (unici due mesi ad avere avuto una temperatura leggermente inferiore alla norma degli anni 1991-2020), mentre lo scostamento termico positivo è stato marcato soprattutto nell'ultimo quadrimestre dell'anno, con settembre, ottobre e dicembre che hanno avuto un piazzamento da podio nella classifica dei mesi più caldi. Rilevante anche il picco termico avvenuto nell'ultimo decade di agosto.

Le precipitazioni cumulate medie dell'anno 2023 in Piemonte sono state pari a circa 944 mm e sono risultate inferiori alla norma 1991-2020, con un deficit di 86 mm, che corrisponde all'8% circa; il 2023 risultando il 27° anno meno piovoso nella distribuzione storica degli anni 1958-2023.

L'anno è iniziato in condizioni severe di siccità; infatti, la siccità iniziata a fine 2021 e perdurata per tutto il 2022 si è protratta fino ad aprile 2023.

La situazione si è poi modificata in maniera sostanziale a maggio quando, dopo circa un anno e mezzo di precipitazioni al di sotto della media, si è registrata una cumulata media di pioggia e neve significativa, pari a +80% rispetto alla norma climatica del mese nel trentennio di riferimento 1991-2020. Grazie ai generosi apporti precipitativi di maggio, il deficit pluviometrico calcolato dall'inizio dell'anno 2023 è stato quasi completamente recuperato, mettendo fine al lunghissimo periodo di siccità iniziato a fine del 2021.

Durante l'anno solo maggio, giugno, agosto e ottobre hanno avuto un'anomalia pluviometrica positiva mentre tutti gli altri mesi sono risultati più secchi della norma.

VENTO

Il vento influisce in modo rilevante sulle dinamiche di dispersione in atmosfera: venti intensi causano l'allontanamento delle sostanze emesse dalle sorgenti disperdendole rapidamente, mentre venti deboli, spesso associati a perduranti condizioni anticicloniche, favoriscono l'accumulo delle sostanze inquinanti. Inoltre, l'interazione del campo di vento con la superficie terrestre genera turbolenza di origine meccanica e le disomogeneità del terreno inducono lo sviluppo di dinamiche locali che si sovrappongono alla struttura generale della circolazione atmosferica influenzando in modo significativo la dispersione (si pensi alle brezze monte-valle o all'isola di calore urbana).

La Figura 6.6 mostra l'andamento della velocità media mensile (m/s) sul Piemonte ed il confronto dei periodi climatici 1961-1990 e 1991-2020 a partire dalle ri-analisi del modello ERA5.

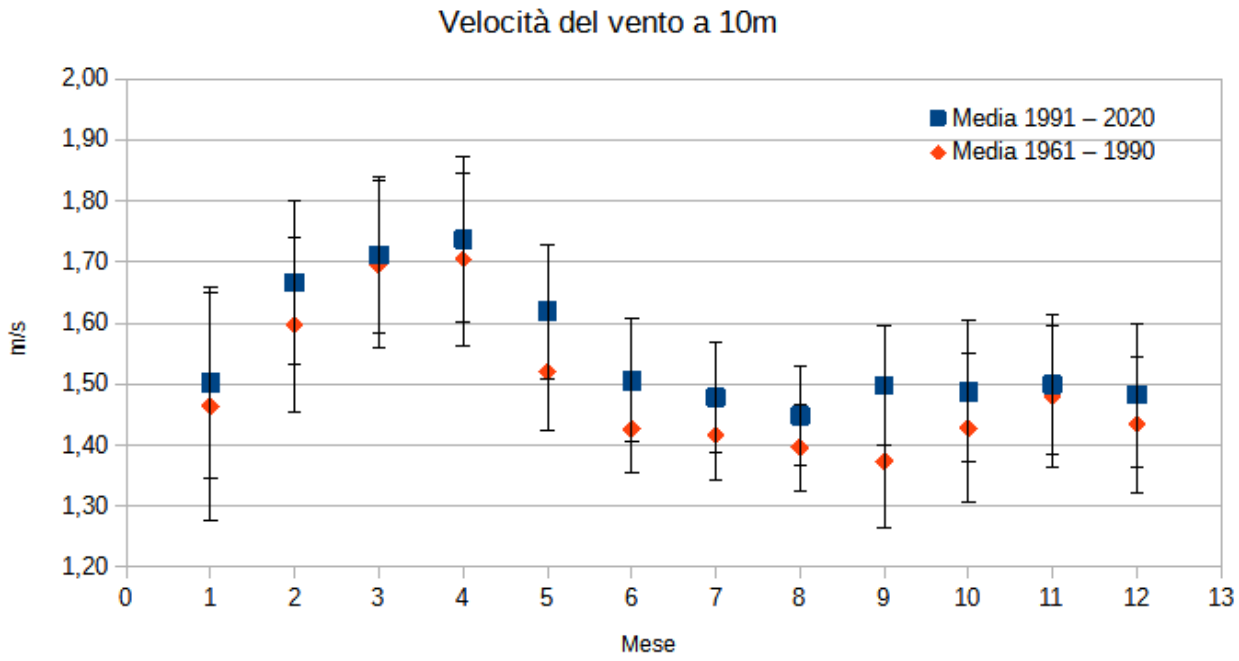


Figura 6.6: Andamento della velocità media mensile a 10 m sul Piemonte ricavata da ERA5 per i periodi climatici 1961-1990 e 1991-2020

Per il periodo 1991-2020 i valori inferiori si osservano nei mesi invernali ma con un minimo annuale ad agosto (1,45 m/s) e i valori massimi in primavera (1,71 – 1,74 m/s).

Rispetto al periodo climatico 1961-1900, si riscontra un generale e significativo aumento delle velocità con incrementi percentuali compresi tra i +1% (mese di marzo) ed il +9% (mesi di settembre).

ALTEZZA DELLO STRATO DI RIMESCOLAMENTO

Con altezza dello strato di rimescolamento si intende l'altezza dello strato adiacente alla superficie terrestre all'interno del quale gli inquinanti emessi a livello del suolo sono dispersi verticalmente e diluiti a concentrazione uniforme (generalmente bassa). L'altezza

dello strato di rimescolamento è uno dei parametri più utilizzati ai fini delle valutazioni di qualità dell'aria, in quanto permette di quantificare le dimensioni della porzione di atmosfera interessata dai fenomeni turbolenti. L'estensione dello strato di rimescolamento (PBLH) è fondamentale per determinare le concentrazioni di inquinanti atmosferici vicino alla superficie. Infatti, il PBLH determina il volume in cui gli inquinanti emessi vengono diluiti e dispersi e, pertanto, influisce direttamente sulle concentrazioni atmosferiche degli inquinanti. L'altezza dello strato misto diurno (ML) agisce come una copertura dello strato limite convettivo a causa dell'inversione di temperatura. Diversi studi hanno dimostrato una chiara relazione tra le concentrazioni di biossido di carbonio e aerosol e la profondità dello strato misto attraverso i processi di trascinamento.

La Figura 6.7 mostra l'andamento medio mensile del PBLH (in metri) ed il confronto dei periodi climatici 1961-1990 e 1991-2020 a partire da stime di PBLH del modello ERA5.

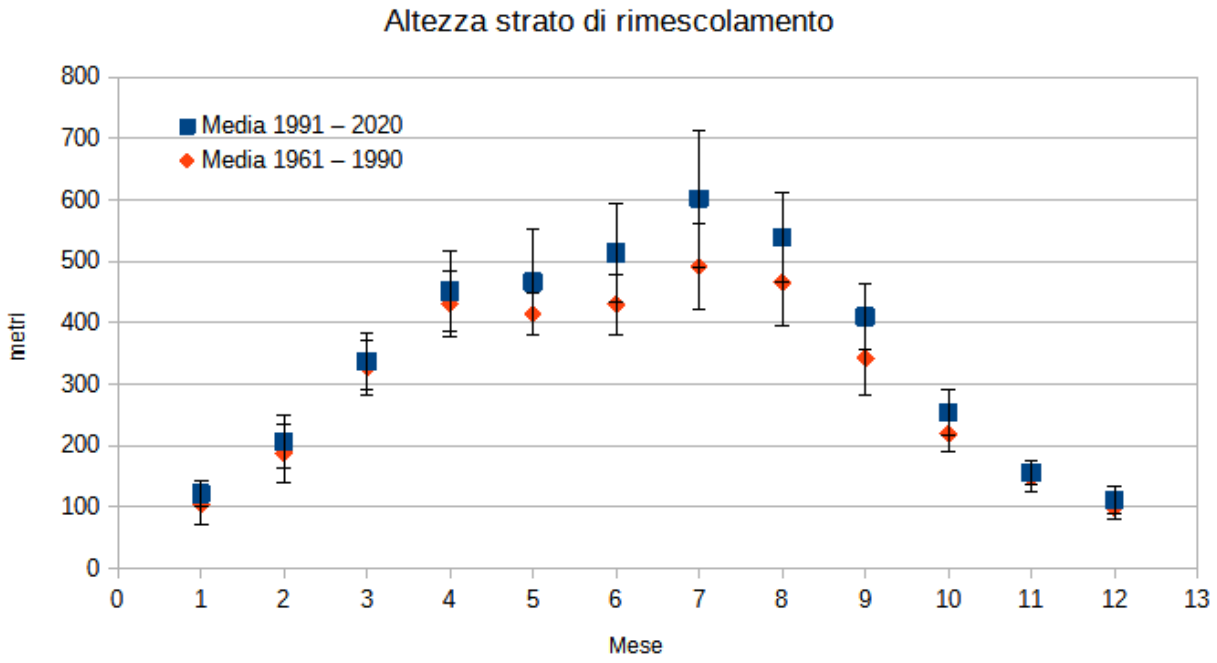


Figura 6.7: Andamento dell'altezza dello strato di rimescolamento sul Piemonte, valore medio mensile in metri, ricavata da ERA5 per i periodi climatici 1961-1990 e 1991-2020

Come noto, i valori inferiori si osservano nei mesi invernali con minimi tra dicembre (110m) e gennaio (120m) mentre, a causa del forte irraggiamento e delle temperature le elevate nei bassi strati, i valori massimi si osservano in agosto (600m). Rispetto al periodo climatico antecedente, si riscontra un generale aumento del PBLH con incrementi percentuali compresi tra i +3% (mese di marzo) ed il +22% (mesi di luglio).

COPERTURA NUVOLOSA E RADIAZIONE INCIDENTE

La Figura 6.8 mostra l'andamento della frazione di cielo coperta (Total Cloud Cover) in percentuale sul Piemonte ed il confronto dei periodi climatici 1961-1990 e 1991-2020 a partire dalle ri-analisi del modello ERA5.

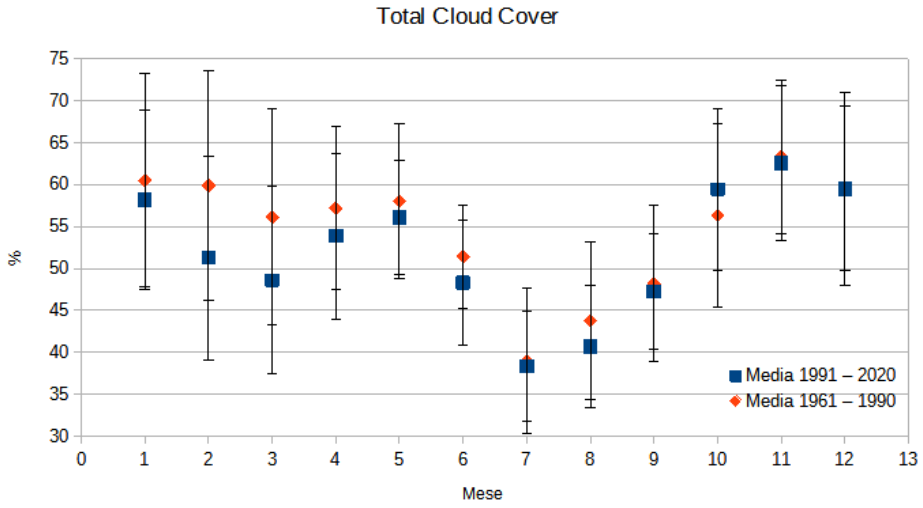


Figura 6.8: Andamento della Total Cloud Cover (%) sul Piemonte ricavata da ERA5 per i periodi climatici 1961-1990 e 1991-2020.

I valori inferiori si osservano nei mesi estivi con un minimo annuale a luglio (38,4%) e i valori massimi negli ultimi mesi dell'anno (52 – 63%).

Rispetto al periodo climatico 1961-1900, si riscontra una generale e significativa diminuzione della copertura nuvolosa in particolare nei mesi primaverili e con decrementi percentuali compresi dell'ordine di +13-14%. L'unico mese a mostrare un incremento è ottobre con +5,6%.

La Figura 6.9 mostra l'andamento della radiazione incidente UV-B espressa in kJ/m2 che raggiunge la superficie del Piemonte ed il confronto dei periodi climatici 1961-1990 e 1991-2020 a partire dalle ri-analisi del modello ERA5.

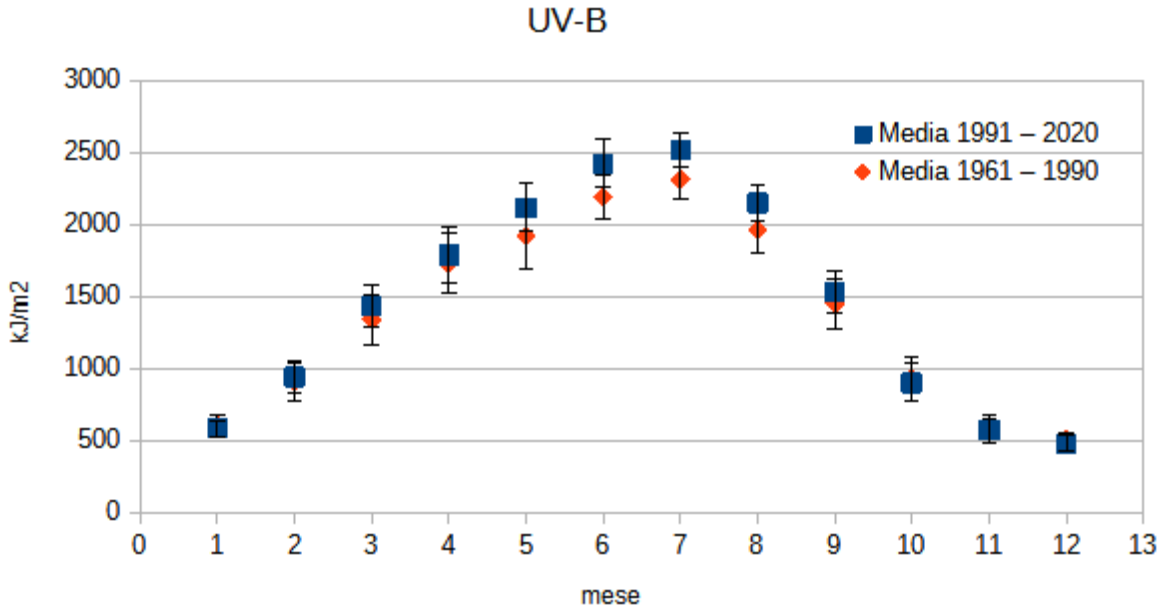


Figura 6.9: Andamento della radiazione UV-b incidente (kJ/m^2) sul Piemonte da ERA5 per i periodi climatici 1961-1990 e 1991-2020.

Come atteso, i valori maggiori si osservano nei mesi estivi con un massimo annuale a luglio (oltre 2.500 kJ/m2) in corrispondenza del minimo annuale di copertura nuvolosa.

Rispetto al periodo climatico 1961-1900, si riscontra un aumento in particolare nei mesi tardo primaverili ed estivi con aumenti percentuali compresi dell'ordine di +9-10%. Nei mesi invernali si registra un lieve decremento tra il -3% ed il -5%.

POLVERI SAHARIANE E FOEHN

Le polveri sahariane costituiscono una fonte naturale di particolato che giungono sull'Italia con circolazioni meridionali, come mostrato in Figura 6.10. Sebbene gli eventi di saharan dust interessino il Piemonte poche volte in un anno, gli ultimi eventi sono stati particolarmente intensi. L'aumento dei periodi siccitosi causato dalla riduzione delle precipitazioni e dall'aumento della temperatura nell'Africa settentrionale porteranno ad un aumento della disponibilità di polvere e potenzialmente periodi di sollevamento della polvere, causando danni ai centri abitati situati nelle vie di trasporto e riducendo la qualità dell'aria, come già dimostrato da casi di studio pubblicati relativi a PM10, PM2,5 e altri proxy della qualità dell'aria in queste aree.

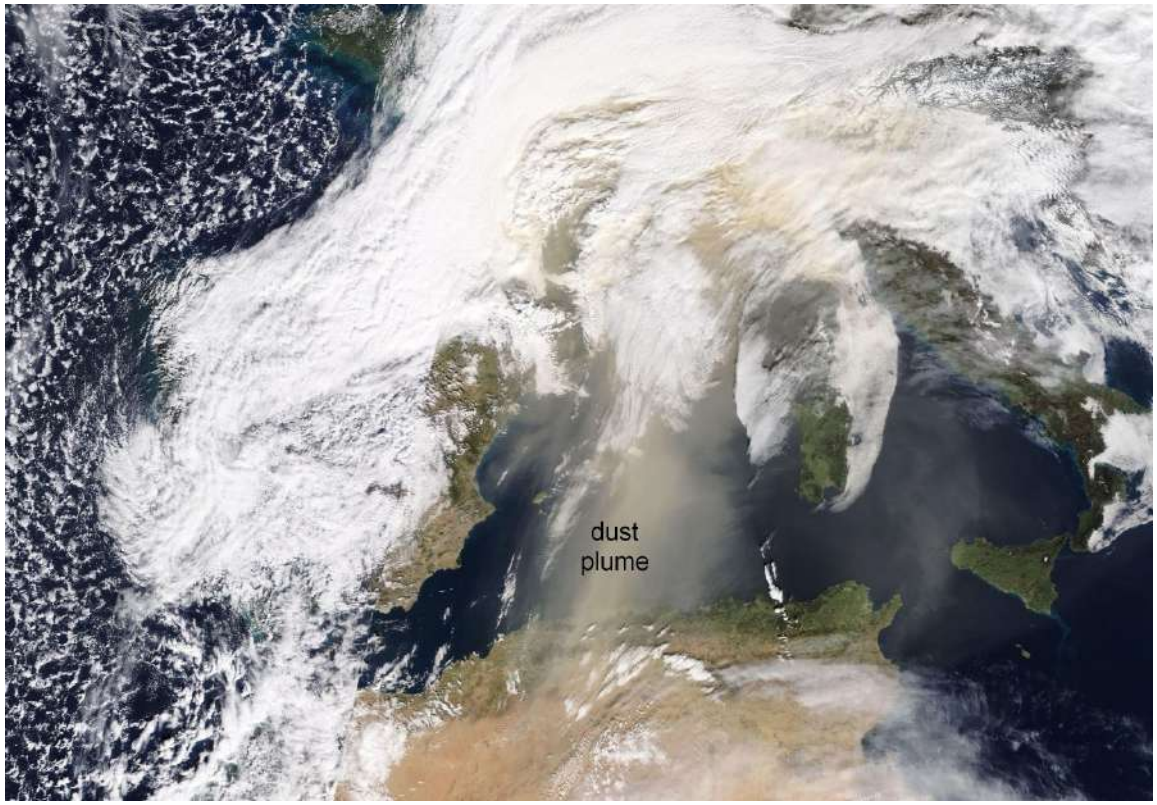


Figura 6.10: Terra MODIS True Colour RGB composite, 6 febbraio 2021 (Credit: NASA).

Gli episodi di foehn, vento di caduta tipico delle Alpi, sono generalmente caratterizzate da forti venti accompagnati da repentini aumenti di temperatura e da cieli sereni; sono quindi condizioni meteorologiche favorevoli alla dispersione degli inquinanti. La Figura 6.11 mostra l'andamento nell'anno delle occorrenze di giornate di foehn in Piemonte tra il 2000 ed il 2023. Insieme a dicembre i primi mesi dell'anno sono quelli caratterizzati ma una maggiore occorrenza di giornate di foehn.

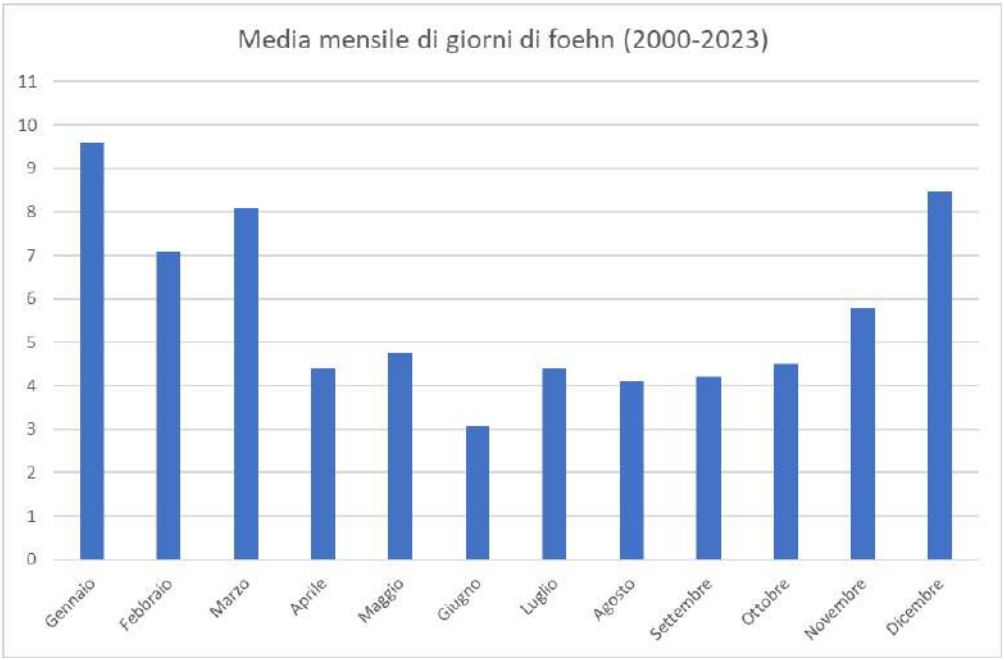


Figura 6.11: Numero di giorni di foehn medi mensili in Piemonte nel periodo 2000-2023 (Elaborazione Arpa Piemonte).

La Figura seguente mostra l'andamento delle giornate complessive di foehn nel periodo 2000-2023 per i mesi compresi tra ottobre e marzo.

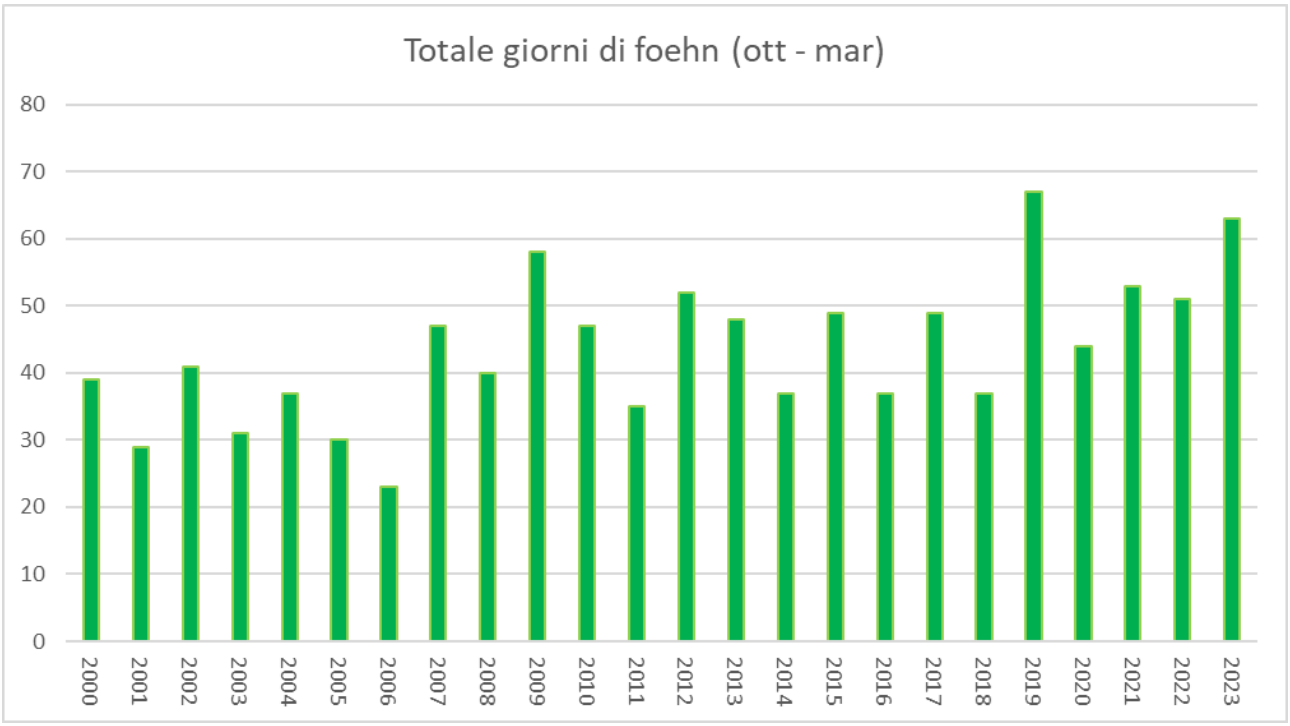


Figura 6.12: Numero di giorni di foehn complessivi tra ottobre e marzo in Piemonte dal 2000 al 2023 (Elaborazione Arpa Piemonte).

Come visibile in Figura 6.12 il numero di giornate tra ottobre e marzo mostra un aumento nel periodo preso in considerazione. Tale tendenza, statisticamente significativa, è stimata in circa +9,5 giornate in 10 anni. Il recente studio conferma l'aumento significativo della frequenza del foehn meridionale, in particolare nei mesi di febbraio e marzo, mentre per i mesi di maggio e ottobre è stata rilevata una diminuzione significativa.

GRADI GIORNO RISCALDAMENTO E RAFFRESCAMENTO

La Figura 6.13 riporta i valori dei gradi giorno di riscaldamento annuali (°C giorno) dal 1979 al 2023, basati sulle rianalisi ERA5.

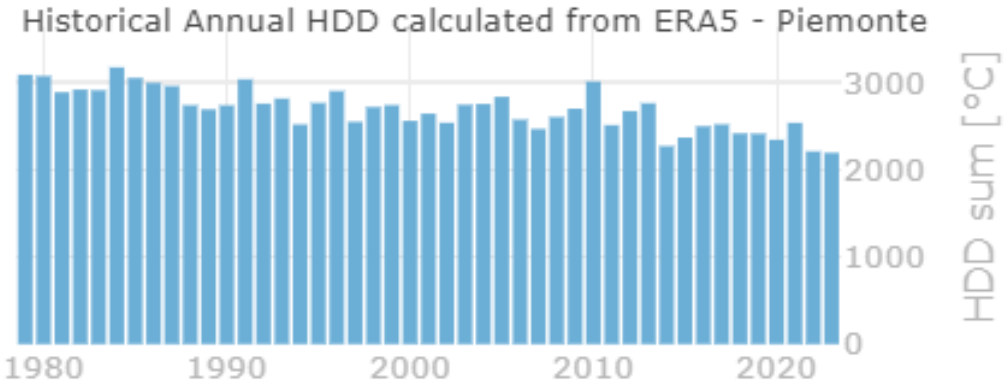


Figura 6.13: Gradi giorno riscaldamento annuali per il Piemonte (Elaborazione Copernicus CDS).

L'andamento, in coerenza con gli incrementi di temperatura nei periodi freddi, mostra una significativa diminuzione.

La Figura 6.14 riporta i valori dei gradi giorno di raffrescamento annuali (°C giorno) dal 1979 al 2023, basati sulle rianalisi ERA5.

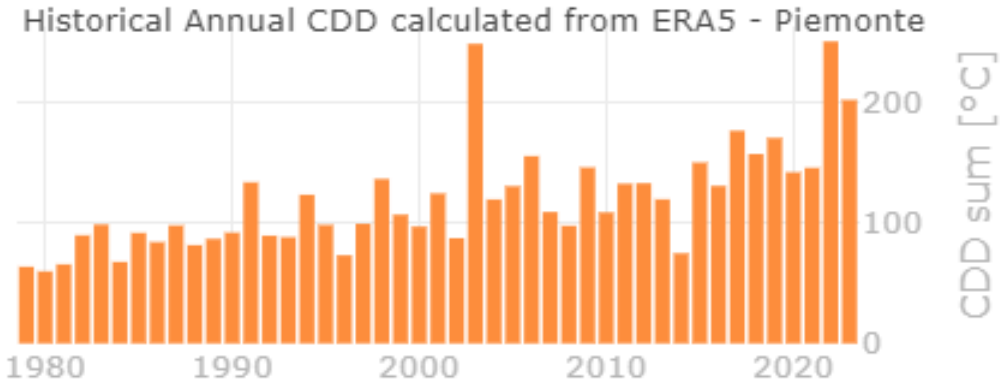


Figura 6.14: Gradi giorno riscaldamento annuali per il Piemonte (Elaborazione Copernicus CDS).

L'andamento, in coerenza con gli incrementi di temperatura nei periodi estivi, mostra un significativo e generale aumento. Spiccano le annate 2003, 2022 e 2023 caratterizzate da periodi primaverili ed estivi particolarmente calde; tali anomalie potranno ricorrere con maggiore frequenza nei prossimi anni.

6.2.1 SCENARI DI CAMBIAMENTO CLIMATICO

L'utilizzo della modellistica climatica oceano-atmosfera per effettuare una stima delle variabili climatiche fino a fine secolo e oltre, deve tenere conto degli scenari emissivi a livello globale relativamente ai gas serra di origine antropica, che dipendono da una molteplicità di fattori politici, economici, geopolitici e anche di indirizzo che si daranno allo sviluppo, all'evoluzione tecnologica e alle dinamiche demografiche e sociali.

La dipendenza del riscaldamento globale dalle emissioni antropiche è incontrovertibile, pertanto, gli impegni di riduzione delle emissioni a livello globale, regionale e locale sono molteplici. Gli impegni di riduzione delle emissioni dei gas serra sono effettuati attraverso la definizione di target da raggiungere ad una certa data, di solito con un orizzonte temporale piuttosto lungo. Non è importante soltanto la stima delle emissioni guidate dai diversi fattori socioeconomici di lungo periodo, ma anche la traiettoria che verrà seguita nel tempo per raggiungere i target. Per questo si parla di pathway emissivi.

Per definire dei possibili scenari di riscaldamento globale, viene effettuata una stima del forzante radiativo RF, cioè dello squilibrio radiativo al top dell'atmosfera, tra la radiazione solare in entrata e quella riemessa dal sistema terra-atmosfera. Una modifica di questo bilancio radiativo determina un riscaldamento o un raffreddamento del sistema.

Nel V Rapporto di valutazione, l'*Intergovernmental Panel on Climate Change* IPCC stima che l'incremento del forzante radiativo dovuto alle attività antropiche rispetto al 1750 fosse dell'ordine di 0,57 W/m2 nel 1950 e sia salito a 2,29 W/m2 nel 2011.

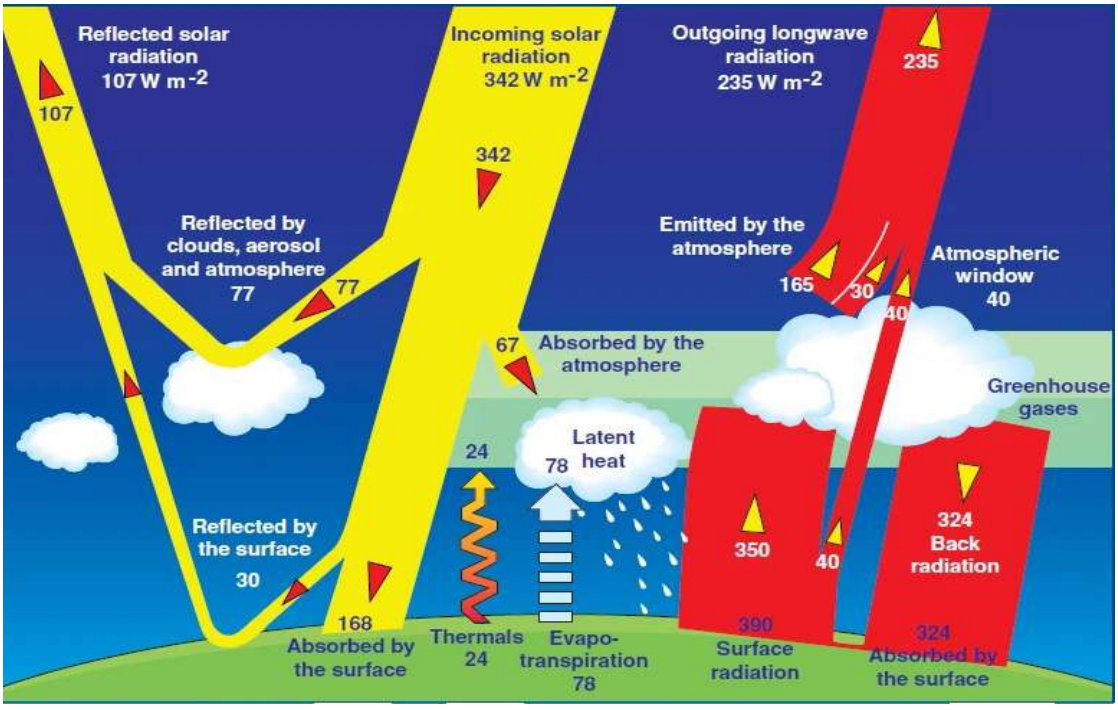


Figura 6.15: Schema del forzante radiativo

Per quanto riguarda il futuro, vengono prese a riferimento diverse traiettorie che questo fattore radiativo potrebbe assumere, sulla base di complessi modelli socioeconomici.

La Figura 6.16 rappresenta schematicamente alcuni di questi possibili valori di squilibrio radiativo, che vengono identificati con il termine RCP (Representative Concentration Pathway),

seguiti da un numero che rappresenta il valore dell'incremento dello squilibrio radiativo rispetto al 1750.

Representative Concentration Pathway (RCP)	Forcing compared to 1750 (Wm^{-2})	Climate policy associated with scenario	CO_2 Equivalent (ppm)	Projected global average temperature increase from 1986-2005 (°C)
2.6	2.6	Mitigation	475	1.0
4.5	4.5	Stabilization	630	1.8
6.0	6.0	Stabilization	800	2.2
8.5	8.5	None	1313	3.7

Figura 6.16: Caratteristiche principali degli RCP

Il valore del forzante radiativo a una certa data e la traiettoria con cui verrà raggiunto determinano le condizioni di base per effettuare le simulazioni climatiche attraverso la modellistica. La Figura 6.17 rappresenta le traiettorie dei Representative Concentration Pathway selezionati e le emissioni di anidride carbonica coerenti per raggiungere quel determinato fattore radiativo.

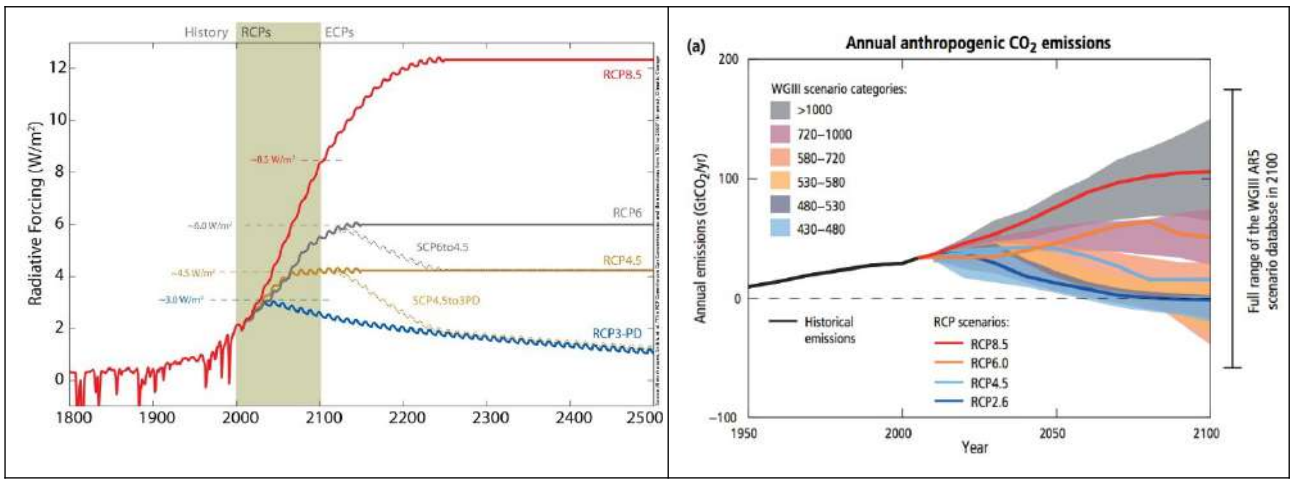


Figura 6.17: Andamento stimato del forcing radiativo per gli scenari RCP8.5, RCP6, RCP4.5 e RCP2.6 (a sinistra). Andamento delle emissioni di anidride carbonica necessarie per raggiungere quel valore di fattore radiativo (a destra)

Per completezza, in Figura 6.18 si riporta la stima dell'incremento della temperatura media globale, in funzione degli scenari RCPs.

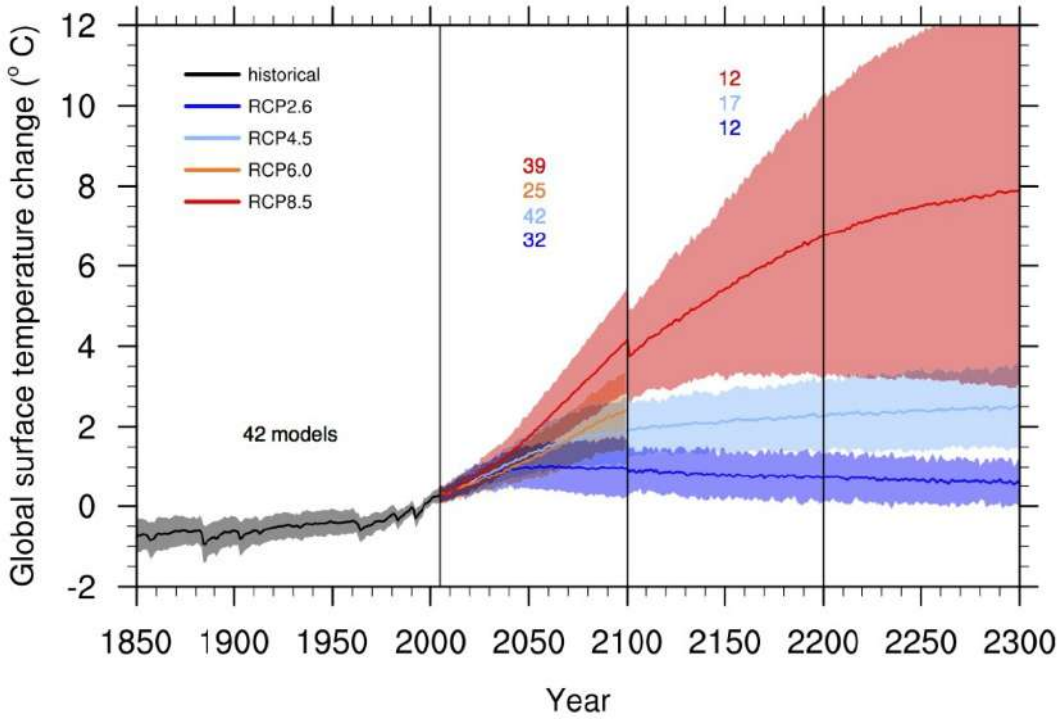


Figura 6.18: Proiezioni dell'incremento della temperatura media globale al 2100 e oltre, secondo gli scenari RCPs

Nel VI e ultimo Rapporto di Valutazione dell'IPCC compaiono inoltre per la prima volta i Percorsi Socioeconomici Condivisi – Shared Socioeconomic Pathways (SSPs), una raccolta di scenari climatici che descrivono sviluppi socioeconomici alternativi. In passato, i fattori socioeconomici erano impliciti: i modelli matematici utilizzavano come input primario le proiezioni delle emissioni di gas serra e le loro concentrazioni. L'inserimento di indicatori socioeconomici negli scenari climatici futuri è essenziale, poiché rappresentano il motore fondamentale sia del cambiamento climatico sia dei progressi nelle attività di mitigazione e adattamento.

I nuovi scenari SSP si combinano con i precedenti scenari emissivi RCP in un'Architettura a Matrice di Scenari confermando le stime di variazione di temperatura già previste dalle simulazioni derivate dai precedenti scenari.

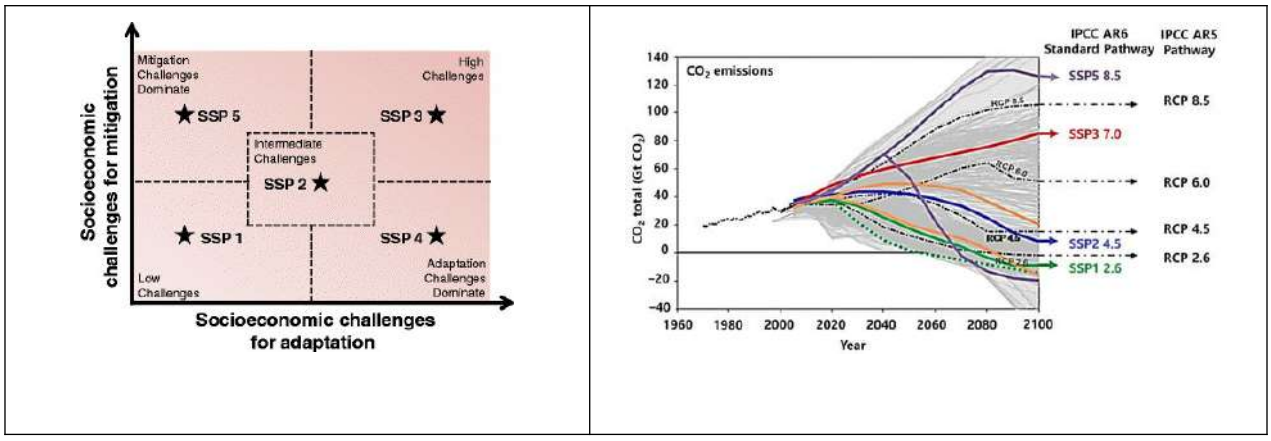


Figura 6.19: A sinistra i nuovi scenari SSP visualizzati nel "challenges to mitigation/adaptation space". A destra il confronto tra i due tipi di scenari

A livello globale le temperature subiranno un generale aumento, da 1,5 °C fino a 4,4°C a fine secolo (best estimate), a seconda dello scenario.

Per le precipitazioni, i processi che regolano il ciclo dell'acqua sono molto complessi e le variazioni attese coinvolgeranno le diverse aree del mondo in modo differente. Tuttavia, si può affermare che, senza forti azioni di mitigazione, il riscaldamento globale – seppur considerando modesti incrementi (+0,5°C), determinerà cambiamenti statisticamente significativi nei valori estremi di temperatura e precipitazione sia a scala globale sia a scala locale (high confidence), con eventi estremi di pioggia attesi anche in aree in cui le precipitazioni cumulate a livello stagionale subiranno una riduzione nei prossimi decenni. In sintesi, il clima futuro sarà caratterizzato da maggiore variabilità, eventi fuori stagione ed eventi estremi più frequenti, in misura più o meno accentuata in funzione dello scenario considerato (da cui discendono corrispondenti azioni di mitigazione più o meno efficaci, diffuse e condivise).

Il riscaldamento globale continuerà ad aumentare nel breve termine in quasi tutti gli scenari SSP e le traiettorie RCP. Sono necessarie riduzioni profonde, rapide e prolungate delle emissioni dei gas a effetto serra (GHG), che permettano di raggiungere emissioni nette zero e che includano anche forti riduzioni nell'emissione di altri gas, come il metano, per limitare il riscaldamento globale a +1,5°C (50%) o al di sotto dei 2°C (67%) entro la fine del secolo (high confidence).

La migliore stima del periodo di raggiungimento di un incremento di temperatura media pari di +1,5°C si attesta tra il 2030 e il 2035, nella maggior parte degli scenari. Nello scenario a minori emissioni (SSP1-1.9) si raggiungeranno emissioni nette zero di CO2 intorno al 2050, e la migliore stima per fine secolo si attesta a +1,4°C.

Se non saranno intraprese forti azioni per ridurre le emissioni di CO2 e degli altri GHG nei prossimi decenni, saranno superati i 2°C nel corso del secolo.

	SSP1-1.9	SSP1-2.6	SSP2-4.5	SSP3-7.0	SSP5-8.5
Near term, 2021–2040	1.5 [1.2 to 1.7]	1.5 [1.2 to 1.8]	1.5 [1.2 to 1.8]	1.5 [1.2 to 1.8]	1.6 [1.3 to 1.9]
Mid-term, 2041–2060	1.6 [1.2 to 2.0]	1.7 [1.3 to 2.2]	2.0 [1.6 to 2.5]	2.1 [1.7 to 2.6]	2.4 [1.9 to 3.0]
Long term, 2081–2100	1.4 [1.0 to 1.8]	1.8 [1.3 to 2.4]	2.7 [2.1 to 3.5]	3.6 [2.8 to 4.6]	4.4 [3.3 to 5.7]

Figura 6.20 Variazione della temperatura media globale, mediata su 20 anni. La variazione è rappresentata in °C relativi al periodo di riferimento 1850-1900, per i tre periodi inseriti nella prima colonna a sinistra. I valori in tabella forniscono sia il valore medio sia gli estremi nell'intervallo di confidenza (5–95%)

6.2.1.1 SCENARI SUL TERRITORIO PIEMONTESE

Nell'ambito delle attività legate alla costruzione della Strategia Regionale sui Cambiamenti Climatici, Regione Piemonte e Arpa Piemonte hanno elaborato due rapporti di ricerca che illustrano nel dettaglio l'andamento delle principali variabili climatiche sul territorio piemontese: il primo[1] consente di analizzare i cambiamenti climatici dal 1981 al 2010 e il secondo[2], attraverso l'utilizzo di un ensemble di modelli climatici regionali di ultima generazione, opportunamente trattati per adeguarli al clima del territorio regionale, consente di tracciare una proiezione dell'evoluzione climatica del Piemonte fino a fine secolo.

Nel rapporto climatico regionale sul futuro si sono considerati lo scenario RCP4.5, che rappresenta uno scenario con azioni di mitigazione (legate, per esempio, agli impegni dell'accordo

[1] https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2020-07/analisi_clima_regionale_1981-2010.pdf
[2] https://www.regione.piemonte.it/web/sites/default/files/media/documenti/2020-07/analisi_scenari_clima_regionale_periodo_2011-_2100.pdf

di Parigi), tali da consentire una diminuzione delle emissioni di GHG dopo il 2070 e una stabilizzazione al 2100, e lo scenario RCP8.5, che rappresenta lo scenario a elevate emissioni - quello tendenziale senza politiche di mitigazione efficaci.

VARIABILI CLIMATICHE

Per gli scopi del presente documento è necessario evidenziare gli impatti delle forzanti climatiche principalmente sulle zone di pianura, in cui si registra la maggiore concentrazione di inquinanti. Per questo motivo nei paragrafi seguenti non si riportano nel dettaglio descrizioni e commenti sugli andamenti attesi per la fascia montana a pedemontana, per i quali si rimanda alla lettura completa del rapporto regionale.

Temperatura

A livello regionale sia le temperature massime sia le minime mostrano una tendenza positiva significativa dal punto di vista statistico al 2100, per entrambi gli scenari emissivi, con un incremento complessivo di circa 2 °C a fine secolo nello scenario di mitigazione e 4 °C per lo scenario tendenziale. In generale non si rileva una differenza sostanziale nell'aumento delle massime rispetto alle minime, mentre si osserva un incremento più marcato a quote oltre i 700 m.

Come si vede nelle mappe di variazione della temperatura media, nello scenario RCP4.5 vi è un incremento accentuato dal 2040 fino a fine secolo, da +1°C a +3°C, nonostante la stabilizzazione del livello di CO2 in atmosfera previsto dallo scenario emissivo, con gli aumenti superiori previsti in estate. Questo incremento anche nell'ultimo trentennio conferma a scala locale quanto avviene a scala globale, a causa della forte inerzia del sistema terrestre a rispondere alla diminuzione delle emissioni di gas ad effetto serra con un'inversione di tendenza rispetto all'aumento di temperatura già registrato e atteso per i prossimi decenni.

Nello scenario RCP8.5, la temperatura media aumenta fino alla fine del secolo con un incremento massimo nell'ultimo trentennio, in particolare in inverno e in estate. Già nel trentennio intermedio, comunque, molte zone della regione vedono un aumento tra i 2°C e i 3 °C in estate e in inverno. Nell'ultimo trentennio le variazioni superano 4 °C su quasi tutti i settori.

Anche in questo scenario, durante l'estate gli aumenti sono maggiori, con variazioni che sfiorano i +5° C su tutte le pianure.

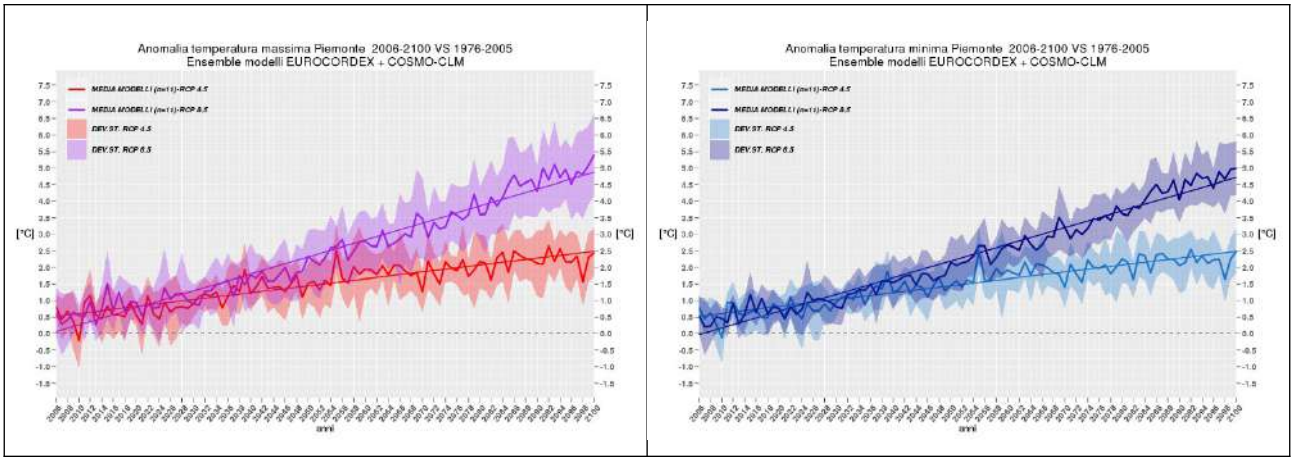


Figura 6.21 Andamento dell'anomalia della temperatura massima (a sinistra) e minima (a destra) media annuale dal 2006 al 2100 rispetto al periodo di controllo 1976-2005, sull'intera regione. Le due curve sono rappresentative degli scenari RCP4.5 e RCP8.5. Le linee continue rappresentano il valor medio delle simulazioni modellistiche ("ensemble mean"), le aree colorate rappresentano la deviazione standard tra le diverse simulazioni (l'incertezza del trend dipendente dai diversi modelli) e le rette le tendenze lineari.

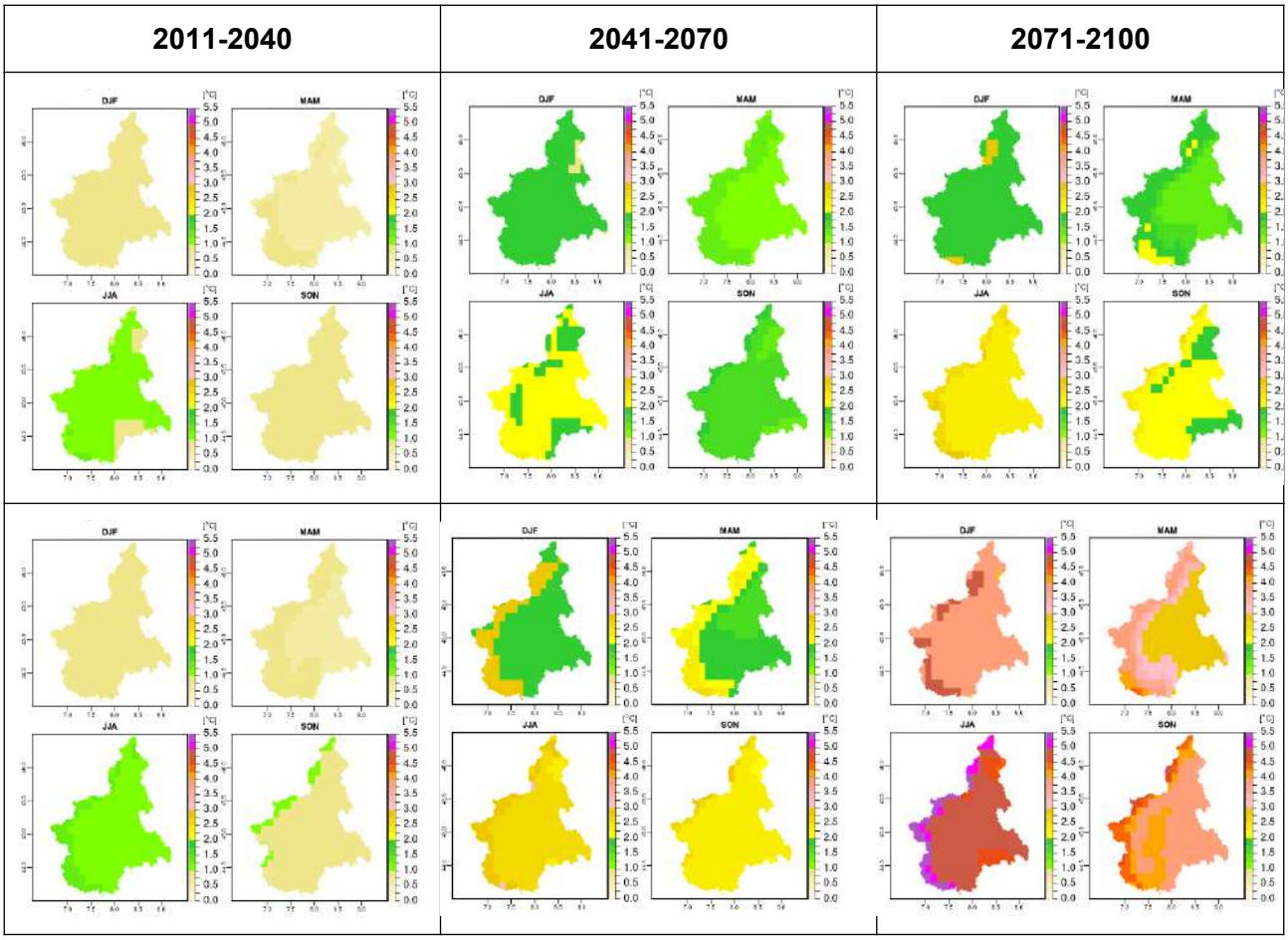


Figura 6.22 Variazioni della temperatura media stagionale nel periodo 2011-2040 rispetto al 1976-2005 (prima colonna), nel periodo 2041-2070 rispetto al 1976-2005 (seconda colonna), nel periodo 2071-2100 rispetto al 1976-2005 (terza colonna). Prima riga, scenario RCP4.5. e seconda riga, scenario RCP8.5. Tutte le variazioni sono statisticamente significative al livello di confidenza del 95%.

PRECIPITAZIONE

A livello regionale complessivo, le precipitazioni cumulate annuali mostrano tendenze negative per entrambi gli scenari, non significative tuttavia dal punto di vista statistico.

La variabilità inter-annuale rimane molto elevata e non si riscontrano, anche qualitativamente, delle periodicità. Analizzando il ciclo annuale, si osserva una modifica del regime pluviometrico, con una diminuzione della precipitazione primaverile, che, nel corso del secolo tende a non essere più la stagione a maggiore piovosità. Il mese di luglio, risulta il secondo mese più asciutto dopo il minimo invernale di dicembre. Il mese di gennaio, e quello di febbraio nel solo scenario RCP4.5, sono i mesi in cui si ha un lieve incremento di precipitazione. Nello scenario RCP8.5 la diminuzione della precipitazione primaverile è più graduale rispetto a quella dello scenario RCP4.5.

Come si nota dalla Figura 6.23, nello scenario RCP4.5 la variazione percentuale della precipitazione cumulata stagionale nei trentenni 2011-2040, 2041-2070 e 2071-2100 mostra un aumento modesto in pianura nel periodo invernale, poiché valori tra il 10 e il 20% sono relativi alle zone a quote maggiori. In estate si osserva una diminuzione, in particolare sulle pianure meridionali e sul Verbano.

Nello scenario RCP8.5 si osserva un aumento lievemente maggiore della precipitazione invernale, anche consistente, solo nell'ultimo trentennio ma non in pianura. In estate è attesa una diminuzione graduale, già a breve termine sulla zona del Cuneese e successivamente su tutta la

regione, con un deficit che arriva fino al 30% a fine secolo. Anche in primavera si vede una diminuzione della precipitazione a partire da circa metà secolo.

Un aspetto importante delle piogge è la loro distribuzione nel tempo. Negli scenari futuri il numero di giorni piovosi tende a diminuire, in modo uniforme nello scenario con mitigazione e limitato mediamente a -5/-8 giorni all'anno; in modo più evidente a fine secolo nello scenario tendenziale, dove arriva fino a -15 giorni all'anno su gran parte della regione. Se consideriamo una quantità di pioggia giornaliera più elevata (ad esempio 30 mm) si evince invece un aumento del numero di giorni piovosi, intorno al 10-20% nello scenario RCP4.5 e del 10-15% nello scenario RCP8.5. Questo fornisce un'indicazione di incremento delle precipitazioni più intense e, nello stesso tempo, ci dice che i meccanismi di formazione degli eventi estremi non dipendono linearmente dagli scenari emissivi, ma giocano un ruolo importante i meccanismi di retroazione, che rendono difficile la loro previsione, anche climatica.

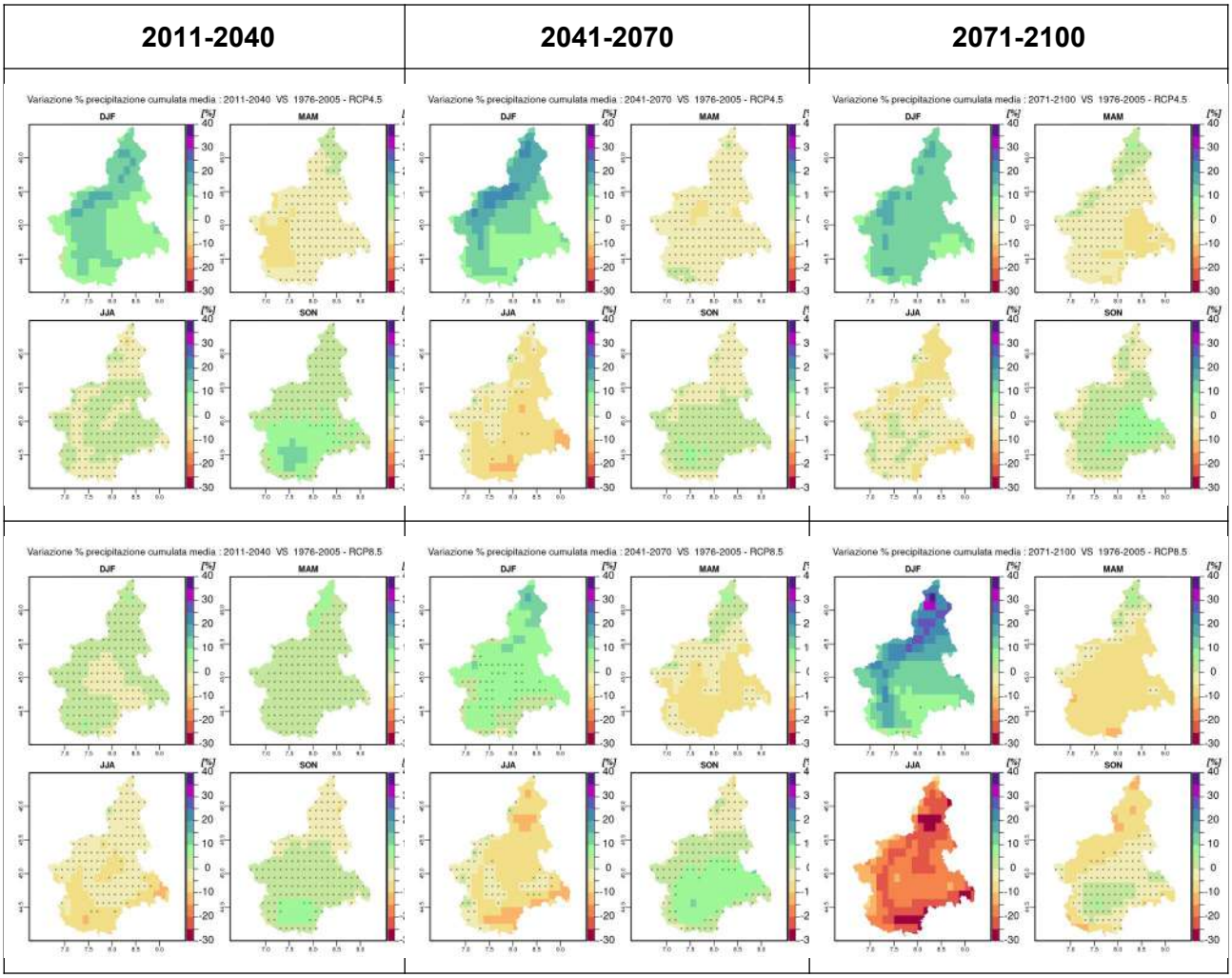


Figura 6.23 Variazione percentuale della precipitazione stagionale nei trentenni 2011-2040 rispetto al 1976-2005 (prima colonna), nel periodo 2041-2070 rispetto al 1976-2005 (seconda colonna), nel periodo 2071-2100 rispetto al 1976-2005 (terza colonna) per lo scenario RCP4.5 (riga in alto), RCP 8.5 (riga in basso). I pixel contrassegnati da croci non sono significativi dal punto di vista statistico (tecnica bootstrap, livello di confidenza 95%).

Per quanto riguarda i periodi di siccità, osservando la variazione del numero massimo annuale di giorni consecutivi senza precipitazione, nello scenario RCP4.5, si evince una generale tendenza all'aumento della durata dei periodi secchi anche se permane una discreta variabilità fino a fine

secolo, che alterna periodi più piovosi a periodi secchi pluriannuali. L'incremento si ha soprattutto dopo la metà del secolo.

Nello scenario RCP8.5 questa tendenza è ancora più evidente a partire dalla seconda metà del secolo con valori che, a partire dal 2070 diventano più elevati, così come la frequenza degli anni siccitosi e l'interessamento delle quote più alte. Dal 2080 la possibilità di avere anni mediamente più piovosi tenderà a ridursi significativamente.

Complessivamente l'analisi conferma quanto contenuto nel VI Rapporto di Valutazione, anzi in alcune zone si superano i valori medi attesi a scala globale, dal momento che le Alpi sono considerate un "hot spot" dei cambiamenti climatici, ovvero aree più sensibili e più vulnerabili al clima che cambia. Gli impatti sulla qualità dell'aria sembrano avvenire principalmente in estate a causa di temperature elevate e apporti di precipitazioni inferiori, con conseguenze sulla produzione di ozono troposferico. Inoltre, l'aumento dei periodi siccitosi previsto con lo scenario RCP 8.5, contribuisce alla permanenza dagli inquinanti in atmosfera lungo i vari mesi dell'anno. L'unico risultato positivo è rappresentato dall'aumento delle temperature invernali in pianura, che favoriscono minore utilizzo degli impianti di riscaldamento domestico, come si vedrà meglio nei paragrafi successivi.

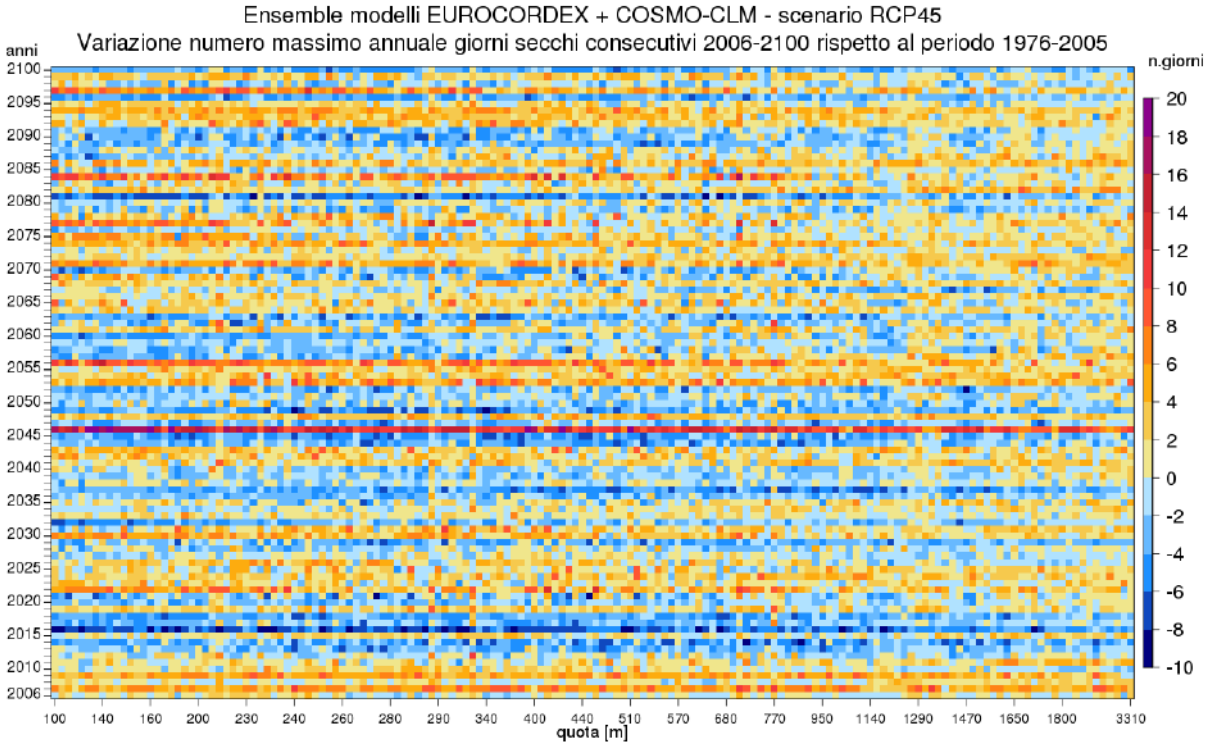


Figura 6.24 Variazione del numero massimo di giorni consecutivi senza precipitazione, per ogni anno (ordinate) e per ogni punto di griglia ordinati secondo la quota, dalle più basse alle più elevate (ascisse). La variazione è calcolata rispetto al valore medio del periodo 1976-2005, per lo scenario RCP4.5.

INDICATORI CLIMATICI AREE URBANE

Come accennato nel paragrafo 6.2, gli impatti principali sulla qualità dell'aria sono connessi sia alla produzione di ozono - elevate temperature e siccità estive-, sia a concentrazioni di inquinanti e particolato legato a combustibili fossili e prodotti della combustione – riscaldamento domestico e incendi boschivi. Per questi motivi è utile valutare le proiezioni di alcuni indicatori specifici.

NUMERO DI NOTTI E GIORNI TROPICALI

I numero di notti tropicali (notti con temperatura minima maggiore di 20°C) mostra un deciso aumento in entrambi gli scenari, con valori che superano i 30 giorni a fine secolo per lo scenario RCP4.5 e i 60 giorni per lo scenario RCP8.5. Naturalmente questa variazione è superiore per le zone di pianura anche se alcune zone di fondovalle iniziano ad essere interessate a partire dalla metà del secolo.

Anche il numero di giorni tropicali (giorni con temperatura massima maggiore di 30°C) mostra un deciso aumento, con valori che arrivano fino a 30 giorni a fine secolo nello scenario RCP4.5 e superano i 60 giorni per lo scenario RCP8.5. Poiché si ipotizza che questo incremento sia legato principalmente alla stagione estiva, si può affermare che più della metà del periodo estivo a metà secolo sarà caratterizzato da giorni tropicali e quasi l'intera estate a fine secolo, in particolare nello scenario tendenziale. Anche in questo caso la variazione è superiore per le zone di pianura anche se alcune zone di fondovalle iniziano ad essere interessate a partire dalla metà del secolo.

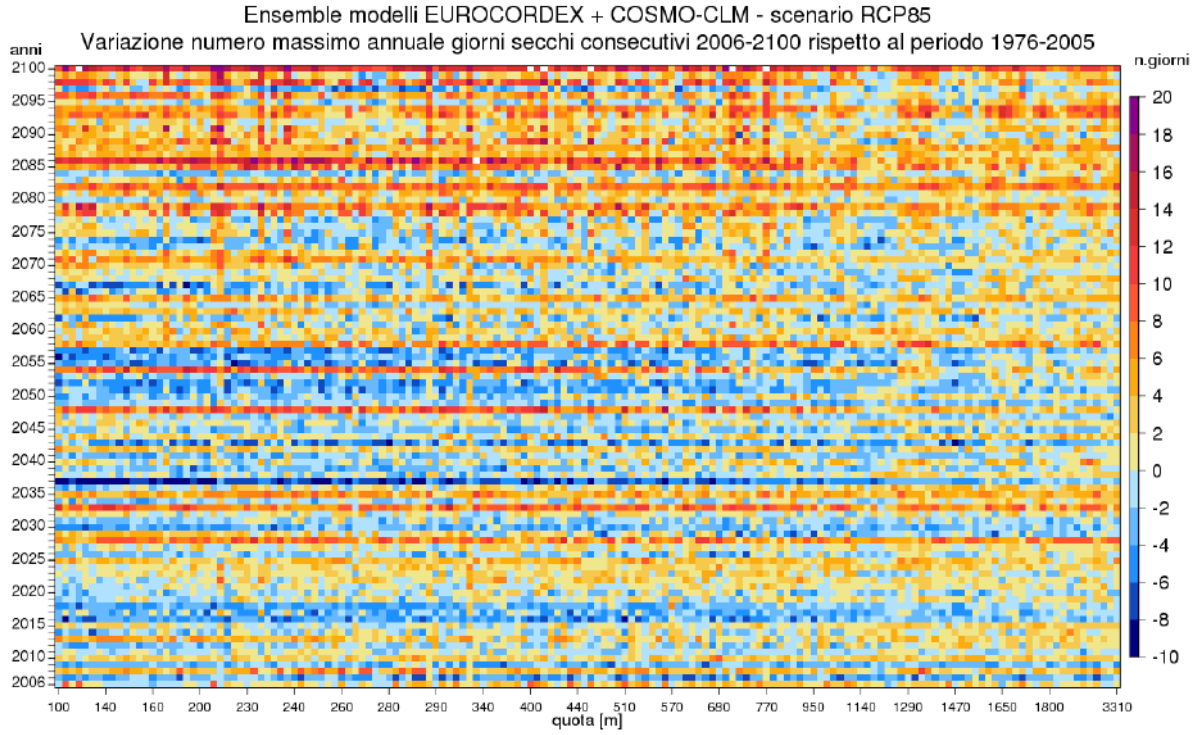


Figura 6.25: Variazione del numero massimo di giorni consecutivi senza precipitazione, per ogni anno (ordinate) e per ogni punto di griglia ordinati secondo la quota, dalle più basse alle più elevate (ascisse). La variazione è calcolata rispetto al valore medio del periodo 1976-2005, per lo scenario RCP8.5.

NUMERO DI GIORNI DI GELO

Il numero di giorni di gelo tende a diminuire in entrambi gli scenari, in modo abbastanza graduale per lo scenario RCP4.5. Per lo scenario RCP8.5 la variazione è via via più importante e raggiunge, a fine secolo, valori tra i -20 e i 40 sulle pianure, fino a -60gg. alle quote maggiori.

GIORNI DI RISCALDAMENTO E DI RAFFRESCAMENTO

Gli indicatori appena descritti sono da legare alla qualità dell'aria anche per le conseguenze legate al consumo energetico, che tende pertanto ad aumentare in estate e diminuire invece nel periodo invernale, grazie all'aumento delle temperature minime anche in pianura.

Sempre in riferimento ai consumi energetici, l'indicatore di riferimento nel periodo invernale è rappresentato dai gradi giorno di riscaldamento HDD.

I "gradi giorno di riscaldamento" HDD sono un parametro empirico utilizzato per il calcolo del fabbisogno termico di un edificio e rappresentano la somma delle differenze tra la temperatura dell'ambiente riscaldato (convenzionalmente 20 °C) e la temperatura media esterna; la differenza viene conteggiata solo se positiva. I gradi giorno di riscaldamento sono stati calcolati nel periodo novembre-maggio con un valore soglia pari a 20 °C.

Ricordiamo che Il D.P.R. 412/93 e s.m.i. definisce le fasce climatiche in cui viene suddiviso il territorio italiano, mentre il D.P.R. 74/2013 definisce le tempistiche di accensione degli impianti di riscaldamento, secondo la tabella seguente.

Fasce climatiche	D.P.R. 412/93 e s.m.i.	D.P.R. 74/2013
A	gradi giorno tra 0 - 600	ore 6 giornaliere dal 1° dicembre al 15 marzo;
B	gradi giorno tra 600 - 900	ore 8 giornaliere dal 1° dicembre al 31 marzo
C	gradi giorno tra 900 - 1400	ore 10 giornaliere dal 15 novembre al 31 marzo
D	gradi giorno tra 1400 - 2100	ore 12 giornaliere dal 1° novembre al 15 aprile
E	gradi giorno tra 2100 - 3000	ore 14 giornaliere dal 15 ottobre al 15 aprile
F	gradi giorno maggiore di 3000	nessuna limitazione

Figura 6.26 Fasce climatiche e tempistiche di accensione degli impianti di riscaldamento

I gradi giorno di riscaldamento in Figura 6.27 mostrano una diminuzione del valore percentuale in entrambi gli scenari, più marcato per lo scenario RCP8.5 a fine secolo.

Nello scenario RCP4.5 la variazione, nell'ultimo trentennio del secolo, raggiunge al massimo il 15-20%. Questo comporterà una variazione della fascia climatica limitata ad alcune zone di pianura dalla E alla D e alcune aree fino alla fascia prealpina dalla fascia climatica F alla E. Nessun cambiamento di fascia climatica è atteso invece per le zone di montagna, dove, tra l'altro, la variazione percentuale è inferiore.

Nello scenario RCP8.5, la variazione percentuale del 15-20% si raggiunge intorno alla metà del secolo, mentre nell'ultimo trentennio la variazione raggiunge il 25-30%. Questo comporterà una variazione di classe per la maggior parte del territorio regionale, ad eccezione delle zone montane dove attualmente i gradi giorno sono superiori a 4000. Le variazioni attese sono dalla classe F alla E, e dalla E alla D. Nessun punto del territorio raggiungerà una classe climatica inferiore alla D.

È necessario analizzare anche l'indicatore complementare relativo alla stagione estiva - gradi giorno di raffrescamento CDD -, poiché il maggior utilizzo di impianti di condizionamento ha un impatto sull'ambiente causato da una maggior consumo di energia elettrica ed un conseguente aumento di inquinanti in atmosfera, se l'approvvigionamento energetico deriva da combustibili fossili. Nello scenario RCP4.5, gli aumenti vanno dal 75% nel primo trentennio, al 150% nel

secondo, fino al 200-300% nell'ultimo trentennio, dove i valori più elevati riguardano la fascia prealpina.

Nello scenario tendenziale RCP8.5 i valori sono superiori, arrivando al 100% nel primo trentennio, tra il 150% e il 200% nel secondo trentennio, con valori superiori al 200% sulla fascia prealpina e, nell'ultimo trentennio i valori sono intorno al 400% in pianura e sulle zone montane di confine, superando il 600-700% nella fascia prealpina. Questo significa che la necessità di raffrescamento per adattarsi alle nuove temperature estive aumenterà fino a triplicare rispetto alle condizioni attuali nello scenario con iniziative di mitigazione, e fino a 8-9 volte rispetto alle attuali nello scenario tendenziale.

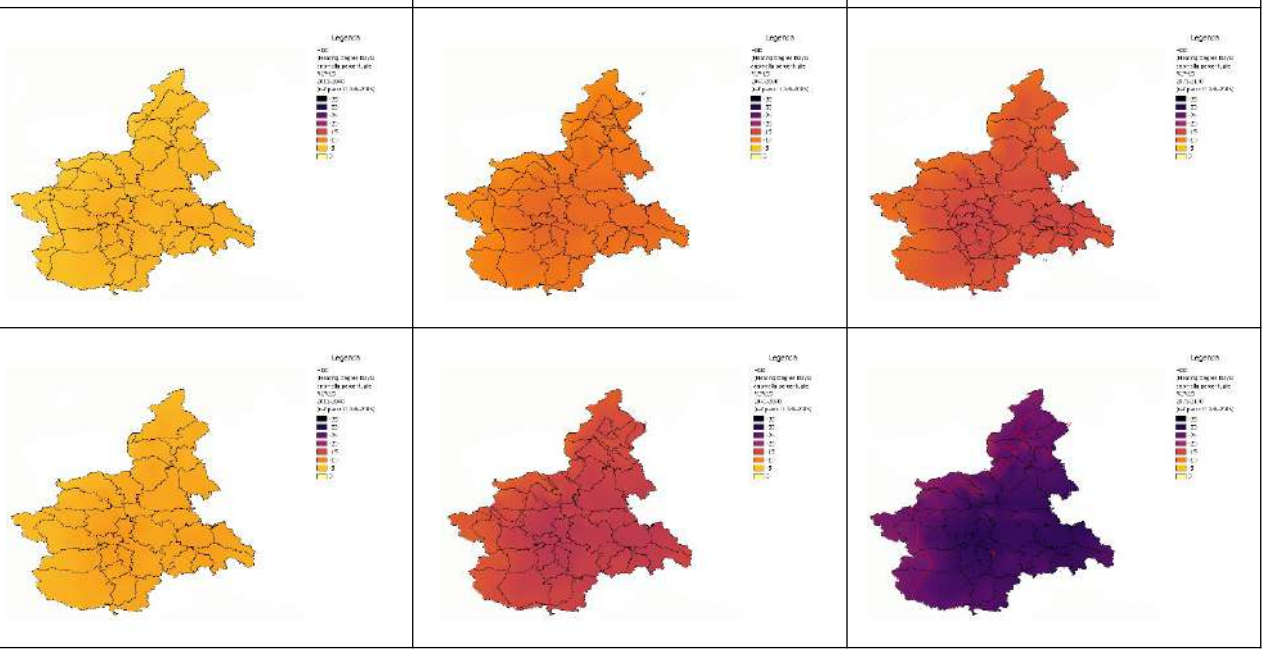
2011-2040	2041-2070	2071-2100
		

Figura 6.27: Variazione percentuale dei "gradi giorno di riscaldamento" HDD calcolati da novembre a maggio, nei trentenni 2011-2040 (prima colonna), 2041-2070 (seconda colonna) e 2071-2100 (terza colonna) rispetto al periodo di controllo 1976-2005, per lo scenario RCP4.5 (riga in alto) e per lo scenario RCP8.5 (riga in basso).

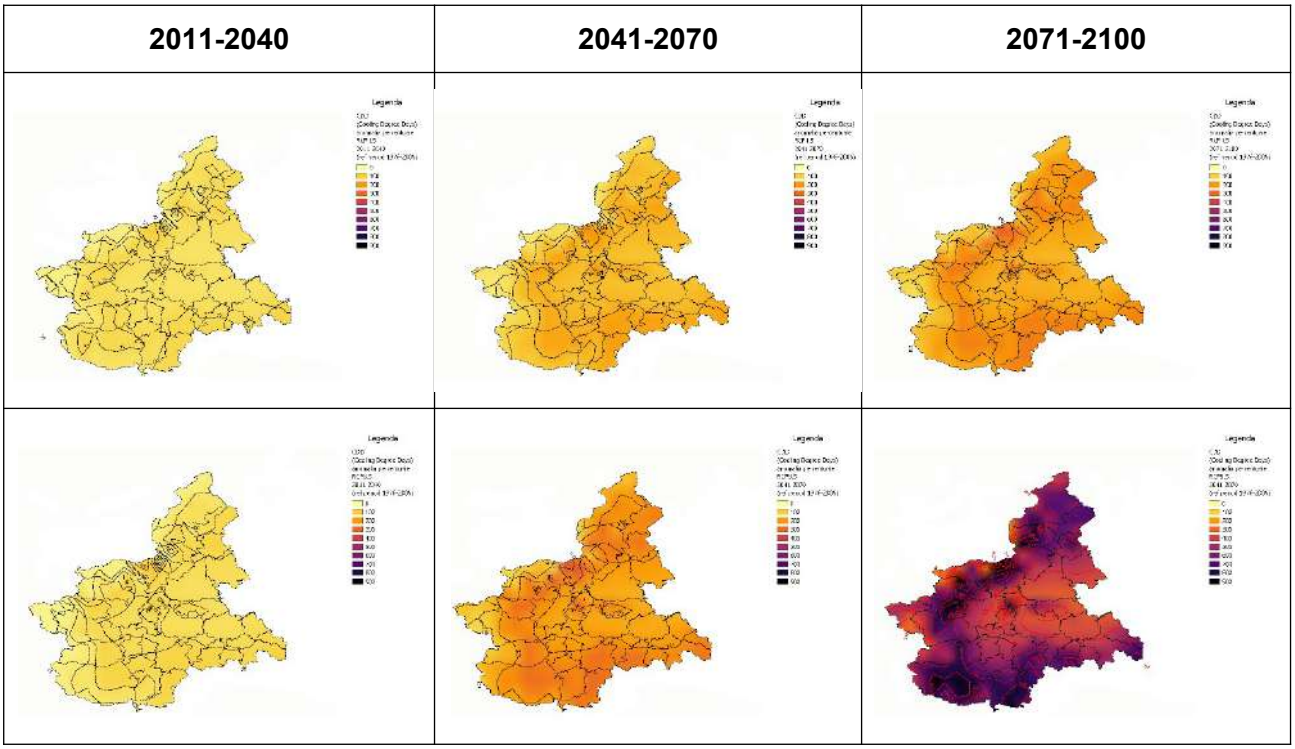


Figura 6.28: Variazione percentuale dei "gradi giorno di raffrescamento" (CDD) calcolati da giugno a settembre, nei trentenni 2011-2040 (prima colonna), 2041-2070 (seconda colonna) e 2071-2100 (terza colonna) rispetto al periodo di controllo 1976-2005, per lo scenario RCP4.5 (riga in alto) e per lo scenario RCP8.5 (riga in basso).

INCENDI BOSCHIVI

Sinteticamente, negli scenari climatici futuri, soprattutto durante la stagione vegetativa (periodo da aprile ad ottobre) le proiezioni mostrano un aumento marcato non soltanto nel numero di giorni con condizioni predisponenti l'innesco, ma anche incendi ad alta velocità di propagazione, persistenti e caratterizzati da difficoltà di spegnimento.

CONCLUSIONI

Dalle variabili analizzate e dagli andamenti previsti dai modelli climatici regionali, si ottiene un quadro climatico in cui i maggiori impatti sulla emissione di inquinanti in atmosfera si avranno durante i mesi più caldi, causati da più fattori combinati insieme. Nei mesi più freddi, i risultati suggeriscono invece un probabile, seppur modesto, miglioramento, dovuto al minor numero di gradi giorno di riscaldamento e un lieve aumento delle precipitazioni. Se con lo scenario di mitigazione RCP 4.5 le principali variabili climatiche – temperatura e precipitazione - sembrano raggiungere un picco a metà secolo per poi ridurre le proprie variazioni a fine secolo, dagli indicatori climatici previsti con lo stesso scenario RCP 4.5 non emerge lo stesso andamento. Infatti, la combinazione di temperatura e precipitazione, con i complessi meccanismi di retroazione associati, determinano degli impatti via via sempre più marcati fino a fine secolo.

Con lo scenario RCP 8.5 invece anche le proiezioni delle forzanti principali evidenziano variazioni sempre più accentuate e continue, come atteso, fino a fine secolo, così come gli indicatori corrispondenti. Si notano cambiamenti significativi quasi ovunque già nel trentennio 2041-2070, sempre più rilevanti nell'ultimo trentennio 2071-2100.

6.3 I FATTORI DI PRESSIONE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

La pianificazione regionale sulla qualità dell'aria ha il compito di individuare e attuare nuove strategie che consentano di ottenere continui miglioramenti nell'ambito del percorso di risanamento atmosferico. Tale obiettivo non può prescindere da un approccio di valutazione ambientale in grado di integrare i dati di monitoraggio della qualità dell'aria, le stime sulle sorgenti emissive dell'Inventario Regionale e le elaborazioni modellistiche meteodispersive. Una volta identificati gli inquinanti più critici per ogni area del territorio sulla base delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria, il passo successivo nel percorso di risanamento atmosferico è la determinazione del contributo, per ciascuno degli inquinanti e per ciascuna area, delle varie sorgenti emissive.

Esistono differenti modalità di elaborazione dei dati emissivi in grado di fornire maggiori informazioni sulle criticità legate alle diverse sorgenti:

- la **declinazione spaziale delle emissioni**, ovvero l'attribuzione delle emissioni alle porzioni territoriali che ne sono effettivamente responsabili, tenendo conto degli elementi cartografici disponibili (uso del suolo, layer tematici): ad esempio le emissioni da riscaldamento non sono attribuite all'intero territorio comunale, ma alle sole aree residenziali edificate mentre le emissioni da traffico sono assegnate alle porzioni di suolo relative alle diverse strade.

- la **declinazione temporale delle emissioni**, ovvero la distribuzione delle emissioni annuali dell'Inventario Regionale nelle diverse ore dell'anno, sulla base di profili di modulazione temporale (giornalieri, settimanali, annuali) specifici per ciascuna sorgente, così da evidenziare il reale contributo delle differenti sorgenti emissive nei periodi maggiormente critici dal punto di vista meteorologico, per la ridotta capacità dispersiva dell'atmosfera. A titolo di esempio in Figura 6.29 le emissioni annuali di NO_x e di PM10 sono state ripartite mensilmente, per il Piemonte in alto e per la città di Torino in basso, sulla base di profili di modulazione temporale specifici per ciascun comparto emissivo: come si può osservare dal grafico a barre, nel periodo invernale le emissioni di PM10 sono rappresentate per più del 75% dal riscaldamento domestico mentre le emissioni di NO_x risultano sufficientemente uniformemente distribuite all'interno dell'anno, soprattutto per quanto riguarda le principali sorgenti (traffico e combustione industriale).

La combinazione tra le diverse modalità di rappresentazione delle emissioni può permettere di identificare, nei diversi contesti territoriali e nei diversi periodi dell'anno, le misure di riduzione delle emissioni potenzialmente più efficaci. Va sottolineato che l'Inventario delle Emissioni è in grado di fornire solo le stime quantitative degli inquinanti primari, alcuni dei quali sono precursori degli inquinanti secondari, ma per la quantificazione delle componenti secondarie si deve fare ricorso ai modelli chimici di qualità dell'aria. Inoltre, l'elaborazione su base comunale dei dati dell'inventario regionale (IREA) o la spazializzazione degli stessi sulla griglia di calcolo del sistema modellistico di qualità dell'aria permette una immediata visualizzazione della distribuzione territoriale delle pressioni emissive e può essere utile per uno sguardo d'insieme sulla regione, ma non può essere utilizzata per le valutazioni a scala locale o per l'individuazione delle diverse responsabilità da parte delle sorgenti emissive presenti sul territorio.

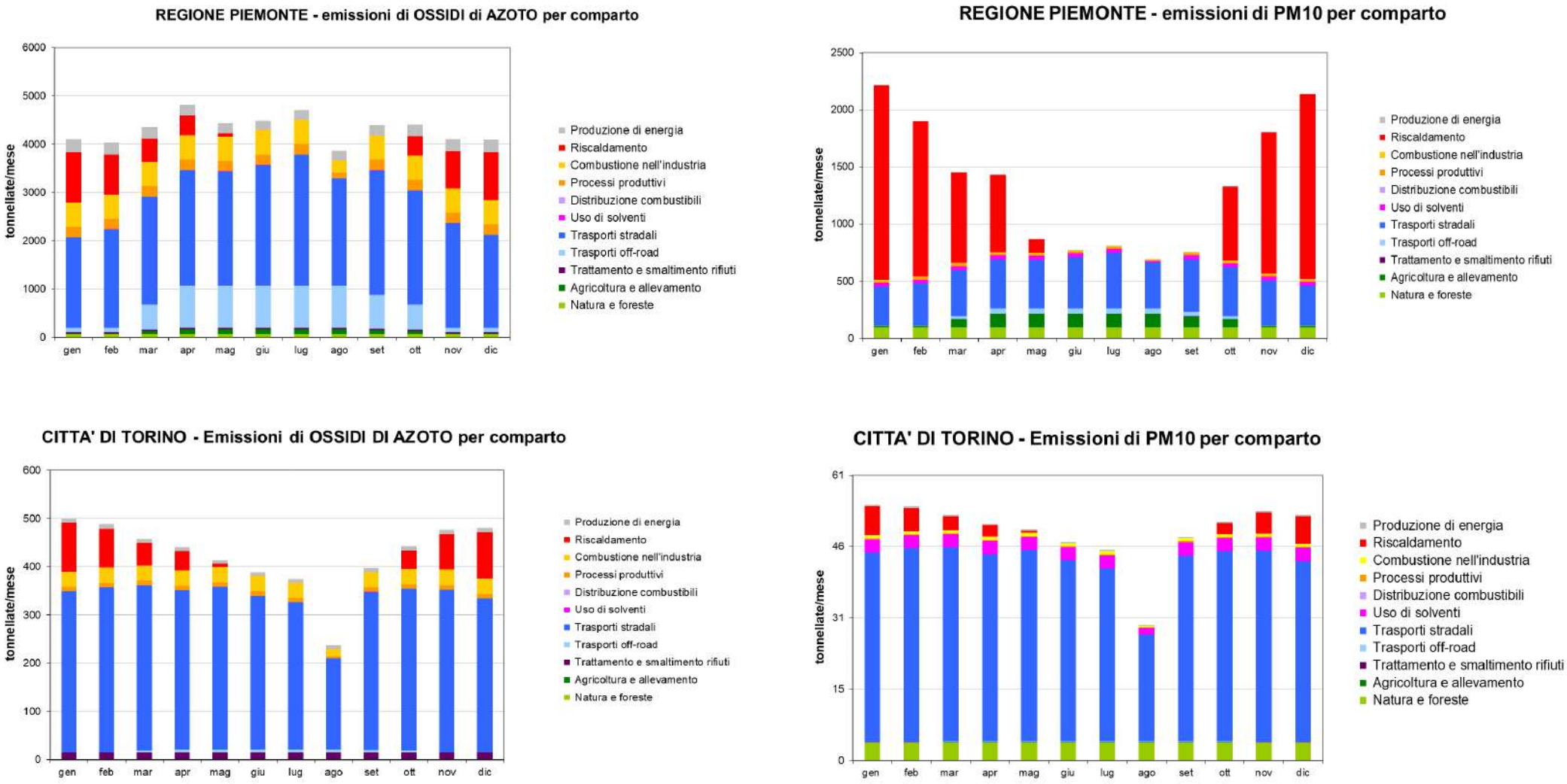


Figura 6.29: Contributo dei comparti emissivi (classificazione SNAP) nel corso dell'anno - IREA 2019

6.3.1 Lo scenario emissivo base

Il quadro emissivo alla base di tutte le elaborazioni del presente Piano Regionale di Qualità dell'Aria è rappresentato dall'ultimo Inventario Regionale delle Emissioni, realizzato dal Settore Emissioni e Rischi Ambientali della Direzione Ambiente, Energia e Territorio della Regione Piemonte, riferito all'anno 2019 (di seguito chiamato IREA 2019); esso fornisce la stima a livello comunale delle emissioni annuali di macro e microinquinanti, disaggregate per attività emissiva ai vari livelli di classificazione SNAP (*Selected Nomenclature for Air Pollution*). Per renderlo maggiormente aderente all'anno base delle simulazioni modellistiche, si è scelto di attualizzare l'inventario all'anno 2023, facendo evolvere con opportuni coefficienti i principali comparti emissivi, quali "Trasporto su strada" e "Combustione non industriale".

Comparto riscaldamento civile

Le maggiori responsabilità emissive del comparto "Combustione non industriale" si concentrano temporalmente nel semestre invernale e sono da ascriversi agli impianti termici "residenziali" a scapito di quelli "commerciali e istituzionali" e di quelli presenti in "agricoltura, silvicoltura e acquacoltura". Le emissioni di ossidi di azoto (NO_x espressi come NO_2) da parte del settore riscaldamento risultano concentrate nei comuni con maggiore densità abitativa in quanto legate alla volumetria residenziale mentre le emissioni di particolato primario (PM10) risultano maggiormente distribuite sul territorio regionale, soprattutto nei centri abitati nei quali risulta più diffuso l'utilizzo della biomassa come combustibile (Figura 6.30).

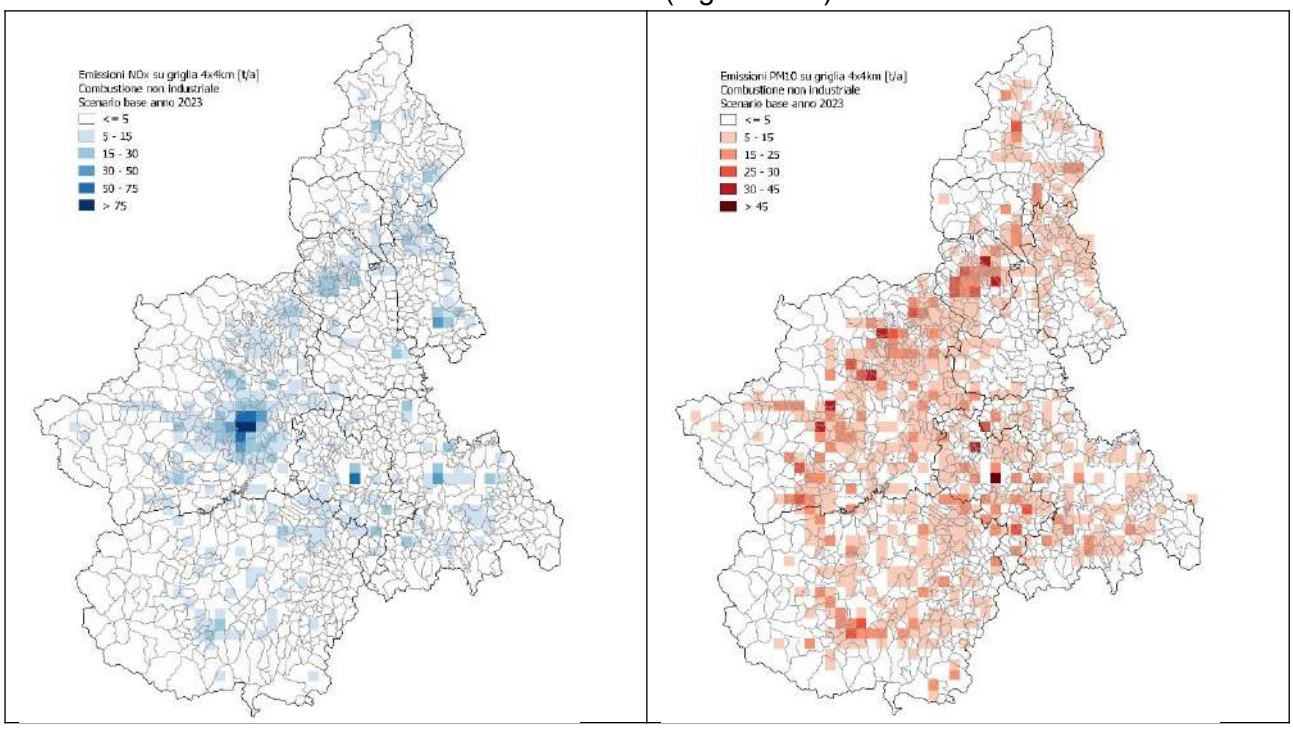


Figura 6.30: Distribuzione sul territorio regionale delle emissioni di IREA 2019 sulla griglia di simulazione con risoluzione 4x4 km legate al macrosettore "Combustione non industriale"

Il combustibile biomassa (principalmente legna e pellet) risulta infatti il principale responsabile delle emissioni di particolato primario legate al riscaldamento civile e, insieme al gas naturale, risulta anche predominante per quanto riguarda le emissioni di ossidi di azoto: si deve tener conto, infatti, che il fabbisogno energetico per riscaldamento civile a livello regionale risulta infatti prevalentemente soddisfatto dall'utilizzo di metano e in misura minore dalla biomassa legnosa.

Regione Piemonte, in collaborazione con il Politecnico di Torino, durante la realizzazione di IREA 2019, ha effettuato un approfondimento nell'ambito del riscaldamento civile, andando a specificare la composizione e il grado di anzianità del parco impianti termici alimentati a biomasse combustibili solide in funzione della stima dei relativi ratei emissivi, a livello comunale. Tale analisi è stata condotta a fronte del fatto che le emissioni di PM10 originate dalla combustione della biomassa del comparto combustione non industriale apportano un contributo del 50% alle emissioni totali.

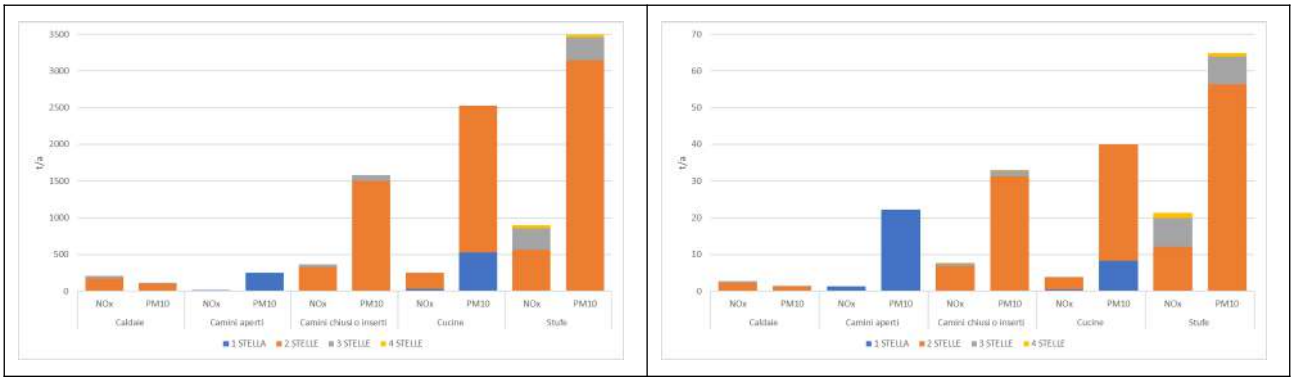


Figura 6.31: Emissioni di NO_X e PM10 ripartite per tipologia di impianto alimentato a biomassa e per numero di stelle (IREA 2019): impianti "residenziali" (a sinistra) e "istituzionali e commerciali" (a destra).

La Figura 6.31 riporta i quantitativi emissivi di ossidi di azoto e particolato primario PM10, distinguendo tra impianti "residenziali" e "istituzionali e commerciali" e mettendo insieme le informazioni relative alla tipologia di generatore di calore e alla loro efficienza di combustione. Questo ultimo dato si basa sulla classificazione delle prestazioni emissive dei generatori di calore indicata nell'Allegato 1 del Decreto Ministeriale n. 186 del 7 novembre 2017 e distribuita in 5 classi, dove 1 stella indica impianti meno efficienti e 5 stelle quelli con migliori performance emissive, a parità di tipologia. In primo luogo, la figura evidenzia lo scarso impiego, al 2019, della biomassa nel settore "riscaldamento istituzionale e commerciale"; emerge inoltre che il parco regionale dei generatori di calore è principalmente costituito da impianti caratterizzati da efficienza energetica modesta (2 stelle) e che, al 2019, la classe 5 stelle non sia ancora presente. Naturalmente le stufe sono gli apparecchi caratterizzati da una maggiore emissione di PM10, essendo anche tra i più diffusi nel parco impianti, come rilevato da un'indagine ISTAT del 2013.

COMPARTO TRASPORTI

Trasporti stradali

Come si può notare dalla Figura 6.32, la distribuzione delle emissioni da traffico degli ossidi di azoto (NO_x espressi come NO_2) e di particolato primario (PM10) risulta corrispondente alla rete stradale regionale principale (autostrade, strade extraurbane e strade urbane); le emissioni risultano altresì concentrate nei maggiori centri abitati in quanto, a livello comunale, è il traffico urbano a dare il maggior contributo ai ratei emissivi totali. Si ricorda, inoltre, che nel computo totale delle emissioni veicolari risultano comprese sia le emissioni esauste, che le non esauste, derivanti quindi dalla risospensione, dalla polverosità determinata da usura freni e pneumatici e dalle emissioni evaporative.

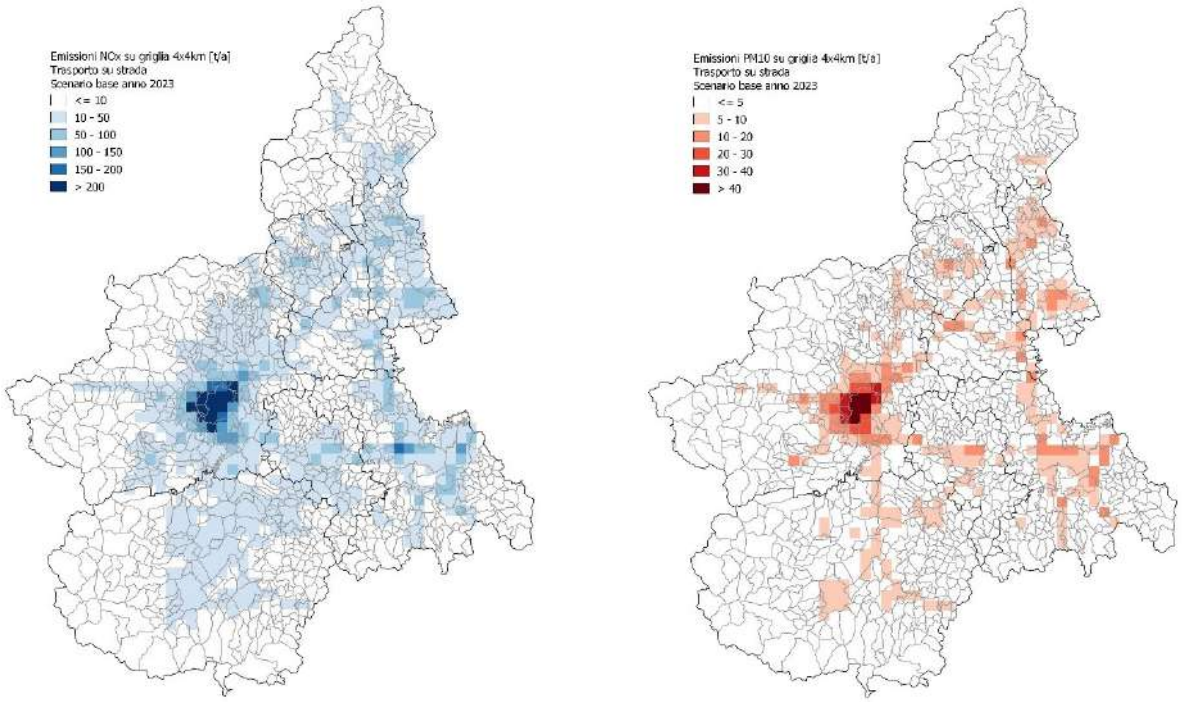


Figura 6.32: Distribuzione sul territorio regionale delle emissioni di IREA 2019 sulla griglia di simulazione con risoluzione 4x4 km legate al macrosettore "Trasporto su strada"

In Figura 6.33 sono rappresentati i contributi emissivi legati alle diverse categorie veicolari (automobili, veicoli leggeri, veicoli pesanti, ciclomotori, motocicli) e alle emissioni non esauste (risospensione ed evaporative, per le quali non vi è classificazione veicolare): come si può notare osservando i grafici, le emissioni di ossidi di azoto sono ascrivibili in particolar modo ai veicoli pesanti e alle automobili mentre le emissioni di PM10 sono per la maggior parte collegate alla componente di risospensione.

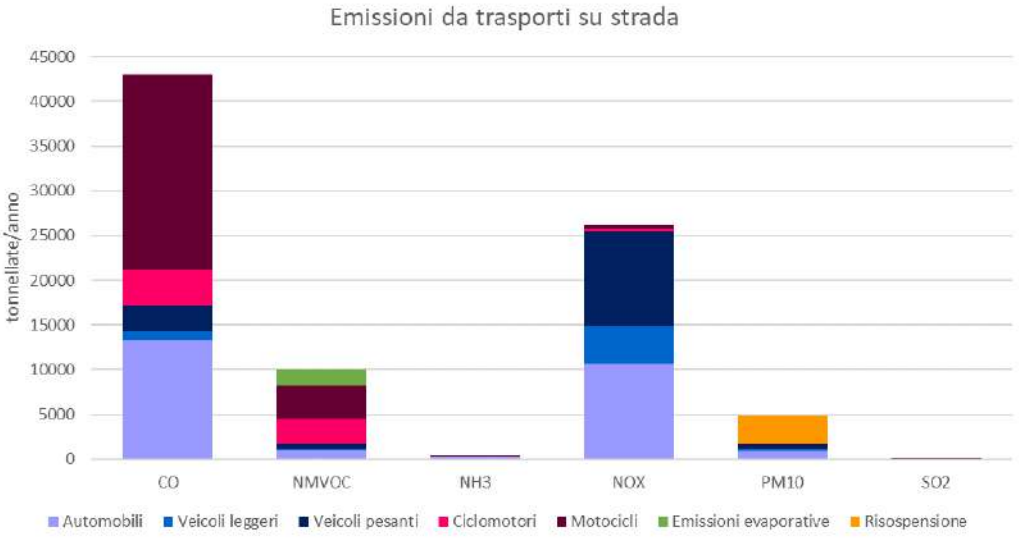


Figura 6.33: Contributo alle emissioni da trasporto su strada delle differenti tipologie di veicoli – IREA 2019

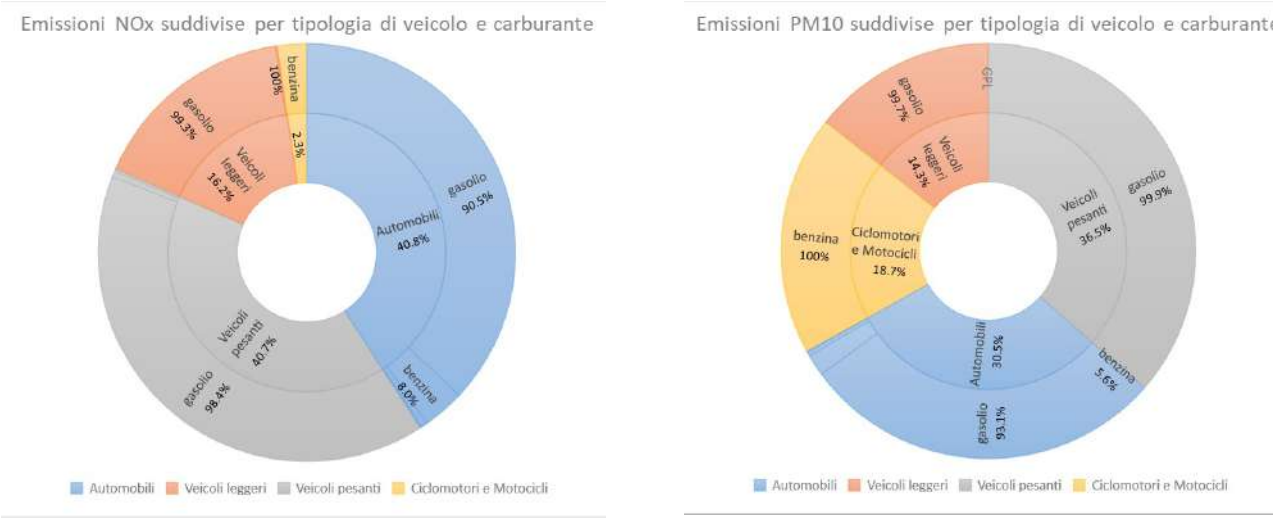


Figura 6.34: Contributo dei vari combustibili per le diverse tipologie di veicolo alle emissioni da trasporto su strada - IREA 2019

In Figura 6.34 sono descritti, invece, i contributi emissivi legati alle diverse categorie veicolari (automobili, veicoli leggeri, veicoli pesanti, ciclomotori, motocicli) e ai diversi carburanti (diesel, benzina, GPL e metano): risultano evidenti le responsabilità dei veicoli alimentati a gasolio per le emissioni di ossidi di azoto (93% del totale) e di particolato PM10 (79%); si sottolinea, per quanto riguarda quest'ultimo inquinante, la mancanza nel grafico della componente di risospensione delle polveri generata dal passaggio dei veicoli che invece ha un ruolo fondamentale sul totale delle emissioni da traffico stradale di PM10 (circa il 63%) e che non può essere suddivisa per tipologia di veicolo e alimentazione.

Altri trasporti

Tra le varie sorgenti che contribuiscono all'inquinamento atmosferico, non va sottovalutato l'apporto proveniente da altre sorgenti mobili quali il traffico ferroviario (locomotive alimentate a gasolio), il traffico aereo (traffico aeroportuale a terra e traffico aereo in quota) e il traffico off-road (mezzi dedicati alle pratiche di agricoltura, silvicoltura e giardinaggio). In Figura 6.35 sono stati messi a confronto i contributi delle diverse sorgenti: è evidente la responsabilità da parte dei macchinari agricoli, generalmente dotati di motori a combustione a ciclo diesel, all'inquinamento da ossidi di azoto (circa 6000 tonnellate/anno) e da PM10.

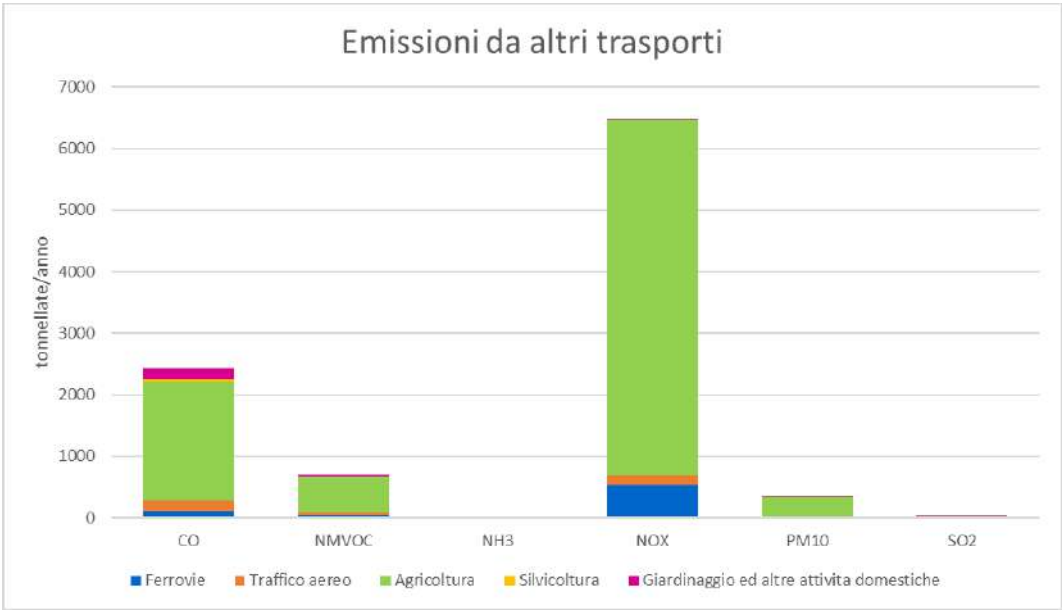


Figura 6.35: Contributo dei diversi settori alle emissioni da "Altri trasporti" - IREA 2019

Le pressioni emissive legate a tale comparto risultano distribuite nelle aree a prevalente a vocazione agricola e nei comuni sedi di aeroporti (Figura 6.36).

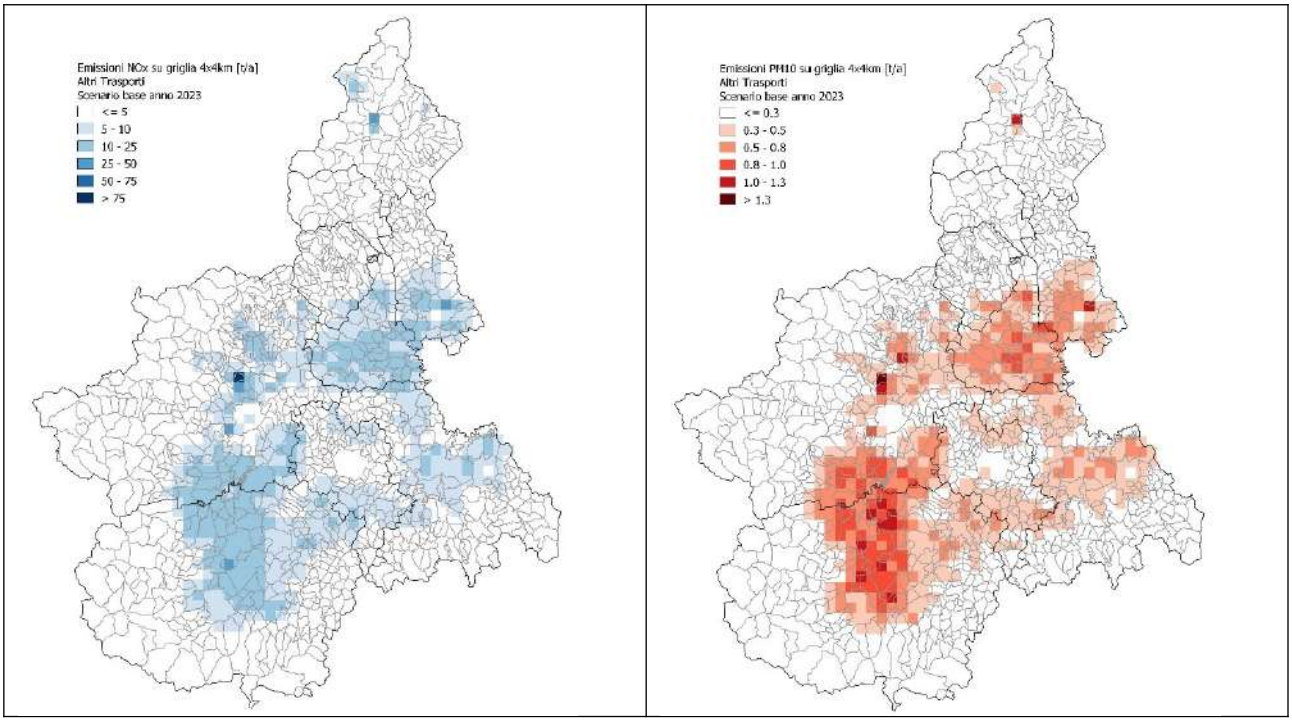


Figura 6.36: Distribuzione sul territorio regionale delle emissioni sulla griglia di simulazione con risoluzione 4x4km legate al comparto "Altri trasporti" - IREA 2019

COMPARTO INDUSTRIA

La distribuzione delle emissioni industriali di ossidi di azoto (NO_x espressi come NO_2) e di composti organici volatili (NMVOC) risulta strettamente connessa alla tipologia di settore industriale e quindi alla localizzazione sul territorio delle grandi attività produttive (Figura 6.37). In particolare, gli ossidi di azoto sul territorio piemontese sono legati alla presenza di centrali termoelettriche e ai processi produttivi (cementifici, industrie per la lavorazione del vetro e laterizi, etc.) mentre i composti organici volatili possono essere attribuiti principalmente all'uso industriale

di solventi (attività di verniciatura, etc.) e ai processi produttivi, in special modo alla produzione di composti chimici, come risulta da Figura 6.37.

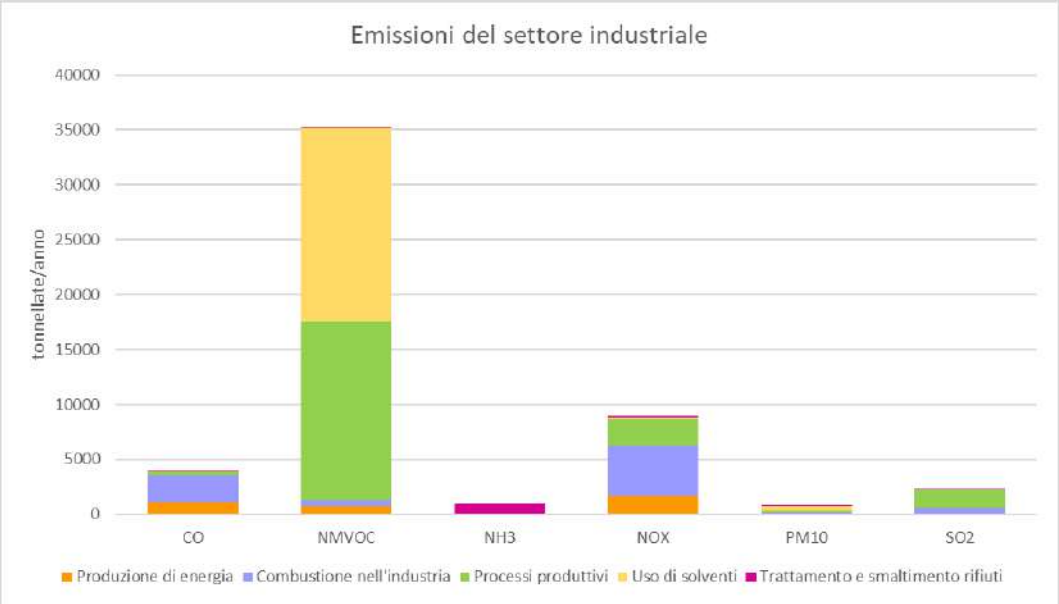


Figura 6.37: Contributo dei diversi settori alle emissioni legate al comparto industriale - IREA 2019

COMPARTO AGRICOLTURA

Le emissioni di ammoniaca (NH_3) derivanti dal comparto "Agricoltura" sono localizzate principalmente in provincia di Cuneo e nel settore meridionale della provincia di Torino (Figura 6.38).

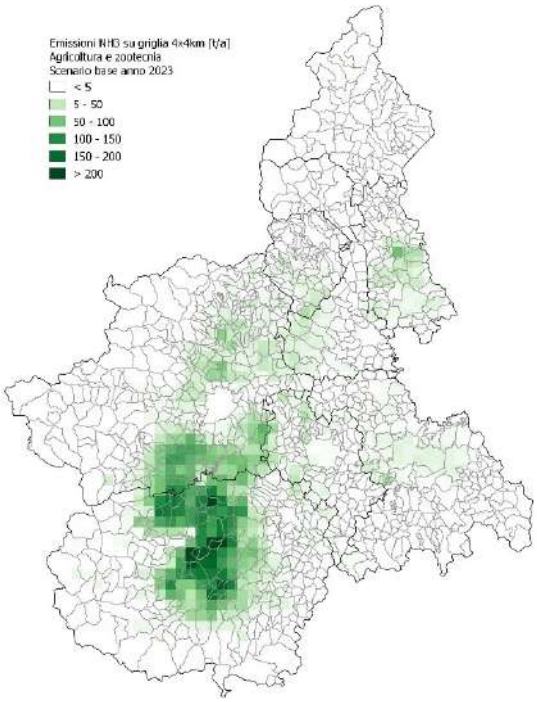


Figura 6.38: Distribuzione sul territorio regionale delle emissioni di IREA 2019 sulla griglia di simulazione con risoluzione 4x4 km legate al macrosettore "Agricoltura"

Le emissioni di NH_3 da colture agricole, legate all'utilizzo di fertilizzanti nei terreni arabili, risultano distribuite in quattro aree del territorio regionale: le prime due corrispondono a basso Novarese e basso Vercellese, la terza è centrata sulla provincia di Cuneo (con estensione nella parte meridionale della provincia di Torino) e la quarta nell'Alessandrino (Figura 6.38). Come si può notare dalla Figura 6.39, dal punto di vista dei quantitativi, le emissioni di ammoniaca sono ascrivibili per massima parte al comparto zootecnico (Figura 6.39 a destra), particolarmente abbondanti negli allevamenti di maiali, bovini, polli e altri avicoli, diffusi soprattutto nell'area sud-occidentale del Piemonte, ossia nelle province di Cuneo e Torino.

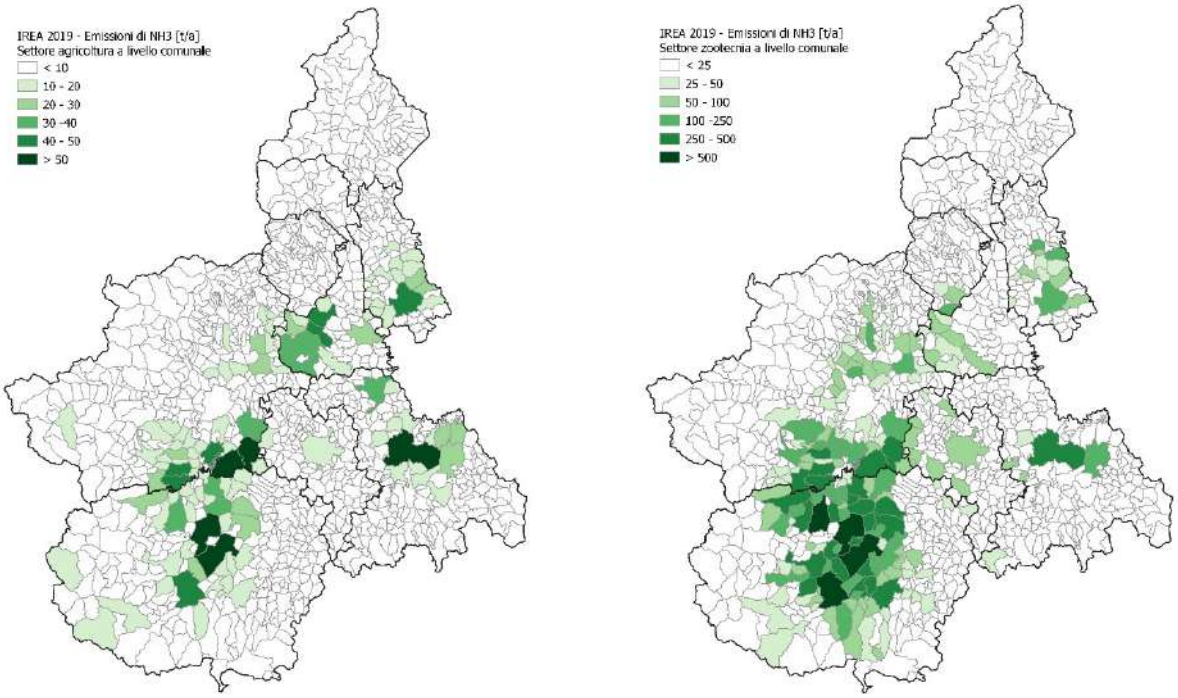


Figura 6.39: Distribuzione sul territorio regionale delle emissioni comunali di ammoniaca legate alle colture agricole a sinistra e alla zootecnia a destra - IREA 2019

Alla stima dei ratei emissivi derivanti dalla gestione dei reflui azotati (afferenti alla matrice allevamento) sono state apportate sostanziali modifiche rispetto alle versioni precedenti dell'IREA: infatti, per le aziende zootecniche che producono valori di azoto escreto superiori a 3000 kg annui (dedite all'allevamento di bovini, suini, scrofe, avicoli, conigli e bufalini), tali emissioni sono state calcolate a partire dall'azoto escreto prodotto in ciascuna fase di gestione del refluo (ovvero stabulazione, stoccaggio e spandimento), utilizzando l'applicativo BAT-tool[3] sviluppato nell'ambito del progetto europeo Life Prepair[4]. Per le restanti aziende con valori di azoto zootecnico inferiori a 3.000 kg/a e per le specie non previste da tale applicativo (equini, ovini e caprini), la stima emissiva è stata ottenuta servendosi dell'apposito modulo di calcolo presente nel sistema INEMAR[5] (basato sulla metodologia EMEP-CORINAIR[6]), già utilizzato negli aggiornamenti precedenti dell'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera.

In Figura 6.40 sono rappresentate le emissioni di ammoniaca stimate tramite BAT-tool afferenti al settore gestione dei reflui zootecnici e suddivise per tipologia di fase: per ciascuna di esse, l'NH_3 è stato aggregato in base al tipo di deiezione, mantenendo la distinzione tra effluenti palabili (letame) e non palabili (liquame). Si evidenzia che in questi grafici non sono stati presi in considerazione i ratei di ammoniaca derivanti dai reflui dei conigli stimati con l'applicativo, poiché

3 https://www.lifeprepair.eu/wp-content/uploads/2019/05/Manuale_BAT-tool_Plus_rev1.pdf

4 LIFE15 IPE IT013 (http://www.lifeprepair.eu/)

5 https://www.inemar.eu/xwiki/bin/view/Inemar/WebHome

6 https://www.eea.europa.eu/themes/air/air-pollution-sources-1/emep-eea-air-pollutant-emission-inventory-guidebook

valori non confrontabili con quelli relativi alle altre specie animali: tali quantitativi rappresentano infatti lo 0.16% dell'ammoniaca stimata con il BAT-tool. È evidente che la fase di gestione degli effluenti zootecnici maggiormente emissiva sia la stabulazione (42%), seguita dallo spandimento (39%) e dallo stoccaggio (19%).

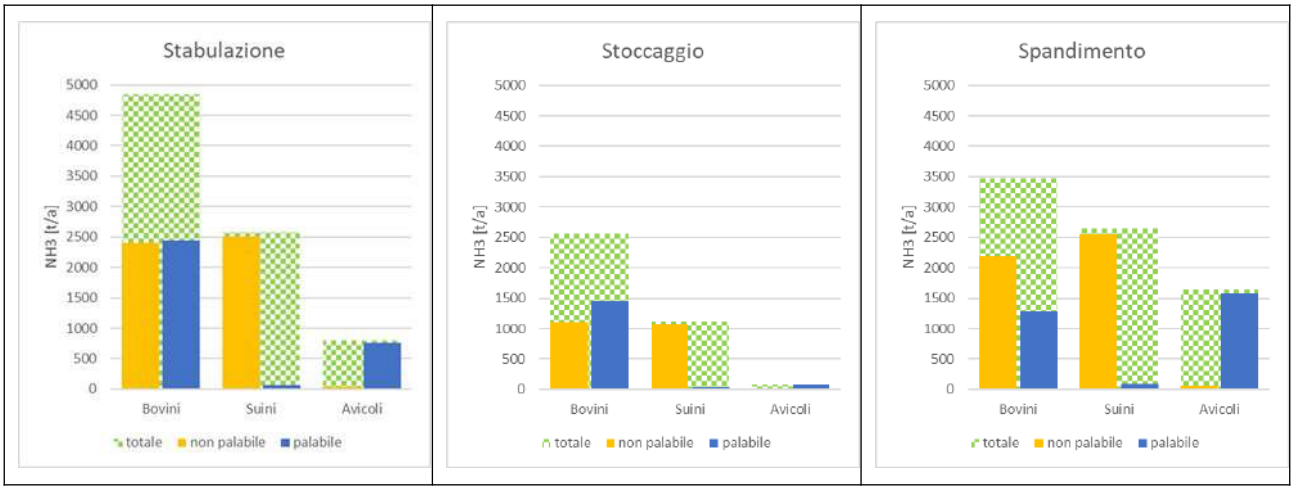


Figura 6.40: Emissioni di NH_3 relative alla gestione dei reflui azotati e stimate con l'applicativo BAT-tool, suddivise per tipologia di fase e aggregate per tipo di deiezione (IREA 2019)

Le emissioni di NH_3 calcolate con BAT-tool costituiscono il 68% di quelle relative al settore gestione dei reflui azotati: i restanti quantitativi, come scritto sopra, sono stati stimati con la consueta metodologia INEMAR che, tuttavia, non dettaglia la stima emissiva per tipologia di fase. Si sottolinea che la matrice allevamento, anche in IREA 2019, costituisce la principale fonte di emissione di ammoniaca in atmosfera, incidendo per l'80% sulle emissioni totali della stessa.

Questi dati approfonditi di Inventario relativi all'allevamento sono già risultati necessari a soddisfare richieste specifiche di Regione Piemonte concernenti piani di azione in materia di inquinamento atmosferico (Piano Stralcio Agricoltura). I quantitativi di NH_3 emessi dal settore gestione dei reflui azotati sono stati immessi come input al modello di dispersione mantenendo sia la suddivisione per tipologia di animale che per tipo di fase (stabulazione, stoccaggio e spandimento). Si è pertanto proceduto a suddividere a questo livello di dettaglio, secondo la ripartizione di ISPRA[7], anche quella quota parte di ammoniaca originata dalle aziende con valori di azoto escreto inferiori a 3.000 kg annui e per le specie non stimabili con il BAT-tool.

Al fine di perfezionare anche la rappresentazione della distribuzione spaziale dei ratei emissivi sul territorio piemontese, la quota parte stimata con il BAT-tool è stata distinta per fase di gestione del refluo: infatti, mentre le emissioni concernenti le fasi di stabulazione e stoccaggio sono state ricondotte al comune di appartenenza dell'azienda zootecnica in base all'uso del suolo, quelle relative la fase di spandimento dei reflui sono state distribuite sulla porzione di superficie agronomica delle particelle catastali afferenti a ciascuna azienda zootecnica e ricadenti in un intorno di 15 km da essa[8]. Di concerto con il Settore Produzioni Agrarie e Zootecniche della Regione Piemonte, sono state pertanto prese in considerazione anche le particelle non ricadenti nello stesso comune dell'azienda analizzata. Per quanto riguarda le emissioni di NH_3 relative all'allevamento e quantificate con la metodologia INEMAR, sono state spazializzate, come di norma, all'interno del relativo uso del suolo del comune afferente.

7 https://www.isprambiente.gov.it/files2020/pubblicazioni/rapporti/Rapporto_319_2020.pdf (tabella 6.8)

8 Informazioni estrapolate dall'Anagrafe agricola del Piemonte, fornite ad Arpa Piemonte da CSI Piemonte

6.4 LO STATO DI QUALITÀ DELL'ARIA

Il D.Lgs. 155/2010 prevede i valori di riferimento della qualità dell'aria riportati nella tabella di Figura 6.41.

	Valori limite e valori obiettivo	
	Periodo di mediazione	Valore limite
biossido di zolfo (SO_2) [1]	1 ora	350 $\mu g/m^3$ da non superare più di 24 volte per anno civile
	1 giorno	125 $\mu g/m^3$ da non superare più di 3 volte per anno civile
biossido di azoto (NO_2) [1]	1 ora	200 $\mu g/m^3$ da non superare più di 18 volte per anno civile
	anno civile	40 $\mu g/m^3$
ossidi di azoto (NO_x) [2]	anno civile	30 $\mu g/m^3$
benzene (C_6H_6)	anno civile	5 $\mu g/m^3$
monossido di carbonio (CO) [1]	media massima giornaliera calcolata sulle 8 ore	10 mg/m^3
particolato PM10 [1]	1 giorno	50 $\mu g/m^3$ da non superare più di 35 volte per anno civile
	anno civile	40 $\mu g/m^3$
particolato PM2,5 [1]	anno civile	25 $\mu g/m^3$
piombo [1]	anno civile	0,5 $\mu g/m^3$
arsenico [3]	anno civile	6 ng/m^3
cadmio [3]	anno civile	5 ng/m^3
nichel [3]	anno civile	20 ng/m^3
benzo(a)pirene [3]	anno civile	1 ng/m^3

[1] Valore limite

[2] Livello critico per la protezione della vegetazione

[3] Valore obiettivo riferito al tenore totale di ciascun inquinante presente nella frazione PM10 del materiale particolato

Riferimenti normativi ozono (O_3)	Valori obiettivo	
	Periodo di mediazione	Valore limite
Valore obiettivo *Protezione della salute umana*	media massima giornaliera su 8 ore	120 $\mu g/m^3$ da non superare per più di 25 volte per anno civile, come media su 3 anni
Valore obiettivo *Protezione della vegetazione*	da maggio a luglio	AOT40* 18000 $\mu g/m^3$*h come media su 5 anni

*Per AOT40 (espresso in $\mu g/m^3$*h) si intende la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 $\mu g/m^3$ (=40 parti per miliardo) e 80 $\mu g/m^3$ in un dato periodo di tempo, usando solo i valori orari rilevati ogni giorno tra le 8:00 e le 20:00 (UTC)

Riferimenti normativi ozono (O_3)	Obiettivi a lungo termine	
	Periodo di mediazione	Valore limite
Obiettivo a lungo termine *Protezione della salute umana*	media massima giornaliera su 8 ore	120 $\mu g/m^3$
Obiettivo a lungo termine *Protezione della vegetazione*	da maggio a luglio	AOT40* 6000 $\mu g/m^3$*h

Figura 6.41: Riferimenti normativi per gli inquinanti monitorati dalla rete regionale - D. Lgs. 155/2010

6.4.1 IL MONITORAGGIO DEGLI INQUINANTI E IL LORO TREND

In Piemonte, ed in generale in tutto il bacino padano caratterizzato da una elevata stabilità atmosferica dovuta al contesto orografico, si verificano situazioni di concentrazioni elevate per gli inquinanti che sono completamente o parzialmente secondari, ovvero non emessi come tali, quali il particolato (PM10 e PM2,5), l'ozono (O_3) e il biossido di azoto (NO_2).

Nelle aree urbane di pianura, in cui la densità di popolazione e le attività produttive risultano particolarmente significative, si misurano generalmente le maggiori concentrazioni di inquinanti.

I dati di inquinanti primari come il monossido di carbonio (CO) e il biossido di zolfo (SO_2) evidenziano come le concentrazioni di questi inquinanti siano ormai stabilizzate su valori molto bassi e rispettino i limiti stabiliti dalla norma, come dimostrato dalle serie storiche. Allo stesso modo altri inquinanti primari che diversi anni or sono avevano manifestato criticità, come i metalli pesanti ed il benzene (C_6H_6), sono attualmente caratterizzati da valori inferiori al valore limite o al valore obiettivo.

Dall'analisi delle serie storiche dei dati di qualità dell'aria emerge, oltre l'importanza degli aspetti emissivi, l'influenza della meteorologia che incide sulla variabilità a breve termine (da un anno all'altro) dei valori di concentrazione degli inquinanti.

PM10

Il particolato PM10, originato direttamente come tale da varie sorgenti (traffico, riscaldamento, attività produttive, ecc.…) e indirettamente dalla trasformazione di composti gassosi (precursori), è l'inquinante ad oggi considerato di maggiore impatto nelle aree urbane. Tale inquinante è composto dalle particelle solide e liquide disperse in atmosfera con diametro inferiore ai 10 µm.

Distribuzione territoriale e tendenze

La specificità dell'area padana risiede nelle avverse condizioni di dispersione degli inquinanti atmosferici che dominano l'area e che determinano un accumulo e persistenza delle sostanze in aria ambiente.

Le condizioni più favorevoli al permanere di situazioni di inquinamento da particolato si manifestano soprattutto nella stagione invernale, in presenza di particolari condizioni meteorologiche: alta pressione, elevata stabilità atmosferica, prolungata inversione termica, venti deboli e assenza di precipitazioni. A causa della persistenza di condizioni meteorologiche avverse, unita alla significativa presenza di sorgenti dei precursori del particolato, si riscontrano elevati livelli di PM10 non solo nelle aree urbane ma anche nelle aree limitrofe.

Il particolato PM10 (con diametro aerodinamico inferiore a 10 µm) è inalabile, ovvero in grado di penetrare nel tratto superiore dell'apparato respiratorio (naso, faringe e trachea) e provocare effetti dannosi per la salute. La sua componente dimensionalmente minore, denominata PM2,5 (particelle con diametro inferiore ai 2,5 µm), penetra ancora più profondamente nell'apparato respiratorio raggiungendo i polmoni.

La capacità delle particelle di provocare danni alla salute dipende, oltre che dalla profondità di penetrazione nell'apparato respiratorio, anche dalla loro composizione, in particolare dalla presenza di metalli pesanti ed idrocarburi policiclici aromatici (IPA) adsorbiti sulla sua superficie.

Gli indicatori relativi al particolato PM10 sono calcolati sulle stazioni della rete regionale che presentano una percentuale di dati validi superiore al 90% fino al 2022 e all'85% a partire dal 2023 e, per i superamenti, indipendentemente dalla percentuale di rendimento se superato il limite, in conformità alle indicazioni europee.

Valore limite annuale

Nel corso del 2023, su tutto il territorio regionale, come già accaduto nel 2022, è stato rispettato il valore limite medio annuo di 40 µg/m³, come si può osservare nella Figura 6.42. Le zone di pianura del torinese, cuneese, astigiano, alessandrino e quelle al confine con la Lombardia risultano essere quelle con le concentrazioni relativamente più elevate.

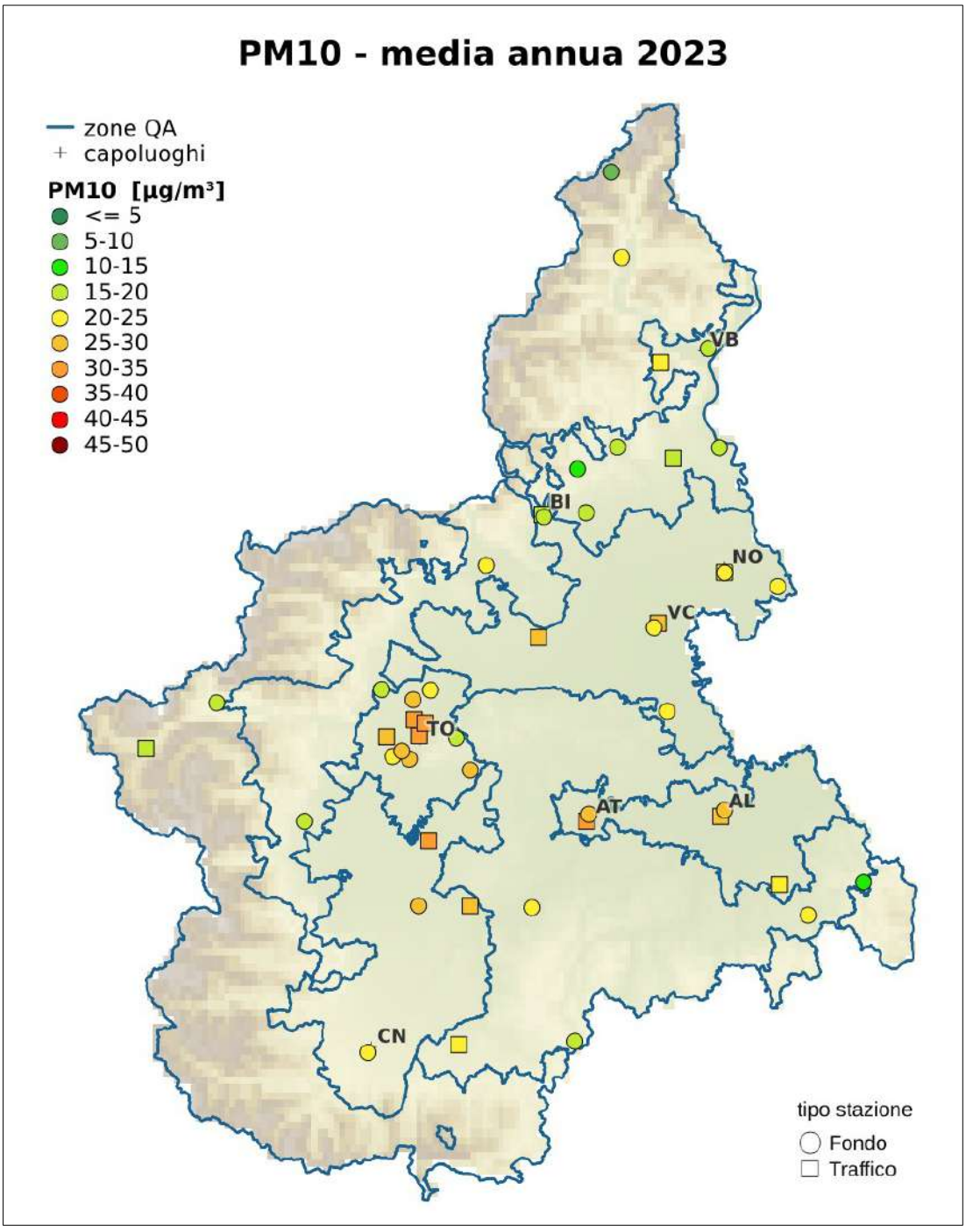


Figura 6.42: Particolato PM10 - medie annuali misurate nelle stazioni della rete regionale nel 2023

Analizzando le serie storiche dei dati si osserva, in tutte le tipologie di stazioni, una riduzione dei livelli di PM10, attribuibile all'introduzione di misure volte al contenimento delle emissioni della componente primaria e dei precursori del particolato secondario, pur in presenza di oscillazioni annuali legate ai fattori meteorologici. Nel periodo 2003-2023, a livello regionale, le concentrazioni medie annue di PM10 risultano progressivamente ridotte per poi stabilizzarsi nell'ultimo sessennio.

Il trend delle medie annuali su base regionale per i tre tipi di zona (urbana, suburbana e rurale) conferma la zona urbana come la più critica.

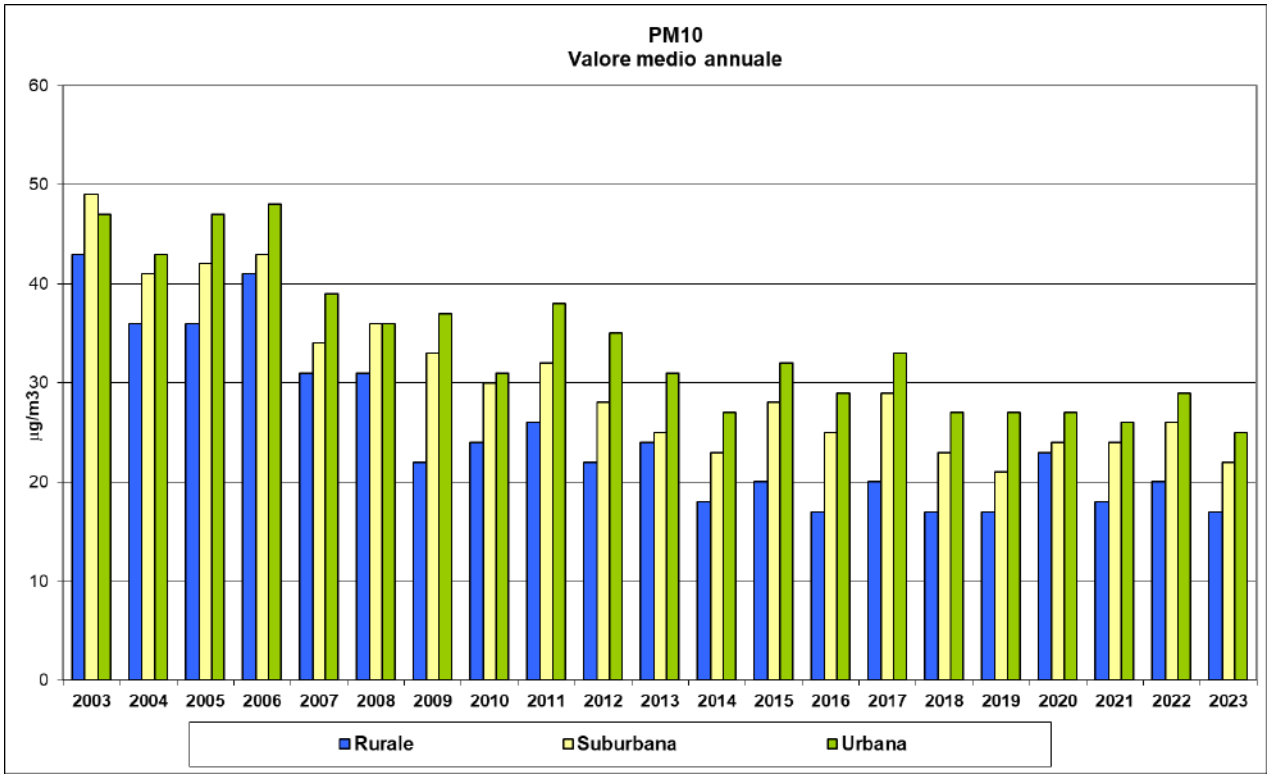


Figura 6.43: Particolato PM10 - trend della concentrazione media annuale per tipo di zona

Il trend decrescente delle concentrazioni è evidenziato anche dalla elaborazione in Figura 6.44, dove sono riportati i box plot delle distribuzioni delle concentrazioni medie annuali misurate da tutte le stazioni della rete regionale nel periodo 2003-2023: dopo un periodo di relativa stabilità dell'andamento dei valori misurati (dal 2018 al 2022), il 2023 presenta una riduzione degli stessi, confermando la tendenza decrescente sul lungo periodo. L'intera distribuzione del 2023 si posiziona sotto il valore limite.

Il confronto fra i valori registrati nel 2023 presso le stazioni di monitoraggio, riportato in Figura 6.45 mostra che le concentrazioni più elevate si hanno presso le stazioni di traffico delle maggiori aree urbane, quali ad esempio Torino – Grassi (35 µg/m³), Torino – Rebaudengo (33 µg/m³), Torino - Consolata (32 µg/m³), Asti - Baussano (31 µg/m³) e Alessandria – D'Annunzio (30 µg/m³). Per quanto riguarda le stazioni di fondo urbano, i valori di media annuale più elevati si osservano nelle stazioni di Alessandria-Volta, Torino-Lingotto e Torino-Rubino (27 µg/m³) mentre per le stazioni di fondo suburbano risulta avere la maggiore concentrazione media annua Cavallermaggiore-Galilei (27 µg/m³).

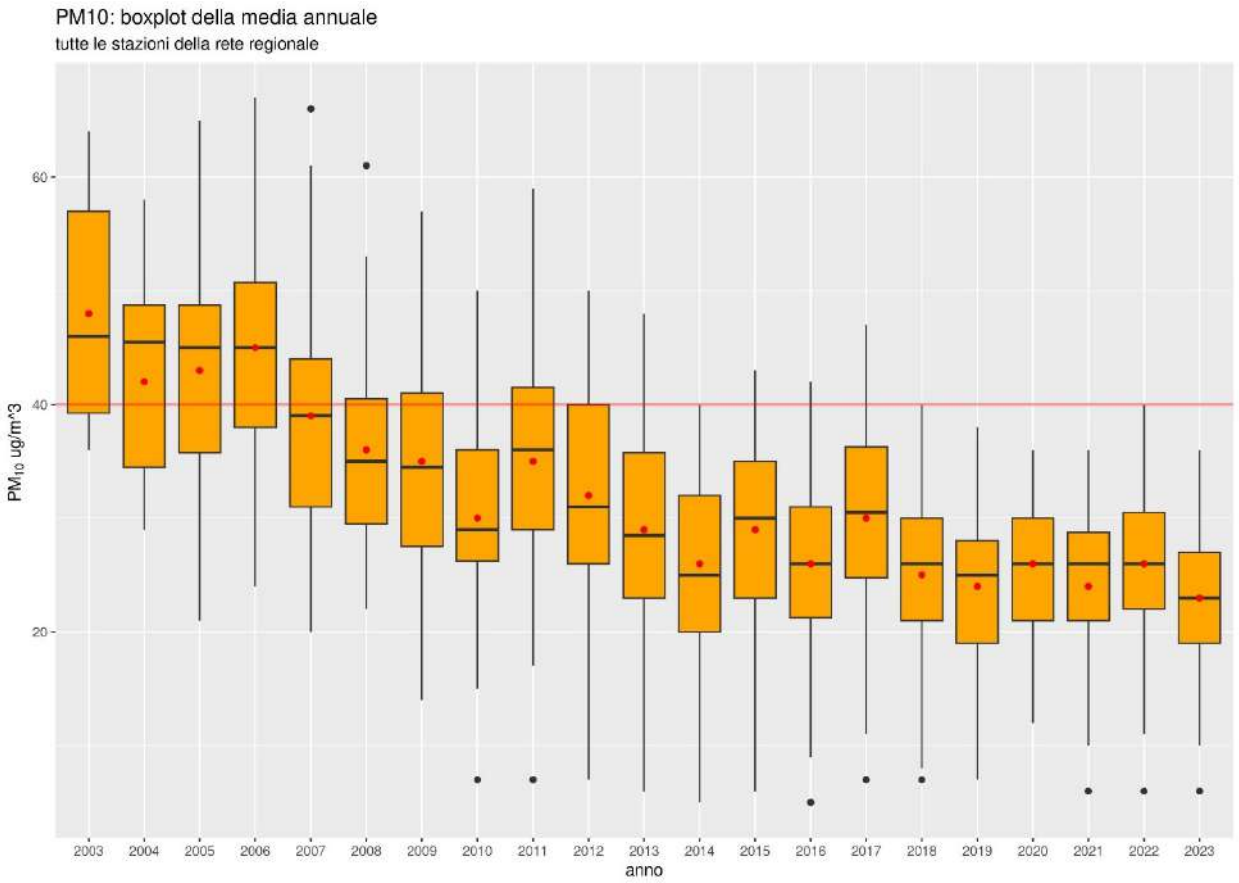


Figura 6.44: PM10 - boxplot delle concentrazioni medie annuali misurate presso le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria dal 2003 al 2023. Il pallino rosso rappresenta il valore medio di ciascun anno, la linea rossa il limite stabilito dal D.Lgs 155/2010 per la media annua.

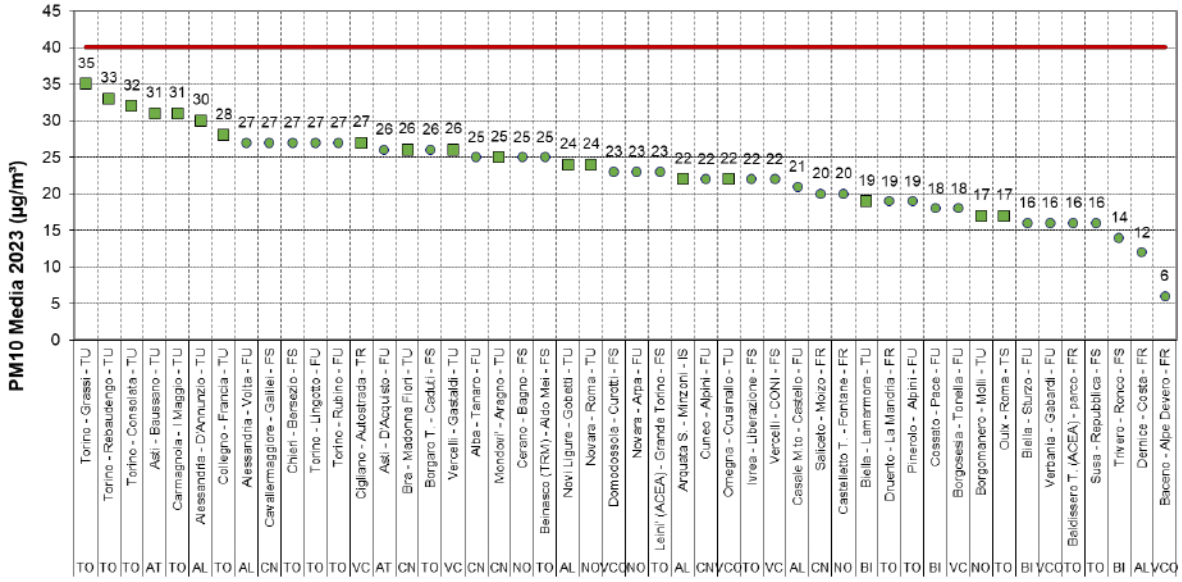


Figura 6.45: PM10 - concentrazioni medie per l'anno 2023: valori misurati presso le stazioni del SRRQA, posizionate in ordine decrescente di concentrazione. La forma dell'indicatore definisce la tipologia di stazione (cerchio per le stazioni di fondo, quadrato per le stazioni da traffico), il colore indica il superamento del valore limite (rosso) o il suo rispetto (verde). Al nome della stazione è associata una codifica indicante sia la tipologia della stazione sia la zona di appartenenza: TU = Urbana di Traffico, FS = Suburbana di Fondo, FU = Urbana di Fondo, RF = Rurale di Fondo.

Valore limite giornaliero

L'anno 2023 ha registrato, in diverse stazioni della rete regionale, superamenti del valore limite di 50 µg/m³ per la media giornaliera del particolato PM10 in numero maggiore a quanto consentito dalla normativa, ovvero 35 per anno solare. Come si può osservare dalla Figura 6.46, essi sono distribuiti principalmente nelle stazioni di traffico urbano delle città di Torino, Asti e Alessandria. Le province di Cuneo, Vercelli, Biella e Verbano-Cusio-Ossola non hanno riportato un numero di superamenti superiore al limite di legge.

Il trend dei superamenti giornalieri su base regionale per i tre tipi di zona (urbana, suburbana e rurale) conferma la zona urbana come la più critica. Il trend, comunque decrescente è evidenziato anche dalla elaborazione di Figura 6.48, in cui sono riportati i box plot[9] del numero di superamenti del valore limite per le concentrazioni medie giornaliere di tutte le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria dal 2003 al 2023: si può osservare un generale trend di riduzione nel corso degli anni, una sostanziale stabilizzazione del numero di superamenti nel periodo 2018-2022 ed un deciso decremento nel 2023.

Il grafico di Figura 6.49 illustra in ordine decrescente il numero dei superamenti registrati nel 2023 presso le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria. Il maggior numero di superamenti del valore limite giornaliero e le concentrazioni medie più elevate sono stati riscontrati presso le stazioni urbane, in modo particolare quelle di traffico, poste nella parte centrale e pianeggiante della regione, dove è maggiore l'accumulo degli inquinanti - quale il materiale particolato - caratterizzati da lunghi tempi di permanenza in atmosfera.

[9] Ciascun box è delimitato in alto e in basso dal primo e dal terzo quartile (25° e 75 ° percentile rispettivamente), al centro è presente una barra orizzontale che rappresenta la mediana (50° percentile: valore superiore al 50% dei dati considerati); le barre verticali che escono dal box rappresentano il minimo e il massimo e sono calcolate sulla base del range interquantile (IQR, differenza tra il terzo e il primo quartile) moltiplicato per un fattore (1.5)

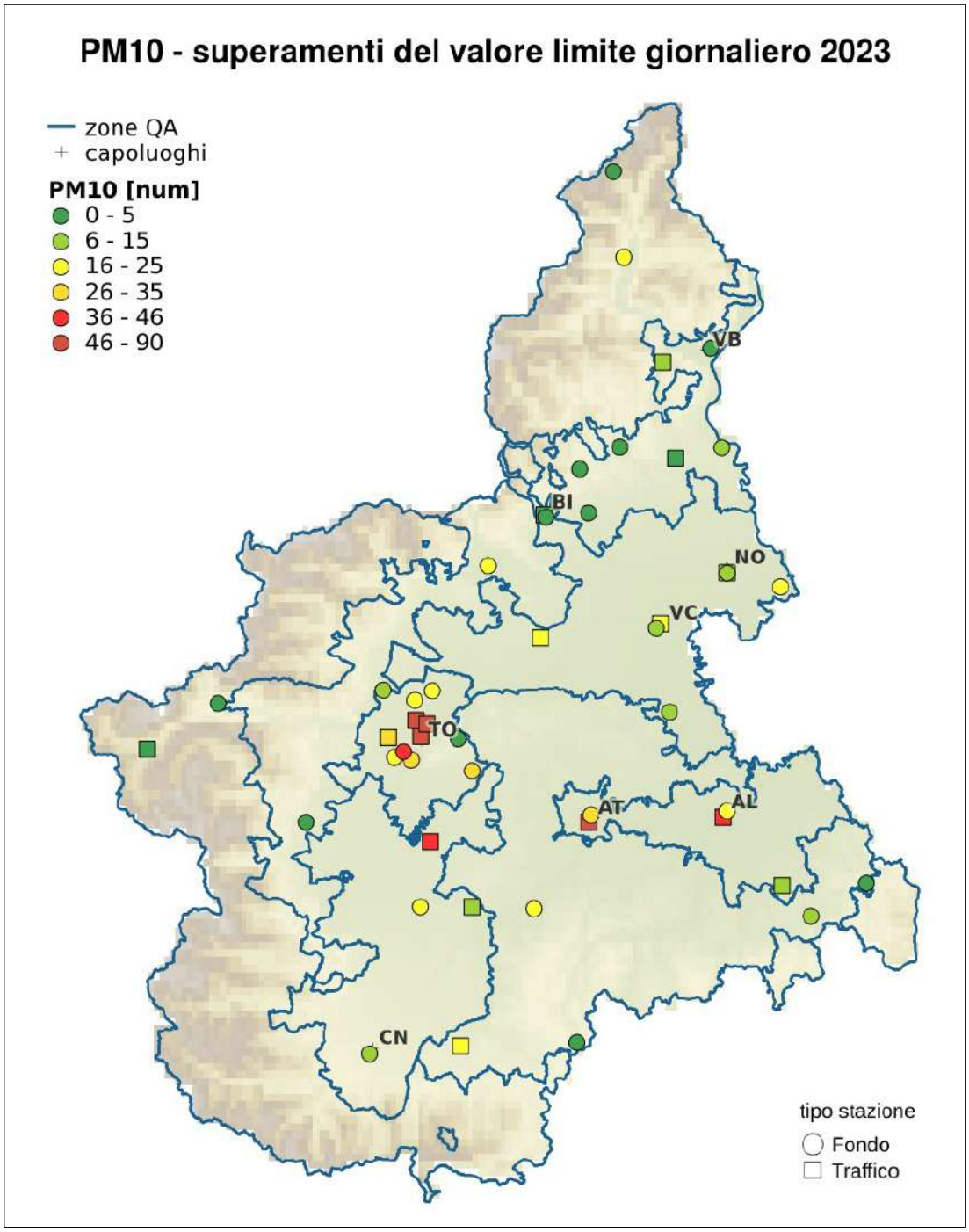


Figura 6.46: Particolato PM10 - numero di superamenti del valore limite giornaliero misurati nelle stazioni della rete regionale nel 2023

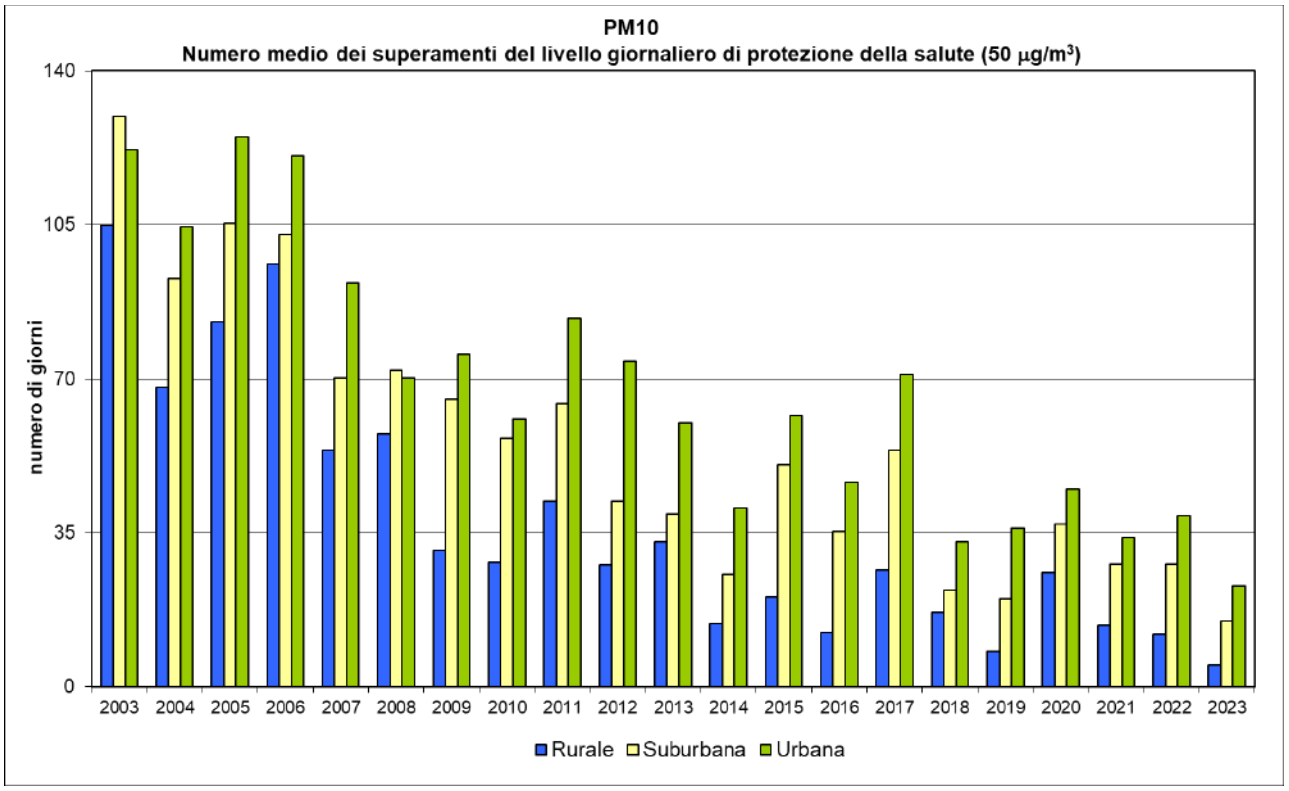


Figura 6.47: Particolato PM10 - tendenza del numero di superamenti del valore limite giornaliero per tipo di zona

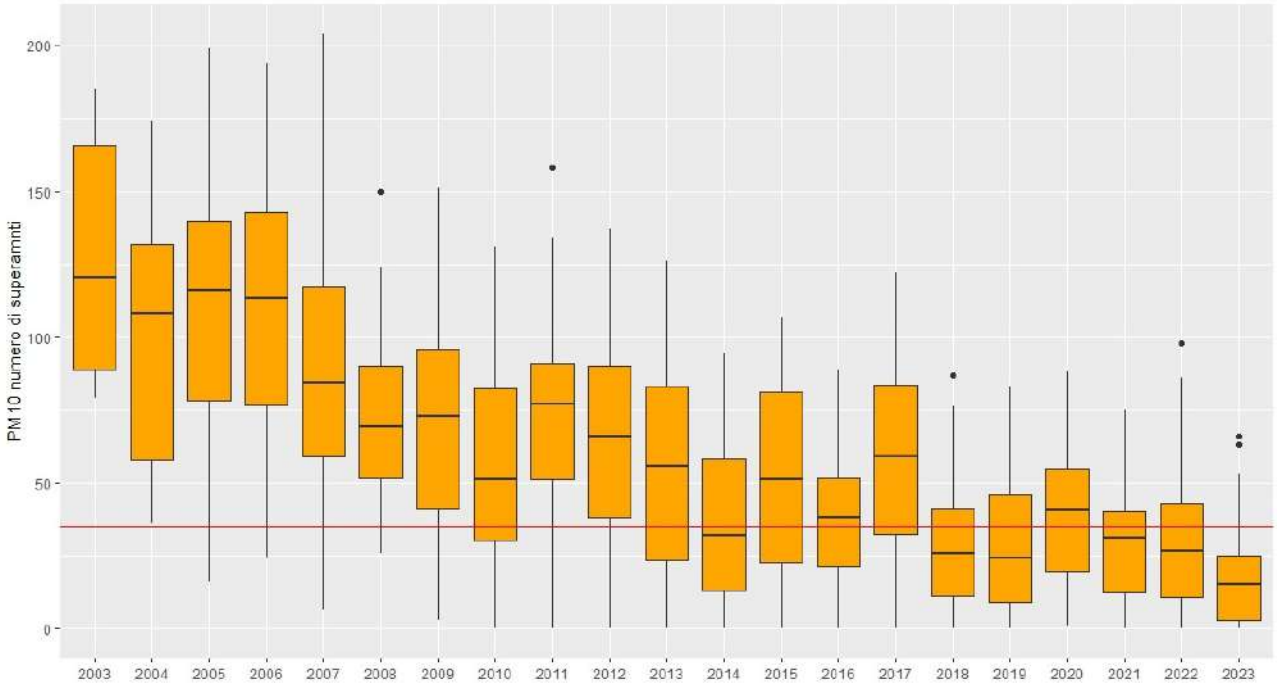


Figura 6.48: PM10 - boxplot del numero di superamenti del valore limite per le concentrazioni medie giornaliere misurate dalle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria dal 2003 al 2023. La linea rossa indica il limite stabilito dal D.Lgs 155/2010

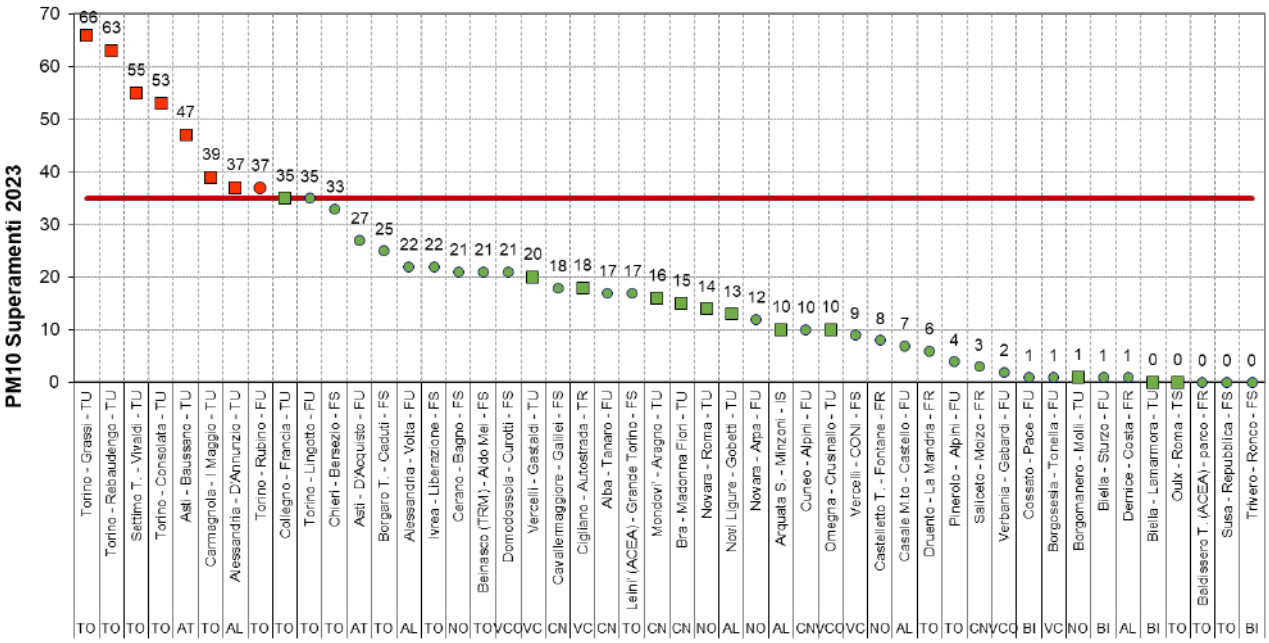


Figura 6.49: Particolato PM10 - numero di superamenti del valore limite giornaliero in ordine decrescente nelle stazioni della rete regionale nel 2023. La forma dell'indicatore definisce la tipologia di stazione (cerchio per le stazioni di fondo, quadrato per le stazioni da traffico), il colore indica il superamento del valore limite (rosso) o il suo rispetto (verde)

PM2.5

Per il particolato PM2.5 - che rappresenta la frazione del PM10 denominata particolato fine, nella quale generalmente sono presenti i composti più tossici – il Decreto Legislativo 155 del 13/08/2010 prevede un valore limite annuale per la protezione della salute umana.

Gli indicatori relativi al particolato PM2.5 sono calcolati sulle stazioni della rete regionale che presentano una percentuale di dati validi superiore al 90% fino al 2022 e all'85% a partire dal 2023, in conformità alle indicazioni europee.

Valore limite annuale

Nel corso del 2023, su tutto il territorio regionale è stato rispettato il valore limite per la media annua di 25 µg/m³, come si può osservare dalla Figura 6.50. Le concentrazioni sono inferiori a 20 µg/m³ in tutta la regione, tranne nella stazione di Torino-Rebaudengo che ha misurato 20 µg/m³ (valore indicato nella Direttiva 2008/50/CE come limite a partire dal 01/01/2020, ma non ancora recepito a livello nazionale).

Dall'analisi del trend dei valori medi annuali suddivisi per tipologia di zona (rurale, suburbana ed urbana), a differenza di quanto accade per il PM10, la zona urbana e quella suburbana hanno all'incirca gli stessi valori e lo stesso andamento storico, come ci si può attendere in conseguenza del carattere prevalentemente secondario di questo inquinante.

In Figura 6.52 sono riportati i box plot[10] delle distribuzioni delle concentrazioni medie annuali misurate da tutte le stazioni della rete regionale nel periodo 2010 - 2023. Come per il PM10, si

[10] Ciascun box è delimitato in alto e in basso dal primo e dal terzo quartile (25° e 75 ° percentile rispettivamente), al centro è presente una barra orizzontale che rappresenta la mediana (50° percentile: valore superiore al 50% dei dati considerati); le barre verticali che escono dal box rappresentano il minimo e il massimo e sono calcolate sulla base del range interquartile (IQR, differenza tra il terzo e il primo quartile) moltiplicato per un fattore (1.5)

osserva un trend decrescente, con una relativa stabilizzazione nel periodo 2018-22 ed una riduzione nel 2023.

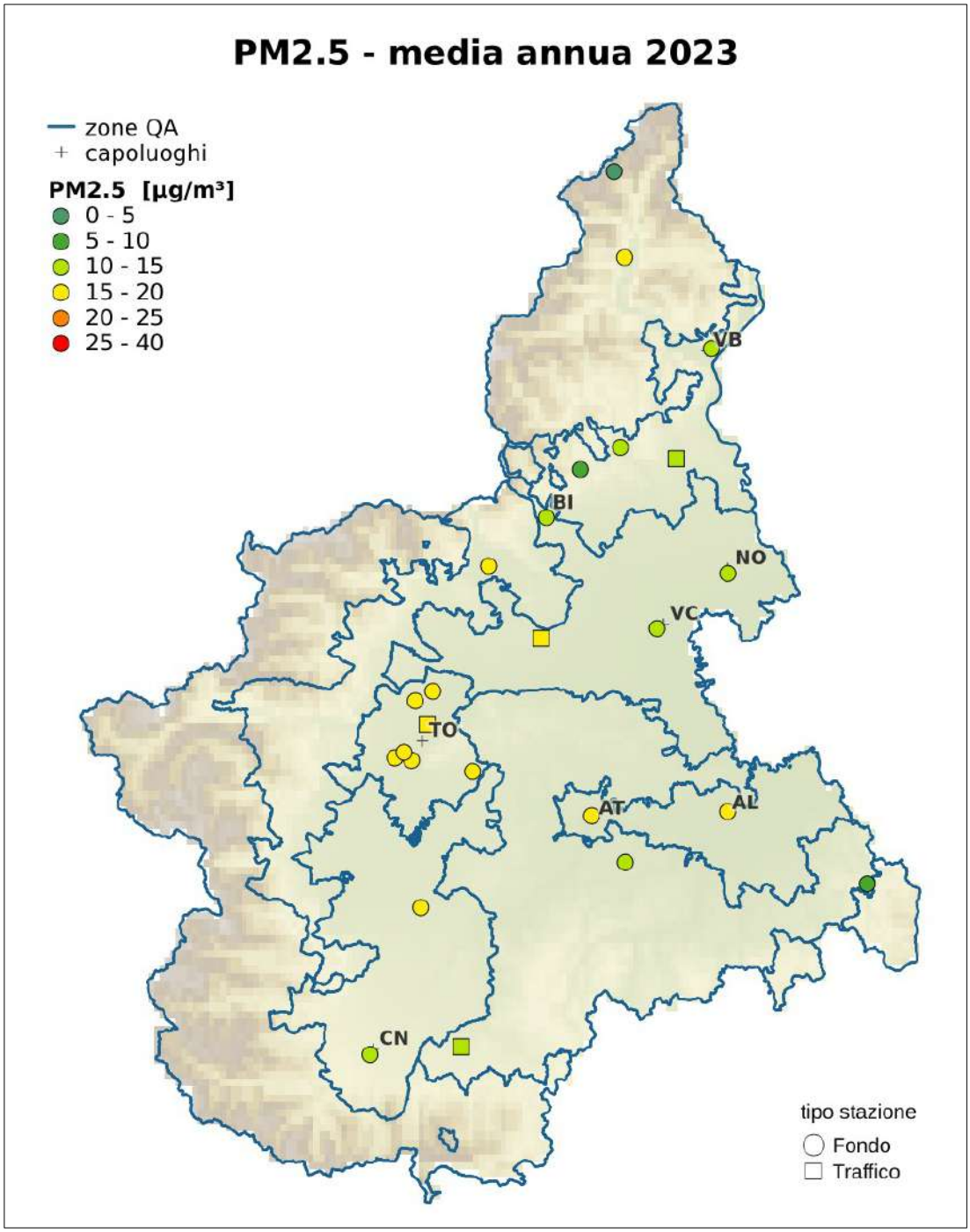


Figura 6.50: Particolato PM2.5 - medie annuali misurate nelle stazioni della rete regionale nel 2023

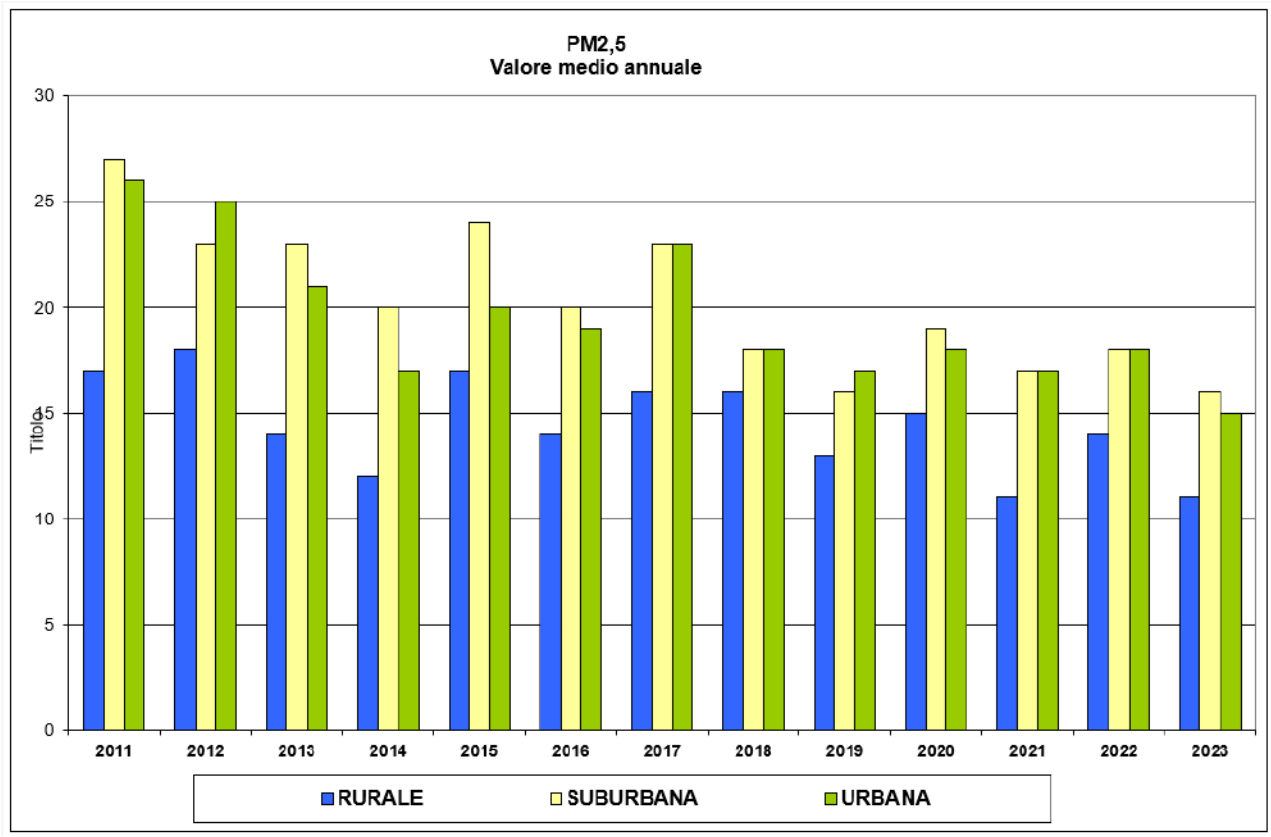


Figura 6.51: Particolato PM2.5 - trend del valore medio annuale per tipo di zona

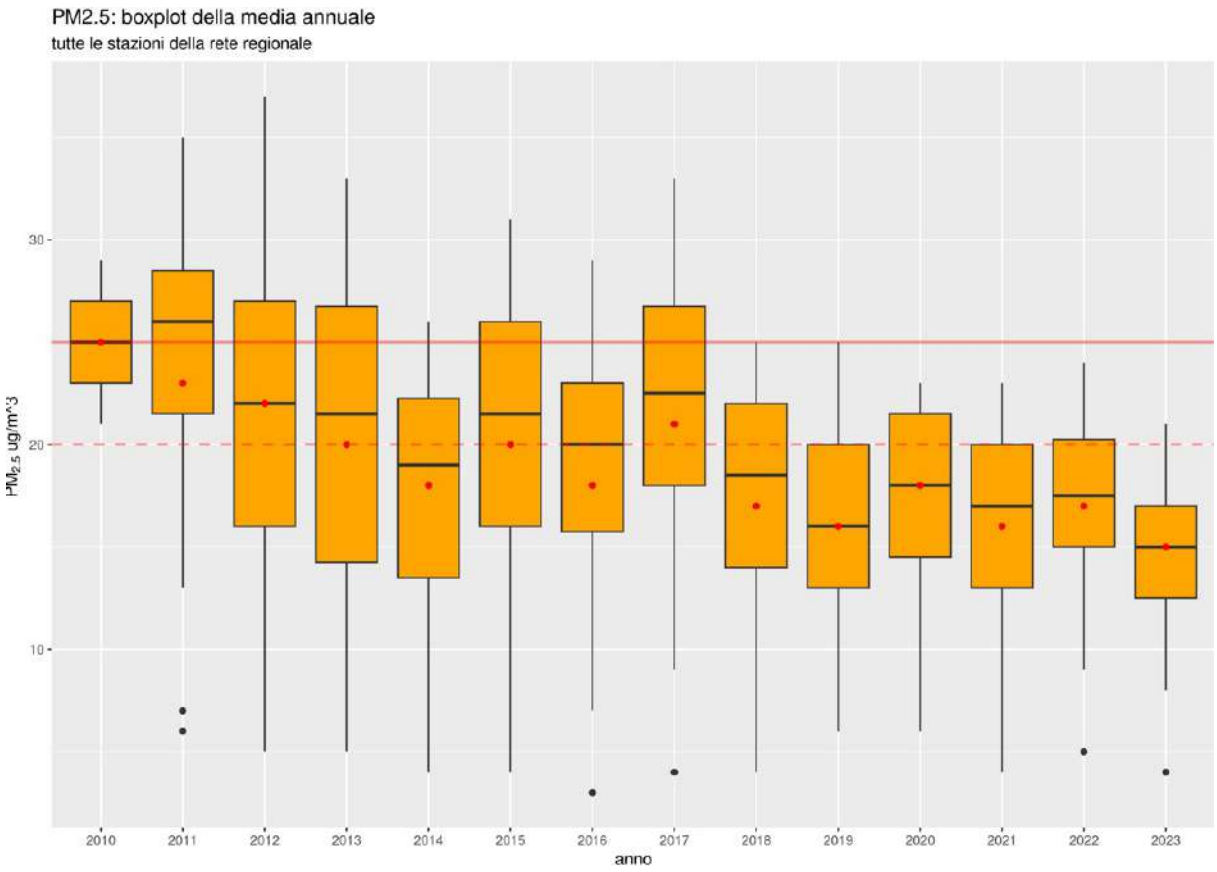


Figura 6.52: Particolato PM2.5 - Boxplot dei valori medi annuali delle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria dal 2010 al 2023. Il pallino rosso rappresenta il valore medio di ciascun anno, la linea rossa

continua il limite stabilito dal D.Lgs 155/2010 per la media annua, mentre la linea rossa tratteggiata il valore indicativo citato dalla norma ma non entrato in vigore

In Figura 6.53 sono riportate in ordine decrescente le concentrazioni medie annuali registrate nel 2023 presso le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria.

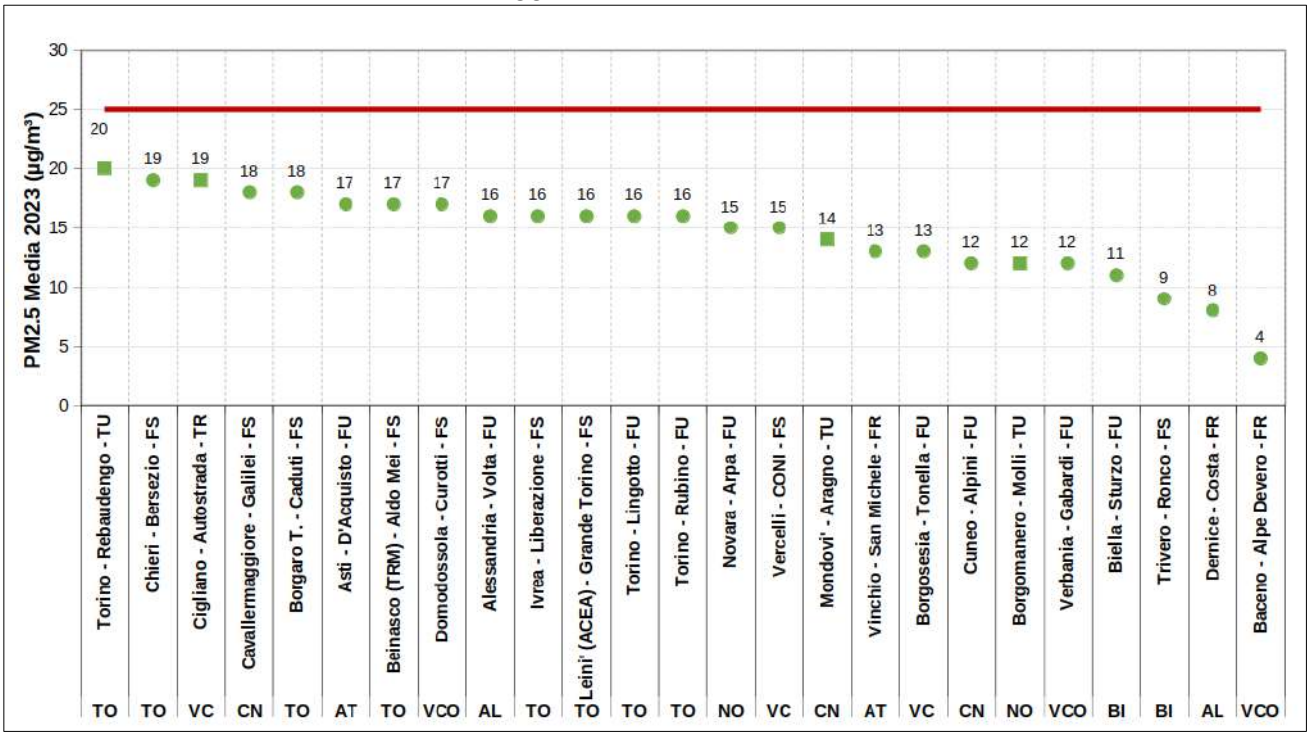


Figura 6.53: Particolato PM2.5 - concentrazioni medie per l'anno 2023: valori misurati presso le stazioni del SRRQA, posizionate in ordine decrescente di concentrazione. La forma dell'indicatore definisce la tipologia di stazione (cerchio per le stazioni di fondo, quadrato per le stazioni da traffico), il colore indica il superamento del valore limite (rosso) o il suo rispetto (verde).

BIOSSIDO DI AZOTO

Il biossido di azoto (NO_2) è un inquinante che si genera a seguito dei processi di combustione: fra le sorgenti emissive, il traffico veicolare è stato individuato come il principale responsabile dell'aumento dei livelli di concentrazione nell'aria ambiente; le altre fonti sono i processi di combustione industriale e gli impianti di riscaldamento.

Essendo un inquinante anche a carattere secondario è coinvolto nei processi di formazione di una serie di altri inquinanti, come ad esempio l'ozono e l'acido nitrico, svolgendo un ruolo fondamentale nella generazione dello smog fotochimico; contribuisce inoltre, insieme al biossido di zolfo, alla formazione delle piogge acide ed è tra i precursori del particolato atmosferico.

Ad elevate concentrazioni il biossido d'azoto si presenta sotto forma di un gas di colore rossastro dall'odore forte e pungente, con grande potere irritante per le mucose: può infatti contribuire all'insorgere di varie alterazioni delle funzioni respiratorie (bronchiti croniche, asma ed enfisema polmonare). Lunghe esposizioni al biossido di azoto, anche a bassa concentrazione, provocano una drastica diminuzione delle difese polmonari, con conseguente aumento del rischio di affezioni alle vie respiratorie.

Distribuzione territoriale e tendenze

Le concentrazioni di biossido d'azoto presentano, al pari di quelle del particolato, un'elevata stagionalità, con valori elevati nei periodi invernali - caratterizzati da stabilità atmosferica - e valori

contenuti nei periodi estivi, nei quali l'attività fotochimica risulta elevata. Le concentrazioni giornaliere mostrano valori massimi in prossimità delle sorgenti di emissione (ad esempio le grandi arterie stradali) ed in corrispondenza delle ore in cui il traffico è più intenso, per poi scendere nelle ore notturne.

Gli ossidi di azoto sono inquinanti con permanenza limitata in atmosfera (4-5 giorni), prima di essere rimossi con formazione di acido nitrico (HNO_3) e successiva ossidazione a nitrati. In particolari condizioni meteorologiche ed in presenza di concentrazioni elevate, possono diffondersi ed interessare territori situati anche a grande distanza dalla sorgente inquinante; diversamente, subiscono processi di trasporto a scala spaziale ridotta. Le concentrazioni registrate nelle singole stazioni sono pertanto fortemente condizionate dalle sorgenti presenti in prossimità delle stesse.

I livelli di concentrazione del biossido di azoto (NO_2) hanno fatto registrare una netta diminuzione nel corso degli anni '90 che prosegue tutt'ora, seppur in modo meno evidente. L'introduzione delle marmitte catalitiche a tre vie nelle auto a benzina, per favorire la trasformazione degli ossidi di azoto in azoto molecolare, non ha diminuito le concentrazioni del biossido di azoto con la stessa incisività riscontrata per il monossido di carbonio. La presenza di altre sorgenti rilevanti quali i veicoli con alimentazione diesel e gli impianti per la produzione di energia, nonché la partecipazione degli ossidi di azoto alle varie reazioni fotochimiche, sono verosimilmente concause del calo non ancora soddisfacente delle concentrazioni di questo inquinante in atmosfera. Le principali aree urbane piemontesi presentano infatti ancora criticità e superamenti dei limiti normativi.

Gli indicatori relativi al biossido di azoto sono calcolati sulle stazioni della rete regionale che presentano una percentuale di dati validi superiore al 90% fino al 2022 e all'85% a partire dal 2023, in conformità alle indicazioni europee.

Valore limite annuale

Le concentrazioni medie annue misurate presso le stazioni di monitoraggio sono riportate in Figura 6.54. Essa mostra come i valori più elevati si abbiano nell'agglomerato urbano torinese, nei principali centri urbani, lungo i principali assi di comunicazione e al confine tra il novarese e la Lombardia.

Dall'analisi della tendenza riportata in Figura 6.55 dei valori medi annuali suddivisi per tipologia di zona (rurale, suburbana ed urbana) si osserva come, pur in un contesto di costante riduzione delle concentrazioni nel corso degli anni, le criticità maggiori siano associate alle zone urbane.

In Figura 6.56 sono riportati i box plot delle distribuzioni delle concentrazioni medie annuali misurate da tutte le stazioni della rete regionale nel periodo 2003-2023.

In entrambe le elaborazioni si può osservare una tendenza alla riduzione delle concentrazioni medie annue di biossido di azoto nel corso degli anni. In particolare, dal 2018 nessuna stazione di fondo raggiunge il valore limite per la media annuale, mentre tra le stazioni di traffico resta critica, anche nel 2023, Torino - Rebaudengo. Ciononostante, negli ultimi anni il trend di decrescita sembra comunque essersi stabilizzato e sono prevalenti le oscillazioni annuali delle distribuzioni dovute alla variazione delle condizioni meteorologiche.

Nella Figura 6.57 sono riportate, in ordine decrescente, le concentrazioni medie annuali rilevate dalle stazioni appartenenti alla rete regionale nel 2023. Il valore limite di 40 µg/m³ per la media annua è stato rispettato su tutto il territorio regionale tranne nella stazione di traffico di Torino - Rebaudengo (44 µg/m³). Il confronto con i valori registrati presso le altre stazioni di monitoraggio mostra, nel resto della regione, valori di media annua ampiamente inferiori al valore limite, sia nelle stazioni di traffico (con le concentrazioni maggiori pari a 35 µg/m³ a Torino – Consolata, 31 µg/m³ a

Collegno – Francia e 30 µg/m³ a Carmagnola – I maggio) sia in quelle di fondo (31 µg/m³ a Torino – Lingotto e 27 µg/m³ a Torino – Rubino).

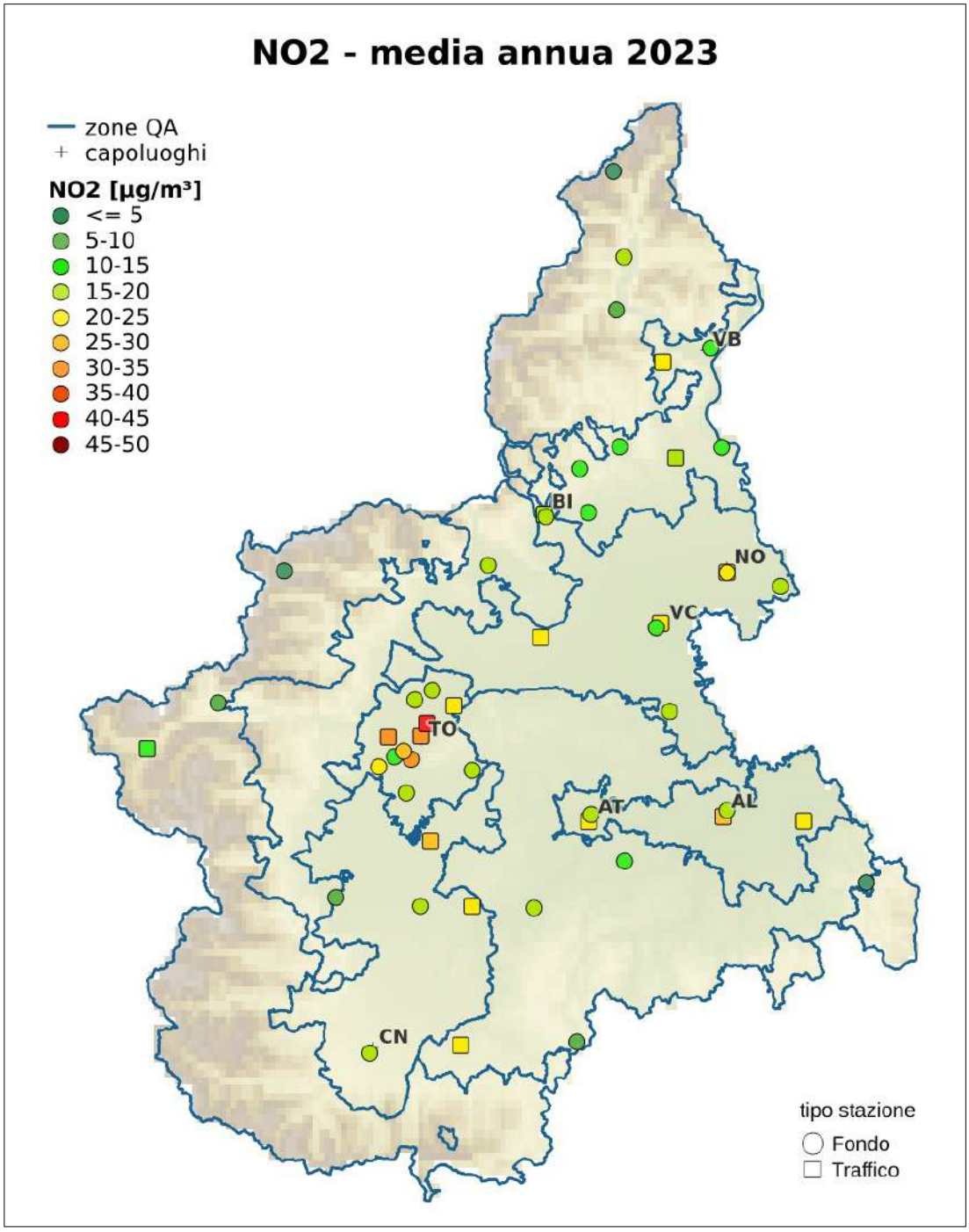


Figura 6.54: Biossido di azoto - medie annuali misurate nelle stazioni della rete regionale nel 2023

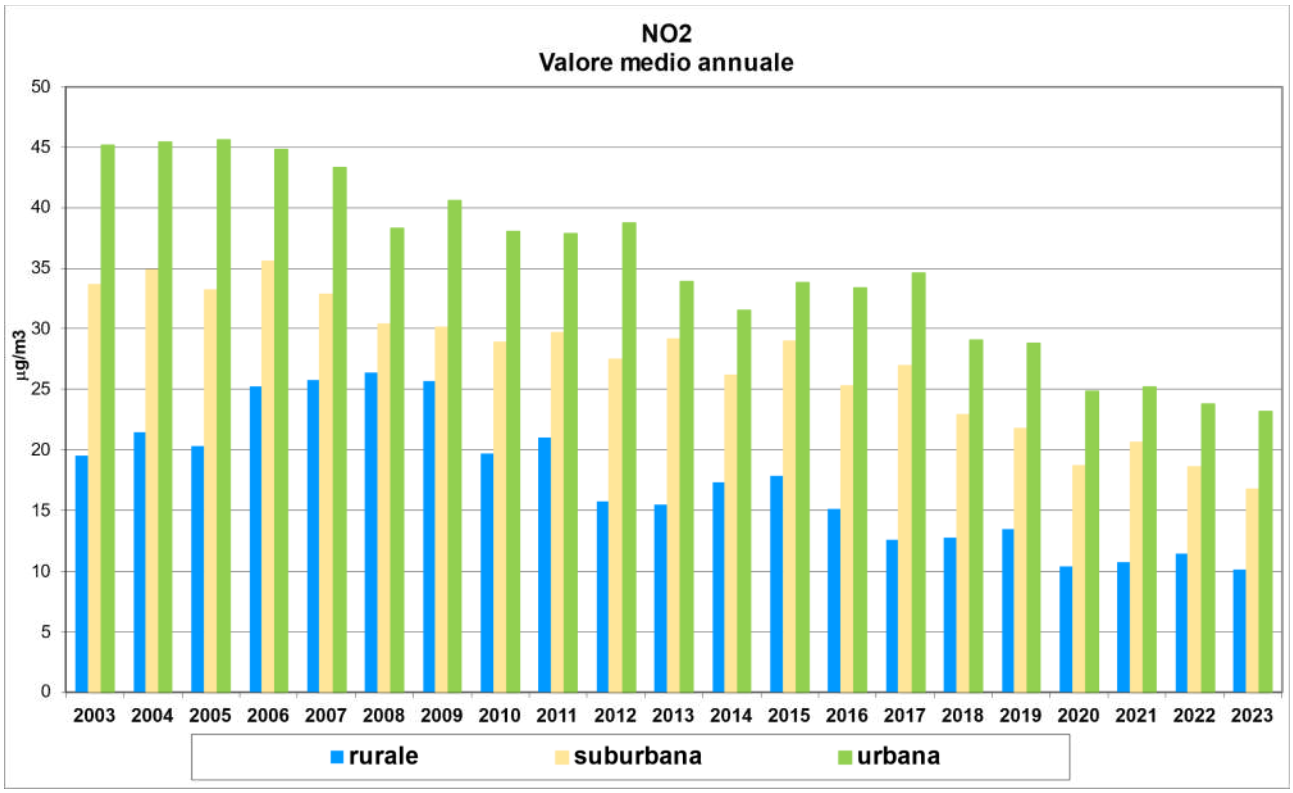


Figura 6.55: Biossido di azoto - trend del valore medio annuale per tipo di zona.

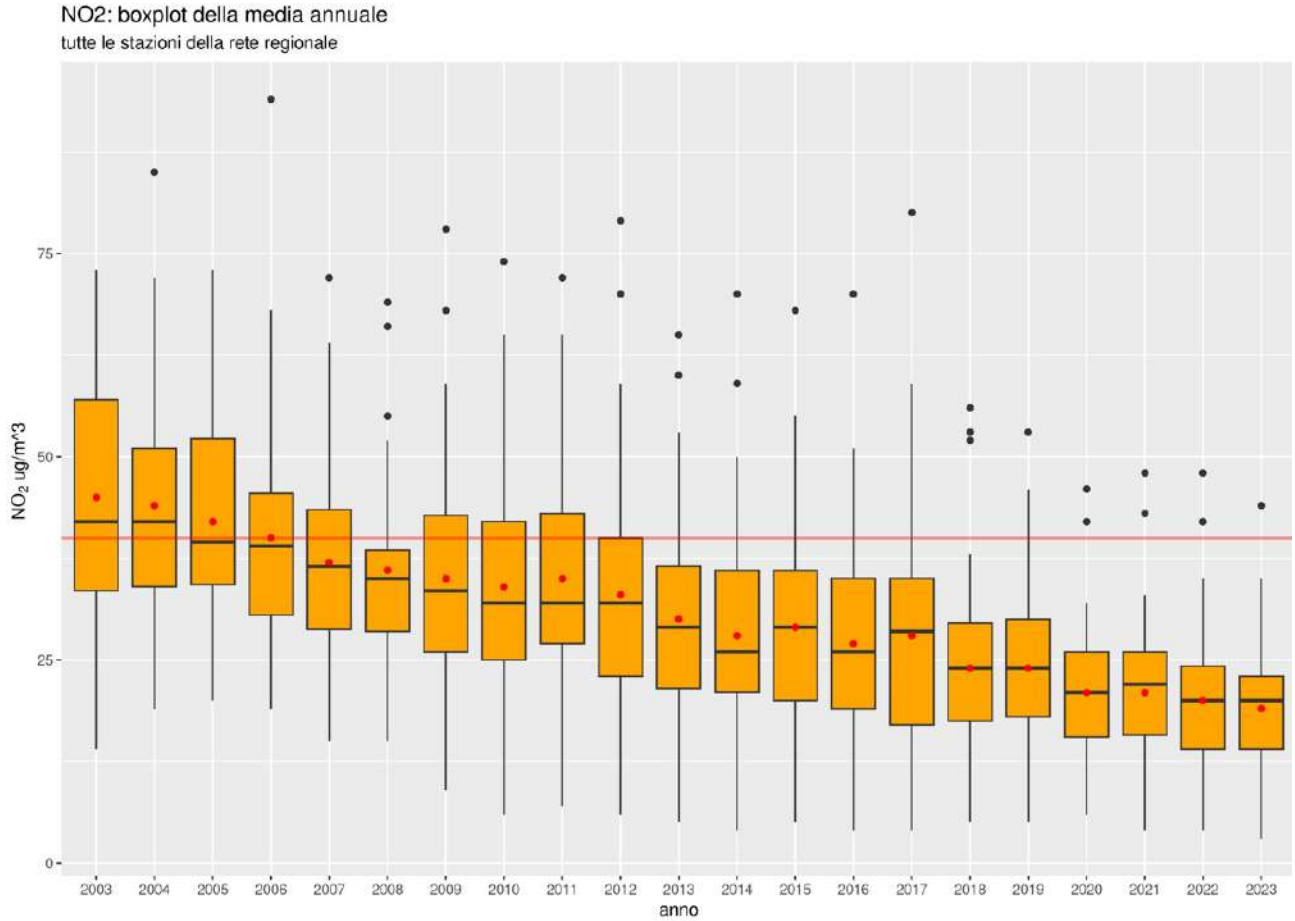


Figura 6.56: Biossido di azoto - boxplot dei valori medi annuali delle stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria dal 2003 al 2023 Il pallino rosso rappresenta il valore medio di ciascun anno, la linea rossa continua il limite stabilito dal D.Lgs. 155/2010 per la media annua.

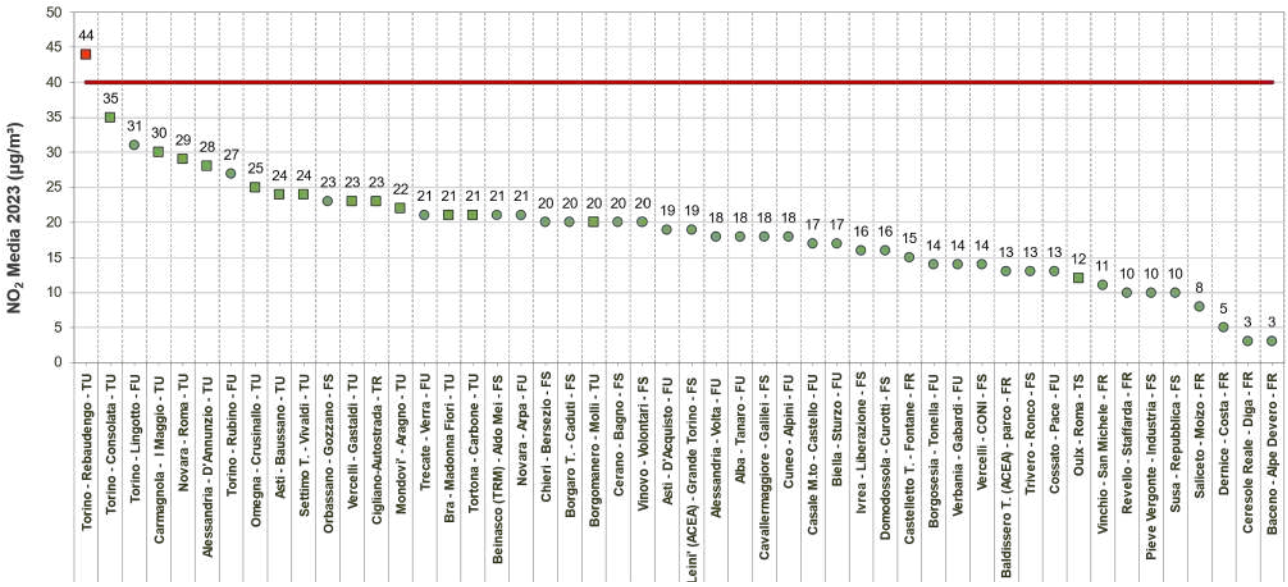


Figura 6.57: Biossido di azoto - concentrazioni medie per l'anno 2023: valori misurati presso le stazioni del SRRQA, posizionate in ordine decrescente di concentrazione. La forma dell'indicatore definisce la tipologia di stazione (cerchio per le stazioni di fondo, quadrato per le stazioni da traffico), il colore indica il superamento del valore limite (rosso) o il suo rispetto (verde).

Per un'analisi di maggiore dettaglio, Figura 6.58 sono illustrati gli andamenti delle concentrazioni medie annue rilevate nelle tre stazioni di Torino - Consolata, Torino - Rebaudengo e Torino – Lingotto a partire dal 1991. Si può osservare un costante decremento per tutte e tre le stazioni, con la sola stazione di Torino Rebaudengo che rimane oltre il limite normativo nell'anno 2023.

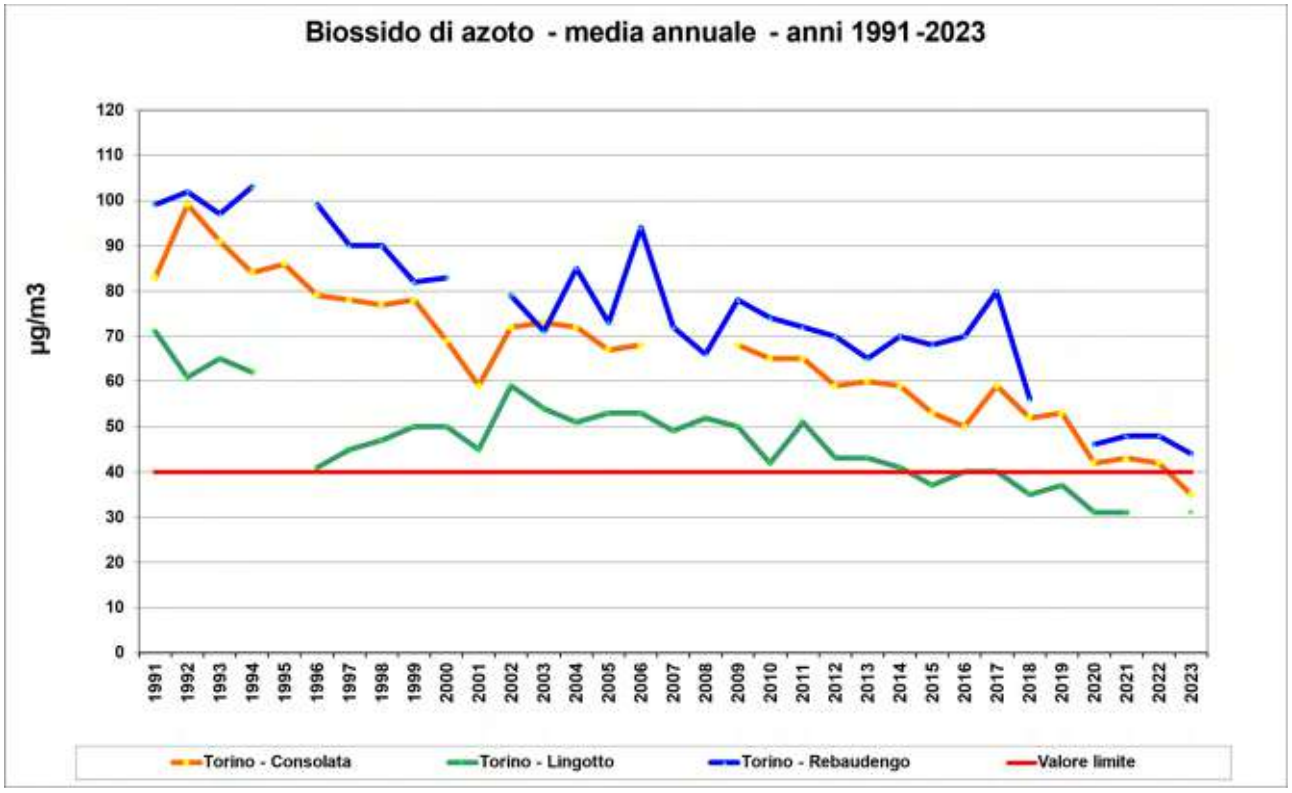


Figura 6.58: Biossido di azoto - trend del valore limite annuale nelle stazioni di Torino-Consolata, Torino-Rebaudengo e Torino–Lingotto (periodo 1991-2023)

Valore limite orario

A partire dal 2019, non si sono più registrati superamenti del valore limite orario per la protezione della salute umana (200 µg/m³ da non superarsi per più di 18 volte nel corso dell'anno) in nessuna postazione di monitoraggio presente sul territorio regionale.

La serie storica riportata in Figura 6.59 evidenzia una riduzione del numero medio di superamenti, per tipologia di zona, del valore limite orario calcolato sull'insieme delle stazioni della rete regionale nel corso degli anni.

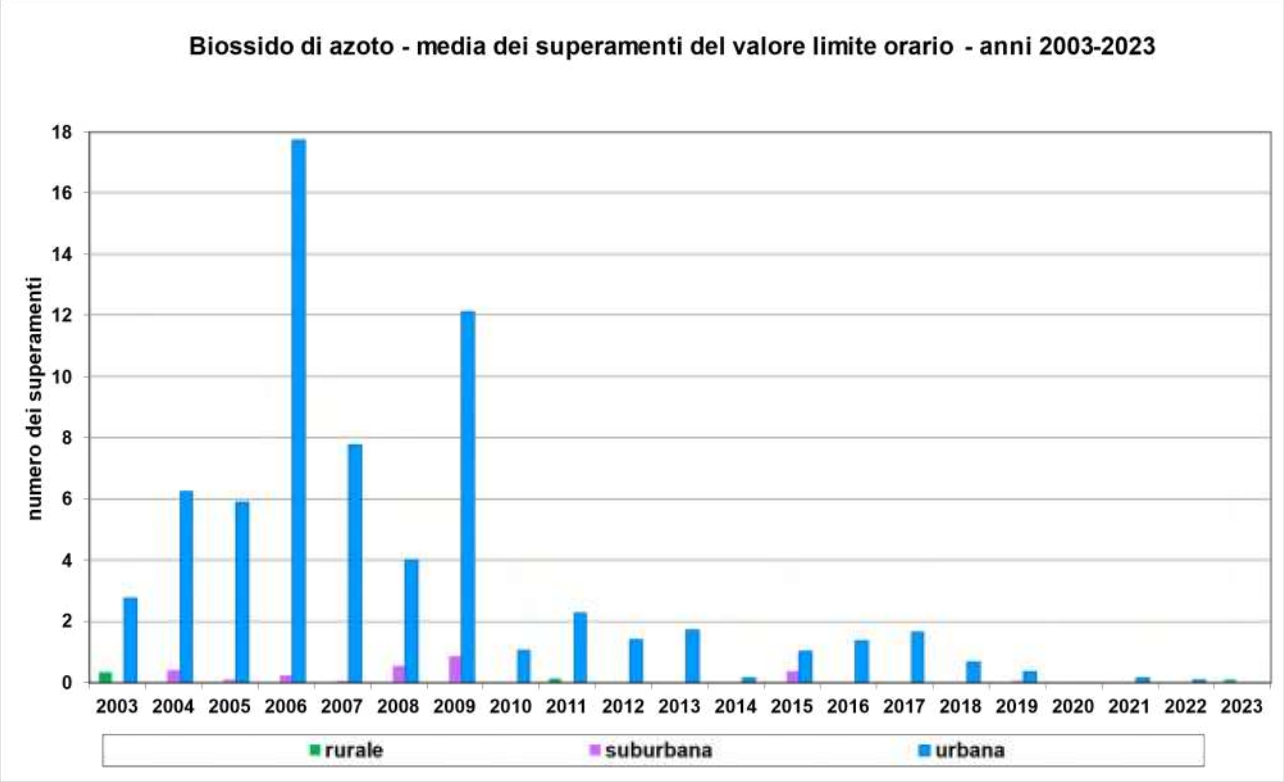


Figura 6.59: Biossido di azoto - trend del numero medio di superamenti del valore limite orario negli anni 2003-2023 suddivisi per tipo di zona

OZONO

L'ozono (O_3) - tipico inquinante secondario, la cui presenza in troposfera deriva dalla trasformazione di altri composti, di origine antropica o naturale - a differenza degli altri inquinanti raggiunge le concentrazioni più elevate generalmente nelle aree rurali e nelle zone in quota, nei mesi più caldi dell'anno e nelle ore di massimo irraggiamento solare.

Gli indicatori relativi all'ozono sono calcolati sulle stazioni della rete regionale che presentano una percentuale di dati validi superiore al 90% fino al 2022 e all'85% a partire dal 2023.

Obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana

La distribuzione del numero dei superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana, calcolato come massima media giornaliera sulle 8 ore presso le stazioni della rete regionale è riportata in Figura 6.60.

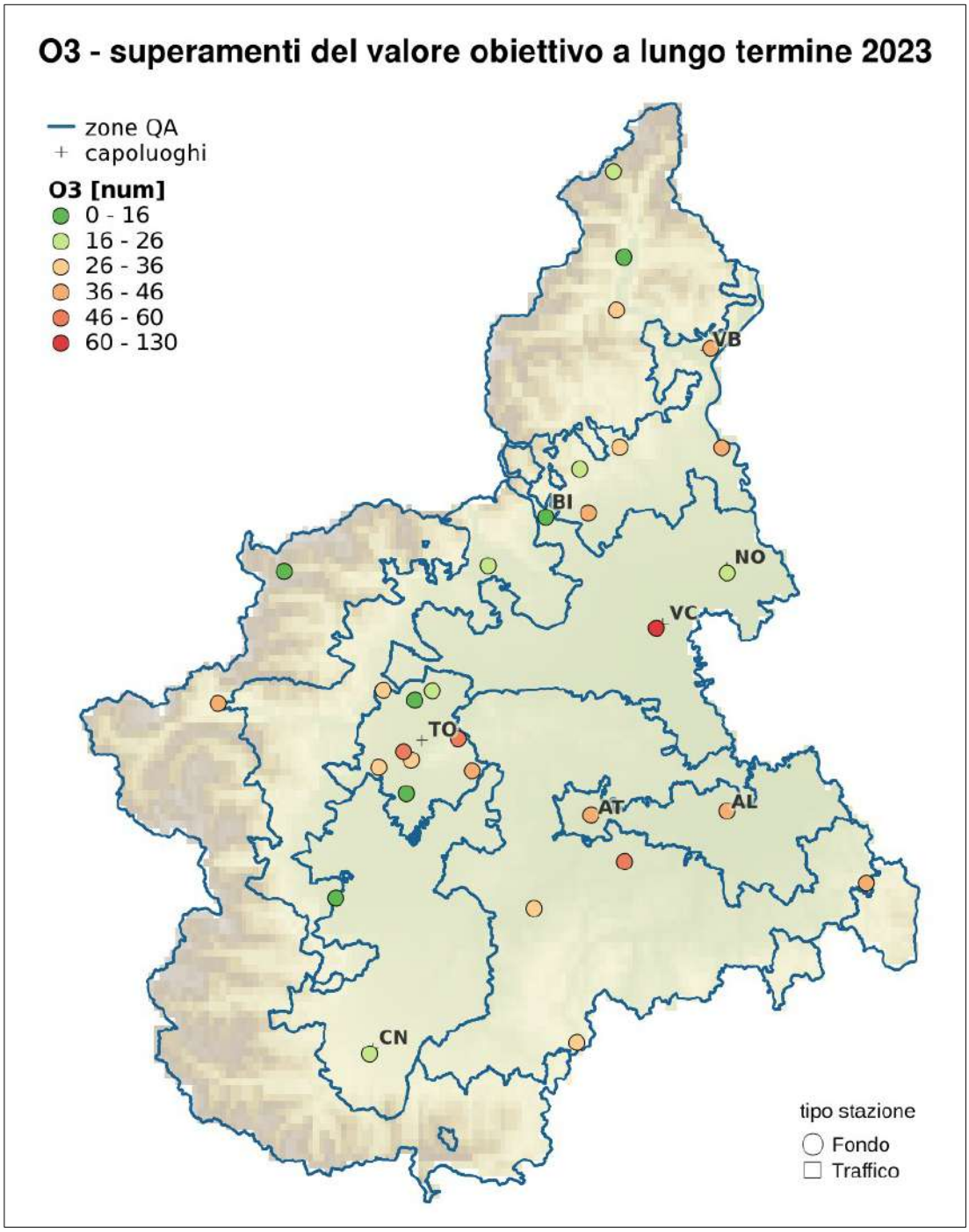


Figura 6.60: Ozono - numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana misurati nelle stazioni della rete regionale nell'anno 2023

L'indicatore è stato successivamente calcolato, per gli anni a disposizione (2003-2023), sul periodo estivo - da aprile a settembre - e mediando per tipologia di zona, in modo da fornire un quadro complessivo più completo. Il numero medio di giorni nei quali il valore obiettivo a lungo termine è stato superato denota una sostanziale stabilità in tutte le zone, con variazioni annuali legate alle caratteristiche meteorologiche. Nella serie risaltano in modo peculiarmente opposto l'anno 2003, durante il quale la situazione meteorologica ha fortemente favorito la formazione di ozono a causa dell'estate anormalmente calda e il 2014, nel quale la meteorologia del periodo estivo, caratterizzata da un'elevata piovosità, ne ha invece sfavorito fortemente la formazione. Nel grafico è inoltre possibile notare come il 2022 sia stato uno dei più critici degli ultimi anni: criticità strettamente collegata alla particolare situazione meteorologica - caratterizzata da temperature

frequentemente al di sopra della norma climatica- che lo ha reso l'anno più caldo del Piemonte ed il secondo meno piovoso dell'intera serie storica dal 1958. Decisamente migliore è stato l'anno 2023, che risulta avere delle concentrazioni tra le più basse della serie storica rappresentata, superiori in media solo a quelle del 2014.

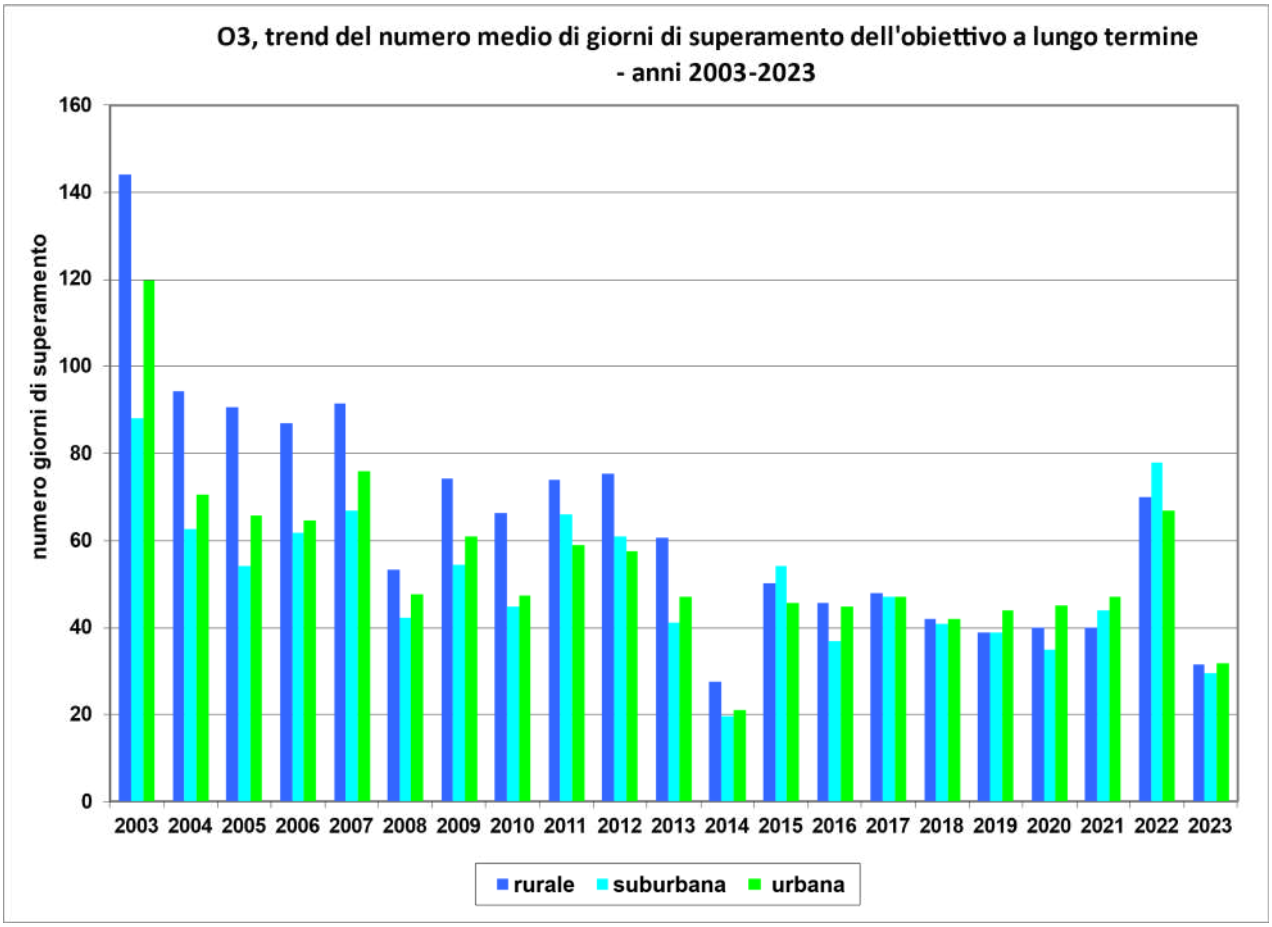


Figura 6.61: Ozono - andamento del numero medio di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana per tipo di zona

Il numero di superamenti misurato presso le stazioni nel corso del 2023, dettagliato in Figura 6.62, seppur con valori decisamente inferiori all'anno scorso, mostra come l'obiettivo a lungo termine sia ancora superato su tutto il territorio regionale.

Una valutazione di criticità diffusa emerge anche dall'analisi dei box plot relativi al numero di superamenti del valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana, misurati presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2003 al 2023. Il 2003 ed il 2014 risultano gli anni rispettivamente con il numero più elevato e più basso di superamenti, essendo stati caratterizzati il primo da un'estate molto calda e il secondo da un'estate più fresca del solito. L'anno 2023 risulta essere, come anticipato in precedenza, il secondo miglior anno della serie ventennale.

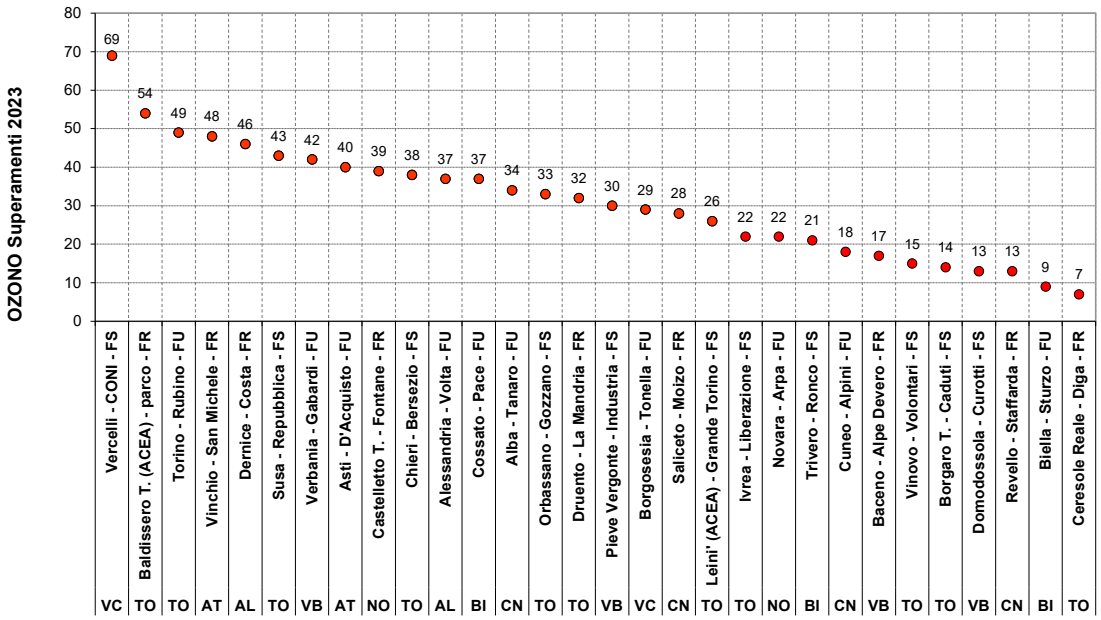


Figura 6.62: Ozono - numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana per l'anno 2023: valori misurati presso le stazioni del SRRQA, posizionate in ordine decrescente per il numero di superamenti.

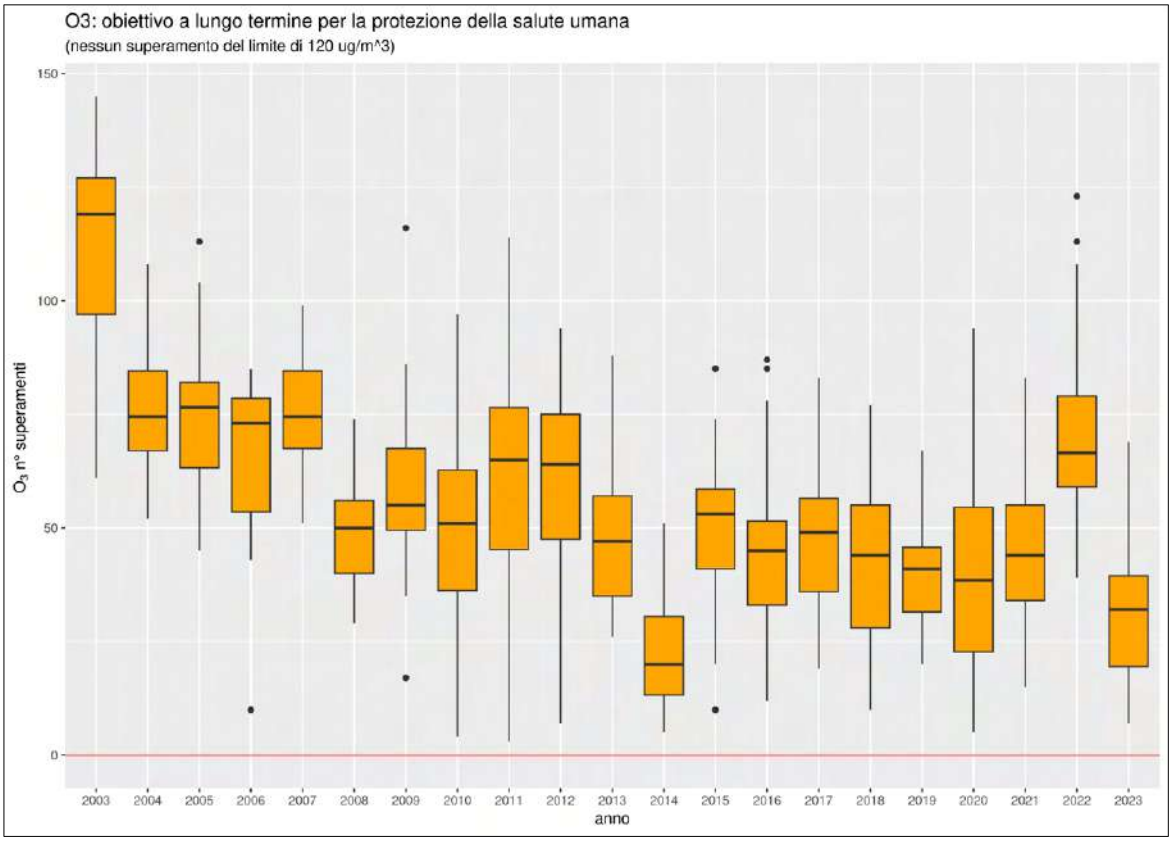


Figura 6.63: Ozono: boxplot dei superamenti annuali del valore obiettivo a lungo termine per le stazioni della rete di monitoraggio della qualità dell'aria dal 2003 al 2023

Valore obiettivo per la protezione della vegetazione

Per quanto riguarda l'AOT40 (*Accumulated Ozone exposure over a Threshold* of 40 ppb) - che valuta l'inquinamento da ozono attraverso la somma delle differenze tra le concentrazioni orarie superiori a 80 µg/m^3 rilevate da maggio a luglio - la tendenza rivela un trend dei valori leggermente in diminuzione. Per tale elaborazione, il valore di AOT40 è stato calcolato sui dati annuali, a differenza di quanto prescritto dalla normativa che prevede una media sugli ultimi 5 anni consecutivi, per avere una migliore rappresentazione dell'andamento temporale dell'indicatore. Nel 2023 è rientrata la situazione di marcata criticità registrata nel 2022, con valori dell'indicatore più in linea con quelli della serie storica.

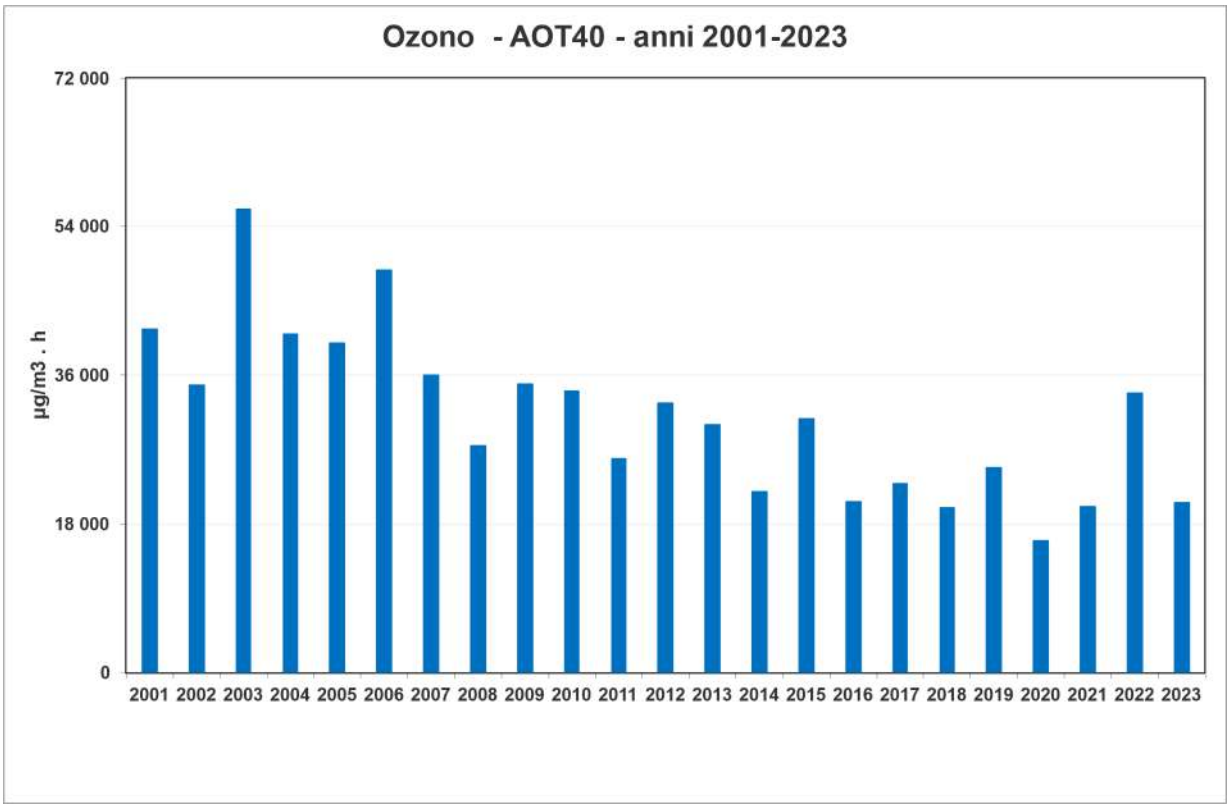


Figura 6.64: Ozono - andamento, dal 2001, del valore obiettivo per la protezione della vegetazione (AOT40)

BENZO[A]PIRENE

Il benzo[a]pirene (B[a]P) è un Idrocarburo Policiclico Aromatico (IPA) con struttura a cinque anelli aromatici condensati, l'unico per il quale la normativa ha stabilito un valore obiettivo.

Gli IPA si formano durante le combustioni incomplete, in particolare dei combustibili fossili; le principali sorgenti sono individuabili quindi nel fumo di sigaretta, nei motori diesel e benzina, nelle centrali termiche alimentate con combustibili solidi e liquidi pesanti (nafta, cherosene, carbone, olio combustibile, biomassa legnosa).

Il benzo[a]pirene è stata una delle prime sostanze di cui la IARC (*International Agency for Research on Cancer*) ha accertato la cancerogenicità, a seguito delle reazioni metaboliche che la molecola subisce nell'organismo nel tentativo di essere resa idrosolubile e quindi eliminabile.

L'indicatore relativo al benzo[a]pirene è calcolato sulle stazioni della rete regionale che presentano una percentuale di dati validi superiore all' 85%; la misura dell'inquinante è attivata

nella maggior parte delle stazioni nelle quali è installato un misuratore/campionatore di particolato PM10.

Valore obiettivo

Nel 2023 il valore obiettivo non è stato superato in alcuna stazione della rete regionale. Il valore più elevato (0,8 ng/m^3) è stato misurato nelle stazioni di Domodossola - Curotti (fondo suburbano), come risulta dalla sottostante che riporta, in mappa tematica, le concentrazioni medie per l'anno 2023 misurate presso le stazioni di monitoraggio della rete regionale; gli stessi valori sono riportati nel grafico di Figura 6.66.

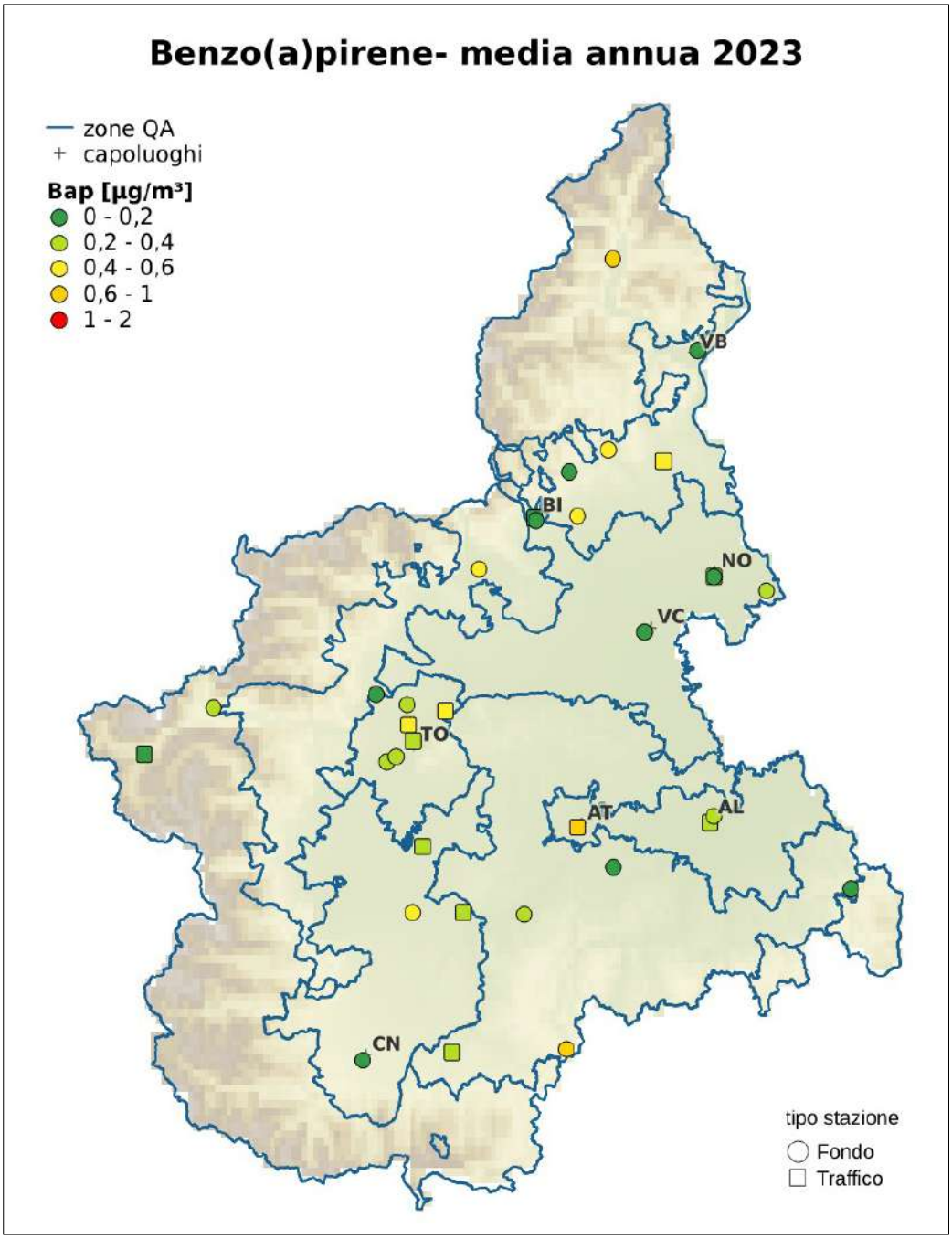


Figura 6.65: Benzo(a)pirene - concentrazioni medie per l'anno 2023: valori misurati presso le stazioni del SRRQA

La presenza dei valori più elevati in tipologie differenti di stazione conferma la diversificazione delle sorgenti emissive del benzo[a]pirene - e più in generale degli idrocarburi policiclici aromatici – legate all'utilizzo dei combustibili fossili (traffico veicolare, riscaldamento a biomassa, industria).

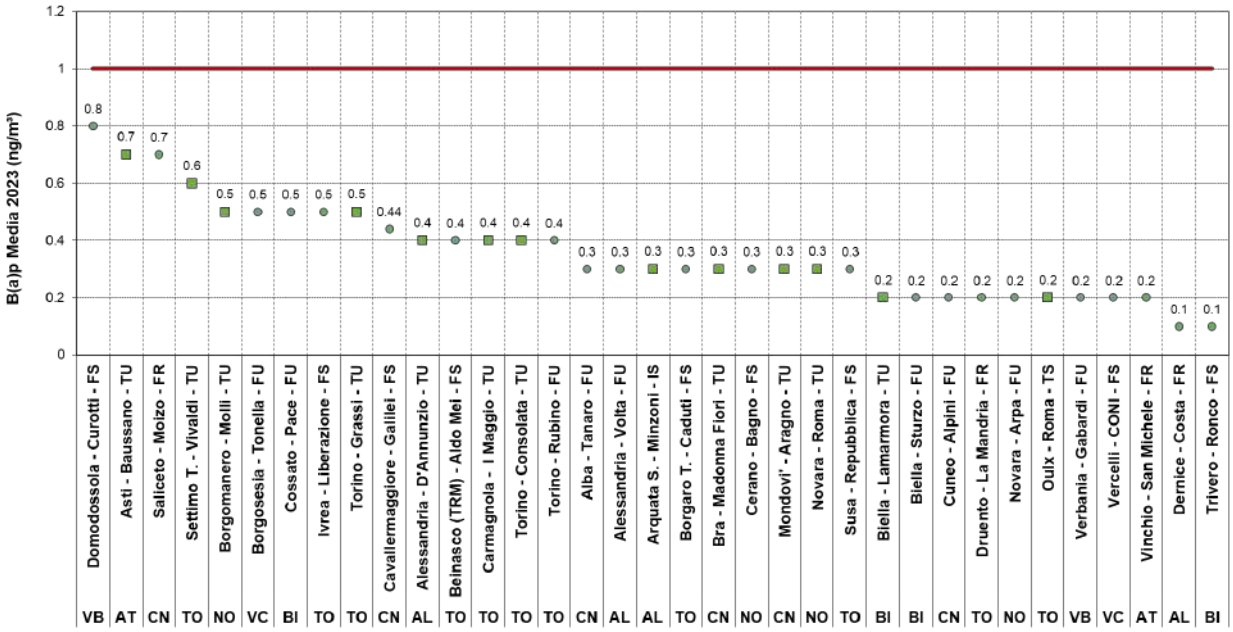


Figura 6.66: Benzo(a)pirene - concentrazioni medie per l'anno 2023: valori misurati presso le stazioni del SRRQA, posizionate in ordine decrescente di concentrazione. La forma dell'indicatore definisce la tipologia di stazione (cerchio per le stazioni di fondo, quadrato per le stazioni da traffico), il colore indica il superamento del valore limite (rosso) o il suo rispetto (verde).

Su scala regionale i valori del 2023 risultano ridotti rispetto a quelli misurati negli anni precedenti.

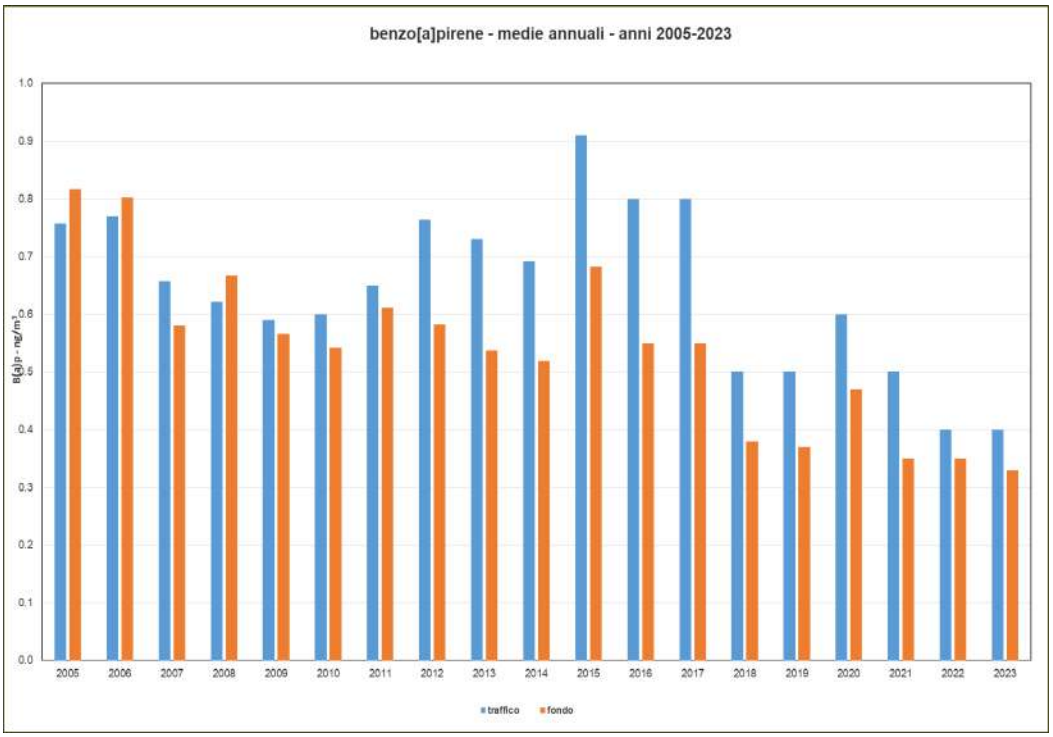


Figura 6.67: Benzo[a]pirene - andamento del valore obiettivo nelle stazioni di traffico (blu) e di fondo (rosso)

BENZENE

Il benzene (C_6H_6) è l'idrocarburo monociclico capostipite della famiglia di composti organici che vengono definiti aromatici; possiede notevoli proprietà solventi e si presenta come un liquido volatile, incolore e facilmente infiammabile. Viene prodotto per combustione incompleta di composti ricchi di carbonio; è un costituente naturale del petrolio e dei suoi derivati di raffinazione e da tempo viene impiegato come antidetonante nelle benzine (in sostituzione del piombo tetraetile). In atmosfera la sorgente più rilevante è rappresentata infatti dal traffico veicolare, in particolare dai gas di scarico dei motori alimentati a benzina; proviene inoltre dalle emissioni legate ai cicli di raffinazione, stoccaggio e distribuzione delle benzine, nonché al suo impiego nell'industria come solvente (industria manifatturiera) o come materia prima (industria chimica). Solo in minima parte si forma per cause naturali (incendi boschivi, abbruciamento residui agricoli, eruzioni vulcaniche); è presente invece in quantità significative nel fumo di sigaretta. È stata accertata la capacità cancerogena del benzene, classificato dalla IARC (*International Agency for Research on Cancer*) in classe 1 (cancerogeno certo per l'uomo) e il Decreto Legislativo 155 del 13/08/2010 ne ha stabilito il valore limite annuale.

L'indicatore relativo al benzene è calcolato sulle stazioni della rete regionale che presentano una percentuale di dati validi superiore al 90% fino al 2022 e all'85% per il 2023.

Valore limite annuale

Su tutto il territorio regionale, da diversi anni, per il benzene non viene superato il valore limite per la protezione della salute umana, pari a 5 µg/m^3 come media annua. In Figura 6.68 è possibile osservare come anche nel 2023 questo indicatore statistico risulti non superato in tutti i punti di misura della rete regionale.

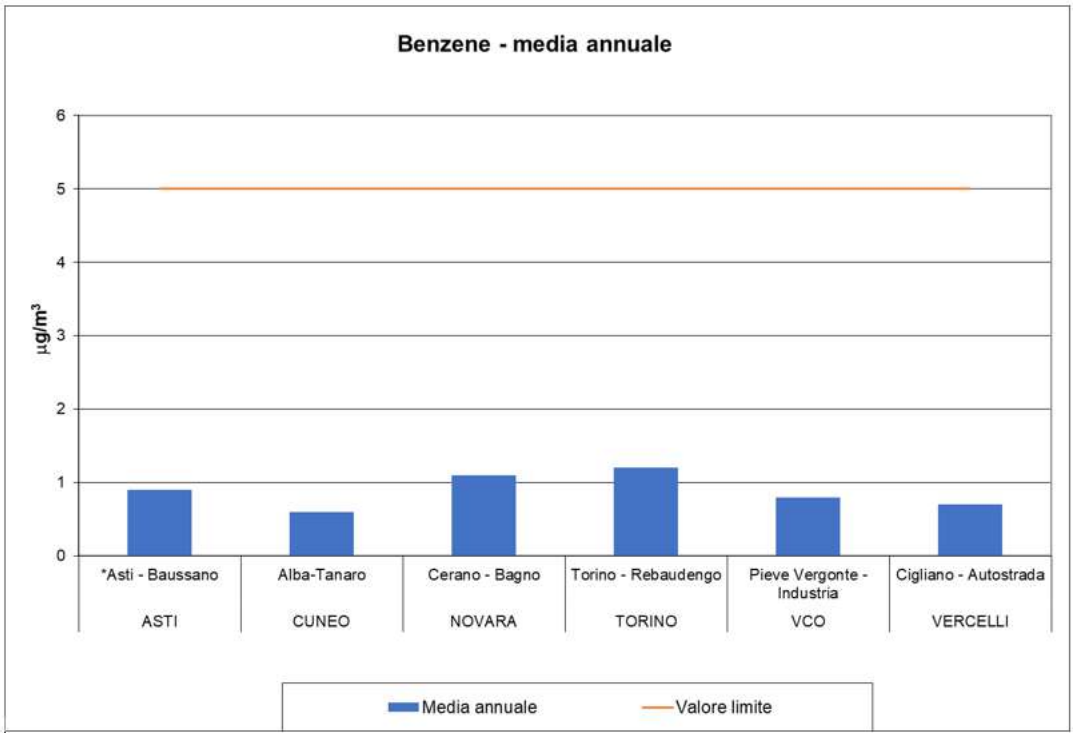


Figura 6.68: Benzene: stazioni della rete regionale che hanno misurato la media annuale più elevata a livello provinciale. Non risulta presente la provincia di Alessandria, in quanto non sono più presenti punti di misura del parametro. La stazione di Asti-Baussano è contrassegnata da un asterisco, poiché la percentuale di rendimento è pari all'84%.

La Tabella in Figura 6.69 permette di valutare come si collochino le concentrazioni di benzene registrate nell'anno 2023 rispetto agli anni precedenti (a partire dal 2010): i valori medi annui misurati presso le stazioni di monitoraggio sono suddivisi per zona di qualità dell'aria (zona UE), provincia e tipologia di stazione. La suddivisione della scala colori tiene invece conto delle soglie di valutazione inferiore e superiore e del valore limite previsti dal D.Lgs. 155/2010. È evidente una generale riduzione delle concentrazioni medie annue nel corso degli anni con valori che si attestano ampiamente al di sotto del valore limite previsto dalla normativa vigente, attribuibile – a meno di oscillazioni annuali dovute all'influenza delle condizioni meteorologiche - all'applicazione di politiche di riduzione delle emissioni per questo inquinante.

Benzene - Media annuale (Valore limite: 5 µg/m³)

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Agglomerato	TO	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	FS						1.3	1.3	1.3	1	*1*	1	1	0.9	1
		Borgaro T. - Caduti	FS				1.5	1.4	1.3	1.2	1.3	1.1	1		1	1	
		Settimo T. - Vivaldi	TU				2	2.1	2.3	*2.1*	*1.6*	0.9	1.1	1.2	1.1	1	0.9
		Torino - Consolata	TU	4			2.2	2	2.1	1.8	1.7	0.9	*1.2*		1.3	1	0.7
		Torino - Lingotto	FU			*1.3*	*1.2*	1	*1.1*	*1.1*		*1*	*0.9*		*1*	*1*	0.9
		Torino - Rebaudengo	TU			2	2	*2.4*	2.6	2.1	2.3	1.5		1.6	1.6	*1.3*	1.2
		Torino - Rubino	FU		2.7		2.5	2.2	*2.1*	1.6	1.3	1.1	1	1	0.9	0.8	
		Vinovo - Volontari	FS			1.2	*1.7*	*1.2*	1.6	1.4	1.5	1.1	1	1.1	*1.1*	0.9	0.9
Collina	CN	Alba - Tanaro	FU	1.3	0.9	0.9	1	1.1	1.3	1.1	1	0.9	0.7	0.7	0.8	0.8	0.6
	VB	Verbania - Gabardi	FU	*1.8*	2.1	1.4	1.1	1.1	1.1	1	0.9	0.8	0.7	0.7	0.7	0.5	0.3
Montagna	VB	Pieve Vergonte - Industria	FS			*2.4*	1.4	1.6	1.6	1.3	1.8	1.7	0.8		1.2	1	0.8
Pianura	AT	Asti - Baussano	TU		*2*	1.8	1.5	1.3	1.6	1.5	1.3	1.1	*1.3*	1.5	1.5	1.3	
	NO	Cerano - Bagno	FS	2.4	2.7	1	1.1	1	1.3	1.2	1.3	1.2	1.2	1.3	1.2	1.1	1.1
		Trecate - Verra	FU	1.1	*1.4*	*1.2*	1.2	1.2	1.3	1.3	*1.2*	1	1	1	1	1	0.9
	VC	Cigliano - Autostrada	TR						1.1	*0.9*	0.7	0.5	0.4	0.6	0.8	*0.7*	0.7

Legenda	
	TU = Stazione di Traffico Urbano
	FU = Stazione di Fondo Urbano
	FS =Stazione di Fondo Suburbano
	FR = Stazione di Fondo Rurale
	IS = Stazione Industriale di Fondo
	TR = Stazione di Traffico Rurale

Benzene media annuale (µg/m³)

<= 1	
> 1	<= 2
> 2	<= 3.5
> 3.5	<= 5
> 5	
	Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore all' 80% fino al 2022 e all'85% per il 2023
n	dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

Figura 6.69: Benzene - concentrazioni medie annue misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2023.

Nella Figura 6.70 è riportata la serie storica del punto di misura di Torino – Consolata che evidenzia la netta diminuzione dei valori nel periodo 1996–2023; a partire dal 2004 fino ad oggi i valori si sono stabilizzati al di sotto del valore limite.

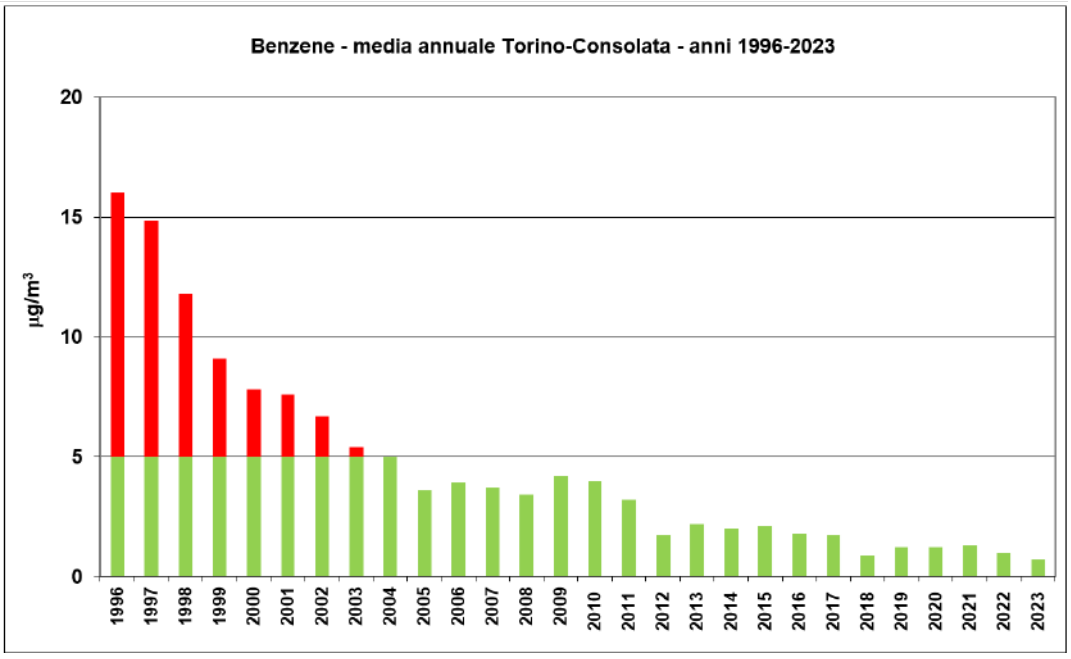


Figura 6.70: Benzene - andamento del valore limite annuale per la stazione di Torino–Consolata

BIOSSIDO DI ZOLFO

Il biossido di zolfo (o anidride solforosa) è un gas solubile in acqua che tende a stratificarsi nelle zone più basse dell'atmosfera in quanto più pesante dell'aria. Deriva dall'ossidazione dello zolfo nel corso dei processi di combustione che utilizzano sostanze che lo contengono (ad esempio i combustibili fossili). Il biossido di zolfo, reagendo con l'acqua, si ossida ad acido solforico, responsabile in gran parte del fenomeno delle piogge acide.

Valore limite

Nella Tabella di Figura 6.71 sono riportate le massime concentrazioni medie giornaliere registrate presso le stazioni di monitoraggio piemontesi dal 2010 al 2023: i valori misurati sono suddivisi per zona di qualità dell'aria (zona UE), provincia e tipologia di stazione. La suddivisione della scala colori tiene conto delle soglie di valutazione inferiore e superiore e del valore limite previsti dal D.Lgs. 155/2010. Le concentrazioni riportate in tabella evidenziano come i livelli misurati si attestino su valori inferiori di un ordine di grandezza rispetto al limite previsto dalla normativa vigente.

A titolo di esempio della riduzione delle concentrazioni atmosferiche di questo inquinante, si riporta in Figura 6.72 la massima media giornaliera su base annua registrata dal 1971 al 2023 nella stazione di traffico di Torino – Consolata, situata nella zona centrale della città, per la quale è disponibile la serie storica più lunga a livello regionale.

La riduzione delle emissioni legate al riscaldamento domestico e al traffico veicolare, grazie all'introduzione di limitazioni nel tenore di zolfo nei combustibili e all'incremento dell'utilizzo del metano nella produzione di energia e nel riscaldamento domestico, ha permesso una evidente riduzione delle concentrazioni di SO_2 in atmosfera.

SO2 - Massima media giornaliera (Valore limite: 125 µg/m^3 da non superare più di 3 volte per anno civile)

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Agglomerato	TO	Torino - Consolata	TU	16	14	*15*	13	14	13	12	15	16	19	20	11	10	
		Torino - Rebaudengo	TU	31	16	19	14	18	10	16	16	17		16	12	12	7
Collina	AL	Arquata S. - Minzoni	IS	15	19	18	16	20	22	27	33	17	*25*	32	*18*	8	23
Montagna	VB	Pieve Vergonte - Industria	FS	16	*12*	22	*13*	22	8	8	5	7	9	8	11	11	9
Pianura	AT	Asti - Baussano	TU	15	*19*	21	17	10	13	15		11	*14*			8	6
	NO	Cerano - Bagno	FS	125	48	39	55	23	30	25	23	25	35	17	22	23	19
		Novara - Roma	TU			15	16	16	15	18	20	18	18	8	11	13	9
		Trecate - Verra	FU	82	50	46	16	15	23	16	14	33	29	9	12	15	11
	VC	Cigliano - Autostrada	TR					9	10	*9*		9	9	7	12	14	5

Legenda

TU = Stazione di Traffico Urbano
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale
IS = Stazione Industriale di Fondo
TR = Stazione di Traffico Rurale

SO2	massima media giornaliera	(µg/m³)
<= 20		
> 20	<= 50	
> 50	<= 75	
> 75	<= 125	
> 125		
	Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore all' 80% fino al 2022e all'85% per il 2023	
n	dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022	

Figura 6.71: Biossido di zolfo - concentrazioni massime medie giornaliere misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2023.

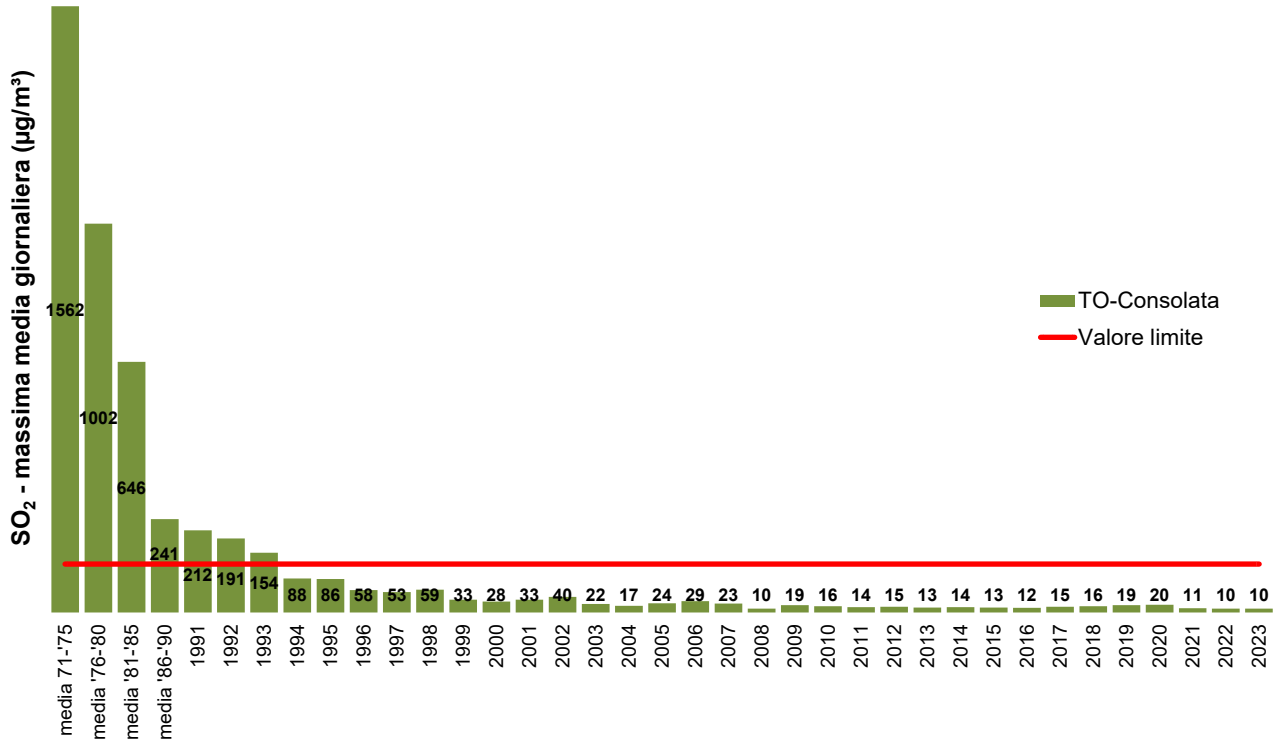


Figura 6.72: Biossido di zolfo - massima media giornaliera su base annuale, rilevata presso la stazione di Torino-Consolata

MONOSSIDO DI CARBONIO

Il monossido di carbonio (CO) è un gas particolarmente insidioso, in quanto incolore, inodore, non irritante, e, soprattutto, possiede un'affinità con l'emoglobina 220 volte superiore a quella

dell'ossigeno, che dà origine ad un composto – chiamato carbossiemoglobina - inattivo fisiologicamente.

Valore limite

Nella Tabella di Figura 6.73 sono riportate le massime concentrazioni medie sulle 8 ore calcolate a partire dai valori orari misurati presso le stazioni di monitoraggio dal 2010 al 2023: i valori sono suddivisi per zona di qualità dell'aria (zona UE), provincia e tipologia di stazione. La suddivisione della scala colori tiene conto delle soglie di valutazione inferiore e superiore e del valore limite previsti dal D.Lgs. 155/2010. I valori riportati in tabella dimostrano come, anche nelle stazioni da traffico dei grandi centri urbani, le concentrazioni massime si attestino su valori decisamente inferiori al valore limite.

Torino è la città con la serie storica più lunga a livello regionale per il monossido di carbonio; come si nota in Figura 6.74, che mostra le concentrazioni medie annue registrate a partire dal 1981 presso la stazione di traffico di Torino – Rebaudengo, stazione con le concentrazioni più elevate della regione, il trend storico mostra l'effetto del miglioramento tecnologico nel settore trasporti permettendo la riduzione delle emissioni di CO in atmosfera, con conseguente miglioramento dei livelli di concentrazione per questo inquinante.

CO - Massima media di 8 ore giornaliera (Valore limite=10 mg/m³)

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Agglomerato	TO	Torino - Consolata	TU	3.6	5.1	4.4	3	3.4	3.8	3.3	4.5	2.9	*2.8*	2.9	3.4	3	2.7
		Torino - Rebaudengo	TU	4.6	4.8	4.4	4	3.2	3.1	3.6	4	2.4	2.1	2.5	2.7	2.2	2.9
		Baldissero T. (ACEA) - parco	FR	1.3	1.4	1.3	1.1	1	1.2	1.1	1.1	1	1.2	0.9		1.2	1.1
		Leini' (ACEA) - Grande Torino	FS	2.3	2.4	2.5	2.3	2.1	2	1.9	1.7	1.6	2.1	1.6	1.6	1.7	1.6
Collina	CN	Mondovi' - Aragno	TU					*1.5*	1.7	1.7	1.4	1.2	1.1	1.1		1.1	0.9
	NO	Borgomanero - Molli	TU				2	2	2.3			2	1.7	1.7	1.7	1.7	1.4
	VB	Verbania - Gabardi	FU	1.7	2.1	2	1.5	1.4	2.4	2	1.9	2	1.4	1.3	1.4	1.1	1.2
Montagna	TO	Oulx - Roma	TS		1.7	1.7	1.9	1.8	1.8	1.5	2.3	1.5	*1.8*	1.3	1.6	0.8	1.1
Pianura	AT	Asti - Baussano	TU	2.2	2.2	2.5	2.5	1.8	1.8	1.9	1.9	1.7	*1.7*	2	2	1.6	1.3
	NO	Novara - Roma	TU	2.3	2.6	2.9	3.1	2.1	2.7	2.7	2.7	1.9	1.9	2	2.1	1.8	1.6
	VC	Cigliano - Autostrada	TR					1.7	1.6	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.5	1.6	1.5

Legenda
TU = Stazione di Traffico Urbano
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale
IS = Stazione Industriale di Fondo
TR = Stazione di Traffico Rurale

CO	massima media su 8 ore	(mg/m³)
<= 1		
> 1	<= 5	
> 5	<= 7	
> 7	<= 10	
> 10		
	Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore all' 80% fino al 2022e all'85% per il 2023	
n	dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino a 2022	

Figura 6.73: Monossido di carbonio (CO) - concentrazioni massime medie sulle 8 ore misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2023.

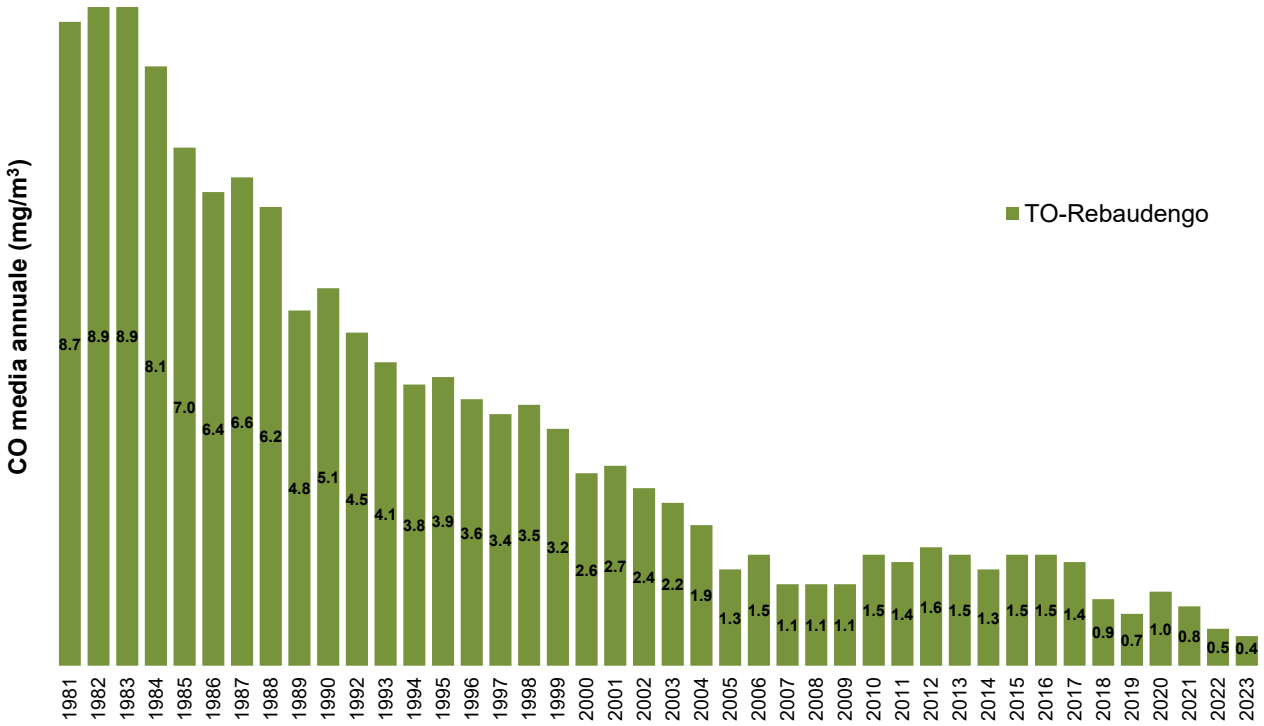


Figura 6.74: Monossido di carbonio (CO) - concentrazioni medie annuali rilevate negli anni 1981-2023, presso la stazione di Torino-Rebaudengo

METALLI TOSSICI

Nell'ambito delle attività del Sistema Regionale di Rilevamento di Qualità dell'Aria (SSRQA) sono monitorate le concentrazioni dei metalli tossici, presenti nel particolato PM10, per i quali il Decreto Legislativo 155 del 13/08/2010 ha stabilito un valore limite (piombo) o un valore obiettivo (arsenico, cadmio e nichel).

Valore limite e valori obiettivo

La situazione in tutti i punti di misura della rete regionale appare decisamente confortante, in quanto le concentrazioni di tali metalli per l'anno 2023 risultano decisamente inferiori non solo ai valori di riferimento - limite o obiettivo - ma anche alle rispettive soglie di valutazione inferiore.

Le tabelle sottostanti, da Figura 6.75 a Figura 6.78, riportano le concentrazioni dei metalli normati (rispettivamente Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo nel PM10) registrate nell'anno 2023 e negli anni precedenti (a partire dal 2010): i valori medi annui misurati presso le stazioni di monitoraggio sono suddivisi per zona di qualità dell'aria (zona UE), provincia e tipologia di stazione; la suddivisione della scala colori tiene invece conto delle soglie di valutazione inferiore e superiore e del valore limite previsti dal D.Lgs. 155/2010.

Nel caso di arsenico, cadmio e nichel, le concentrazioni medie annue misurate hanno valori di un ordine di grandezza inferiore al valore obiettivo; per il piombo le concentrazioni si posizionano invece in un range di valori aventi fra uno e due ordini di grandezza inferiori al valore limite per la protezione della salute umana.

Le serie storiche evidenziano come la situazione degli ultimi anni si sia ormai consolidata nel rispetto dei limiti di riferimento.

Arsenico nel PM10 - Media annuale (Valore obiettivo: 6 ng/m3)

Zona UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Agglomerato	TO	Beinasco (TRM) - Aldo Mei	FS				0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
		Borgaro T. - Caduti	FS	0.7	0.7	*0.7*	*0.7*	*0.7*	*0.7*	0.7	0.7	0.7	*0.7*	0.7	0.7	*0.7*	0.7
		Druento - La Mandria	FR	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	*0.7*	0.7	0.7	0.7
		Torino - Consolata	TU	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7		0.7	0.7
		Torino - Grassi	TU	0.7	0.8		*0.7*			0.7	0.7	*0.7*	0.7	*0.7*	0.7	0.7	0.7
		Torino - Lingotto	FU	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	*0.7*	0.7	0.7	0.7	*0.7*	
		Torino - Rebaudengo	TU			0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
		Torino - Rubino	FU	0.7	1.2	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	*0.7*	*0.7*	0.7	0.7	0.7	0.7
Collina	AL	Arquata S. - Minzoni	IS							0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	CN	Mondovi' - Aragno	TU					0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	TO	Susa - Repubblica	FS	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.9	0.7	0.7	0.7
Montagna	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	*0.7*		*0.7*	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7		0.7		0.7	0.7	
		Oulx - Roma	TS				0.7	*0.7*		0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	*0.7*	0.7	0.7
Pianura	AT	Asti - Baussano	TU									0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	
	BI	Biella - Lamarmora	TU	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	*0.7*	0.7	*0.7*	*0.7*	*0.7*	*0.7*	0.7	0.7
	CN	Bra - Madonna Fiori	TU		0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
		Cavallermaggiore - Galilei	FS												0.7	0.7	0.7
		Cuneo - Alpini	FU	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	NO	Cerano - Bagno	FS	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
		Novara - Roma	TU	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.8	0.8	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7
	TO	Carmagnola - I Maggio	TU	0.7	*0.7*	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	*0.7*	0.7	0.7
	VC	Vercelli - CONI	FS	0.7	0.7	*0.7*	0.7	0.7	0.7	0.7	*0.7*	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7	0.7

Legenda	
	TU = Stazione di Traffico Urbano
	FU = Stazione di Fondo Urbano
	FS =Stazione di Fondo Suburbano
	FR = Stazione di Fondo Rurale
	IS = Stazione Industriale di Fondo
	TR = Stazione di Traffico Rurale

As	media annuale	(ng/m³)
≤ 1		
> 1	≤ 2.4	
> 2.4	≤ 3.6	
> 3.6	≤ 6	
> 6		

Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore al 80% fino al 2022 e all'85% per il 2023

n dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

Figura 6.75: Arsenico - concentrazioni medie annue misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2023

Cadmio nel PM10 - Media annuale (Valore obiettivo: 5 ng/m3)

Zona UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Agglomerato	TO	Borgaro T. - Caduti	FS	0.2	0.3	*0.2*	*0.2*	*0.1*	*0.2*	0.2	0.2	0.1	*0.1*	0.2	0.1	*0.1*	0.1
		Druento - La Mandria	FR	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	*0.1*	0.1	0.1	0.1
		Torino - Consolata	TU	0.2	0.3	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	*0.2*		*0.1*	0.1
		Torino - Grassi	TU	0.2	0.5		*0.3*			0.2	0.2	*0.2*	0.2	*0.3*	0.3	0.2	0.1
		Torino - Lingotto	FU	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	*0.1*	0.1	0.2	0.1	*0.1*	0.1
		Torino - Rebaudengo	TU			0.4	0.3	0.3	0.4	0.3	0.3	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	
		Torino - Rubino	FU	0.2	0.3	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	*0.1*	*0.1*	0.2	0.1	0.1	0.1
		Beinasco (TRM) - Aldo Mei	FS				0.2	0.1	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
Collina	AL	Arquata S. - Minzoni	IS							0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	CN	Mondovi' - Aragno	TU					0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	TO	Susa - Repubblica	FS	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
Montagna	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	*0.1*		*0.1*	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1		*0.1*		*0.1*	*0.1*	
		Oulx - Roma	TS				0.1	*0.1*		0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	*0.1*	0.1	0.1
Pianura	AT	Asti - Baussano	TU									0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	
	BI	Biella - Lamarmora	TU	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	*0.1*	0.1	*0.1*	*0.1*	*0.1*	*0.1*	0.1	0.1
	CN	Bra - Madonna dei Fiori	TU	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
		Cavallermaggiore - Galilei	FS												0.1	0.1	0.1
		Cuneo - Alpini	FU	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	NO	Cerano - Bagno	FS	0.2	0.3	0.3	0.2	0.2	0.3	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1
		Novara - Roma	TU	0.2	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	TO	Carmagnola - I Maggio	TS	0.2	*0.2*	0.2	0.2	0.1	0.2	0.1	0.2	0.1	0.1	0.1	*0.1*	0.1	0.1
	VC	Vercelli - CONI	FS	0.2	0.2	*0.2*	0.2	0.1	0.2	0.2	*0.1*	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

Legenda	
	TU = Stazione di Traffico Urbano
	FU = Stazione di Fondo Urbano
	FS =Stazione di Fondo Suburbano
	FR = Stazione di Fondo Rurale
	IS = Stazione Industriale di Fondo
	TR = Stazione di Traffico Rurale

Cd	media annuale	(ng/m³)
<= 1		
> 1	<= 2	
> 2	<= 3	
> 3	<= 5	
> 5		

Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore al 80% fino al 2022 e all'85% per il 2023

n dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

Figura 6.76: Cadmio - concentrazioni medie annue misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2023.

Nichel nel PM10 - Media annuale (Valore obiettivo: 20 ng/m3)

ZONA UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Agglomerato	TO	Borgaro T. - Caduti	FS	4.3	5.2	4.7	3.4	3.0	0.9	2.4	4.2	4.2	2.2	2.1	1.9	1.7	1.8
		Druento - La Mandria	FR	3.6	4.0	3.2	1.6	1.5	0.3	1.1	2.6	2.6	1.3	1.2	2.5	1.1	
		Torino - Consolata	TU	8.3	8.2	7.3	4.9	4.8	0.8	3.7	3.7	3.7	2.7	3.5		3.2	3.2
		Torino - Grassi	TU	7.6	8.7		5.8			3.9	4.8	4.8	3.2	4.2	3.8	3.8	4.1
		Torino - Lingotto	FU	5.0	5.6	4.8	3.5	3.2	0.9	2.2	2.5	2.5	1.4	1.3	1.1	1.3	1.2
		Torino - Rebaudengo	TU			7.2	5.2	4.5	4 ,6	3.0	3.0	2.3	4.0	2.1	1.6	1.9	
		Torino - Rubino	FU	4.6	5.2	4.8	3.0	3.2	0.9	2.0	2.8	2.8	1.7	2.3	2.0	1.7	1.9
		Beinasco (TRM) - Aldo Me	FS				2.9	2.7	3.0	2.2	2.7	2.2	2.4	1.7	1.8	2.2	2.0
Collina	AL	Arquata S. - Minzoni	IS							1.9	2.4	2.4	1.5	2.4	2.4	1.7	1.5
	CN	Mondovi' - Aragno	TU					9.7	2.8	0.9	1.5	1.0	2.2	0.9	0.9	0.9	1.0
	TO	Susa - Repubblica	FS	2.5	3.3	2.2	1.1	1.9	0.5	1.4	1.4	1.4	1.0	0.9	0.9	0.8	1.0
Montagna	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	1.3		1.0	0.7	0.9	0.0	0.8	0.9		0.8		0.7	0.8	
		Oulx - Roma	TS				1.4	1.8		1.3	2.0	1.3	1.6	1.1	1.3	1.2	1.4
Pianura	AT	Asti - Baussano	TU									1.4	1.8	1.4	1.4	1.5	
	BI	Biella - Lamarmora	TU	5.3	4.0	3.8	3.4	2.4	0.6	2.0	1.6	1.6	1.1	1.4	1.2	1.0	1.2
	CN	Bra - Madonna Fiori	TU	3.4	3.7	3.4	2.5	2.5	2.2	1.1	1.7	1.0	1.5	1.6	1.1	1.1	1.3
		Cavallermaggiore - Gallei	FS												1.1	1.2	1.1
		Cuneo - Alpini	FU	4.1	3.1	2.3	1.7	1.2	0.3	0.8	0.9	0.9	1.1	0.7	0.8	0.8	1.0
	NO	Cerano - Bagno	FS	3.1	2.2	3.0	2.4	2.7	0.6	1.3	2.1	2.1	1.2	1.7	1.1	1.2	1.1
		Novara - Roma	TU	3.0	2.6	2.8	2.2	2.8	0.6	1.2	2.0	2.0	1.6	1.4	1.0	1.2	1.2
	TO	Carmagnola - I Maggio	TU	4.0	4.5	3.9	3.2	2.5	3.0	1.9	2.9	2.2	2.7	1.8	1.6	1.5	
	VC	Vercelli - CONI	FS	2.2	1.9	2.4	1.8	2.0	0.4	1.3	1.6	1.6	0.7	1.1	0.9	1.0	1.4

Legenda
TU = Stazione di Traffico Urbano
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale
IS = Stazione Industriale di Fondo
TR = Stazione di Traffico Rurale

Ni media annuale (ng/m³)

<= 5	
> 5	<= 10
> 10	<= 14
> 14	<= 20
> 20	

Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore al 80% fino al 2022 e all'85% per il 2023
n dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

Figura 6.77: Nichel - concentrazioni medie annue misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2023.

Piombo nel PM10 - Media annuale (Valore limite = 0,5 µg/m³)

Zona UE	PROVINCIA	STAZIONE	TIPO STAZIONE	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Agglomerato	TO	Borgaro T. - Caduti	FS	0.01	0.013	0.009	0.009	0.006	0.009	0.007	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004	0.003
		Druento - La Mandria	FR	0.007	0.008	0.006	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
		Torino - Consolata	TU	0.013	0.015	0.013	0.01	0.008	0.01	0.008	0.009	0.006	0.006	0.007		0.006	0.005
		Torino - Grassi	TU	0.017	0.02		0.012			0.011	0.011	0.008	0.01	0.011	0.015	0.010	0.006
		Torino - Lingotto	FU	0.011	0.012	0.01	0.009	0.007	0.009	0.007	0.007	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	
		Torino - Rebaudengo	TU			0.002	0.019	0.015	0.021	0.013	0.016	0.011	0.01	0.011	0.008	0.010	
		Torino - Rubino	FU	0.011	0.012	0.01	0.009	0.007	0.008	0.006	0.007	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004
		Beinasco (TRM) - Aldo Me	FS				0.009	0.008	0.008	0.007	0.006	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004
Collina	AL	Arquata S. - Minzoni	IS							0.005	0.007	0.004	0.003	0.006	0.004	0.004	0.004
	CN	Mondovi' - Aragno	TU					0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.002
	TO	Susa - Repubblica	FS	0.007	0.006	0.005	0.004	0.004	0.003	0.003	0.004	0.003	0.003	0.003	0.002	0.003	0.002
Montagna	TO	Ceresole Reale - Diga	FR	0.002		0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.002		0.001		0.001	0.002	
		Oulx - Roma	TS				0.002	0.002		0.002	0.002	0.001	0.004	0.001	0.002	0.001	0.001
Pianura	AT	Asti - Baussano	TU									0.005	0.005	0.006	0.006	0.007	
	BI	Biella - Lamarmora	TU	0.008	0.009	0.008	0.006	0.007	0.006	0.006	0.009	0.007	0.004		0.004	0.006	0.004
	CN	Bra - Madonna dei Fiori	TU	0.009	0.008	0.007	0.006	0.005	0.005	0.004	0.005	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.003
		Cavallermaggiore - Gallei	FS												0.004	0.003	0.002
		Cuneo - Alpini	FU	0.005	0.004	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.002	0.002	0.002	0.002	0.003	0.001
	NO	Cerano - Bagno	FS	0.011	0.013	0.013	0.01	0.008	0.009	0.007	0.009	0.007	0.006	0.007	0.008	0.006	0.005
		Novara - Roma	TU	0.012	0.011	0.01	0.007	0.006	0.007	0.005	0.007	0.006	0.005	0.005	0.006	0.006	0.004
	TO	Carmagnola - I Maggio	TS	0.009	0.009	0.008	0.007	0.005	0.005	0.005	0.005	0.004	0.004	0.004	0.005	0.004	0.003
	VC	Vercelli - CONI	FS	0.008	0.009	0.01	0.007	0.005	0.007	0.007	0.007	0.006	0.006	0.005	0.005	0.005	0.004

Legenda
TU = Stazione di Traffico Urbano
FU = Stazione di Fondo Urbano
FS =Stazione di Fondo Suburbano
FR = Stazione di Fondo Rurale
IS = Stazione Industriale di Fondo
TR = Stazione di Traffico Rurale

Pb media annuale (µg/m³)

<= 0.1	
> 0.1	<= 0.25
> 0.25	<= 0.35
> 0.35	<= 0.5
> 0.5	

Dato assente perché strumento non presente o per percentuale dati validi inferiore al 80% fino al 2022 e all'85% per il 2023
n dato con percentuale dati validi compresa fra 80 e 90% fino al 2022

Figura 6.78: Piombo - concentrazioni medie annue misurate presso le stazioni della rete regionale nel periodo dal 2010 al 2023.

6.4.2 LO SCENARIO BASE DI QUALITÀ DELL'ARIA

Lo scenario base di qualità dell'aria è rappresentato dalla Valutazione modellistica Annuale sullo stato della Qualità dell'aria in Piemonte per l'anno 2023, basata su un approccio integrato che sfrutta le diverse tipologie informative disponibili in Regione Piemonte e previste dal D. Lgs. 155/2010: le misure della rete regionale di rilevamento della qualità dell'aria (SRRQA), i campi di concentrazione prodotti dal sistema modellistico di trasporto, dispersione e trasformazione chimica in uso presso Arpa Piemonte. Il sistema modellistico fornisce su tutto il territorio regionale le concentrazioni orarie dei principali inquinanti atmosferici (O_3, NO_2, NO_x, PM10, PM2.5, CO, SO_2, benzene), descrivendo lo stato di qualità dell'aria anche nelle zone del territorio non coperte dalle stazioni di misura della rete SRRQA e completando quindi il quadro informativo necessario per la valutazione del rispetto dei valori limite previsti dalla normativa vigente.

Nella Valutazione modellistica Annuale sullo stato della Qualità dell'aria in Piemonte per l'anno 2023 il Sistema Modellistico Regionale descritto nel capitolo 5, è stato applicato utilizzando come dati di ingresso:

i dati dell'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera di Regione Piemonte riferito all'anno 2019 attualizzati al 2023 per il Piemonte e ampiamente dettagliati nel precedente paragrafo 6.3, i dati dell'Inventario Valle D'Aosta aggiornato al 2019, i dati dell'inventario di bacino prodotto nel progetto LIFE IP prepAIR[11] aggiornato al 2019 per Lombardia, Emilia Romagna, Veneto, Friuli Venezia Giulia, Trentino Alto Adige, i dati dell'Inventario Nazionale ISPRA riferito all'anno 2019 per le altre regioni italiane comprese nel dominio di calcolo, i dati degli inventari locali per le regioni francesi PACA e ARA[12], i dati EMEP[13] riferiti all'anno 2020 per i rimanenti territori esteri;

- i campi meteorologici derivati dal modello meteorologico COSMO-I5[14] utilizzato operativamente da ARPA Piemonte nelle attività di protezione civile, applicato su tutti i domini di simulazione;

- i campi di analisi concentrazione su scala continentale prodotti dal servizio Prev'Air[15] come condizioni al contorno sul dominio sovraregionale.

Per gli inquinanti a maggiore criticità, ovvero il particolato PM10 e PM2.5, il biossido di azoto e l'ozono, i risultati delle simulazioni sono stati integrati con le misure della rete di rilevamento della qualità dell'aria attraverso una procedura di assimilazione geostatistica (*kriging* con deriva esterna KDE): si ottiene in tal modo una mappatura della qualità dell'aria corretta con le osservazioni. La base dati osservativa con cui eseguire la procedura di assimilazione è stata costruita, per ciascuno degli inquinanti considerati, selezionando dall'intera rete regionale del SRRQA e dalle reti di rilevamento delle regioni limitrofe (Lombardia e Valle d'Aosta) le stazioni con una rappresentatività spaziale congruente con la risoluzione di 4 km alla quale sono condotte le simulazioni, con una percentuale di dati validi nel corso del 2023 non inferiore al 85% dei dati acquisiti e tali da garantire nel loro insieme una copertura sufficientemente omogenea del territorio regionale.

A valle delle simulazioni è stata effettuata la valutazione dei risultati ottenuti secondo quanto richiesto dal d.lgs. 155/2010 utilizzando la metodologia raccomandata nella APPENDICE III del

11 LIFE 15 IPE IT 013, www.lifeprepair.eu
12 Provence Alpes Cote Azur (PACA), Auvergne Rhone Alpes (ARA)
13 European Monitoring and Evaluation Programme, http://www.ceip.at/webdab-emission-database
14 Consortium for Small-scale Modeling, https://www.cosmo-model.org/content/default.htm
15 http://www2.prevair.org/

decreto legge e secondo le raccomandazioni del documento tecnico FAIRMODE[16] *Guidance Document on Modelling Quality Objectives and Benchmarking*[17]:

- tramite un'analisi statistica, espressa in termini di indici di prestazione, volta a descrivere "la capacità del modello di avvicinarsi alle misure";
- in termini di incertezza delle tecniche di modellazione in riferimento agli obiettivi di qualità descritti nell'Allegato I del D.lgs. 155/2010.

Sia la valutazione mediante indici di prestazione, sia la valutazione in termini di incertezza delle tecniche di modellazione è stata condotta attraverso il confronto tra i dati di qualità dell'aria misurati dalla rete di monitoraggio ed i corrispondenti valori simulati dal sistema modellistico. Per ciascun inquinante i punti di misura sono stati scelti in osservanza a quanto stabilito dal legislatore al paragrafo 1.4 della APPENDICE III del D.lgs 155/2010, ovvero selezionando quelli aventi una percentuale di dati validi sul totale dei dati acquisiti non inferiore al 85% ed escludendone il 10% in funzione della rappresentatività spaziale. Nel caso in cui la stazione in esame rientrava nella base dati utilizzata per la data fusion, le serie simulate sono state costruite con tecniche di cross-validazione, in modo che tale serie storica simulata non tenesse conto dei dati osservati dalla stessa stazione che si voleva analizzare.

Dai risultati della validazione, in generale si osserva un buon accordo tra dati osservati e dati simulati in relazione all'indicatore media annuale per tutti gli inquinati per i quali l'indicatore è normato: in particolare MQI (*Model Quality Indicator*) è sempre al di sotto del valore soglia pari a 1, mostrando un totale rispetto degli obiettivi di qualità dei dati. Risultati soddisfacenti (con MQI sempre inferiore al valore soglia) si ottengono anche per la media giornaliera del PM10, per il quale si osserva tuttavia una lieve tendenza alla sottostima dei valori più elevati tipici di condizioni anticicloniche perduranti, per la massima media mobile su otto ore dell'ozono e per la media oraria del biossido di azoto. I risultati meno soddisfacenti si ottengono per il biossido di zolfo ed il monossido di carbonio, inquinanti per i quali tuttavia i valori, sia osservati sia simulati, si mantengono sempre ampiamente al di sotto non solo dei valori limite ma anche delle soglie di valutazione superiore e inferiore.

PARTICOLATO PM10

La distribuzione spaziale della concentrazione media annua di particolato PM10, rappresentata in Figura 6.79, evidenzia come nel corso del 2023 su tutto il territorio regionale sia stato rispettato il valore limite annuo di 40 µg/m³. Le concentrazioni maggiori sono stimate in corrispondenza dei principali centri urbani (l'area metropolitana di Torino, Alessandria, Asti); si evidenziano concentrazioni relativamente elevate anche nelle zone di pianura del torinese, cuneese, astigiano, alessandrino. La zona pedemontana e le aree pianeggianti adiacenti mostrano concentrazioni generalmente inferiori a 25 µg/m³, mentre le aree montuose alpine e quelle appenniniche ai confini con l'Emilia-Romagna si mantengono al di sotto di 15 µg/m³, con valori relativamente più alti nella zona di zona di Domodossola. Si conferma quindi la distribuzione spaziale delle misure della rete di monitoraggio della qualità dell'aria.

Per quanto riguarda la media giornaliera del PM10, le zone di superamento del valore limite (al massimo 35 giorni di superamento del valore di 50 µg/m³) sono limitate all'area metropolitana di Torino ed alla città di Asti (Figura 6.80).

16 Forum for Air quality Modeling, https://fairmode.jrc.ec.europa.eu/home/index

17 https://fairmode.jrc.ec.europa.eu/document/fairmode/WG1/Guidance_MQO_Bench_vs3.3_20220519.pdf

PARTICOLATO PM2.5

Nel corso del 2023, su tutto il territorio regionale è stato rispettato il valore limite per la media annua di 25 µg/m³, come si può osservare dalla Figura 6.81. La distribuzione spaziale della media annua mostra concentrazioni comprese tra 15 e 20 µg/m³ sulla maggior parte del territorio regionale, con valori comunque ovunque inferiori ai 20 µg/m³ (valore indicato nella Direttiva 2008/50/CE come limite a partire dal 01/01/2020, ma non ancora recepito a livello nazionale).

BIOSSIDO DI AZOTO

La distribuzione spaziale della concentrazione media annua prodotta nella valutazione modellistica regionale per l'anno 2023, illustrata nella Figura 6.82, mostra come i valori più elevati si abbiano nell'agglomerato urbano torinese e al confine tra il novarese e la Lombardia. La simulazione modellistica riproduce bene i valori misurati dalle stazioni di fondo, ma tende ad una sottostima dei livelli registrati da quelle caratterizzate dalla presenza di fenomeni non riproducibili alla risoluzione adottata nelle simulazioni, come l'intenso traffico veicolare. Ciò avviene a Torino ove le misure indicano, a differenza del sistema modellistico, superamenti del valore limite annuale di 40 µg/m³ in una singola stazione di traffico. Nel resto della regione, le concentrazioni medie annue si attestano su valori ampiamente inferiori al limite previsto dalla normativa.

Nel corso del 2023 sul territorio regionale non si sono stimati superamenti del valore limite orario per la protezione della salute umana (200 µg/m³ da non superarsi per più di 18 volte nel corso dell'anno).

OZONO

La distribuzione del numero di superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana, pari a 120 µg/m³ calcolato come massima media giornaliera sulle 8 ore, riportata in Figura 6.83, mostra una diffusa situazione di superamento su tutto il territorio regionale, con l'eccezione delle zone alpine e prealpine.

La soglia normativa per AOT40 per la protezione della vegetazione (calcolo da maggio a luglio), la cui distribuzione spaziale è illustrata nella Figura 6.84, risulta superata su tutto il territorio regionale.

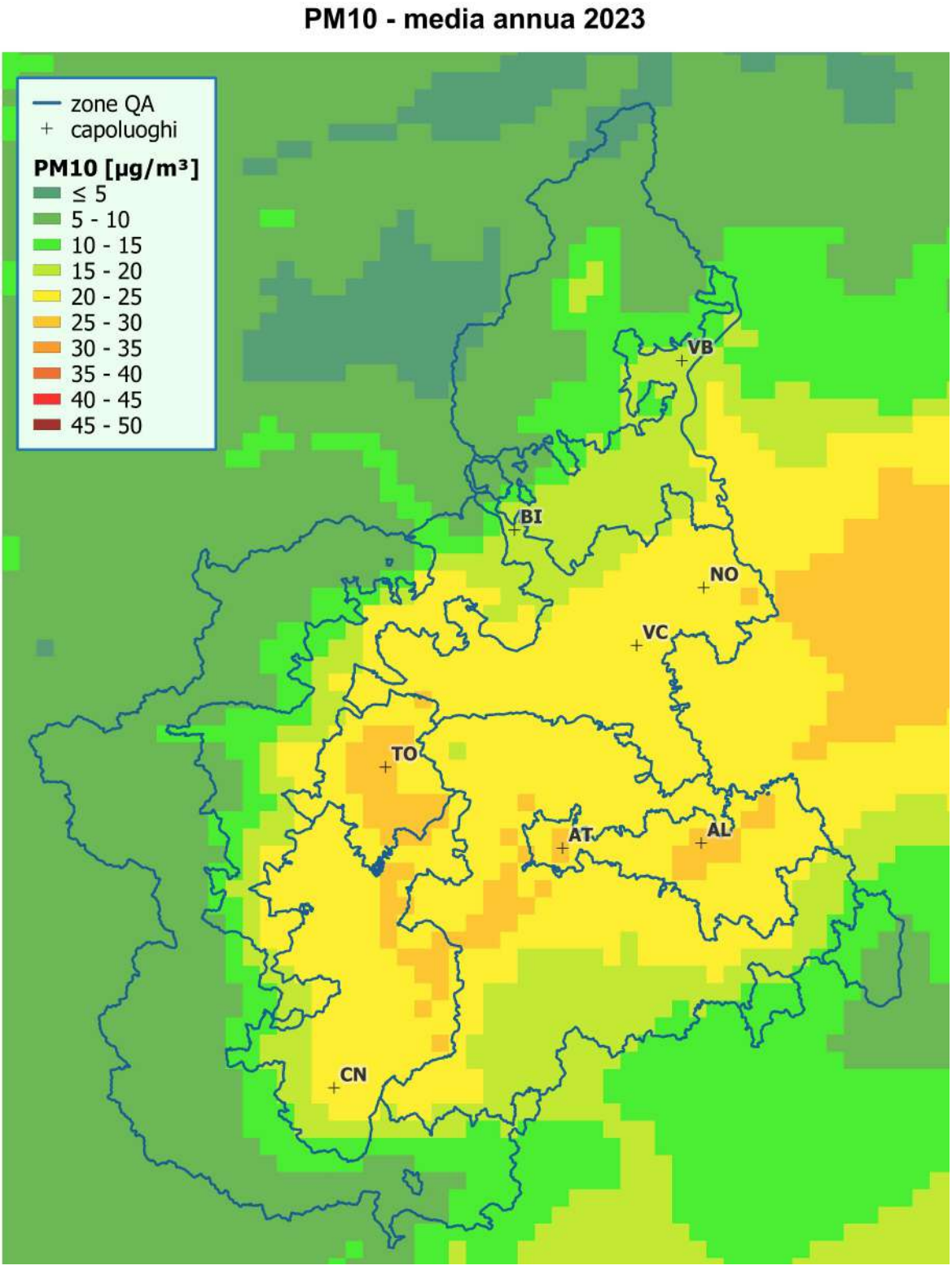


Figura 6.79: Valutazione modellistica annuale della qualità dell'aria 2023 - PM10: concentrazioni medie annue

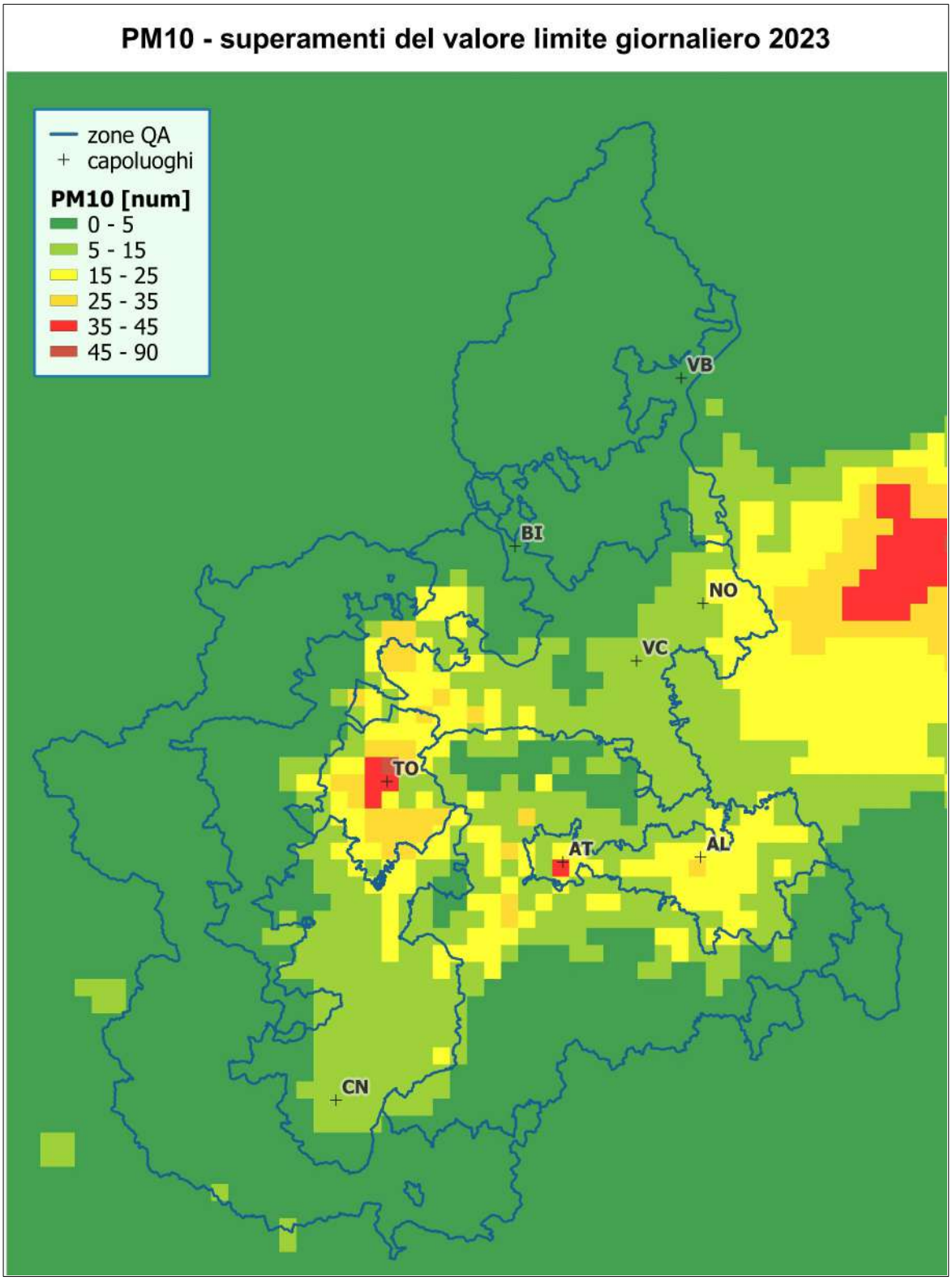


Figura 6.80: Valutazione modellistica annuale della qualità dell'aria 2023 - PM10: giorni di superamento del valore limite per la media giornaliera

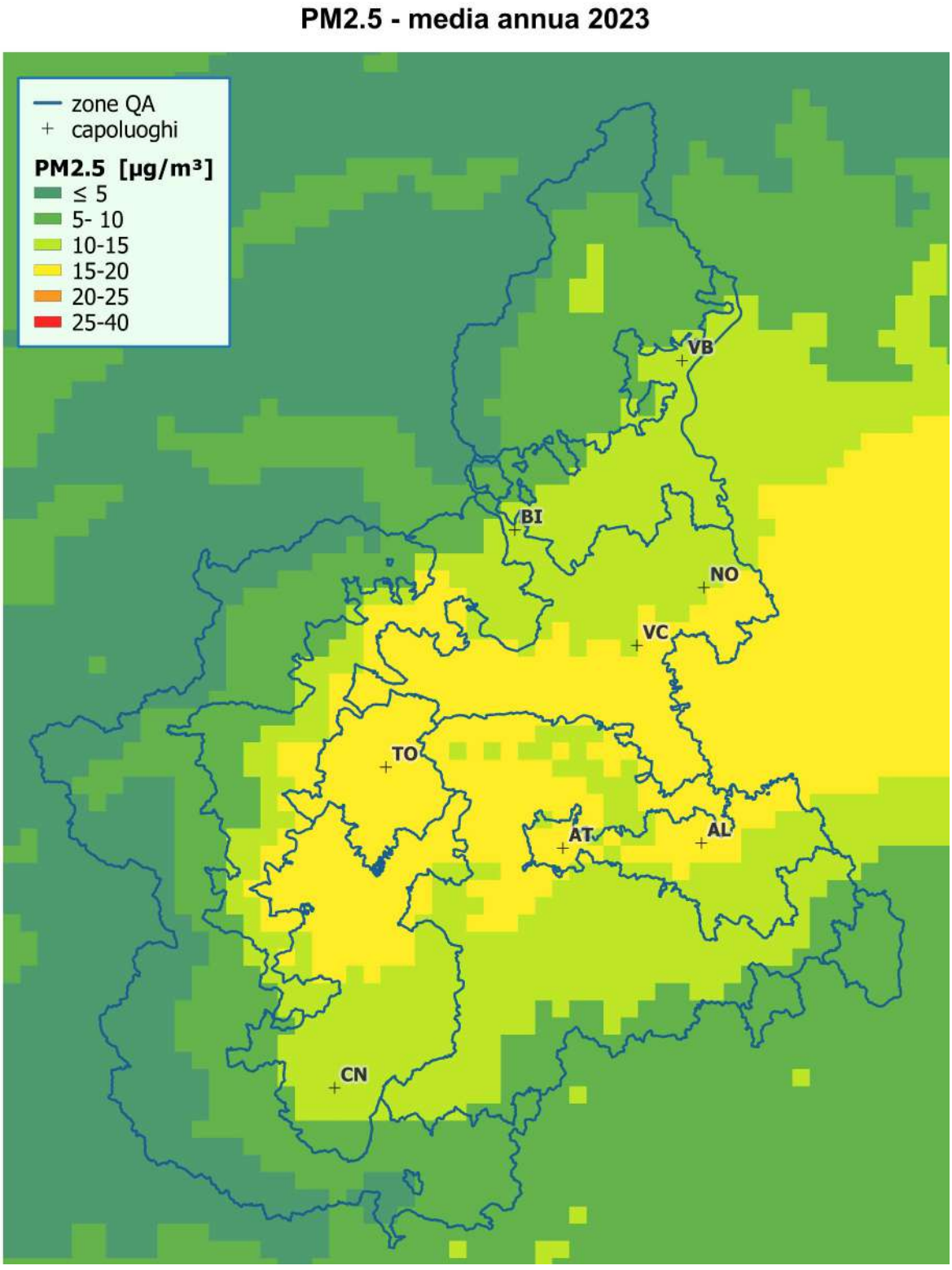


Figura 6.81: Valutazione modellistica annuale della qualità dell'aria 2023 – PM2.5: concentrazioni medie annue

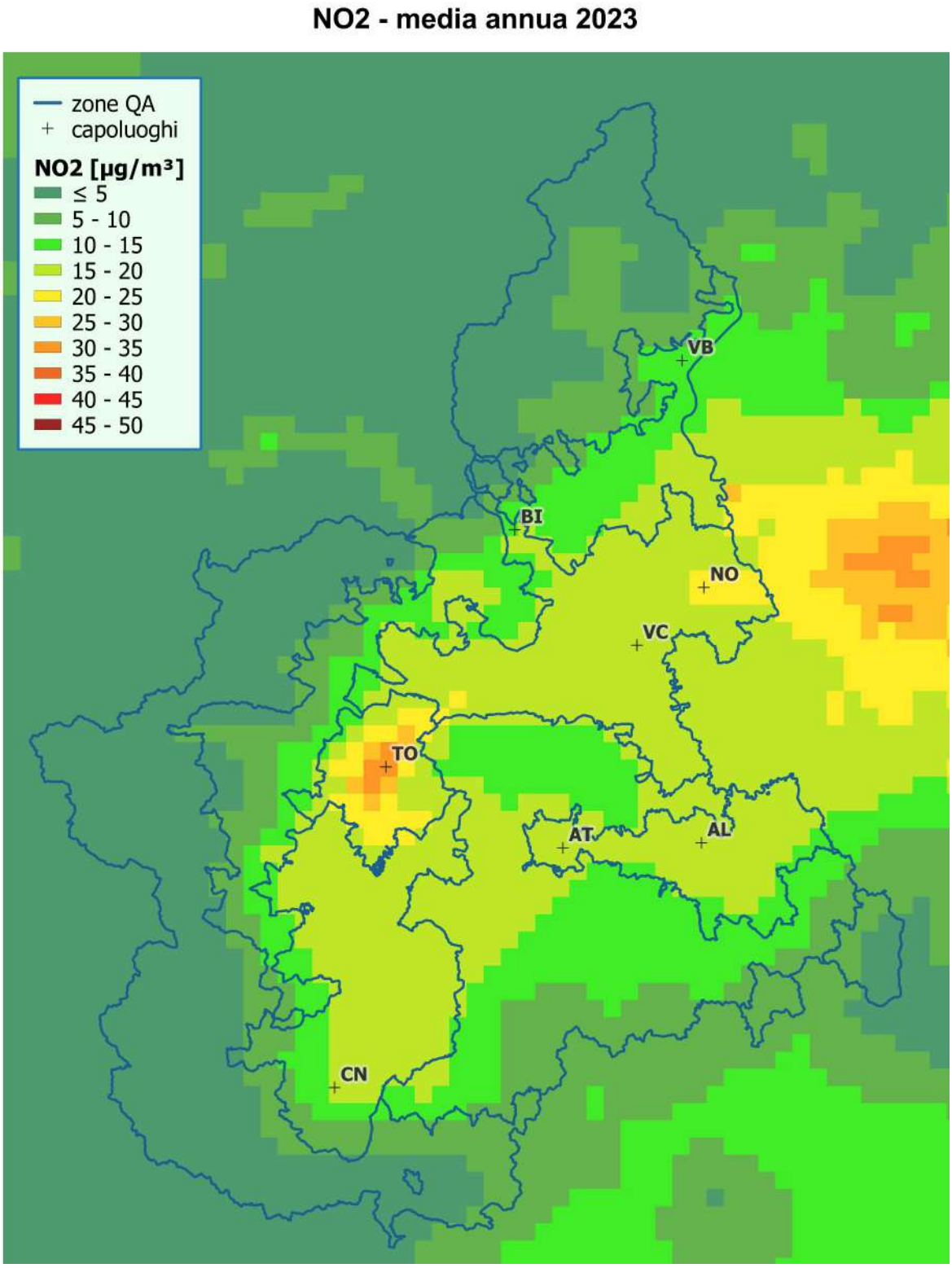


Figura 6.82: Valutazione modellistica annuale della qualità dell'aria 2023 – NO_2: concentrazioni medie annue

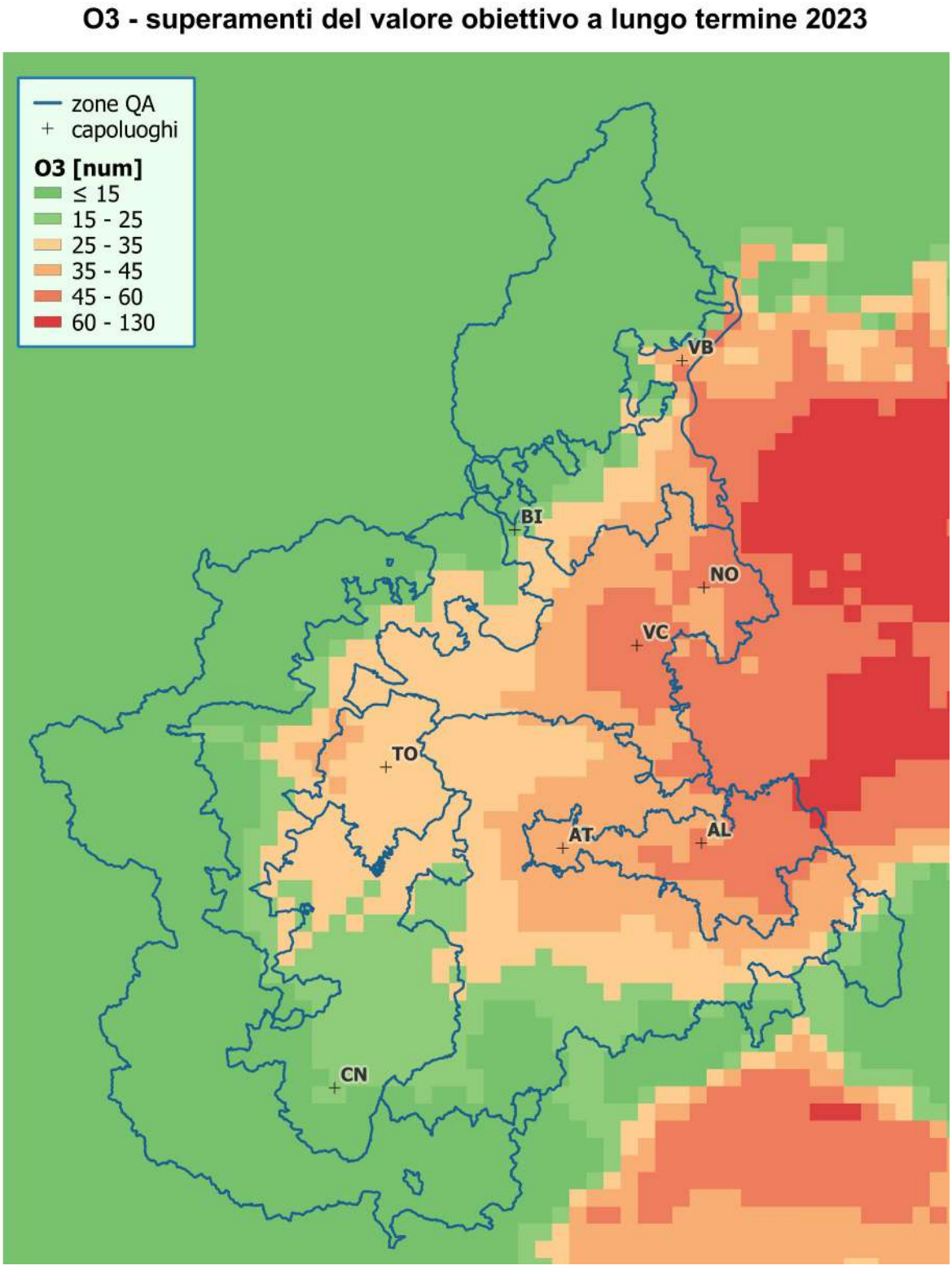


Figura 6.83: Valutazione modellistica annuale della qualità dell'aria 2023 – O_3: superamenti del valore obiettivo a lungo termine per la protezione della salute.

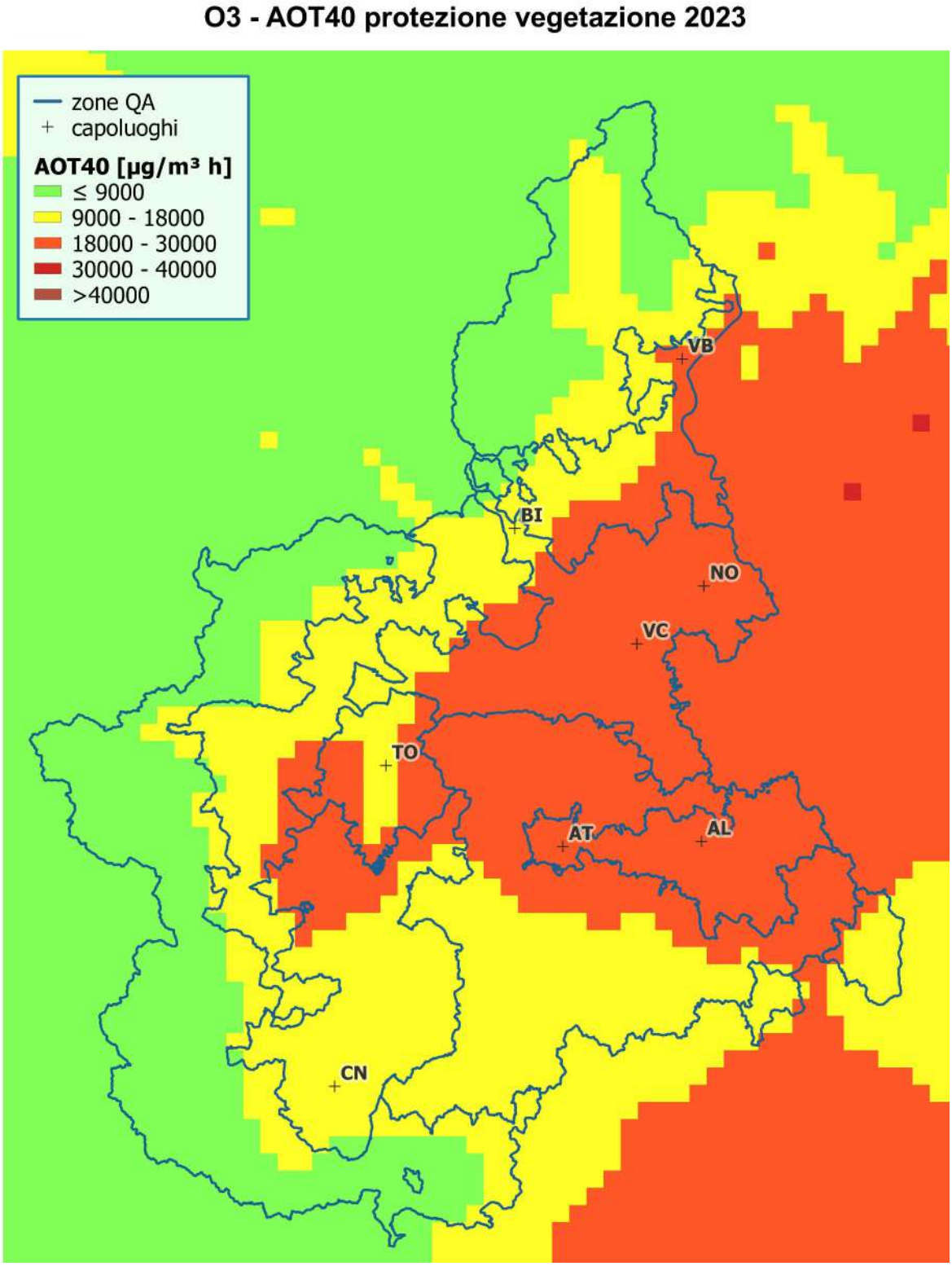


Figura 6.84: Valutazione modellistica annuale della qualità dell'aria 2023 – O_3: AOT40 per la protezione della vegetazione

BENZENE

La distribuzione delle concentrazioni medie annue di benzene è riportata in Figura 6.85. Su tutto il territorio regionale, da diversi anni, non viene superato il valore limite per la protezione della salute umana per questo inquinante, pari a 5 µg/m³ come media annua. Le aree caratterizzate

dalle concentrazioni più elevate sono quelle corrispondenti al comune di Torino, con valori massimi di poco superiori ai 2 µg/m³.

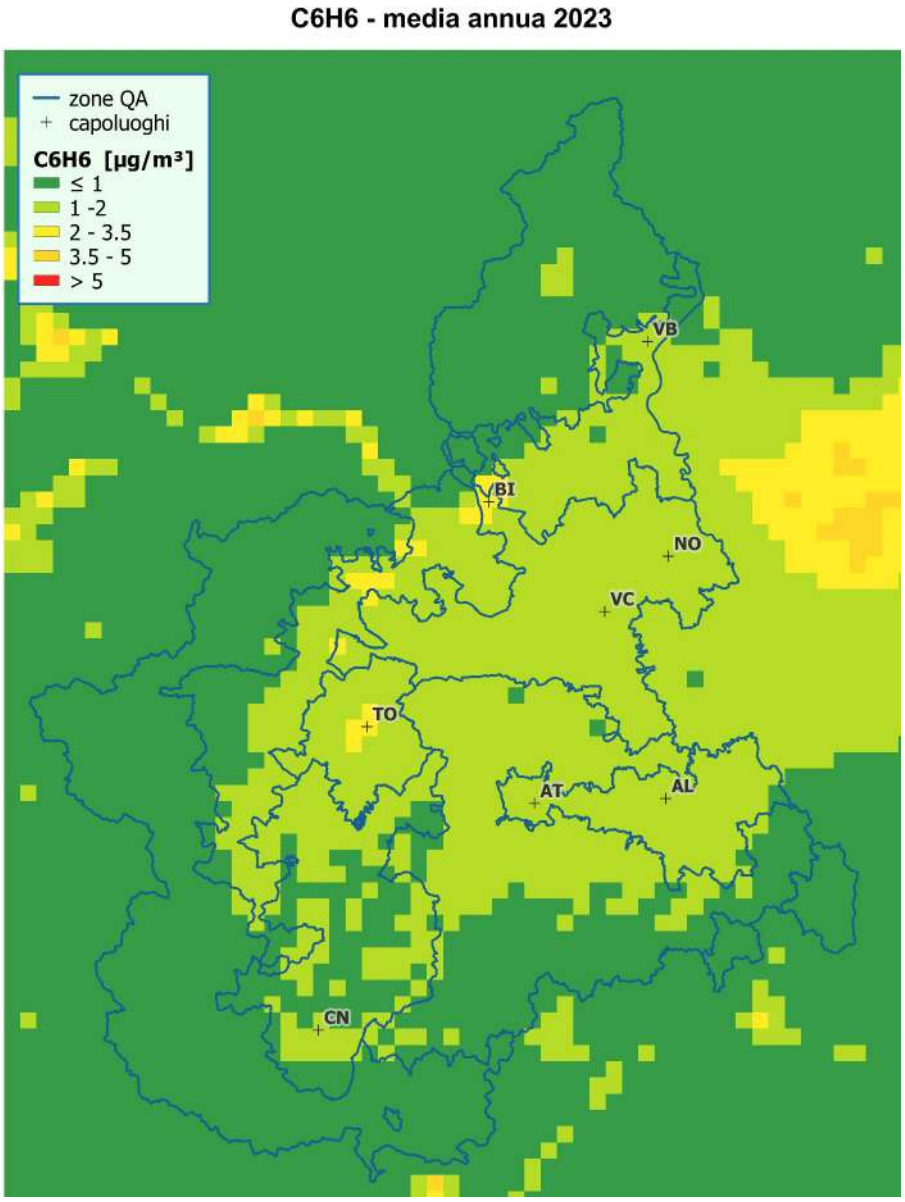


Figura 6.85: Valutazione annuale della qualità dell'aria 2023 – Benzene: concentrazioni medie annue

BIOSSIDO DI ZOLFO

Si tratta di un inquinante ormai a bassa criticità sul Piemonte; non sono infatti stimati superamenti non solo dei valori limite, ma neanche delle soglie di valutazione per la media giornaliera in nessun punto griglia del dominio di simulazione compreso nel territorio regionale.

MONOSSIDO DI CARBONIO

Anche per il monossido di carbonio non si evidenziano criticità sul territorio regionale: in nessun punto griglia del dominio di simulazione si stimano valori di concentrazione prossimi o superiori al valore limite per la massima media giornaliera calcolata sulle 8 ore.

6.5 INDIVIDUAZIONE DELLE AREE DI SUPERAMENTO E DI RISPETTO DEI VALORI LIMITE ALL'ANNO BASE

Il sistema modellistico utilizzato nella realizzazione dello scenario base di qualità dell'aria calcola valori di concentrazione su tutti i punti griglia del dominio di calcolo tridimensionale. Ai fini della valutazione del rispetto dei valori limite previsti dal D. Lgs. 155/2010 è tuttavia necessario riferirsi alle zone ed agli agglomerati individuati e classificati ai sensi degli articoli 3 e 4 del decreto stesso. Pertanto, risulta necessario riportare il valore di concentrazione dalla griglia di simulazione al territorio comunale.

La metodologia adottata da Arpa Piemonte nell'ambito delle simulazioni a supporto delle Valutazioni annuali della Qualità dell'Aria, permette - a partire dai punti griglia del dominio di calcolo – di pervenire alla concentrazione su ciascun comune attraverso la media pesata dei valori di concentrazione stimati dal modello per le celle che ricadono all'interno del comune di cui si desidera calcolare la concentrazione, con i pesi dati dalla percentuale di superficie edificata comunale presente in ciascuna cella di calcolo. A partire dalle concentrazioni su base comunale vengono quindi calcolati i superamenti dei valori limite e dei valori accessori previsti dal D. Lgs. 155/2010.

Di seguito, sono riportate le mappe di concentrazione su base comunale e le tabelle che indicano, per i principali inquinanti normati e per ognuna delle zone in cui è stato suddiviso il territorio regionale dalla D.G.R. 30 dicembre 2019, n. 24-903[18], l'estensione delle aree di superamento e la popolazione potenzialmente interessata da tali superamenti. Le aree (e conseguentemente la popolazione interessata) sono state calcolate in ottica cautelativa considerando come esposta al superamento tutta la superficie (e la relativa popolazione) del comune la cui concentrazione supera i limiti previsti dalla normativa. Per i diversi inquinanti e relativi indicatori di legge, il calcolo è stato effettuato sommando le aree e la popolazione (riferita al dato più aggiornato disponibile, ovvero al 2023) dei comuni in cui la concentrazione comunale è stata valutata superiore al corrispondente valore limite. Nel caso del numero di superamenti di una certa soglia, sono stati considerati i comuni nei quali è stato calcolato un numero di superamenti del valore limite maggiore a quanto consentito dalla normativa.

Come già evidenziato in precedenza, la risoluzione della simulazione modellistica non risolve completamente i fenomeni che avvengono su scale molto locali, pertanto nel calcolo delle aree di superamento e della popolazione esposta, in ottemperanza a quanto stabilito dalla legislazione nazionale e comunitaria, nel caso in cui in un comune si abbia il superamento di un parametro di legge misurato da una stazione di traffico, ma non riprodotto dal sistema modellistico, il comune è considerato comunque in superamento in relazione a quel parametro.

PARTICOLATO PM10 E PM2.5

Per il particolato PM10, la distribuzione delle concentrazioni medie annue e del numero di superamenti del valore limite giornaliero attribuiti ai comuni è riportata nelle Figura 6.86 e Figura 6.87, mentre la tabella in Figura 6.91 riporta, per ogni zona di qualità dell'aria, l'estensione delle aree di superamento e la popolazione esposta relativamente alle concentrazioni medie annue e media giornaliera. Nella tabella di Figura 6.91 sono stati considerati in superamento anche quei comuni per i quali i superamenti sono stati registrati dalla stazione di traffico presente nel territorio comunale ma non dal sistema modellistico. Nonostante il 2023 sia stato un anno particolarmente

[18] Verifica ed aggiornamento della zonizzazione e della classificazione del territorio regionale piemontese ed aggiornamento del relativo programma di valutazione della qualità dell'aria ambiente, ai sensi degli articoli 4 e 5 del d.lgs. 155/2010 (Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa)

favorevole dal punto di vista della dispersione degli inquinanti, il particolato PM10 permane un inquinante critico, relativamente al suo indicatore sul breve periodo: risulta esposta a più di 35 giorni di superamento del valore limite giornaliero il 65% della popolazione residente nell'Agglomerato di Torino IT0118, il 13% di quella residente nella zona di Pianura. Nel 2023 non si osservano superamenti nella zona di Collina IT0120 e nella zona di Montagna IT0121.

Nel caso del particolato PM2.5, in Figura 6.88 è illustrata la distribuzione delle concentrazioni medie annue su base comunale, mentre nella tabella di Figura 6.92 sono riportate le aree di superamento e la popolazione esposta. Nel 2023, come precedentemente anticipato, il particolato PM2.5 non risulta essere un indicatore critico, con lo 0% della popolazione esposta a livello regionale, sia in riferimento al valore di media annua pari a 25 µg/m³ (limite di fase 1), sia prendendo in considerazione il valore limite medio annuo di 20 µg/m³ relativo alla fase 2.

Biossido di azoto

La distribuzione delle concentrazioni medie annue di biossido di azoto su base comunale prodotta dal sistema modellistico è riportata in Figura 6.89.

Le aree di superamento e la popolazione esposta, relativamente alle concentrazioni medie annue e al numero di superamenti del valore limite orario sono riportate nella tabella di Figura 6.93; nel caso della media oraria sono stati considerati, ai fini del superamento, i comuni nei quali il numero di ore nel quale si è stimato il superamento del valore limite è stato superiore a 18.

Nel 2023, le concentrazioni di biossido di azoto superano il valore limite medio annuo unicamente nell'Agglomerato di Torino su una sola stazione di traffico (Torino - Rebaudengo), con una percentuale di popolazione esposta rispetto alla residente della zona IT0118 pari al 57% (ovvero la popolazione della città di Torino). Non si hanno invece superamenti del valore limite su base oraria.

Ozono

Il valore obiettivo per la protezione della salute umana per l'ozono risulta superato in buona parte del territorio regionale, come si evince dalla distribuzione delle concentrazioni massime medie sulle 8 ore calcolate su base comunale riportata in Figura 6.90

Nella tabella di Figura 6.94 sono illustrate le aree di superamento e la popolazione esposta sia per il valore obiettivo per la protezione della salute umana, per il calcolo dei quali sono stati considerati i comuni con numero di superamenti del valore obiettivo maggiore di 25, sia per l'obiettivo lungo termine per la protezione della salute umana.

L'ozono è indubbiamente l'inquinante più critico su tutto il territorio regionale. Infatti, per entrambi i valori di riferimento, nel 2023 risulta esposta ai superamenti la totalità dei residenti nell'Agglomerato di Torino IT0118, mentre per la zona Piemonte IT0122, risulta esposto il 94% della popolazione ai superamenti del valore obiettivo per la protezione della salute umana e circa il 65% ai superamenti dell'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana.

Benzene, biossido di zolfo e monossido di carbonio

Il valore limite per la media annuale del benzene non è superato in nessun comune del territorio piemontese. Nella tabella di Figura 6.95 si osserva che, per gli indicatori di benzene (media annua), biossido di zolfo (superamento del valore limite della media giornaliera e della media oraria) e monossido di carbonio (massimo giornaliero della media mobile su 8 ore), in assenza di superamenti dei rispettivi indicatori, la popolazione esposta risulta pari allo 0% su tutto il territorio regionale.

BENZO(A)PIRENE, ARSENICO, NICHEL, CADMIO E PIOMBO NEL PM10

Il valore obiettivo per la media annuale del Benzo(a)pirene, Arsenico, Nichel, Cadmio ed il valore limite del Piombo non sono superati in nessun comune ed in nessuna stazione del territorio regionale; pertanto, la popolazione esposta risulta pari allo 0% su tutto il territorio regionale (tabella in Figura 6.96).

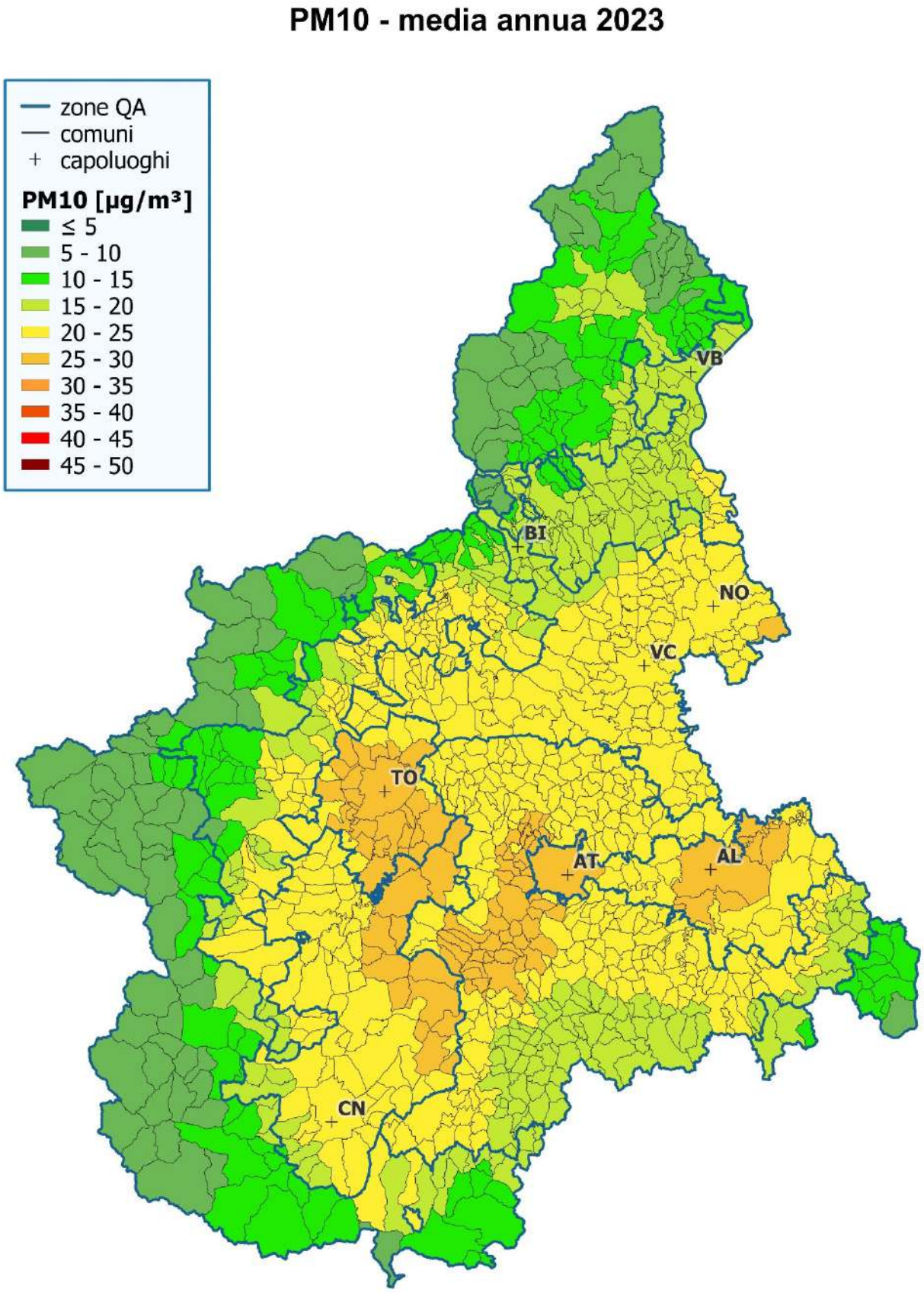


Figura 6.86: Valutazione annuale della qualità dell'aria 2023 - PM10: concentrazioni medie annue su base comunale

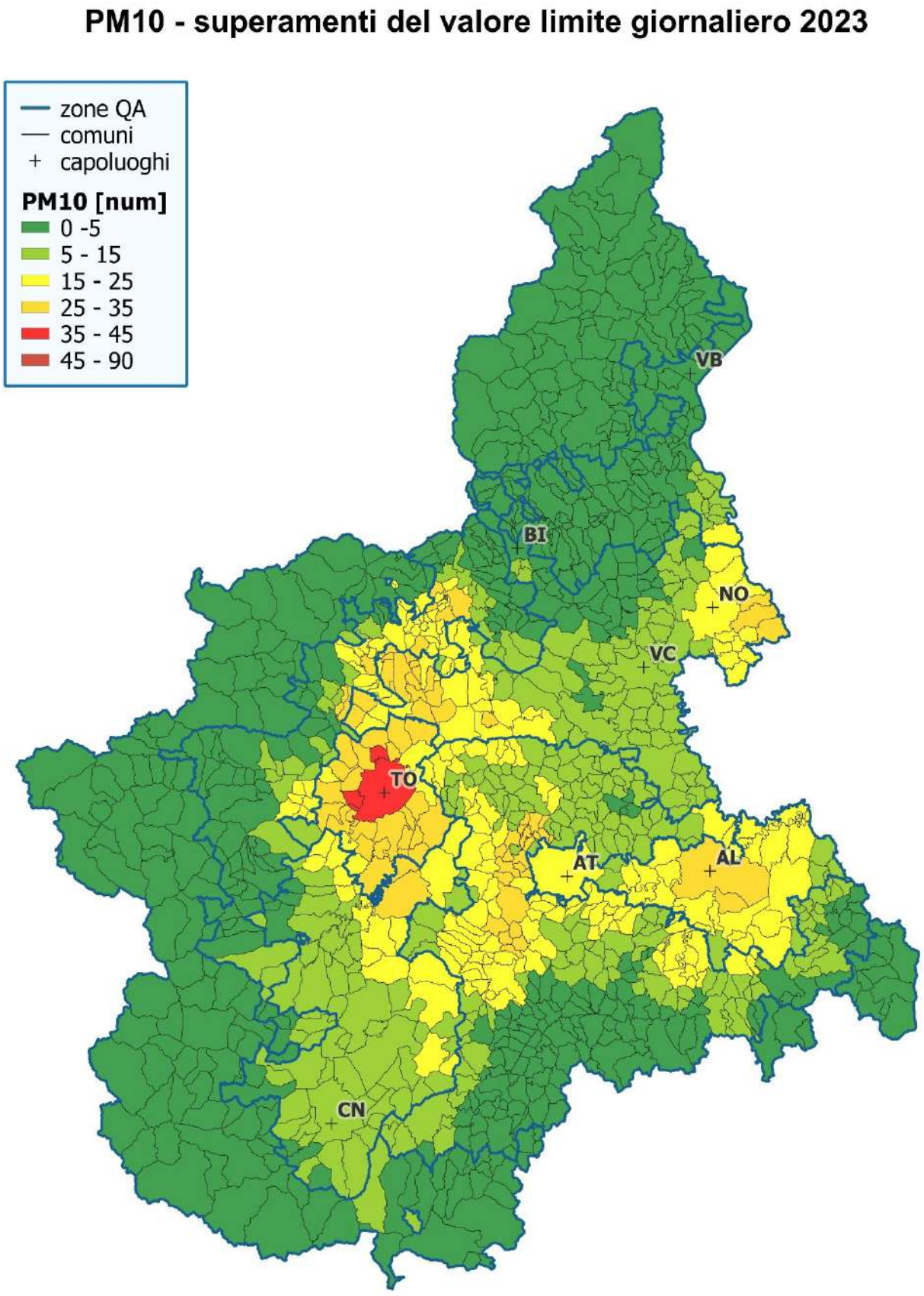


Figura 6.87: Valutazione annuale della qualità dell'aria 2023 - PM10: numero di superamenti del valore limite giornaliero su base comunale

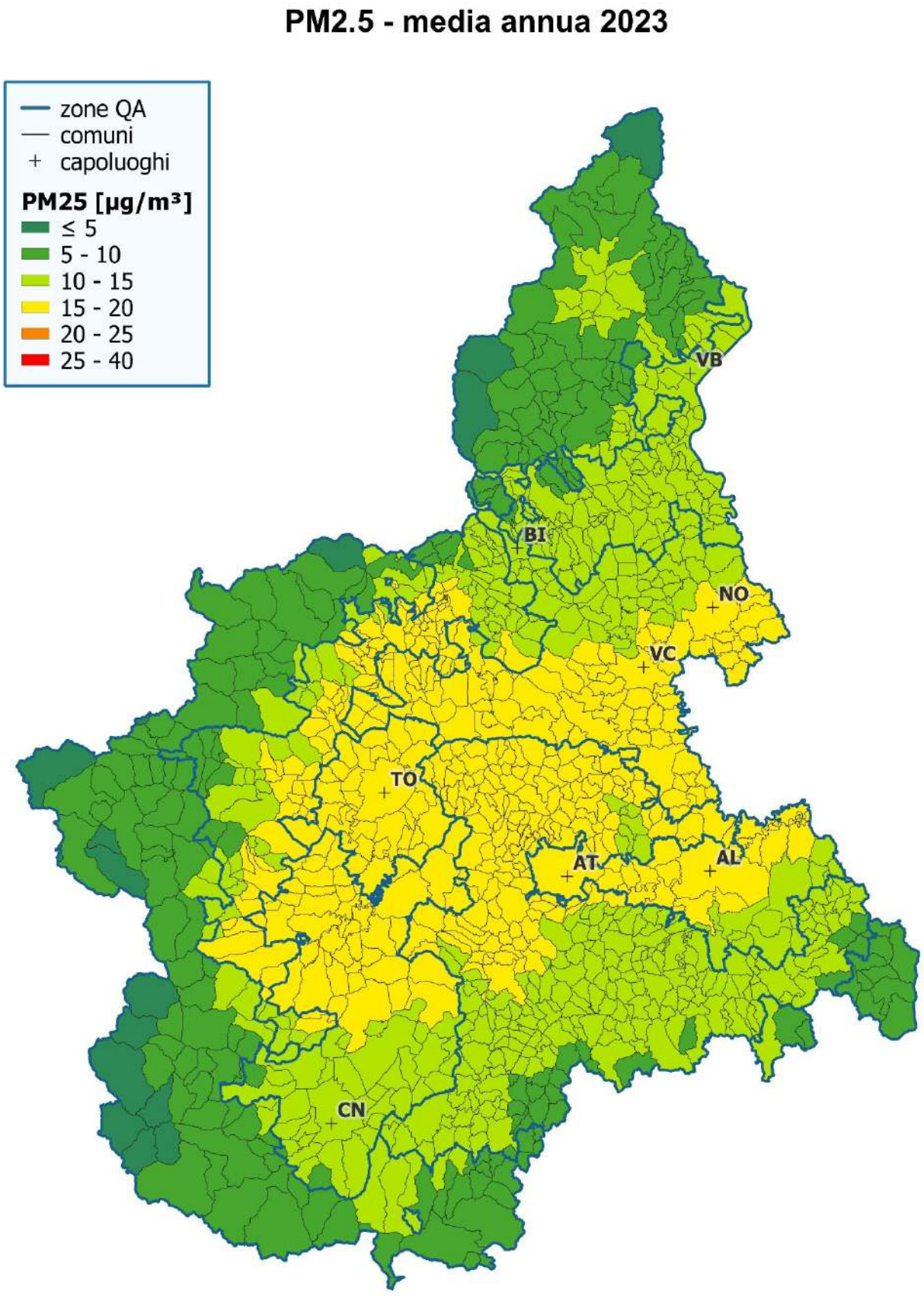


Figura 6.88: Valutazione annuale della qualità dell'aria 2023 – PM2.5: concentrazioni medie annue su base comunale

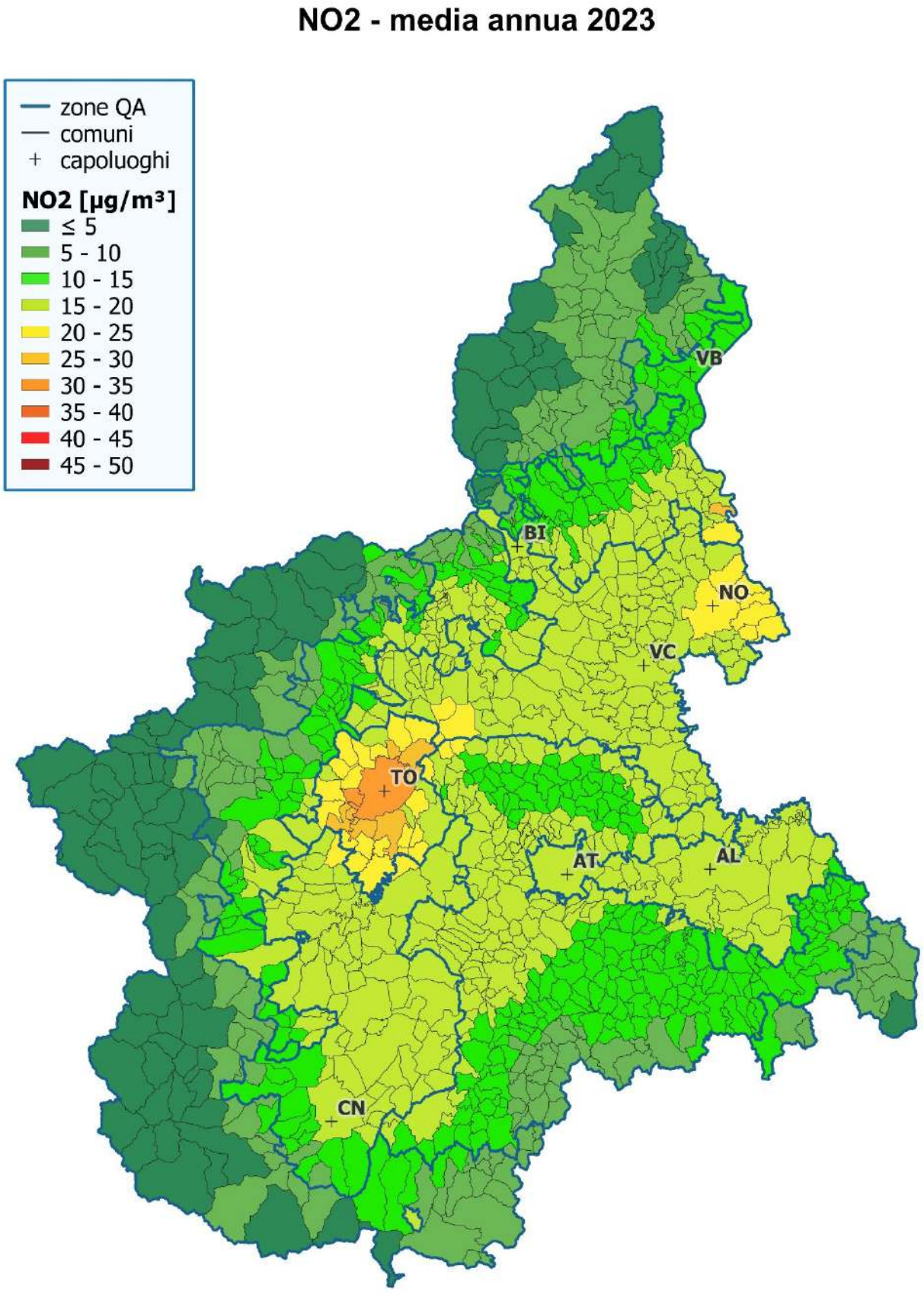


Figura 6.89: Valutazione annuale della qualità dell'aria 2023 – NO_2: concentrazioni medie annue su base comunale

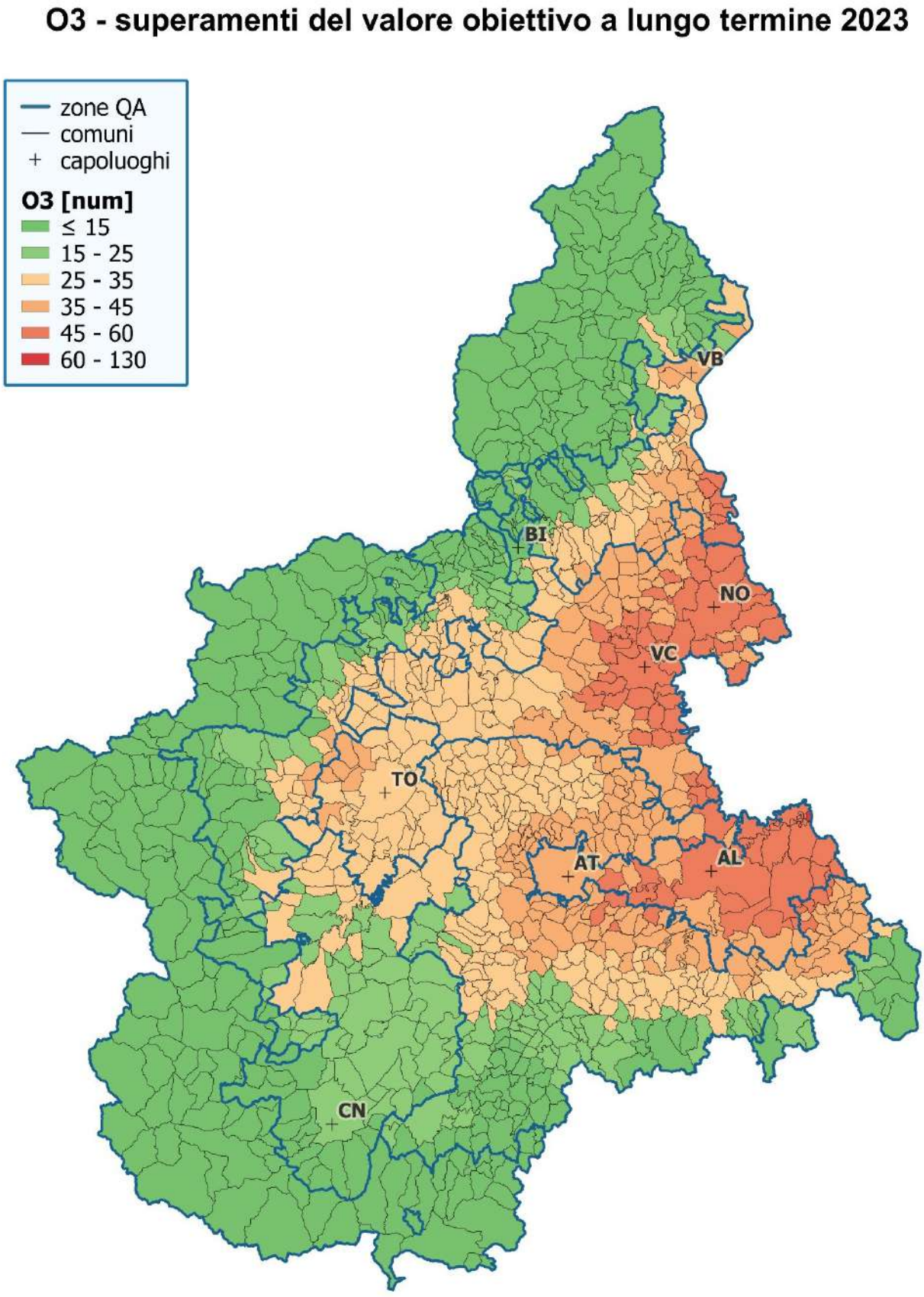


Figura 6.90: Valutazione annuale della qualità dell'aria 2023 – O_3: numero di superamenti del valore obiettivo a lungo termine su base comunale

PM10					
Zona	**Caratteristiche della zona**		**Tipo**	**Superamento del valore limite per la media annua (40 μg/m³)**	**Superamento del valore limite di 50 μg/m3 per la media giornaliera (35 superamenti per anno civile)**
IT0118	Area totale	838	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	281
	Popolazione totale	1483251	Popolazione residente esposta al superamento	0	969337
IT0119	Area totale	6623	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	355
	Popolazione totale	1296753	Popolazione residente esposta al superamento	0	165723
IT0120	Area totale	8801	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0
	Popolazione totale	1298147	Popolazione residente esposta al superamento	0	0
IT0121	Area totale	9125	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0
	Popolazione totale	174430	Popolazione residente esposta al superamento	0	0

Figura 6.91: Aree di superamento e popolazione esposta per il particolato PM10 e i relativi indicatori media annuale e media giornaliera

PM2,5					
Zona	**Caratteristiche della zona**		**Tipo**	**Superamento del valore limite per la media annua (stage I: 25 μg/m³)**	**Superamento del valore limite per la media annua (stage II: 20 μg/m³)**
IT0118	Area totale	838	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0
	Popolazione totale	1483251	Popolazione residente esposta al superamento	0	0
IT0119	Area totale	6623	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0
	Popolazione totale	1296753	Popolazione residente esposta al superamento	0	0
IT0120	Area totale	8801	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0
	Popolazione totale	1298147	Popolazione residente esposta al superamento	0	0
IT0121	Area totale	9125	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0
	Popolazione totale	174430	Popolazione residente esposta al superamento	0	0

Figura 6.92: Aree di superamento e popolazione esposta per il particolato PM2.5 e l'indicatore media annuale

Biossido di azoto					
Zona	**Caratteristiche della zona**		**Tipo**	**Superamento del valore limite per la media annua (40 μg/m³)**	**Superamento del valore limite di 200 μg/m³ per la media oraria (18 superamenti per anno civile)**
IT0118	Area totale	838	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	130
	Popolazione totale	1483251	Popolazione residente esposta al superamento	0	846926
IT0119	Area totale	6623	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0
	Popolazione totale	1296753	Popolazione residente esposta al superamento	0	0
IT0120	Area totale	8801	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0
	Popolazione totale	1298147	Popolazione residente esposta al superamento	0	0
IT0121	Area totale	9125	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0
	Popolazione totale	174430	Popolazione residente esposta al superamento	0	0

Figura 6.93: Aree di superamento e popolazione esposta per il biossido di azoto e i relativi indicatori media annuale e media oraria

Ozono					
Zona	Caratteristiche della zona		Tipo	Massimo giornaliero della media mobile su otto ore. Superamento del valore obiettivo di 120 µg/m³ (25 superamenti come media su tre anni *)	Massimo giornaliero della media mobile su otto ore. Superamento del valore obiettivo a lungo termine di 120 µg/m³ (nessun superamento nell'anno civile)
IT0118	Area totale	838	Estensione dell'area di superamento [km2]	838	838
	Popolazione totale	1483251	Popolazione residente esposta al superamento	1483251	1483251
IT0122	Area totale	24549	Estensione dell'area di superamento [km2]	16119	9707
	Popolazione totale	2769330	Popolazione residente esposta al superamento	2593204	1795851

Figura 6.94: Aree di superamento e popolazione esposta per l'ozono, il valore obiettivo per la protezione della salute umana e l'obiettivo a lungo termine per la protezione della salute umana

				Benzene	Biossido di zolfo		Monossido di carbonio
Zona	Caratteristiche della zona		Tipo	Superamento del valore limite per la media annua (5 µg/m³)	Superamento del valore limite di 125 µg/m³ per la media giornaliera (3 superamenti per anno civile)	Superamento del valore limite di 350 µg/m³ per la media oraria (24 superamenti per anno civile)	Massimo giornaliero della media mobile su otto ore. Superamento del valore limite di 10 mg/m³ (nessun superamento nell'anno civile)
IT0118	Area totale	838	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0	0	0
	Popolazione totale	1483251	Popolazione residente esposta al superamento	0	0	0	0
IT0119	Area totale	6623	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0	0	0
	Popolazione totale	1296753	Popolazione residente esposta al superamento	0	0	0	0
IT0120	Area totale	8801	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0	0	0
	Popolazione totale	1298147	Popolazione residente esposta al superamento	0	0	0	0
IT0121	Area totale	9125	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0	0	0
	Popolazione totale	174430	Popolazione residente esposta al superamento	0	0	0	0

Figura 6.95: Aree di superamento e popolazione esposta per il benzene, il biossido di zolfo e il monossido di carbonio e i relativi indicatori

				Benzo(a)pirene	Arsenico	Cadmio	Nichel	Piombo
Zona	Caratteristiche della zona		Tipo	Superamento del valore obiettivo per la media annua (1 ng/m³)	Superamento del valore obiettivo per la media annua (6 ng/m³)	Superamento del valore obiettivo per la media annua (5 ng/m³)	Superamento del valore obiettivo per la media annua (20 ng/m³)	Superamento del valore limite per la media annua (0.5 mg/m³)
IT0118	Area totale	838	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0	0	0	0
	Popolazione totale	1483251	Popolazione residente esposta al superamento	0	0	0	0	0
IT0119	Area totale	6623	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0	0	0	0
	Popolazione totale	1296753	Popolazione residente esposta al superamento	0	0	0	0	0
IT0120	Area totale	8801	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0	0	0	0
	Popolazione totale	1298147	Popolazione residente esposta al superamento	0	0	0	0	0
IT0121	Area totale	9125	Estensione dell'area di superamento [km2]	0	0	0	0	0
	Popolazione totale	174430	Popolazione residente esposta al superamento	0	0	0	0	0

Figura 6.96: Aree di superamento e popolazione esposta per Benzo(a)pirene, Arsenico, Cadmio, Nichel e Piombo nel PM10

6.6 LE RESPONSABILITÀ DELL'INQUINAMENTO: IL SOURCE APPORTIONMENT

L'art. 23 della Direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio stabilisce che i Piani per la qualità dell'Aria devono contenere "informazioni sull'origine dell'inquinamento", ovvero l'elenco delle principali fonti di emissione responsabili dell'inquinamento, la quantità totale di emissioni prodotte da tali fonti, nonché informazioni sull'inquinamento proveniente da altre regioni (Allegato XV, punto A). L'obbligatorietà di tali informazioni è ribadita nell'art. 13 della Decisione di Esecuzione della Commissione 2011/850/EU, recante disposizioni di attuazione delle direttive 2004/107/CE e 2008/50/CE del Parlamento europeo e del Consiglio.

6.6.1 IL SOURCE APPORTIONMENT MODELLISTICO

Nell'ambito delle attività a supporto della pianificazione regionale, in particolare per quanto riguarda il nuovo Piano Regionale di Qualità dell'Aria, è stato realizzato il *source apportionment* con modelli orientati alla fonte, cioè lo studio con il sistema modellistico regionale dei contributi delle fonti di emissione alle concentrazioni di inquinanti in atmosfera. Lo studio, focalizzato sugli

inquinanti a maggiore criticità (particolato PM10 e PM2.5 e biossido di azoto NO_2), è stato condotto con la metodologia descritta nel capitolo 5.2, ovvero con un approccio *tagged species* realizzato grazie al sistema integrato FARM/ORSA. Le simulazioni di *source apportionment* sono simulazioni annuali, relative all'anno meteorologico 2022 e sono state effettuate con configurazioni e dati di ingresso analoghi a quelli delle simulazioni relative allo scenario base di qualità dell'aria descritto nel paragrafo 6.4.2. In particolare, le simulazioni condividono: il dominio di calcolo centrato sulla regione Piemonte, i dati meteorologici di ingresso, prodotti secondo quanto descritto nel paragrafo 5.1.3 attraverso il modello meteorologico WRF[19] e i dati emissivi. Nel dettaglio i dati emissivi per il Piemonte fanno riferimento all'Inventario Regionale delle Emissioni nella versione più aggiornata disponibile (2019), diffusamente descritto nel paragrafo 6.3, mentre per quanto riguarda i territori confinanti sono state utilizzate le informazioni emissive di dettaglio relative alle regioni Valle d'Aosta, l'inventario nazionale ISPRA (anno 2019) a livello provinciale per le altre regioni ricadenti nel dominio di calcolo e i dati del programma *European Monitoring and Evaluation Programme* (EMEP 2020)[20] per i territori esteri compresi nei domini di simulazione.

Lo studio di *source apportionment* ha permesso di valutare i contributi alle concentrazioni sia dell'insieme delle sorgenti raggruppate secondo differenti settori di attività emissive (*source apportionment* settoriale), sia delle sorgenti localizzate in specifiche aree geografiche non raggruppate per settore di attività (*source apportionment* geografico) o anche raggruppate per settore di attività (*source apportionment* settoriale e geografico). A questo proposito è utile osservare che uno dei vantaggi di un algoritmo *tagged species* come FARM/ORSA è quello di poter ottenere i risultati in un numero ridotto di simulazioni, una volta definiti i raggruppamenti emissivi settoriali di interesse, con o senza combinazione della parte geografica. In questo modo, analizzando opportunamente i risultati, è possibile analizzare i contributi settoriali e geografici sia separatamente, ma anche congiuntamente per arrivare ad un elevato livello di dettaglio nell'analisi.

SOURCE APPORTIONMENT SETTORIALE

Nell'analisi per settore di attività si è scelto di prendere in considerazione le dodici diverse associazioni di sorgenti emissive riportate nella successiva tabella di Figura 6.97. La scelta delle associazioni di sorgenti è riconducibile a due finalità: da un lato rappresenta le principali fonti di particolato e di biossido di azoto, dall'altro fa riferimento ai comparti oggetto di interventi da parte del Piano Regionale della Qualità dell'Aria. Per tale motivo le associazioni di sorgenti dettagliate in Figura 6.97 fanno riferimento alle sole sorgenti localizzate in regione Piemonte, e quindi presenti nell'IREA, mentre le sorgenti localizzate al di fuori della regione Piemonte non sono analizzate a livello settoriale, ma solo a livello geografico.

Il settore "Industria" comprende le emissioni derivanti da tutte le attività industriali presenti sul territorio piemontese (Macrosettori SNAP "Produzione di energia", "Combustione nell'industria", "Processi produttivi", "Distribuzione combustibili fossili", "Uso di solventi").

Nei settori "Riscaldamento: biomassa" e "Riscaldamento: altri combustibili" rientrano le emissioni prodotte dai sistemi per il riscaldamento residenziale e commerciale (Macrosettore "Combustione non industriale") che utilizzano come combustibili nel primo caso le biomasse e nell'altro caso tutti gli altri combustibili (metano, gasolio, ecc…) esclusa la biomassa.

Per quanto riguarda il traffico (Macrosettore "Trasporti stradali") sono stati analizzati separatamente i contributi emissivi delle diverse componenti veicolari: "Traffico: auto diesel" e "Traffico: auto altri carburanti" rispettivamente per le automobili diesel e quelle alimentate con altri carburanti tranne il diesel, "Traffico: veicoli leggeri", per i veicoli commerciali inferiori ai 35 quintali,

[19] Weather Research Model (WRF), https://www.mmm.ucar.edu/models/wrf

[20] http://www.ceip.at/webdab-emission-database

"Traffico: veicoli pesanti" per autocarri e autobus, "Traffico: motocicli" riferito a ciclomotori e motocicli; sono state inoltre considerate a parte, in "Traffico: altro", le emissioni non esauste (usura di freni e pneumatici, risospensione indotta dal passaggio veicolare).

Nell'ambito del comparto agricolo, sono state trattate separatamente le emissioni legate alle coltivazioni ("Colture agricole"), alla zootecnia ("Zootecnia"). Il trasporto off-road legato a trattori e mezzi agricoli è stato accorpato alle emissioni originate dal traffico ferroviario sui tratti non ancora elettrificati nel raggruppamento "Ferrovie e off-road".

Settore	Comparto	Descrizione
Industria	*Industria*	Tutti le attività di tipo industriale (produzione di energia, combustione industriale, processi, ecc)
Riscaldamento: altri combustibili	*Riscaldamento*	Riscaldamento alimentato con GPL, diesel, metano e altri combustibili esclusa la biomassa
Riscaldamento: biomassa		Riscaldamento alimentato esclusivamente con biomassa
Traffico: auto diesel	*Traffico*	Autoveicoli alimentati a diesel
Traffico: auto altri carburanti		Autoveicoli alimentati a benzina, GPL, metano
Traffico: veicoli leggeri		Veicoli leggeri (con peso inferiore ai 35 quintali) senza distinzione sul carburante
Traffico: veicoli pesanti		Veicoli pesanti (con peso superiore ai 35 quintali) senza distinzione sul carburante
Traffico: motocicli		Ciclomotori e motocicli senza distinzione sul carburante
Traffico: altro		Tutte le emissioni associate al traffico stradale e non ricomprese nei precedenti insiemi
Ferrovie e off-road		Trasporto ferroviario su tratte non elettrificate, macchinari in agricoltura, macchinari in silvicoltura, giardinaggio e altri trasporti fuori strada
Colture agricole	*Agricoltura*	Attività legate alle coltivazioni
Zootecnia		Attività legate alla zootecnia

Figura 6.97: Associazioni di sorgenti emissive utilizzate per il source apportionment settoriale

Tutte le attività non classificabili nelle precedenti categorie, ovvero quelle comprese nei Macrosettori "Distribuzione combustibili", "Trattamento e smaltimento rifiuti", "Natura e foreste" e tutte le emissioni localizzate al di fuori della regione Piemonte vanno a comporre l'insieme "Resto".

SOURCE APPORTIONMENT GEOGRAFICO

Per valutare i contributi di un determinato territorio all'inquinamento, le sorgenti presenti nel dominio di calcolo sono state raggruppate in 5 differenti zone dettagliate in Figura 6.98 e derivate principalmente dalle zone per la qualità dell'aria individuate e definite nel vigente progetto di zonizzazione[21].

[21] Si veda il capitolo 6.2 "La zonizzazione del territorio ai fini della qualità dell'aria"

	Descrizione
Torino	Comprende tutte le 12 sorgenti emissive di Figura 6.97 afferenti al comune di Torino
IT0118 - TO	Comprende tutte le 12 sorgenti emissive di Figura 6.97 afferenti ai comuni inseriti nella zona IT0118 Agglomerato, ad esclusione del comune di Torino
IT0119	Comprende tutte le 12 sorgenti emissive di Figura 6.97 afferenti ai comuni inseriti nella zona IT0119 Pianura
IT0120	Comprende tutte le 12 sorgenti emissive di Figura 6.97 afferenti ai comuni inseriti nella zona IT0120 Collina
IT0121	Comprende tutte le 12 sorgenti emissive di Figura 6.97 afferenti ai comuni inseriti nella zona IT0121 Montagna
Fuori regione	Comprende il contributo di tutte le 12 sorgenti emissive di Figura 6.97 localizzate al di fuori della regione Piemonte, il contributo delle condizioni al contorno ed il contributo di tutte le sorgenti non elencate in Figura 6.97, indipendentemente dalla loro localizzazione.

Figura 6.98: Zone emissive utilizzate per il source apportionment geografico

Il contributo della zona emissiva “Fuori regione” è stato calcolato per differenza, sottraendo alle concentrazioni della simulazione di riferimento (ovvero quella che considera tutte le sorgenti presenti nel dominio di calcolo, senza nessuna distinzione) il contributo regionale, ottenuto come somma delle altre cinque zone emissive di Figura 6.98.

6.6.1.1 Il contributo dei settori alle concentrazioni degli inquinanti: i risultati del source apportionment modellistico settoriale

I risultati delle simulazioni annuali di FARM/ORSA– in termini di contributo alle concentrazioni dei diversi inquinanti da parte dei settori emissivi e dei raggruppamenti geografici presi in considerazione nello studio, calcolato per ciascuna delle celle del dominio di calcolo e per tutte le ore dell’anno 2022 - sono stati aggregati dapprima per settori emissivi, successivamente su base annuale e mensile ed infine elaborati ed organizzati secondo tre tipologie di visualizzazione:

1. tabelle riassuntive nelle quali, per ciascuno dei punti di misura individuati dal Programma di Valutazione[22], è specificato il contributo percentuale alle concentrazioni degli inquinanti (biossido di azoto, particolato PM10, PM2.5 e le loro componenti inorganiche secondarie) da parte degli insiemi di sorgenti (12 settori) o della loro aggregazione per comparti (industria, traffico, riscaldamento, agricoltura);

2. istogrammi che specificano, per ciascuno degli inquinanti (biossido di azoto, particolato PM10, PM2.5 e le loro componenti inorganiche secondarie) e per i punti di misura individuati dal Programma di Valutazione, il contributo percentuale da parte degli insiemi di sorgenti (12 settori) o della loro aggregazione per comparti (industria, traffico, riscaldamento, agricoltura), sia in relazione alla concentrazione media annuale che alla concentrazione media mensile;

3. carte tematiche che mostrano - su tutte le celle del dominio regionale - il contributo percentuale alle concentrazioni degli inquinanti (biossido di azoto, particolato PM10 e PM2.5 e le loro componenti inorganiche secondarie) da parte degli stessi 12 insiemi di sorgenti o della loro aggregazione per comparti (industria, traffico, riscaldamento, agricoltura).

22 Deliberazione della Giunta regionale 30 dicembre 2019, n. 24-903

Nel seguito sono illustrate le elaborazioni di maggiore rilievo e i risultati che, per completezza di informazione, sono comunque riportati nello specifico documento a corredo del PRQA, denominato *Source apportionment modellistico settoriale*.

Le tabelle riportate in dalla Figura 6.99 alla Figura 6.105 mostrano, su ciascuna stazione afferente alla rete nazionale e per ognuno degli inquinanti, il contributo percentuale alle concentrazioni medie annue da parte di tutti i settori. Gli istogrammi dalla Figura 6.78 alla Figura 6.85 illustrano, per ognuno degli inquinanti, il contributo percentuale dei comparti emissivi alle concentrazioni medie annue, mentre quelli dalla Figura 6.86 alla Figura 6.91 il contributo percentuale dei 12 settori emissivi alle concentrazioni medie mensili di alcune selezionate stazioni di differente tipologia della città di Torino e della zona IT0118[23]. Le Figure dalla Figura 6.92 alla Figura 6.97 rappresentano invece la distribuzione spaziale dei contributi percentuali alle concentrazioni degli inquinanti da parte dei comparti analizzati. Sia nei dati in tabella, sia negli istogrammi che nelle mappe tematiche di seguito riportate, le percentuali sono calcolate in rapporto alle sole concentrazioni dovute alle emissioni presenti sul territorio piemontese e dettagliate nell' IREA, non in rapporto alla concentrazione totale simulata dal modello nello scenario di riferimento, che tiene conto anche dei contributi extra regionali (ivi comprese le condizioni al contorno).

In termini generali, i risultati del source apportionment settoriale evidenziano che le misure di pianificazione regionale volte al miglioramento della qualità dell'aria dovranno essere prioritariamente indirizzate:

- nel caso del particolato al contenimento delle emissioni correlate principalmente alla combustione a biomassa e al trasporto su strada, ma anche, soprattutto in contesti specifici quali le aree piemontesi a con importante vocazione agricola e zootecnica nella zona IT0119 e IT0120, al comparto agricoltura. Nelle stazioni localizzate nella città di Torino il contributo dovuto al trasporto su strada ed alla biomassa è sostanzialmente equivalente, mentre nel resto della regione, tranne che in casi specifici, il contributo della biomassa sembra essere prevalente, in particolare per il PM2.5 nelle zone montane e pedemontane; è inoltre importante osservare come in alcune stazioni della zona IT0119 e IT0120 il contributo del comparto agricoltura sia paragonabile a quello del comparto traffico. Entrando nel dettaglio delle componenti inorganiche secondarie del particolato si osserva come i nitrati siano generati principalmente dal trasporto su strada, l'ammonio quasi esclusivamente dall'agricoltura, mentre per i solfati si hanno contributi equivalenti da parte dei tre principali comparti (trasporto su strada, biomassa ed agricoltura);
- nel caso del biossido di azoto al contenimento delle emissioni correlate al trasporto su strada, in particolare al settore delle auto alimentate con combustibili diesel, a quello dei veicoli pesanti e dei veicoli commerciali leggeri; nelle stazioni al di fuori della città di Torino, in alcuni contesti specifici, assume una certa importanza anche il settore riscaldamento con combustibili diversi dalla biomassa.

[23] Le elaborazioni relative a tutte le stazioni sono in Allegato B SOURCE APPORTIONMENT MODELLISTICO

Stazione	zona	Industria	Riscaldamento: biomassa	Riscaldamento: altri combustibili	Traffico: auto diesel	Traffico: auto altri carburanti	Traffico: veicoli leggeri	Traffico: veicoli pesanti	Traffico: motocicli	Traffico: altro	Ferrovie e off-road	Colture agricole	Zootecnia
Borgaro T. - Caduti	IT0118	5,4	49,2	1,8	3,6	0,9	1,9	3,8	1,9	17,5	2,3	3,5	8,3
Chieri - Bersezio		4,0	54,5	1,8	3,0	0,8	1,7	3,1	1,4	11,0	2,5	5,1	11,0
Druento - La Mandria		5,0	58,1	1,7	3,2	0,9	1,8	3,3	1,6	10,2	2,4	3,0	8,9
Leini - Grande Torino		5,1	52,9	1,7	3,2	0,8	1,8	3,4	1,7	13,9	2,3	4,2	9,0
Orbassano - Gozzano		5,2	49,1	1,8	3,7	0,9	2,0	4,0	2,0	18,8	2,1	3,0	7,5
Settimo T. - Vivaldi		6,7	49,5	1,7	3,4	0,8	1,8	3,6	1,8	16,9	1,9	4,8	7,0
Torino - Consolata		5,2	31,9	2,3	5,4	1,0	2,7	5,1	3,1	32,9	1,5	3,3	5,5
Torino - Lingotto		5,0	32,7	2,2	5,4	1,0	2,7	5,1	3,1	32,2	1,6	3,1	5,7
Torino - Rebaudengo		6,2	33,5	2,1	5,1	0,9	2,6	4,9	2,9	31,1	1,5	3,4	5,7
Torino - Rubino		5,6	32,7	2,2	5,3	1,0	2,7	5,0	3,1	32,1	1,7	3,0	5,7
Vinovo - Volontari		4,4	50,7	1,9	3,8	0,9	2,0	3,8	1,9	15,6	2,3	3,6	9,1
Casale M.to - Castello	IT0119	5,7	49,9	1,9	2,7	1	1,6	2,8	1,4	11,8	2,4	12,8	5,9
Alessandria - D'Annunzio		3,9	58,3	1,8	2,4	0,9	1,5	2,9	1,4	13,2	1,9	4,6	7,1
Alessandria - Volta		4,2	54,2	1,8	2,7	1	1,7	3,3	1,5	14,8	2,1	5,1	7,6
Asti - Baussano		2,6	70,7	1,5	1,9	0,6	1,1	2	0,9	8,6	1,4	3,3	5,5
Asti - D'Acquisto		2,8	67,1	1,5	2,1	0,7	1,2	2,3	1	10	1,5	3,7	6
Biella - Sturzo		7,4	69,5	1,6	1,8	0,6	1,1	1,7	1	7,9	1,1	2,6	3,7
Cavallermaggiore - Galilei		4	48,8	1,8	3,3	0,9	1,8	3,3	1,4	10,5	3,9	3,1	17,1
Cerano – Bagno		10,1	38,6	2,2	3,3	1,4	2,1	3,1	1,9	9,6	3	17,5	7
Cigliano - Autostrada		3,8	53,8	1,5	2,4	0,9	1,5	2,7	1,2	8,9	2,4	13,4	7,6
Cuneo - Alpini		3,5	66,9	1,8	2,3	0,6	1,2	2,1	1	7,5	2,4	1,6	9,1
Novara - Arpa		6,8	35,6	2,3	3,5	1,2	2,1	3,1	2	16,3	2,8	15,7	8,5
Novara Roma		6,8	35,6	2,3	3,5	1,2	2,1	3,1	2	16,4	2,8	15,6	8,5
Vercelli - Coni		4,6	39,7	2	3	1,1	1,8	3	1,6	13,9	2,8	19,9	6,3
Vercelli - Gastaldi		4,6	39,7	2	3	1,1	1,8	3	1,6	13,8	2,9	20	6,5
Alba - Tanaro	IT0120	3,5	61,3	1,6	2,6	0,8	1,5	2,5	1,2	10,4	2,4	2,7	9,4
Borgomanero - Molli		4	63,3	1,8	2,5	1	1,6	2,5	1,5	11,5	1,7	3,8	4,8
Borgosesia - Tonella		3,6	73,5	1,5	2	0,9	1,3	2	1,1	7,3	1,3	2,5	3,2
Cossato - Pace		4,4	71,9	1,3	1,7	0,7	1,1	1,7	1	7,8	1,3	4	3,2
Dernice - Costa		4,1	60,4	2,1	2,8	1,6	2	2,9	1,8	9	2,5	4	6,7
Ivrea - Liberazione		3,4	66,2	1,5	2,4	0,8	1,4	2,5	1,3	10	1,8	3,9	5
Mondovi - Aragno		6	58	1,7	2,6	0,7	1,4	2,5	1,1	8,6	3	2,1	12,4
Omegna - Crusinallo		2,9	71,1	1,7	2,5	1,1	1,6	2,4	1,4	8,8	1,5	2,1	3
Saliceto - Moizo		4,6	54,5	2,2	3,4	1,4	2,1	3,3	1,6	8,3	3,2	3,5	11,9
Susa - Repubblica		2,3	69,7	1,4	2,4	0,8	1,4	2,5	1,2	9,7	1,5	2,4	4,8
Verbania - Gabardi		3,3	64,1	2	3	1,2	1,9	2,7	1,8	12,4	1,7	2,5	3,3
Vinchio - San Michele		3,3	69,1	1,4	2,1	0,7	1,2	2	1	7,4	1,8	3,2	6,7
Trivero - Ronco		3,2	73,8	1,4	2	0,8	1,3	2	1,1	7,4	1,3	2,5	3,2
Baceno - Alpe Devero	IT0121	6,7	42,5	3,8	5,1	3,2	3,9	5	3,4	7,7	4,7	5,5	8,7
Ceresole Reale - Diga		6	38,2	3,5	5,8	2,9	3,9	6,1	3,1	6,9	4,8	9,2	9,7
Domodossola - Curotti		2,1	80,9	1,1	1,3	0,5	0,8	1,1	0,8	6	2	0,9	2,4
Oulx - Roma		2,4	61,6	2,4	2,5	1,2	1,7	2,8	1,4	13,2	1,8	3,5	5,5

Figura 6.99: Contributo percentuale alle concentrazioni medie annue di particolato PM10 presso i punti di misura individuati dal Programma di Valutazione del territorio regionale da parte dei settori individuati per il source apportionment. Le percentuali sono calcolate rapportando il contributo di ciascun settore alla concentrazione totale dovuta al solo contributo delle sorgenti localizzate in Piemonte

Stazione	zona	Industria	Riscaldamento: biomassa	Riscaldamento: altri combustibili	Traffico: auto diesel	Traffico: auto altri carburanti	Traffico: veicoli leggeri	Traffico: veicoli pesanti	Traffico: motocicli	Traffico: altro	Ferrovie e off-road	Colture agricole	Zootecnia
Borgaro T. - Caduti	IT0118	5,8	55,4	2,0	4,0	1,0	2,1	4,2	2,1	7,7	2,6	3,9	9,2
Chieri - Bersezio		4,2	58,4	2,0	3,2	0,9	1,8	3,3	1,5	5,1	2,7	5,5	11,3
Druento - La Mandria		5,2	61,8	1,8	3,4	1,0	1,9	3,5	1,7	4,7	2,6	3,2	9,3
Leini - Grande Torino		5,2	57,9	1,9	3,5	0,9	1,9	3,7	1,8	6,4	2,6	4,6	9,5
Orbassano - Gozzano		5,8	55,6	2,1	4,2	1,0	2,2	4,4	2,2	8,3	2,4	3,4	8,3
Settimo T. - Vivaldi		6,4	55,8	1,9	3,8	0,9	2,0	4,0	2,0	7,8	2,2	5,5	7,7
Torino - Consolata		6,3	41,0	3,0	6,8	1,3	3,4	6,3	3,9	14,8	2,0	4,2	7,0
Torino - Lingotto		6,2	41,6	2,9	6,7	1,3	3,4	6,3	3,9	14,5	2,1	4,0	7,2
Torino - Rebaudengo		7,1	42,4	2,7	6,3	1,2	3,2	6,0	3,6	13,9	2,0	4,3	7,2
Torino - Rubino		6,9	41,6	2,8	6,6	1,2	3,3	6,2	3,8	14,4	2,1	3,8	7,2
Vinovo - Volontari		4,7	55,8	2,1	4,1	1,0	2,2	4,1	2,1	7,4	2,6	4,0	9,7
Casale M.to - Castello	IT0119	6,1	53,6	2,1	2,9	1,1	1,8	3	1,5	5,4	2,6	13,7	6,3
Alessandria - D'Annunzio		4,1	63,3	2	2,7	1	1,7	3,1	1,5	5,8	2,1	5,1	7,6
Alessandria - Volta		4,5	59,6	2	2,9	1,1	1,9	3,6	1,6	6,6	2,3	5,7	8,3
Asti - Baussano		2,6	74,5	1,5	2	0,7	1,2	2,1	1	3,8	1,5	3,5	5,7
Asti - D'Acquisto		2,8	71,4	1,6	2,2	0,7	1,3	2,4	1,1	4,4	1,6	4	6,3
Biella - Sturzo		5,6	74,6	1,7	1,9	0,7	1,1	1,8	1,1	3,3	1,3	2,8	4
Cavallermaggiore - Galilei		4,2	52,6	2	3,6	1	2	3,6	1,5	5,3	4,2	3,4	16,7
Cerano – Bagno		10,3	40,8	2,4	3,5	1,5	2,3	3,3	2	5	3,2	18,3	7,3
Cigliano - Autostrada		3,9	56,7	1,6	2,6	0,9	1,6	2,8	1,3	4,2	2,6	14,1	7,7
Cuneo - Alpini		3,4	70,4	1,9	2,4	0,7	1,3	2,3	1	3,3	2,5	1,7	9,1
Novara - Arpa		7,5	39,9	2,6	3,8	1,4	2,3	3,5	2,2	7,2	3,2	17,4	9,1
Novara Roma		7,5	39,9	2,6	3,8	1,4	2,3	3,5	2,2	7,2	3,2	17,2	9,1
Vercelli - Coni		5	43,4	2,2	3,3	1,2	2	3,2	1,8	6,4	3,1	21,4	6,9
Vercelli - Gastaldi		5	43,3	2,2	3,3	1,3	2	3,2	1,8	6,3	3,1	21,5	7
Alba - Tanaro	IT0120	3,7	65,3	1,7	2,8	0,9	1,6	2,7	1,3	4,8	2,6	2,9	9,7
Borgomanero - Molli		4,3	67,8	1,9	2,7	1,1	1,7	2,7	1,6	5,1	1,8	4,1	5,1
Borgosesia - Tonella		3,8	76,6	1,5	2	0,9	1,3	2,1	1,2	3,3	1,4	2,6	3,3
Cossato - Pace		4,4	75,4	1,4	1,8	0,7	1,1	1,8	1	3,4	1,4	4,2	3,3
Dernice - Costa		4,2	63,1	2,3	3	1,7	2,2	3	1,9	4,7	2,6	4,2	7
Ivrea - Liberazione		3,5	70,4	1,6	2,5	0,8	1,5	2,6	1,3	4,3	1,9	4,2	5,3
Mondovi - Aragno		6,1	61,4	1,8	2,8	0,8	1,5	2,7	1,1	3,9	3,2	2,2	12,4
Omegna - Crusinallo		3,1	74,7	1,8	2,6	1,1	1,7	2,5	1,5	4	1,5	2,3	3,1
Saliceto - Moizo		4,7	56,8	2,3	3,6	1,5	2,3	3,5	1,7	4,4	3,4	3,6	12,2
Susa - Repubblica		2,5	73,9	1,5	2,5	0,9	1,5	2,7	1,2	4,1	1,6	2,6	5,1
Verbania - Gabardi		3,6	69,1	2,2	3,2	1,4	2	2,9	2	5,5	1,8	2,8	3,6
Vinchio - San Michele		3,3	71,9	1,5	2,2	0,8	1,3	2,1	1	3,7	1,9	3,4	6,8
Trivero - Ronco		3,2	77,1	1,4	2,1	0,9	1,3	2,1	1,2	3,2	1,4	2,7	3,4
Baceno - Alpe Devero	IT0121	6,8	43,5	3,9	5,3	3,3	4	5,1	3,5	5	4,9	5,7	8,9
Ceresole Reale - Diga		6,1	39	3,7	6	3	4	6,3	3,2	4,4	5	9,5	10
Domodossola - Curotti		2,2	83,8	1,1	1,4	0,6	0,9	1,2	0,8	2,6	2	1	2,5
Oulx - Roma		2,6	66,7	2,6	2,8	1,3	1,9	3,1	1,6	5,7	1,9	3,9	6

Figura 6.100: Contributo percentuale alle concentrazioni medie annue di particolato PM2.5 presso i punti di misura individuati dal Programma di Valutazione del territorio regionale da parte dei settori individuati per il source apportionment. Le percentuali sono calcolate rapportando il contributo di ciascun settore alla concentrazione totale dovuta al solo contributo delle sorgenti localizzate in Piemonte

Stazione	zona	Industria	Riscaldamento: biomassa	Riscaldamento: altri combustibili	Traffico: auto diesel	Traffico: auto altri carburanti	Traffico: veicoli leggeri	Traffico: veicoli pesanti	Traffico: motocicli	Traffico: altro	Ferrovie e off-road	Colture agricole	Zootecnia
Borgaro T. - Caduti	IT0118	10,5	3,8	13,0	24,4	2,6	10,3	25,0	1,7	0,1	7,7	0,9	0,1
Chieri - Bersezio		9,6	5,9	14,6	23,3	2,4	9,8	22,9	1,5	0,1	7,7	2,1	0,1
Druento - La Mandria		13,2	6,6	12,1	23,9	2,5	9,9	21,3	1,5	0,1	8,3	0,7	0,1
Leini - Grande Torino		12,7	4,7	12,3	23,3	2,4	9,8	23,6	1,7	0,1	8,1	1,3	0,1
Orbassano - Gozzano		8,8	3,6	14,1	26,0	2,7	11,0	26,4	1,9	0,1	4,7	0,7	0,1
Settimo T. - Vivaldi		18,2	3,6	12,2	22,8	2,4	9,6	23,0	1,7	0,1	5,1	1,2	0,1
Torino - Consolata		8,6	1,6	14,1	30,0	3,1	12,2	25,4	1,8	0,0	2,6	0,5	0,0
Torino - Lingotto		7,7	1,7	13,8	30,3	3,1	12,4	25,7	1,9	0,1	2,9	0,5	0,1
Torino - Rebaudengo		11,1	1,8	13,0	28,9	2,9	11,8	25,2	1,8	0,0	2,8	0,6	0,0
Torino - Rubino		7,9	1,7	13,5	30,0	3,1	12,3	25,8	1,9	0,1	3,2	0,5	0,1
Vinovo - Volontari		7,9	3,8	14,6	26,6	2,8	11,1	24,6	1,9	0,1	5,5	1,2	0,1
Casale M.to - Castello	IT0119	10,3	5,1	17,2	20,7	2,3	9,1	20,5	1,6	0	8,1	5	0
Alessandria - D'Annunzio		9	5,2	17,3	20,4	2,2	9,7	26,8	1,7	0	6,1	1,5	0
Alessandria - Volta		8,8	4,5	14,3	20,9	2,3	10,1	29,8	1,8	0	5,8	1,6	0
Asti - Baussano		7,3	8,8	22,4	20,5	2,2	9,1	21,9	1,5	0	4,7	1,5	0
Asti - D'Acquisto		7,3	7,9	19,1	21,3	2,3	9,5	24,6	1,6	0	4,7	1,6	0
Biella - Sturzo		11,7	11	21,9	22,7	2,4	9,6	15,4	1,4	0	3	0,9	0
Cavallermaggiore - Galilei		10,2	5,5	13,7	20,6	2,2	8,9	24	1,6	0,1	10,8	2,2	0,1
Cerano – Bagno		11,8	5,4	9,9	20	2,2	8,8	20,2	1,6	0,1	17,4	2,6	0,1
Cigliano - Autostrada		14,3	7,1	8,2	17,9	2	8,4	23,4	1,6	0,1	10,4	6,7	0,1
Cuneo - Alpini		7,5	9,6	23,7	21,8	2,3	9,3	13,8	1,5	0,1	9,5	0,8	0,1
Novara - Arpa		19	2,2	18,3	21	2,2	9	15,1	1,4	0	8	3,6	0
Novara Roma		19	2,2	18,1	20,9	2,2	9	15,2	1,4	0	8,2	3,5	0
Vercelli - Coni		8,5	3,4	19	21,1	2,3	9,5	19	1,7	0	9,1	6,3	0
Vercelli - Gastaldi		8,7	3,5	17,6	21,3	2,3	9,7	19,1	1,8	0	9,4	6,5	0
Alba - Tanaro	IT0120	12,2	7	15,8	22,3	2,4	9,6	18,7	1,6	0,1	9	1,3	0,1
Borgomanero - Molli		7,1	7,8	19,5	24,4	2,6	10,6	21,7	1,7	0,1	3,4	1	0,1
Borgosesia - Tonella		12,5	13,9	18,8	21	2,2	8,9	18,1	1,3	0	2,5	0,7	0
Cossato - Pace		12,1	12,9	14,9	21,3	2,3	9,2	19,5	1,4	0	4,3	2	0,1
Dernice - Costa		12,6	14,1	11,6	19,1	2,1	8,4	19	1,4	0,1	10,2	1,4	0,1
Ivrea - Liberazione		7,9	8,2	16,4	23,9	2,6	10,4	21,8	1,7	0	5,6	1,4	0
Mondovi - Aragno		14,1	8,6	13	18,8	2	8,1	14,3	1,4	0,1	18,3	1	0,1
Omegna - Crusinallo		9,3	10,5	18,3	26,4	2,7	11	18,1	1,5	0,1	1,7	0,3	0,1
Saliceto - Moizo		14,5	11,9	9,7	18,7	2,1	8,2	18,5	1,5	0,2	13,2	1,4	0,2
Susa - Repubblica		5	15,6	13,2	24,8	2,6	10,6	22,8	1,5	0,1	3,4	0,3	0,1
Verbania - Gabardi		14	6,1	20,9	25,6	2,7	10,7	16,3	1,5	0,1	1,7	0,4	0,1
Vinchio - San Michele		9,8	12,8	14	20,5	2,2	8,9	18,4	1,5	0	10	1,8	0
Trivero - Ronco		12,1	16,4	13,2	23,4	2,4	9,7	18	1,3	0	2,7	0,8	0
Baceno - Alpe Devero	IT0121	19,3	7,9	6,9	20,2	2,1	8,4	12,9	1,1	0,1	20,6	0,5	0,1
Ceresole Reale - Diga		10,2	12,5	11,8	22	2,3	9,1	18,2	1,2	0,2	11,4	0,8	0,2
Domodossola - Curotti		10,5	11	18,4	14,5	1,5	6,1	7,7	0,8	0	29,4	0,1	0
Oulx - Roma		7,2	12,4	25,3	17,1	1,9	7,4	25,2	1,1	0,1	2,1	0,2	0

Figura 6.101: Contributo percentuale alle concentrazioni medie annue di biossido di azoto (NO_2) presso i punti di misura individuati dal Programma di Valutazione del territorio regionale da parte dei settori individuati per il source apportionment. Le percentuali sono calcolate rapportando il contributo di ciascun settore alla concentrazione totale dovuta al solo contributo delle sorgenti localizzate in Piemonte

Stazione	zona	Industria	Riscaldamento: biomassa	Riscaldamento: altri combustibili	Traffico: auto diesel	Traffico: auto altri carburanti	Traffico: veicoli leggeri	Traffico: veicoli pesanti	Traffico: motocicli	Traffico: altro	Ferrovie e off-road	Colture agricole	Zootecnia
Borgaro T. - Caduti	IT0118	18,8	5,8	8,6	18,8	2,1	8,1	18,9	3,4	0,3	11,2	3,8	0,2
Chieri - Bersezio		18,8	5,6	8,7	18,9	2,0	8,2	18,4	2,4	0,3	11,8	4,7	0,3
Druento - La Mandria		18,2	5,7	8,5	19,1	2,1	8,2	20,0	3,2	0,3	11,4	3,1	0,3
Leini - Grande Torino		19,1	5,9	8,6	18,6	2,0	8,0	18,7	3,2	0,2	11,2	4,1	0,2
Orbassano - Gozzano		17,2	5,6	9,1	19,7	2,2	8,4	19,4	3,5	0,3	11,2	3,2	0,3
Settimo T. - Vivaldi		20,0	5,7	8,6	18,3	2,0	7,9	18,0	3,3	0,2	10,9	4,8	0,2
Torino - Consolata		18,9	5,6	8,8	18,7	2,1	8,1	18,4	4,1	0,3	10,7	4,2	0,3
Torino - Lingotto		18,2	5,5	8,9	19,1	2,1	8,2	18,7	4,1	0,3	10,8	4,0	0,3
Torino - Rebaudengo		19,1	5,7	8,7	18,6	2,1	8,0	18,3	4,0	0,2	10,8	4,3	0,2
Torino - Rubino		18,1	5,6	8,9	19,1	2,1	8,2	18,7	4,2	0,3	10,8	3,8	0,3
Vinovo - Volontari		17,0	5,5	9,0	20,0	2,2	8,6	19,3	3,1	0,3	11,4	3,5	0,3
Casale M.to - Castello	IT0119	18,5	6	9,2	18,5	2	8	17,4	2,3	0,2	10,8	7	0,2
Alessandria - D'Annunzio		17,8	6,3	10	19,1	2,1	8,4	18,9	2,5	0,1	10,2	4,5	0,1
Alessandria - Volta		18	6,3	9,9	19,1	2,1	8,3	18,8	2,5	0,1	10,1	4,6	0,1
Asti - Baussano		16,8	6,5	9,8	19,5	2,1	8,4	18,8	2,3	0,1	11,1	4,3	0,1
Asti - D'Acquisto		16,8	6,5	9,8	19,6	2,1	8,5	18,8	2,3	0,1	11,1	4,4	0,1
Biella - Sturzo		19	6,8	9,6	18,3	2	8	18,7	2,7	0,2	10,7	4	0,2
Cavallermaggiore - Galilei		16,9	5,4	8,6	20	2,1	8,6	19	2,4	0,3	13,6	2,8	0,3
Cerano – Bagno		22,9	5,5	9,1	17,1	1,9	7,4	15,8	2,6	0,2	10,5	6,9	0,2
Cigliano - Autostrada		19,7	6,2	8,7	17,4	1,9	7,6	17,2	2,3	0,2	11,3	7,3	0,2
Cuneo - Alpini		17,6	5,2	8,1	18,5	2	8	18,6	2,5	0,4	16,6	2,1	0,4
Novara - Arpa		21,2	5,6	9,2	17,7	1,9	7,7	16,1	2,7	0,1	10,6	7	0,1
Novara Roma		21,2	5,6	9,2	17,8	1,9	7,7	16,1	2,7	0,1	10,6	7	0,1
Vercelli - Coni		19,7	6	9,3	17,9	2	7,8	16,7	2,4	0,1	10,6	7,4	0,1
Vercelli - Gastaldi		19,8	5,9	9,2	17,9	2	7,8	16,7	2,4	0,1	10,6	7,4	0,1
Alba - Tanaro	IT0120	17,1	6,1	9,5	19,7	2,1	8,5	18,4	2,3	0,3	13	2,8	0,2
Borgomanero - Molli		19,7	6,8	10,7	18,8	2	8,3	18,3	2,5	0,1	10,1	2,6	0,1
Borgosesia - Tonella		19,5	7,2	10,3	18,9	2	8,3	19	2,4	0,1	9,7	2,5	0,1
Cossato - Pace		19,9	7,2	9,9	17,8	1,9	7,8	18	2,6	0,1	10,8	3,8	0,1
Dernice - Costa		20	6,9	10	18,7	2	8,2	19,2	2,1	0,1	10,2	2,6	0,1
Ivrea - Liberazione		18	6,7	9,4	18,4	2	8	19	2,7	0,2	11,2	4,2	0,2
Mondovi - Aragno		18	5,5	8,6	18,7	2	8,1	18,1	2,3	0,4	15,5	2,3	0,4
Omegna - Crusinallo		18,9	6,5	11	19,9	2,1	8,7	19,6	2,4	0,1	8,9	1,8	0,1
Saliceto - Moizo		18,4	5,7	8,7	19,3	2,1	8,3	18,4	1,9	0,4	14	2,5	0,4
Susa - Repubblica		14,9	5,9	8,3	21,3	2,3	9,1	23	2,9	0,3	9,7	2,1	0,3
Verbania - Gabardi		19	6,9	11,5	19,3	2,1	8,5	18,4	2,9	0,1	9,5	1,9	0,1
Vinchio - San Michele		17	6,5	9,9	19,6	2,1	8,5	18,7	2,1	0,2	11,6	3,5	0,2
Trivero - Ronco		19,6	6,5	8,9	19,1	2	8,4	19,7	2,4	0,1	10,1	3,1	0,2
Baceno - Alpe Devero	IT0121	24,4	5,8	7,7	18,9	2	8,3	17,7	1,7	0,1	11,9	1,3	0,1
Ceresole Reale - Diga		16,4	4,7	5,9	21,2	2,2	9,1	22,8	2,2	0,3	13	1,9	0,3
Domodossola - Curotti		22,5	7,7	11,5	18	1,9	7,9	15,2	2,3	0,1	12	0,9	0,1
Oulx - Roma		14,8	5,6	9,3	21,6	2,3	9,2	23	2,4	0,3	10	1,4	0,3

Figura 6.102: Contributo percentuale alle concentrazioni medie annue dello ione nitrato (NO3-) presso i punti di misura individuati dal Programma di Valutazione del territorio regionale da parte dei settori individuati per il source apportionment. Le percentuali sono calcolate rapportando il contributo di ciascun settore alla concentrazione totale dovuta al solo contributo delle sorgenti localizzate in Piemonte

Stazione	zona	Industria	Riscaldamento: biomassa	Riscaldamento: altri combustibili	Traffico: auto diesel	Traffico: auto altri carburanti	Traffico: veicoli leggeri	Traffico: veicoli pesanti	Traffico: motocicli	Traffico: altro	Ferrovie e off-road	Colture agricole	Zootecnia
Borgaro T. - Caduti	IT0118	13,1	12,5	10,7	9,8	6,6	6,3	7,1	6,7	6,2	7,2	7,8	6,2
Chieri - Bersezio		13,1	12,6	10,2	8,3	6,7	6,5	6,9	6,7	6,4	7,1	8,9	6,5
Druento - La Mandria		12,4	13,2	9,2	8,7	6,9	6,8	7,2	7,0	6,7	7,4	7,7	6,8
Leini - Grande Torino		13,4	12,9	10,1	9,1	6,6	6,4	6,9	6,7	6,3	7,2	8,3	6,3
Orbassano - Gozzano		13,1	12,8	11,0	10,2	6,6	6,2	7,1	6,7	6,1	6,8	7,3	6,1
Settimo T. - Vivaldi		15,6	12,2	10,7	9,6	6,2	5,9	6,7	6,3	5,8	6,5	8,7	5,8
Torino - Consolata		12,7	9,7	14,7	14,0	6,2	5,6	7,0	6,5	5,3	5,9	7,2	5,3
Torino - Lingotto		12,6	9,9	14,3	13,9	6,2	5,7	7,1	6,5	5,3	6,0	7,1	5,4
Torino - Rebaudengo		13,6	10,0	13,7	13,5	6,2	5,6	7,0	6,4	5,3	5,9	7,3	5,3
Torino - Rubino		12,9	10,0	14,1	13,9	6,2	5,7	7,1	6,5	5,3	6,1	6,9	5,4
Vinovo - Volontari		12,5	12,8	11,2	10,0	6,6	6,3	7,0	6,7	6,2	7,0	7,7	6,2
Casale M.to - Castello	IT0119	13,8	10,6	9,5	7,5	6,5	6,4	6,6	6,5	6,3	6,8	13,2	6,3
Alessandria - D'Annunzio		15,3	12,4	10,2	7,8	6,6	6,4	6,9	6,6	6,4	6,9	8,2	6,4
Alessandria - Volta		15,8	11,6	9,5	8	6,7	6,5	7	6,7	6,4	6,9	8,4	6,5
Asti - Baussano		13,6	16,4	10,8	7,5	6,2	6,1	6,4	6,2	6	6,4	8,4	6
Asti - D'Acquisto		13,8	15,2	10,2	7,7	6,4	6,2	6,6	6,4	6,2	6,5	8,7	6,2
Biella - Sturzo		13,5	15,7	12,5	7,5	6,2	6,1	6,3	6,3	6	6,3	7,6	6
Cavallermaggiore - Galilei		12,3	12,1	9,3	8,3	7	6,9	7,2	7,1	6,8	8,1	7,9	7
Cerano – Bagno		30,6	7,3	6,5	6,1	5,5	5,5	5,6	5,5	5,4	5,8	10,7	5,4
Cigliano - Autostrada		14,9	11,6	7,8	7,2	6,3	6,2	6,5	6,3	6,2	6,8	14,1	6,2
Cuneo - Alpini		10,8	15,4	14,6	7,6	6,4	6,3	6,5	6,4	6,2	6,9	6,7	6,3
Novara - Arpa		24,4	7,9	8,4	7,1	5,7	5,6	5,8	5,8	5,6	6,2	11,9	5,6
Novara Roma		24,3	7,9	8,4	7,1	5,8	5,6	5,9	5,8	5,6	6,2	11,9	5,6
Vercelli - Coni		16,6	9	8,4	7,2	6,1	5,9	6,2	6,1	5,9	6,5	16,2	5,9
Vercelli - Gastaldi		16,8	9	8,2	7,2	6,1	5,9	6,2	6,1	5,9	6,5	16,2	5,9
Alba - Tanaro	IT0120	12,2	13,6	9,4	8,2	6,9	6,8	7,1	7	6,7	7,4	7,8	6,8
Borgomanero - Molli		14,3	12,5	9,1	8	6,9	6,8	7	6,9	6,7	6,9	8	6,7
Borgosesia - Tonella		13,7	14	8,8	7,6	6,9	6,8	7	6,9	6,8	6,9	7,7	6,8
Cossato - Pace		21,8	13,8	8,7	6,7	5,8	5,8	5,9	5,9	5,7	5,9	8,2	5,7
Dernice - Costa		12	10,5	8,1	7,9	7,6	7,6	7,7	7,6	7,6	7,7	8,1	7,6
Ivrea - Liberazione		12,6	14,4	9,5	8,2	6,7	6,6	6,9	6,8	6,5	7	8,3	6,5
Mondovi - Aragno		19,4	12,6	9,4	7,2	6,3	6,2	6,4	6,3	6,1	7,1	6,7	6,2
Omegna - Crusinallo		12,2	13,1	8,6	8,2	7,2	7,2	7,3	7,3	7,1	7,2	7,6	7,1
Saliceto - Moizo		11,4	10,7	8,4	8	7,6	7,6	7,7	7,6	7,6	7,8	8,1	7,6
Susa - Repubblica		9,6	15,3	9,4	8,1	7,2	7,1	7,3	7,2	7	7,2	7,5	7
Verbania - Gabardi		12,2	11,8	9,1	8,5	7,3	7,2	7,4	7,3	7,1	7,3	7,7	7,1
Vinchio - San Michele		12,9	14,6	9,2	7,6	6,8	6,7	6,9	6,8	6,6	7,1	8,3	6,7
Trivero - Ronco		13,3	14,1	8,8	7,7	6,9	6,9	7	7	6,8	7	7,7	6,8
Baceno - Alpe Devero	IT0121	9,6	9	8,3	8,3	8,1	8,1	8,1	8,1	8,1	8,2	8,2	8,1
Ceresole Reale - Diga		9,6	9	8,7	8,2	8	8	8,1	8	8	8,1	8,2	8
Domodossola - Curotti		9,7	18,9	9,6	7,6	6,5	6,4	6,6	6,6	6,4	8,8	6,5	6,4
Oulx - Roma		8,7	12,2	12,5	7,9	7,3	7,3	7,5	7,3	7,2	7,4	7,5	7,2

Figura 6.103: Contributo percentuale alle concentrazioni medie annue dello ione solfato (SO42-) presso i punti di misura individuati dal Programma di Valutazione del territorio regionale da parte dei settori individuati per il source apportionment. Le percentuali sono calcolate rapportando il contributo di ciascun settore alla concentrazione totale dovuta al solo contributo delle sorgenti localizzate in Piemonte

Stazione	zona	Industria	Riscaldamento: biomassa	Riscaldamento: altri combustibili	Traffico: auto diesel	Traffico: auto altri carburanti	Traffico: veicoli leggeri	Traffico: veicoli pesanti	Traffico: motocicli	Traffico: altro	Ferrovie e off-road	Colture agricole	Zootecnia
Borgaro T. - Caduti	IT0118	0,0	4,8	0,0	0,5	1,2	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	12,4	80,7
Chieri - Bersezio		0,0	4,3	0,0	0,2	0,5	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,2	81,7
Druento - La Mandria		0,0	6,2	0,0	0,3	0,7	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	10,5	82,0
Leini - Grande Torino		0,0	4,5	0,0	0,3	0,8	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	13,4	80,7
Orbassano - Gozzano		0,0	5,7	0,0	0,6	1,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	14,1	77,6
Settimo T. - Vivaldi		0,2	6,9	0,0	0,6	1,5	0,2	0,1	0,1	0,0	0,0	15,7	74,7
Torino - Consolata		0,1	6,5	0,0	1,9	3,5	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	13,7	73,3
Torino - Lingotto		0,1	6,2	0,0	1,8	3,4	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	13,7	73,9
Torino - Rebaudengo		0,1	6,2	0,0	1,6	3,1	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	14,0	74,1
Torino - Rubino		0,1	6,0	0,0	1,7	3,3	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	13,3	74,7
Vinovo - Volontari		0,0	4,1	0,0	0,4	1,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	14,1	80,0
Casale M.to - Castello	IT0119	0	10,3	0	0,4	1,6	0,1	0,1	0,1	0	0	24,1	63,3
Alessandria - D'Annunzio		0	8,7	0	0,4	1,5	0,1	0,2	0	0	0	17,9	71,2
Alessandria - Volta		0	7,8	0	0,4	1,6	0,1	0,2	0,1	0	0	18,5	71,4
Asti - Baussano		0	13,8	0	0,3	1,1	0,1	0,1	0	0	0	11,2	73,4
Asti - D'Acquisto		0	12,5	0	0,3	1,2	0,1	0,1	0	0	0	11,7	73,9
Biella - Sturzo		0	20,1	0	0,5	1,2	0,1	0,1	0,1	0	0	11,9	66,2
Cavallermaggiore - Galilei		0	1,3	0	0,1	0,2	0	0	0	0	0	8	90,5
Cerano – Bagno		0,1	7,8	0	0,4	1,3	0,1	0,1	0,1	0	0	21,4	68,7
Cigliano - Autostrada		0	7	0	0,2	0,8	0,1	0,1	0	0	0	26,7	65
Cuneo - Alpini		0	4,7	0	0,1	0,3	0	0	0	0	0	7,2	87,6
Novara - Arpa		0,1	5,7	0	0,6	1,6	0,1	0,1	0,1	0	0	22,4	69,3
Novara Roma		0,1	5,7	0	0,6	1,6	0,1	0,1	0,1	0	0	22,4	69,3
Vercelli - Coni		0	8	0	0,5	2	0,1	0,1	0,1	0	0	26,4	62,7
Vercelli - Gastaldi		0	7,7	0	0,5	2	0,1	0,1	0,1	0	0	26,4	63
Alba - Tanaro	IT0120	0	7,2	0	0,2	0,6	0,1	0	0	0	0	9,3	82,5
Borgomanero - Molli		0	17,2	0	0,6	1,7	0,1	0,1	0,1	0	0	16,7	63,4
Borgosesia - Tonella		0	29,1	0	0,5	1,3	0,1	0,1	0,1	0	0	12,4	56,4
Cossato - Pace		0	25,8	0	0,5	1,3	0,1	0,1	0,1	0	0	13,7	58,3
Dernice - Costa		0	16,5	0	0,3	0,9	0,1	0,1	0	0	0	14,5	67,6
Ivrea - Liberazione		0	12,5	0	0,4	1,1	0,1	0,1	0,1	0	0	21,1	64,5
Mondovi - Aragno		0	3,3	0	0,1	0,2	0	0	0	0	0	6,9	89,4
Omegna - Crusinallo		0	32	0	0,9	2,2	0,2	0,1	0,1	0	0	14	50,4
Saliceto - Moizo		0	7	0	0,1	0,3	0	0	0	0	0	9,2	83,3
Susa - Repubblica		0	13,5	0	0,3	0,8	0,1	0,1	0	0	0	18,7	66,5
Verbania - Gabardi		0	25,9	0	1,1	2,7	0,3	0,2	0,1	0	0	14,7	55
Vinchio - San Michele		0	13	0	0,2	0,7	0,1	0,1	0	0	0	11,1	74,8
Trivero - Ronco		0	26	0	0,5	1,1	0,1	0,1	0,1	0	0	15	57,1
Baceno - Alpe Devero	IT0121	0	10,1	0	0,3	0,8	0,1	0,1	0	0	0	22,2	66,6
Ceresole Reale - Diga		0	5,1	0	0,2	0,5	0	0	0	0	0	41,1	53
Domodossola - Curotti		0	26,4	0	0,4	1	0,1	0,1	0,1	0	0	11,4	60,5
Oulx - Roma		0	10,8	0	0,3	0,7	0,1	0,1	0	0	0	28,7	59,4

Figura 6.104: Contributo percentuale alle concentrazioni medie annue dello ione ammonio (NH4+) presso i punti di misura individuati dal Programma di Valutazione del territorio regionale da parte dei settori individuati per il source apportionment. Le percentuali sono calcolate rapportando il contributo di ciascun settore alla concentrazione totale dovuta al solo contributo delle sorgenti localizzate in Piemonte

Stazione	zona	Industria	Riscaldamento: biomassa	Riscaldamento: altri combustibili	Traffico: auto diesel	Traffico: auto altri carburanti	Traffico: veicoli leggeri	Traffico: veicoli pesanti	Traffico: motocicli	Traffico: altro	Ferrovie e off-road	Colture agricole	Zootecnia
Borgaro T. - Caduti	IT0118	1,8	39,8	0,5	0,7	0	3,6	4,3	1,7	42,9	4,0	0,6	0
Chieri - Bersezio		1,4	51,8	0,3	0,5	0	2,5	2,9	1,2	33,6	4,6	1,2	0
Druento - La Mandria		1,9	55,9	0,3	0,5	0	2,6	2,9	1,2	30,2	3,9	0,5	0
Leini - Grande Torino		1,8	45,5	0,4	0,6	0	3,0	3,6	1,4	38,4	4,2	0,9	0
Orbassano - Gozzano		1,9	38,4	0,5	0,7	0	3,8	4,5	1,8	44,9	3,1	0,4	0
Settimo T. - Vivaldi		2,3	39,5	0,5	0,7	0	3,7	4,3	1,7	43,2	3,0	1,1	0
Torino - Consolata		1,7	20,1	0,8	1,2	0	6,1	6,3	2,8	58,8	1,7	0,5	0
Torino - Lingotto		1,6	20,6	0,7	1,2	0	6,0	6,2	2,8	58,4	1,9	0,5	0
Torino - Rebaudengo		2,0	21,6	0,7	1,1	0	5,9	6,1	2,7	57,5	1,8	0,6	0
Torino - Rubino		1,8	20,7	0,7	1,1	0	5,9	6,1	2,7	58,2	2,0	0,4	0
Vinovo - Volontari		1,3	41,1	0,5	0,7	0	3,7	4,1	1,7	42,2	4,0	0,6	0
Casale M.to - Castello	IT0119	1,4	48	0,4	0,4	0	2,1	2,5	1	35,1	4,6	4,5	0
Alessandria - D'Annunzio		0,8	51,8	0,5	0,4	0	2,4	3,2	1	35,4	3,6	1	0
Alessandria - Volta		0,8	47,2	0,4	0,4	0	2,7	3,8	1,1	38,7	3,7	1,1	0
Asti - Baussano		0,5	66,4	0,4	0,3	0	1,6	1,9	0,7	25,2	2,1	0,9	0
Asti - D'Acquisto		0,6	62,1	0,4	0,3	0	1,8	2,3	0,8	28,6	2,3	1	0
Biella - Sturzo		1	69,8	0,4	0,3	0	1,7	1,5	0,8	22,3	1,5	0,7	0
Cavallermaggiore - Galilei		1,3	48	0,2	0,4	0	1,9	2,3	1	35,3	9,1	0,5	0
Cerano – Bagno		4	41,8	0,4	0,5	0	2,6	2,3	1,2	33,8	6,1	7,4	0
Cigliano - Autostrada		1,3	54,4	0,2	0,3	0	1,8	2,4	0,8	28,9	5,2	4,7	0
Cuneo - Alpini		0,7	68,4	0,3	0,3	0	1,5	1,3	0,7	22,7	4	0,2	0
Novara - Arpa		2,3	32,7	0,8	0,7	0	3,6	3,2	1,6	44	5,8	5,4	0
Novara Roma		2,3	32,6	0,8	0,7	0	3,6	3,2	1,6	44	5,9	5,3	0
Vercelli - Coni		1	37	0,6	0,5	0	2,8	2,8	1,2	40,4	6,4	7,3	0
Vercelli - Gastaldi		1	37,1	0,5	0,5	0	2,8	2,8	1,2	40,2	6,5	7,3	0
Alba - Tanaro	IT0120	1,1	57,7	0,3	0,3	0	1,8	1,8	0,9	31,2	4,3	0,5	0
Borgomanero - Molli		0,8	59,1	0,4	0,4	0	2,2	2,3	1	31	1,9	0,8	0
Borgosesia - Tonella		0,9	72,9	0,2	0,2	0	1,3	1,4	0,6	20,6	1,2	0,5	0
Cossato - Pace		0,8	70,2	0,2	0,2	0	1,4	1,5	0,6	22	1,7	1,3	0
Dernice - Costa		0,5	64,3	0,1	0,2	0	1,1	1,3	0,5	28,4	2,8	0,7	0
Ivrea - Liberazione		0,9	61,9	0,3	0,4	0	2	2,2	1	27,8	2,8	0,8	0
Mondovi - Aragno		1,2	61	0,2	0,3	0	1,4	1,4	0,7	27,5	6	0,3	0
Omegna - Crusinallo		0,7	68,5	0,3	0,4	0	1,9	1,7	0,9	24,3	1	0,3	0
Saliceto - Moizo		0,8	62,1	0,1	0,2	0	1,2	1,3	0,6	28,9	4,1	0,5	0
Susa - Repubblica		0,6	67,2	0,1	0,3	0	1,4	1,7	0,7	26,3	1,5	0,3	0
Verbania - Gabardi		1,6	58,3	0,4	0,5	0	2,6	2,2	1,2	31,5	1,2	0,4	0
Vinchio - San Michele		0,6	67,6	0,2	0,2	0	1,2	1,3	0,6	24,4	3,2	0,8	0
Trivero - Ronco		0,8	73,8	0,1	0,2	0	1,3	1,3	0,6	20,1	1,2	0,5	0
Baceno - Alpe Devero	IT0121	1,2	63,3	0,1	0,3	0	1,8	1,7	0,8	25,3	5	0,5	0
Ceresole Reale - Diga		1,5	60,7	0,1	0,4	0	2	2,4	0,9	26,1	5,1	0,8	0
Domodossola - Curotti		0,8	75,2	0,3	0,2	0	1,1	0,8	0,5	15,9	5,2	0,1	0
Oulx - Roma		0,6	59,6	0,2	0,2	0	1,2	1,9	0,6	34,3	1,2	0,2	0

Figura 6.105: Contributo percentuale alle concentrazioni medie annue di carbonio elementare (EC) presso i punti di misura individuati dal Programma di Valutazione del territorio regionale da parte dei settori individuati per il source apportionment. Le percentuali sono calcolate rapportando il contributo di ciascun settore alla concentrazione totale dovuta al solo contributo delle sorgenti localizzate in Piemonte

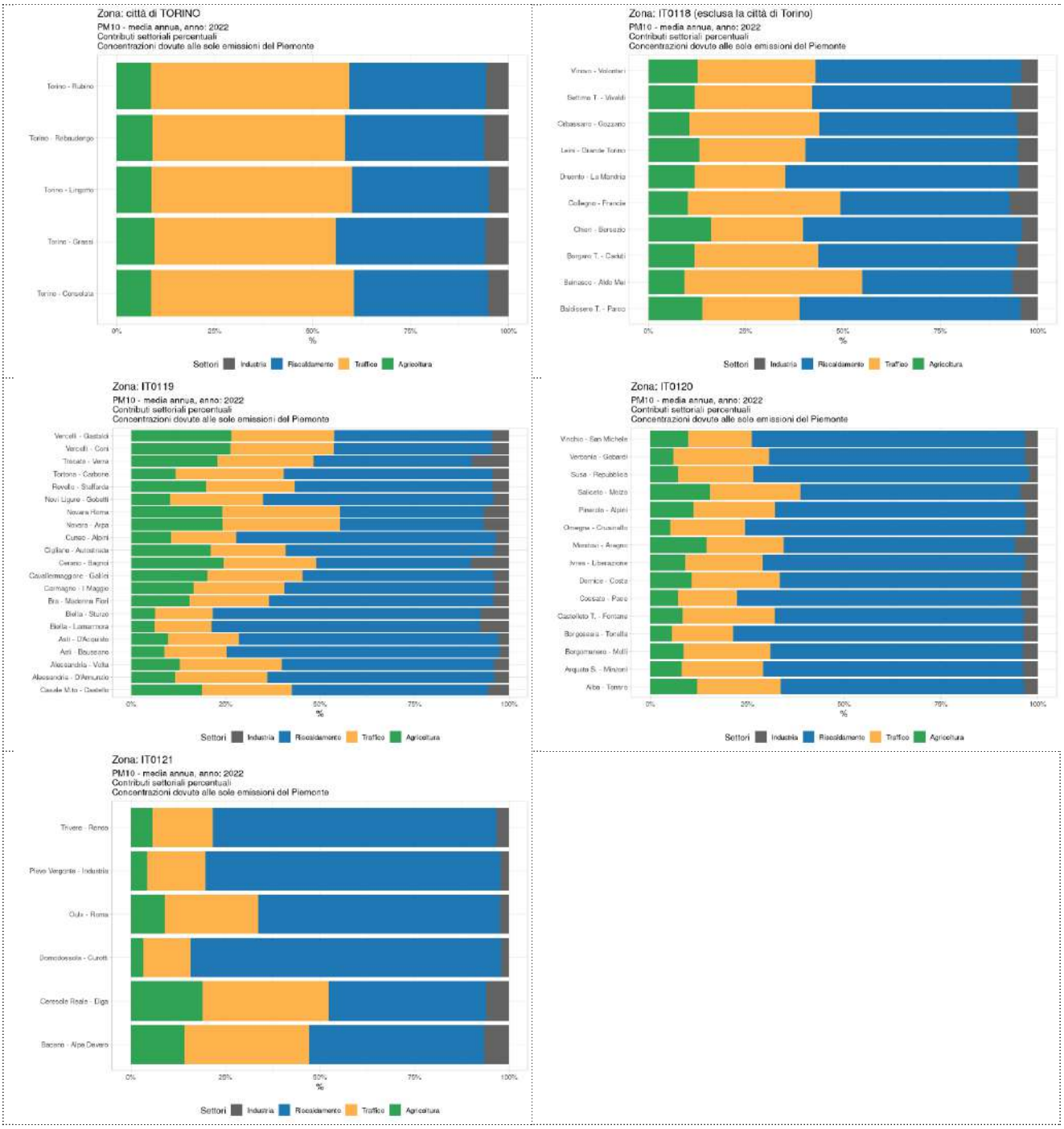


Figura 6.106: Contributo percentuale alle concentrazioni medie annue di particolato PM10 presso i punti di misura di SRRQA da parte dei comparti emissivi individuati per il source apportionment. Le percentuali sono calcolate rapportando il contributo di ciascun settore alla concentrazione totale dovuta al solo contributo delle sorgenti localizzate in Piemonte

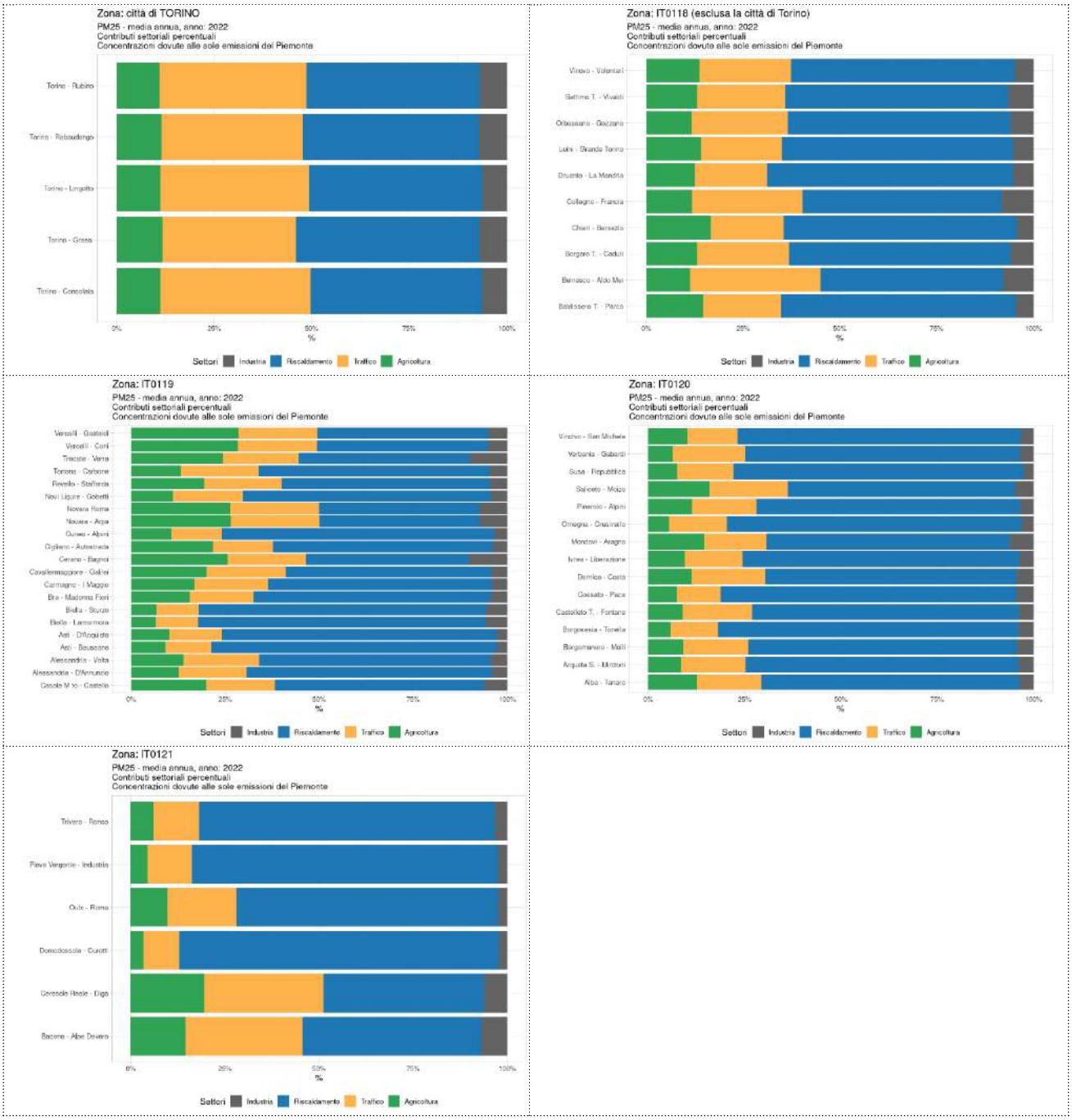


Figura 6.107: Contributo percentuale alle concentrazioni medie annue di particolato PM2.5 presso i punti di misura di SRRQA da parte dei comparti emissivi individuati per il source apportionment. Le percentuali sono calcolate rapportando il contributo di ciascun settore alla concentrazione totale dovuta al solo contributo delle sorgenti localizzate in Piemonte

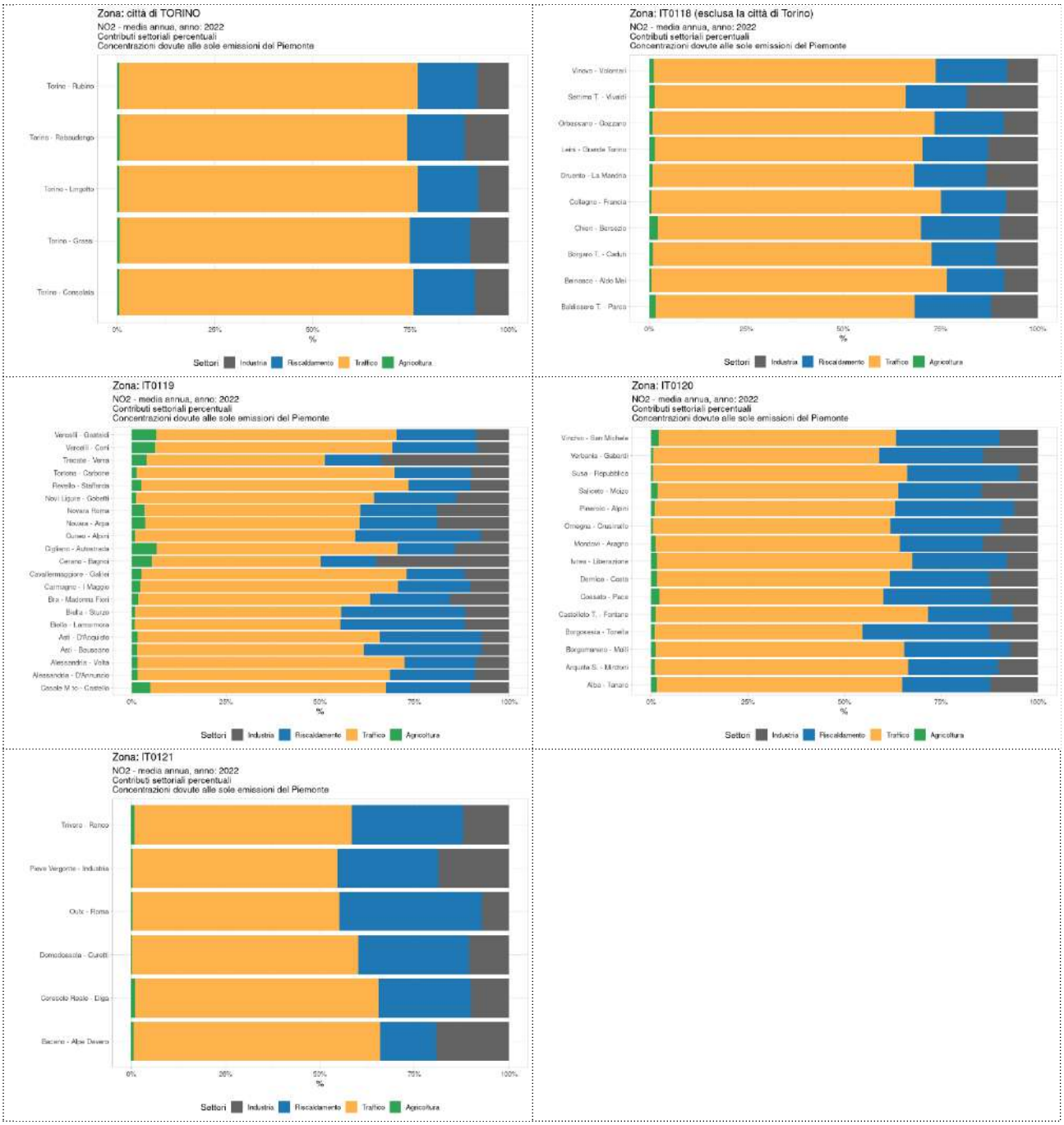


Figura 6.108: Contributo percentuale alle concentrazioni medie annue di biossido di azoto (NO_2) presso i punti di misura di SRRQA da parte dei comparti emissivi individuati per il source apportionment. Le percentuali sono calcolate rapportando il contributo di ciascun settore alla concentrazione totale dovuta al solo contributo delle sorgenti localizzate in Piemonte

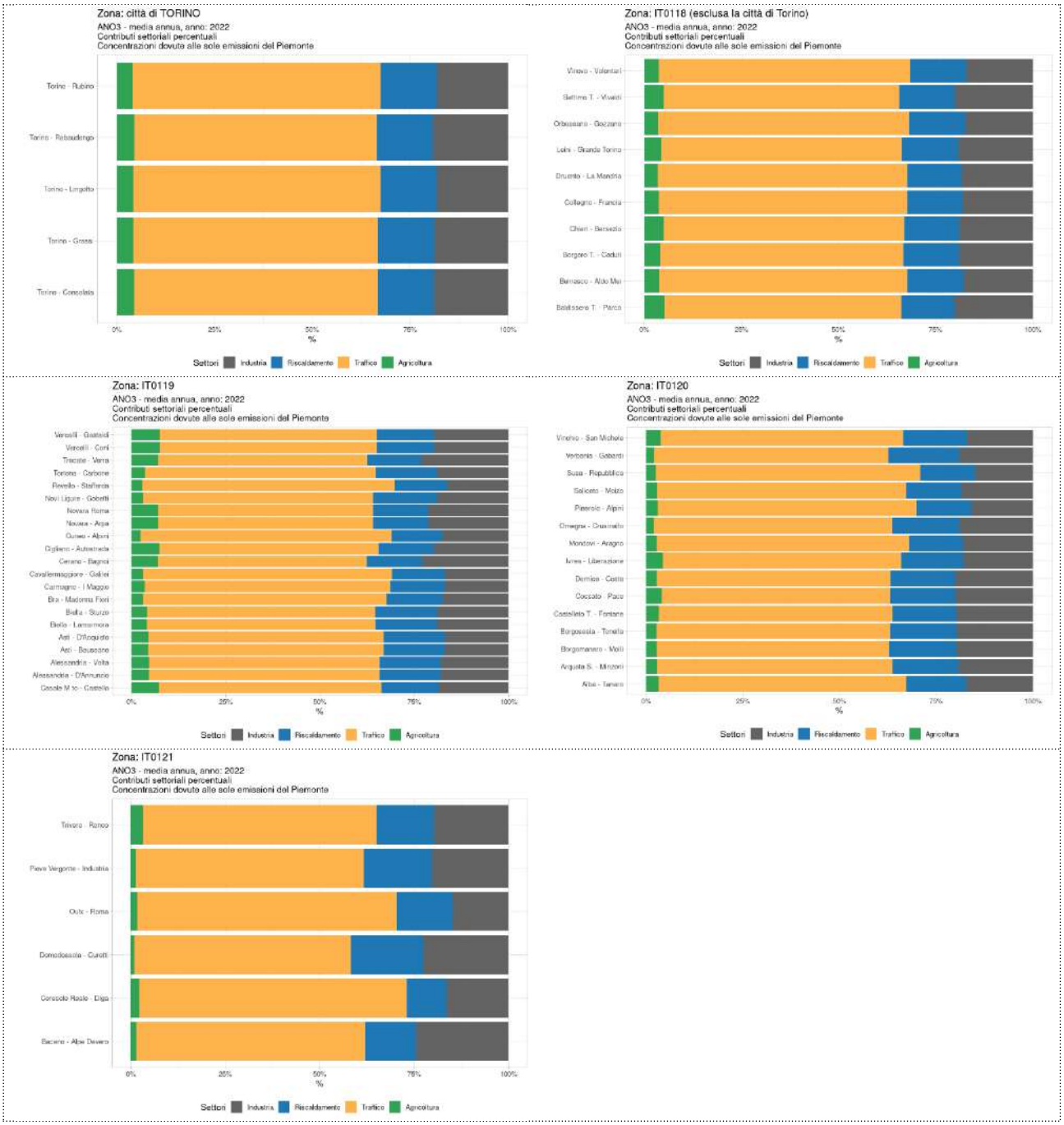


Figura 6.109: Contributo percentuale alle concentrazioni medie annue di ione nitrato (NO3-) presso i punti di misura di SRRQA da parte dei comparti emissivi individuati per il source apportionment. Le percentuali sono calcolate rapportando il contributo di ciascun settore alla concentrazione totale dovuta al solo contributo delle sorgenti localizzate in Piemonte

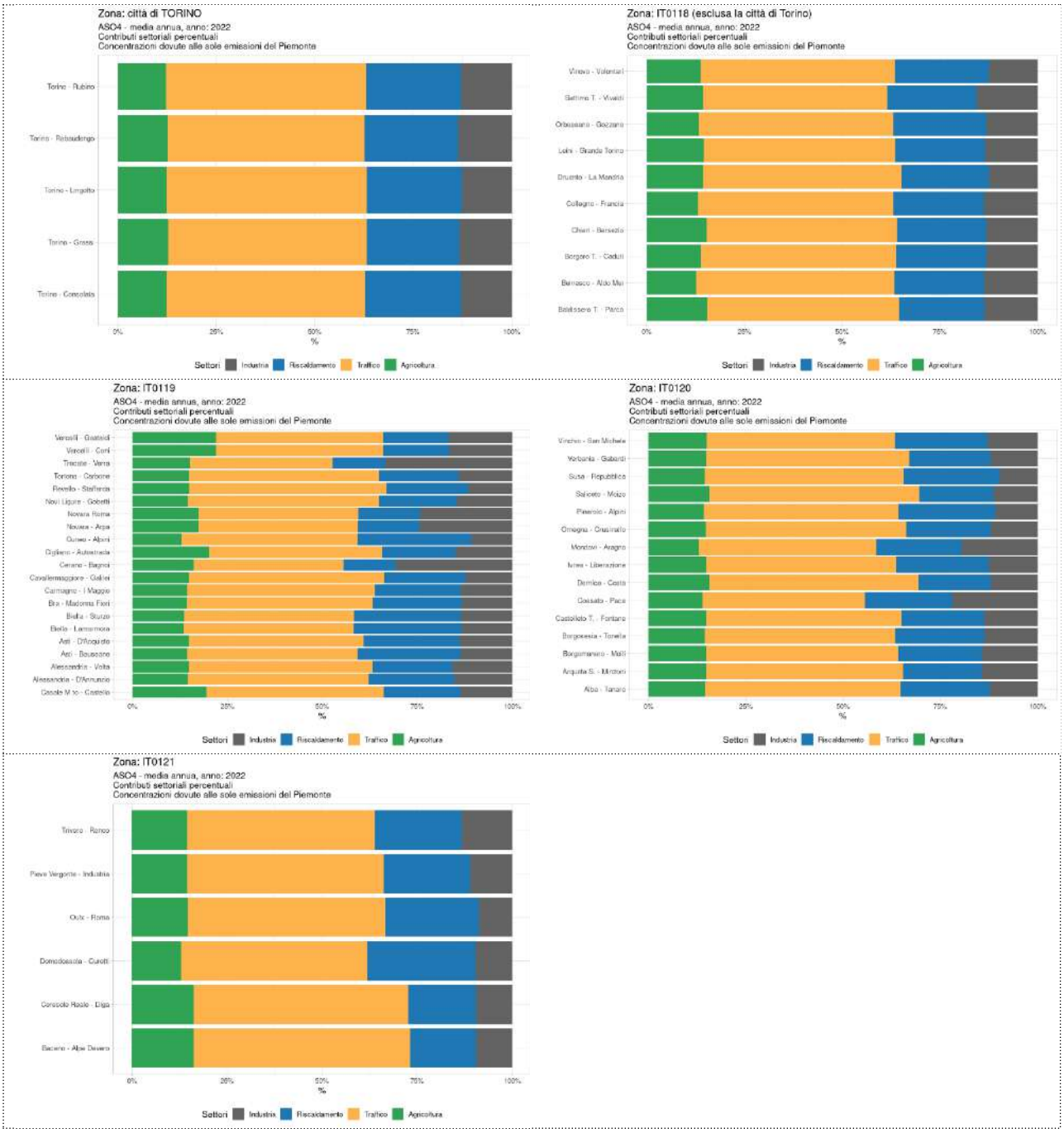


Figura 6.110: Contributo percentuale alle concentrazioni medie annue di ione solfato (SO42-) presso i punti di misura di SRRQA da parte dei comparti emissivi individuati per il source apportionment. Le percentuali sono calcolate rapportando il contributo di ciascun settore alla concentrazione totale dovuta al solo contributo delle sorgenti localizzate in Piemonte



Figura 6.111: Contributo percentuale alle concentrazioni medie annue di ione ammonio (NH4+) presso i punti di misura individuati dal Programma di Valutazione del territorio regionale da parte dei comparti emissivi individuati per il source apportionment

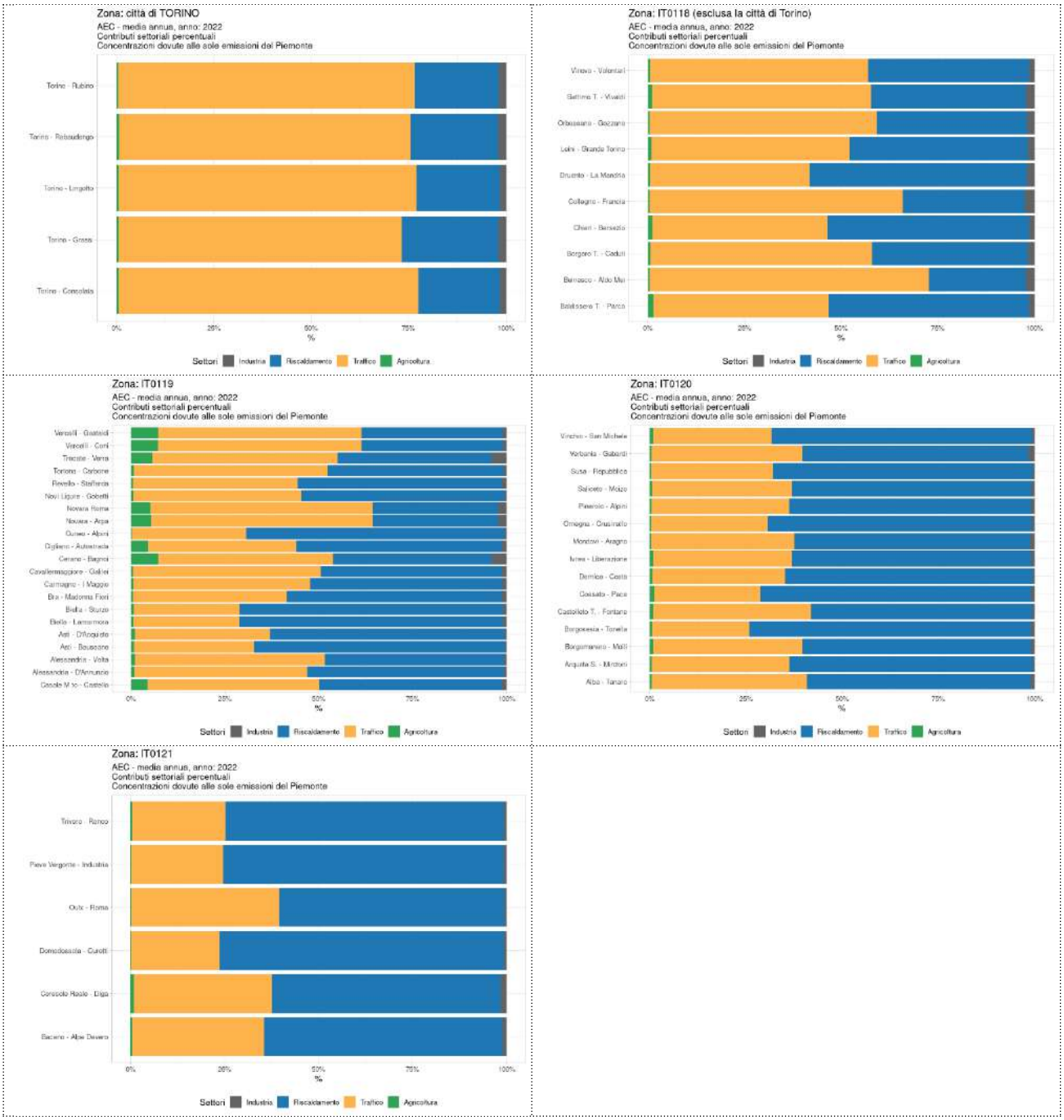


Figura 6.112: Contributo in termini di massa alle concentrazioni medie annue di carbonio elementare (EC) da parte dei comparti emissivi individuati per il source apportionment

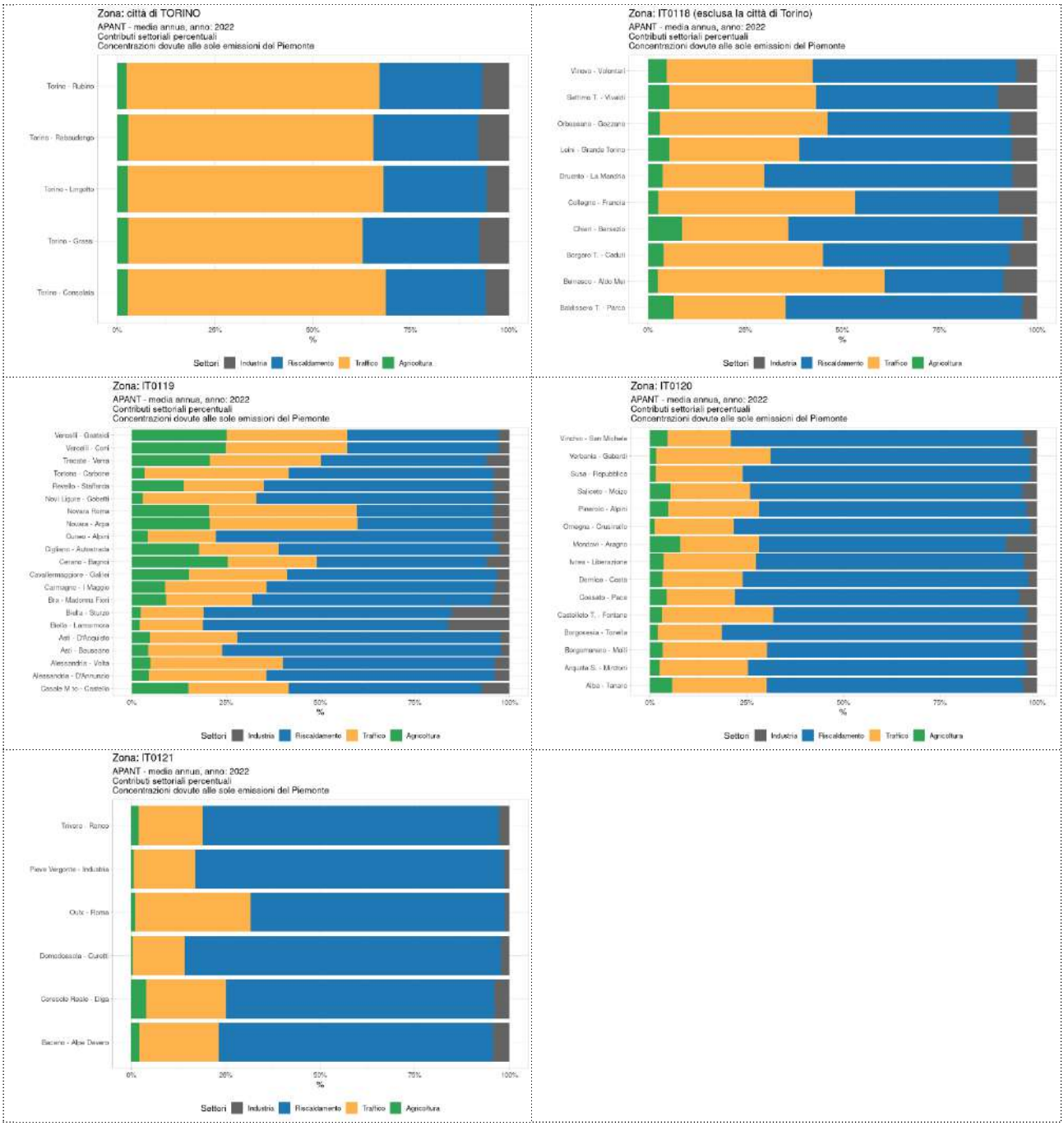


Figura 6.113: Contributo in termini di massa alle concentrazioni medie annue di particolato antropogenico primario da parte dei comparti emissivi individuati per il source apportionment

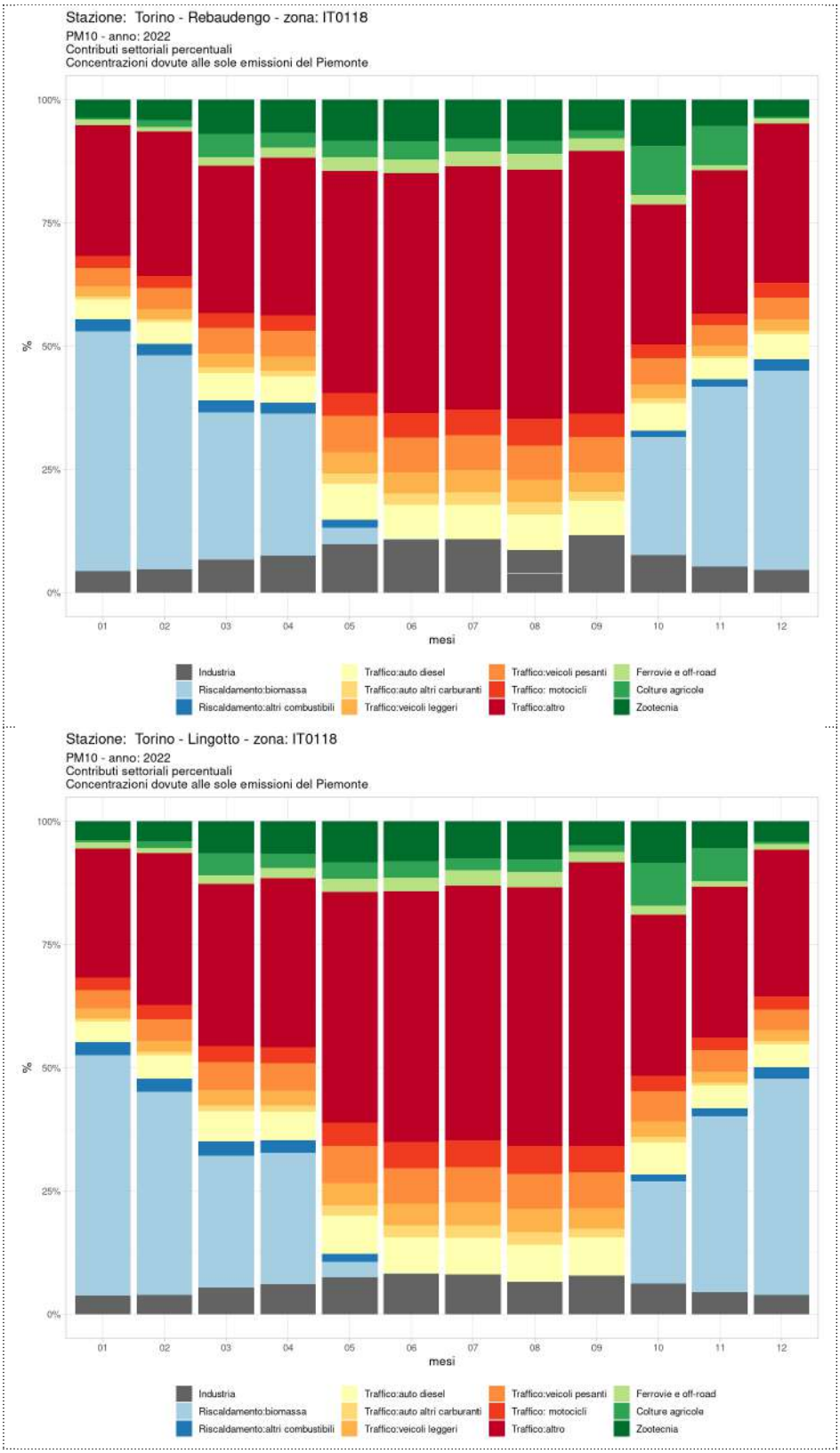


Figura 6.114: Contributo percentuale alle concentrazioni mensili di particolato PM10 da parte dei settori individuati per il source apportionment su alcuni punti di misura presenti in Torino: Torino – Rebaudengo (traffico), Torino – Lingotto (fondo)

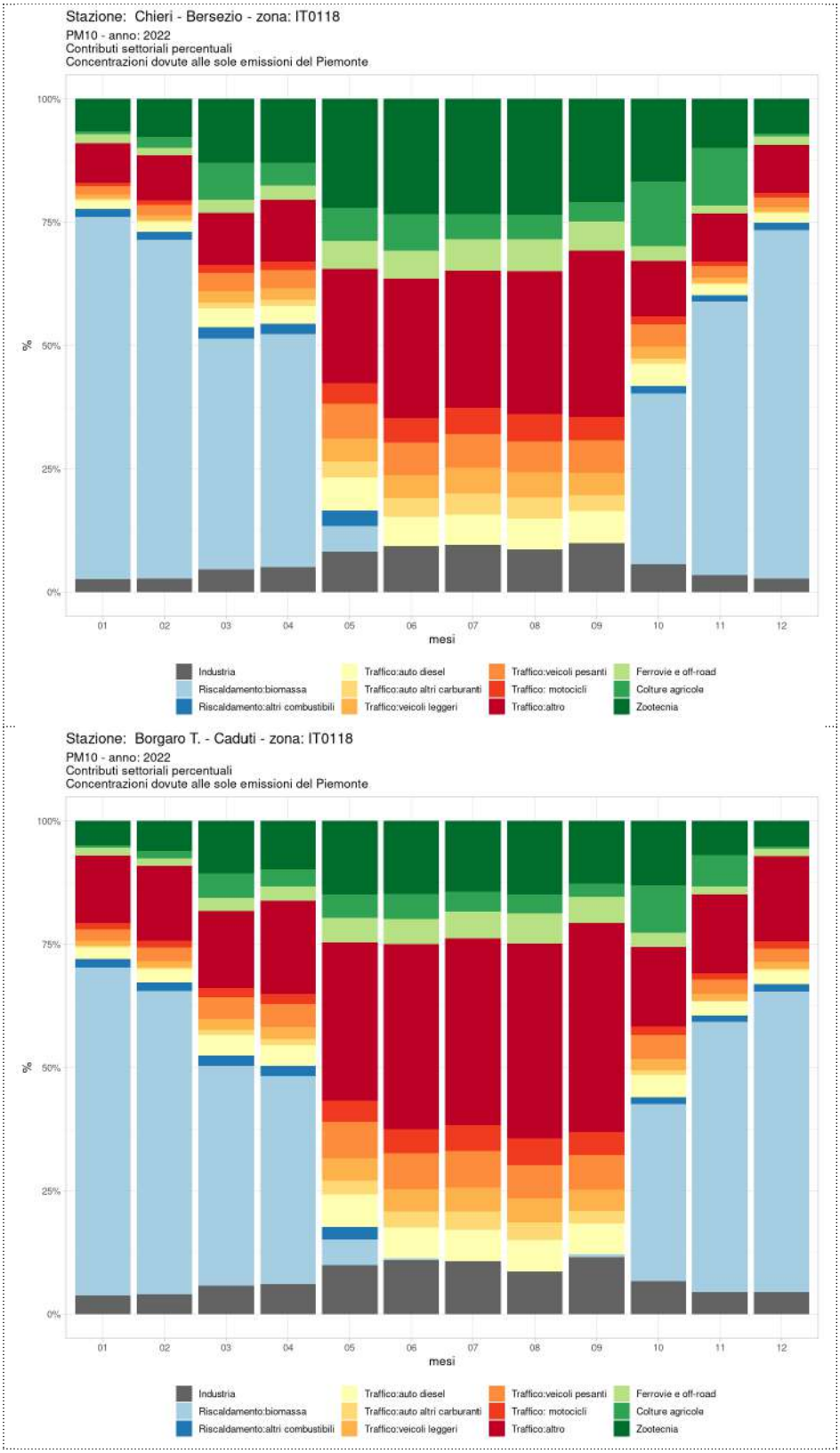


Figura 6.115: Contributo percentuale alle concentrazioni mensili di particolato PM10 da parte dei settori individuati per il source apportionment su alcuni punti di misura presenti in IT0118: Chieri – Bersezio (fondo), Borgaro T.se – Caduti (fondo)

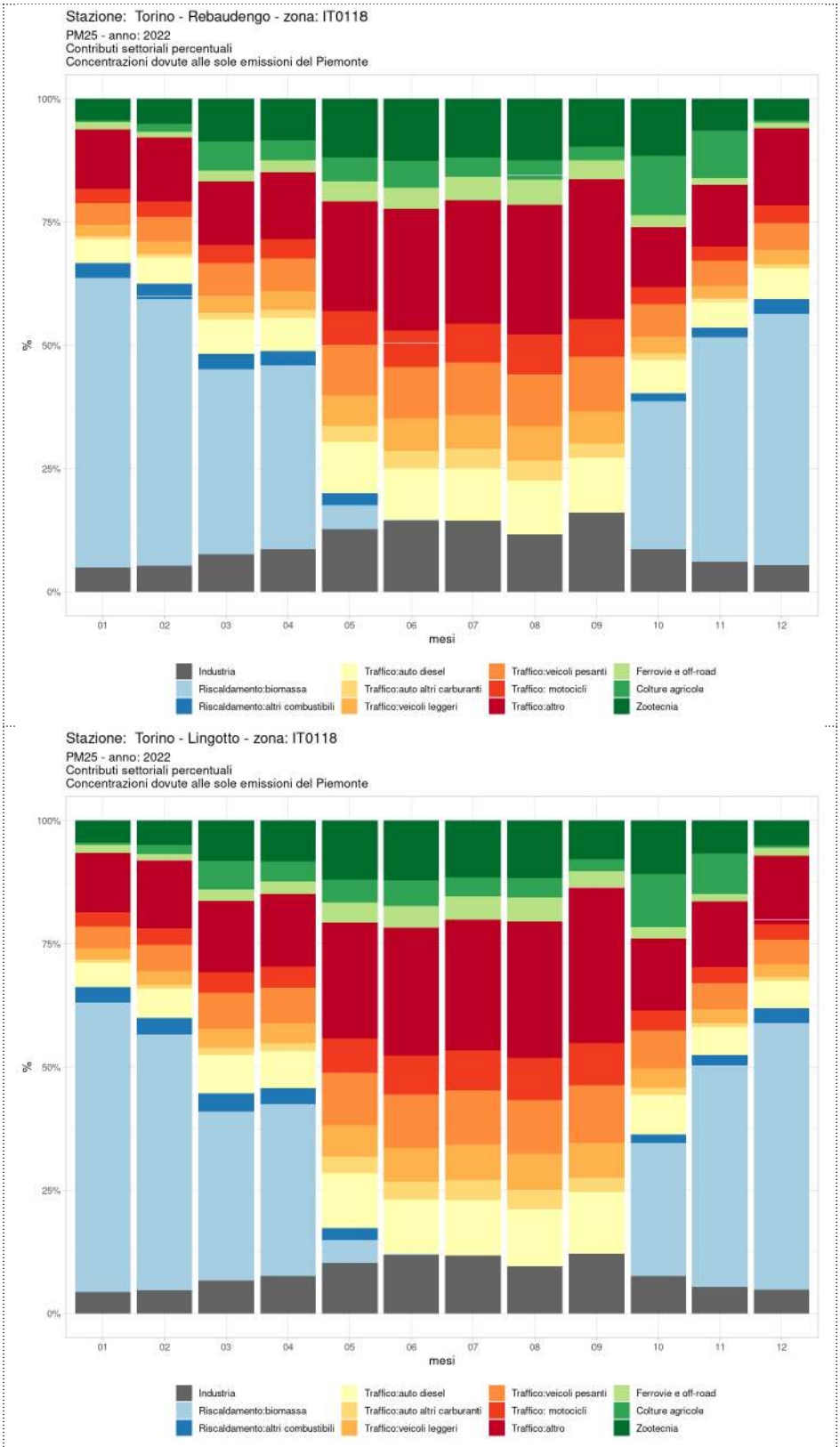


Figura 6.116: Contributo percentuale alle concentrazioni di particolato PM2,5 da parte dei settori individuati per il source apportionment sui punti di misura presenti in Torino: Torino – Rebaudengo (traffico), Torino – Lingotto (fondo)

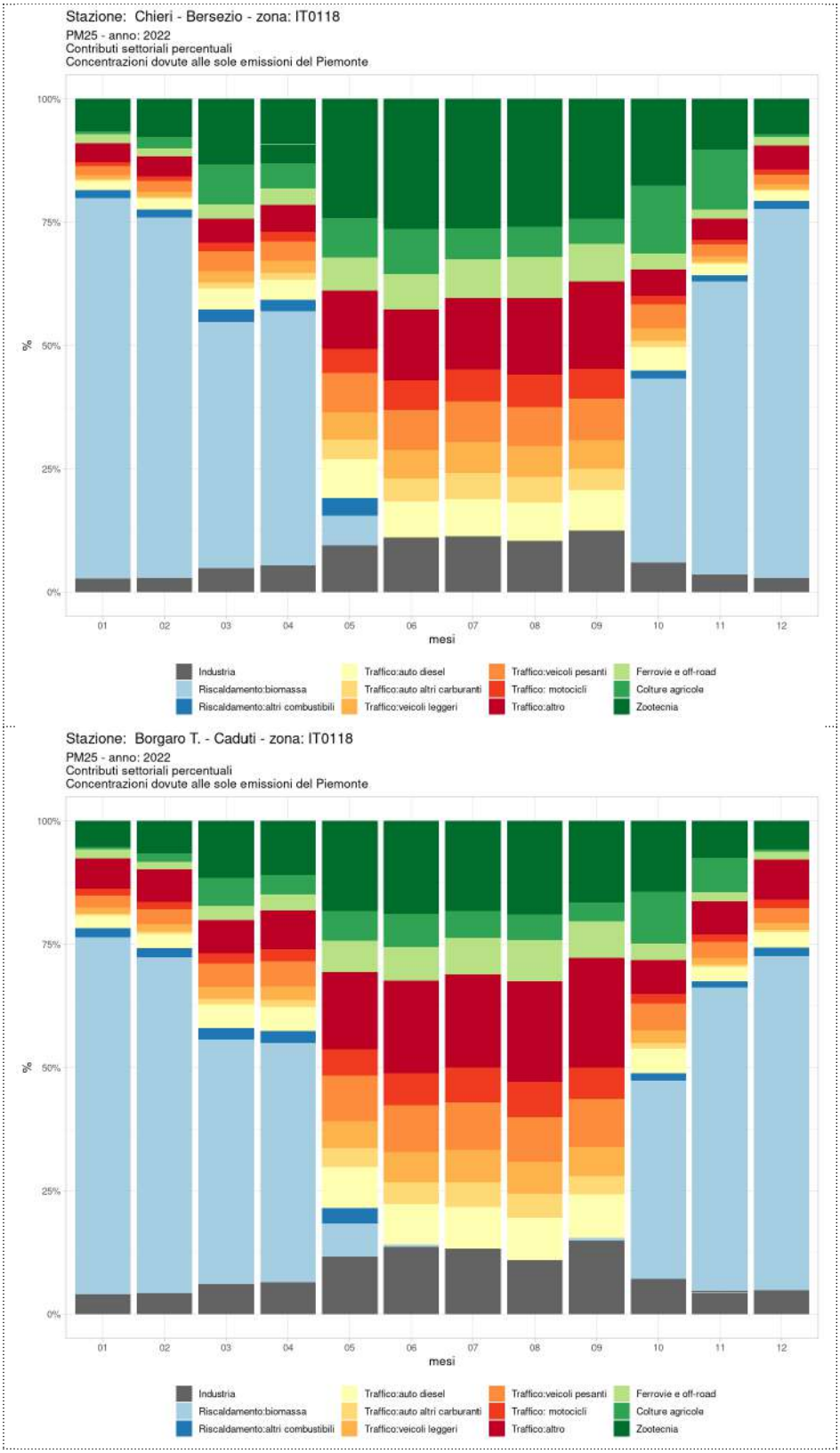


Figura 6.117: Contributo percentuale alle concentrazioni mensili di particolato PM2.5 da parte dei settori individuati per il source apportionment su alcuni punti di misura presenti in IT0118: Chieri – Bersezio (fondo), Borgaro T.se – Caduti (fondo)

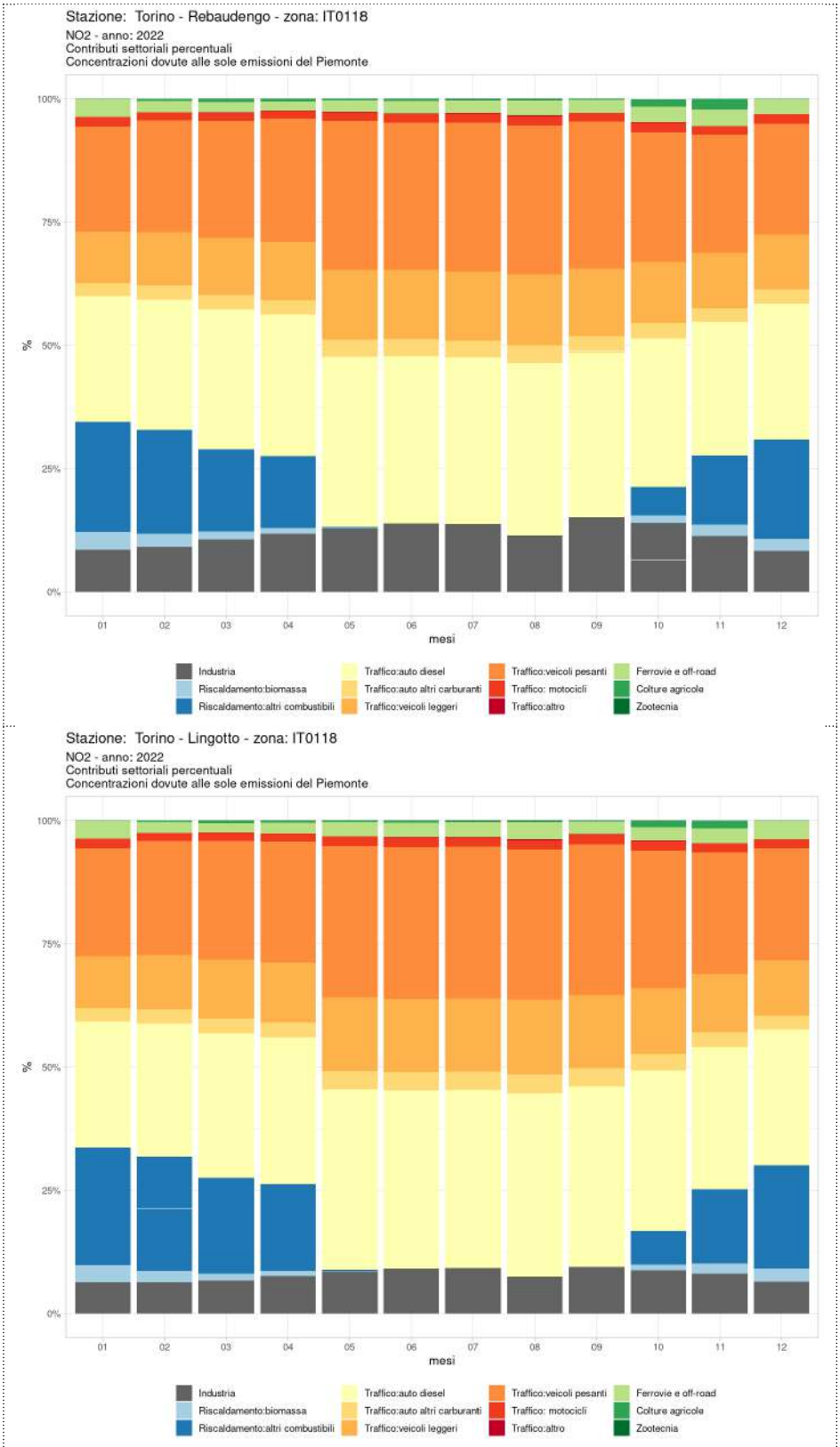


Figura 6.118: Contributo percentuale alle concentrazioni di biossido di azoto NO_2 da parte dei settori individuati per il source apportionment sui punti di misura presenti in Torino: Torino – Rebaudengo (traffico), Torino – Lingotto (fondo)

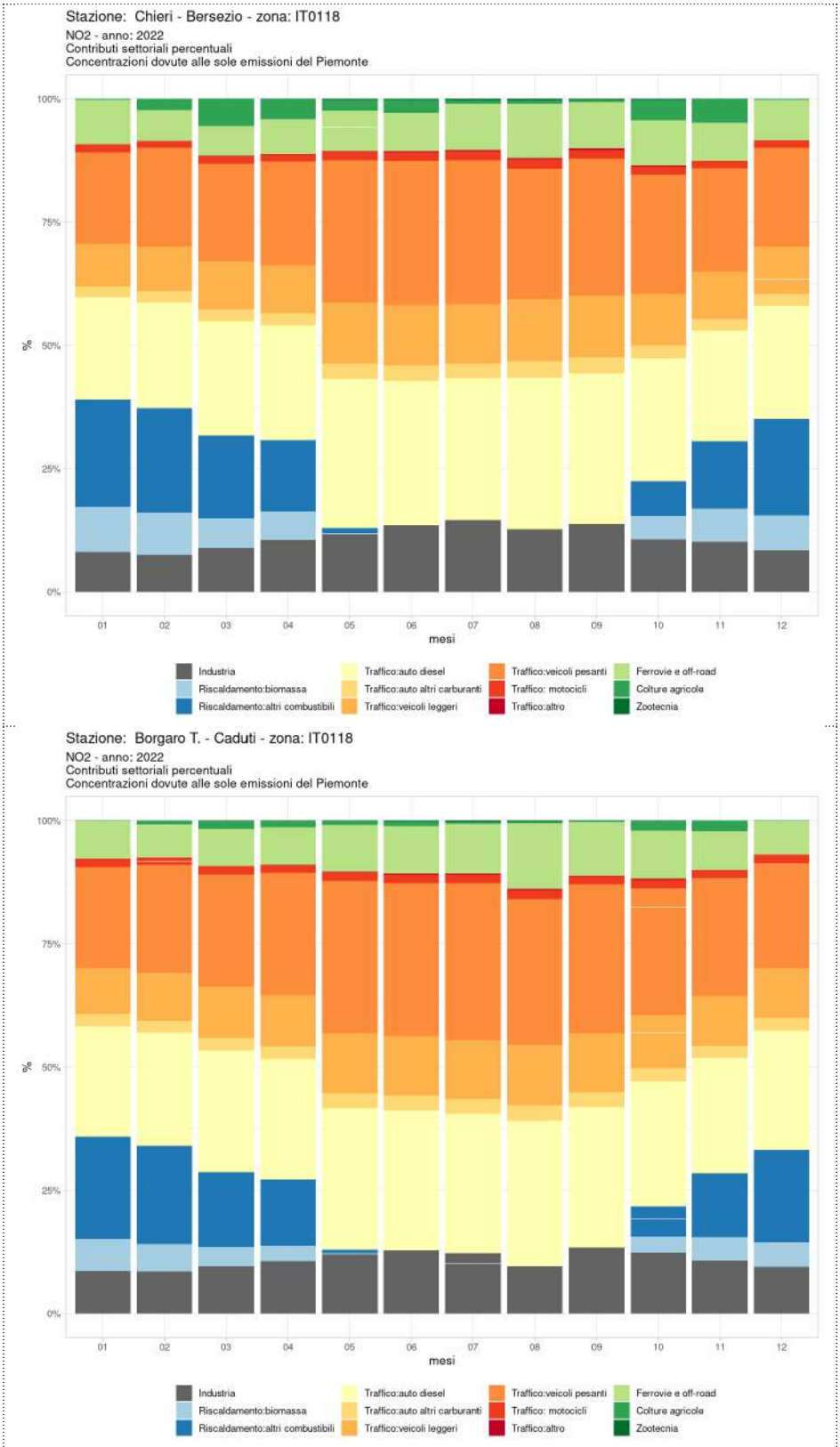


Figura 6.119: Contributo percentuale alle concentrazioni mensili di particolato NO_2 da parte dei settori individuati per il source apportionment su alcuni punti di misura presenti in IT0118: Chieri – Bersezio (fondo), Borgaro T.se – Caduti (fondo)

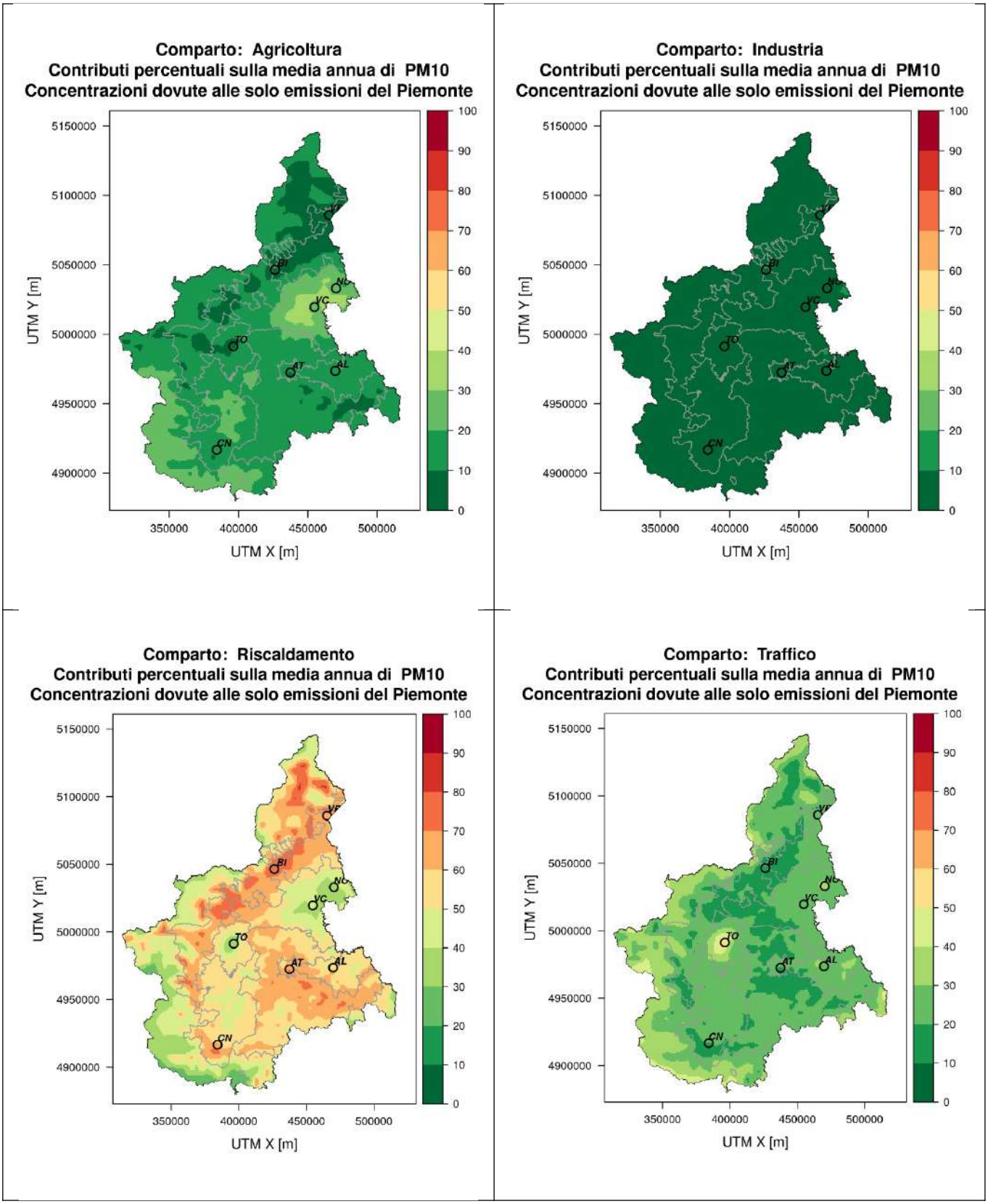


Figura 6.120: Distribuzione spaziale del contributo percentuale alle concentrazioni medie annue di particolato PM10 da parte dei comparti emissivi indagati con il source apportionment

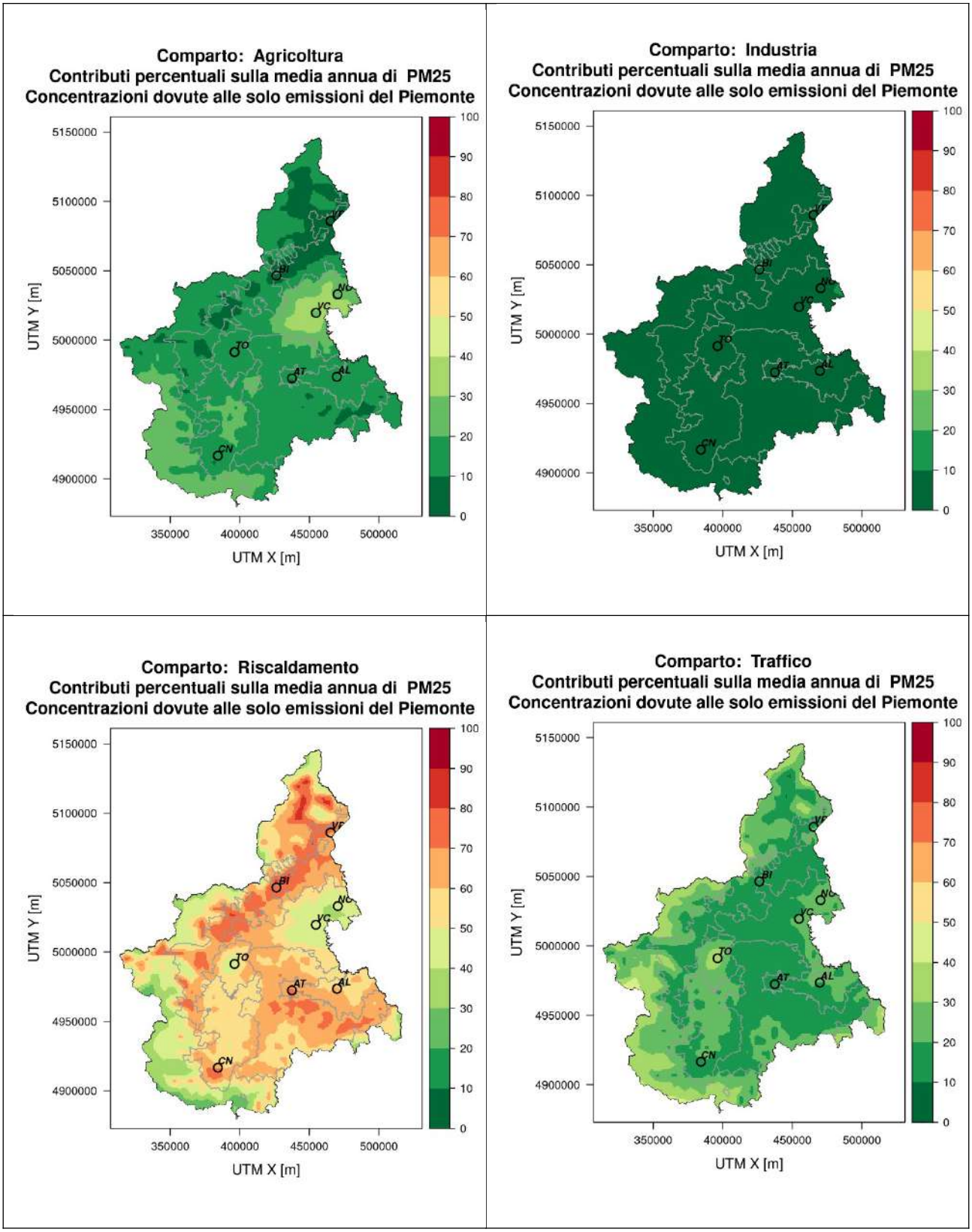


Figura 6.121: Distribuzione spaziale del contributo percentuale alle concentrazioni medie annue di particolato PM2.5 da parte dei comparti emissivi indagati con il source apportionment

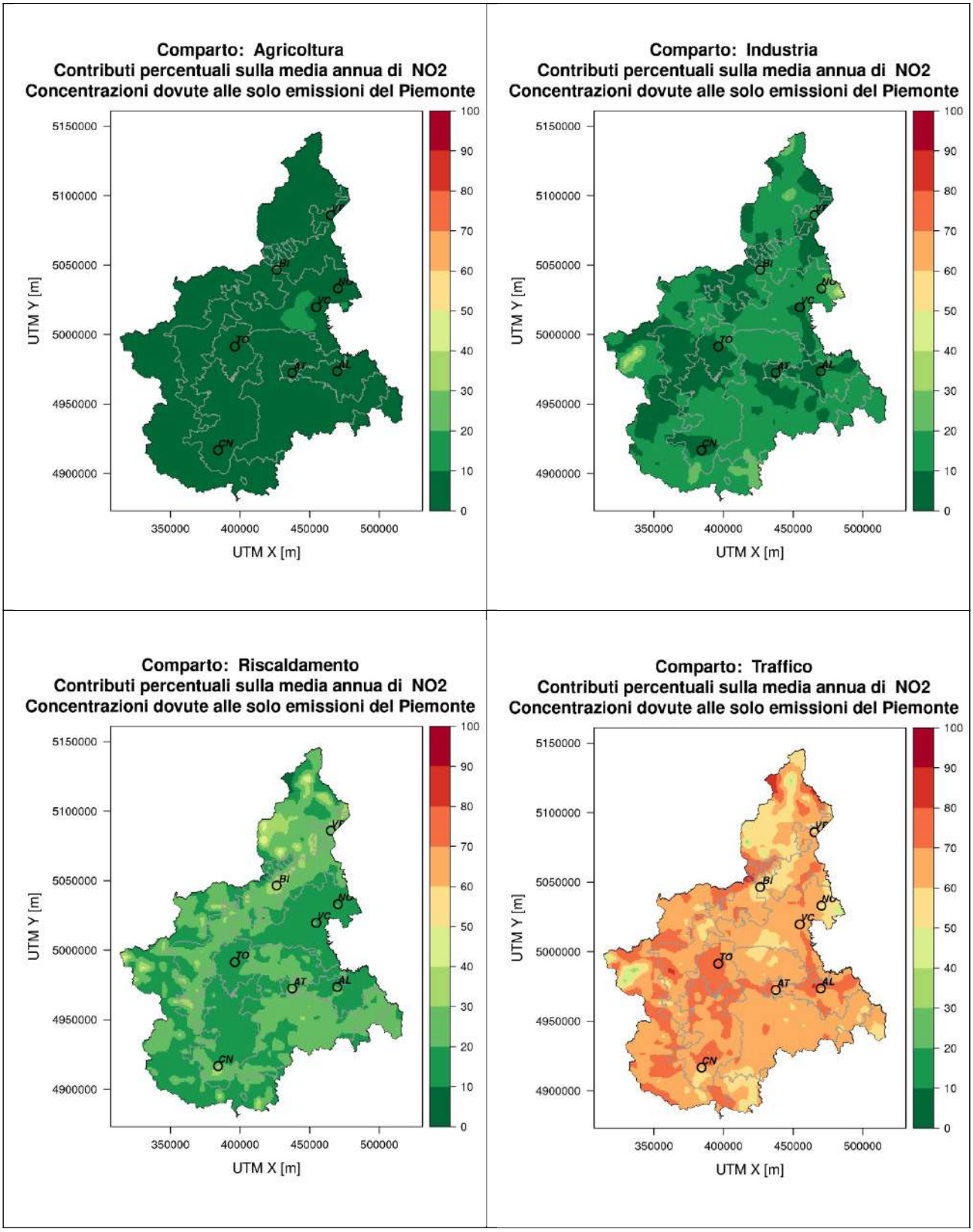


Figura 6.122: Distribuzione spaziale del contributo percentuale alle concentrazioni medie annue di biossido di azoto da parte dei comparti emissivi indagati con il source apportionment

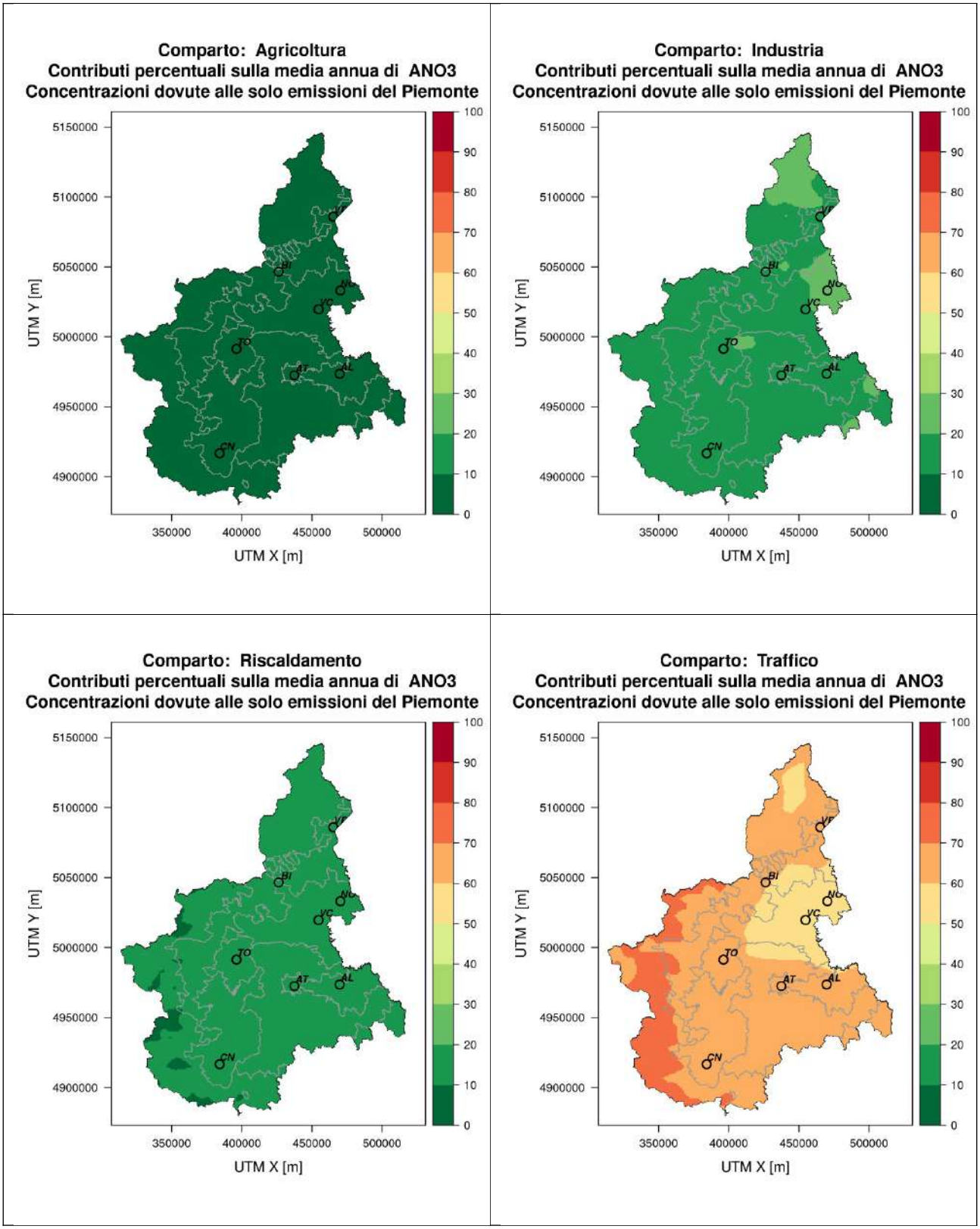


Figura 6.123: Distribuzione spaziale del contributo percentuale alle concentrazioni medie annue di ione nitrato da parte dei comparti emissivi indagati con il source apportionment

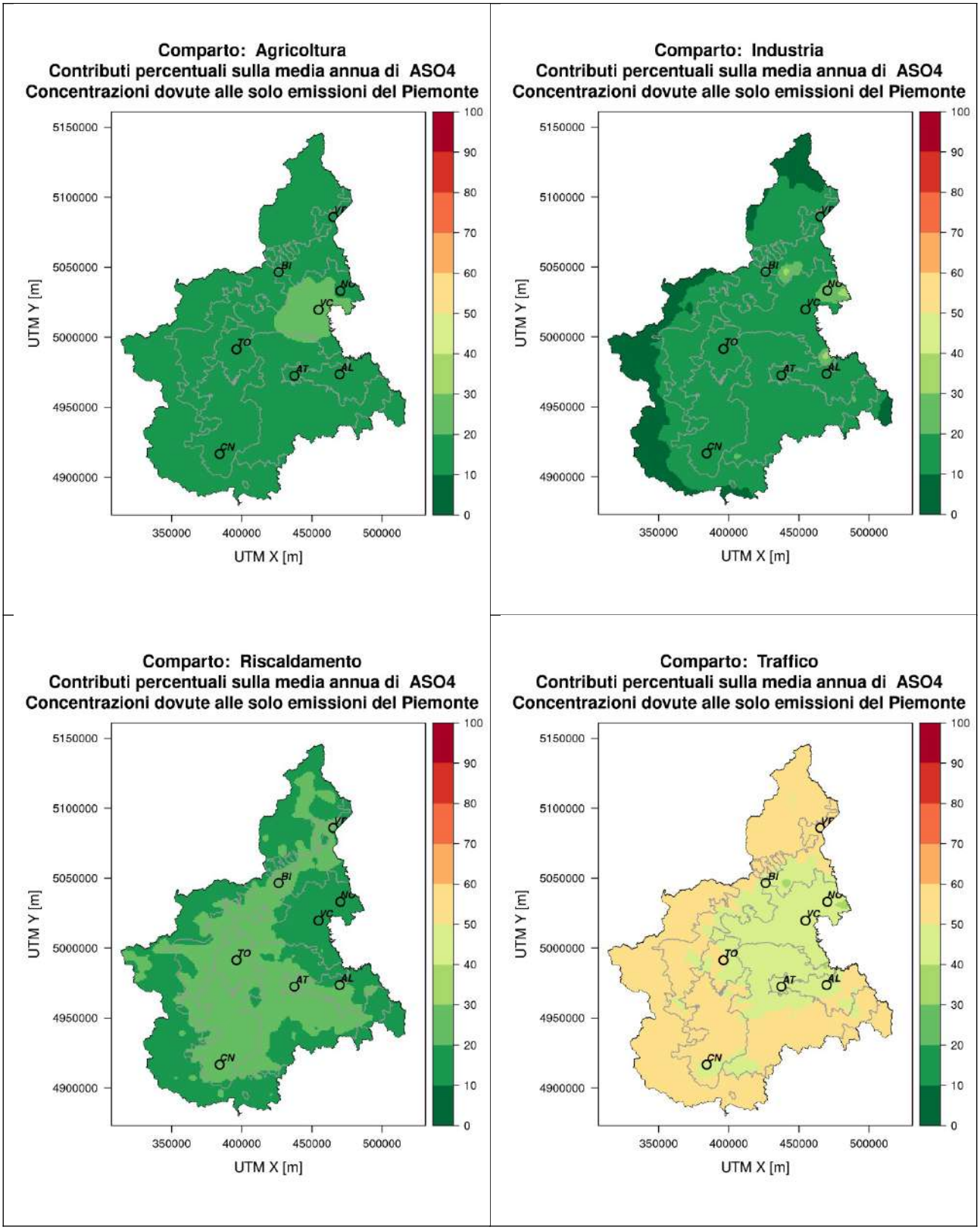


Figura 6.124: Distribuzione spaziale del contributo percentuale alle concentrazioni medie annue di ione solfato da parte dei comparti emissivi indagati con il source apportionment

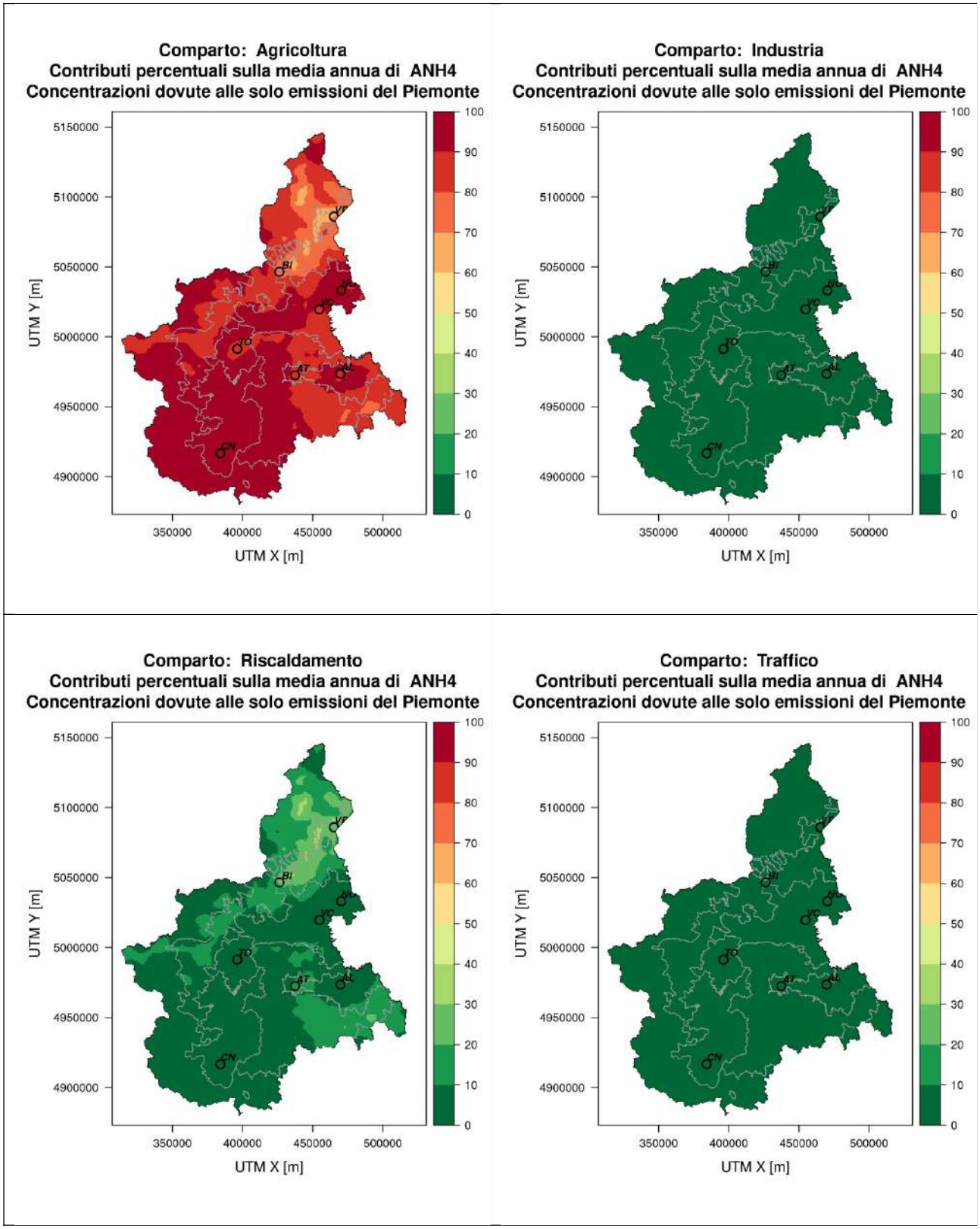


Figura 6.125: Distribuzione spaziale del contributo percentuale alle concentrazioni medie annue di ione ammonio da parte dei comparti emissivi indagati con il source apportionment

6.6.1.2 Il contributo su base geografica alle concentrazioni degli inquinanti: i risultati del source apportionment modellistico geografico

I risultati delle simulazioni annuali di FARM/ORSA– in termini di contributo alle concentrazioni dei diversi inquinanti da parte dei settori emissivi e dei raggruppamenti geografici presi in

considerazione nello studio, calcolato per ciascuna delle celle del dominio di calcolo e per tutte le ore dell'anno 2022 - sono stati aggregati dapprima per raggruppamento geografico e, in alcuni casi, anche settore emissivo, infine su base annuale e mensile, elaborati ed organizzati secondo tre tipologie di visualizzazione:

1. istogrammi che specificano, per ciascuno degli inquinanti (biossido di azoto, particolato PM10, PM2.5 e le loro componenti inorganiche secondarie) e per i punti di misura del SRRQA, il contributo percentuale da parte dei differenti raggruppamenti geografici. In particolare, per ogni stazione, è stato considerato il contributo della zona a cui la stazione stessa afferisce ed il contributo esterno alla zona; per le stazioni localizzate nella zona IT0118 è stato considerato separatamente il contributo della città di Torino e quello della zona IT0118 senza la città di Torino, secondo quanto dettagliato in Figura 6.98;
2. istogrammi che specificano, per ciascuno degli inquinanti (biossido di azoto, particolato PM10, PM2.5 e le loro componenti inorganiche secondarie) e per i punti di misura del SRRQA, il contributo da parte dei settori emissivi di Figura 6.97 suddivisi per ciascuno dei raggruppamenti geografici di provenienza alla media annuale di concentrazione; sono stati calcolati sia i contributi percentuali, sia in massa, considerando in questo caso anche il solo contributo delle sorgenti piemontesi.
3. carte tematiche che mostrano - su tutte le celle del dominio regionale - il contributo percentuale alle concentrazioni degli inquinanti (biossido di azoto, particolato PM10 e PM2.5 e le loro componenti inorganiche secondarie) da parte dei differenti raggruppamenti geografici.

Nel seguito sono illustrate le elaborazioni di maggiore rilievo e i risultati che, per completezza di informazione, sono comunque riportati nello specifico documento a corredo del PRQA, denominato Source apportionment modellistico settoriale.

Gli istogrammi delle Figure dalla Figura 6.126 alla Figura 6.132 illustrano, per ognuno degli inquinanti, il contributo percentuale della zona di qualità dell'aria a cui la stazione afferisce ed il contributo percentuale dovuto alla parte di territorio esterno alla zona stessa, mentre gli istogrammi dalla Figura 6.133 alla Figura 6.135 il contributo percentuale per settore e per zona geografica di provenienza per particolato PM10, PM2.5 e biossido di azoto.

In termini generali i risultati del source apportionment a livello geografico evidenziano l'importanza dei fenomeni di trasporto degli inquinanti, in particolare per quelli aventi una componente secondaria importante, che si forma in atmosfera per reazione chimica tra i precursori residenti in atmosfera e emessi anche in luoghi molto distanti.

Per il particolato PM10 e PM2.5 infatti solo per le stazioni della città di Torino si ha un contributo interno, ovvero della città stessa e dell'agglomerato, paragonabile al contributo esterno alla zona IT0118, mentre nelle altre realtà, escluse le stazioni di Domodossola – Curotti, Cuneo – Alpini e Cossato – Pace, la componente predominante è esterna alla zona di appartenenza. Per le componenti inorganiche del particolato la componente esterna alla zona è di gran lunga la prevalente, mentre per un inquinante primario come il carbonio elementare il contributo alle concentrazioni è in maggior parte dovuto alle emissioni più prossime alla stazione di misura, specie in contesti con importanti emissioni.

Per il biossido di azoto, la cui parte secondaria è minore rispetto al particolato, le differenze tra le due componenti interna ed esterna alla zona sono minori: in particolare, nelle stazioni di Torino il contributo dell'agglomerato urbano risulta essere prevalente.

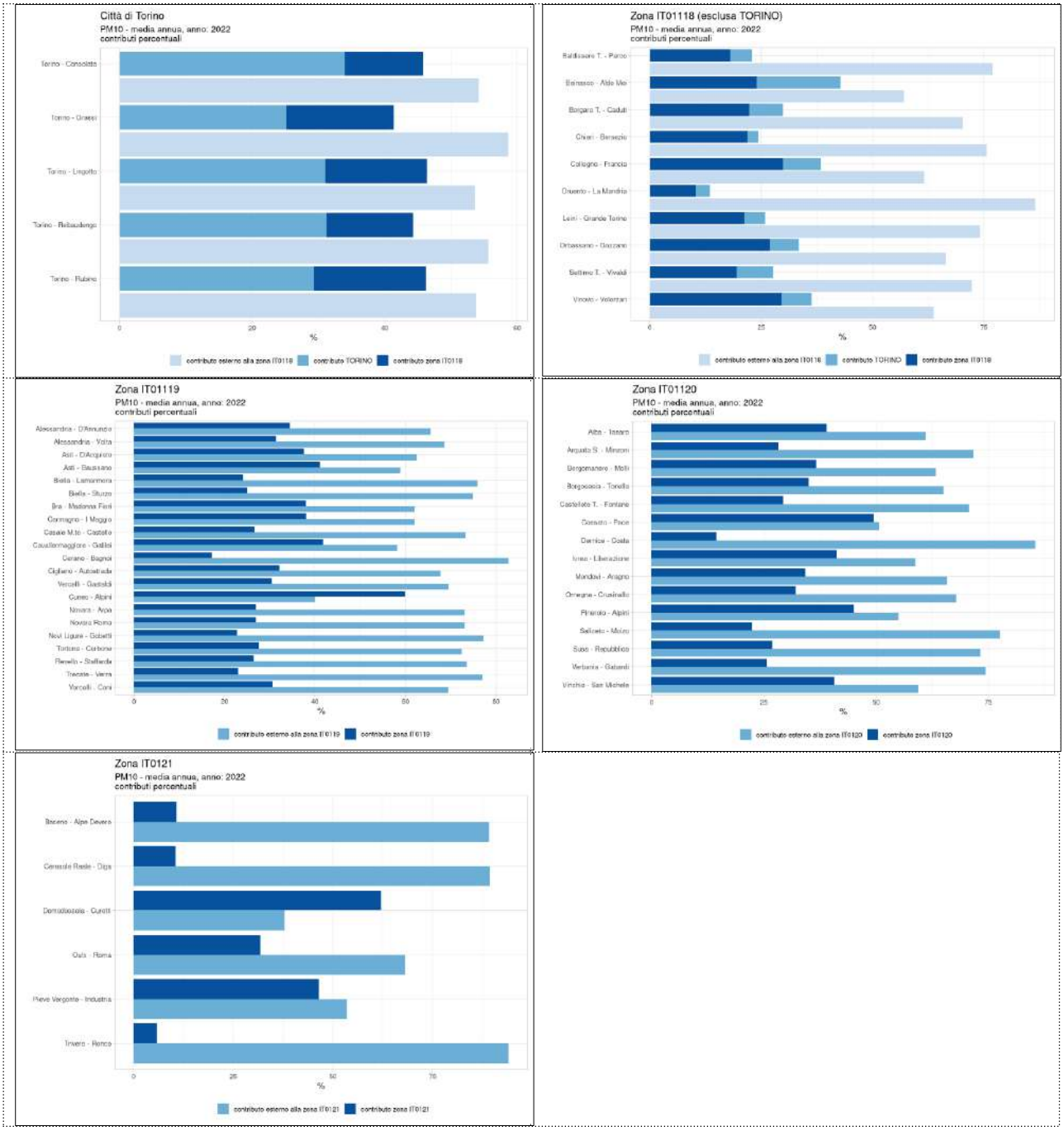


Figura 6.126: PM10 media annua, contributo percentuale dei raggruppamenti geografici sulle singole stazioni, suddivise per zona di appartenenza. La città di Torino è stata considerata separatamente dal resto della zona IT0118. Per le stazioni della città di Torino e della restante parte della zona IT0118 vengono visualizzati i contributi di Torino, della zona IT0118 escluso Torino, ed il contributo esterno alla zona IT0118. Per tutte le altre stazioni vengono visualizzati i contributi della zona a cui afferiscono ed i contributi esterni alla zona cui afferiscono

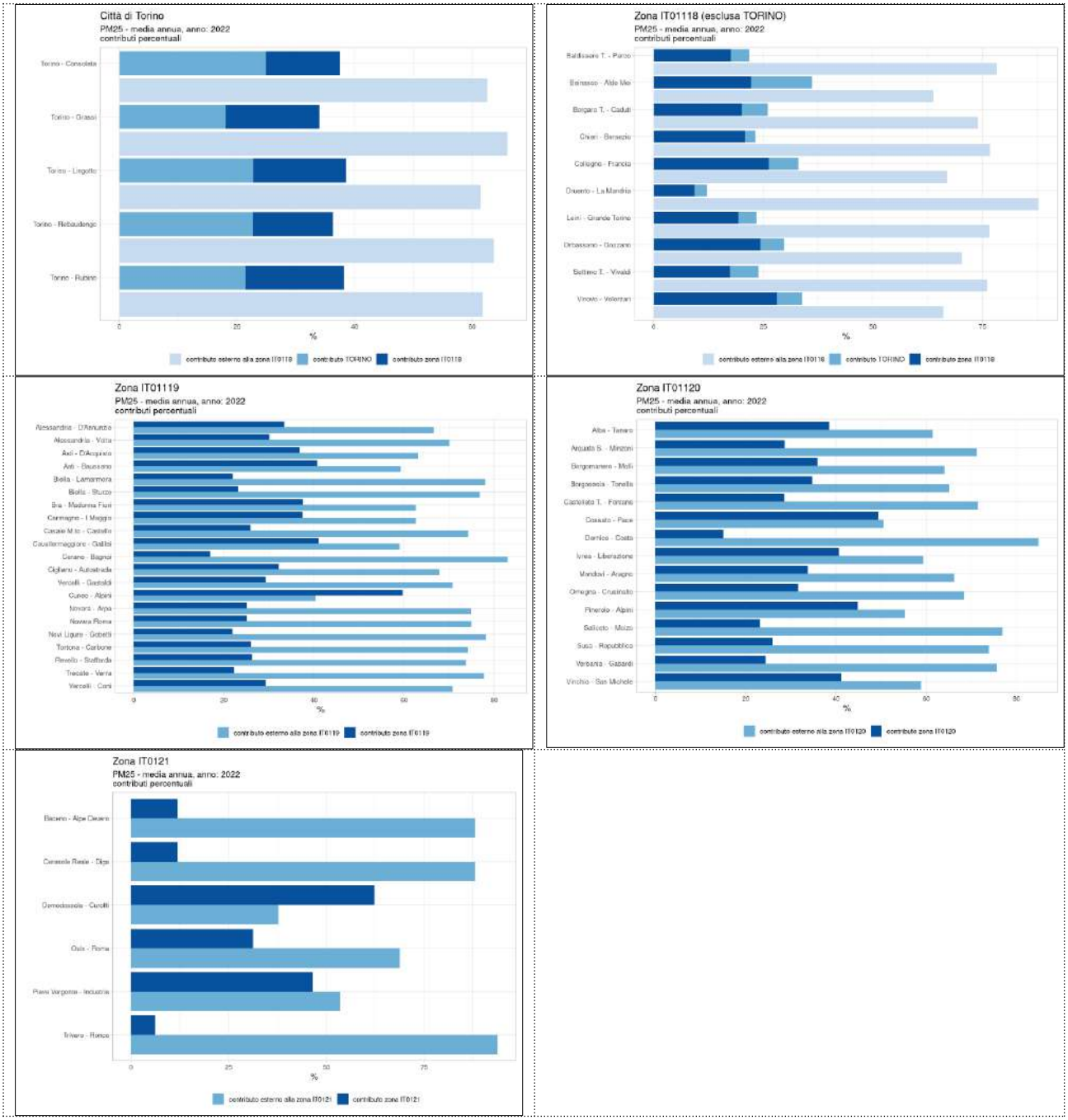


Figura 6.127: PM2.5 media annua, contributo percentuale dei raggruppamenti geografici sulle singole stazioni, suddivise per zona di appartenenza. La città di Torino è stata considerata separatamente dal resto della zona IT0118. Per le stazioni della città di Torino e della restante parte della zona IT0118 vengono visualizzati i contributi di Torino, della zona IT0118 escluso Torino, ed il contributo esterno alla zona IT0118. Per tutte le altre stazioni vengono visualizzati i contributi della zona a cui afferiscono ed i contributi esterni alla zona cui afferiscono

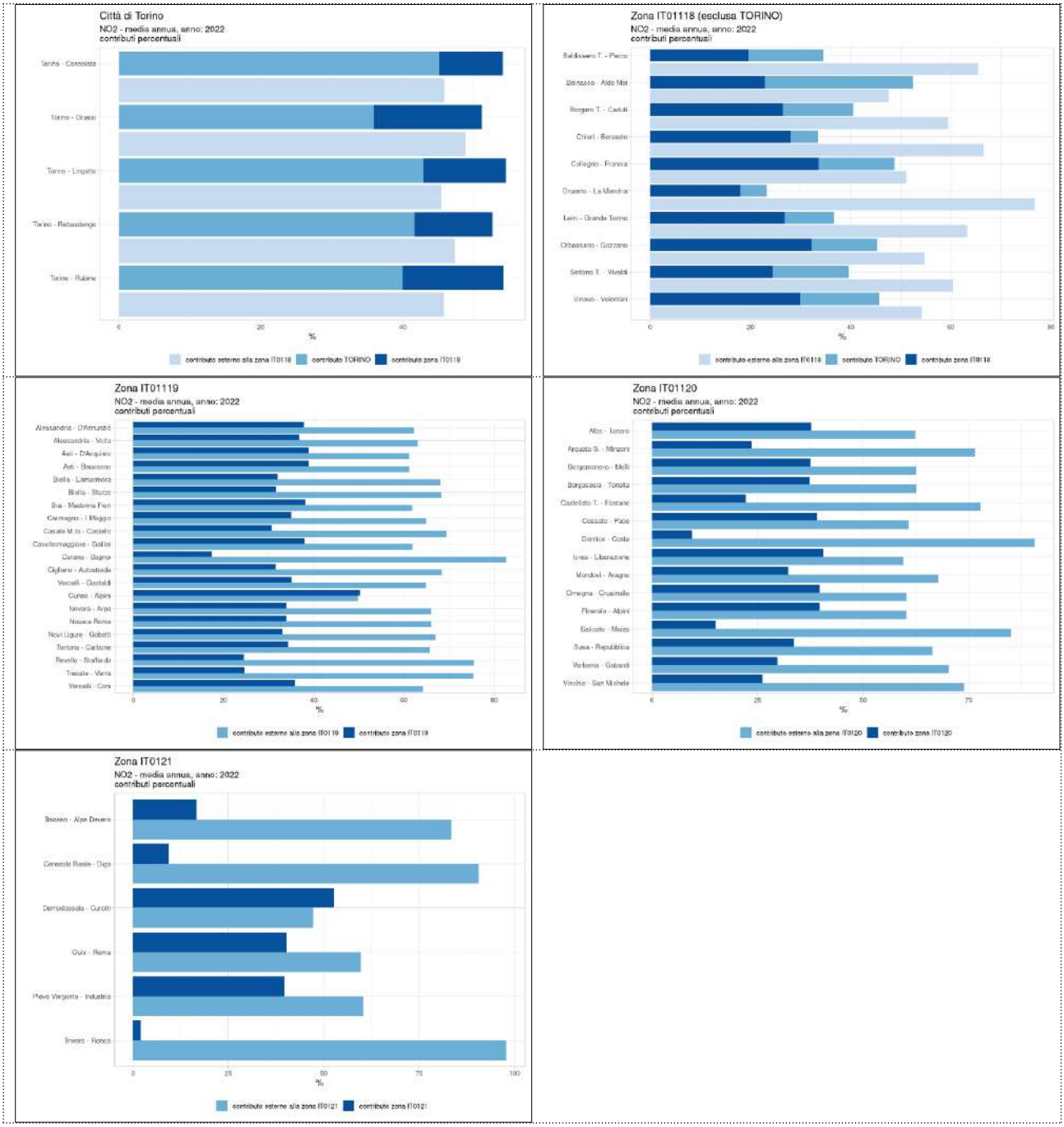


Figura 6.128: NO_2 media annua, contributo percentuale dei raggruppamenti geografici sulle singole stazioni, suddivise per zona di appartenenza. La città di Torino è stata considerata separatamente dal resto della zona IT0118. Per le stazioni della città di Torino e della restante parte della zona IT0118 vengono visualizzati i contributi di Torino, della zona IT0118 escluso Torino, ed il contributo esterno alla zona IT0118. Per tutte le altre stazioni vengono visualizzati i contributi della zona a cui afferiscono ed i contributi esterni alla zona cui afferiscono

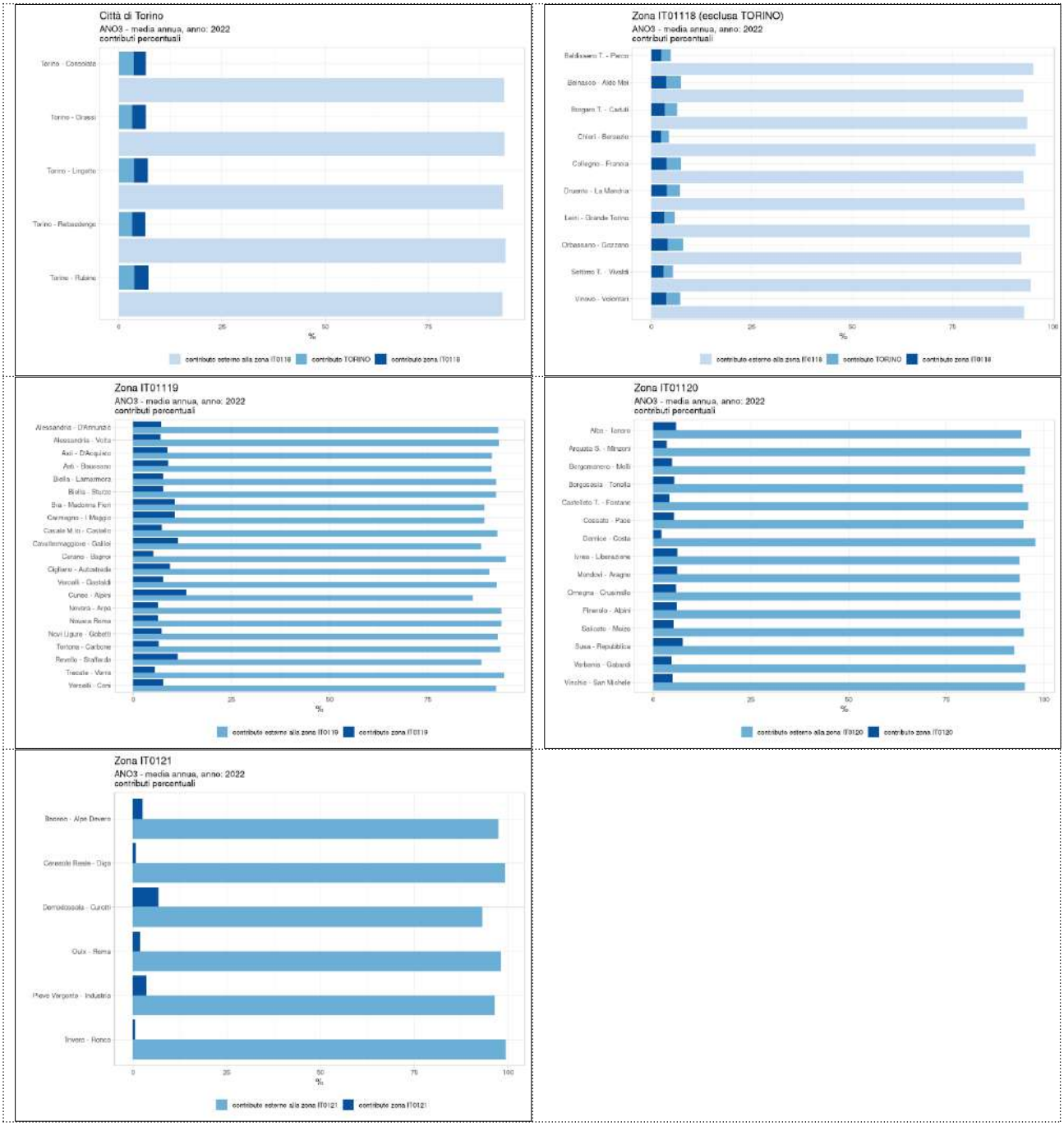


Figura 6.129: ione nitrato media annua, contributo percentuale dei raggruppamenti geografici sulle singole stazioni, suddivise per zona di appartenenza. La città di Torino è stata considerata separatamente dal resto della zona IT0118. Per le stazioni della città di Torino e della restante parte della zona IT0118 vengono visualizzati i contributi di Torino, della zona IT0118 escluso Torino, ed il contributo esterno alla zona IT0118. Per tutte le altre stazioni vengono visualizzati i contributi della zona a cui afferiscono ed i contributi esterni alla zona cui afferiscono



Figura 6.130: ione solfato media annua, contributo percentuale dei raggruppamenti geografici sulle singole stazioni, suddivise per zona di appartenenza. La città di Torino è stata considerata separatamente dal resto della zona IT0118. Per le stazioni della città di Torino e della restante parte della zona IT0118 vengono visualizzati i contributi di Torino, della zona IT0118 escluso Torino, ed il contributo esterno alla zona IT0118. Per tutte le altre stazioni vengono visualizzati i contributi della zona a cui afferiscono ed i contributi esterni alla zona cui afferiscono



Figura 6.131: ione ammonio media annua, contributo percentuale dei raggruppamenti geografici sulle singole stazioni, suddivise per zona di appartenenza. La città di Torino è stata considerata separatamente dal resto della zona IT0118. Per le stazioni della città di Torino e della restante parte della zona IT0118 vengono visualizzati i contributi di Torino, della zona IT0118 escluso Torino, ed il contributo esterno alla zona IT0118. Per tutte le altre stazioni vengono visualizzati i contributi della zona a cui afferiscono ed i contributi esterni alla zona cui afferiscono



Figura 6.132: carbonio elementare nel particolato media annua, contributo percentuale dei raggruppamenti geografici sulle singole stazioni, suddivise per zona di appartenenza. La città di Torino è stata considerata separatamente dal resto della zona IT0118. Per le stazioni della città di Torino e della restante parte della zona IT0118 vengono visualizzati i contributi di Torino, della zona IT0118 escluso Torino, ed il contributo esterno alla zona IT0118. Per tutte le altre stazioni vengono visualizzati i contributi della zona a cui afferiscono ed i contributi esterni alla zona cui afferiscono

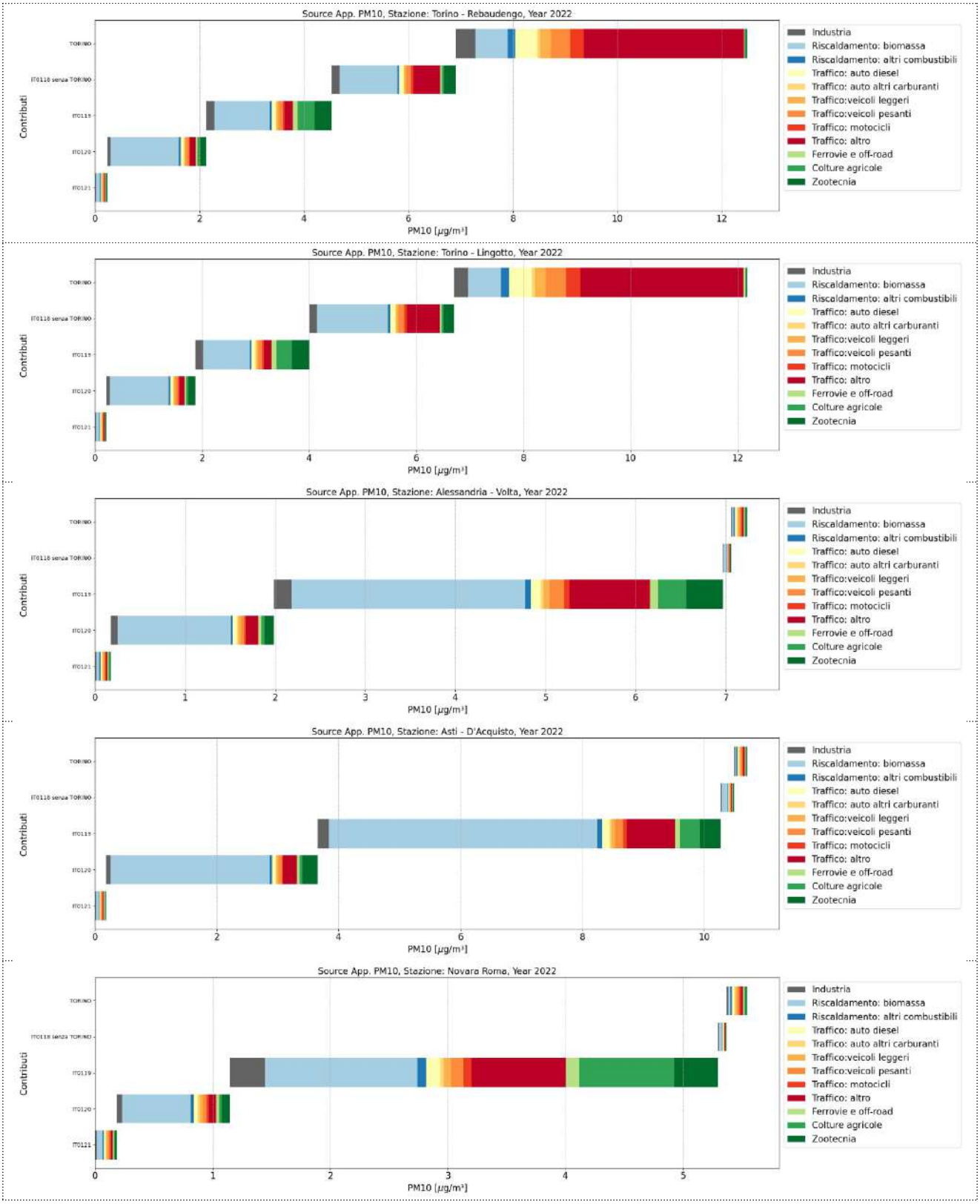


Figura 6.133: PM10, media annua calcolata considerando le sole emissioni del Piemonte. Contributi (in mass) dei singoli settori analizzati suddivisi per zona geografica di provenienza su alcune stazioni del SRRQA, partendo dall'alto: Torino – Rebaudengo (traffico), Torino – Lingotto (fondo), Alessandria -Volta (fondo), Asti – Acquisto (fondo), Novara – Roma (traffico)

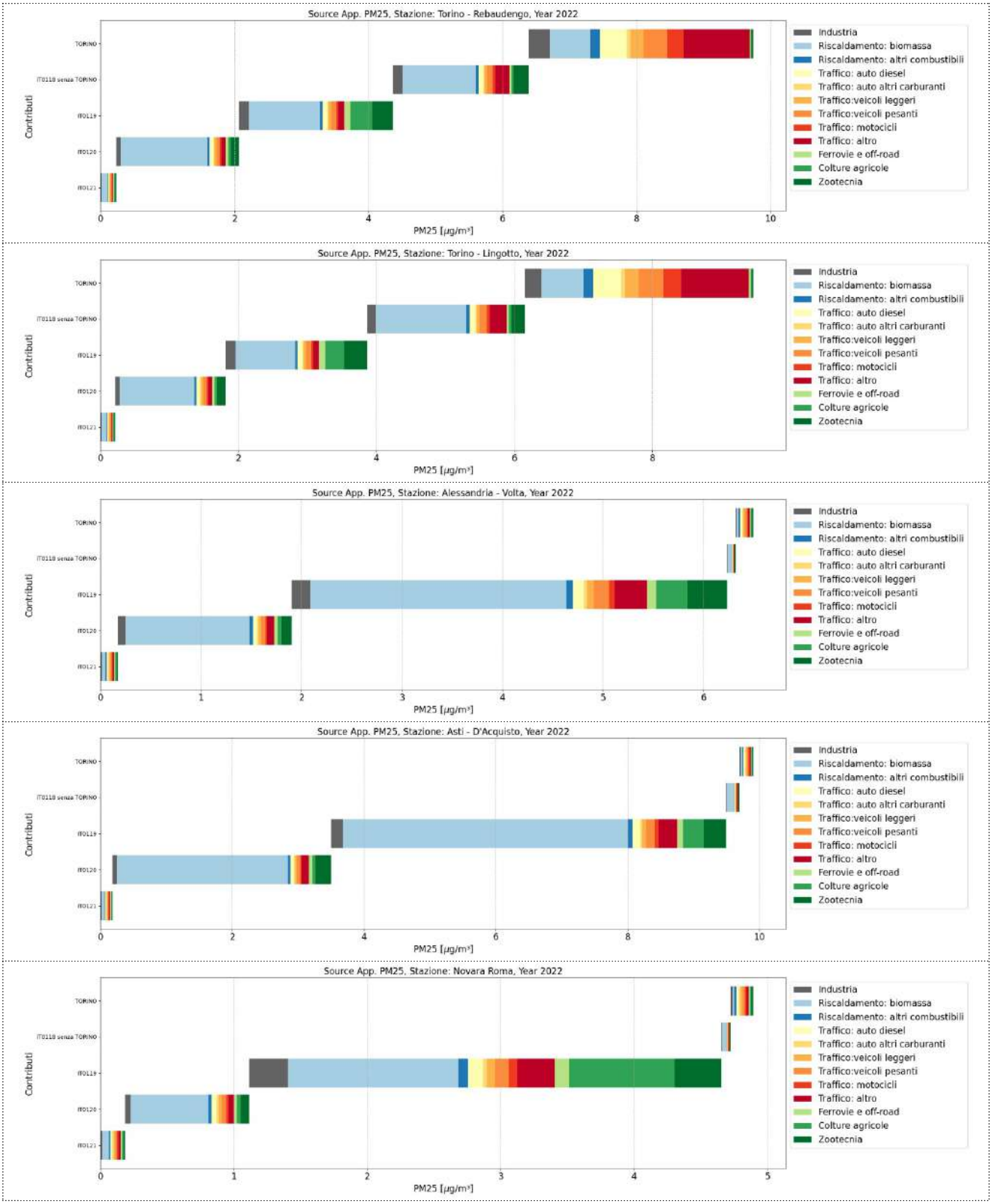


Figura 6.134: PM2.5, media annua calcolata considerando le sole emissioni del Piemonte. Contributi (in mass) dei singoli settori analizzati suddivisi per zona geografica di provenienza su alcune stazioni del SRRQA, partendo dall'alto: Torino – Rebaudengo (traffico), Torino – Lingotto (fondo), Alessandria -Volta (fondo), Asti – Acquisto (fondo), Novara – Roma (traffico)

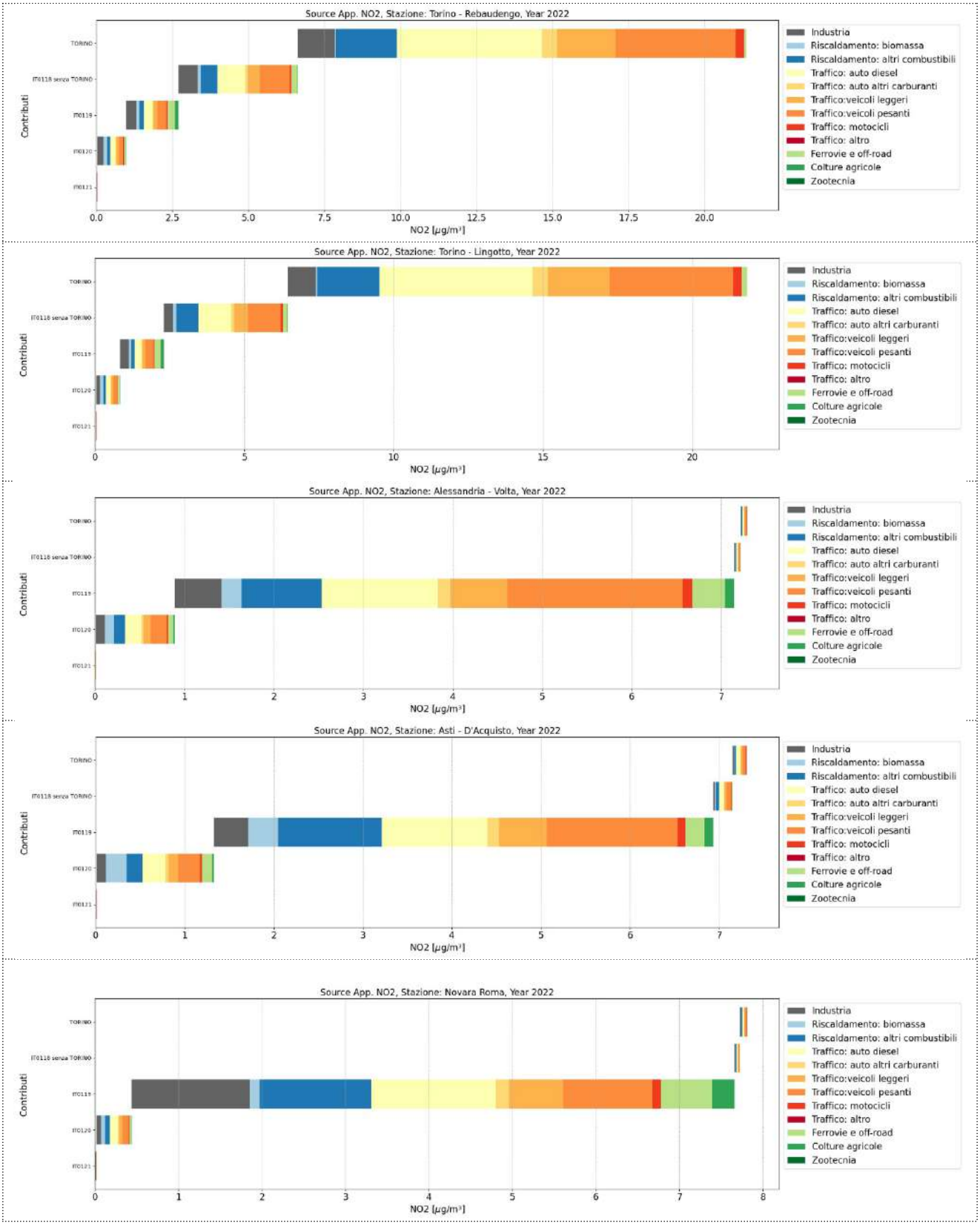


Figura 6.135: NO_2, media annua calcolata considerando le sole emissioni del Piemonte. Contributi (in mass) dei singoli settori analizzati suddivisi per zona geografica di provenienza su alcune stazioni del SRRQA, partendo dall'alto: Torino – Rebaudengo (traffico), Torino – Lingotto (fondo), Alessandria -Volta (fondo), Asti – Acquisto (fondo), Novara – Roma (traffico)

6.6.2 IL SOURCE APPORTIONMENT ANALITICO

Le tecniche di source apportionment analitico descritte nel capitolo 4.2[24] sono state applicate, nell'ambito del progetto Progetto LIFE PrepAIR (2017 - 2024)[25], ad una serie di siti di monitoraggio della qualità dell'aria del Bacino Padano, fra i quali Torino[26]. Tale indagine consente di stimare i contributi di una serie di classi di sorgenti partendo dalla caratterizzazione chimica del particolato permettendo:

- un'analisi intra-situ, per verificare le variazioni dei parametri di qualità dell'aria e la pressione delle fonti, a seguito dell'attuazione dei Piani regionali per la qualità dell'aria;
- un'analisi media di bacino, per la verifica della qualità complessiva dell'aria nell'area geografica considerata, grazie ad una serie di misurazioni omogenee effettuate in diversi punti della Pianura Padana.

Le analisi[27] sono state condotte su campioni giornalieri di particolato PM10 sul periodo dal 1° aprile 2018 al 31 marzo 2022[28], per la determinazione di:

- Elementi: Al, Si, P, S, Cl, K, Ca, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Br, Rb e Pb
- Cationi: Na^+, NH^{4+}, K^+, Mg^{2+}, Ca^{2+}
- Anioni: Cl^-, NO^{2-}, Br^-, NO^{3-}, PO_4^{3-}, SO_4^{2-}
- Zuccheri: Levoglucosano
- Composti carboniosi: OC (Carbonio Organico) e EC (Carbonio Elementare).

Gli elementi permettono di ottenere informazioni sulla frazione di composti di origine crostale nel PM10, importante per valutare, ad esempio, il contributo della risospensione dal suolo. La determinazione degli ioni è invece utile per stimare la quantità di composti secondari inorganici quali il nitrato di ammonio (correlato a sorgenti associate alla combustione, come il traffico, e alle emissioni di ammoniaca, come l'agricoltura e la zootecnia) e il solfato di ammonio (correlato alla combustione da riscaldamento e produzione di energia, oltre che alle emissioni di ammoniaca da agricoltura e zootecnia). Mentre il levoglucosano è un tracciante specifico della combustione della biomassa nel PM, la frazione carboniosa (OC ed EC) tiene conto della componente primaria (l'EC, generato dalla combustione incompleta di materiale organico prodotto dal traffico, dal riscaldamento residenziale, dalle attività industriali e produzione di energia attraverso l'utilizzo di combustibili fossili) e della componente organica (OC, che può essere anche di origine secondaria, attraverso la condensazione di composti emessi come inquinanti primari o formatisi in atmosfera).

I risultati analitici hanno permesso di fornire inizialmente la composizione chimica media del bacino padano nel periodo considerato, cui è seguita l'analisi statistica attraverso l'utilizzo della Positive Matrix Factorization (modello EPA PMF 5.0) che permette di individuare, passando per il

[24] Cfr "Il *source apportionment* analitico" (par. 4.2.2)

[25] Progetto LIFE PrepAIR - Action D6: Monitoring the environmental effects of pollutants reduction measures implemented by air quality improvement plans – Report on source apportionment (giugno 2023)

[26] Le stazioni di monitoraggio coinvolte nelle attività di *source apportionment* analitico del Progetto LIFE Prepair sono: Torino - Lingotto, Milano - Pascal, Vicenza Ferrovieri, Bologna - Gobetti (fondo urbano), Schivenoglia (rurale); a queste si è aggiunta, a partire da settembre 2021, la stazione di Cavallermaggiore (fondo suburbano).

[27] Condotte nel progetto PrepAIR da Arpa Lombardia per le stazioni del Bacino Padano

[28] Per problemi tecnici, i campionatori usati nel progetto sono stati trasferiti dalla stazione di Torino – Lingotto alla sede Arpa Piemonte (a circa 750 m in linea d'aria dalla stazione di Torino – Lingotto) in un contesto che non presenta propriamente tutte le caratteristiche tipiche di un fondo urbano. Le elaborazioni sono state condotte per Torino sul periodo dal 15 settembre 2018 al 31 marzo 2022.

profilo chimico dei fattori identificati, le principali sorgenti e/o processi di formazione del particolato rilevato in un determinato sito e il loro contributo.

Partendo dall'ipotesi che i fattori (sorgenti antropiche o naturali e componenti secondari) siano comuni a tutti i siti considerati, pur con un contributo in termini di massa di particolato e temporale differente nei vari punti di misura, nel Progetto PrepAIR è stata valutata una soluzione calcolata sull'intero bacino padano, ottenuta unendo in un unico database i giorni di campionamento di tutte le stazioni di monitoraggio ed individuando un certo numero di fattori comuni a tutti i siti, caratterizzati dallo stesso profilo chimico. Tali fattori danno luogo a serie temporali e apporzionamenti di PM10 specifici per ogni singolo sito.

Questa ipotesi, suffragata da studi di letteratura che nel bacino padano individuano spesso sorgenti simili, è stata valutata confrontando la soluzione di bacino con le soluzioni calcolate nei singoli siti. Mentre per i fattori naturali e secondari è più verosimile che il profilo chimico sia effettivamente molto simile nei siti considerati, per i fattori antropici potrebbero esserci maggiori differenze di profilo nelle diverse città. La soluzione di bacino, a fronte di una possibile perdita di specificità per questi fattori, presenta il vantaggio di una maggiore robustezza, in quanto la presenza di situazioni differenziate migliora la modellizzazione della PMF. È stato inoltre verificato che, nel corso degli anni presenti nel database, i fattori – ovvero i loro profili emissivi - rimanessero costanti, a garanzia della correttezza dell'approccio adottato con l'utilizzo di un set di dati pluriannuale.

Va ricordato che, nel periodo di campionamento e analisi condotto nel progetto PrepAIR, si è vissuta l'emergenza COVID-19, che ha comportato l'adozione di una serie di misure restrittive fra le quali, a livello nazionale, il blocco totale delle attività da marzo a giugno 2020. Successivamente, a seguito di un nuovo aumento della diffusione pandemica a partire dall'autunno 2020, sono entrate in vigore nuove misure restrittive, ma con un impatto minore rispetto alle precedenti. Gli effetti di tali misure sulle concentrazioni di PM10 e sulla relativa speciazione sono stati analizzati in uno specifico report del progetto PrepAIR[29]; pur a fronte di una riduzione delle concentrazioni di inquinanti primari legati al traffico autoveicolare (EC e Cu in tutti i siti) e ad un incremento delle concentrazioni di levoglucosano nella maggioranza dei siti (legato alla combustione a biomassa, presumibilmente associata alla maggiore permanenza in casa delle persone durante il lockdown), non si è osservata una riduzione dei composti totalmente o parzialmente secondari in tutti i siti, ad indicare come il blocco di solo una parte delle attività antropiche non sia sufficiente a determinare una variazione apprezzabile nella formazione del particolato secondario.

A livello di bacino padano, i risultati hanno evidenziato i seguenti sette fattori, comuni a tutti i siti:

- suolo (componente legata alla risospensione di polvere dal suolo)
- sale (aerosol derivante dallo spray marino)
- traffico (combustione e usura meccanica, ovvero i freni e le parti meccaniche dei mezzi stradali)
- combustione di biomassa
- mix antropogenico (fattore che raccoglie il contributo di diverse attività produttive e di servizio)
- fondo secondario (fattore di origine secondaria caratterizzato prevalentemente dal solfato d'ammonio e da carbonio organico, probabilmente attribuibile ad un fondo di larga scala)

[29] Report 3 COVID-19 – Studio degli effetti delle misure COVID-19 sulla composizione chimica del particolato nel bacino padano (gennaio 2021) https://www.lifeprepair.eu/wp-content/uploads/2021/02/Prepair_covidQA_Report3_def2.pdf

- secondario invernale (fattore di origine secondaria caratterizzato prevalentemente dal nitrato d'ammonio e presente soprattutto durante la stagione fredda).

Nella Figura 6.136 sono riassunti i risultati della modellizzazione con PMF a livello di bacino padano, rispettivamente sull'intero periodo e suddivisi nel periodo freddo (dal 15 ottobre al 14 aprile) e caldo (dal 15 aprile al 14 ottobre), ottenuti sulle cinque stazioni utilizzate e per il periodo fra il 1° aprile 2018 e il 31 marzo 2022.

Nella ripartizione media annuale, i due fattori di origine naturale, suolo e sale marino, spiegano complessivamente più del 15% della massa di PM10 ricostruita, di cui oltre il 10% riferito al suolo e il 5% circa al sale marino. Tra i fattori primari di origine antropica, traffico e combustione di biomassa hanno un contributo molto simile, superiore al 10%.

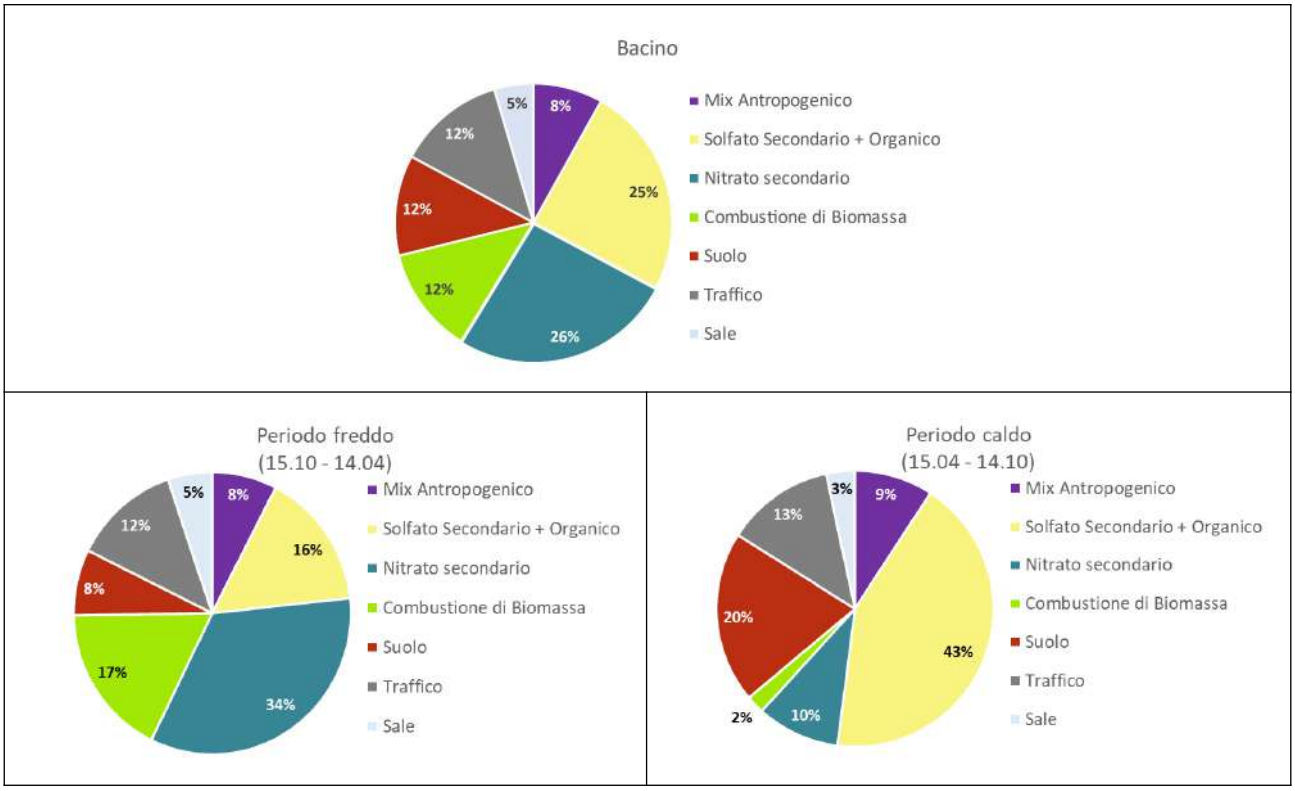


Figura 6.136 - Bacino padano: contributo delle diverse sorgenti rispetto al PM10 su tutto il quadriennio (01.04.2018 - 31.03.2022) e suddiviso tra periodo caldo e periodo freddo

La componente secondaria rappresenta circa il 50% della massa totale di PM10 ed è ripartita in egual misura nei due fattori che la caratterizzano: secondario invernale (nitrato) e fondo secondario (solfato e organico). L'analisi del profilo del fattore fondo secondario mostra un arricchimento di una componente carboniosa indice del fatto che il solfato d'ammonio si potrebbe essere formato molto lontano dal recettore, arricchendosi quindi anche di altre specie chimiche durante un processo di invecchiamento. I fattori secondari, inoltre, non prendono in considerazione solo le specie ioniche citate in precedenza ma anche l'apporto della materia organica secondaria.

I risultati della modellizzazione PMF sulla stazione di Torino, condotta con le stesse impostazioni adottate per la modellizzazione sull'intero bacino padano e riportati in Figura 6.137, permettono di evidenziare alcune peculiarità dell'area.

Rispetto alla modellizzazione condotta sull'intero bacino, si osserva infatti per Torino un maggiore contributo del traffico (20% su base annuale) e della combustione di biomassa (quest'ultima in particolare nel periodo invernale, quando raggiunge il 22%), a fronte di una riduzione del cosiddetto fondo secondario e del mix antropogenico. Il contributo del nitrato

secondario a Torino, che supera il 30% nel periodo invernale, è confrontabile con quello calcolato sull'intero bacino.

I risultati ottenuti sul capoluogo regionale con il source apportionment analitico, seppur tenendo conto delle differenze nelle due tecniche nonché del diverso periodo di riferimento, confermano quanto evidenziato dal source apportionment modellistico in relazione alla combustione a biomassa, che rappresenta a Torino gran parte del contributo al riscaldamento (33% attribuito alla biomassa, su un totale del 35%).

Per quanto riguarda il traffico, il source apportionment analitico evidenza un 20% mentre quello modellistico il 51%.

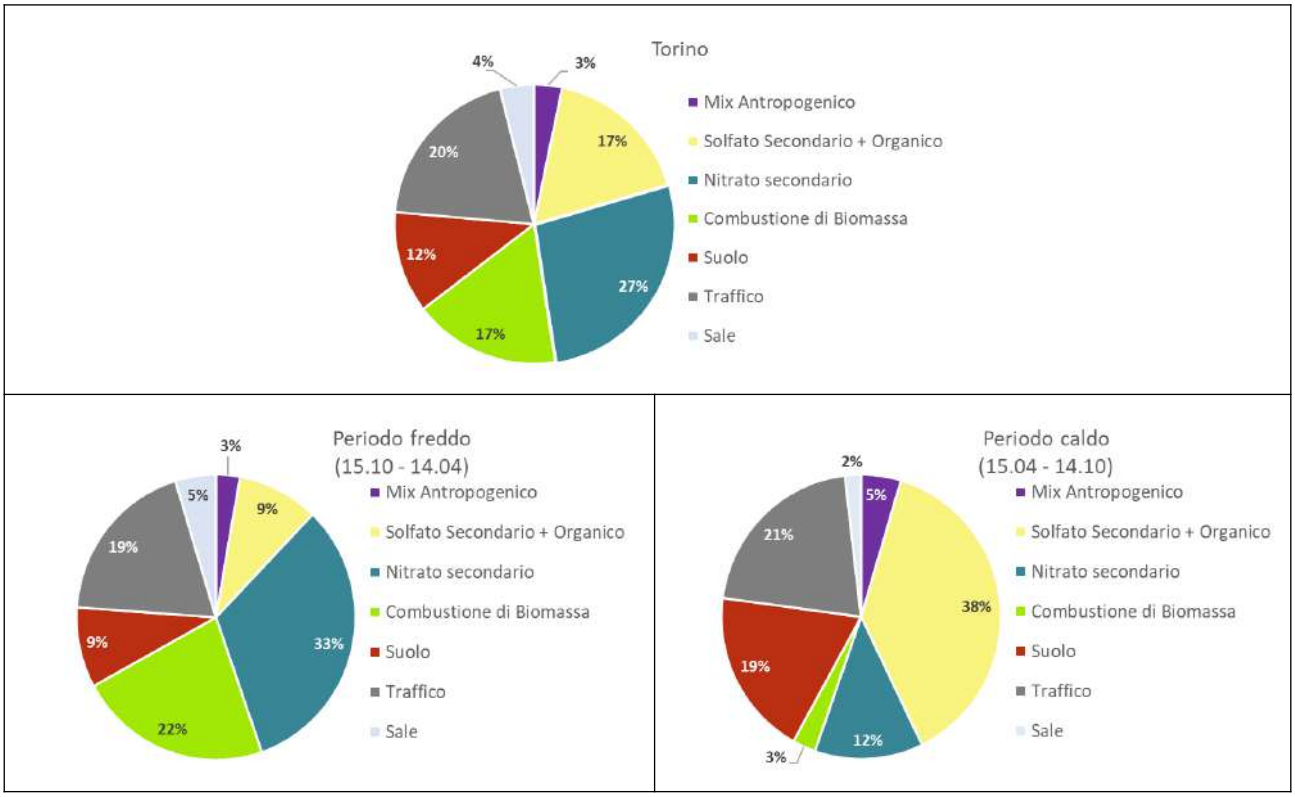


Figura 6.137 - Torino: contributo delle diverse sorgenti rispetto al PM10 sull'intero periodo dal 15.09.2018 al 31.03.2022 e suddiviso tra periodo caldo e periodo freddo

Va ricordato che le differenze nei contributi sopra evidenziate sono ascrivibili al fatto che, mentre le tecniche di source apportionment modellistico tengono conto – nell'attribuzione dei contributi da parte delle sorgenti emissive – sia del particolato primario (emesso direttamente in atmosfera) sia di quello secondario (formatosi in atmosfera attraverso le reazioni chimiche tra le sostanze presenti), al contrario le tecniche di source apportionment analitico considerano il particolato secondario inorganico (nitrato di ammonio e solfato di ammonio) alla stregua di un fattore o sorgente virtuale, non distinguendone i contributi da parte di sorgenti specifiche. Pertanto, al contributo stimato tramite il source apportionment analitico andrebbe aggiunta una quota – sicuramente significativa, ma non discriminabile quantitativamente con le informazioni disponibili, del contributo di secondario.

Pertanto, il source apportionment analitico si conferma una tecnica parallela in grado, almeno nel caso della componente primaria, di irrobustire le valutazioni sul contributo delle sorgenti ottenute dalle simulazioni di S.A. modellistico, che partono invece dalle stime degli Inventari delle Emissioni e dalle variabili meteorologiche misurate per ricostruire nel tempo e nello spazio tridimensionale le reazioni chimiche che avvengono in atmosfera.

7. GLI SCENARI TENDENZIALI

Con la metodologia dell'analisi di scenario descritta nel capitolo 5, sono stati realizzate due simulazioni di scenario tendenziali, la prima con orizzonte temporale 2025 e la seconda con orizzonte temporale 2030. I risultati degli scenari tendenziali, in termini di concentrazione, sono confrontati con lo scenario base di riferimento al 2023, ai fini di valutare il rispetto degli obiettivi ambientali per la protezione della salute stabiliti dal quadro normativo vigente.

Per la realizzazione degli scenari tendenziali si è proceduto quindi in tre differenti passi:

- modifiche quantitative delle emissioni rispetto allo scenario emissivo base 2023, ovvero proiezione dei dati emissivi descritti nel capitolo 6.3 agli anni 2025 e 2030 a partire dai trend evolutivi ottenuti dal modello GAINS-Italy;
- realizzazione delle simulazioni modellistiche relative a tali scenari emissivi, mantenendo invariati tutti gli altri dati di ingresso e le configurazioni dello scenario, così da ricostruire lo stato di qualità dell'aria associato a ciascuno scenario;
- elaborazione dei risultati e produzione di mappe a scala regionale raffiguranti sia i valori di concentrazione degli inquinanti nei diversi scenari, sia le variazioni rispetto al caso di riferimento;
- valutazione dell'eventuale rispetto dei limiti normativi nei due scenari tendenziali.

7.1. GLI SCENARI EMISSIVI TENDENZIALI

7.1.1 GLI SCENARI EMISSIVI TENDENZIALI AL 2025 E AL 2030

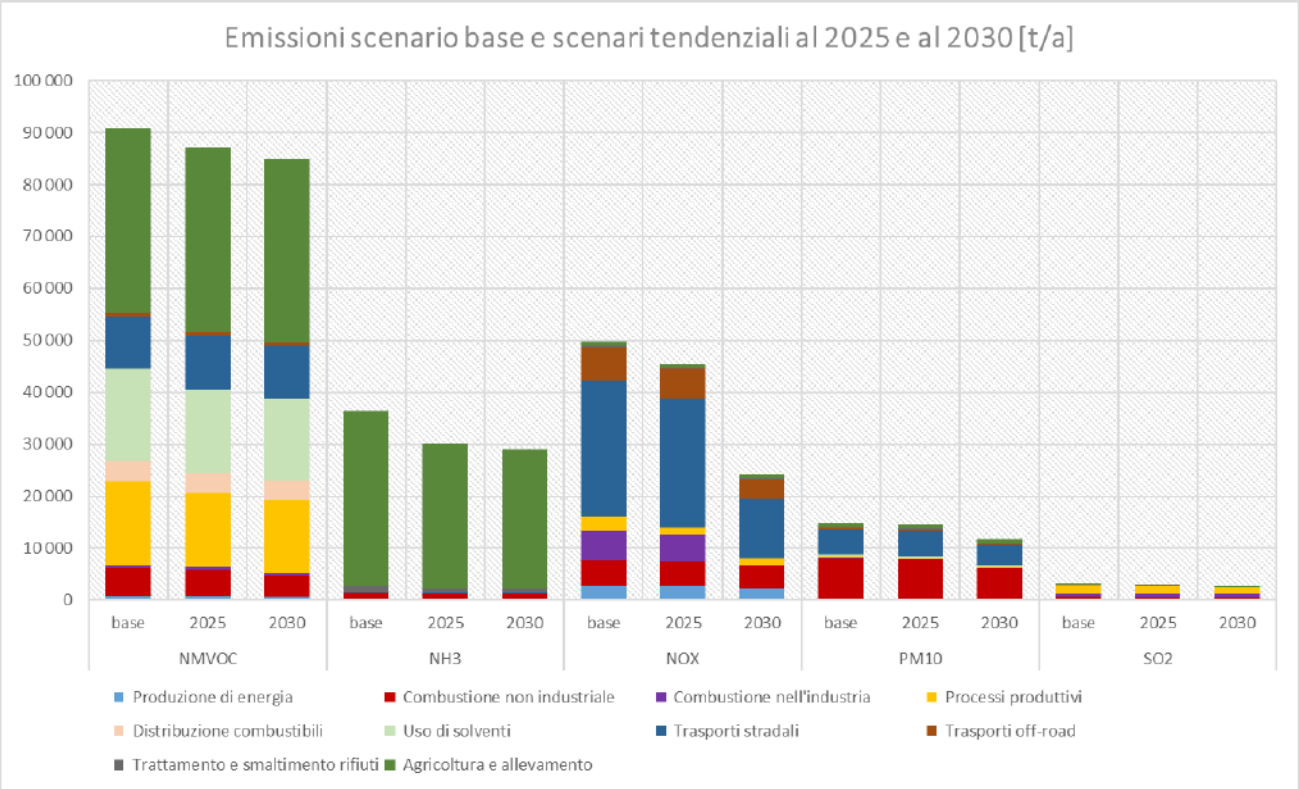
Gli scenari emissivi tendenziali al 2025 e al 2030 relativi alle regioni italiani presenti nel dominio di calcolo sono stati riscostruiti proiettando le emissioni delle varie regioni sulla base dei trend evolutivi, distinti per ciascun comparto emissivo e ciascun inquinante, ottenuti dal modello GAINS-Italy: pertanto è stato applicato lo scenario GAINS nazionale più aggiornato, ovvero il "Baseline_WM_PNIEC_Sep2021"[1], scenario *with measure* che include le politiche e misure vigenti fino al 2015.

Per quanto riguarda le emissioni piemontesi, il trend nazionale di GAINS è stato regionalizzato, con focus sui macrosettori "Combustione non industriale" e "Trasporto su strada": i trend di GAINS sono stati infatti ritenuti troppo ottimistici rispetto all'evoluzione reale del parco impianti e del parco veicoli circolante piemontesi.

Relativamente alle regioni extra-Italia si è fatto riferimento al modello GAINS-Europe, adottando quindi lo scenario Baseline del gruppo *Clean Air Outlook 2* e applicandone le tendenze a livello di comparto emissivo differenziato per ciascun inquinante.

In Figura 7.1 vengono riportati i quadri emissivi risultanti relativi agli scenari futuri al 2025 e al 2030 messi a confronto con lo scenario emissivo riferito all'anno base (anno 2023).

[1] IIR 2023: https://www.ceip.at/status-of-reporting-and-review-results/2023-submission/#I
https://www.mdpi.com/2073-4433/12/2/196



	NMVOC [t/a]			NH3 [t/a]			NOX [t/a]		
Macrosettori	**base**	**2025**	**2030**	**base**	**2025**	**2030**	**base**	**2025**	**2030**
Produzione di energia	754	731	713	15	13	12	2746	2562	2223
Combustione non industriale	5375	5134	4069	1271	1241	1182	4960	4798	4514
Combustione nell'industria	558	458	469	13	12	12	5798	5351	5220
Processi produttivi	16209	14297	14017	2	1	1	2505	1261	1218
Distribuzione combustibili	3879	3821	3774	0	0	0	0	0	0
Uso di solventi	17737	16088	15828	0	0	0	45	45	45
Trasporti stradali	10032	10420	10070	319	335	318	26170	24782	11439
Trasporti off-road	708	679	659	1	1	1	6484	5702	3718
Trattamento e smaltimento rifiuti	39	37	37	1021	809	773	383	234	234
Agricoltura e allevamento	35457	35457	35457	33747	27646	26786	722	722	722
somma	***90748***	***87122***	***85092***	***36389***	***30059***	***29087***	***49812***	***45457***	***29333***

	PM10 [t/a]			SO2 [t/a]		
Macrosettori	**base**	**2025**	**2030**	**base**	**2025**	**2030**
Produzione di energia	48	59	50	98	95	91
Combustione non industriale	8058	7780	6147	443	432	406
Combustione nell'industria	133	86	86	685	672	652
Processi produttivi	172	110	114	1631	1494	1321
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0
Uso di solventi	391	354	354	2	2	2
Trasporti stradali	4880	5072	3874	48	49	46
Trasporti off-road	339	239	246	34	30	32
Trattamento e smaltimento rifiuti	3	2	2	41	40	33
Agricoltura e allevamento	873	873	873	100	100	100
somma	***14895***	***14575***	***11745***	***3082***	***2913***	***2683***

Figura 7.1: Contributo dei diversi comparti alle emissioni dei principali inquinanti per lo scenario base e i due scenari tendenziali al 2025 e al 2030.

7.2. GLI SCENARI DI QUALITÀ DELL'ARIA TENDENZIALI

Il Sistema Modellistico Regionale è stato applicato agli scenari emissivi tendenziali 2025 e 2030, mantenendo invariate le configurazioni e gli altri dati di ingresso con i quali è stato applicato al caso base, per ottenere gli scenari di qualità dell'aria tendenziali.

I risultati delle simulazioni – matrici di concentrazioni orarie relative ad ogni cella del dominio di simulazione - sono stati elaborati e confrontati con quelli dello scenario base in modo da produrre, in riferimento agli inquinanti a maggiore criticità:

- mappe a scala regionale rappresentanti le variazioni in termini percentuali delle concentrazioni medie degli inquinanti rispetto allo scenario base;
- mappe a scala regionale rappresentanti la situazione della qualità dell'aria al 2025 ed al 2030 rispetto ai valori limite previsti dal d.lgs 155/2010.

Il bias (ovvero la sottostima o sovrastima sistematica) delle simulazioni modellistiche è stato corretto anche nei campi di concentrazione degli scenari tendenziali al 2025 ed al 2030 utilizzando i risultati della data fusion del caso base, secondo la metodologia descritta nel capitolo 5. I risultati così ottenuti devo essere valutati alla luce della risoluzione del sistema modellistico, che non è in grado di risolvere fenomeni che avvengono su scale molto più piccole di quelle adottate nella simulazione. Nel caso del Sistema Modellistico Regionale, la risoluzione adottata permette di cogliere bene i fenomeni che avvengono dalla scala extra-regionale fino a quella urbana, ma non è in grado, se non in particolari casi, di riprodurre fenomeni su scale inferiori, quali, ad esempio, canyon stradali o piccole valli particolarmente complesse dal punto di vista orografico.

7.2.1 LO SCENARIO DI QUALITÀ DELL'ARIA TENDENZIALE 2025

In Figura 7.2 sono riportate le mappe che descrivono le variazioni percentuali delle concentrazioni medie annuali di particolato (PM10 e PM2.5) e biossido di azoto calcolate tra lo scenario tendenziale 2025 e lo scenario base 2023. Per il particolato le riduzioni percentuali sulla media annuale sono contenute: per il PM10 si attestano su valori mediani attorno al 4%, per il PM2.5 su valori leggermente superiori, in particolare sulla zona IT0119 e IT0120. Per il biossido di azoto abbiamo riduzioni contenute, al massimo dell'ordine del 5%, sulla zona IT0118, mentre le riduzioni percentuali maggiori si hanno sulla IT0119 e IT0120 con valori mediani dell'ordine dell'8%.

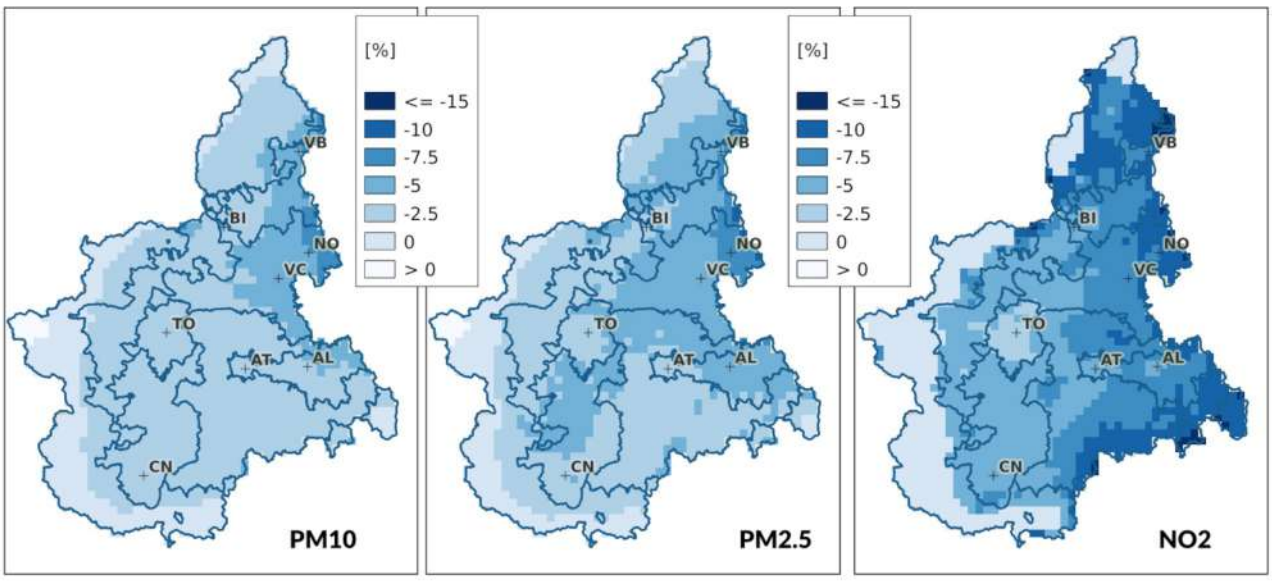


Figura 7.2: Variazione percentuale delle concentrazioni medie annue di particolato (PM10 a sinistra, PM2.5 al centro) e biossido di azoto (a destra) tra lo scenario tendenziale 2025 e lo scenario base.

Nelle Figura 7.3 e Figura 7.4 sono riportate le mappa prodotte nello scenario tendenziale 2025 rispettivamente per il PM10 (media annua e numero di giorni di superamento del valore limite giornaliero), PM2.5 e biossido di azoto (media annua). I livelli di concentrazione al 2025 nello scenario tendenziale, in coerenza con le riduzioni emissive dei precursori descritte nella Figura 7.1, non mostrano sostanziali differenze con lo scenario base 2023: si osserva un generale lieve decremento delle concentrazioni, ma su livelli tali da non risolvere le situazioni di criticità esistenti al 2023. In particolare, sull'area metropolitana di Torino, permane il non rispetto del valore limite per la media giornaliera del particolato PM10 ed i valori di media annuale del biossido di azoto sono confrontabili con quelli dello scenario base, nel quale si osserva il superamento del limite per la stazione di traffico di Torino - Rebaudengo. La Figura 7.5 mostra invece la distribuzione spaziale del numero di giorni di superamento del valore obiettivo a lungo termine per l'ozono: in questo caso si può osservare un comportamento differente tra la zona IT0118, dove gli effetti delle misure di riduzione portano ad un aumento del numero di giorni di superamento ed il resto della regione, dove invece si assiste ad una tendenza alla riduzione dei livelli di ozono.

Le considerazioni appena esposte sono confermate dall'elaborazione di Figura 7.6, nella quale vengono mostrate, per ogni indicatore e per ogni zona, le distribuzioni dei valori simulati su ogni punto griglia del dominio di simulazione afferenti alle varie zone di qualità dell'aria.

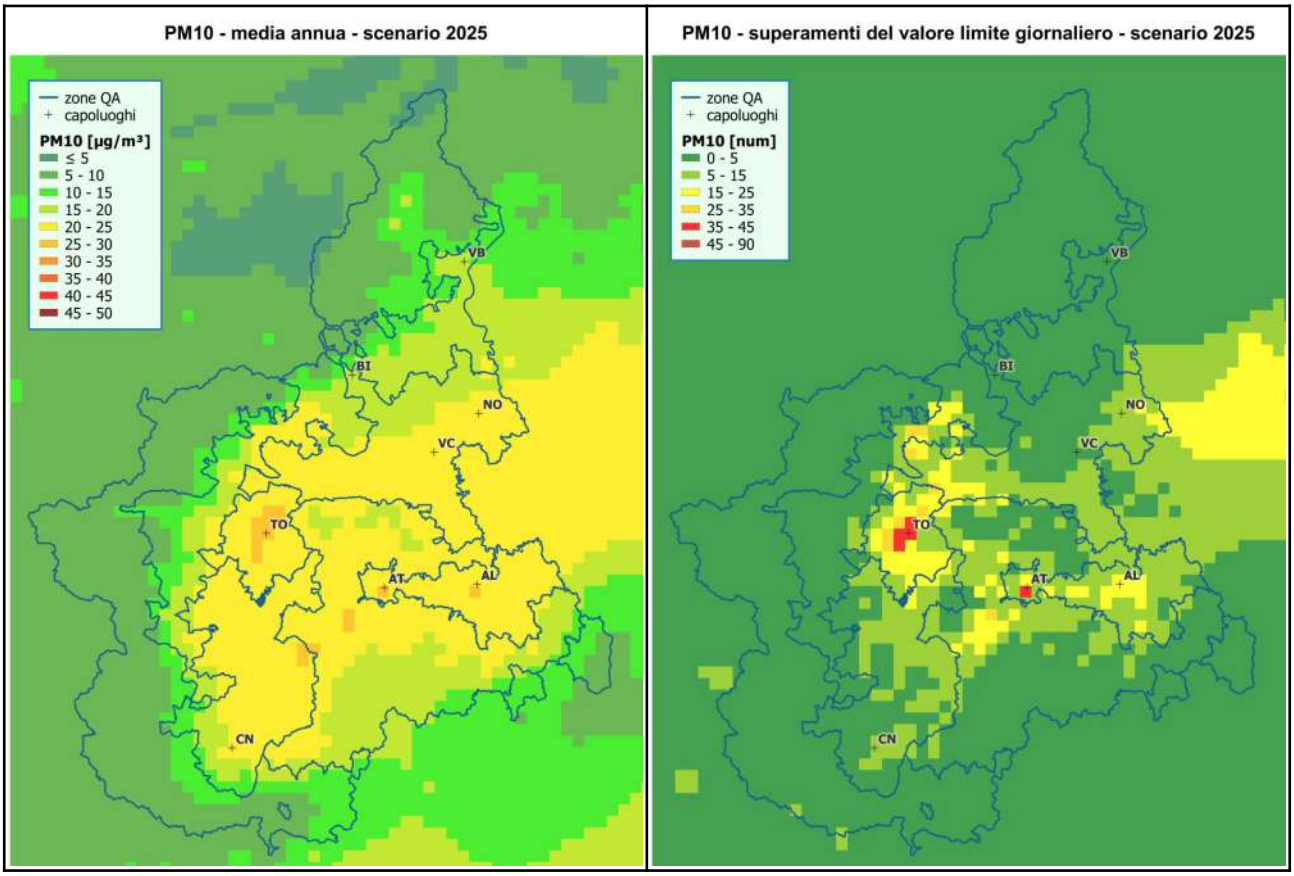


Figura 7.3: mappe di concentrazione nello scenario tendenziale 2025 per il PM10: media annuale a sinistra e numero di superamenti del valore limite per la media giornaliera a destra.

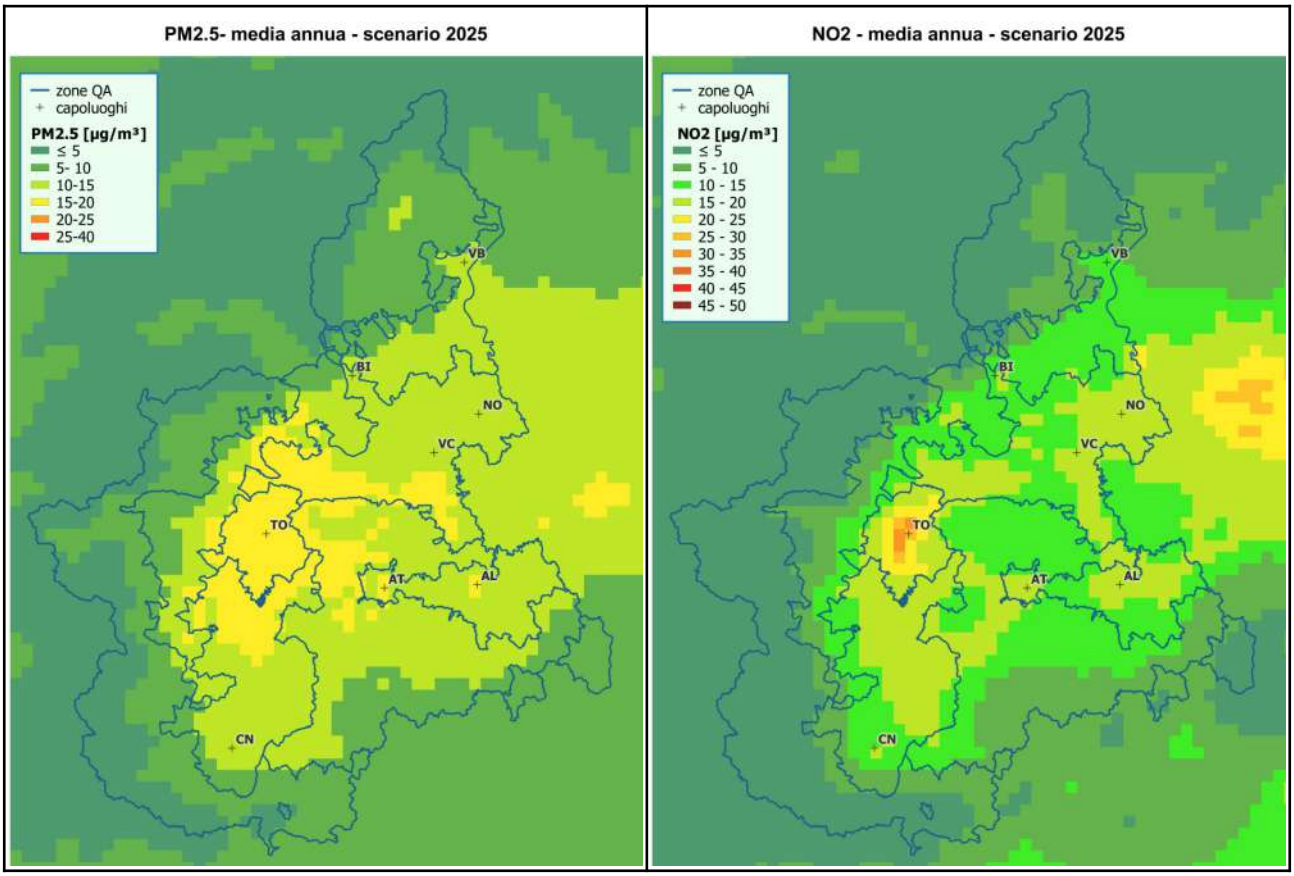


Figura 7.4: mappe di concentrazione nello scenario tendenziale 2025 per la media annuale del PM2.5 (a sinistra) e media annuale di, NO_2 (a destra).

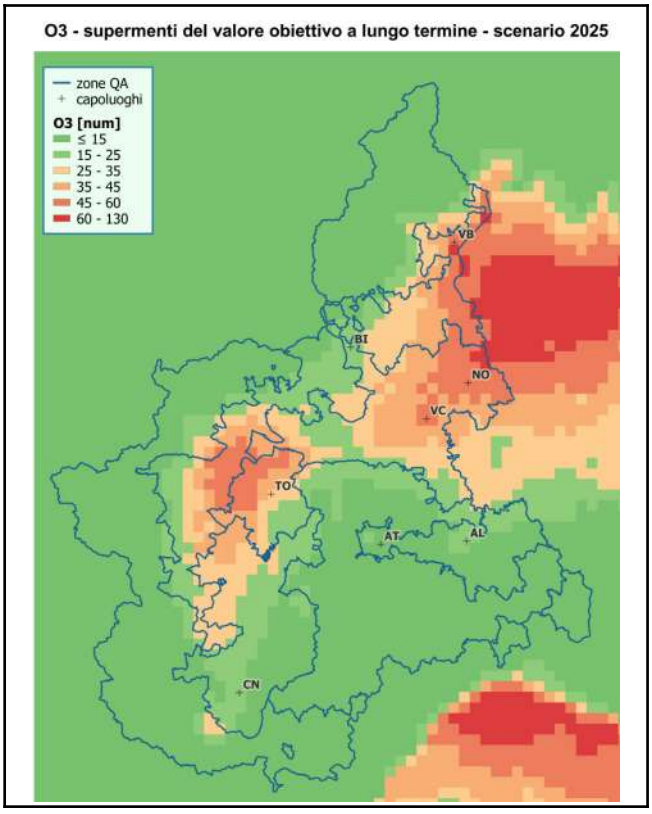


Figura 7.5: distribuzione spaziale del numero di giorni di superamento del valore obiettivo per l'ozono nello scenario tendenziale 2025.

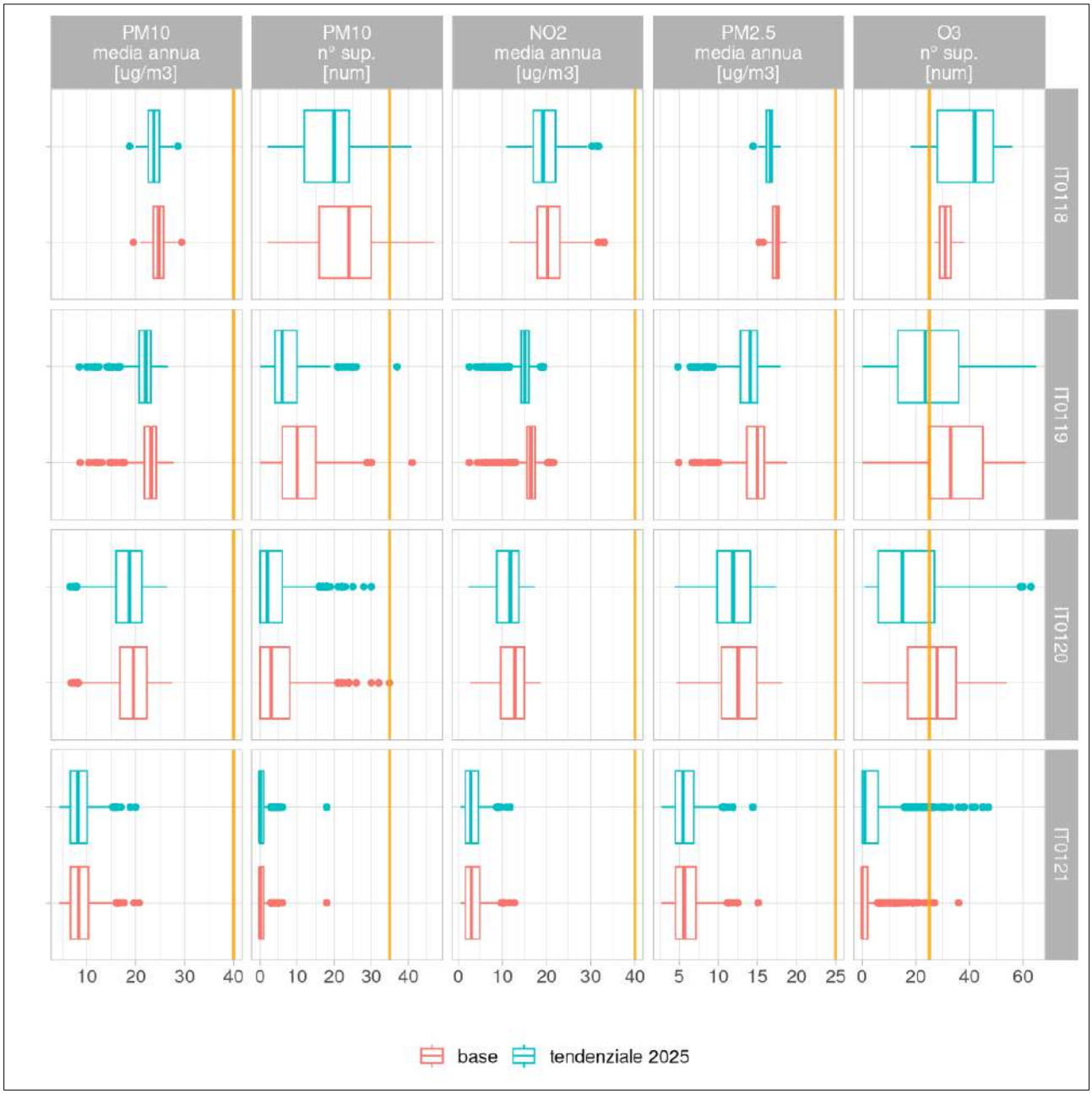


Figura 7.6: distribuzione dei valori assunti dagli indicatori (da sinistra a destra) sui punti griglia afferenti alle differenti zone di qualità dell'aria (dall'alto in basso, dalla IT0118 alla IT0121). In rosa valori associati allo scenario base, in azzurro allo scenario tendenziale 2025, in arancione la linea esprimente il valore limite per ciascun indicatore.

7.2.2 Lo scenario di qualità dell'aria tendenziale 2030

In Figura 7.7 sono riportate le mappe che descrivono le variazioni percentuali delle concentrazioni medie annuali di particolato (PM10 e PM2.5) e biossido di azoto calcolate tra lo scenario tendenziale 2030 e lo scenario base 2023.

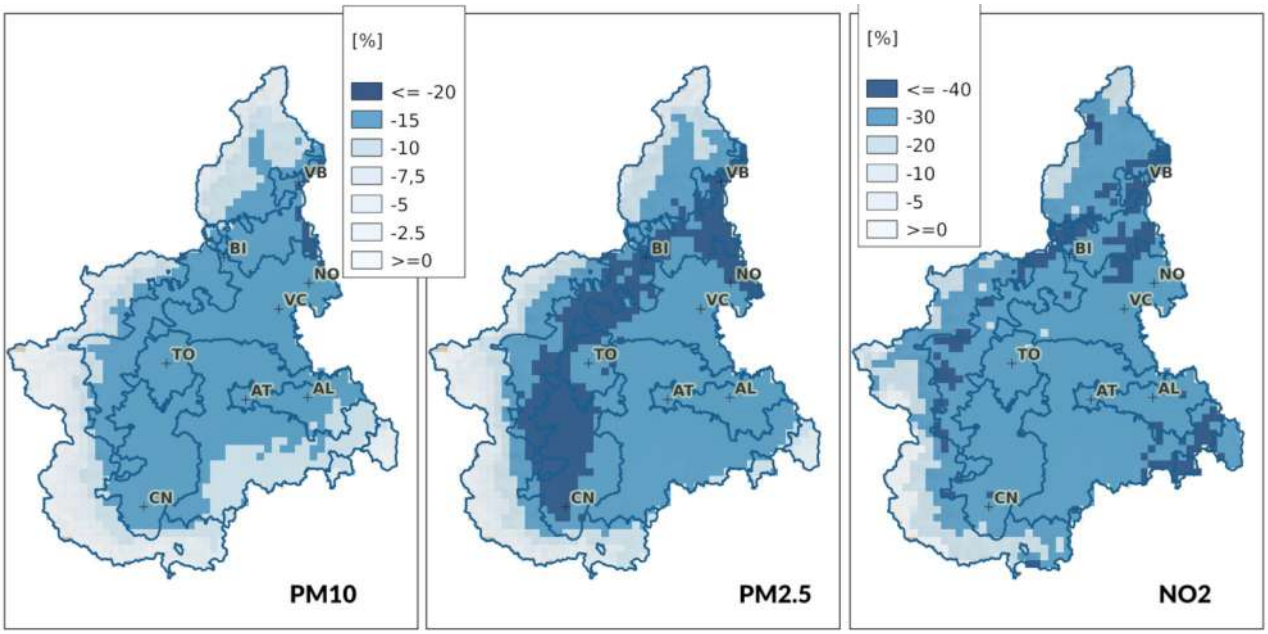


Figura 7.7: variazione percentuale delle concentrazioni medie annue di particolato (PM10 a sinistra, PM2.5 al centro) e biossido di azoto (a destra) tra lo scenario tendenziale 2030 e lo scenario base. La scala di colori per la mappa del biossido di azoto è differente da quella utilizzata per il particolato.

Le riduzioni percentuali sulla media annua sono importanti per tutti e tre gli inquinanti: per il PM10 si attestano su valori mediani dell'ordine del 18%, per il PM2.5 su valori leggermente superiori, intorno al 20%, in particolare lungo la fascia pedemontana, per il biossido di azoto abbiamo riduzione ancora maggiori, di poco inferiori al 40% come valori medi sulla regione.

Nelle Figura 7.8 e Figura 7.9 sono riportate le mappa prodotte nello scenario tendenziale 2030 rispettivamente per il PM10 (media annua e numero di giorni di superamento del valore limite giornaliero), PM2.5 e biossido di azoto (media annua).

I livelli di concentrazione al 2030 nello scenario tendenziale, in coerenza con le riduzioni emissive dei precursori descritte nella Figura 7.1, mostrano un generale ed importante riduzione, tale da risolvere tutte le situazioni di criticità esistenti al 2023. Nello scenario tendenziale al 2030 (si veda anche la Figura 7.10) sono rispettati su tutto il territorio regionale i valori limiti stabiliti dal D.lgs 155/2010 per il particolato PM10, PM2.5 e per il biossido di azoto. Per quanto riguarda i superamenti del valore obiettivo a lungo termine per l'ozono, nonostante una decisa e diffusa diminuzione dei giorni di non rispetto, permangono tuttavia ancora situazioni di diffusa criticità, in particolare sull'agglomerato metropolitano torinese.

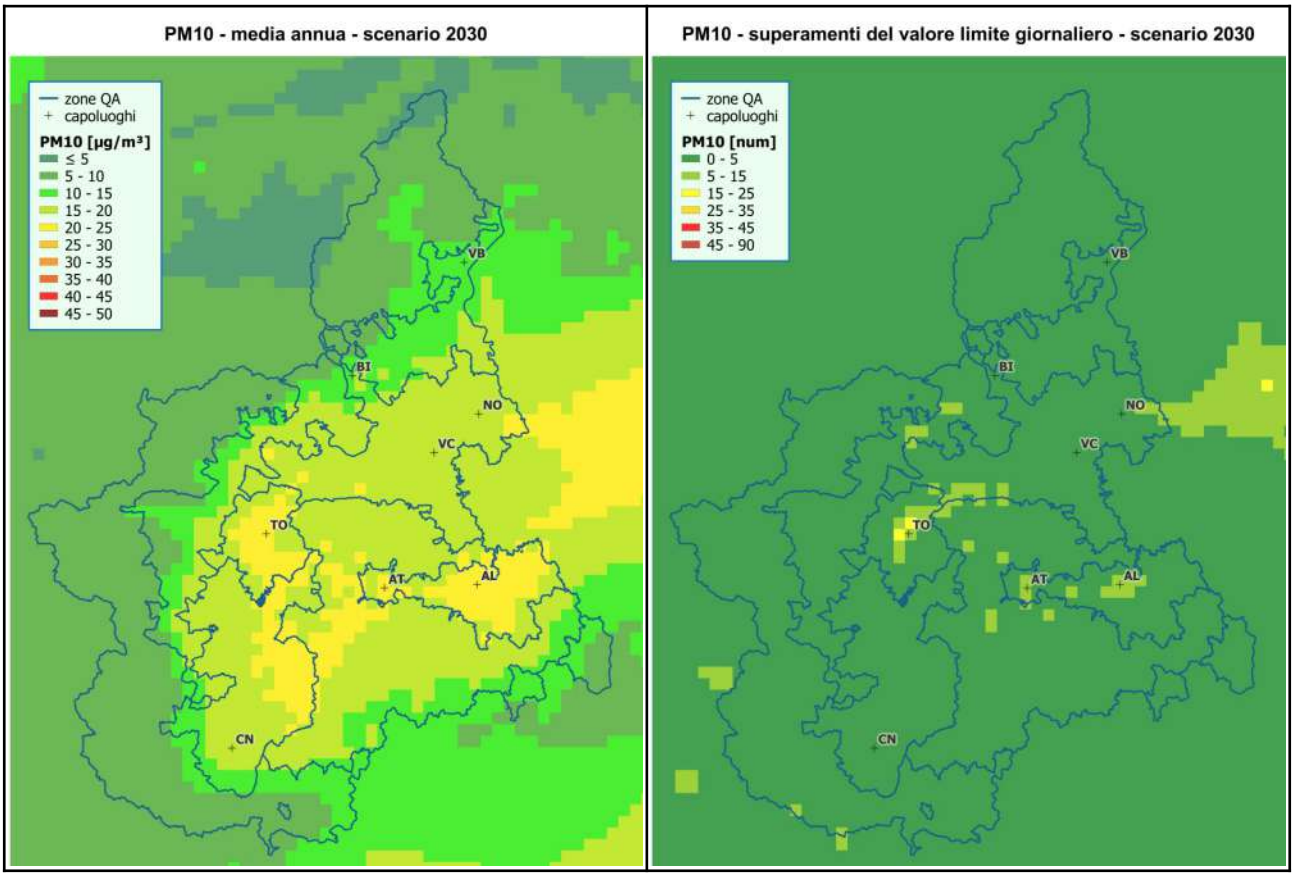


Figura 7.8: mappe di concentrazione nello scenario tendenziale 2030 per il PM10: media annuale a sinistra e numero di superamenti del valore limite per la media giornaliera a destra

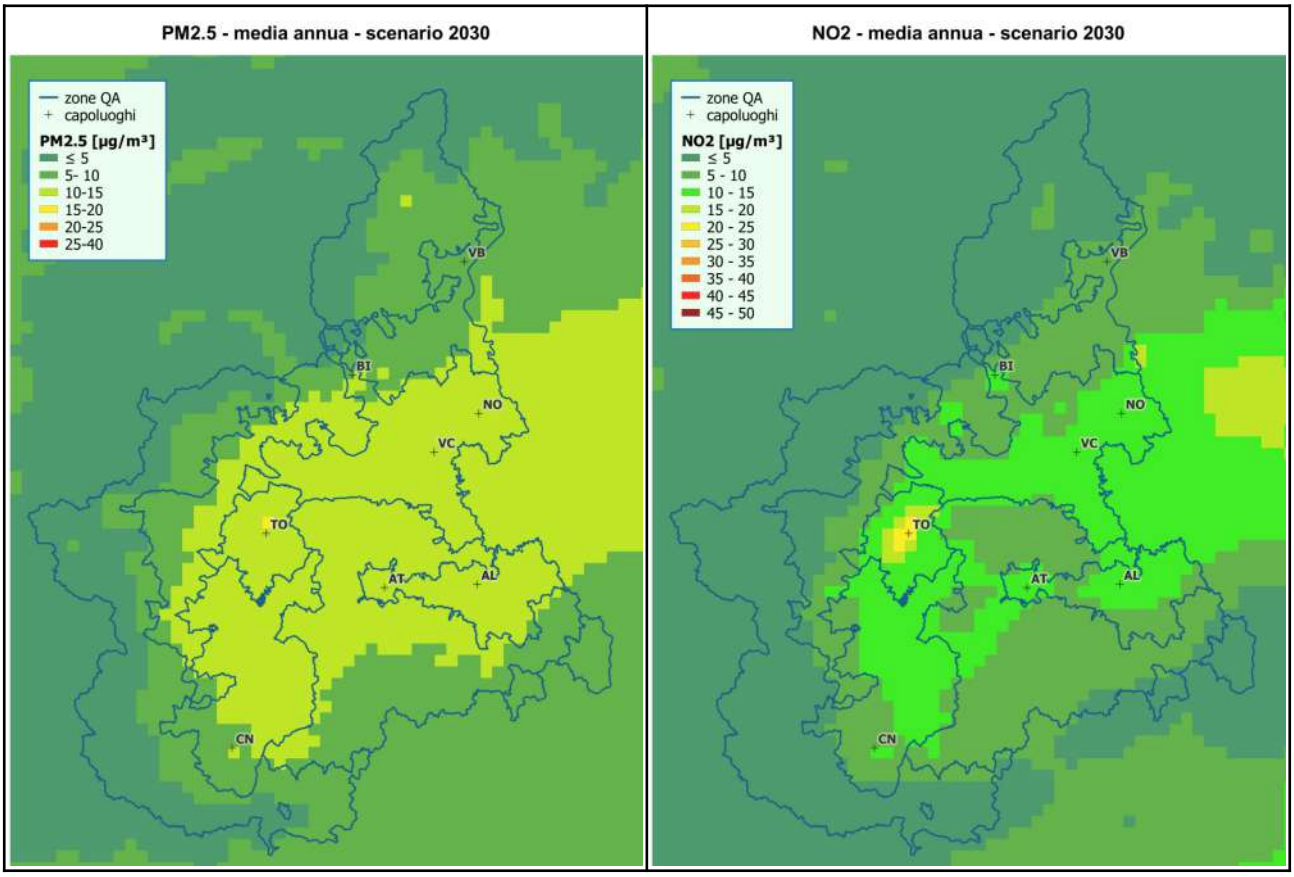


Figura 7.9: mappe di concentrazione nello scenario tendenziale 2030 per la media annuale del PM2.5 (a sinistra) e media annuale di, NO_2 (a destra)

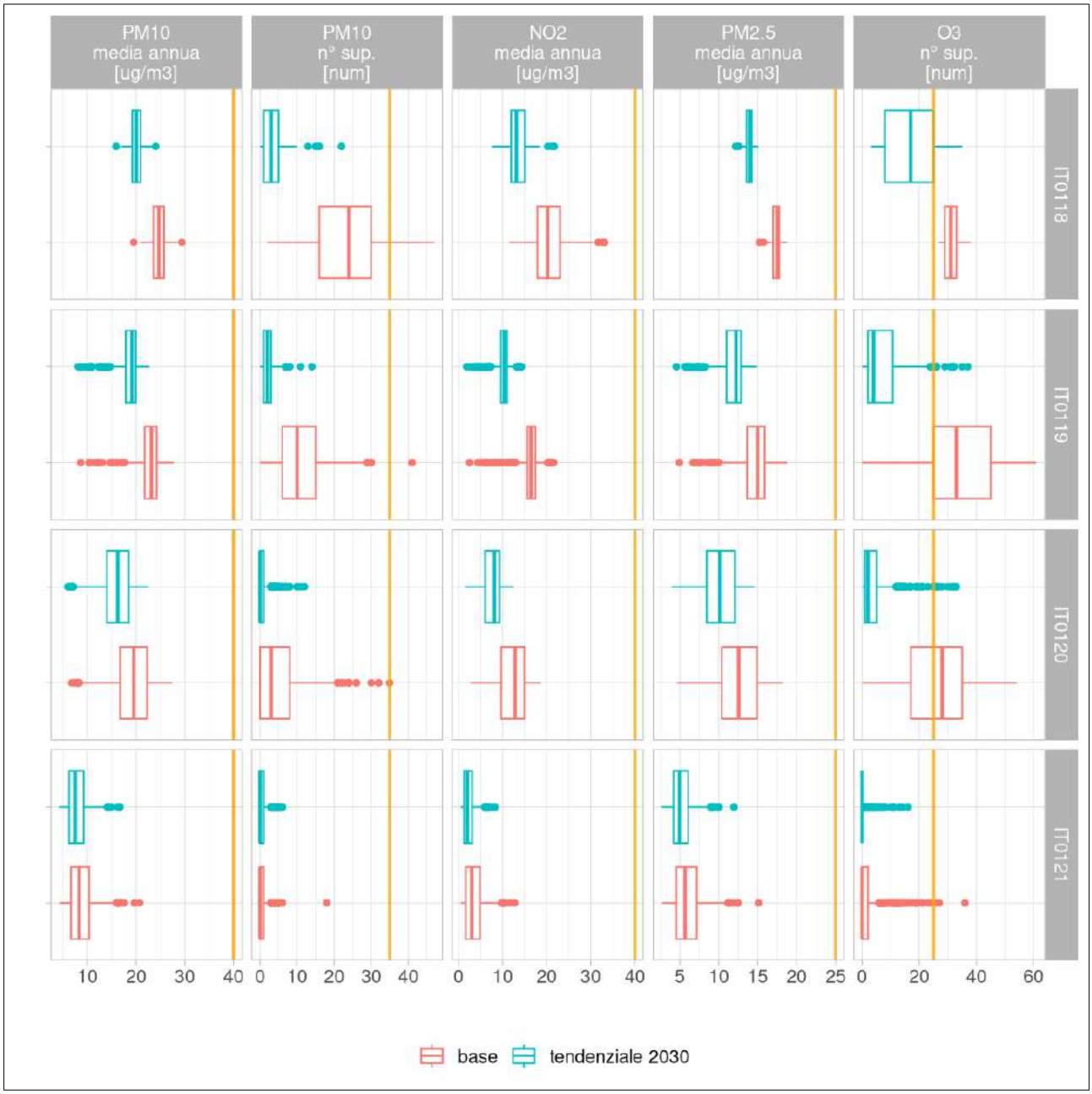


Figura 7.10: distribuzione dei valori assunti dagli indicatori (da sinistra a destra) sui punti griglia afferenti alle differenti zone di qualità dell'aria (dall'alto in basso, dalla IT0118 alla IT0121). In rosa valori associati allo scenario base, in azzurro allo scenario tendenziale 2030, in arancione la linea esprimente il valore limite per ciascun indicatore

8. L'AGGIORNAMENTO DEL PIANO REGIONALE DI QUALITA' DELL'ARIA

L'aggiornamento del Piano non tiene conto solo del rinnovato contesto strategico e regolamentare, come descritto nella premessa, ma anche delle iniziative programmatiche, regolamentari ed economiche, messe in campo dalla Regione Piemonte nel periodo 2018 - 2023 per la riduzione delle emissioni di inquinanti, che hanno modificato gli scenari di riferimento.

8.1. LA METODOLOGIA E I SOGGETTI COINVOLTI

La metodologia utilizzata per l'aggiornamento del Piano nel suo complesso e dettaglio è descritta nel paragrafo 4.4.

Il PRQA adotta il modello organizzativo della governance nella sua declinazione orizzontale o multilivello secondo il livello di pianificazione coinvolto. A livello orizzontale la governance prevede il coordinamento fra le Direzioni regionali con l'obiettivo di sviluppare in modo coordinato i progetti o le iniziative di competenza, rafforzare e migliorare l'azione amministrativa, utilizzare congiuntamente personale e conoscenza. La governance multilivello mira invece ad operare in modo integrato ad ogni livello di governo.

L'attività di aggiornamento del Piano ha coinvolto sin da subito le seguenti strutture:

- Direzione A1600A "Ambiente, energia e territorio", con particolare riferimento al Settore A1602 competente per la predisposizione e approvazione del PRQA, e agli altri settori coinvolti (Energia, Foreste);
- Direzione A1800A " Opere pubbliche, Difesa del suolo, protezione civile, Trasporti e logistica";
- Direzione A1700A "Agricoltura e cibo";
- Direzione A1400B "Sanità";
- ARPA Piemonte per la definizione della zonizzazione, il source apportionment e gli scenari emissivi
- Struttura Speciale istituita con deliberazione della Giunta regionale n. 23-7444 del 13 settembre 2023, composta anche da professionalità esterne, a specifico supporto delle attività finalizzate all'aggiornamento del PRQA.

Le attività svolte dalle citate Direzioni regionali in collaborazione con ARPA Piemonte hanno consentito di:

- definire l'indice del Piano ed il cronoprogramma dei lavori;
- aggiornare, in esito ai mutamenti del contesto di riferimento, i capitoli introduttivi della presente Relazione Generale;
- definire gli indirizzi strategici del piano e le azioni da intraprendere per ridurre le emissioni inquinanti (sintetizzate nelle schede azione) su cui attivare il confronto politico e con gli stakeholder;

- definire le Norme tecniche di attuazione (NdA) per l'implementazione del Piano.

L'insieme delle misure e delle azioni elencate nel capitolo 9 della presente Relazione Generale, consentono di intervenire in maniera mirata su quelle che sono le fonti di inquinamento che determinano il superamento dei limiti e di contribuire agli obiettivi del "Green Deal", del piano d'azione "Azzerare l'inquinamento atmosferico, idrico, del suolo" e della Strategia regionale per lo Sviluppo Sostenibile.

Le misure e le azioni sono inoltre caratterizzate dal possedere un'immediata applicabilità, sia sotto il profilo tecnico che in termini di ricettività da parte del contesto socio-economico in cui devono essere calate e mirano al raggiungimento dei risultati attesi nel minor tempo possibile.

8.2 L'ATTUAZIONE DEL PIANO

L'articolo 6 della legge regionale 43/2000 stabilisce che il Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria (ora *Piano di qualità dell'aria* ai sensi dell'art. 9 del d.lgs155/2010) può articolarsi in "*piani stralcio o parti di piano*"[1].

I **Piani Stralcio** sono i provvedimenti approvati dal Consiglio regionale che stabiliscono, per gli specifici ambiti trattati (agricoltura, energia, attività produttive,riqualificazione urbana, trasporti, comunicazione) le prescrizioni e le indicazioni, prevalentemente di carattere tecnico, nonché gli obblighi, i divieti e gli eventuali finanziamenti, necessari a mettere in pratica gli scenari di riduzione delle emissioni previsti nel PRQA, attraverso l'implementazione delle misure nello stesso individuate.

Un Piano Stralcio:

- è un documento di carattere regolamentare e prescrittivo, contraddistinto da specificità e complessità tecnica;
- non sostituisce né aggiunge ulteriori misure rispetto a quelle individuate nel PRQA, ma le implementa e le disciplina nel dettaglio;
- viene elaborato con le strutture regionali competenti nella specifica materia trattata (agricoltura, energia,attività produttive, trasporti, comunicazione);
- prevede il coinvolgimento, in fase di elaborazione, degli enti locali interessati.

Le strutture regionali competenti all'elaborazione dei Piani Stralcio si avvalgono del supporto di un **Tavolo Tecnico**, con composizione a geometria variabile, che garantisce l'integrazione di tutte le politiche regionali per la definizione dei contenuti regolamentari e prescrittivi di settore.

Il Tavolo Tecnico riferisce al tavolo di *Coordinamento regionale per la qualità dell'aria,* istituito presso l'Assessorato con deleghe all'Ambiente, ed è coordinato dal Responsabile

1 L'articolo 6 della legge regionale 43/2000 recita testualmente "*Il Piano regionale per il risanamento e la tutela della qualità dell'aria è approvato in attuazione della normativa comunitaria e nazionale e può articolarsi in piani stralcio o parti di piano nei quali sono individuati gli obiettivi di riduzione e di controllo delle emissioni in atmosfera che devono essere perseguiti per particolari problematiche, per particolari inquinanti, per specifiche aree territoriali caratterizzate da omogeneità dal punto di vista delle caratteristiche emissive, di densità di popolazione, di intensità del traffico, orografiche, meteoclimatiche e della distribuzione spaziale dei livelli di inquinamento raggiunti ed in relazione al valore paesaggistico-ambientale. Ogni stralcio di piano individua gli obiettivi che devono essere perseguiti e stabilisce i tempi entro i quali devono essere raggiunti gli obiettivi medesimi; lo stralcio viene predisposto dalla Giunta regionale d'intesa con le province e approvato con deliberazione del Consiglio regionale*"

del Settore competente per la specifica materia trattata in raccordo con il Settore competente in materia di qualità dell'aria.

Il Tavolo Tecnico ha il compito di fornire gli apporti, gli strumenti e le specifiche conoscenze correlati alle competenze istituzionali delle diverse strutture regionali, utili alla redazione dei Piani Stralcio e sarà indicativamente composto, oltre che dalla Direzione Ambiente, Energia e Territorio anche da rappresentanti del Gabinetto della Presidenza della Giunta regionale e delle Direzioni regionali Sanità; Welfare; Opere pubbliche, Difesa del Suolo, Protezione civile, Trasporti e Logistica; Agricoltura e Cibo; Competitività del Sistema regionale; Coordinamento politiche e fondi europei - turismo e sport e da rappresentanti del gruppo di lavoro per la Strategia regionale sul Cambiamento climatico, al fine di garantire i dovuti approfondimenti e valutazioni per declinare i contenuti dei Piani Stralcio anche nell'ottica del contrasto al cambiamento climatico.

Il Tavolo Tecnico, sulla base delle specifiche tematiche trattate, può altresì consultare e/o coinvolgere altri stakeholder, pubblici o privati.

Il monitoraggio delle misure implementate avviene attraverso gli strumenti già previsti dalla normativa vigente - nella forma delle trasmissioni annuali delle informazioni al livello comunitario[2] - integrato con quanto previsto al capitolo 12 del Piano.

8.3 LE NORME DI ATTUAZIONE – NdA

Il Piano, in attuazione degli articoli 9, 10 e 13 del d.lgs. 155/2010 e dell'articolo 2 della l.r. 43/2000 detta indirizzi, direttive e prescrizioni per la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento atmosferico. In particolare:

- per **indirizzi (I)** si intendono le disposizioni di orientamento rivolte a piani e programmi che fissano finalità generali e obiettivi prestazionali riconoscendo ai soggetti pubblici e privati chiamati ad osservarli ambiti di autonomia nell'individuazione delle modalità di realizzazione dei risultati indicati; viene riconosciuta la potestà di esercitare una motivata discrezionalità nelle modalità di recepimento, purché in coerenza con le finalità e gli obiettivi individuati dal PRQA;
- per **direttive (D)** si intendono le previsioni che devono essere obbligatoriamente osservate nella elaborazione dei piani da parte di enti locali o territoriali; eventuali scostamenti devono essere argomentati e motivati tecnicamente. Le direttive devono trovare piena e immediata osservanza ed attuazione da parte di tutti i soggetti pubblici e privati, secondo quanto previsto dal piano, e prevalgono automaticamente, senza la necessità di recepimento, sulle disposizioni incompatibili contenute negli strumenti di pianificazione e negli atti amministrativi attuativi assunti in data antecedente;
- per **prescrizioni (P)** si intendono le disposizioni cogenti e immediatamente prevalenti in quanto auto applicative del Piano. Le prescrizioni sono vincolanti e presuppongono immediata applicazione e osservanza da parte di tutti i soggetti pubblici e privati e prevalgono sulle disposizioni eventualmente incompatibili

2 Informazioni trasmesse ai sensi della decisione 2011/850/EU (ex. Decisione 2004/224/EC), e contenute nei Dataset report H, I, J & K reperibili alla url http://cdr.eionet.europa.eu/

contenute nei vigenti strumenti di pianificazione settoriale e territoriale e nei relativi strumenti di attuazione.

Le NdA (rif. Allegato B) contengono le disposizioni cogenti ed immediatamente prevalenti (prescrizioni) stabilite dal PRQA.

8.4 GLI OBIETTIVI DI SOSTENIBILITÀ, GLI OBIETTIVI SPECIFICI E GLI OBIETTIVI TRASVERSALI DEL PIANO

8.4.1 OBIETTIVI DI SOSTENIBILITÀ

Gli obiettivi di sostenibilità discendono dagli obiettivi generali di protezione ambientale stabiliti con norme o altri documenti di riferimento, a livello internazionale, comunitario e nazionale

OBIETTIVI DI SOSTENIBILITÀ	
STRATEGIA TEMATICA UE INQUINAMENTO ATMOSFERICO	Limitare esposizione umana a vari inquinanti atmosferici.
	Integrazione delle politiche di riduzione dell'inquinamento atmosferico con le politiche agricole, energetiche e dei trasporti.
	Ridurre emissioni di gas inquinanti
	Ridurre eccessi di deposizioni acida su aree forestali e superfici d'acqua dolce
	Ridurre zone ed ecosistemi esposti a fenomeni eutrofici
	Limitare immissioni in aria per IPA (BaP) e Metalli (As, Cd, Hg, Ni)
CAMBIAMENTI CLIMATICI	Ridurre le emissioni di gas serra in particolare nei settori industriale, edilizia, trasporti e agricoltura.
	Incrementare la capacità dei suoli agricoli di preservare e catturare il carbonio, e potenziare le risorse forestali e il verde urbano
ENERGIA	Promuovere la riduzione dei consumi energetici, la riduzione delle emissioni di gas climalteranti e l'incremento di produzione di energia da fonti rinnovabili
MOBILITA' E TRASPORTI	Tendere alla libera circolazione delle merci e delle persone, superando l'esistente frammentazione delle infrastrutture tra i diversi modi di trasporto, e promuovere la mobilità ed il trasporto sostenibili.
AGRICOLTURA	Promuovere la crescita del settore agricolo e dell'economia rurale nel rispetto dell'ambiente
CONSUMO DI RISORSE E PRODUZIONE DI RIFIUTI	Riduzione della produzione e della pericolosità dei rifiuti, minimizzare l'impatto sull'ambiente derivante dalla gestione dei rifiuti attraverso il rispetto della gerarchia comunitaria (privilegiare il recupero di materia al recupero di energia e minimizzare lo smaltimento in discarica)

Tabella 8.1. Obiettivi di sostenibilità



Il Piano, che è finalizzato a raggiungere livelli di qualità dell'aria che non comportino rischi o impatti negativi significativi per la salute umana e per l'ambiente, è coerente con i principali obiettivi di sostenibilità, derivanti dalle nuove strategie e politiche declinate a livello internazionale, nazionale e regionale.

L'Agenda 2030 per lo Sviluppo Sostenibile è un programma d'azione per le persone, il pianeta e la

prosperità sottoscritto nel settembre 2015 dai governi dei 193 Paesi membri dell'ONU. Essa ingloba 17 Obiettivi per lo Sviluppo Sostenibile – Sustainable Development Goals, SDGs

– in un grande programma d'azione, per un totale di 169 'target' o traguardi che si raggruppano in cinque principi fondamentali quali le persone, il pianeta, la prosperità, la pace e la collaborazione (le 5 P: people, planet, prosperity, peace, partnership).I target definiti nell'Agenda 2030 nascono dalla consapevolezza che il modello di sviluppo attuale è insostenibile, non solo sul piano ambientale ma anche su quello economico e sociale.



Il modello di sviluppo proposto dall'Agenda, declinato nelle Strategie di Sviluppo Sostenibile, costituisce un valido riferimento per indirizzare i programmi di investimento verso azioni che rendano le nostre comunità più resilienti, più competitive, più sostenibili ed eque, orientando gli investimenti nella progettazione di un nuovo modello di sviluppo più attento alle risorse naturali e all'emergenza climatica, ma anche alla lotta delle diseguaglianze e all'equità sociale ed economica. La Strategia nazionale per lo Sviluppo Sostenibile approvata, ai sensi della legge 221/2015, nel dicembre 2017 dal Comitato Interministeriale per la Programmazione Economica (CIPE) e aggiornata con Delibera CITE il 18 settembre 2023, declina nella realtà italiana i 17 obiettivi strategici del Millennio dell'Agenda 2030 ONU per lo sviluppo sostenibile. Tale documento propone in modo sintetico una visione per un nuovo modello economico circolare, a basse emissioni di CO_2, resiliente ai cambiamenti climatici e agli altri cambiamenti globali causa di crisi locali, con l'obiettivo di migliorare le condizioni di benessere del nostro Paese.La SNSvS individua, in riferimento alle "5P" dell' Agenda 2030, una serie di obiettivi italiani di sviluppo sostenibile, collegati ma non coincidenti con i Sustainable Development Goals (SDGs) e caratterizzati dalla interazione tra più SDGs (nexus approach). La Strategia è strutturata in 5 aree - Persone, Pianeta, Prosperità, Pace, Partnership, suddivise in 15 Scelte Strategiche Nazionali (SSN), a loro volta declinate in 55 Obiettivi Strategici Nazionali (OSN), per i quali vengono identificati valori obiettivo, ed è complementare all'Agenda 2030.

La Regione Piemonte ha elaborato e approvato, nel 2022, la sua Strategia regionale che delinea gli ambiti e gli obiettivi che la Regione Piemonte intende perseguire nello scenario dall'Agenda 2030 delle Nazioni Unite.



La Regione Piemonte ha scelto di rendere operativa la transizione sostenibile attraverso un percorso articolato e partecipato, a partire dalla definizione di 7 Macro Aree Strategiche di intervento per lo sviluppo del territorio in un'ottica di trasversalità per la gestione delle dinamiche complesse che devono accompagnare tale transizione. Sono previste anche Azioni trasversali (organizzate in Ambiti), che si sostanziano nella individuazione di nuovi strumenti e promozione di processi innovativi in grado di supportare e favorire l'attuazione della SRSvS.La qualità dell'aria rappresenta uno dei tanti temi su cui tali Strategie portano la loro attenzione ritenendolo variabile significativa su cui lavorare per migliorare il benessere delle nostre città e dei nostri territori, come evidenziato nelle seguenti tabelle.

	OBIETTIVI DI SOSTENIBILITÀ	AGENDA 2030	SNSvS	SRSvS
STRATEGIA TEMATICA UE INQUINAMENTO ATMOSFERICO	Limitare l'esposizione umana a vari inquinanti atmosferici. Integrare le politiche di riduzione dell'inquinamento atmosferico con le politiche agricole, energetiche e dei trasporti Ridurre le emissioni di gas inquinanti Ridurre gli eccessi di deposizione acida su aree forestali e superfici d'acqua dolce Ridurre zone ed ecosistemi esposti a fenomeni eutrofici Limitare immissioni in aria per IPA (BaP) e Metalli (As, Cd, Hg, Ni)	Sustainable Development Goals, SDGs 	**Area Persone** Scelta Strategica III "Promuovere la salute e il benessere" Obiettivo strategico 1 "Diminuire 'esposizione della popolazione ai fattori di rischio ambientale e antropico" **Area pianeta** Scelta strategica II "Garantire una gestione sostenibile delle risorse naturali" Obiettivo strategico 6 "Minimizzare le emissioni tenendo conto degli obiettivi di qualità dell'aria" **Area prosperità** Scelta strategica IV "Affermare modelli sostenibili di produzione e consumo" Obiettivo strategico 5 "Garantire la sostenibilità dell'agricoltura e dell'intera filiera forestale" **Area prosperità** Scelta strategica V "Promuovere sostenibilità e sicurezza di mobilità e trasporti" Obiettivo strategico 2 "Promuovere la mobilità sostenibile di persone e merci" **Area prosperità** Scelta strategica VI "Abbattere le emissioni climalteranti e decarbonizzare l'economia" Obiettivo strategico 1 "Ridurre i consumi e incrementare l'efficienza energetica"	**MAS 2** – Favorire la transizione energetica, l'adattamento e la mitigazione degli effetti del cambiamento climatico 2.A Promuovere le misure di efficienza energetica 2.C Trasporti e mobilità più sostenibili **MAS 1** – Accompagnare la transizione del sistema produttivo piemontese verso un modello in grado di coniugare competitività e sostenibilità 1.B. Ricercare equilibrio tra sostenibilità economica, risparmio di energia e materiali, input alla conversione del sistema produttivo 1.D. Convertire le pratiche agricole attraverso il miglioramento delle prestazioni economiche ed ambientali delle aziende agricole ed agro.industriali, favorendo la competitività sostenibile **MAS 3** – Curare il patrimonio culturale e ambientale e la resilienza dei territori 3.A. Ridurre il dissesto idrogeologico e il degrado ambientale 3.B. Ridurre le marginalità territoriali
CAMBIAMENTI CLIMATICI	Ridurre le emissioni di gas serra in particolare nei settori industriale, edilizia, trasporti e agricoltura. Incrementare la capacità dei suoli agricoli di preservare e catturare il carbonio, e potenziare le risorse forestali e il verde urbano	Sustainable Development Goals, SDGs 	**Area pianeta** Scelta strategica II "Garantire una gestione sostenibile delle risorse naturali" Obiettivo strategico 6 "Minimizzare le emissioni tenendo conto degli obiettivi di qualità dell'aria" **Area prosperità** Scelta strategica IV "Affermare modelli sostenibili di produzione e consumo" Obiettivo strategico 5 "Garantire la sostenibilità dell'agricoltura e dell'intera filiera forestale"	**MAS 2** – Favorire la transizione energetica, l'adattamento e la mitigazione degli effetti del cambiamento climatico 2.A Promuovere le misure di efficienza energetica **MAS 1** – Accompagnare la transizione del sistema produttivo piemontese verso un modello in grado di coniugare competitività e sostenibilità 1.B. Ricercare equilibrio tra sostenibilità economica, risparmio di energia e materiali, input alla conversione del sistema produttivo 1.D. Convertire le pratiche agricole attraverso il miglioramento delle prestazioni economiche ed ambientali delle aziende agricole ed agro.industriali, favorendo la competitività sostenibile

	OBIETTIVI DI SOSTENIBILITÀ	AGENDA 2030	SNSvS	SRSvS
ENERGIA	Promuovere la riduzione dei consumi energetici ,la riduzione delle emissioni di gas climalteranti e l'incremento di produzione di energia da fonti rinnovabili	Sustainable Development Goals, SDGs  	**Area prosperità** Scelta strategica VI "Abbattere le emissioni climalteranti e decarbonizzare l'economia" Obiettivo strategico 1 "Ridurre i consumi e incrementare l'efficienza energetica **Area prosperità** Scelta strategica VI "Abbattere le emissioni climalteranti e decarbonizzare l'economia" Obiettivo strategico 2 "Incrementare la produzione di energia da fonte rinnovabile evitando o limitando gli impatti sui beni culturali e il paesaggio" **Area prosperità** Scelta strategica VI "Abbattere le emissioni climalteranti e decarbonizzare l'economia" Obiettivo strategico 3 "Abbattere le emissioni climalteranti"	**MAS 2** – Favorire la transizione energetica, l'adattamento e la mitigazione degli effetti del cambiamento climatico 2.A Promuovere le misure di efficienza energetica **MAS 1** – Accompagnare la transizione del sistema produttivo piemontese verso un modello in grado di coniugare competitività e sostenibilità 1.B. Ricercare equilibrio tra sostenibilità economica, risparmio di energia e materiali, input alla conversione del sistema produttivo
MOBILITA' E TRASPORTI	Tendere alla libera circolazione delle merci e delle persone, superando l'esistente frammentazione delle infrastrutture tra i diversi modi di trasporto, e promuovere la mobilità ed il trasporto sostenibili	Sustainable Development Goals, SDGs  	**Area prosperità** Scelta strategica V "Promuovere sostenibilità e sicurezza di mobilità e trasporti" Obiettivo strategico 2 "Promuovere la mobilità sostenibile di persone e merci"	**MAS 2** – Favorire la transizione energetica, l'adattamento e la mitigazione degli effetti del cambiamento climatico 2.C Promuovere e facilitare la conversione dei trasporti e della mobilità in chiave più sostenibile
AGRICOLTURA	Promuovere la crescita del settore agricolo e dell'economia rurale nel rispetto dell'ambiente	Sustainable Development Goals, SDGs 	**Area prosperità** Scelta strategica IV "Affermare modelli sostenibili di produzione e consumo" Obiettivo strategico 5 "Garantire la sostenibilità dell'agricoltura e dell'intera filiera forestale"	**MAS 1** – Accompagnare la transizione del sistema produttivo piemontese verso un modello in grado di coniugare competitività e sostenibilità 1.B. Ricercare equilibrio tra sostenibilità economica, risparmio di energia e materiali, input alla conversione del sistema produttivo 1.D. Convertire le pratiche agricole attraverso il miglioramento delle prestazioni economiche ed ambientali delle aziende agricole ed agro.industriali, favorendo la competitività sostenibile
CONSUMO DI RISORSE	Ridurre la produzione e della		**Area prosperità**	**MAS 1** – Accompagnare la transizione del

	OBIETTIVI DI SOSTENIBILITÀ	AGENDA 2030	SNSvS	SRSvS
E PRODUZIONE DI RIFIUTI	pericolosità dei rifiuti, minimizzare l'impatto sull'ambiente derivante dalla gestione dei rifiuti attraverso il rispetto della gerarchia comunitaria (privilegiare il recupero di materia al recupero di energia e minimizzare lo smaltimento in discarica)		Scelta strategica III "Finanziare e promuovere ricerca e innovazione sostenibili" Obiettivo strategico 3 "Innovare processi e prodotti e promuovere il trasferimento tecnologico" **Area prosperità** Scelta strategica IV "Affermare modelli sostenibili di produzione e consumo" Obiettivo strategico 1 "Dematerializzare l'economia, abbattere la produzione di rifiuti e promuovere l'economia circolare"	sistema produttivo piemontese verso un modello in grado di coniugare competitività e sostenibilità 1.B. Ricercare equilibrio tra sostenibilità economica, risparmio di energia e materiali, input alla conversione del sistema produttivo **MAS 3:** Curare il patrimonio culturale e ambientale e la resilienza dei territori 3.D.Tutelare le acque e i suoli 3.E.Conservare la biodiversità

Tabella 8.2.Obiettivi di sostenibilità e strategie ambientali

8.4.2 OBIETTIVI AMBIENTALI SPECIFICI

L'aggiornamento del PRQA conferma l'esigenza di attuare i contenuti previsti dal d.lgs. n.155/2010 e i suoi obiettivi ambientali generali possono essere riassunti nei seguenti due punti:

- rientrare nei valori limite nel più breve tempo possibile, anche in sinergia con le misure nazionali, per gli inquinanti che ad oggi superano i valori limite su tutto il territorio regionale o in alcune zone/agglomerati (particolato atmosferico PM10 e PM2,5, biossido di azoto (NO2), ozono troposferico (O3), idrocarburi policiclici aromatici come benzo[a]pirene);
- preservare la qualità dell'aria nelle zone e nell'agglomerato in cui i livelli degli inquinanti siano stabilmente al di sotto di tali valori limite, mantenendo e/o riducendo ulteriormente le concentrazioni degli inquinanti (questo vale su tutto il territorio regionale per biossido di zolfo (SO2), monossido di carbonio (CO), benzene, piombo, arsenico, cadmio e nichel nella frazione PM10 e PM2,5 del particolato). Lo stato di qualità dell'aria delineato nel presente aggiornamento PRQA mette in evidenza una forte compromissione di aree ad elevata antropizzazione. Si rilevano inoltre aree di superamento anche in ambiti territoriali non estremamente antropizzati.

Tale situazione mette in luce la necessità di predisporre un aggiornamento del PRQA che agisca in particolare sulle aree urbanizzate senza perdere di vista le criticità evidenziate nelle zone di pianura e collina per quanto concerne i superamenti.

Di seguito sono delineati gli obiettivi generali e specifici dell'aggiornamento del PRQA e i settori sui quali si dovrà incidere per ambiti di intervento.

Obiettivi generali	Obiettivi specifici	Settori
Rientrare nei valori limite nel più breve tempo possibile in riferimento agli inquinanti che ad oggi superano i valori limite su tutto il territorio regionale o in alcune zone/agglomerati	Riduzione delle emissioni primarie di PM10	Trasporti; Combustione non industriale Combustione industriale Agricoltura
	Riduzione delle emissioni primarie di PM2.5	Trasporti; Combustione non industriale Combustione industriale Agricoltura
	Riduzione delle emissioni secondarie di PM1	Trasporti; Combustione non industriale Combustione industriale Agricoltura
	Riduzione delle emissioni secondarie di PM2.5	Trasporti; Combustione non industriale Combustione industriale
	Riduzione delle emissioni primarie di NO2	Trasporti; Combustione non industriale Combustione industriale Agricoltura
	Riduzione delle emissioni di inquinanti che concorrono alla formazione di O3 (NO2, COV)	Trasporti; Combustione non industriale Combustione industriale
	Riduzione delle emissioni di inquinanti di benzene, IPA (BaP) e metalli (piombo, arsenico, cadmio e nichel).	Trasporti; Combustione non industriale Combustione industriale Agricoltura
Preservare la qualità dell'aria nelle zone e nell'agglomerato in cui i livelli degli inquinanti siano stabilmente al di sotto di tali valori limite, mantenendo e/o	Stabilizzazione/mantenimento delle emissioni relative a tutti gli inquinanti (PM10, PM2.5, NO2, O3, SO2, CO, benzene, piombo, arsenico, cadmio e nichel, IPA, BAP	Tutti i settori

Obiettivi generali	Obiettivi specifici	Settori
riducendo ulteriormente le concentrazioni degli inquinanti		

Tabella 8.3.Obiettivi ambientali specifici

8.4.3 GLI OBIETTIVI TRASVERSALI

Oltre agli obiettivi di sostenibilità e agli obiettivi specifici, l'aggiornamento del PRQA persegue i seguenti obiettivi trasversali:

- contribuire alla transizione ecologica, indirizzata a promuovere l'ecosostenibilità di lungo termine della crescita economica, perseguendo una maggiore efficienza nell'utilizzo delle risorse;
- favorire ed accelerare l'attuazione dei piani di mobilità sostenibile finalizzata a rafforzare la coesione territoriale e lo sviluppo locale del nord -ovest nell'ambito di un contesto economico e territoriale a dimensione europea;
- promuovere ricerca, innovazione e transizione produttiva, che individua le innovazioni e le migliori tecniche utili a rafforzare la competitività del sistema produttivo regionale orientandolo allo sviluppo sostenibile;
- valorizzazione delle risorse umane e delle capacità istituzionali, che coglie le potenzialità insite nella capacità di fare sistema tra i diversi soggetti interessati alla programmazione/pianificazione attraverso il processo di governance a livello territoriale.

9. GLI INDIRIZZI DI PIANO

9.1. AMBITI DI INTERVENTO, MISURE E AZIONI DI PIANO

Sulla base delle valutazioni emerse dal quadro conoscitivo relativamente alle situazioni di superamento dei valori limite, ai contributi emissivi dei diversi settori e ambiti territoriali, allo studio degli scenari emissivi e di qualità dell'aria, sono stati identificati i gli ambiti di intervento e le misure e le azioni a essi collegate, su cui il Piano deve indirizzare le proprie politiche, prescrizioni e risorse.

In particolare, le misure e le azioni del PRQA sono state individuate quale set di interventi necessari al raggiungimento dei limiti di legge, attualmente vigenti, nel minor tempo possibile, compatibilmente con le esigenze del territorio regionale e tenuto conto dell'attuale contesto socio-economico, a seguito di un confronto con diversi interlocutori istituzionali, competenti per la pianificazione e attuazione delle politiche nei diversi ambiti.

Il confronto ha permesso di individuare modalità condivise di attuazione delle misure ed azioni previste, anche specifiche per i diversi ambiti territoriali, portando all'individuazione di una prima lista di azioni e misure applicabili ai fini del perseguimento degli obiettivi del PRQA e alla conseguente valutazione di alcune alternative di piano che sono state analizzate tenendo conto dell'impianto normativo attuale rispetto a quello europeo, delle politiche regionali già in essere oltre al contesto socio-economico.

9.1.1. AMBITI DI INTERVENTO

I principali **ambiti** sui quali intervenire per ridurre le emissioni in atmosfera, individuati nel PRQA sono:

- **mobilità e aree urbane (MOB),** con particolare riferimento alla riduzione delle percorrenze dei veicoli, alla massimizzazione della mobilità dolce e collettiva e all'incentivazione e promozione dello shift modale di persone e all'ottimizzazione della logistica verso una mobilità maggiormente sostenibile;
- **energia e biomasse (ENB)** con particolare riferimento alla transizione energetica da combustibili fossili a fonti rinnovabili e alla combustione non industriale delle biomasse legnose, incentivando e promuovendo interventi di rinnovo e di manutenzione del parco impiantistico e azioni di efficientamento energetico;
- **attività produttive (IND),** con particolare riferimento alla riduzione delle emissioni dei processi produttivi;
- **agricoltura e zootecnia (AGR)** con particolare riferimento alla riduzione delle emissioni di ammoniaca (NH3) derivanti dalla gestione dei reflui zootecnici e dall'utilizzo di fertilizzanti chimici, ed alla riduzione di polveri sottili derivanti dalla combustione all'aperto dei residui vegetali.

9.1.2. MISURE

Ogni ambito è declinato in **misure.**

Le **misure** del piano di qualità dell'aria perseguono il raggiungimento della riduzione delle emissioni di inquinanti e possono essere:

- **specifiche,** connesse ai singoli obiettivi con riferimento ai differenti ambiti territoriali;
- **trasversali,** rappresentando azioni di sistema per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dell'aria quali

- strumenti di conoscenza e monitoraggio;
- strumenti e metodi di controllo e gestione della qualità dell'aria;
- promozione, comunicazione, informazione, formazione.

Per consentire il raggiungimento degli obiettivi di riduzione previsti nel PRQA, le politiche di gestione della qualità dell'aria devono agire simultaneamente su più livelli e a diverse scale spaziali (di bacino padano, regionali o locali) e temporali e **con differenti livelli di cogenza** (rif. Paragrafo 8.3).

Le misure, che agiscono di norma in sinergie con le politiche regionali, contribuiscono a raggiungere gli obiettivi attraverso meccanismi di limitazione ma anche di incentivazione e sostegno e promuovendo, sensibilizzando, formando e informando tutti i soggetti di volta in volta interessati.

Sono infine previste tutte le **misure complementari** a quelle proprie del Piano, che troveranno attuazione attraverso gli strumenti di programmazione e pianificazione settoriale, tra i quali il Piano Energetico Ambientale Regionale (PEAR), il Piano Regionale Mobilità e Trasporti (PRMT) e relativi piani attuativi e tematici, il Complemento di programmazione per lo sviluppo rurale regionale (CSR 2023-2027), il Piano Forestale regionale, il Programma Regionale Fondo europeo di sviluppo regionale (PR-Fesr), Pr-FSE e il programma FSC. Gli obiettivi del PRQA sono infatti recepiti dagli strumenti di pianificazione e programmazione regionali relativi ad ambiti settoriali aventi incidenza diretta o indiretta sulla qualità dell'aria, affinché gli interventi ivi previsti si pongano in sinergia e coerenza con gli obiettivi di qualità dell'aria e di riduzione delle emissioni dei gas ad effetto serra.

Al raggiungimento dei target concorrono anche misure per le quali non risulta possibile stimare una riduzione emissiva attraverso il monitoraggio di opportuni indicatori e l'utilizzo di opportune metodologie di valutazione (ad esempio per le "azioni trasversali", quali azioni di promozione, comunicazione, formazione, informazione per le quali non esiste un metodo di valutazione), ma che risultano fondamentali in quanto coadiuvano l'attuazione delle altre azioni aumentandone l'efficacia.

9.1.3 AZIONI DI PIANO

Le misure sono a loro volta declinate in **azioni**, che dettagliano e definiscono puntualmente le attività da mettere in campo e il loro ambito di applicazione territoriale e temporale.

Le **schede di azione** descrivono sinteticamente le azioni indicando: ambito territoriale e settoriale di applicazione, denominazione, codice, descrizione, riferimenti normativi, soggetti attuatori, tempi di attuazione (azione a breve, medio, o lungo termine), copertura finanziaria, obiettivo specifico e/o trasversale, inquinanti su cui incide, indicatori di risultato e di monitoraggio, target ed eventuali ulteriori informazioni ad esse connesse, necessarie anche ai fini della rendicontazione verso il livello europeo.

Le schede potranno essere integrate nel caso si rendesse opportuno introdurre nuove voci o voci differenti per la caratterizzazione oppure indicatori e metodologie di valutazione più efficaci o coerenti con l'evoluzione degli strumenti modellistici e informativi regionali, nonché del reporting a livello europeo.

9.1.4. AMBITI TERRITORIALI

Come ampiamente descritto nei capitoli precedenti, la normativa nazionale stabilisce che ai fini della gestione della qualità dell'aria ambiente l'intero territorio nazionale debba essere classificato in zone e agglomerati che, in Piemonte, ai sensi della zonizzazione vigente, sono identificati in :

- ZONA AGGLOMERATO di Torino (CODICE IT0118)
- ZONA DI PIANURA (CODICE IT0119)
- ZONA DI COLLINA (CODICE IT0120)
- ZONA DI MONTAGNA (CODICE IT0121)

A ciò si deve aggiungere, tuttavia, quanto evidenziato dai dati ISTAT sulla popolazione piemontese. Al 1 gennaio 2024 il Piemonte conta 4.251.351 residenti e il 64% della popolazione piemontese vive nelle province di Torino, Novara e Biella, che ricoprono il 35,8% del territorio e dove si registrano i più elevati valori di densità di popolazione. In particolare, nella provincia di Torino risiedono 323 abitanti ogni kmq contro i 167 in media nella regione. All'opposto, Verbano-Cusio- Ossola e Vercelli, che coprono il 17,1% della superficie regionale, presentano i più bassi livelli di densità, con valori di 68 e 80 abitanti per kmq. La provincia di Cuneo, che è la più estesa e occupa il 27,2% della superficie, si colloca al terzultimo posto in termini di densità con 84 abitanti per kmq, circa la metà della media regionale.

Nei seguenti grafici si possono osservare le emissioni di PM10 e NOx di ciascun macrosettore e la proporzione tra le diverse zone di qualità dell'aria.

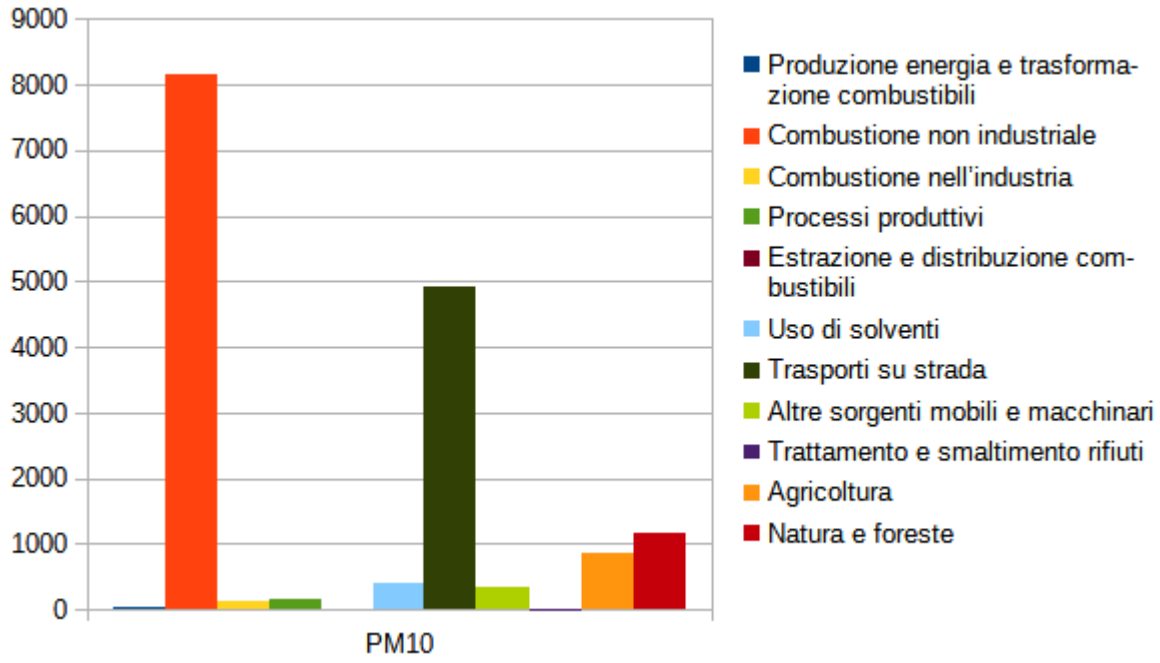


Figura 9.1 - Emissioni di PM10 (t/a)per macrosettore (Inventario IREA 2019)

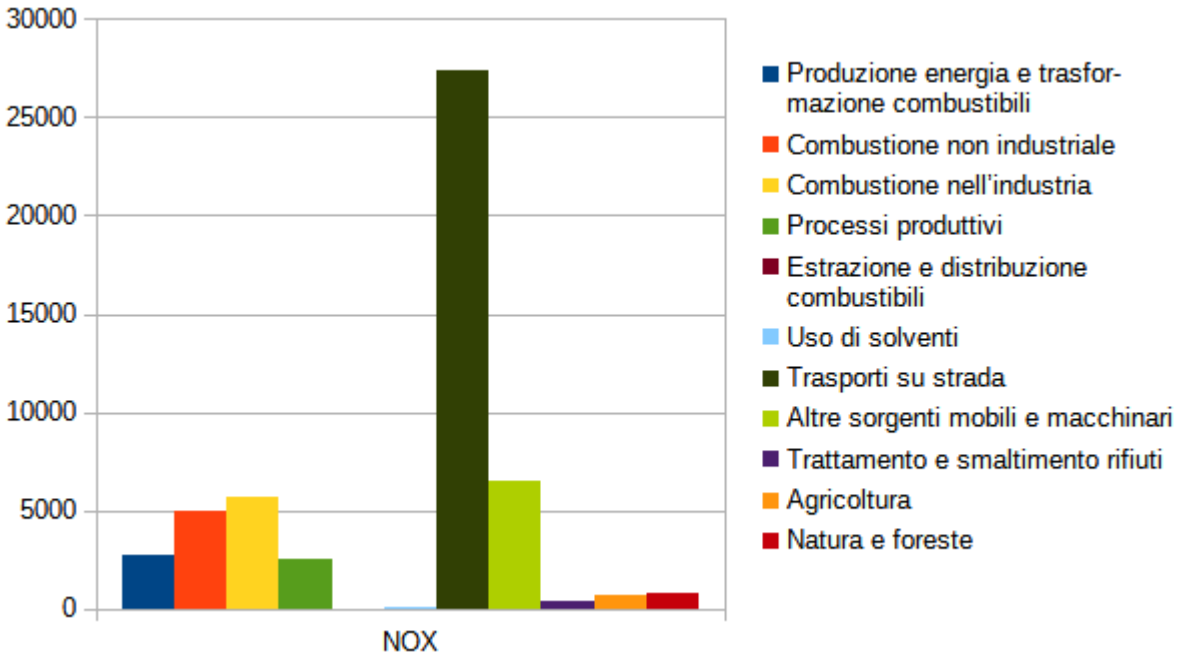


Figura 9.2 - Emissioni di NOX (t/a) per macrosettore (Inventario IREA 2019)

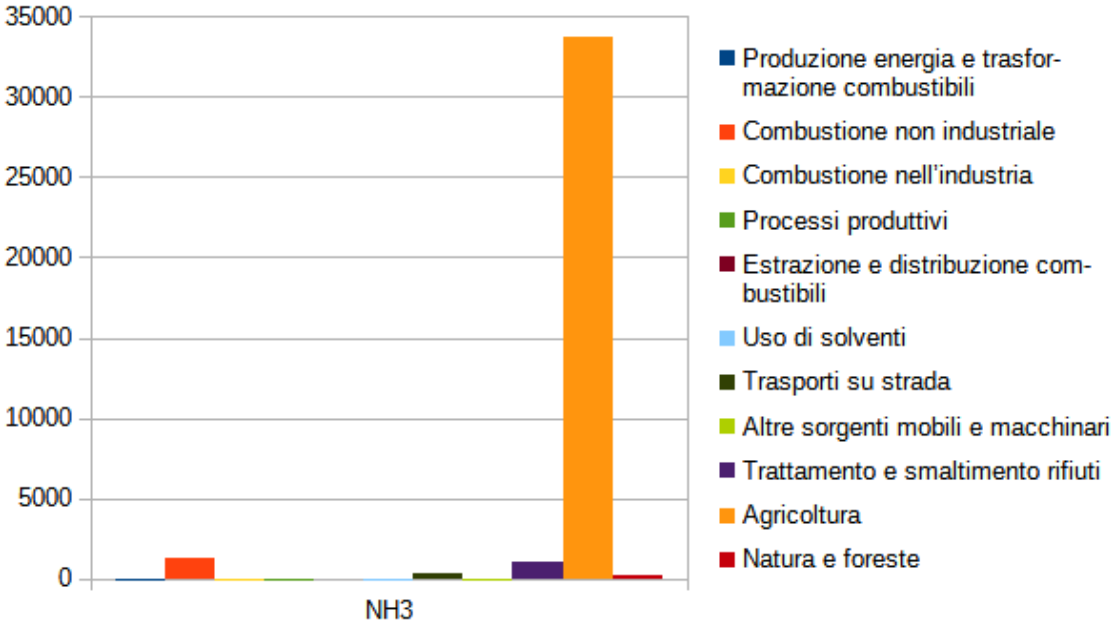


Figura 9.3 - Emissioni di NH3 (t/a) per macrosettore (Inventario IREA 2019)

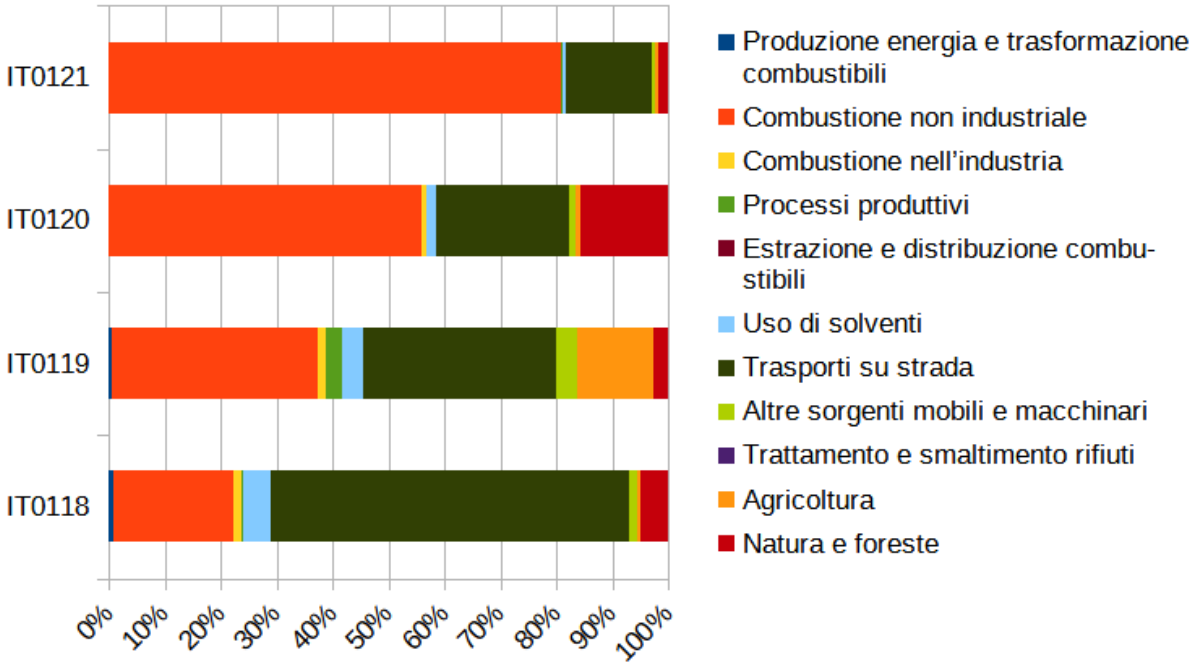


Figura 9.4 - Emissioni di PM10 (t/a) per zona di qualità dell'aria (Inventario IREA 2019)

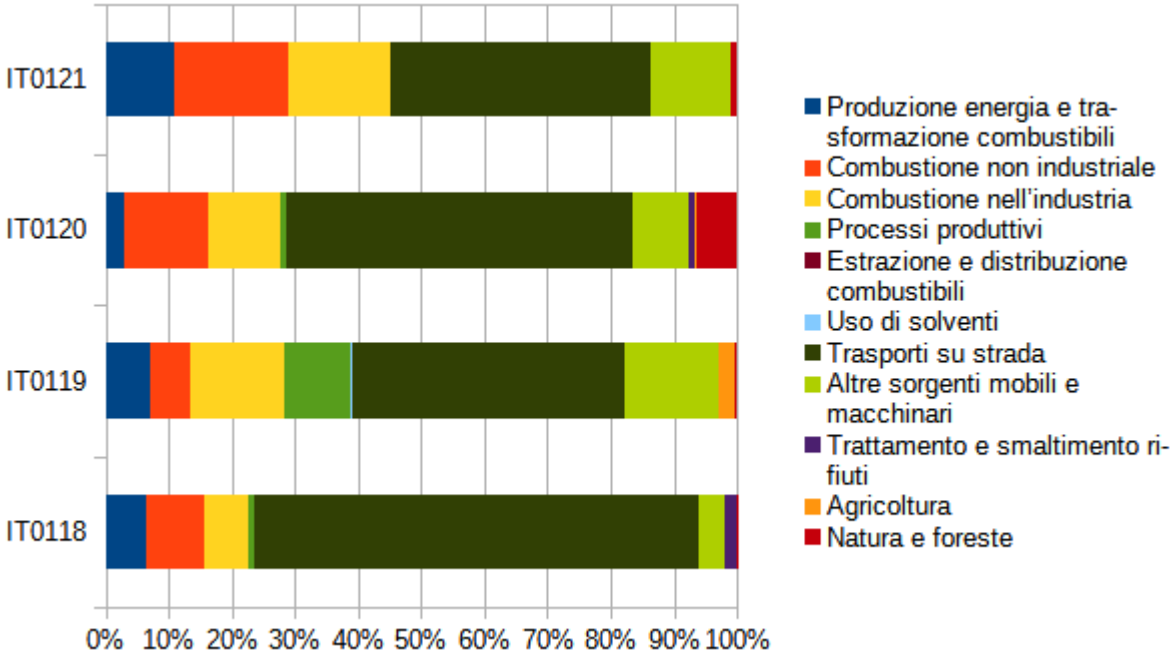


Figura 9.5 - Emissioni di NOX (t/a) per zona di qualità dell'aria (Inventario IREA 2019)

Osservando i grafici si può osservare come nella zona IT0118 il contributo emissivo più significativo è dato dal macrosettore "Trasporti su strada". Nelle zone IT0119, IT0120 e IT0121 si ha, oltre alle emissioni dovute ai trasporti, un contributo significativo alle emissioni di PM10 della combustione non industriale, dovuto principalmente alla combustione di biomassa legnosa.

E' dunque evidente l'importanza di adottare politiche specifiche per le maggiori aree urbane regionali: l'ambito urbano è quello a cui riservare particolare attenzione, considerato che nelle città

la densità abitativa è maggiore, si concentrano molte sorgenti emissive e, di conseguenza, vi risiede la maggioranza della popolazione esposta al superamento dei valori limite di PM10 e NOx.

Le città hanno pertanto un ruolo chiave nello sforzo volto a ridurre l'inquinamento atmosferico e a mitigare l'impatto dei cambiamenti climatici e risulta di fondamentale importanza pianificare l'uso sostenibile del territorio tenendo in considerazione oltre ai temi ambientali, le dinamiche sociali ed economiche.

Anche se le aree urbane restano il focus del Piano per la significatività degli spostamenti e quindi delle emissioni da traffico da cui esse sono caratterizzate, tuttavia le evidenze derivanti dai monitoraggi e dalle valutazioni modellistiche mostrano la necessità di mantenere alto il livello di attenzione anche nelle aree extra-urbane. Le concentrazioni di fondo del PM10 risultano infatti elevate su tutta la pianura, dato il carattere prevalentemente secondario dell'inquinante e visto il contributo emissivo dell'ambito rurale che, con le emissioni di ammoniaca da attività agricole e allevamenti, favorisce proprio la formazione di particolato secondario.[1]

Il presente PRQA prevede pertanto una politica di intervento su tutto il territorio regionale oggetto di infrazione, stabilendo azioni differenziate per i diversi ambiti territoriali.

Il PRQA individua gli **ambiti territoriali** di intervento prioritari maggiormente connessi alle sorgenti inquinanti e climalteranti:

- Citta di Torino **(TO)**
- Comuni con più di 30.000 abitanti **(>30K)**
- Comuni con più di 10.000 abitanti **(>10K)**
- Particolari zone **(ZS)** con aree industriali/logistiche **(ZLS)**, a elevato carico zootecnico (**ECZ**), e aree a rischio **(RIR)** di cui alla normativa comunitaria e nazionale**.**

Rispetto agli ambiti territoriali la proporzione tra le emissioni di ciascun macrosettore nei diversi ambiti territoriali è riportata nei seguenti grafici per i principali inquinanti.

[1]Dagli esiti dello studio PREPAIR sugli effetti del lockdown nel 2020, è risultato evidente che, nonostante le forti riduzioni del traffico veicolare e di conseguenza delle emissioni di NOx, la riduzione delle concentrazioni osservate di PM10 è risultata essere inferiore a quanto atteso, verosimilmente a causa dell'aumento dell'utilizzo del riscaldamento domestico e dell'invarianza nelle emissioni di ammoniaca rispetto agli anni precedenti. Questo dimostra che senza agire contemporaneamente anche sulle emissioni da attività agricole e zootecniche e sulle emissioni da combustione di biomasse per uso civile, pur registrando significative riduzioni emissive di NOx con azioni sui trasporti, non si raggiungono gli obiettivi di qualità dell'aria del PM10, nel bacino padano.

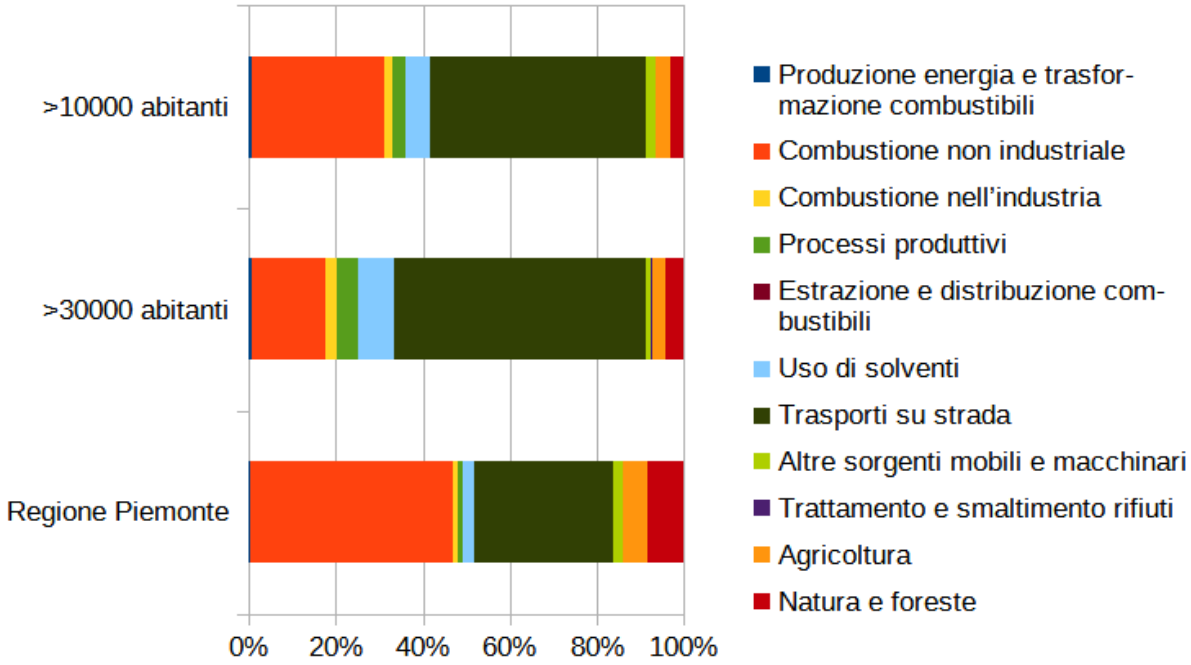


Figura 9.6 - Emissioni di PM10 (t/a) per ambito territoriale di intervento (Inventario IREA 2019)

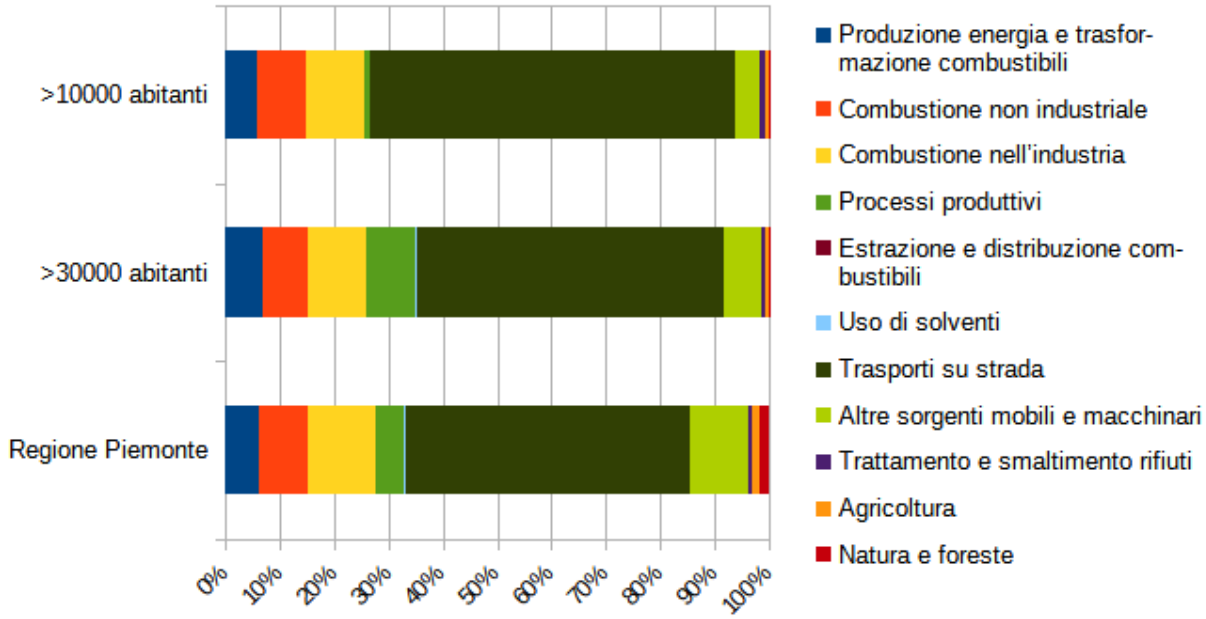


Figura 9.7 -Emissioni di NOX (t/a) per ambito territoriale di intervento (Inventario IREA 2019)

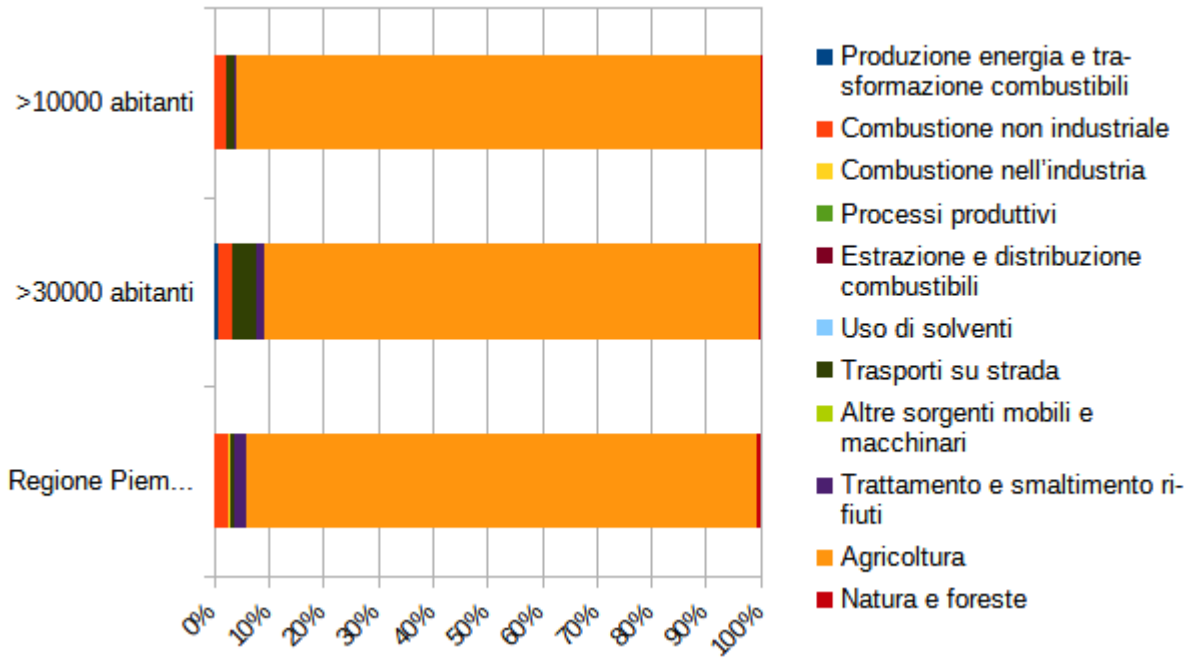


Figura 9.8 - Emissioni di NH3 (t/a) per ambito territoriale di intervento (Inventario IREA 2019)

I comuni con popolazione superiore ai 30 mila abitanti forniscono un contributo significativo alle emissioni regionali, rispettivamente 13% per il PM10 e 27% per gli NOx, mentre per quanto riguarda le emissioni di NH3 il contributo è minore, pari al 6%.

9.1.5. AMBITI TEMPORALI

Le azioni possono agire su due orizzonti temporali differenti: entro la fine del 2025 e entro la fine del 2030. Alcune azioni possono manifestare il proprio effetto immediatamente, ossia, entro il 2025 si possono già osservare le riduzioni emissive ad esse collegate. Altre azioni necessitano invece di un maggiore tempo a tal fine e pertanto la riduzione ad esse collegata si può osservare entro il 2030.

9.2. AMBITO "MOBILITÀ E AREE URBANE" (MOB)

9.2.1. ELEMENTI DESCRITTIVI

INFRASTRUTTURE

La rete stradale piemontese è costituita dalle strade urbane e da circa 12.000 km di strade provinciali in capo alle Province, da 1.600 km di strade statali in gestione ad ANAS S.p.A. e 800 km di autostrade gestite dalle Società Concessionarie. Nel corso degli anni sono stati attivati investimenti sulla rete stradale extraurbana considerata strategica dal punto di vista della mobilità e del trasporto regionale per il miglioramento del livello di servizio e della sicurezza.

La rete ferroviaria piemontese ha un'estensione di circa 1990 Km. Rete Ferroviaria Italiana – RFI – gestisce 1896 km di linea di cui il 72% elettrificate. Le linee elettrificate a doppio binario si estendono per circa 770 Km mentre circa 600 km sono a semplice binario. Le linee non elettrificate si estendono per 525 km. A partire da gennaio 2024 RFI è subentrata a GTT nella gestione delle

infrastrutture ferroviarie regionali piemontesi Canavesana e Torino Ceres, mentre la tratta Novara - Turbigo è gestita da FERROVIENORD S.p.A. Nell'ultimo decennio sono stati programmati sul territorio piemontese circa 36 importanti interventi destinati allo sviluppo e all'efficientamento della rete ferroviaria regionale, sia per il traffico merci che passeggeri.

Per la viabilità all'interno della città di Torino e l'attivazione di collegamenti diretti tra la stessa ed aree a est e a ovest, riveste particolare importanza la realizzazione del *passante ferroviario,* linea ferroviaria che attraversa in sotterranea la città, gestita da Rete Ferroviaria Italiana (RFI). Il tratto urbano del passante attraversa il comprensorio ferroviario dalla stazione di Torino Lingotto a quella di Torino Stura estendendosi per quasi tredici chilometri, in aggiunta al ramo di collegamento con Porta Nuova. Il tratto metropolitano del passante ferroviario si estende rispettivamente a nord fino a Settimo e a sud fino a Trofarello. Il tracciato sostituisce la ferrovia Torino-Milano (Linea Storica) tra Torino Stura e Torino Porta Susa, proseguendo fino a Torino Lingotto su un percorso autonomo.

Il territorio piemontese, inoltre, dispone di un sistema logistico funzionalmente collegato alle principali reti di comunicazione transeuropee che lo attraversano e confina con le due regioni italiane (Lombardia e Liguria) che rappresentano grandi bacini di raccolta delle merci nazionali e internazionali. La presenza di primarie vie di comunicazione a livello europeo, un sistema viario e ferroviario con gli indici di infrastrutturazione tra i più elevati a livello nazionale, la vicinanza con i porti liguri e le potenzialità di naturale prosecuzione della banchina portuale, ha fatto nascere e sviluppare una radicata presenza in Piemonte di centri merci di eccellenza, oggi raccolti intorno ai tre "poli" che costituiscono il "sistema" della logistica piemontese:

- l'Alessandrino che da sempre costituisce il retroporto dell'arco ligure e presenta una radicata presenza di centri merci (in particolare a Tortona, Arquata Scrivia e Rivalta Scrivia con l'interporto di livello nazionale), di dimensioni notevoli e a elevata specializzazione. Tale dotazione potrà inoltre essere ulteriormente rafforzata a seguito dell'attuazione delle ipotesi di riqualificazione dello scalo ferroviario di Alessandria Smistamento;
- Novara, situata all'incrocio dei due Corridoi transeuropei "Mediterraneo" e "Reno-Alpi" e in posizione prossima all'aeroporto Hub di Malpensa, ospita in particolare un interporto di livello nazionale che può costituire un punto di riferimento per i traffici verso il centro-nord Europa.
- Torino costituisce una tra le aree più popolate ed industrializzate del Paese a ridosso della quale si trova l'interporto di Orbassano, anch'esso di livello nazionale, che è connesso alla linea ferroviaria per la Francia.

La programmazione di infrastrutture per la logistica degli ultimi anni si è concentrata soprattutto nell'area del novarese ma sono significative le prospettive di ulteriore sviluppo anche dell'area dell'Alessandrino.

La logistica di lungo raggio atterra poi necessariamente sulla rete di medio e corto raggio fino alla logistica urbana. La pianificazione della logistica di medio e corto raggio è sviluppata dai Comuni e città metropolitane nell'ambito dei Piani Urbani della Logistica Sostenibile (PULS), Piani di settore del PUMS ai sensi del DM 4 agosto 2017, n. 397. I PULS hanno l'obiettivo di individuare le strategie per la mobilità sostenibile delle merci sia per la logistica distributiva in ambito urbano che per la logistica industriale, con l'ambizione di integrare gli elementi più recenti caratterizzanti i processi legati alla catena logistica. Il PULS punta quindi a conseguire un sistema di trasporto delle merci capace di rispondere alle necessità diffuse sul territorio di riferimento, incrementando al contempo la sostenibilità e l'efficientamento delle attività logistiche e di trasporto e favorendo nuove forme di accessibilità in grado di contenere le esternalità legate ad inquinamento atmosferico e acustico, il consumo di fonti energetiche non rinnovabili, il consumo di suolo, la

congestione e l'incidentalità. In particolare, sul territorio piemontese sono stati approvati i PULS della CMTO e dei Comuni di Novara, Alessandria e Cuneo che sono oggetto di singole azioni della misura “Attuazione pianificazione di settore” dell’ambito di intervento “Mobilità e aree urbane”.

MOBILITÀ E PARCO VEICOLARE

Il tema della mobilità sostenibile rappresenta uno degli argomenti più dibattuti nell’ambito delle politiche ambientali locali, nazionali e internazionali volte a ridurre gli impatti derivanti dalla mobilità delle persone e delle merci.

In Piemonte la mobilità è in continua trasformazione grazie all’evoluzione normativa e delle tecnologie, alla crescente sensibilità ambientale e al cambiamento dei bisogni e delle abitudini di cittadini e imprese.

L’Agenzia per la Mobilità Piemontese, tra il mese di novembre 2021 e maggio 2022, ha intervistato 41.933 cittadini con il metodo CATI per la redazione del rapporto sulla mobilità delle persone e sulla qualità dei trasporti nella regione Piemonte (IMQ2022 -mtm.torino.it/it/dati-statistiche/indagini/).

Su 3,63 milioni di residenti (3,99 nel 2013) risultano 2,99 mln di soggetti mobili, 25 mila in meno rispetto al 2013 conseguenza del calo demografico. La popolazione mobile risulta essere aumentata nella provincia di Cuneo, diminuita nelle province di Alessandria e Novara, rimasta stabile nelle altre province.

I soggetti intervistati effettuano 8,22 mln di spostamenti al giorno e la mobilità individuale è pari a 2,265 spostamenti quotidiani per abitante, lo 0,2 in più rispetto al 2013, che corrisponde a un +10%.

Oltre il 29% dei cittadini si sposta per acquisti/commissioni, il 27% per recarsi al lavoro, il 14% per svago o sport, il 5% per studio. Gli spostamenti per lavoro sono rimasti stabili mentre quelli per studio sono diminuiti del 56%.

Rispetto alla modalità di spostamento, il 60% avviene con l’auto privata, il 28% a piedi, il 7% con i mezzi pubblici, il 3% in bici; la percentuale è molto simile in tutte le aree del Piemonte, tranne nelle provincia di Cuneo e nella Città Metropolitana fuori dal capoluogo dove gli spostamenti con il mezzo pubblico sono inferiori al 2%.

Ovviamente nella città di Torino l’auto privata è utilizzata in modo minore, il 46% dei casi, e sono maggiori gli spostamenti pedonali (il 37%); anche il trasporto pubblico locale fa segnare percentuali sopra la media, oltre l’11%.

A livello complessivo, rispetto all’indagine del 2013, sono stati registrati 501.000 spostamenti in meno con mezzi meccanizzati (-397.000 con il mezzo pubblico equivalente a -46%, -124.000 con l’auto privata equivalente a - 2.5%, -94.000 con la bici compreso il bike sharing equivalente a -26%) e 492.000 in più pedonali mentre sono aumentati di quasi 100.000 gli spostamenti con altri mezzi, tra cui taxi, car sharing, scooter elettrici, monopattini elettrici, ecc..

Oltre il 50% degli spostamenti regionali è effettuato in ambito metropolitano e avvengono principalmente in ciascuna distinta macro area.

Gli spostamenti pedonali, 1,27 mln, risultano superiori ai 5 minuti. A utilizzare prevalentemente il trasporto pubblico sono i residenti nell’area della città metropolitana di Torino (59% e, tra questi il 36% dentro la stessa città). Invece l’utilizzo dell’auto privata, che conta 2,7 mln di spostamenti, presenta uniformità di distribuzione, il 47% nell’area metropolitana e il 48% nel resto della regione; per la restante quota di tratta di interscambi tra l’area metropolitana e il resto della regione. Con la

moto si registrano 82.000 spostamenti di cui il 53% all'esterno dell'area metropolitana e il 44% nell'area metropolitana. La bici è utilizzata giornalmente in 143.000 spostamenti, in percentuali simili dentro e fuori l'area metropolitana.

Il confronto tra il 2013 e il 2022 segna complessivamente una flessione del 4% per l'uso dell'auto privata, il calo si concentra prevalentemente nella città, mentre si segnala un crollo nell'utilizzo del trasporto pubblico locale, il dato complessivo del -41% presenta un calo ancora superiore del - 55,4% nella città di Torino, -53% nell'area metropolitana di Torino, un aumento tra Torino e la cintura +12%.

Il mezzo privato, tuttavia, continua a essere la modalità di spostamento prevalente anche in Piemonte e le principali sorgenti di PM10 e NOx sono rappresentate da veicoli pesanti e automobili diesel. Come si può osservare nei grafici seguenti sebbene negli anni ci sia stato un miglioramento del parco auto dal punto di vista emissivo il numero di auto e veicoli commerciali in circolazione è rimasto pressoché costante (fonte data base regionale Bollo Auto).

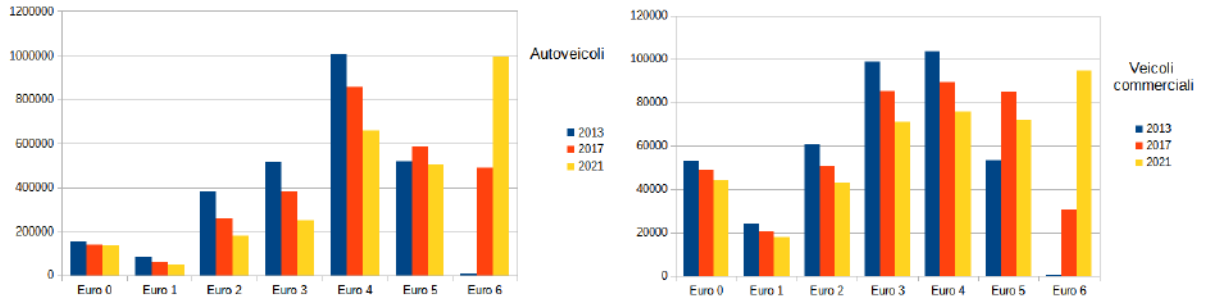


Figura 9.9 - Composizione percentuale dei parchi veicolari, autoveicoli e veicoli commerciali, al 2013, 2017 e 2021 - fonte Bollo Auto

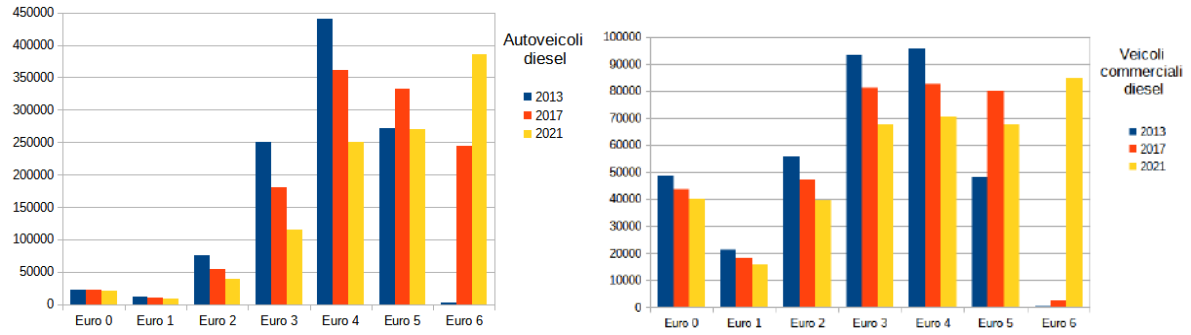


Figura 9.10 - Composizione percentuale dei parchi veicolari, autoveicoli e veicoli commerciali alimentazione diesel al 2013, 2017 e 2021 - fonte Bollo Auto

Per quello che riguarda i COV, le automobili alimentate a benzina e i ciclomotori costituiscono le principali sorgenti di emissioni di questi inquinanti, unitamente alle emissioni evaporative.

Per tale motivo risulta interessante l'analisi del parco veicolare nelle sue articolazioni al fine di individuare gli obiettivi, le misure e azioni su cui focalizzare il presente piano.

Il parco veicolare piemontese all'anno 2021 (fonte dati ACI) risulta costituito da 3.277.650 veicoli la cui distribuzione è riportata in valore assoluto e in % nei diagrammi seguenti.

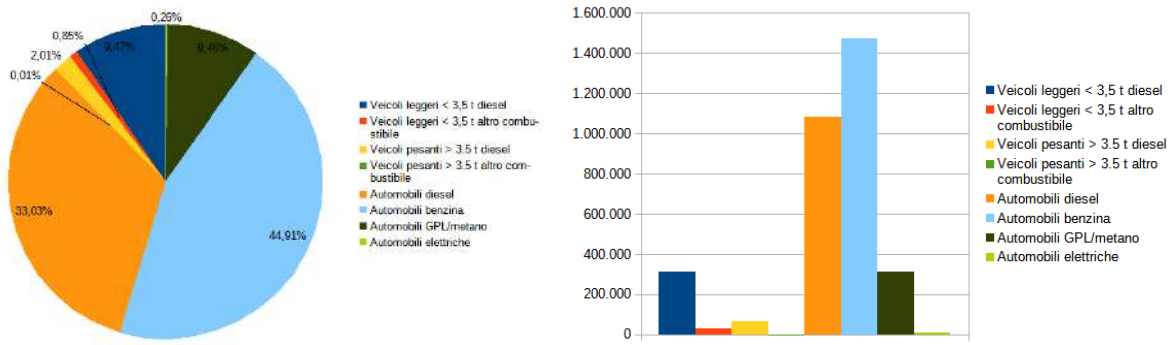


Figura 9.11: Parco veicolare piemontese anno 2021 per tipologia di alimentazione -fonte ACI 2021

In particolare, per quanto riguarda le automobili alimentate a gasolio si registra la seguente distribuzione per classi.

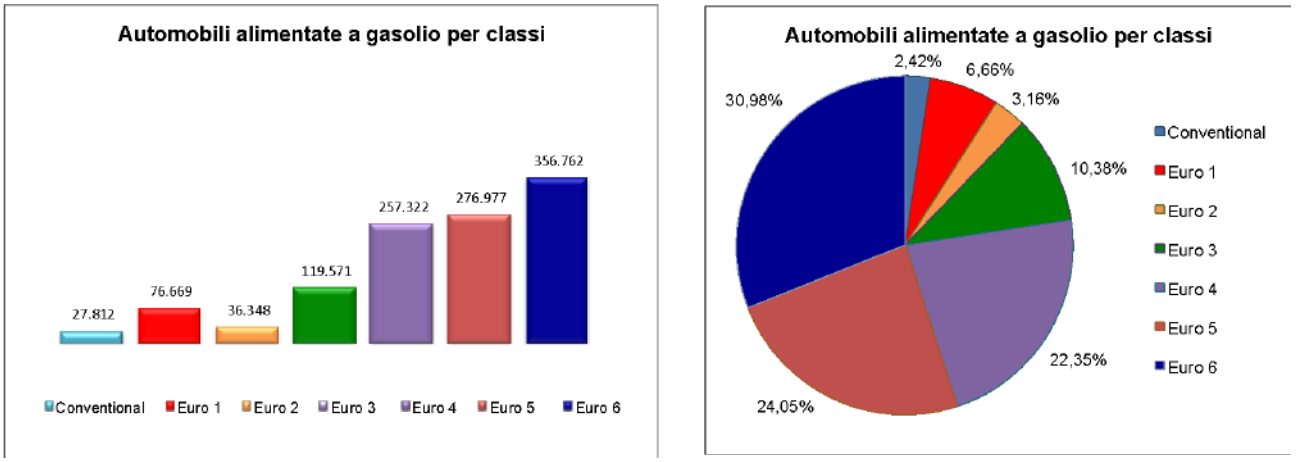


Figura 9.12 - Distribuzione automobili alimentate a gasolio per classi -fonte ACI 2021

Per quanto riguarda gli automezzi alimentati a benzina la distribuzione è quella riportata nei diagrammi seguenti.

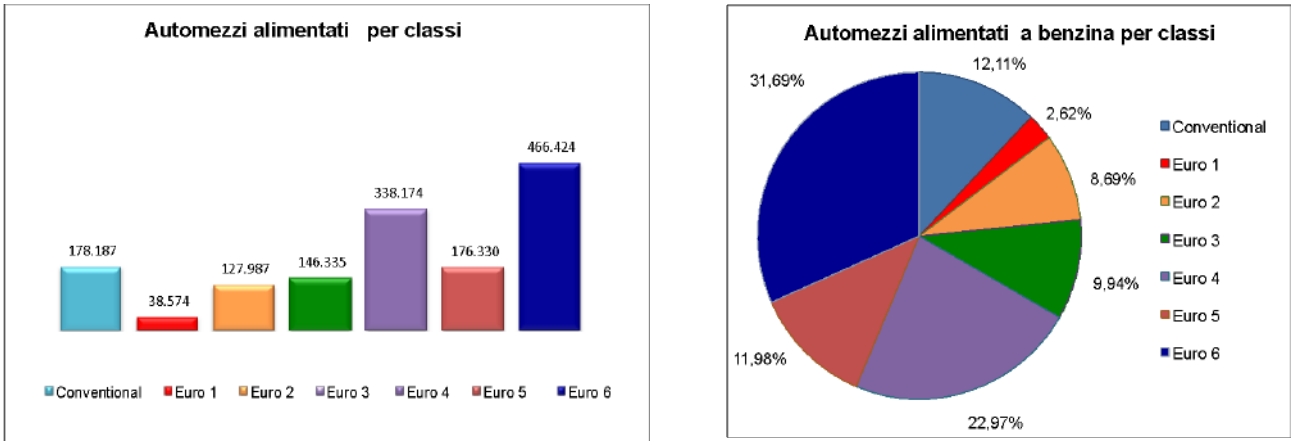


Figura 9.13 - Distribuzione automezzi alimentati a benzina per classi -fonte ACI 2021

Per quanto riguarda i veicoli leggeri < 3,5 t la distribuzione è quella riportata nei diagrammi seguenti.

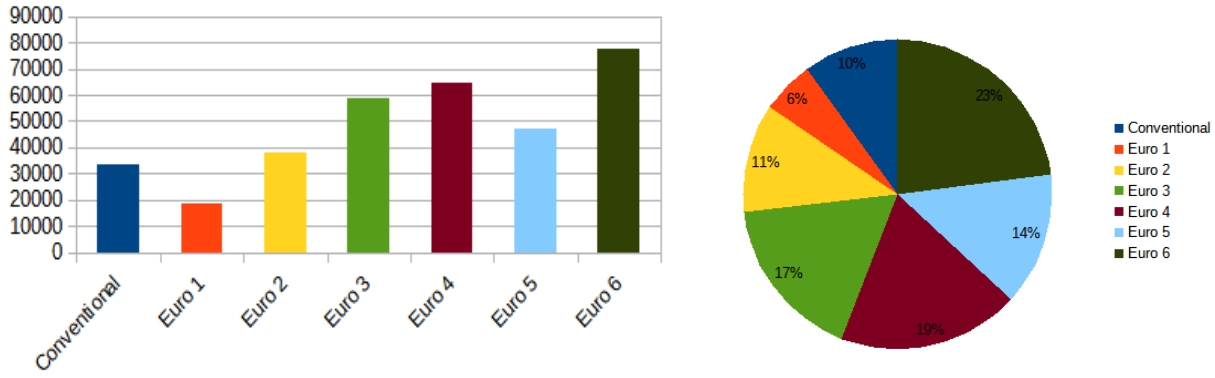


Figura 9.14 - Distribuzione veicoli leggeri < 3,5 t per classi -fonte ACI 2021

Per quanto riguarda i veicoli pesanti > 3,5 t la distribuzione è quella riportata nei diagrammi seguenti.

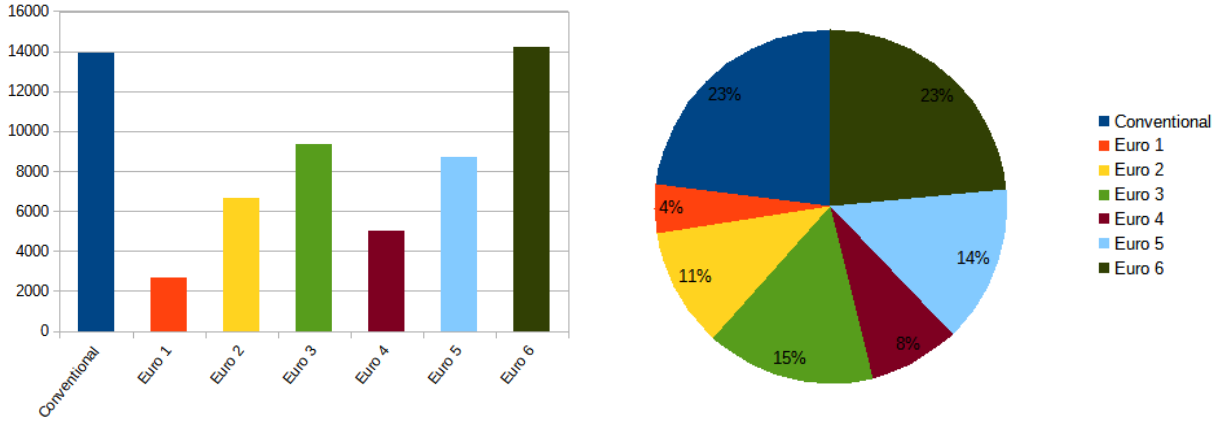


Figura 9.15 - Distribuzione veicoli pesanti > 3,5 t per classi -fonte ACI 2021

Per quanto riguarda il parco autobus destinato al Trasporto Pubblico Locale all'anno 2023 si riporta la distribuzione nei diagrammi seguenti.

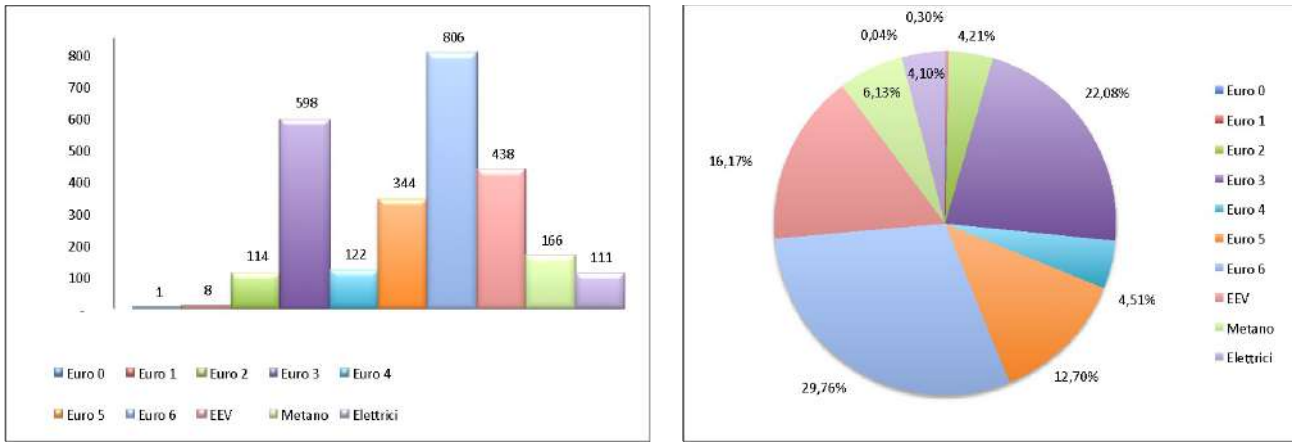


Figura 9.16 - Distribuzione autobus TPL -fonte Direzione Trasporti

9.2.2. CONTESTO EMISSIVO

Come si può osservare nelle figura 9.1 e 9.2 del paragrafo 9.1.4, il macro settore dei trasporti contribuisce in maniera significativa alle emissioni di NOx e PM10. La distribuzione delle emissioni da traffico di tali inquinanti risulta corrispondente alla rete stradale regionale principale (autostrade, strade extraurbane e strade urbane); le emissioni risultano altresì concentrate nei maggiori centri abitati in quanto, a livello comunale, è il traffico urbano a dare il maggior contributo ai ratei emissivi totali. Come già osservato nello stesso paragrafo, il contributo emissivo dei mezzi di trasporto varia in funzione della tipologia di veicolo e della sua alimentazione. Le emissioni di ossidi di azoto sono ascrivibili in particolar modo ai veicoli pesanti e alle automobili alimentate a gasolio, mentre le emissioni di PM10 sono per la maggior parte collegate alla componente di risospensione collegata a sua volta ai chilometri percorsi, indipendentemente dall'alimentazione. Risulta quindi evidente come le azioni di intervento devono avere l'obiettivo duplice di ridurre i veicoli inquinanti in circolazione, anche attraverso diverse forme di mobilità maggiormente sostenibile, e di limitarne le percorrenze. Tale azione risulta particolarmente significativa tenendo conto del contributo emissivo derivante dalla risospensione, non influenzato quindi dalla tipologia di veicoli.

9.2.3 MISURE E AZIONI

L'ambito di intervento **Mobilità e aree urbane** si articola in 6 misure e 35 azioni come rappresentato nella Tabella 9.1. Le misure di questo ambito hanno l'obiettivo di ridurre le emissioni di NOx (i trasporti a livello regionale sono responsabili del 65% delle emissioni di ossidi di azoto) e di polveri sottili.

ID MISURA	MISURA	ID AZIONE	AZIONE
Mob.M1	Attuazione pianificazione di settore	Mob.M1.A1	PUMS CMTO e Sottopiani di settore
		Mob.M1.A2	PUMS e Sottopiani di settore Città di Novara
		Mob.M1.A3	PUMS e Sottopiani di settore Città di Cuneo
		Mob.M1.A4	PUMS e Sottopiani di settore Città di Alessandria
		Mob.M1.A5	Piano regionale della mobilità e dei trasporti (PRMT) a. Piano regionale della Mobilità delle Persone (PrMoP) e Piano regionale della Logistica (PrLog) b. Piano regionale della mobilità ciclistica (PRMC)
Mob.M2	Promozione del trasporto pubblico	Mob.M2.A1a	Rinnovo parco rotabile automobilistico TPL
		Mob.M2.A1b	Promozione utilizzo HVO nel trasporto pubblico locale
		Mob.M2.A2	Rinnovo e potenziamento materiale rotabile (ferro)
		Mob.M2.A3	Sistema Ferroviario Metropolitano (SFM): incremento dei servizi
		Mob.M2.A4	Riorganizzazione dei servizi regionali di trasporto pubblico locale
		Mob.M2.A5	Potenziamento delle infrastrutture ferroviarie

ID MISURA	MISURA	ID AZIONE	AZIONE
		Mob.M2.A6	Fondo Nazionale Trasporti con finalità ambientali
Mob.M3	Riduzione dei veicoli inquinanti in circolazione e delle loro percorrenze e promozione della multimodalità	Mob.M3.A1a	Sviluppo MAAS – Mobilità come Servizio
		Mob.M3.A1b	Incentivazione all'acquisto di abbonamenti al TPL
		Mob.M3.A2a	Sostituzione dei mezzi delle flotte degli enti pubblici del territorio della Regione Piemonte
		Mob.M3.A2b	Sostegno all'acquisto di mezzi commerciali sostenibili
		Mob.M3.A3	Promozione dei servizi di sharing mobility
		Mob.M3.A4	Intelligenza Artificiale (IA) a servizio del traffico
		Mob.M3.A5	Sostegno all'adesione al servizio Move-in
		Mob.M3.A6	Aumento smart working/telelavoro per imprese private e PA
		Mob.M3.A7a	Misure strutturali – Limitazione della circolazione nei comuni > 30.000 abitanti dei veicoli Euro 5
		Mob.M3.A7b	Misure strutturali – Limitazione della circolazione nei comuni >10.000 abitanti per veicoli sino ad Euro 4
		Mob.M3.A8	Promozione della ciclabilità a. Mobilità ciclistica pendolare b. Messa in sicurezza dei ciclisti sulla rete stradale urbana ed extraurbana
		Mob.M3.A9	Riduzione delle emissioni non esauste generate dalla circolazione veicolare
Mob.M4	Potenziamento dei controlli	Mob.M4.A1	Controlli per le misure di limitazione al traffico, anche nell'ambito della fruizione del servizio Move-In
		Mob.M4.A2	Istituzione o estensione delle ZTL ambientali (progetto in corso)
Mob.M5	Interventi per la rigenerazione e riqualificazione urbana e l'adattamento degli ambiti urbani a nuove forme di mobilità sostenibile e attiva	Mob.M5.A1a	Interventi per l'adattamento degli ambiti urbani a nuove forme di mobilità sostenibile e attiva (bando in corso)
		Mob.M5.A1b	Interventi per l'adattamento degli ambiti urbani a nuove forme di mobilità sostenibile e attiva (nuovo bando)
		Mob.M5.A2	Strategia Urbane d'Area
		Mob.M5.A3	Interventi di forestazione urbana per mitigare gli effetti dell'isola di calore urbana
Mob.M6	Azioni di sistema	Mob.M6.A1	Istituzione di un osservatorio regionale per l'attuazione delle misure di qualità dell'aria
		Mob.M6.A2	Istituzione di forme di partecipazione dei cittadini sulla qualità dell'aria e sul clima
		Mob.M6.A3	Attività di formazione ed educazione sulla qualità dell'aria e

ID MISURA	MISURA	ID AZIONE	AZIONE
			sui rischi per la salute umana
		Mob.M6.A4	**Sviluppo di piattaforme telematiche e servizi di ITS (Sistemi di Trasporto Intelligenti)**
		Mob.M6.A5	**Creazione di un sistema strutturato di moblity management piemontese**
		Mob.M6.A6	**Redigere il Piano provinciale dei trasporti quale elaborato tecnico a integrazione del Piano territoriale di coordinamento provinciale (PTCP)**

Tabella 9.1 – Azioni dell'ambito "mobilità e aree urbane"

Le azioni di particolare importanza sono quelle che influiscono sulla valorizzazione e efficientamento del Trasporto Pubblico Locale (TPL) e sulla riduzione delle percorrenze dei veicoli privati. A livello di importanza nel raggiungimento degli obiettivi di riduzione emissiva, si segnalano prioritariamente due azioni: l'azione legata alla limitazione della circolazione dei veicoli che, pur essendo già attuata per i mezzi più vecchi, ad oggi si ritiene non abbia portato gli effetti sperati a causa della inefficacia dei sistemi di controllo e le azioni sul rinnovo e efficientamento del TPL e l'incremento del Fondo Nazionale Trasporti per garantire un incremento dei servizi di trasporto nei mesi di applicazione del Protocollo Antismog che costituiscono la soluzione di mobilità collettiva alternativa all'uso dell'auto privata.

MISURA MOB.M1 - ATTUAZIONE DELLA PIANIFICAZIONE DI SETTORE

Quale prima misura del PRQA si è ritenuto importante riferirsi al livello di pianificazione che rappresenta il primo indirizzo per definire la direzione da intraprendere per trasformare il territorio in un ambiente capace di accogliere e gestire una mobilità maggiormente sostenibile e a minor impatto emissivo.

L'**Attuazione della pianificazione di settore (Mob.M1)** prevede le seguenti azioni:

ATTUAZIONE DELLA PIANIFICAZIONE DI SETTORE (MOB.M1)	
Mob.M1.A1	PUMS CMTO e Sottopiani di settore
Mob.M1.A2	PUMS e Sottopiani di settoreCittà di Novara
Mob.M1.A3	PUMS e Sottopiani di settore Città di Cuneo
Mob.M1.A4	PUMS e Sottopiani di settore Città di Alessandria
Mob.M1.A5	Piano regionale della mobilità e dei trasporti (PRMT) a. Piano regionale della Mobilità delle Persone (PrMoP) e Piano regionale della Logistica (PrLog) b. Piano regionale della mobilità ciclistica (PRMC)

Tabella 9.2 – Azioni della misura "Attuazione della pianificazione di settore"

Il **Piano Urbano della Mobilità Sostenibile (PUMS) (azioni Mob.M1.A1, Mob.M1.A2, Mob.M1.A3 e Mob.M1.A4)** è un piano strategico che si propone di soddisfare la domanda di mobilità delle persone e delle imprese nelle aree urbane e peri-urbane per migliorare la qualità della vita nelle Città. Il PUMS integra gli altri strumenti di piano esistenti e segue principi di integrazione, partecipazione, monitoraggio e valutazione. Introduce inoltre il concetto di "sviluppo sostenibile" e di limite nell'uso delle risorse nel rispetto della sostenibilità, quale finalità imprescindibile. Deve perseguire almeno i seguenti obiettivi:

- garantire a tutti i cittadini opzioni di trasporto che permettano loro di accedere alle destinazioni e ai servizi chiave;
- migliorare le condizioni di sicurezza;
- ridurre l'inquinamento atmosferico e acustico, le emissioni di gas serra e i consumi energetici;
- migliorare l'efficienza e l'economicità dei trasporti di persone e merci;
- contribuire a migliorare l'attrattività del territorio e la qualità dell'ambiente urbano e della città in generale a beneficio dei cittadini, dell'economia e della società nel suo insieme.

A differenza delle tradizionali metodologie di pianificazione, il PUMS pone particolare enfasi sul coinvolgimento dei cittadini e dei portatori di interesse, sul coordinamento delle politiche e degli strumenti di piano tra settori (trasporti, urbanistica, ambiente, attività economiche, servizi sociali, salute, sicurezza, energia, ecc.), tra enti, tra livelli diversi al loro interno e sul territorio e tra istituzioni confinanti. In tale contesto anche la progettazione del sistema dei trasporti deve essere integrata con la pianificazione urbanistico economica. Inoltre, il PUMS comprende un piano di attuazione della strategia a breve termine.

I PUMS contengono in particolare due piani di settore: i Piani urbani della mobilità sostenibile (PULS o Piani metropolitani della logistica sostenibile -PMLS), previsti ai sensi del DM 397/2017, e i Biciplan, piani della mobilità ciclistica previsti dalla Legge 2/2018 art. 7. Questi piani di settore rappresentano strumenti fondamentali per la riduzione delle emissioni in atmosfera attraverso l'attivazione di azioni dirette sul territorio. In particolare, sul territorio piemontese sono stati approvati i PULS e i Biciplan della CMTO e dei Comuni di Novara, Alessandria e Cuneo che sono oggetto di singole azioni della misura "Attuazione pianificazione di settore" dell'ambito di intervento "Mobilità e aree urbane". A questi si unisce anche il Biciplan della Città di Torino.

I PULS hanno infatti l'obiettivo di individuare le strategie per la mobilità sostenibile delle merci sia per la logistica distributiva in ambito urbano che per la logistica industriale, con l'ambizione di disegnare un sistema di trasporto delle merci capace di rispondere alle necessità diffuse sul territorio di riferimento, incrementando al contempo la sostenibilità e l'efficientamento delle attività logistiche e di trasporto e favorendo nuove forme di accessibilità in grado di contenere le esternalità legate ad inquinamento atmosferico e acustico, il consumo di fonti energetiche non rinnovabili, il consumo di suolo, la congestione e l'incidentalità.

I Biciplan hanno l'obiettivo di incentivare e rendere sicuri la mobilità attiva e l'utilizzo della bicicletta come mezzo di trasporto quotidiano, ricreativo e turistico attraverso la promozione di un modello più efficiente, economico e soprattutto sostenibile di mobilità attraverso lo sviluppo di una rete ciclabile urbana ed extra - urbana che favorisca gli spostamenti legati al lavoro, alla scuola e al tempo libero, lo sviluppo del turismo e la valorizzazione del territorio attraverso la conoscenza culturale ed ambientale. I Biciplan prevedono un insieme di interventi strutturali ma anche culturali, al fine di ottenere un sostanziale equilibrio tra gli utilizzatori degli spazi pubblici, nel rispetto di tutti i soggetti coinvolti (pedoni, ciclisti, automobilisti).

E' obiettivo dei Biciplan anche la definizione di una rete ciclabile (sistematica e turistica), un sistema di intermodalità tra bicicletta e trasporto pubblico su ferro e su gomma e un programma di azioni ed interventi per l'incentivazione di scelte di mobilità attinenti agli obiettivi del PUMS e per favorire la creazione di progetti integrati di territorio.

I PUMS territoriali insieme ai loro piani di settore, PULS/PMLS e Biciplan, hanno un ruolo significativo in termini di riduzioni emissive che purtroppo non sempre corrisponde a un'adeguata copertura finanziaria. A tal proposito si evidenzia che il PRQA oltre alle azioni della misura "Attuazione pianificazione di settore" che prevede l'attuazione dei PUM e dei relativi piani di settore come approvati dai livelli di governo competenti prevede anche diverse azioni che potranno essere utilizzate dai comuni per l'attuazione dei propri piani di settore. In particolare si evidenziano le altre misure dell'ambito di intervento "Mobilità e aree urbane" e le azioni "Ind.M2.A2 - Promozione dell'eco design e nuovi modelli di business circolari" e "Ind.M2.A3 - Sostegno allo sviluppo di nuove filiere locali sostenibili" -misura "Verso l'inquinamento zero dalla produzione al consumo" e "Ind.M3.A1 - Attività di educazione ambientale volte al cambiamento dei modelli di consumo" - misura azioni di sistema dell'ambito di intervento "Attività produttive".

In quanto strumento principe di pianificazione del macroambito, tra le azioni è inserita anche l'attuazione del Piano regionale della mobilità e dei trasporti **PRMT (Mob.M1.A5)**, approvato con D.C.R. n. 256-2458/2018, che rappresenta lo strumento strategico di riferimento e i cui obiettivi sono articolati su un orizzonte temporale di lungo periodo e fissa le linee guida per lo sviluppo del settore e gli obiettivi da raggiungere al 2020, 2030 e 2050. Il PRMT e i relativi piani di settore sono descritti con maggior dettaglio nel paragrafo 2.3. Esso comprende il Piano regionale della Mobilità delle Persone (PrMoP), il Piano regionale della Logistica (PrLog) e il Piano Regionale della Mobilità Ciclistica (PRMC). Le sottoazioni di piano, pur non ponendosi obiettivi specifici di riduzioni emissive, intendono coordinarsi con quanto previsto dal PRMT ovvero promuovere un maggiore coordinamento dell'azione locale per rendere la bicicletta la scelta più conveniente per spostarsi, favorire un cambio di comportamenti e abitudini e facilitare i processi decisionali e uniformare gli interventi.

MISURA MOB.M2 - PROMOZIONE DEL TRASPORTO PUBBLICO

Poiché, come detto, il mezzo privato continua a essere la modalità di spostamento prevalente è necessario, al fine di ridurre le emissioni, indirizzarsi verso la mobilità collettiva e pianificare misure per aumentarne l'utilizzo. In questo quadro si inserisce la misura **Promozione del trasporto pubblico (Mob.M2)** che prevede diverse tipologie di azioni volte al miglioramento e alla valorizzazione del Trasporto pubblico locale (TPL) in termini di mezzi e di servizio come illustrato nella Tabella 9.3.

PROMOZIONE DEL TRASPORTO PUBBLICO (MOB.M2)	
Mob.M2.A1a	Rinnovo parco rotabile automobilistico TPL
Mob.M2.A1b	Promozione utilizzo HVO nel trasporto pubblico locale
Mob.M2.A2	Rinnovo e potenziamento materiale rotabile (ferro)
Mob.M2.A3	Sistema Ferroviario Metropolitano (SFM): incremento dei servizi
Mob.M2.A4	Riorganizzazione dei servizi regionali di trasporto pubblico locale
Mob.M2.A5	Potenziamento delle infrastrutture ferroviarie
Mob.M2.A6	Fondo Nazionale Trasporti con finalità ambientali

Tabella 9.3 – Azioni della misura "Promozione del trasporto pubblico"

La promozione del trasporto pubblico passa dal rinnovo del parco veicolare, dal potenziamento delle infrastrutture nonché dal miglioramento ed efficientamento del servizio in risposta ai bisogni dell'utenza. Gli investimenti sulla rete consentiranno di incrementare la capacità dell'infrastruttura nonché la frequenza, regolarità e offerta dei servizi ferroviari e di trasporto di massa (SFM, metropolitane e tram) ma saranno subordinati a un inevitabile incremento della spesa pubblica per nuovi servizi. Tra le criticità del settore si segnala, anche, la carenza di autisti, un fenomeno con cui le aziende del tpl si confrontano da tempo e che influisce sulla quantità e qualità del servizio di trasporto Pubblico. Sempre nell'ottica della valorizzazione del servizio di TPL, la Regione promuove la libera circolazione sulla rete piemontese della popolazione under 26 residente o domiciliata nel territorio regionale.

Le azioni **Mob.M2.A1a Rinnovo parco rotabile automobilistico TPL** e **Mob.M2.A2 Rinnovo e potenziamento materiale rotabile (ferro)** riguardano le azioni relative agli investimenti sul parco veicolare con particolare attenzione alle motorizzazioni maggiormente sostenibili.

Il parco mezzi utilizzato per i servizi di TPL in Piemonte, infatti, è costituito prevalentemente dalle flotte di autobus ma anche dal materiale rotabile per i servizi ferroviari e dai natanti utilizzati per i servizi di navigazione. Le misure di carattere ambientale negli ultimi anni hanno accelerato il processo di rinnovo che oggi rappresenta un progetto prioritario per rendere il trasporto pubblico locale non solo sostenibile ma anche più attrattivo, considerato che l'elevata età media del parco circolante (in linea con il dato nazionale) incide anche sugli aspetti di qualità e accessibilità, affidabilità e sicurezza dei servizi di trasporto.

Il rinnovo del parco circolante è un aspetto centrale della riforma nazionale del TPL (in particolare attuato con il PSNMS) per innalzare qualità e accessibilità, affidabilità e sicurezza dei mezzi e del servizio.

Le modalità di intervento sono differenti per ogni tipologia di mezzo.

Il completamento e l'attuazione dei piani di rinnovo consentiranno una forte spinta al rinnovo del parco rotabile attraverso l'acquisto di veicoli di categoria M2 o M3 delle seguenti tipologie:

- autobus ad alimentazione elettrica, a metano e a idrogeno destinati al trasporto pubblico urbano;
- autobus ad alimentazione diesel (HVO), metano, elettrico e a idrogeno destinati al trasporto pubblico extraurbano.

Il parco rotabile in sede propria è costituito da mezzi (motrici tranviarie, veicoli di metropolitana e treni) che viaggiano su rotaia e incidono in maniera inferiore sulle emissioni in atmosfera, salvo che nelle tratte non elettrificate, ma in modo significativo sulla qualità del servizio.

I treni sono sfera di competenza di Trenitalia - Divisione Passeggeri Regionale; nell'ambito dei contratti di servizio stipulati, il committente (Regione) oltre alle caratteristiche del servizio, stabilisce anche la tipologia del materiale rotabile (tipi di treni, il numero di carrozze). La Regione può inoltre contribuire con risorse proprie al rinnovo del parco.

Il contratto per il Servizio Ferroviario Metropolitano (SFM) tra l'Agenzia della Mobilità Piemontese e Trenitalia (2021 - durata 15 anni) garantisce l'intero rinnovo del materiale rotabile per il SFM e la messa in esercizio di diverse tipologie di caratteristiche e prestazioni, adeguate al servizio da svolgere.

Il contratto per il Servizio Ferroviario Regionale (SFR) tra Agenzia della Mobilità Piemontese e Trenitalia (2022 - durata 10 anni) prevede l'immissione in servizio di 9 treni Rock (di cui 6 finanziati da Regione), elettrotreni ad alta capacità destinati ai servizi regionali veloci, e di 24 treni Pop (di cui 21 finanziati da Regione), elettrotreni a media capacità destinati ai servizi regionali.

Le motrici tranviarie e i veicoli di metropolitana sono, invece, sfera di azione del Comune.

L'attuale programmazione (2020-2025) prevede un rinnovo del parco mezzi su gomma di circa 700 unità, di cui circa 300 già immatricolate e risultanti dalla banca dati TPL Piemonte, e 37 treni entro il 2025.

L'azione **Mob.M2.A1b Promozione utilizzo HVO nel trasporto pubblico locale** intende incentivare l'utilizzo di HVO quale combustibile alternativo in sostituzione a quelli tradizionali.

A livello nazionale da più parti è stata auspicata l'ammissibilità dei biocarburanti, anche perché il nostro Paese rappresenta un'eccellenza tecnologica, in particolare sul fronte della ricerca. L'industria italiana è al secondo posto in Europa per capacità produttiva di biodiesel con un valore che si aggira intorno 2.000.000 ton/anno, valore in crescita alla luce dei nuovi investimenti in itinere da parte di aziende nazionali. Lo sviluppo dell'azione che potrebbe coinvolgere in via sperimentale in prima battuta i mezzi del TPL, è condizionato all'evoluzione delle normative europee, all'effettiva evoluzione del mercato e dell'omologazione dei motori nonché alla disponibilità di una chiara letteratura in materia di riduzioni emissive.

L'efficientamento e la valorizzazione del servizio è invece affidata all'attuazione delle azioni **Mob.M2.A3 Sistema Ferroviario Metropolitano (SFM): Incremento dei servizi**, **Mob.M2.A4 Riorganizzazione dei servizi regionali di trasporto pubblico locale** e **Mob.M2.A5 Potenziamento delle infrastrutture ferroviarie**.

L'azione **Mob.M2.A3** contiene le ulteriori previsioni di sviluppo del SFM volte a rendere più fluida la circolazione, potenziare i collegamenti sulle principali direttrici e garantire un'accessibilità sempre più capillare nell'area metropolitana con l'attivazione di nuove stazioni e di nuovi servizi. Informazione e incentivi sono strumenti per promuovere un cambiamento comportamentale, in persone e imprese, verso un futuro incentrato sulla sostenibilità.

L'accessibilità ferroviaria al nodo di Torino riveste, da sempre, un ruolo determinante perché significa agganciare il territorio ai corridoi veloci e costruire la rete principale per la mobilità sostenibile di medio – lungo raggio. In questo contesto il completamento del Passante Ferroviario di Torino ha consentito di raggiungere stazioni dove scambiare con servizi di trasporto pubblico locale su gomma o trovare servizi di carattere complementare (condivisi, sharing e pooling, bici-stazioni) e potrà contribuire progressivamente a ricondurre a un ruolo sempre più marginale gli spostamenti motorizzati e il conseguente inquinamento. Oltre a interventi di upgrade tecnologico del Nodo di Torino, per completare le potenzialità della rete metropolitana, si intende anche perfezionare il trasferimento al Patrimonio indisponibile dello Stato (ai sensi del DL. 50/2017 art. 47, comma 5) delle linee ferroviarie Torino-Ceres e Settimo-Pont (Canavesana) per affidarle a RFI nell'intento di garantire una gestione unitaria del SFM e incrementare i livelli di sicurezza a beneficio dell'intero sistema del trasporto pubblico locale.

Gli interventi previsti sono quelli contenuti nel Contratto di Programma RFI – Investimenti e consentiranno di incrementare la capacità dell'infrastruttura e la frequenza dei treni, nonché la regolarità e offerta del SFM, ma sono subordinati a un inevitabile incremento della spesa pubblica per nuovi servizi.

L'azione **Mob.M2.A4** intende operare la riprogrammazione dei servizi esistenti (ferro e gomma) secondo criteri di gerarchizzazione e integrazione per rispondere alla domanda di spostamento tra poli e nei bacini di mobilità e connetterli al meglio ai corridoi veloci.

L'offerta ferroviaria è la base di riferimento sulla quale integrare i servizi su gomma. Oggetto di riprogrammazione sono le linee del servizio su gomma, gli orari e le diverse tariffe che spesso limitano l'utente nell'uso dei servizi di TPL o innescano forme di "concorrenza" tra servizi finanziati dallo stesso ente pubblico.

Le azioni di incremento del servizio (**Mob.M2.A3 e Mob.M2.A4**) sono particolarmente dispendiose: al progressivo rilascio di nuove infrastrutture, derivanti dagli investimenti nelle infrastrutture per migliorare o incrementare ferrovie, metropolitane o tram corrisponde una crescita dei servizi e una maggiore spesa per l'esercizio (maggiori costi operativi) a cui però, di norma, non segue un adeguato incremento del Fondo Nazionale Trasporti (FNT) che, alimentato dalla fiscalità generale, già non copre tutta la spesa storica.

Anche l'azione **Potenziamento delle infrastrutture ferroviarie (Mob.M2.A5)** riveste un ruolo fondamentale nella promozione del trasporto pubblico. Il trasporto ferroviario gioca, infatti, un ruolo determinante sia in termini di copertura geografica delle reti sia di frequenza dei servizi, tempi di viaggio e costi, ed è un modello vincente perché capace di ridurre progressivamente a un ruolo sempre più marginale gli spostamenti privati motorizzati e il conseguente inquinamento. Attuare questo modello richiede opere di upgrade, tecnologico e infrastrutturale, su gran parte delle direttrici esistenti che consentiranno di accrescere i livelli di capacità del trasporto pubblico locale e avranno come conseguenza un inevitabile incremento della spesa pubblica per potenziare l'offerta di servizi di trasporto e migliorare la qualità, l'efficacia e l'appetibilità.

Gli interventi sono inseriti nel Contratto di Programma RFI – Parte investimenti definiti con lo Stato per lo sviluppo e la manutenzione della rete (durata quinquennale; aggiornamento annuale). La Regione partecipa ai tavoli di confronto istituzionale in quanto ente di governo del territorio.

L'azione **Mob.M2.A6 Fondo Nazionale Trasporti con finalità ambientali** tiene conto del contributo che il settore trasporti offre alla riduzione degli inquinanti e degli effetti anche di tipo "economico" (quantificabili in una mancata infrazione dei limiti imposti a livello europeo) e propone di creare di un incremento del FNT con finalità ambientali per garantire un incremento dei servizi di trasporto nei mesi di applicazione del Protocollo Antismog (cosiddetto Semaforo) attivo dal 1 ottobre al 31 marzo di ogni anno, per l'intera periodo di durata dei contratti (regolatori del servizio).

Poiché le risorse attribuite nelle varie forme alle Regioni per la gestione del servizio TPL presentano uno stanziamento che dovrà essere adeguato all'espletamento di servizi efficienti e completi e non contemplano finanziamenti aggiuntivi per i nuovi servizi che si andranno ad attivare a seguito dei graduali rilasci infrastrutturali di nuove linee, al fine di sviluppare le suddette azioni connesse alla qualità ed efficienza del servizio, è stato ritenuto necessario introdurre l'azione di competenza statale che dà la possibilità di avviare politiche di miglioramento e valorizzazione del servizio garantendone qualità, efficienza e uno spostamento modale verso una mobilità a minor impatto emissivo.

Sul punto si segnala che la Regione Piemonte ha avviato nel 2024 un ricorso di illegittimità costituzionale dei criteri di ripartizione del Fondo Nazionale Trasporti al fine di addivenire a una distribuzione uniforme ed equa. Tuttavia, considerato l'esito negativo del ricorso, la Regione si aspetta una probabile riduzione delle risorse trasferite.

L'azione è stata anche inserita nell'elenco delle azioni di cui tenere conto in occasione dell'aggiornamento del Piano d'azione nazionale per il miglioramento della qualità dell'aria.

MISURA MOB.M3 - RIDUZIONE DEI VEICOLI INQUINANTI IN CIRCOLAZIONE E DELLE LORO PERCORRENZE E PROMOZIONE DELLA MULTIMODALITA'

Vista la preponderanza dell'uso del veicolo privato per gli spostamenti quotidiani e l'analisi del parco veicolare regionale, diventa imprescindibile per la riduzione delle emissione connesse ai trasporti la misura **Mob.M3 Riduzione dei veicoli inquinanti in circolazione e delle loro percorrenze** con le sue specifiche azioni.

RIDUZIONE DEI VEICOLI INQUINANTI IN CIRCOLAZIONE E DELLE LORO PERCORRENZE E PROMOZIONE DELLA MULTIMODALITA' (Mob.M3)	
Mob.M3.A1	a. Sviluppo MAAS – Mobilità come Servizio
	b. Incentivazione all'acquisto di abbonamenti al TPL
Mob.M3.A2	a. Sostituzione dei mezzi delle flotte degli enti pubblici del territorio della Regione Piemonte
	b. Sostegno all'acquisto di mezzi commerciali sostenibili
Mob.M3.A3	Promozione dei servizi di sharing mobility
Mob.M3.A4	Intelligenza Artificiale (IA) a servizio del traffico
Mob.M3.A5	Sostegno all'adesione al servizio Move-in
Mob.M3.A6	Aumento smart working/telelavoro per imprese private e PA
Mob.M3.A7a	Misure strutturali – Limitazione della circolazione nei comuni > 30.000 abitanti dei veicoli Euro 5
Mob.M3.A7b	Misure strutturali – Limitazione della circolazione nei comuni >10.000 abitanti per veicoli sino ad Euro 4
Mob.M3.A8	Promozione della ciclabilità a. Mobilità ciclistica pendolare b. Messa in sicurezza dei ciclisti sulla rete stradale urbana ed extraurbana
Mob.M3.A9	Riduzione delle emissioni non esauste generate dalla circolazione veicolare

Tabella 9.4 – Azioni della misura "Riduzione dei veicoli inquinanti in circolazione e delle loro percorrenze"

La progressiva diffusione del **MaaS (Mobilità come Servizio) (Mob.M3.A1a)** consente di trasformare le abitudini di mobilità grazie all'uso delle piattaforme digitali che offrono ai cittadini un accesso semplificato e inclusivo a varie opzioni di mobilità on-demand in combinazione con il trasporto pubblico per soddisfare le diverse esigenze e favorire l'utilizzo di mezzi di trasporto più sostenibili, limitando il ricorso alla mobilità individuale e riducendo gli impatti negativi del traffico automobilistico.

Per gli utenti il MaaS è la possibilità di accedere in modo semplice e integrato ai differenti servizi di trasporto e sosta (trasporto pubblico locale, taxi, car sharing, bike-sharing, scooter-sharing, ride-sharing, noleggio auto, parcheggi di interscambio, etc.) tramite l'utilizzo di un singolo canale digitale e scegliere la migliore soluzione di viaggio sulla base delle proprie esigenze. Per l'amministrazione regionale il MaaS è un obiettivo strategico fra le iniziative di semplificazione digitale dei servizi regionali per cittadini, imprese e amministrazioni pubbliche e passa attraverso l'implementazione di un'unica piattaforma tecnologica che abiliti l'integrazione tra le diverse opzioni di mobilità sia in termini di pianificazione del viaggio sia in termini di prenotazione e pagamento dei servizi tramite unico abbonamento o borsellino elettronico. In questa prospettiva evolutiva giocano

un ruolo chiave i Sistemi di Trasporto Intelligenti (Intelligent Transport Systems – ITS per la gestione, il monitoraggio e il controllo delle reti di trasporto e dei servizi) ma il vero successo del MaaS dipenderà dalla capacità degli operatori di offrire il maggior livello di integrazione possibile tra i servizi disponibili, pubblici e privati, permettendo agli utenti di soddisfare i bisogni di mobilità individuali in maniera semplice, accessibile, flessibile e personalizzata.

L'azione ha l'obiettivo di centralizzare dati e informazioni relativi alla viabilità, ai servizi TPL e progressivamente a tutti i servizi di mobilità (condivisa, ciclabile, elettrica, ecc.), diffondere servizi di informazione multicanale sulla mobilità per facilitare la pianificazione degli spostamenti da parte dei cittadini che si muovono sul territorio regionale. I progetti di sviluppo sono finalizzati a fare evolvere i servizi di infomobilità in ottica di piattaforma abilitante verso terze parti attraverso open data e open API (Application Programming Interface - Interfaccia di Programmazione di una Applicazione), secondo il paradigma MaaS e interoperabile con gli standard della futura piattaforma nazionale.

Il MaaS consentirà di sperimentare l'applicazione di incentivi a favore di specifiche categorie di utenza e nei confronti dei cittadini che effettuano scelte di mobilità più sostenibili affinché, anche attraverso cashback, sconti, voucher, ecc., si possano orientare le scelte degli utenti creando una maggiore consapevolezza e ponendo le basi per il raggiungimento di obiettivi sociali e ambientali.

Si affianca a quest'azione anche la **Mob.M3.A3 Promozione dei servizi di sharing mobility** volta ad incentivare e sostenere la diffusione dei *servizi di sharing mobility*, prevalentemente ad alimentazione elettrica o muscolare, complementari ai servizi di trasporto pubblico locale e regionale ed in particolare l'attuazione e la promozione, la messa a disposizione, il rafforzamento e il potenziamento di:

- *servizi di vehicle sharing*, sia con modello operativo station-based che free-floating, compresa l'estensione geografica e/o oraria dell'area di copertura di servizi di vehicle sharing già attivati;

- *servizi di carpooling,* quale misura di mobility management aziendale o di ente;

- *servizi di Demand Responsive Transport* (DRT);

- altri servizi complementari e incentivanti rispetto ai servizi di mobilità condivisa e innovativa.

A tal riguardo si segnala l'iniziativa "Sperimentazione dei servizi di Sharing Mobility sul territorio regionale" in attuazione del Decreto-Legge 16 giugno 2022, n.68 che individua le risorse per il finanziamento dei progetti destinati a promuovere i succitati servizi di sharing mobility.

Parallelamente al MaaS e allo Sharing, un'altra leva significativa per spostare le persone, e quindi una quota di mobilità da quella privata a quella collettiva, sul trasporto pubblico è sicuramente rappresentata dall'azione **Incentivazione all'acquisto di abbonamenti al TPL (Mob.M3.A1b).**

L'introduzione di forme evolute di sistemi di pagamento nel TPL può rappresentare anche un efficace sistema, non solo di controllo, della mobilità, poiché consente all'azienda di acquisire informazioni sull'utenza e, quindi, di poter migliorare e rendere flessibili i servizi pubblici in base alle diversificate esigenze dei viaggiatori, di contenere i costi e ottimizzare i suoi rendimenti e quindi connettersi nell'attuazione anche alla misura Mob.M2.

La scelta di politiche tariffarie contenute e incentivanti da parte delle aziende di TPL, finalizzata ad offrire un servizio accessibile a tutti, dovrebbe infatti scoraggiare l'utilizzo del mezzo privato per contribuire alla tutela ambientale, congiuntamente all'impiego di mezzi di trasporto più ecologici e, inoltre, ridurre il fenomeno del free riding, modus comportamentale individuale opportunistico che lede il benessere sociale con costi gravanti sull'intera collettività.

Le azioni **Mob.M3.A2a Sostituzione dei mezzi delle flotte degli enti pubblici del territorio della Regione Piemonte e Mob.M3.A2b Sostegno all'acquisto di mezzi commerciali sostenibili** riguardano invece l'obiettivo di rinnovo del parco veicolare piemontese che risulta particolarmente vetusto rispetto ai veicoli circolanti nelle altre regioni del bacino padano.

Le azioni prevedono politiche di incentivazione alla sostituzione del mezzo ponendo attenzione anche alla fidelizzazione alle nuove motorizzazioni più sostenibili. Si deve tenere inoltre in considerazione che sostenere i mezzi a basso impatto ambientale rappresenta anche un'opportunità dal punto di vista industriale per l'implementazione, lo sviluppo e la produzione di tali veicoli e dei relativi componenti.

Sarà importante, inoltre, coordinare in modo sempre più attento le iniziative di livello regionale con quelle poste in atto dal livello nazionale, nonché approfondire dal punto di vista tecnico l'efficacia e l'applicabilità delle tecnologie emergenti, quali ad esempio quelle volte al revamping e alla conversione dei mezzi diesel, ai fini dell'attivazione di specifiche misure.

Anche la fluidificazione del traffico, peraltro già in atto almeno sulla città di Torino, può avere un'efficacia rispetto alla riduzione emissiva. Per questo motivo è stata prevista l'azione **Mob.M3.A4 Intelligenza Artificiale (IA) a servizio del traffico.**

L'applicazione dell'IA e degli smart sensors (digital twin) alla gestione semaforica delle principali città e agglomerati piemontesi potrebbe, sulla base di quanto quantificato in letteratura scientifica, ridurre in maniera sensibile le emissioni di ossidi di azoto e di polveri.

A tal proposito, Regione Piemonte avvierà alcune sperimentazioni locali, al fine di valutare l'efficacia di tale azione in termini di riduzione emissiva. In funzione dei risultati della sperimentazione l'azione potrà essere attuata in tutti i comuni con popolazione maggiore di 30.000 abitanti.

Sono state inserite nel Piano altre quattro azioni finalizzate esplicitamente alla riduzione delle percorrenze e all'incremento delle modalità di spostamento con mezzi e scelte alternative, da raggiungere anche attraverso una maggiore consapevolezza delle scelte di mobilità: le azioni **Mob.M3.A5 Sostegno all'adesione al servizio Move-in (progetto in corso), Mob.M3.A6 Aumento smart working/telelavoro per imprese private e PA, Mob.M3.A7 *Misure strutturali – Limitazione della circolazione nei comuni > 30.000 abitanti dei veicoli Euro 5, Mob.M3.A7b* Misure strutturali alla limitazione della circolazione** e **Mob.M3.A8 Promozione della ciclabilità.**

MOVE IN (MOnitoraggio dei VEicoli Inquinanti) è il progetto sperimentale di Regione Lombardia, adottato e avviato anche da Regione Piemonte nel 2021 e successivamente anche in Regione Emilia Romagna e in Regione Veneto oltreché dal Comune di Milano, con il quale sono promosse, nel quadro della disciplina regionale per il miglioramento della qualità dell'aria mediante specifici servizi, modalità innovative per il controllo delle emissioni degli autoveicoli attraverso il monitoraggio delle percorrenze, tenendo conto dell'uso effettivo del veicolo e dello stile di guida adottato. A seguito dei primi due anni di raccolta ed elaborazione dei dati dei veicoli aderenti al servizio è stato possibile evidenziarne l'efficacia da un punto di vista emissivo e di incremento della consapevolezza degli utenti del sistema. Nel corso del 2024 è stata inoltre sviluppata una piattaforma multiregionale per monitorare l'attuazione del servizio.

Per tale motivo è stata inserita un'azione **Mob.M3.A5 Sostegno all'adesione al servizio Move-in** per sostenere l'adozione di tale servizio anche al fine di raccogliere un numero sufficiente di dati utili alla definizione di nuove politiche di mobilità.

L'incremento dello smart working e del telelavoro ha subito una notevole accelerazione rispetto alle previsioni contenute nel PRQA 2019, tenuto conto delle conseguenze e dei risultati del massivo utilizzo di tali modalità di lavoro nel periodo di pandemia da COVID 19.

La sfida attuale per le Amministrazioni e le imprese è dunque quella di consolidare e accompagnare quella che si è rivelata una vera e propria rivoluzione culturale. E' una nuova filosofia manageriale fondata sulla restituzione alle persone di flessibilità e autonomia nella scelta degli spazi, degli orari e degli strumenti da utilizzare, a fronte di una maggiore responsabilizzazione sui risultati. Si tratta di un approccio che presuppone una revisione del modello organizzativo e il ripensamento delle modalità che caratterizzano il lavoro, e che si ripercuote anche sull'organizzazione degli spazi, che devono essere ripensati e sempre più ispirati ai principi di flessibilità, virtualizzazione, collaborazione tra le persone. L'azione **Mob.M3.A6 Aumento smart working/telelavoro per imprese private e PA** intende supportare lo sviluppo del suddetto cambiamento culturale e sviluppare l'analisi e strumenti in grado di monitorare le ricadute organizzative e di impatto ambientale.

Relativamente all'azione **Mob.M3.A7a** e **Mob.M3A7b** di limitazione alla circolazione il Piano conferma le misure di limitazione alla circolazione dei veicoli più inquinanti già vigenti e ne prevede il potenziamento al 2025 come previsto dalla la legge di conversione 6 novembre 2023, n. 155 recante: «Misure urgenti in materia di pianificazione della qualità dell'aria e limitazioni della circolazione stradale». La misura concorre alla riduzione dei flussi di traffico e quindi del carico inquinante dei veicoli circolanti, favorendo, in parte, anche il rinnovo del parco veicolare.

La limitazione della circolazione si applica ai "centri abitati" come definiti ai sensi del Codice della Strada (D.Lgs. 30 aprile 1992, n. 285, art. 3): «insieme di edifici, delimitato lungo le vie di accesso dagli appositi segnali di inizio e fine. Per insieme di edifici si intende un raggruppamento continuo, ancorché intervallato da strade, piazze, giardini o simili, costituito da non meno di venticinque fabbricati e da aree di uso pubblico con accessi veicolari o pedonali sulla strada». Il dettaglio delle limitazioni previste è riportato nelle schede di misura e nelle Norme tecniche di attuazione.

Il tema della ciclabilità, già affrontato nella misura 1 in termini di pianificazione con i Biciplan comunali e della città metropolitana di Torino, in questa sezione si propone con un'accezione attuativa con l'azione **Mob.M3.A8 Promozione della ciclabilità.** L'azione parte dal Piano regionale della mobilità ciclistica (PRMC) - Documento del PRMT ai sensi della Legge n. 2/2018 art. 5- con azioni volte a interventi strategici di ciclabilità (5 milioni di euro) e interventi per la messa in sicurezza della categoria dei ciclisti sulla rete stradale urbana ed extraurbana per arrivare alle attività di potenziamento delle infrastrutture previste dal PR F.E.S.R. 2021/2027 - Priorità III. Mobilità urbana sostenibile e altre fonti di finanziamento che contribuiranno attraverso lo shift modale al miglioramento della qualità dell'aria.

L'Azione **Mob.M3.A9 Riduzione delle emissioni non esauste generate dalla circolazione veicolare**, infine, pone l'attenzione alle emissioni da particolato atmosferico (PM) generato dall'usura di freni, frizioni, pneumatici e superfici stradali, nonché dalla sospensione di polvere stradale, il cui peso in termini di emissioni ha aumentato di rilevanza negli ultimi anni.
Prevede, pertanto, l'avvio di attività sperimentali per verificare l'efficacia delle differenti tecnologie disponibili per la riduzione delle suddette emissioni , quali ad esempio i filtri antiparticolato, montati sui freni dei veicoli, capaci di ridurre anche dell'80% le emissioni da tale sorgente di tipo "non exhaust". In funzione dei risultati della sperimentazione, l'azione potrà essere attuata in tutti i comuni con popolazione maggiore di 30.000 abitanti, o comunque negli ambiti urbani ove persistono situazioni di criticità.

MISURA MOB.M.4 - POTENZIAMENTO DEI CONTROLLI

Le azioni relative alla riduzione delle percorrenze, MOVE IN e limitazione alla circolazione, sono di fatto inefficaci in assenza della misura **Mob.M4 Potenziamento dei controlli** che è stata introdotta a seguito delle misure straordinarie individuate nel 2021 e che comprende le azioni rappresentate in tabella 9.5.

POTENZIAMENTO DEI CONTROLLI (O.1.M4)	
Mob.M4.A1	Controlli per le misure di limitazione al traffico, anche nell'ambito della fruizione del servizio Move-In
Mob.M4.A2	Istituzione o estensione delle ZTL ambientali (progetto in corso)

Tabella 9.5 – Azioni della misura "Potenziamento dei controlli"

Il Piano prevede un potenziamento dei controlli su strada con un approccio graduale che porta a garantire l'efficacia delle limitazioni alla circolazione veicolare per motivi ambientali di cui alle azioni Mob.M.3.A.7a e Mob.M.3.A.7b, sui dei veicoli che accedono e circolano nell'area interessata dalle limitazioni stesse, quindi estese al centro abitato come definito ai sensi del Codice della Strada (D.Lgs. 30 aprile 1992, n. 285, art. 3). L'azione **Mob.M4.A1 Controlli per le misure di limitazione al traffico, anche nell'ambito della fruizione del servizio Move-In** introduce un programma di controllo che definisce le modalità e i sistemi di controllo, definito e attuato dai Comuni. L'azione **Mob.M4.A2 Istituzione o estensione delle ZTL ambientali (progetto in corso)** invece descrive un'attività in corso di ampliamento su base volontaria delle ZTL ambientali. L'attività è già stata avviata sul territorio regionale e le azioni mirano da un lato al monitoraggio dei controlli e della loro efficacia e, a medio termine, al cambiamento delle abitudini di mobilità attraverso un controllo automatizzato come tra l'altro avviene nelle principali città italiane ed europee. Per i dettagli si rimanda alle schede delle azioni e alle norme tecniche di attuazione.

MISURA MOB.M.5 – INTERVENTI PER LA RIGENERAZIONE E LA RIQUALIFICAZIONE URBANA E L'ADATTAMENTO DEGLI AMBITI URBANI A NUOVE FORME DI MOBILITÀ SOSTENIBILE E ATTIVA

La Regione Piemonte, in continuità con quanto già attuato e avviato, sta attivamente promuovendo diverse iniziative per migliorare le condizioni di vivibilità cittadina e per sviluppare una mobilità attiva che assicuri una maggiore sicurezza per la circolazione ciclistica, che promuova i trasferimenti sostenibili casa – lavoro e casa scuola, e in generale favorisca l'avvicinamento dei cittadini a scelte di mobilità consapevoli anche in funzione del miglioramento della qualità ambientale e della salute della comunità stessa.

Inoltre a seguito del contesto emergenziale sanitario, sociale, economico e ambientale provocato dal COVID 19, è risultato ancora più necessario programmare iniziative incisive di mobilità che abbiano l'obiettivo di trasferimento modale, incentivando modalità di trasporto urbano sulle brevi e medie distanze che siano alternative all'automobile privata che rappresentino una possibilità funzionale di intermodalità con il trasporto pubblico su ferro e su gomma.

La finalità di questa misura è la realizzazione di interventi in ambito urbano attraverso l'applicazione di principi di mobilità sostenibile, qualità urbana, inclusione sociale, economia circolare, decarbonizzazione e adattamento ai cambiamenti climatici.

In questo modello di "città di prossimità" o "città dei quindici minuti", la diffusione dei servizi al cittadino si sviluppa a livello di "quartiere", dove i servizi sanitari, scolastici, culturali, ricreativi, sportivi, commerciali, ecc. devono essere raggiungibili in non più di quindici minuti, a piedi o in bicicletta.

In tale contesto la misura **Mob.M5 *Interventi per la rigenerazione e riqualificazione urbana e l'adattamento a nuove forme di mobilità sostenibile e attiva*** prevede la realizzazione di interventi in ambito urbano attraverso l'applicazione di principi di mobilità sostenibile, qualità urbana, inclusione sociale, economia circolare, decarbonizzazione e adattamento ai cambiamenti climatici attraverso i bandi di finanziamento di seguito descritti:

INTERVENTI PER LA RIGENERAZIONE E RIQUALIFICAZIONE URBANA E L'ADATTAMENTO DEGLI AMBITI URBANI A NUOVE FORME DI MOBILITÀ SOSTENIBILE E ATTIVA (Mob.M.5)	
Mob.M5.A1a	Interventi per l'adattamento degli ambiti urbani a nuove forme di mobilità sostenibile e attiva (bando in corso)
Mob.M5.A1b	Interventi per l'adattamento degli ambiti urbani a nuove forme di mobilità sostenibile e attiva (nuovo bando)
Mob.M5.A2	Strategia Urbane d'Area
Mob.M5.A3	Interventi di forestazione urbana per mitigare gli effetti dell'isola di calore urbana

Tabella 9.6 – Azioni della misura "Interventi per la rigenerazione e la riqualificazione urbana e l'adattamento degli ambiti urbani a nuove forme di mobilità sostenibile e attiva"

Le azioni **Interventi per l'adattamento degli ambiti urbani a nuove forme di mobilità sostenibile e attiva Mob.M5.A1a (bando in corso)** e **Interventi per l'adattamento degli ambiti urbani a nuove forme di mobilità sostenibile e attiva (nuovo bando) Mob.M5.A.1b** hanno l'obiettivo di promuovere azioni dirette a migliorare la qualità della vita dei cittadini attraverso specifiche azioni programmatiche tra le quali particolarmente efficaci sono quelle dirette a promuovere il tema della mobilità sostenibile urbana e della trasformazione degli spazi pubblici attraverso la realizzazione di percorsi ciclabili e aree pedonali, programmi di riforestazione urbana e realizzazione di interventi di depavimentazione e implementazione delle infrastrutture verdi.

Le **Strategia Urbane d'Area Mob.M5.A2** rappresentano un complesso di interventi ed azioni concepiti in modo organico e coordinato tra loro, finalizzate ad attivare dinamiche di riqualificazione territoriale, rigenerazione urbana ed ecologica e di valorizzazione del patrimonio turistico, culturale ed architettonico. Sono individuate secondo l'analisi delle esigenze di sviluppo e delle potenzialità e criticità dell'area interessata al fine di valorizzare i territori, migliorarne la qualità ambientale, sociale, culturale-paesaggistica e la sua attrattività.

Sempre più studi scientifici hanno rilevato come la vegetazione possa giocare un ruolo significativo nella riduzione dei livelli di inquinanti atmosferici (soprattutto ozono e polveri sottili); inoltre, grazie alla piantumazione, si favorisce il miglioramento della qualità dell'aria perché, attraverso il processo di fotosintesi, gli alberi assorbono anidride carbonica (CO_2) e restituiscono ossigeno.

L'azione **Mob.M5.A3 Interventi di forestazione urbana per mitigare gli effetti dell'isola di calore urbana** prevede il consolidamento e l'avvio di tutta una serie di interventi che possano migliorare la qualità del verde urbano e metropolitano anche attraverso la piantumazione di specie arboree idonee al contesto territoriale, più resistenti agli stress climatici e più efficienti dal punto di vista della rimozione degli inquinanti. Con tale azione si intende altresì valorizzare gli interventi che sostengono la pianificazione e la progettazione delle aree verdi idonee a scala di area vasta, con priorità ai territori a maggiore densità di popolazione, quale l'area metropolitana torinese.

MISURA MOB.M6 - AZIONI DI SISTEMA

La misura è articolata in 6 azioni che affrontano le diverse attività che non hanno un impatto diretto sulle riduzioni emissive ma che supportano l'attuazione e il monitoraggio delle altre azioni attraverso:

- il cambiamento culturale necessario anche attraverso la condivisione delle criticità e la coprogettazione degli indirizzi strategici;
- la conoscenza del fenomeno;
- la cooperazione tra Enti locali per trasformare concetti globali in azioni locali.

AZIONI DI SISTEMA (Mob.M7)	
Mob.M6.A1	Istituzione di un osservatorio regionale per l'attuazione delle misure di qualità dell'aria
Mob.M6.A2	Istituzione di forme di partecipazione dei cittadini sulla qualità dell'aria e sul clima
Mob.M6.A3	Attività di formazione ed educazione sulla qualità dell'aria e sui rischi per la salute umana
Mob.M6.A4	Sviluppo di piattaforme e servizi di ITS (Sistemi di Trasporto Intelligenti)
Mob.M6.A5	Creazione di un sistema strutturato di mobility management piemontese
Mob.M6.A6	Redazione del Piano provinciale dei trasporti quale elaborato tecnico a integrazione del Piano territoriale di coordinamento provinciale (PTCP)

Tabella 9.7 – Azioni della misura "Azioni di sistema"

Esistono molti modi per agevolare il cambiamento, ma nessuno è in grado di fornire lo stesso livello di ispirazione, comfort e incisività come lo scambio tra soggetti che si ritengono pari.

La collaborazione tra città diventa fondamentale per ottenere risultati efficaci in termini di efficacia funzionale, impatti climatici e qualità della vita. Un'enorme quantità di conoscenze teoriche e pratiche è oggi disponibile, con numerose città che hanno dedicato decenni allo sviluppo della propria mobilità in ambito urbano e, in generale, allo sviluppo sostenibile e ad azioni per ridurre le emissioni in atmosfera.

Tuttavia, molte città non hanno i mezzi per accedere a queste conoscenze. Regione Piemonte è posizionata esattamente al centro di queste relazioni, il nodo nevralgico e propulsivo di un meccanismo che consente alle città di concentrarsi esclusivamente sul lavoro in un contesto paritario e di reciproca fiducia. Affrontando non solo le problematiche relative alla mobilità ciclabile ma anche tutte quelle affini, espandendo il campo d'azione ad una gamma più ampia di soluzioni emergenti per la mobilità personale e collettiva, tra cui solo per fare qualche esempio il trasporto pubblico, la mobilità condivisa, la micro-mobilità, innovativi mezzi di trasporto per merci, le ZTL, nonché l'integrazione delle Zone 30.

In tale contesto si inseriscono le azioni di **Istituzione di un osservatorio regionale per l'attuazione delle misure di qualità dell'aria (azione Mob.M6.A1)** e **di Forme di partecipazione dei cittadini sulla qualità dell'aria e sul clima (azione Mob.M6.A2)**.

Anche l'azione **Mob.M6.A3 Attività di formazione ed educazione sulla qualità dell'aria e sui rischi per la salute umana** rientra nel contesto che vede consapevolezza e cambiamento culturale al centro per poter adottare stili di vita e comportamenti che determinano una riduzione delle emissioni di inquinanti in atmosfera. L'azione prevede la redazione di una strategia di comunicazione, formazione ed educazione sulle tematiche della qualità dell'aria, integrato con le

strategie di comunicazione dei settori connessi al fine di garantire un maggior coordinamento tra le iniziative regionali e dei diversi livelli istituzionali. In attuazione della strategia si avvieranno quindi iniziative, corsi di formazione ed educazione rivolti a tutte le tipologie di stakeholder (studenti, tecnici pubblici e privati, cittadinanza) al fine di incentivare e produrre comportamenti virtuosi e promuovere le buone pratiche sulla qualità dell'aria.

Le due misure saranno inoltre sinergiche con l'Osservatorio sui Cambiamenti Climatici, la cui attivazione avverrà a seguito dell'applicazione della Misura FESR OP2 espressamente dedicata e con il Gruppo di lavoro interdirezionale regionale che si occupa delle azioni sul clima, assicurando la condivisione delle azioni comuni.

Nell'ambito della "multimodalità", una forma di mobilità che si realizza grazie all'uso combinato di differenti mezzi di trasporto, un ruolo determinante è svolto dai **Sviluppo di piattaforme e servizi di ITS (Sistemi di Trasporto Intelligenti) Mob.M6.A4,** utilizzati per il monitoraggio, il controllo e la gestione dei flussi di traffico e mobilità, per ottimizzare l'uso delle reti di trasporto e l'informazione all'utenza, per gestire il trasporto pubblico e migliorarne l'efficienza e la fruibilità per l'utenza, per il governo delle flotte della logistica, per il controllo della sicurezza dei veicoli nonché per la gestione delle emergenze (incidenti). Gli ITS consentono agli attori della mobilità (a quelli già presenti, come le aziende di trasporto pubblico locale e taxi, e a quelli della nuova mobilità condivisa e multimodale) di lavorare in sinergia sulla smart mobility, per passeggeri e per merci, e favorire la piena diffusione del progetto Mobility as a Service (Maas).

L'azione ha l'obiettivo di completare lo sviluppo delle piattaforme e centralizzare nel SIRT dati e informazioni relativi alla viabilità, ai servizi TPL e progressivamente a tutti i servizi di mobilità (condivisa, ciclabile, elettrica, etc.) e poi diffondere servizi di informazione multicanale sulla mobilità per facilitare la pianificazione degli spostamenti da parte dei cittadini che si muovono sul territorio regionale. E' prevista anche la realizzazione di una piattaforma unica regionale per la gestione della erogazione di incentivi di provenienza pubblica e/o pubblico-privata alla mobilità sostenibile, integrata con tutti i sistemi descritti.

L'utilizzo dei sistemi ITS è in parte supportato dall'azione **Mob.M.6.A.5. "Creazione di un sistema strutturato di mobility management piemontese".** Il sistema di mobility management piemontese nella visione regionale si articola nella promozione della piattaforma EMMA (sviluppata in origine dalla Città metropolitana di Torino). La Piattaforma è costituita da un applicativo web-based responsive che consente di raccogliere e normalizzare le informazioni relative alla domanda di mobilità di lavoratori e studenti, redigere i Piani Spostamento Casa-Lavoro e Casa-Scuola, supportare gli organi preposti ad attività di pianificazione e programmazione di servizi di trasporto e mobilità sostenibile, supportare il confronto diretto con operatori di mercato per l'attivazione di politiche volte a ridurre l'uso delle auto private -azione Mob. M6A4) attraverso il proseguimento della formazione dei Mobility Manager pubblici e privati e lo sviluppo di strumenti di analisi della piattaforma definendo un set di indicatori volti a più efficaci analisi delle politiche ambientali e ad abilitare logiche di incentivazione fino alla costituzione di una vera e propria community costituita dai Mobility manager operativi sul territorio regionale.

Completa il quadro delle azioni di sistema l'azione **Mob.M6.A6 - Redazione del Piano provinciale dei trasporti quale elaborato tecnico a integrazione del Piano territoriale di coordinamento provinciale (PTCP)** che prevede un aggiornamento dei Piani provinciali dei trasporti (lr n.1/2000 articolo 5) come previsto dal Piano Territoriale Regionale (PTR).

9.3 AMBITO "ENERGIA E BIOMASSE" (ENB)

9.3.1 ELEMENTI DESCRITTIVI

LA DIMENSIONE ENERGETICA

Il Rapporto statistico sull'energia in Piemonte del 2023[2] presenta il bilancio energetico regionale, volto a descrivere i principali flussi energetici che insistono sul territorio piemontese e le dinamiche in atto sugli usi finali di energia.

Secondo i dati disponibili per l'anno 2021 il Piemonte si conferma un territorio di forte importazione di energia dai territori limitrofi e da approvvigionamenti esteri. La produzione interna, quasi esclusivamente collegata alle fonti energetiche rinnovabili, è limitata al 14,1% dei complessivi consumi interni lordi. Inoltre, è evidente la dipendenza dalle fonti energetiche fossili e, in particolare, dal gas naturale che rappresenta più del 57% dell'intero consumo interno lordo.

Il consumo finale lordo (CFL) di energia nel 2021, dopo la contrazione registrata nel 2020, anno del lockdown, è tornato a crescere, ma si osserva comunque una tendenza generale al ribasso nelle dinamiche in atto che verosimilmente riporterà i valori di consumo energetico sotto la soglia dei 10 Mtep per i prossimi anni.

Nel 2021 anche il consumo finale, cioè l'energia che viene utilizzata direttamente dagli utenti (abitazioni, automezzi e industrie), è tornato a crescere attestandosi a un valore pari a 9,7 Mtep, il 5,5% in meno del 2012 e di poco superiore al 10% in meno del picco di consumo registrato nel 2016. Il settore civile (somma di domestico e terziario) continua a rappresentare circa la metà complessiva dei consumi (49,4%); la restante quota si ripartisce principalmente tra trasporti (23,3%) e industria (24,8%), con una quota residuale assorbita dall'agricoltura (2,5%).

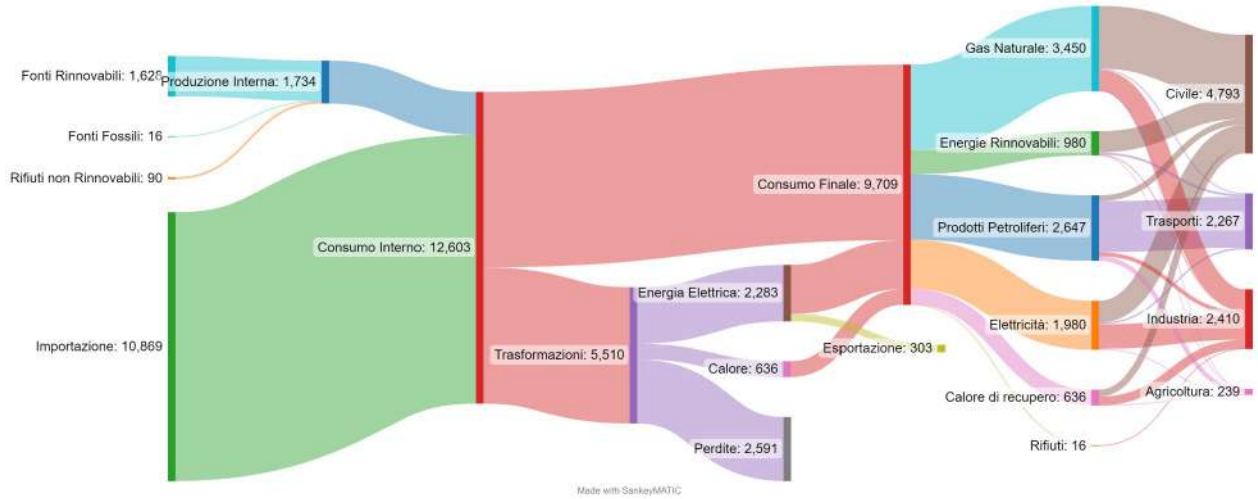


Figura 9.17 – Diagramma Sankey del Bilancio Energetico Regionale 2021 - Fonte: Elaborazione Regione Piemonte su dati ENEA

[2] *Il Rapporto Statistico sull'Energia aggiorna al 2021 e, ove possibile, al 2022 le principali informazioni statistiche disponibili per la regione Piemonte. Le principali fonti informative consultate sono: ENEA, GSE, TERNA, Ministero dello Sviluppo Economico*

Analizzando il relativo diagramma di Sankey dalla ripartizione dei vettori energetici riferita al consumo finale emerge come il gas naturale rappresenti il vettore più utilizzato (35,5%) contro il 27,3% dei prodotti petroliferi, principalmente utilizzati nei trasporti. L'energia elettrica rappresenta il 20,4% dei consumi negli usi finali, quasi interamente assorbita dal settore industriale e da quello civile, con una leggera prevalenza per quest'ultimo settore.

Il parco di generazione elettrica in Piemonte risulta ampio e variegato, con una potenza lorda installata di quasi 11 GW. Circa metà della capacità produttiva deriva da impianti termoelettrici, di cui meno di 400 MW alimentati a biomassa.

Il 35,6% di tutta la potenza è installata in impianti idroelettrici, mentre il 18.3% è invece coperta dal fotovoltaico, tecnologia in costante crescita per cui nell'ultimo anno si è conseguito il miglior risultato del decennio con nuove installazioni per 200 MW in un anno.

Rilevato l'apporto trascurabile e stazionario della fonte eolica, la transizione in atto dal gas naturale alle fonti rinnovabili nel comparto elettrico è dunque sostanzialmente trainata dalla tecnologia fotovoltaica, che copre l'85% delle richieste di connessioni alla rete nazionale (superiori ai 3 GW).

Con riferimento all'anno 2022 la produzione netta di energia elettrica ammonta a 25,4 TWh, con una riduzione rispetto al valore registrato negli ultimi 5 anni, sempre superiore ai 30 TWh, dovuta al contributo dall'energia idroelettrica (4,1 TWh) dimezzatosi rispetto al 2018. Visti i dati pluviometrici e nivometrici degli ultimi anni, le prospettive future per tale comparto non appaiono rosee.

La produzione regionale complessiva rimane comunque superiore alla domanda con un'eccedenza pari a 2,2 TWh ed è trainata dalla tecnologia termoelettrica con l'utilizzo prevalente del gas naturale in impianti a ciclo combinato.

Va sottolineato il ruolo del fotovoltaico - che costituisce la seconda fonte rinnovabile regionale a discapito delle bioenergie che risultano stazionarie - la cui crescita del contributo (più di 2 TWh nel 2022) rappresenta l'incremento annuale maggiore registrato negli ultimi dieci anni e superiore del 12% rispetto all'anno precedente.

Come conseguenza del calo dell'idroelettrico (meno 5% sul totale delle FER rispetto al 93% del quinquennio precedente) nel 2022 la produzione rinnovabile è scesa per la prima volta dal 2008 al di sotto del 30% del totale generato in regione.

LE FONTI RINNOVABILI TERMICHE ED ELETTRICHE

Per meglio valutare la produzione energetica da fonti rinnovabili sul territorio regionale è possibile utilizzare i dati forniti dal GSE, prodotti inizialmente per monitorare gli obiettivi fissati dal Burden Sharing, ma resi disponibili anche dopo il 2020.

La percentuale di Fonti Energetiche Rinnovabili (FER) sul CFL in Piemonte è scesa al 19,4%, rispetto al 20,6% del 2020 (dati pubblicati dal GSE sul monitoraggio nell'uso delle FER nelle Regioni Italiane); tale riduzione è stata determinata da un aumento più che proporzionale del secondo rispetto alle prime. Le energie rinnovabili sono comunque cresciute in valore assoluto raggiungendo il valore di 1.957 ktep nel 2021, rispetto a 1.906 ktep del 2020. In particolare quello del 2021 risulta essere il dato più elevato mai registrato in Piemonte dal 2012, anno di inizio delle rilevazioni e ampiamente superiore al valore medio degli ultimi cinque anni.

Le fonti rinnovabili termiche, fortemente condizionate dalle variazioni climatiche annuali, mostrano invece una dinamica altalenante, con il dato del 2021 di 896 ktep che risulta comunque simile al valore medio dell'intero decennio.

Sulla base dei dati riferiti al 2021 è possibile constatare che l'uso diretto delle FER termiche (non considerando il calore derivato da biomasse) raggiunge un valore prossimo a 1 Mtep, il più alto mai registrato. A causa delle condizioni climatiche avverse a tale incremento è corrisposto un aumento più che proporzionale rispetto al 2020 dei consumi termici finali, facendo così ridurre il peso relativo delle rinnovabili.

La quota maggiore di produzione diretta di calore (700 ktep) deriva dall'uso della biomassa nelle sue diverse forme (biomasse solide, bioliquidi, biogas, frazione biodegradabile dei rifiuti e biometano immesso in rete), valore superiore alla media di circa 650 ktep degli anni precedenti.

I contributi specifici di ciascuna fonte al valore totale delle FER termiche restano comunque sostanzialmente stabili con le biomasse solide che registrano una percentuale superiore al 68% (di cui quasi il 66% nel settore residenziale).

La crescita del contributo delle pompe di calore (174 ktep nel 2021) pare influenzato dalle condizioni climatiche piuttosto che rappresentare un segnale di un vero e proprio cambiamento strutturale.

Con quasi un milione di TEP le fonti rinnovabili elettriche sono cresciute del 22,6% tra il 2012 ed il 2021, con un contributo differenziato tra le varie fonti energetiche. Le biomasse registrano un andamento stazionario, mentre la produzione idraulica (643 ktep) e quella solare fotovoltaica (162 ktep) fanno registrare un picco.

Confrontando il dato di produzione elettrica da FER con il consumo finale lordo di energia elettrica registrato su base regionale dal GSE (pari a 2.186 ktep), si conferma un peso relativo della componente rinnovabile dei consumi elettrici, che passa dal 36% del 2012 al 44% del 2021.

Le rilevazioni statistiche del GSE per il 2021 riportano però un valore di produzione elettrica da FER pari a 967 ktep, contro una media degli ultimi cinque anni di circa 943 ktep, con un aumento minimo e inferiore alle aspettative.

I valori in diminuzione registrati per l'idroelettrico negli ultimi anni porteranno alla riduzione effettiva della produzione di FER ad esso attribuibile vista la modalità di rilevazione del GSE che utilizza la media mobile al fine di normalizzare l'andamento soggetto agli effetti stagionali dei dati.

Il trend di crescita degli ultimi anni del contributo fotovoltaico nel breve periodo è invece confermato dalle previsioni di installazione così come dimostrato dal numero di richieste di VIA o autorizzazioni in corso.

CONSUMI DI ENERGIA ELETTRICA

In Piemonte la dinamica in atto per i consumi di energia elettrica negli ultimi vent'anni è caratterizzata da una prima fase di leggero incremento (fino al 2008), seguita da una successiva riduzione, particolarmente evidente nell'anno 2020, a causa della pandemia(fonte TERNA).

Con riferimento ai dati dell'anno 2022 i consumi, superiori ai 24 Twh, non hanno raggiunto i valori pre-pandemici. Per il settore terziario si evidenzia una forte contrazione negli ultimi anni con un picco negativo nel 2020, probabilmente legato alla diffusione nelle aziende del lavoro a distanza.

Anche Il settore domestico mostra un trend decrescente, collegato ai processi di efficientamento energetico e alla modifica dei comportamenti degli utenti finali, con il 2022 che fa segnare il dato più basso mai registrato e inferiore del 5% rispetto al 2000.

Nel comparto industriale, in calo del 23% rispetto a vent'anni prima, si registra nel 2022 un dato allineato alla media del decennio. Nonostante il calo l'industria si conferma comunque il settore

con i maggiori consumi elettrici (ben il 50,4% del totale nel 2022), seguito dal terziario al 28,8% e dal settore domestico al 18,8%.

Per i consumi elettrici del settore pubblico, si evidenzia un fenomeno di tendenziale e strutturale miglioramento dei consumi per la pubblica illuminazione dal 2015 in avanti su tutto il territorio regionale, legato all'innovazione tecnologica introdotta dalle lampade a LED e all'impegno dei Comuni ad ammodernare le proprie linee di illuminazione pubblica. Diversa è la situazione per i consumi relativi al comparto edilizio della Pubblica Amministrazione, con un aumento dei consumi in quasi tutte le province piemontesi (fanno eccezione le province di Cuneo ed Alessandria).

Il Piano Energetico Ambientale Regionale (PEAR) e gli scenari futuri

L'azione regionale in ambito energetico si estrinseca negli obiettivi del Piano Energetico Ambientale Regionale (PEAR), declinati nella riduzione dei consumi energetici, nell'aumento del contributo delle rinnovabili agli usi finali e nella riduzione delle emissioni dei gas climalteranti.

Rispetto agli obiettivi relativi alle fonti rinnovabili proposti nel PEAR per il 2030 il gap da colmare in termini assoluti è di 425 ktep, di cui circa 251 ktep per le FER elettriche e 174 per quelle termiche, risultato raggiungibile soprattutto per le aspettative di crescita delle rinnovabili elettriche.

Il trend attuale di decremento dei consumi di gas naturale (13% nel 2022 rispetto al 2021) fa presupporre che nei prossimi anni i consumi finali lordi si attesteranno al di sotto dei 10 Mtep, ma per il raggiungimento dell'obiettivo al 2030 fissato dal PEAR (8.645 ktep) saranno necessari ulteriori sforzi in termini di efficienza energetica.

Le attuali tendenze sulla riduzione dei consumi energetici e nell'aumento del contributo delle rinnovabili agli usi finali risultano dunque in linea con quanto prefigurato nel PEAR rispetto al percorso programmato per il 2030. Nella traiettoria ipotizzata per conseguire la neutralità in termini di emissioni di carbonio prospettata per il 2050 dalla strategia europea Fit for 55 e declinata nei provvedimenti ad essa correlati, i trend in atto, sebbene si muovano in quella direzione, non appaiono in linea con gli ambiziosi target intermedi fissati. A tal fine saranno necessari cambiamenti strutturali in particolare per il rafforzamento delle rinnovabili elettriche nei consumi finali e nei processi di efficientamento energetico.

Una delle principali direttrici del sistema energetico europeo e nazionale è quello dell'elettrificazione dei consumi con la sostituzione di tecnologie o processi che utilizzano combustibili fossili (come i motori a combustione interna e le caldaie a gas) con equivalenti alimentati elettricamente ottenendo così maggiore efficienza e riduzione della domanda di energia. Man mano che la generazione di elettricità viene decarbonizzata si ottiene contestualmente alla riduzione della CO_2 un più generale impatto positivo sulla qualità dell'aria che si può massimizzare puntando su impianti di generazione elettrica a fonti rinnovabili che non prevedono reazioni di combustione (per il Piemonte in primis il fotovoltaico).

In tale strategia di medio-lungo periodo basata su politiche europee e nazionali, la Regione può svolgere un ruolo importante fin da subito intervenendo nei processi di autorizzazione, nella pianificazione delle aree idonee alle fonti energetiche rinnovabili e nel coordinamento delle politiche locali degli enti subordinati.

Il territorio regionale sarà, inoltre, coinvolto da un'altra importante sfida tecnologica riguardante la decarbonizzazione dei sistemi di teleriscaldamento e teleraffrescamento prevista dalla direttiva sull'efficienza energetica n. 2023/1791 del 13 settembre 2023 e in cui sono fissati una serie di target incrementali dal 2025 per renderli entro il nel 2050 basati esclusivamente su energia rinnovabile, calore di scarto o esclusivamente una combinazione delle due. Il settore regionale *Sviluppo energetico sostenibile* intende sovraintendere al processo di programmazione degli interventi che a partire dal 2025 dovranno essere realizzati dai gestori al fine di garantire un

consumo più efficiente dell'energia primaria, a ridurre le perdite di distribuzione e ad aumentare progressivamente la quota di energia rinnovabile.

Negli ultimi anni sono state investite ingenti quantità di denaro pubblico a supporto di interventi di efficienza energetica, soprattutto nel comparto edilizio. A fine 2022, in Piemonte, secondo i dati ENEA, risultano conclusi lavori per circa 3,6 miliardi di euro in investimenti sostenuti dal superbonus, pari a circa il 7,3% dei circa 50 miliardi registrati a livello nazionale.

Per il processo di efficientamento degli edifici residenziali e terziari la recente direttiva sulla prestazione energetica n. 1275/2024 fissa nuovi obiettivi estremamente sfidanti che avranno effetti rilevanti anche sulla qualità dell'aria seppure non nell'immediato.

I nuovi edifici dovranno essere a emissione zero dal 2028 se occupati o di proprietà delle autorità pubbliche, dal 2030 i restanti nuovi edifici.

Per gli edifici residenziali esistenti gli Stati membri dovranno adottare misure per garantire una riduzione del consumo medio di energia primaria del 16% entro il 2030 e tra il 20% e il 22% entro il 2035.

La direttiva richiede, inoltre, che gli Stati membri ristrutturino il 16% degli edifici non residenziali con le peggiori prestazioni energetiche entro il 2030, aumentando questa percentuale al 26% entro il 2033 secondo requisiti minimi di prestazione energetica che dovranno essere definiti.

Infine, gli Stati membri dovranno definire misure vincolanti per decarbonizzare i sistemi di riscaldamento, eliminando gradualmente l'uso di combustibili fossili per il riscaldamento e il raffreddamento entro il 2040. Dal 2025, sarà pertanto vietata la concessione di sovvenzioni per caldaie autonome a combustibili fossili, ma saranno disponibili incentivi finanziari per sistemi di riscaldamento che utilizzano una quota significativa di energia rinnovabile, come quelli che combinano una caldaia con un impianto solare termico o una pompa di calore.

Occorrerà attendere il recepimento della direttiva n. 1275/2024 da parte dello Stato per meglio comprendere l'impatto che le disposizioni europee potranno avere sulle politiche energetiche regionali e di conseguenza sulla qualità dell'aria. In tale ambito il Settore regionale *Sviluppo energetico sostenibile* svolge un ruolo primario partecipando al processo di ratifica delle norme, supportando gli enti locali nella loro applicazione e gestendo il funzionamento dei catasti sulla Prestazione Energetica degli Edifici e degli Impianti Termici.

BIOMASSA LEGNOSA

Le biomasse legnose presentano un utilizzo diffuso sul territorio piemontese, costituendo la principale FER termica ed una quota significativa del totale delle FER regionali. Risulta opportuno distinguere l'ambito di impiego civile residenziale (caratterizzato peculiarmente da generatori di piccola taglia), dagli ambiti civile terziario e industriale (caratterizzati da generatori di taglia medio-grande).

Ambito civile residenziale

Nel settore residenziale sono diffusi prevalentemente generatori di piccola taglia (<35 kW); si annoverano sia apparecchi (stufe, camini, cucine)[3] e termoprodotti (termostufe, termocamini, termocucine)[4], sia caldaie.

L'impiego di legna da ardere in pezzi per il riscaldamento delle abitazioni è tradizionalmente comune e radicato in tutte le aree rurali del Piemonte. Dal dopoguerra, i sistemi di riscaldamento storici a camino aperto sono stati progressivamente sostituiti da stufe, inserti e cucine economiche; in particolare le cucine economiche a legna (perlopiù note come *potagé*) sono divenute, nei decenni 1950-1970, l'elemento centrale di riscaldamento in molte abitazioni rurali. Tali elementi

[3]Gli apparecchi riscaldano l'ambiente di installazione per convezione/irraggiamento ed eventuali ulteriori ambienti tramite aria canalizzata
[4]I termoprodotti sono apparecchi collegati al sistema di riscaldamento idronico dell'abitazione

hanno differenziato e reso peculiare la situazione piemontese rispetto ad altre aree italiane: dati di indagine disponibili specificamente per il territorio regionale[5], ancorché non recenti, evidenziano infatti sia una scarsa presenza del camino aperto come reale sistema di riscaldamento[6] (a differenza delle aree dell'Italia centrale e, in parte, del nord-est), sia una diffusione significativa delle cucine economiche a legna. Nei decenni 1970-2000 il parco piemontese di generatori a pezzi di legna ha quindi registrato sia l'ingresso di stufe, camini/inserti e cucine a legna, sia, ancorché in numero significativamente più contenuto, quello di termoprodotti e caldaie; sebbene gli andamenti non siano noti nel dettaglio, è chiaro che dal 1950 il parco generatori a legna sia dapprima cresciuto, quindi si sia sostanzialmente stabilizzato e, negli ultimi 10-20 anni, abbia iniziato a declinare lentamente in numero (anche per l'ingresso massivo dei generatori a pellet, v. oltre).

Ai generatori alimentati a legna da ardere in pezzi, dall'inizio del millennio, si sono affiancati i generatori alimentati a pellet, inizialmente rappresentati perlopiù da stufe. In relazione alla loro semplicità di gestione, nei primi 10-15 anni di diffusione le stufe a pellet sono state impiegate sia per sostituire precedenti apparecchi a legna da ardere, sia, soprattutto, per integrare il riscaldamento in abitazioni prive di biomassa. Il trend attuale registra, per le stufe, l'ingresso di nuovi prodotti in sostituzione sia dei primi generatori a pellet installati, sia di vecchi apparecchi a legna, mentre l'installazione di nuovi generatori ad integrazione di riscaldamenti fossili appare ridimensionata; le dinamiche risultano fortemente influenzate dalla presenza di incentivi che favoriscano il passaggio legna-pellet e dal prezzo di vendita del pellet. Per quanto concerne termoprodotti e caldaie il trend attuale rileva quote progressivamente crescenti di mercato, in relazione ad incentivi e ricorso a tali tecnologie in seguito a retrofit energetico degli edifici.

I generatori alimentati a cippato di legno (caldaie) sono presenti in numero estremamente ridotto nel settore residenziale. Sulla base delle indagini statistiche degli ultimi anni e di due successive analisi commissionate al Politecnico di Torino è stato possibile stimare entità, consistenza e distribuzione territoriale del parco generatori a biomassa legnosa del Piemonte. La Regione Piemonte ha così definito un quadro (statistico) della presenza e uso attuali dei generatori a biomassa legnosa sul proprio territorio; conseguentemente, in base all'analisi dei dati di incentivazione e di vendita, è stato possibile tracciare l'evoluzione tendenziale del parco generatori sino al 2030.

Con riferimento all'anno-base 2019 si stimano circa 385.000 generatori a pezzi di legna e circa 200.000 generatori a pellet. Il dettaglio di composizione del parco è mostrato nelle tabelle e grafici seguenti. Per quanto concerne i generatori alimentati a pezzi di legna il parco stimato al 2019, suddiviso per classificazione in stelle (ex DM 186/2017), è descritto nella tabella 9.8.

	I case					II case				
	1s	**2s**	**3s**	**4s**	**5s**	**1s**	**2s**	**3s**	**4s**	**5s**
Caldaie centralizzate	0	4.605	266	0	0	0	0	0	0	0
Caldaie autonome	0	13.485	1.547	0	0	0	3.436	252	0	0
Temostufe	0	13.257	1.472	0	0	0	413	35	0	0
Termocamini	0	5.216	0	0	0	0	809	0	0	0
Termocucine	1.005	14.239	0	0	0	431	911	0	0	0
Stufe	0	91.548	4.480	0	0	0	48.516	2.093	0	0
Camini chiusi	0	59.667	3.807	0	0	0	26.191	1.765	0	0
Cucine	6.439	54.964	0	0	0	7.986	14.449	0	0	0
Camini aperti	1.491	0	0	0	0	1.432	0	0	0	0

Tabella 9.8 – Parco al 2019 generatori a legna

[5]IPLA - Indagine consumi biomassa legnosa 2007

[6]Il camino aperto permane come elemento decorativo o di uso ludico (accensioni estemporanee, e.g. nel periodo di Natale)

Per quanto riguarda la composizione del parco installato nelle prime case questa è dettagliata nel seguente grafico.

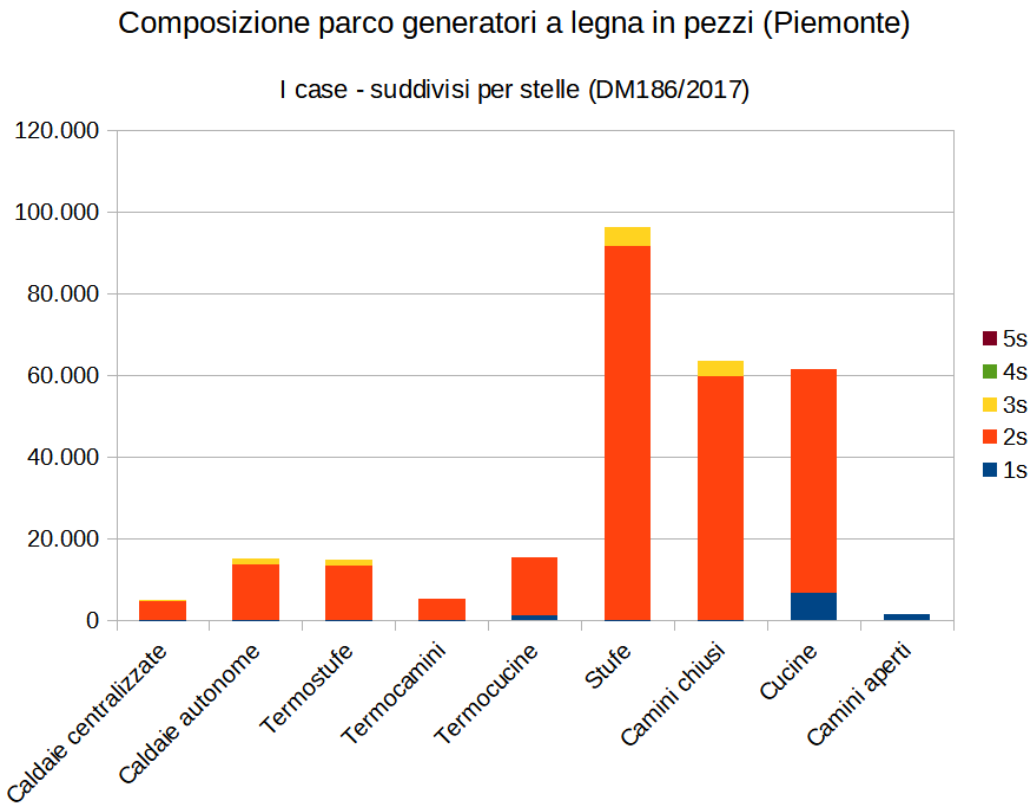


Figura 9.18 – Composizione parco generatori a legna in pezzi (Piemonte)

Per quanto concerne i generatori alimentati a pellet il parco stimato al 2019, suddiviso per classificazione in stelle (ex DM 186/2017), è descritto nella tabella seguente.

	I case					II case				
	1s	**2s**	**3s**	**4s**	**5s**	**1s**	**2s**	**3s**	**4s**	**5s**
Caldaie centralizzate	0	497	148	0	0	0	0	0	0	0
Caldaie autonome	0	6.721	3.615	0	0	0	71	38	0	0
Temostufe	0	5.837	4.835	0	0	0	65	49	0	0
Termocamini	0	310	632	0	0	0	3	6	0	0
Termocucine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stufe	0	64.312	74.856	15.109	0	0	7.612	3.940	795	0
Camini chiusi	0	2.782	4.554	0	0	0	435	238	0	0
Cucine	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Camini aperti	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 9.9 – Parco al 2019 generatori a pellet

Per quanto riguarda la composizione del parco installato nelle prime case questa è dettagliata nel seguente grafico.

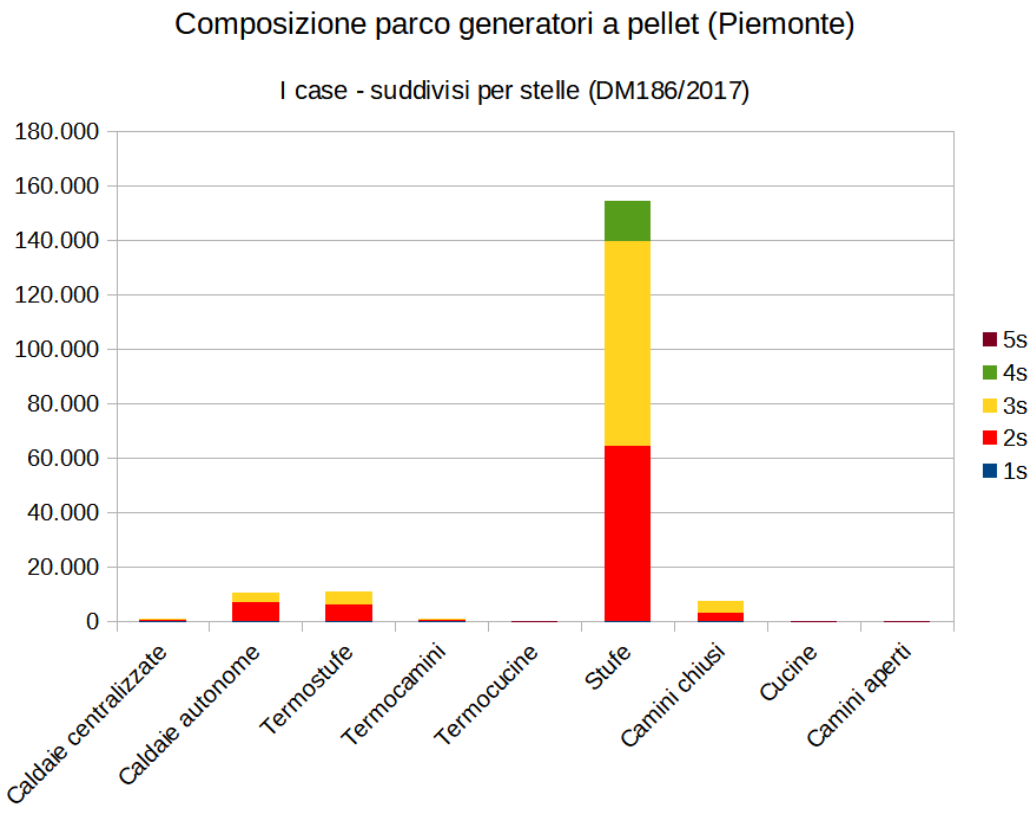


Figura 9.19 – Composizione parco generatori a pellet (Piemonte)

Sotto il profilo energetico il consumo annuale di biomasse legnose nel settore residenziale ammonta a circa 425 kTEP per la legna da ardere e circa 195 kTEP per il pellet; gli oltre 600 kTEP complessivi corrispondono a circa il 6,5% del consumo finale lordo di energia a livello regionale e a poco meno del 15% degli usi energetici del settore civile. Si tratta quindi di un dato significativo e rilevante a livello di bilancio energetico regionale.

Sotto il profilo forestale e di flussi di materia il consumo annuale di legna da ardere è pari a circa 1,6 Mm^3 di legname, mentre quello di pellet equivale a circa 0,7 Mm^3. Confrontando tali stime con i dati da PFR di producibilità sostenibile a livello regionale non sfugge l'assoluta rilevanza dei consumi di biomasse legnose in rapporto ai prelievi forestali. Anche considerando il pellet, come è attualmente, un prodotto di quasi totale importazione (v. oltre), il fabbisogno annuale di legna da ardere equivale sostanzialmente alla producibilità sostenibile dei boschi serviti. Il dato evidenzia sia la significatività, attuale e potenziale, degli usi energetici nell'economia forestale locale, sia il fatto che i consumi attuali siano sostenuti da combustibile proveniente dal fuori foresta (filari, alberature, fasce alberate di corsi idrici e infrastrutture…) e, consistentemente, da importazioni.

Sotto il profilo emissivo i generatori a biomasse sono tra i meno prestanti in assoluto in termini di fattori di emissione di PM e COV in particolare. Da un lato ciò è dovuto ad una storica carenza di progettazione e/o ottimizzazione, per cui caldaie e termoprodotti dovevano solamente rispettare requisiti minimi di sicurezza, mentre gli apparecchi non erano neppur ricompresi tra gli impianti termici; su questi aspetti norme ed operatori economici hanno iniziato ad intervenire profondamente negli ultimi 10 anni, con un buon miglioramento dei prodotti. Dall'altro lato gli elevati fattori di emissione sono fortemente connessi sia con le caratteristiche dei combustibili legnosi (forma solida, presenza di un quantitativo variabile e significativo di acqua, presenza di ceneri in percentuali superiori agli altri combustibili), sia con un significativo ruolo gestionale dell'utente.

Nel complesso si può sintetizzare come l'impiego di biomasse legnose sia un elemento essenziale e strategico sia in termini di decarbonizzazione del settore energetico, sia di sostegno all'economia rurale e alla gestione forestale del Piemonte. Tuttavia le peculiarità dei combustibili e dei loro impieghi impongono una corretta gestione e pianificazione come elemento imprescindibile per non far confliggere le esigenze energetiche e forestali e quelle di tutela della qualità dell'aria.

Nel definire misure ed azioni in questo ambito è stato necessario tenere in considerazione alcuni elementi specifici:

- la gran parte dei generatori a biomassa legnosa residenziali non sono attualmente censiti nel Catasto Impianti Termici (CIT); al momento il CIT include meno del 10% dei generatori stimati in regione. Ciò è dovuto, in primo luogo, alla mancata percezione da parte dei proprietari che essi costituiscano "impianto termico" così come all'evoluzione normativa solo recente, ragion per cui rete di vendita e manutentori di impianti omettono ancora una corretta informazione del cliente.
- gli utilizzatori dei generatori a combustibili legnosi sono estremamente sensibili al tema delle restrizioni d'uso. Infatti per gli utenti di una tipologia di riscaldamento tanto radicata, con forti aspetti culturali, di economia locale e di risparmio familiare, peraltro fortemente incentivata, negli ultimi decenni, quale fonte rinnovabile, risulta complesso accettare che possa essere un sistema "vietato". Ovviamente, a parte alcune condizioni di disagio economico, la popolazione è probabilmente pronta ad accettare limitazioni e richieste di incremento della qualità di generatori e tecniche d'impiego, ma a fronte di un'informazione coerente che faccia sintesi delle problematiche di qualità dell'aria ma anche degli elementi positivi e culturali del riscaldamento a combustibili legnosi.
- sotto il profilo pianificatorio risulta necessaria un'azione intersettoriale capace di valorizzare la rilevanza energetica e in termini di economia forestale dei combustibili legnosi, raggiungendo al tempo stesso gli obiettivi di drastica riduzione delle emissioni. In particolare emerge chiaramente l'opportunità di ridurre i fabbisogni di combustibili legnosi procapite, mantenendo invece il consumo complessivo regionale a livelli di equilibrio con la producibilità sostenibile incrementando il numero di utenti. Da un lato, infatti, la riduzione del fabbisogno annuo, conseguibile in primo luogo attraverso l'incremento dell'efficienza degli edifici, renderebbe più probabile l'impiego di generatori efficienti e dotati di sistemi di accumulo del calore, così come il ricorso a combustibili e gestioni di qualità, con un vantaggio emissivo molto superiore a quello conseguibile mediante la sola riduzione del consumo o l'esclusiva sostituzione del generatore[7]. Dall'altro lato la "liberazione" di quantitativi di combustibili legnosi locali da gestione forestale sostenibile renderebbe possibile ampliare la platea degli utilizzatori, sia con moderni impianti mono-utente o mono-edificio, sia con impianti a rete, con significative ricadute in termini di incremento delle FER. Nel complesso tale approccio costituirebbe una soluzione win-win, capace di condurre ad drastico contenimento delle emissioni, unitamente però sia ad un rafforzamento diretto (valore aggiunto dei prodotti) e indiretto (incremento degli utenti e dei sistemi a rete) dell'economia forestale, sia ad un incremento dei livelli di decarbonizzazione della produzione di energia termica.
- studi recenti[8] evidenziano come l'ammodernamento del parco generatori, attualmente sostenuto economicamente da incentivi statali e regionali, sia uno strumento rilevante ma non sufficiente per una reale e stabile riduzione delle emissioni. Le prestazioni dei generatori a biomassa, in particolare degli apparecchi a legna, risultano infatti essere fortemente

[7]Si segnala anche che l'incremento della qualità richiesta dei combustibili legnosi (ancor più unitamente a volumi di rifornimento procapite minori) è un pre-requisito per un incremento del valore aggiunto dei combustibili legnosi da filiera locale

[8]v. IEA Bioenergy Task 32: Biomass Combustion e relativi paper scientifici

condizionate da alcuni fattori esterni: corretta conduzione da parte dell'utente, qualità dei combustibili, corretta installazione, livelli manutentivi, fabbisogni dell'edificio (ore di funzionamento giornaliero e conseguenti necessità di accensioni/riaccensioni). In alcuni casi i livelli emissivi di generatori non recenti gestiti in maniera corretta possono approssimarsi o equivalere a quelli di generatori moderni, mentre le prestazioni dei generatori moderni registrano un crollo qualora essi siano gestiti in maniera inadeguata. Pertanto è necessaria un'azione complessiva, che tenga in considerazione tutti gli elementi e che indirizzi l'azione pubblica verso le misure più efficaci, anche in termini di rapporto costo/risultato.

- i generatori a pellet hanno prestazioni emissive superiori rispetto a quelli alimentati a legna da ardere in pezzi, sia per l'impiego di un combustibile standardizzato in dimensioni e a contenuto idrico ridotto, sia per il maggior livello di automazione (carica automatica del combustibile, gestione dell'aria di combustione tramite tiraggio forzato). Tuttavia, la crisi locale del comparto di prima trasformazione del legno rende scarsa le produzioni di segatura (primo elemento della produzione di pellet di qualità), mentre la produzione di pellet da altre fonti risulta perlopiù economicamente e/o qualitativamente non concorrenziale. Per tali ragioni il pellet in Piemonte è sostanzialmente un prodotto di importazione, pur con le eccezioni virtuose di produzioni da scarti del ciclo produttivo dei tannini da legno di castagno e da piccole segherie locali. Di conseguenza, anche in considerazione che la prima lavorazione del legno è un ambito di forte interesse ma che richiede interventi strutturali e quindi tempi medio-lunghi, in regione l'azione di incremento delle prestazioni dei generatori e della qualità dei combustibili non può tradursi in un "pellettizzazione" del mercato, se non a rischio di danneggiare fortemente l'economia forestale.
- recenti progetti di ricerca[9] hanno evidenziato e specificamente analizzato i significativi carichi di inquinanti dannosi per la salute e cancerogeni (in particolare PM e BaP-Benzo(a)pirene) derivanti da combustione di biomasse che si registrano nei fondovalle alpini. In condizioni di inversione termica, particolarmente frequenti nelle giornate più fredde e in orario mattutino e serale (ovvero quando gli impianti a biomasse sono maggiormente impiegati), gli inquinanti tendono ad accumularsi nei fondovalle, dove si concentra anche la popolazione. Tali situazioni puntuali sono difficilmente rilevate dalla rete fissa di monitoraggio della qualità dell'aria (sia per il posizionamento delle centraline nelle aree montane, sia per la misura ancora sporadica del BaP), ma evidenziano ad ogni modo ambiti di esposizione significativa. Anche nelle aree montane dovrebbero quindi essere adottate iniziative di riduzione degli inquinanti da utilizzo delle biomasse.

Ambito civile terziario e industriale, reti di TLR

In regione Piemonte, nel settore terziario e in quello industriale, così come tra le reti di TLR gli impianti a biomasse sono presenti con una distribuzione piuttosto disomogenea, perlopiù legata a iniziative isolate o a iniziative coordinate ma di ridotta scala territoriale.

Gli impianti di questi ambiti sono principalmente costituiti da generatori a cippato di legno, sebbene negli scorsi decenni siano stati installati anche generatori a scarti agroalimentari (gusci di nocciola) e recentemente trovino una maggior diffusione gli impianti a pellet (impieganti pellet industriale di classe A2 o B).

Ad ogni modo, la maggior parte degli impianti di questi settori sono collegati a cicli di finanziamento pubblico oppure ad incentivazione per la produzione elettrica da rinnovabili. Si possono cioè sostanzialmente distinguere gli impianti in base agli strumenti incentivanti temporanei che ne hanno sostenuto la realizzazione. Attualmente tale legame appare meno netto,

[9] v. BBClean (Alpine Space) https://www.alpine-space.eu/project/bb-clean/

in conseguenza dell'incremento di costo dei combustibili fossili e della strutturazione di incentivi più costanti nel tempo (e.g. conto termico, certificati bianchi).

La composizione del parco e la valutazione del grado di funzionalità necessita ancora di un lavoro coordinato e sistematico, tuttavia le differenti fonti permetto di convergere su una stima di 200-250 MW installati a funzione termica e 100-150 MW a funzione termoelettrica. In base alle tipiche dinamiche di esercizio annuali in consumo stimabile pari a circa 0,3 Mm^3 di legname.

Le attuali condizioni economiche e normative stanno determinando un forte interesse verso tali impianti, sostenuto anche dalle iniziative per lo sviluppo della filiera.

Sotto il profilo emissivo, i generatori a biomasse di taglie medio-grandi sono potenzialmente tra i più prestanti e controllabili in termini di fattori di emissione. Ciò è dovuto sia ad una maggiore incisività della progettazione e della capacità di ottimizzazione per quanto concerne il generatore, sia alla necessità di un approccio termotecnico nella progettazione e realizzazione dell'impianto nel suo complesso, sia alla significativa automazione degli impianti, sia alla presenza consolidata di parametri emissivi di norma e sia alla presenza di sistemi di controllo delle emissioni, dalla combustione all'abbattimento fumi. Tuttavia, per un funzionamento del sistema realmente corretto tali elementi devono tutti essere tenuti sotto controllo. Nei passati decenni, e in parte ancor oggi, la cultura progettuale e gestionale sugli impianti a cippato è però stata ampiamente deficitaria, con numerose situazioni non ottimizzate e ridotte prestazioni emissive.

In sintesi l'impiego di biomasse legnose in impianti di scala medio-grande è una opzione interessante, dal punto di vista emissivo, per il contenimento e la controllabilità degli inquinanti. Risulta ovviamente necessario che questa tipologia di impianti trovi una sua pianificazione/incentivazione tale da ottimizzare anche le ricadute di tipo energetico (massimizzazione degli effetti utili e di decarbonizzazione) e di sostegno alla redditività della gestione forestale.

Nel definire misure ed azioni in questo ambito è stato necessario tenere in considerazione alcuni elementi specifici:

- anche tra i generatori di maggiori dimensioni sono frequenti i casi di non accatastamento. Pertanto anche nell'ambito degli impianti terziari, industriali e a servizio di reti TLR il quadro che emerge da CIT è tuttora incompleto e parziale.
- i livelli tecnologici e manutentivi degli impianti esistenti sono assai differenziati; accanto ad esempi di macchine tecnologicamente avanzate, installate, manutenute e alimentate a regola d'arte, vi sono purtroppo molti casi di impianti mal realizzati (per specifiche inadeguate di generatori/componentistica o per errori di installazione) e mal gestiti (nelle declinazioni di manutenzione inadeguata, assenza di taratura di ottimizzazione, alimentazione fuori specifica). Poiché i primi sono gli unici impianti ad assicurare certezza di funzionamento e rispetto degli obiettivi emissivi, energetici e forestali, oltre a ridurre i conflitti e a garantire attivazione e stabilità delle filiere di approvvigionamento, risulta proficuo indirizzare l'azione pubblica al sostegno/promozione di impianti e modelli qualitativamente elevati.
- la presenza, per i generatori di taglia 35-1000 kW destinati al riscaldamento, di limiti emissivi in esercizio (anziché della sola prescrizione di prestazioni di targa da certificati di prodotto) si scontra nella realtà con la scarsa o nulla esecuzione di autocontrolli. In base alla normativa nazionale in vigore gli impianti a biomasse pur potendo essere soggetti a limiti (regionali) di emissione, non sono tenuti agli autocontrolli periodici. Si tratta chiaramente di una condizione limite da affrontare, anche perché frequentemente non solo gli impianti non eseguono gli autocontrolli ma sono anche privi degli elementi tecnici (accesso ai condotti da fumo, presenza

di pozzetto per ispezioni di diametro adeguato) che consentano il controllo terzo di un laboratorio accreditato o degli Enti preposti al controllo pubblico.

- le aree di maggior interesse per lo sviluppo di impianti (perlopiù terziari o misti residenziali-terziari) e delle relative reti di TLR sono generalmente costituite da comuni allo sbocco delle valli in pianura. Tali aree, dal un lato, presentano adeguate volumetrie edilizie e presenza di servizi pubblici in grado di sostenere, come domanda, impianti e reti, dall'altro consentono di minimizzare il trasporto dei combustibili legnosi dalle aree boschive di produzione alla centrale. Tuttavia tali aree ricadono sostanzialmente ovunque nelle zone soggette a procedure di infrazione per la qualità dell'aria. Dal momento che il bilancio emissivo di simili impianti (che sostituiscono in via quasi esclusiva metano) non può che essere negativo, vanno studiate e definite soluzioni, anche innovative, che consentano di raggiungere e garantire nel tempo una piena compensazione delle emissioni, non sul solo impianto e sulla sua rete ma in un'ottica territoriale più ampia.
- le aree critiche per la qualità dell'aria sono anche quelle dove più probabilmente possono essere presentate progettualità di impieghi termoelettrici delle biomasse legnose. Stante la finitezza delle risorse legnose locali e il consumo elevato di combustibili legnosi già oggi in atto, oltre alla necessità di una compensazione totale delle emissioni, di impianto o territorio (v. punto precedente), risulta quindi opportuno che l'azione pubblica limiti la fattibilità di tali impianti ai casi di totale e continuo impiego di entrambe le frazioni energetiche prodotte, elettrica e termica, in tutte le stagioni dell'anno.

9.3.2 CONTESTO EMISSIVO

Il riscaldamento civile contribuisce in maniera molto significativa alle emissioni di PM10, soprattutto nel periodo invernale. Il combustibile biomassa (principalmente legna e pellet) risulta infatti il principale responsabile delle emissioni di particolato primario (99%) legate al riscaldamento civile nonostante il fabbisogno energetico per riscaldamento domestico a livello regionale risulti prevalentemente soddisfatto dall'utilizzo di metano e in misura minore dalla legna e altri combustibili. Per quanto riguarda le emissioni di NOX esse derivano per il 57% dal metano come si può osservare in figura.

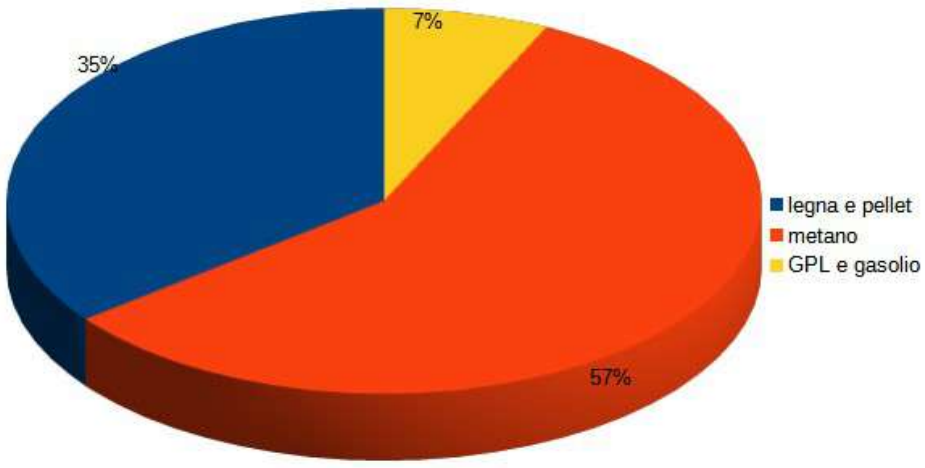


Figura 9.20 – Contributo dei diversi combustibili all'emissione di NOx per il macrosettore della combustione non industriale

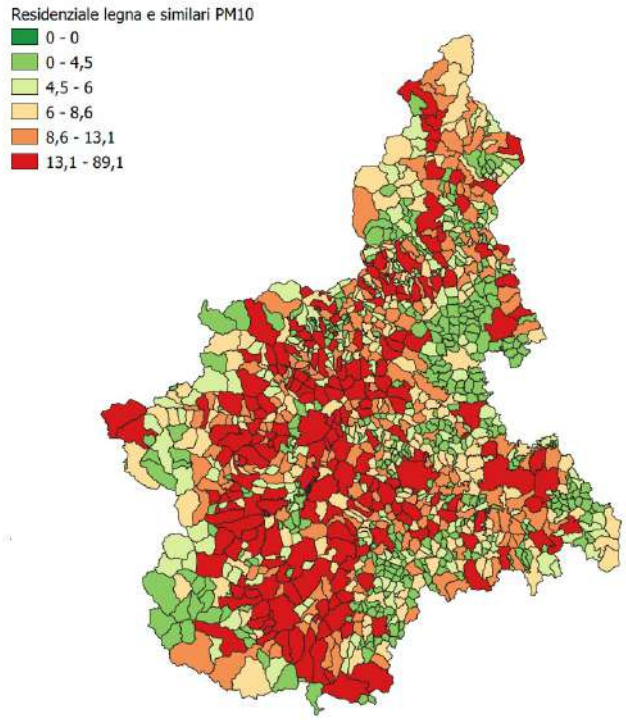


Figura 9.21 - Emissioni di PM10 per comune derivanti dalla combustione di biomassa

9.3.3 MISURE E AZIONI

La transizione energetica e la decarbonizzazione rappresentano un'opportunità da cogliere per raggiungere più velocemente gli obiettivi di risanamento della qualità dell'aria attraverso la riduzione dei fabbisogni energetici finali, la massimizzazione dell'efficienza di impiego dei combustibili legnosi e l'incremento della produzione di energia da fonti rinnovabili non emissive.

Le opportunità e le criticità dell'ambito hanno costituito la base dell'elaborazione del Piano Energetico Ambientale Regionale (PEAR) e hanno inciso sulla definizione dei tre principali obiettivi in esso prefigurati, pur rimanendo in linea con la strategia europea sull'energia: la riduzione dei consumi energetici, l'aumento del contributo delle rinnovabili ai consumi finali e la riduzione delle emissioni climalteranti.

Le misure previste per l'ambito energia hanno pertanto l'obiettivo primario di ridurre il fabbisogno e aumentare la produzione da FER.

Per quanto concerne l'incremento dell'efficienza e la riduzione dei fabbisogni il presente piano si concentra sul settore pubblico e sugli edifici che impiegano biomasse.

In campo di massimizzazione dell'efficienza di impiego dei combustibili legnosi il piano prevede una strategia di intervento articolata in più step e su più livelli, volta a conseguire la necessaria riduzione delle emissioni, con specifico riguardo al particolato primario.

Per quanto concerne infine l'aumento della produzione di energia da fonti rinnovabili non emissive l'azione si concentra sulla diffusione in Piemonte delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER).

L'ambito di intervento **Energia e Biomassa (Enb)** si articola in 3 misure e 21 azioni come rappresentato nella seguente tabella:

ID MISURA	MISURA	ID AZIONE	AZIONI
Enb.M1	Efficientamento edifici e infrastrutture pubbliche	Enb.M1.A1	Efficientamento energetico negli edifici pubblici
		Enb.M1.A2	Promozione dell'utilizzo dell'energia rinnovabile negli edifici pubblici
		Enb.M1.A3	Efficientamento energetico e transizione intelligente della rete di illuminazione pubblica
Enb.M2	Interventi di riduzione emissioni impianti a biomassa	Enb.M2.A1a	I Step Biomassa – Promozione dell'accatastamento dei generatori esistenti
		Enb.M2.A1b	I Step Biomassa – Incentivazione della manutenzione dei generatori a combustibili legnosi
		Enb.M2.A1c	I Step Biomassa – Ampliamento dell'applicazione del Catasto Impianti Termici
		Enb.M2.A1d	I Step Biomassa – Introduzione di un sistema di accatastamento obbligatorio dei nuovi generatori installati
		Enb.M2.A1e	I Step Biomassa – Piattaforma informatica per l'accatastamento obbligatorio dei nuovi generatori installati
		Enb.M2.A1f	I Step Biomassa – Sistema dei controlli: I livello (prima fase)
		Enb.M2.A1g	I Step Biomassa – Comunicazione degli elementi essenziali per la piena sostenibilità della filiera bosco-legno-energia
		Enb.M2.A2a	II Step Biomassa – Incremento dei livelli minimi di efficienza dei nuovi impianti <35 kW
		Enb.M2.A2b	II Step Biomassa – Regolamentazione Caldaie ≥35kW e teleriscaldamento: efficienza, filtrazione, misura e bilancio territoriale
		Enb.M2.A2c	II Step Biomassa – Strumenti formativi per la corretta gestione dei generatori di calore a combustibili legnosi
		Enb.M2.A2d	II Step Biomassa – Promozione delle attività di manutenzione professionali
		Enb.M2.A2e	II Step Biomassa – Strumenti per l'incremento della qualità e della tracciabilità dei combustibili legnosi
		Enb.M2.A2f	II Step Biomassa – Sistema dei controlli: I livello (seconda fase) e II livello
		Enb.M2.A2g	II Step Biomassa – Attivazione di sportelli informativi/aggregativi per il supporto al cittadino
		Enb.M2.A2h	II Step Biomassa – Censimento impianti
		Enb.M2.A3a	III Step Biomassa – Incentivi per il contenimento del fabbisogno energetico di abitazioni con impianti esistenti
		Enb.M2.A3b	III Step Biomassa – Nuova incentivazione per la sostituzione dei generatori a biomassa legnosa

ID MISURA	MISURA	ID AZIONE	AZIONI
Enb.M3	Interventi di installazione di impianti a FER in sostituzione di impianti a combustibili fossili	Enb.M3.A1	Implementazione Comunità Energetiche Rinnovabili

Tabella 9.10 – misure dell'ambito "Energia e biomassa"

MISURA ENB.M1 - EFFICIENTAMENTO EDIFICI ED INFRASTRUTTURE PUBBLICHE

La misura comprende tre azioni:

EFFICIENTAMENTO EDIFICI ED INFRASTRUTTURE PUBBLICHE (Enb.M1)	
Enb.M1.A1	Efficientamento energetico negli edifici pubblici
Enb.M1.A2	Promozione dell'utilizzo dell'energia rinnovabile negli edifici pubblici
Enb.M1.A3	Efficientamento energetico e transizione intelligente della rete di illuminazione pubblica

Tabella 9.11 – Azioni della misura "Efficientamento edifici ed infrastrutture pubbliche"

Per l'attuazione sono state stanziate specifiche risorse derivanti dai fondi FESR della programmazione 2021-27:

- al fine di intervenire sul patrimonio edilizio pubblico, migliorandone l'efficienza energetica e promuovendo la generazione e l'utilizzo di energia rinnovabile (azioni **Enb.M1.A1 Efficientamento energetico negli edifici pubblici** e **Enb.M1.A2 Promozione dell'utilizzo dell'energia rinnovabile negli edifici pubblici**);
- per sostenere gli interventi di riqualificazione della rete di illuminazione pubblica che consentono, con tempi di ritorno estremamente brevi, di conseguire da parte delle amministrazioni pubbliche anche importanti risparmi economici (**azione Enb.M1.A3 Efficientamento energetico e transizione intelligente della rete di illuminazione pubblica**).

MISURA ENB.M.2 - INTERVENTI DI RIDUZIONE EMISSIONI IMPIANTI A BIOMASSA

L'obiettivo generale della misura è ottenere una drastica riduzione delle emissioni in atmosfera, in particolare di particolato, agendo in modo sinergico alle altre pianificazioni regionali e quindi massimizzando i vantaggi energetico-climatici e economico-forestali dell'impiego di combustibili legnosi.

Le linee di indirizzo dell'azione regionale, in relazione alle premesse riportate nei paragrafi precedenti, sono le seguenti:

- orientamento ad un cambio radicale di approccio ai combustibili legnosi, da conseguire rapidamente ma senza alimentare inutili preoccupazioni sociali. In particolare si mira a creare condizioni chiare, che consentano gradualità ma definiscano anche inequivocabilmente il peso del settore e la necessità di azione, a tutti i livelli sino a quello individuale. Nel complesso, l'indirizzo è quello di accompagnare la transizione verso un modello di utilizzo dei combustibili legnosi più efficace e responsabile, creando le condizioni per il controllo ma valorizzando il ruolo di promozione e supporto dell'Ente Pubblico.

- azione coordinata su tutti gli elementi rilevanti per le emissioni: formazione degli utilizzatori, qualità tecnica e progettuale di generatori e componenti d'impianto, attuazione e livello qualitativo della manutenzione, incremento della qualità dei combustibili legnosi, contenimento dei fabbisogni energetici degli edifici. Si mira a creare un sistema a maggiore efficienza e capace di resilienza, in cui il venir meno di uno di tali elementi possa essere sopperito, controllato e/o evidenziato dagli altri.
- azione includente i differenti elementi di filiera: produzione combustibili, vendita generatori, scelta/installazione generatori, manutenzione. L'approccio è quello di sensibilizzare e responsabilizzare i vari attori tecnico-economici coinvolti nella filiera dei combustibili legnosi, come elemento cardine per ottenere sia il censimento e il monitoraggio degli impianti, sia la loro realizzazione, conduzione e manutenzione a regola d'arte.
- uniformità sul territorio regionale. Si mira a garantire un'uniformità di condizioni di installazione e di esercizio (salvaguardando eventuali differenze nei parametri di esercizio dei generatori più prestanti, ovvero le caldaie >35 kW) perché la rete di vendita sia facilitata ad adeguarsi e possa fornire ai clienti un'informazione chiara ed aggiornata circa l'impiego delle biomasse legnose.
- azione improntata all'emersione degli impianti e alla formazione, allo stimolo e all'assistenza degli utenti. Si mira a valorizzare il ruolo propositivo dell'azione regionale anziché il solo ruolo di imposizione e controllo, pur presente e necessario.
- indirizzo all'efficienza combinata di impianti ed edifici. Si mira a valorizzare un nuovo approccio all'impiego di combustibili legnosi, più coerente ambientalmente e rilevante nelle ricadute economiche territoriali, capace anche di massimizzare gli effetti di decarbonizzazione, la qualificazione della filiera e il benessere e comfort degli utenti finali.
- concentrazione dei controlli sugli elementi critici. Pur restando i controlli un elemento imprescindibile per la piena efficacia delle misure, si punta a indirizzarli su soggetti economici della filiera (che consentono un effetto moltiplicatore) e su condizioni di emissioni moleste, intervenendo sui cittadini comuni solo in seconda battuta e con approccio prioritariamente proattivo e non sanzionatorio.
- minimizzazione dei costi. L'approccio è quello di dare priorità alle azioni con il miglior rapporto costo/risultato di riduzione emissiva e alle azioni propedeutiche ad altre azioni dal rapporto costo/risultato particolarmente favorevole.

La misura è declinata in un corposo numero di azioni (17, raggruppate in 3 step/fasi di attuazione) di tipo regolamentare, formativo e comunicativo, che articolano la vasta azione definita sul settore, tra i più delicati per l'impatto emissivo che ne deriva, e che tengono conto dei risvolti ambientali, economici e sociali.

INTERVENTI DI RIDUZIONE EMISSIONI IMPIANTI A BIOMASSA (Enb.M.2)	
Enb.M2.A1a	I Step Biomassa – Promozione dell'accatastamento dei generatori esistenti
Enb.M2.A1b	I Step Biomassa – Incentivazione della manutenzione dei generatori a combustibili legnosi
Enb.M2.A1c	I Step Biomassa – Ampliamento dell'applicazione del Catasto Impianti Termici
Enb.M2.A1d	I Step Biomassa – Introduzione di un sistema di accatastamento obbligatorio dei nuovi generatori installati
Enb.M2.A1e	I Step Biomassa – Piattaforma informatica per l'accatastamento obbligatorio dei nuovi generatori installati
Enb.M2.A1f	I Step Biomassa – Sistema dei controlli: I livello (prima fase)
Enb.M2.A1g	I Step Biomassa – Comunicazione degli elementi essenziali per la piena sostenibilità

	della filiera bosco-legno-energia
Enb.M2.A2a	II Step Biomassa – Incremento dei livelli minimi di efficienza dei nuovi impianti ≤35 kW
Enb.M2.A2b	II Step Biomassa – Regolamentazione Caldaie >35kW e teleriscaldamento: efficienza, filtrazione, misura e bilancio territoriale
Enb.M2.A2c	II Step Biomassa – Strumenti formativi per la corretta gestione dei generatori di calore a combustibili legnosi
Enb.M2.A2d	II Step Biomassa – Promozione delle attività di manutenzione professionali
Enb.M2.A2e	II Step Biomassa – Strumenti per l'incremento della qualità e della tracciabilità dei combustibili legnosi
Enb.M2.A2f	II Step Biomassa – Sistema dei controlli: I livello (seconda fase) e II livello
Enb.M2.A2g	II Step Biomassa – Attivazione di sportelli informativi/aggregativi per il supporto al cittadino
Enb.M2.A2h	II Step Biomassa – Censimento impianti
Enb.M2.A3a	III Step Biomassa – Incentivi per il contenimento del fabbisogno energetico di abitazioni con impianti esistenti
Enb.M2.A3b	III Step Biomassa – Nuova incentivazione per la sostituzione dei generatori a biomassa legnosa

Tabella 9.11 – Azioni della misura "Interventi di riduzione emissioni impianti a biomassa"

L'azione **Enb.M2.A1** è costituita da 7 sub-azioni (differenziate con lettere minuscole) corrispondenti alla prima fase di attuazione (2024-2026, I Step Biomassa) dell'azione coordinata sulle biomasse. La finalità è essenzialmente quella di creare le basi e avviare un massivo mutamento di approccio all'impiego energetico delle biomasse legnose. In particolare gli ambiti di azione sono i seguenti:

- favorire l'accatastamento in CIT degli impianti esistenti e nuovi, come misura propedeutica per la corretta gestione/manutenzione, per l'ammodernamento del parco e per l'incremento dell'efficienza energetica del comparto energetico;
- avviare un sistema di controllo fondato principalmente su verifiche indirette e avvisi bonari per i cittadini (ma anche su controllo diretto di situazioni critiche in seguito a esposti), oltreché su verifiche presso i soggetti economici di filiera;
- incrementare le competenze di corretto impiego dei generatori tra gli utilizzatori.

Tali sub-azioni, che sono descritte dettagliatamente nelle relative schede di azione, intendono accompagnare il naturale trend di sostituzione generatori rendendolo maggiormente conforme alla normativa in vigore.

L'azione **Enb.M2.A2** è costituita da 8 sub-azioni corrispondenti alla seconda fase di attuazione (2026-2029, II Step Biomassa) dell'azione coordinata sulle biomasse. La finalità è essenzialmente quella di favorire un rapido rinnovo del parco impianti accompagnato dalla formazione degli utilizzatori e dal controllo della filiera, in linea con le indicazioni di letteratura scientifica che ha evidenziato come la sostituzione dei generatori (o degli impianti) debba essere sempre accompagnata da adeguata conduzione, installazione e qualità dei combustibili. Le sub-azioni concernono quindi i vari aspetti di questo ambito di intervento (tecnico-prestazionali, gestionali, di filiera) e sono in grado, sinergicamente, di promuovere una marcata inversione di tendenza nel

settore delle biomasse residenziali, in termini di qualità degli impianti, gestione, manutenzione e combustibili impiegati.

L'azione **Enb.M2.A3** è costituita da 2 sub-azioni corrispondenti alla terza fase di attuazione dell'azione coordinata sulle biomasse (III Step Biomassa). La finalità è quella di promuovere elementi di ulteriore miglioramento, stabile e durevole, delle emissioni; questi sono essenzialmente identificati nella coibentazione degli edifici e nella trasformazione di apparecchi in caldaie oppure in un approccio al retrofit edificio-impianto che punti ad avere involucri più efficienti e generatori in grado di contenere le accensioni giornaliere (richiesta di un accumulo termico) e di essere, eventualmente, accoppiati ad elettrofiltri. L'obiettivo è non solo il conseguimento di ulteriori contenimenti delle emissioni di PM, ma anche di risultati in termini sia di ammodernamento della cultura sulle biomasse e sia di efficienza e decarbonizzazione degli usi finali dell'energia.

MISURA ENB.M3 - INTERVENTI DI INSTALLAZIONE DI IMPIANTI A FER IN SOSTITUZIONE DI IMPIANTI A COMBUSTIBILI FOSSILI

La misura prevede l'attuazione dell'azione **Enb.M3.A1 Implementazione Comunità Energetiche Rinnovabili.**

INTERVENTI DI INSTALLAZIONE DI IMPIANTI A FER IN SOSTITUZIONE DI IMPIANTI A COMBUSTIBILI FOSSILI (Enb.M3)	
Enb.M3.A1	Implementazione Comunità Energetiche Rinnovabili

Tabella 9.12 – Azioni della misura "Interventi di installazione di impianti a fer in sostituzione di impianti a combustibili fossili "

L'incremento della produzione di energia da fonti rinnovabili non emissive l'azione si concentra sulla diffusione in Piemonte delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER). A tal proposito si evidenzia come, con la legge regionale n. 12 del 03 agosto 2018, il Piemonte sia stata la prima Regione ad approvare un provvedimento sull'istituzione delle Comunità Energetiche Rinnovabili (CER), assumendo sul tema un ruolo di coordinamento territoriale, teso a:

- monitorare lo stato di avanzamento dei progetti di CER;
- creare un network regionale di CER;
- organizzare momenti di informazione e condivisione dei risultati dei progetti, nonché eventi pubblici di disseminazione e comunicazione;
- interloquire con stakeholders istituzionali nazionali per la creazione di condizioni abilitanti allo sviluppo di progetti di CER (ARERA, GSE, MISE, Distributori di energia);
- supportare la candidatura per l'accesso a finanziamenti europei.

L'obiettivo dell'azione, come definito dalla misura M.2.C.2. Investimento 1.2 del Piano Nazionale Ripresa e Resilienza è quello di diffondere la sperimentazione dell'auto-produzione di energia nelle aree in cui avrà un maggiore impatto sociale e territoriale, incentivando la costituzione di Comunità Energetiche Rinnovabili (CER) in comuni con meno di 5.000 abitanti, così da sostenere l'economia dei piccoli centri, spesso a rischio di spopolamento, e rafforzare la coesione sociale.

9.4 AMBITO "ATTIVITÀ PRODUTTIVE" (IND)

9.4.1 ELEMENTI DESCRITTIVI

ATTIVITÀ PRODUTTIVE IN PIEMONTE

Il Piemonte costituisce un'area avanzata a rilevante vocazione industriale, sottoposta ad un intenso processo di ristrutturazione in seguito alla globalizzazione, con un grave invecchiamento della popolazione che ne rende più difficoltosa la transizione verso nuove configurazioni di sviluppo sostenibile in grado di mantenere i livelli acquisiti di prosperità.

La configurazione del tessuto imprenditoriale rilevata nel 2021 evidenzia che le attività manifatturiere piemontesi sono 28.418 e occupano poco più di 380 mila addetti. Circa l'80% delle imprese piemontesi si colloca nella fascia al di sotto dei 10 addetti e nelle 157 imprese più grandi aventi più di 250 addetti, si concentra più del 40% degli addetti.

La struttura economica è caratterizzata dal terziario ma l'industria manifatturiera ricopre ancora un ruolo importante.

Dalla Relazione "Piemonte Economico Sociale 2023" elaborata a cura di IRES Piemonte, si rileva che la brusca frenata dell'economia nel 2020 causata dalla pandemia, e il repentino rimbalzo nel 2021, hanno avuto un effetto differente tra le imprese dei diversi settori produttivi e, data la diversa composizione delle economie regionali, questo si è tradotto anche in un diverso esito a scala provinciale.

Nel 2022 l'economia piemontese è ancora cresciuta, ma a tassi più contenuti rispetto all'anno precedente. All'indebolimento hanno contribuito in misura rilevante la crisi energetica e il rialzo dei prezzi che ne è derivato. In base all'indicatore trimestrale dell'economia regionale (ITER) elaborato dalla Banca d'Italia, l'attività economica in Piemonte sarebbe aumentata del 3,7 per cento (in linea con il PIL dell'Italia), un incremento pari a poco più della metà di quello del 2021, ma che ha comunque consentito il pieno recupero dei livelli di prodotto antecedenti la pandemia.

Nel 2022 l'attività è stata più intensa nelle costruzioni e nei servizi rispetto all'industria in senso stretto. L'edilizia è stata sostenuta sia dagli investimenti in opere pubbliche sia soprattutto dagli incentivi fiscali per la riqualificazione energetica. Nel terziario la domanda è ulteriormente aumentata, grazie al consolidamento della ripresa dei consumi e del turismo. Nel corso degli ultimi anni infatti il Piemonte è anche diventata una meta turistica internazionale, offrendo prodotti turistici quali Torino e la sua area metropolitana, la montagna, l'area collinare - caratterizzata dalle eccellenze enogastronomiche del sud del Piemonte - e i laghi.

Fra i settori industriali che hanno recuperato la crisi pandemica spiccano, oltre all'energia e le costruzioni, anche l'espansione della chimica e dei prodotti in metallo.



Figura 9.22 – Variazione per settore di attività 2023 Fonte Unioncamere Piemonte

Il Piemonte presenta un sistema produttivo altamente specializzato, costituito principalmente da PMI (Piccole Medie Imprese), con forte vocazione manifatturiera.

Nella Strategia regionale di specializzazione intelligente[10] si evidenziano tra gli ambiti di specializzazione produttiva quelli dei mezzi di trasporto, dell'alimentare/bevande, dei prodotti in metallo, del tessile (senza abbigliamento), della gomma-plastica, della meccatronica, della chimica/farmaceutica.

In Piemonte il settore dell'automotive, nonostante il ridimensionamento subìto nel tempo, incide ancora notevolmente sul complesso del manifatturiero e si trova ad affrontare una complessa transizione verso l'elettrificazione dei propulsori e la digitalizzazione dei veicoli e delle infrastrutture. Queste trasformazioni non riguardano solo le capacità tecnologiche delle case produttrici ma richiedono un quadro normativo coerente e lo sviluppo di un intero ecosistema in grado di sostenere la diffusione delle innovazioni (ad esempio la produzione e il riciclo di batterie, le reti di ricarica) e garantire la sostenibilità della filiera.

Il concetto di sostenibilità delle attività produttive va ripensato in chiave ambientale, sociale e culturale ed economica. Le aziende che perseguono gli obiettivi di sostenibilità avranno performance nettamente superiori a quelle che decideranno di rimanere ancorate a un vecchio modo di fare impresa. Si tratta di un vero cambio di paradigma per cui le aziende sono chiamate a definire fin da subito una strategia chiara di transizione verso modelli di business più sostenibili, con uno sguardo al lungo termine. L'urgenza è dettata anche da ragioni di competitività: le imprese che non saranno in grado di misurare e rendicontare l'impatto del proprio business sull'ambiente e sulla società saranno penalizzate rispetto ai competitor. Avranno anche minori opportunità di accesso ai finanziamenti, perché gli istituti finanziari e gli investitori istituzionali premieranno le aziende con un profilo di sostenibilità più elevato.

Le aziende devono trovare un punto di convergenza virtuoso tra il percorso di innovazione tecnologica-digitale e quello di uno sviluppo più consapevole, adottando un approccio aperto e sistemico, capace di stimolare una trasformazione della governance e della strategia aziendale nella sua complessità.

[10] https://www.regione.piemonte.it/web/temi/sviluppo/sistema-ricerca-innovazione/strategia-specializzazione-intelligente-s3-2021-2027

9.4.2 CONTESTO EMISSIVO

Le attività produttive contribuiscono in modo non trascurabile alle emissioni di inquinanti, sebbene i singoli processi produttivi emettono inquinanti differenti ed in quantità che variano in funzione delle lavorazioni, peraltro in maniera non uniforme in tutti gli ambiti territoriali.

Il comparto genera emissioni di SO2 (2290 t pari al 71% delle emissioni regionali), NOx (8305 t pari al 16% delle emissioni regionali), PM10 (706 t pari al 4% delle emissioni regionali) e COV (20650 t pari al 13% delle emissioni regionali) connesse alla combustione nei processi industriali, ai processi produttivi e all'uso dei solventi che contribuiscono alle emissioni in modo differente come si può osservare nella figura seguente.

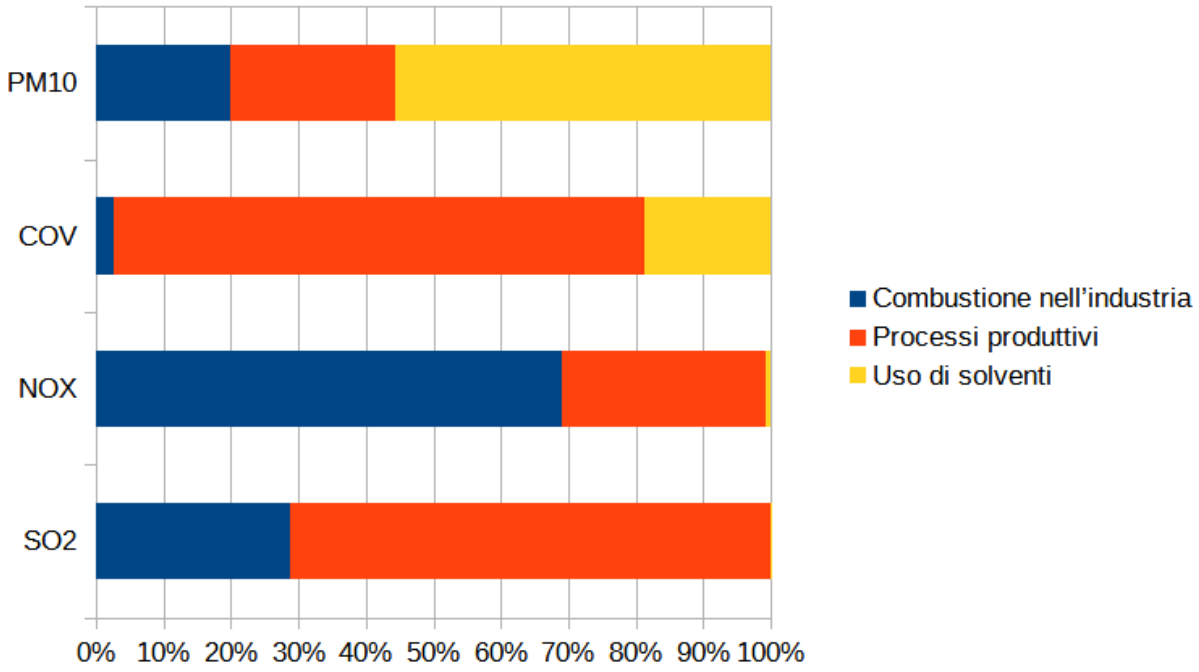


Figura 9.23 - Contributo alle emissioni dei principali inquinanti dei diversi settori emissivi (Inventario IREA 2019)

9.4.3 MISURE E AZIONI

Dall'esame delle risultanze dell'IREA emerge come le emissioni derivanti dalle attività produttive concorrano in maniera significativa al totale delle emissioni a livello regionale, con particolare riferimento ad alcuni inquinanti per i quali la valutazione della qualità dell'aria sul territorio regionale evidenzia situazioni di criticità. Ciò porta alla necessità di individuare azioni atte a prevenire e/o ridurre le emissioni di tali inquinanti, con particolare riferimento agli ossidi di azoto.

Il PRQA 2024 individua 3 misure, comprendenti 8 azioni, necessarie a promuovere una riqualificazione delle tecniche adottate nelle aziende e una riduzione delle emissioni nei settori e/o negli ambiti territoriali più critici.

La strategia di riduzione e controllo delle emissioni derivanti dagli impianti produttivi è legata principalmente al miglioramento delle prestazioni emissive degli impianti attraverso l'utilizzo di processi meno inquinanti o di tecnologie di abbattimento delle emissioni.

La normativa italiana impone già da decenni (D.P.R. 203/1988) che tutte le attività produttive che possono dar luogo ad emissioni in atmosfera debbano essere autorizzate con la fissazione di limitazioni quantitative alle emissioni e di altre prescrizioni stabilite sulla base delle migliori tecniche

disponibili; tale approccio è stato confermato dal Testo Unico Ambientale (D.Lgs. 152/2006) ed è lo stesso previsto dalle direttive europee in materia di emissioni industriali, utilizzo di solventi, impianti di combustione.

A livello comunitario si è quasi concluso il processo di revisione della Direttiva IED, che dovrebbe essere pubblicata entro il 2024. Le nuove norme mirano a offrire una migliore protezione della salute umana e dell'ambiente riducendo il rilascio di emissioni nocive dalle installazioni industriali, comprese le aziende zootecniche per allevamenti intensivi, nell'aria, nell'acqua, nel suolo e negli scarichi di rifiuti. Mirano inoltre a migliorare la comunicazione dei dati ambientali modernizzando il registro europeo delle emissioni e dei trasferimenti di sostanze inquinanti (E-PRTR) esistente al fine di creare un portale più completo e integrato sulle emissioni industriali. La direttiva, quale modificata, mira a promuovere l**'efficienza energetica, un'economia circolare e la decarbonizzazione**.

Anche le attività artigianali e le piccole e medie imprese sono sottoposte ad autorizzazione delle emissioni in atmosfera; per tali tipologie di attività qualora siano individuabili, in via generale, processi di produzione caratterizzati da una minor pericolosita' delle sostanze impiegate o da bassi livelli di emissione, nonché prescrizioni di esercizio e modalità semplificate di controllo, possono essere definite procedure di autorizzazione semplificate.

Sul territorio regionale la strategia descritta è stata adottata sin dal 1966 per tutti gli impianti industriali e le attività che producono emissioni e contestualmente sottoposti ad autorizzazione anticipando l'adozione delle direttive europee e nazionali volte alla limitazione delle emissioni in atmosfera e all'efficientamento energetico estendendo i loro effetti anche alle PMI che rappresentano il tessuto produttivo regionale.

Considerato che ampie porzioni del territorio regionale sono caratterizzate tutt'oggi da molteplici superamenti dei limiti di qualità dell'aria, ed al fine di garantire nel più breve tempo possibile il raggiungimento degli obiettivi di qualità dell'aria, come previsto dalla direttiva 2008/50/CE, occorre tuttavia proseguire con le politiche autorizzative poste in atto, anche attraverso l'adozione di documenti di indirizzo che ne disciplinino le modalità di applicazione. Le suddette politiche sono state declinate nelle misure di piano afferenti al comparto produttivo e industriale, come di seguito riportate in tabella.

ID MISURA	MISURA	ID AZIONE	AZIONI
Ind.M1	Interventi per favorire la sostenibilità ambientale dei processi produttivi	Ind.M1.A1	Applicazione delle BAT ai processi produttivi
		Ind.M1.A2	Efficientamento energetico delle imprese
		Ind.M1.A3	Promozione dell'utilizzo delle energie rinnovabili nelle imprese
IND.M2	Verso l'inquinamento zero dalla produzione al consumo	Ind.M2.A1	Promozione delle hydrogen valley finalizzate alla produzione di idrogeno per la mobilità
		Ind.M2.A2	Promozione dell'Ecodesign e nuovi modelli di business circolari
		Ind.M2.A3	Sostegno allo sviluppo di nuove filiere locali sostenibili
Ind.M3	Azioni di sistema	Ind.M3.A1	Attività di educazione ambientale volte al cambiamento dei modelli di consumo

Tabella 9.13 – Misure dell'ambito l"Attività produttive"

MISURA IND.M.1 - INTERVENTI PER FAVORIRE LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DEI PROCESSI PRODUTTIVI

Tale misura prevede azioni dirette alle attività produttive, che agiscono sia sugli aspetti autorizzativi che su quelli più propriamente tecnici e costruttivi, al fine di ridurre in modo significativo le emissioni e aumentare la sostenibilità ambientale dei processi.

INTERVENTI PER FAVORIRE LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE DEI PROCESSI PRODUTTIVI (IND.M1)	
Ind.M1.A1	Applicazione delle BAT ai processi produttivi
Ind.M1.A2	Efficientamento energetico delle imprese
Ind.M1.A3	Promozione dell'utilizzo delle energie rinnovabili nelle imprese

Tabella 9.13 – Azione della misura "Interventi per favorire la sostenibilità ambientale dei processi produttivi "

L'azione **Ind.M1.A1 Applicazione delle BAT ai processi produttivi** prevede che l'autorità competente al rilascio delle autorizzazioni alle emissioni (AIA, AUA, AVG) nel caso di nuovi impianti e in caso di riesame o modifica di impianti esistenti prescriva, per le polveri e gli ossidi di azoto, i valori limite di emissione più restrittivi previsti dalla normativa vigente (es. nei BREF[11] e nelle BAT Reference Document on Best Available Techniques Conclusions per quanto concerne gli impianti in AIA), su tutto il territorio regionale e anche per gli impianti di competenza statale.

L'azione **Ind.M1.A2 Efficientamento energetico delle imprese** prevede misure di tipo economico/finanziario e intende offrire ai destinatari finali la possibilità di rendere più efficienti dal punto di vista energetico le attività connesse ai cicli di produzione delle imprese e gli edifici di queste ultime abbattendo i consumi di energia primaria e di conseguenza i costi legati al consumo di energia.

L'azione **Ind.M1.A3 Promozione dell'utilizzo delle energie rinnovabili nelle imprese** prevede misure di tipo economico/finanziario e consente alle imprese la possibilità di ridurre le emissioni di Co2 attraverso l'installazione di impianti a fonti rinnovabili per la produzione di energia termica ed elettrica.

[11]I BREF (Reference Document on Best Available Techniques) sono documenti di riferimento comunitari, in cui vengono descritte le BAT);

MISURA IND.M.2 - VERSO L'INQUINAMENTO ZERO DALLA PRODUZIONE AL CONSUMO

Tale misura, comprende tre azioni di carattere finanziario, rivolte in particolare al mondo delle PMI.

VERSO L'INQUINAMENTO ZERO DALLA PRODUZIONE AL CONSUMO (IND.M.2)	
Ind.M2.A1	Promozione delle hydrogen valley finalizzate alla produzione di idrogeno per la mobilità
Ind.M2.A2	Promozione dell'Ecodesign e di nuovi modelli di business circolari
Ind.M2.A3	Sostegno allo sviluppo di nuove filiere locali sostenibili

Tabella 9.14 – Azione della misura "Verso l'inquinamento zero dalla produzione al consumo"

L'azione Ind.M2.A1 Promozione delle hydrogen valley finalizzate alla produzione di idrogeno per la mobilità fa riferimento alla Missione 2 "Rivoluzione verde e transizione ecologica" del Piano nazionale di Ripresa e Resilienza che prevede l'agevolazione della produzione di idrogeno verde da fonti rinnovabili in aree industriali dismesse, anche per supportare la creazione di "Hydrogen valleys".

I progetti ammissibili a finanziamento devono prevedere almeno le seguenti componenti:

a) uno o più elettrolizzatori per la produzione di idrogeno rinnovabile e relativi sistemi ausiliari necessari al processo produttivo, comprensivi di eventuali sistemi di compressione e di stoccaggio dell'idrogeno;
b) uno o più impianti addizionali asserviti agli elettrolizzatori, comprensivi di eventuali sistemi di stoccaggio dell'energia elettrica.

Il Sostegno allo sviluppo di nuove filiere locali sostenibili prevede misure di tipo economico/finanziario per la creazione di Reti d'Impresa nei distretti circolari, come asset funzionali all'accelerazione della realizzazione dei "progetti faro" nell'ambito dei distretti circolari .

La Promozione dell'Ecodesign e di nuovi modelli di business circolari prevede misure di tipo economico/finanziario volte all'introduzione nelle PMI di processi produttivi zero-pollution, attraverso:

- l'introduzione di specifiche vincolanti di progettazione eco-compatibile e promozione dell'eco-innovazione e individuazione di strumenti per sviluppare opportunità di eco-innovazione nell'ambito dell'economia circolare;
- l'incentivazione di tecnologie e metodologie per l'uso e la gestione efficiente dei prodotti e promozione di nuovi modelli di business che massimizzino la circolarità dei prodotti (per esempio i modelli di Prodotto-come-servizio).

MISURA IND.M3 - AZIONI DI SISTEMA

Le azioni di sistema previste per l'ambito produttivo prevedono attività di educazione ambientale, comunicazione e formazione in particolare rivolte alla cittadinanza.

AZIONI DI SISTEMA (IND.M3)	
Ind.M3.A1	Attività di educazione ambientale volte al cambiamento dei modelli di consumo

Tabella 9.15 – Azione della misura "Azioni di sistema"

L'azione **Ind.M3.A1 Attività di educazione ambientale volte al cambiamento dei modelli di consumo** vuole favorire il cambiamento dei modelli di consumo attraverso iniziative di comunicazione ed educazione ambientale, declinate localmente, che, partendo dalle scuole dell'obbligo fino ad arrivare alle famiglie, contribuisca a formare una generazione di cittadini critici, consapevoli e informati, in grado di decidere consapevolmente e incidere con le loro scelte sui vari meccanismi economico-produttivi e sociali del territorio regionale.

9.5 AMBITO "AGRICOLTURA E ZOOTECNIA" (AGR)

9.5.1 Elementi descrittivi

Il settore agricolo

Il settore agricolo piemontese al 2022 risulta composto da 43.013 aziende che gestivano una SAU (superficie agricola utilizzata) di 1.340.141 ettari.

Tra il 2010 e il 2020 la SAU media aziendale è cresciuta del 90% raggiungendo i 28,8 ettari, valore molto più alto della media nazionale (14 ha al 2016).

La SAU è suddivisa per il 56% a seminativi, 34% a prati permanenti e pascoli e 9% a colture permanenti (in prevalenza vite e fruttiferi).

L'agricoltura piemontese si basa su un mix di produzioni variegato: prevalgono seminativi e zootecnia, alle quali si affiancano il settore vitivinicolo ed ortofrutticolo.

Si possono evidenziare aree omogenee con specializzazione prevalente: l'area vitivinicola di qualità situata nell'area di Langhe e Monferrato, il riso localizzato a cavallo delle province di Novara, Vercelli e Biella, i cluster frutticoli del Saluzzese e Cavourese e quello orticolo della piana alessandrina .

In Piemonte è allevato circa il 10% del patrimonio zootecnico nazionale. Nell'ultimo trentennio si è registrato un drastico calo della presenza di allevamenti che oggi sono circa 12.700; il calo è stato particolarmente evidente in collina e in montagna con le ovvie ripercussioni sulla manutenzione del territorio. Analogo trend negativo per il numero di capi, che solo dal 2000 ha ripreso ad aumentare pur con differenze sensibili tra le specie (in calo il numero di vacche da latte e di avicunicoli, in aumento i suini). Due terzi dei capi sono oggi allevati in pianura, e circa il 57% delle UBA (unità di bestiame adulto) si trova in Provincia di Cuneo.

Per quanto riguarda la zootecnia il comparto storicamente più importante è quello della carne bovina che rappresenta poco meno di un terzo dell'intero valore aggiunto del settore agricolo. L'allevamento bovino assiste a un progressivo processo di concentrazione che dura da due decenni.

Nella nostra regione coesistono due sub-filiere profondamente diverse in termini aziendali, produttivi e organizzativi: l'allevamento a ciclo aperto, basato generalmente sul ristallo di vitelli importati ed è generalmente costituito da aziende di medie e grandi dimensioni e l'allevamento a ciclo chiuso, basato sulla rimonta interna, diffuso soprattutto in aziende di ridotte dimensioni e che sono diffuse anche nelle aree collinari e montane e che rappresentano il 70% degli allevamenti del Piemonte, caso unico in Europa.

L'allevamento bovino da latte in Piemonte è ormai quasi completamente concentrato in aziende medio-grandi; permane tuttavia una produzione in aziende più piccole nelle aree montane, spesso connessa alla trasformazione locale della materia prima. Gli allevamenti suini sono aziende molto

specializzate e di grande dimensione e la suinicoltura piemontese è prevalentemente orientata alla fornitura di cosce per la produzione di prosciutti DOP in altre regioni italiane e ciò comporta una ridotta formazione di valore aggiunto locale.

Il comparto avicolo da carne in Piemonte produce prevalentemente per grandi aziende agroalimentari extra-regionali mentre la produzione di uova è orientata al mercato locale, basata su aziende specializzate che coordinano piccole filiere locali. Il settore cunicolo presenta un mercato locale e l'allevamento di ovini è concentrato in piccole aziende generalmente legate ai circuiti economici locali.

9.5.2 CONTESTO EMISSIVO

In base alle stime effettuate nel quadro conoscitivo il settore agricolo ha un ruolo importante nella produzione di emissioni in atmosfera: dalle attività zootecniche e di coltivazione con i fertilizzanti deriva la maggior parte delle emissioni di ammoniaca (NH3). Le emissioni di NH3 relative al macrosettore Agricoltura sono complessivamente circa 34.000 t. Il maggior contributo alle emissioni di NH3 è dovuto alla gestione dei reflui negli allevamenti (86%) (fig, 9.24), che risultano pertanto obiettivo primario di intervento nelle diverse fasi (alimentazione, stabulazione, stoccaggio e spandimento); un contributo importante è attribuito anche alle attività di fertilizzazione chimica sulla quale si ritiene importante intervenire.

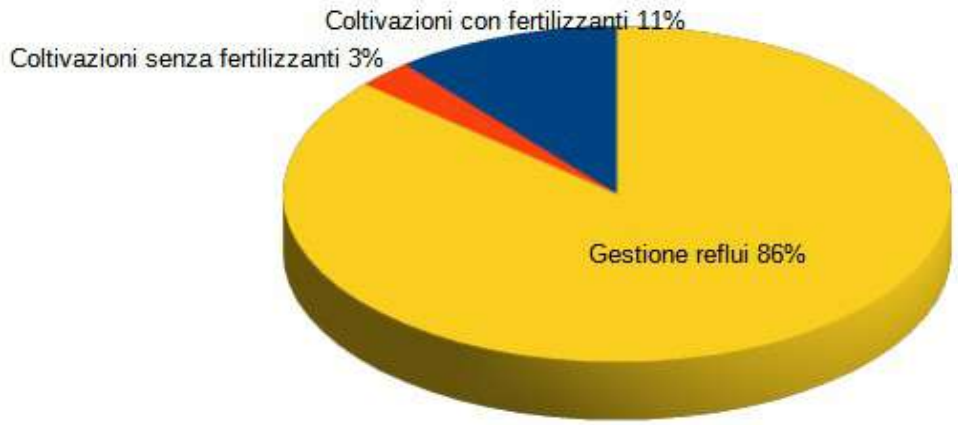


Figura 9.24 – Contributo di NH3 dei settori agricoli (Inventario IREA 2019)

Nel grafico seguente è rappresentata la ripartizione delle emissioni di NH3 per tipologia di specie animale allevata.

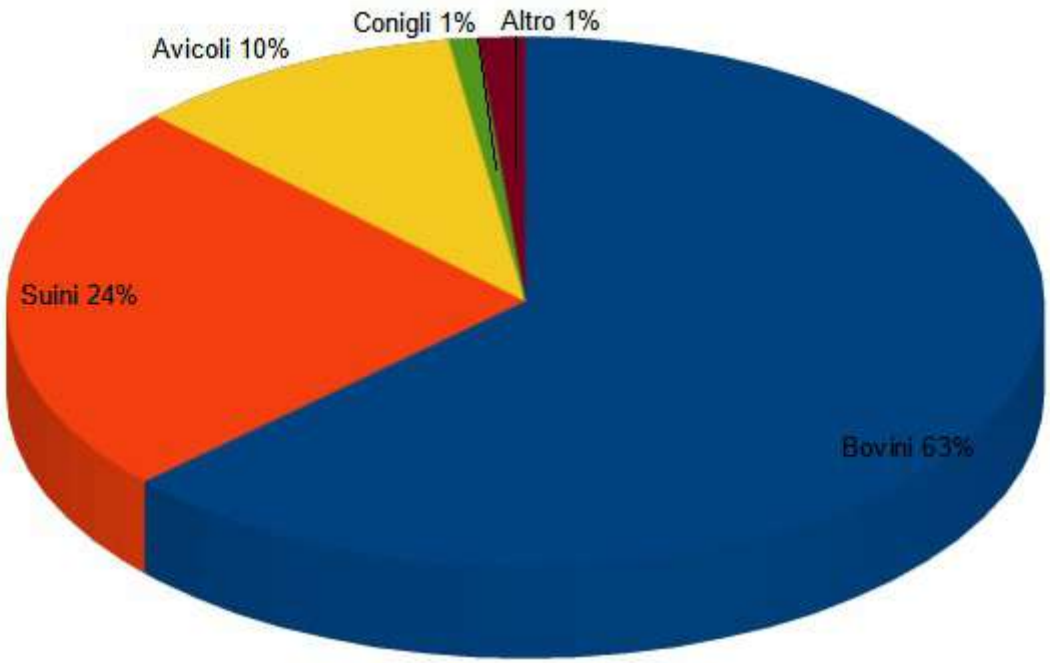


Figura 9.25 - Ripartizione percentuale dell'emissione di NH3 per le diverse specie allevate (Inventario IREA 2019)

Risulta inoltre critica la pratica della combustione in loco dei residui vegetali agricoli e forestali per l'elevata quantità di polveri sottili che ne derivano, in particolare nel periodo in cui, per motivi meteorologici (inversione termica) esse influiscono pesantemente sui superamenti della media giornaliera di PM10.

D'altro canto alcuni tipi di colture e tecniche colturali, nonchè la corretta gestione delle foreste e dei pascoli determinano un maggiore assorbimento del carbonio atmosferico contribuendo alla riduzione della concentrazione della CO2 e del conseguente effetto serra.

9.5.3 MISURE E AZIONI

Le misure previste per l'ambito **agricoltura e zootecnia (Agr)** hanno pertanto l'obiettivo primario di ridurre le emissioni di NH3 derivanti dalla gestione dei reflui e dalle coltivazioni con fertilizzanti. In secondo luogo, è stato ritenuto opportuno intervenire sulle emissioni di PM10 derivanti dalla pratica degli abbruciamenti e dall'utilizzo di mezzi agricoli. Nella tabella seguente sono riportate le 5 misure e le relative 10 azioni individuate per l'ambito agricoltura e zootecnia:

ID MISURA	MISURA	ID AZIONE	AZIONE
Agr.M1	Interventi per l'abbattimento delle emissioni di ammoniaca	Agr.M1.A1	Biomethane hub
		Agr.M1.A2	Sostegno ad investimenti per la riduzione delle emissioni ammoniacali in atmosfera
		Agr.M1.A3	Sostegno all'apporto di matrici organiche in sostituzione della concimazione minerale
		Agr.M1.A4	Sostegno all'adozione di tecniche agronomiche a basse

ID MISURA	MISURA	ID AZIONE	AZIONE
			emissioni di ammoniaca in atmosfera
		Agr.M1.A5	Sostegno all'ammodernamento del parco macchine in agricoltura
Agr.M2	Potenziamento dei controlli	Agr.M2.A1	Attivazione del sistema dei controlli in campo zootecnico e definizione modalità di effettuazione
Agr.M3	Limitazioni sulla combustione all'aperto di residui vegetali	Agr.M3.A1	Potenziamento del monitoraggio sull'applicazione delle disposizioni in ambito agricolo
		Agr.M3.A2	Gestione del combustibile legnoso per la mitigazione del rischio di incendi boschivi
Agr.M4	Incentivazione delle attività e recupero dei materiali vegetali	Agr.M4.A1	Incentivazione delle attività di raccolta e recupero e valorizzazione dei materiali vegetali
Agr.M5	Azioni di sistema	Agr.M5.A1	Attività di comunicazione riguardanti le misure in ambito agricolo e zootecnico

Tabella 9.16 – Misure dell'ambito "Agricoltura e zootecnia"

MISURA AGR.M.1 - INTERVENTI PER L'ABBATTIMENTO DELLE EMISSIONI DI AMMONIACA

Per quanto riguarda l'ambito agricoltura e zootecnia, una delle linee di intervento è indirizzata alla tutela della qualità dell'aria tramite il contenimento delle perdite di ammoniaca, che comprende le seguenti azioni:

INTERVENTI PER L'ABBATTIMENTO DELLE EMISSIONI DI AMMONIACA (Agr.M1)	
Agr.M1.A1	Biomethane hub
Agr.M1.A2	Sostegno ad investimenti per la riduzione delle emissioni ammoniacali in atmosfera
Agr.M1.A3	Sostegno all'apporto di matrici organiche in sostituzione della concimazione minerale
Agr.M1.A4	Sostegno all'adozione di tecniche agronomiche a basse emissioni di ammoniaca in atmosfera
Agr.M1.A5	Sostegno all'ammodernamento del parco macchine in agricoltura

Tabella 9.17 – Azioni della misura "Interventi per l'abbattimento delle emissioni di ammoniaca"

L'azione **Agr.M1.A1 Biomethane hub** prevede incentivi sulla produzione di biometano dal trattamento di reflui zootecnici e residui delle industrie alimentari. Attraverso la pianificazione regionale si possono imporre requisiti tecnico-gestionali atti a vincolare la realizzazione di nuovi impianti di produzione di biometano al trattamento del digestato al fine di ridurre drasticamente il surplus azotato presente sul territorio e produrre fertilizzante come previsto ai sensi del D.Lgs. 75/2010 o del Regolamento Ue 2019/1009.

in tal senso lo sviluppo di una strategia condivisa e tecnologicamente avanzata in grado di trattare i reflui zootecnici in grandi impianti centralizzati finalizzati alla produzione di biometano ed al recupero delle sostanze azotate, alla produzione di fertilizzanti o alla loro eliminazione.

Le azioni finanziate nell'ambito del Complemento regionale per lo sviluppo rurale 2023-2027 (CSR) in particolare agiranno:

- nelle aziende zootecniche e presso gli impianti a biogas per sostenere la realizzazione di investimenti per la riduzione delle emissioni ammoniacali nelle fasi di stoccaggio e distribuzione in campo degli effluenti zootecnici e dei digestati (azione **Agr.M1.A2 Sostegno ad investimenti per la riduzione delle emissioni ammoniacali in atmosfera**). Sostenere economicamente gli operatori all'adozione delle migliori tecniche e strumenti disponibili, permette di abbattere le emissioni provenienti dalla principale fonte emissiva a scala regionale;

- nelle aziende zootecniche per promuovere tecniche a bassa emissività ammoniacale nella fase di distribuzione in campo di effluenti zootecnici, palabili e non palabili azione (azione **Agr.M1.A4 Sostegno all'adozione di tecniche agronomiche a basse emissioni di ammoniaca in atmosfera**). Nella pratica ordinaria, sono infatti impiegate attrezzature che generano un'elevata frantumazione del getto, rilasciando una quota significativa di emissioni ammoniacali;

- nelle aziende non zootecniche per promuovere della fertilizzazione organica con matrici extra-aziendali palabili (letame, frazioni solide da separazione solido/liquido, ammendanti compostati) in sostituzione dei concimi di sintesi utilizzati tradizionalmente (**Agr.M1.A3 Sostegno all'apporto di matrici organiche in sostituzione della concimazione minerale**). La riduzione dell'uso di concimi azotati a base urea, i più emissivi in termini di NH3, concorre altresì ad un virtuoso riutilizzo della sostanza organica disponibile sul territorio, tutelando la fertilità dei suoli agricoli e aumentandone la resilienza ai cambiamenti climatici.

La programmazione dei fondi FEASR 2023-2027 in Piemonte prevede una dotazione di oltre 0,7 miliardi di Euro. Il PSP si articola in numerosi obiettivi che puntano a sviluppare non solo l'agricoltura, ma anche altri settori economici presenti nelle aree rurali, contribuendo a stimolare la competitività del settore agricolo, garantire la tutela e la gestione sostenibile delle risorse naturali e realizzare uno sviluppo territoriale equilibrato delle economie e comunità rurali. Per gli interventi del PSP consistenti nelle sopraelencate azioni direttamente o indirettamente volte a mitigare le emissioni di ammoniaca in atmosfera, sono destinate risorse per circa 35 Milioni di euro sull'intero quinquennio. Tra le azioni previste alcune anticipano il raggiungimento degli obiettivi di riduzione emissiva previsti dal Piano Stralcio Agricoltura, mentre altre contribuiscono direttamente o indirettamente alla riduzione emissiva.

MISURA AGR.M.2 - POTENZIAMENTO DEI CONTROLLI

La misura prevede l'attivazione del sistema dei controlli in campo zootecnico e la definizione delle modalità di effettuazione (azione Agr.M2.A1)**:**

POTENZIAMENTI DEI CONTROLLI (AGR.M2)	
Agr.M2.A1	Attivazione del sistema dei controlli in campo zootecnico e definizione modalità di effettuazione

Tabella 9.18 – Azioni della misura "Potenziamento dei controlli"

Si tratta di un'azione regolamentare, l'attivazione del sistema di controlli in campo zootecnico e definizione modalità di effettuazione attraverso la predisposizione di specifica linea guida (in corso di realizzazione) prevista dal Piano Stralcio Agricoltura. Questa misura contribuisce direttamente alle riduzioni emissive previste dal Piano Stralcio Agricoltura, garantendone la piena efficacia.

MISURA AGR.M3 - LIMITAZIONI SULLA COMBUSTIONE ALL'APERTO DEI RESIDUI VEGETALI

La misura prevede il potenziamento del monitoraggio sull'applicazione delle disposizioni in ambito agricolo, con particolare riferimento alle attività di combustione all'aperto dei residui vegetali, e la gestione del combustibile legnoso per la mitigazione del rischio di incendi boschivi:

LIMITAZIONI SULLA COMBUSTIONE ALL'APERTO DEI RESIDUI VEGETALI (Agr.M3)	
Agr.M3.A1	Potenziamento del monitoraggio sull'applicazione delle disposizioni in ambito agricolo
Agr.M3.A2	Gestione del combustibile legnoso per la mitigazione del rischio di incendi boschivi

Tabella 9.19 – Azioni della misura "Limitazioni sulla combustione all'aperto dei residui vegetali"

Allo stato attuale il divieto di combustione all'aperto dei residui vegetali, previsto dalla normativa vigente, non è attuato in maniera omogenea sul territorio regionale. Tale azione prevede un monitoraggio dell'attuazione dei divieti, anche attraverso un maggior coinvolgimento dei soggetti che esercitano le funzioni di vigilanza e di accertamento delle violazioni sull'applicazione delle disposizioni in materia. Le riduzione emissive associate a questa misura sono pari a circa 800 t di PM10 e 450 t di NOx.

MISURA AGR.M4 - INCENTIVAZIONE DELLE ATTIVITA' DI RACCOLTA E RECUPERO DEI MATERIALI VEGETALI

La misura "Incentivazione delle attività di raccolta e recupero dei materiali vegetali" contribuisce indirettamente alle riduzioni emissive attraverso la creazione di filiere di valorizzazione del materiale vegetale che incentivano la raccolta, trasformazione e impiego di tale materiale per fini energetici come previsto dal DL 69/2023:

INCENTIVAZIONE DELLE ATTIVITA' DI RACCOLTA E RECUPERO DEI MATERIALI VEGETALI (Agr.M4)	
Agr.M4.A1	Incentivazione delle attività di raccolta e recupero e valorizzazione dei materiali vegetali

Tabella 9.20 – Azioni della misura "Limitazioni sulla combustione all'aperto dei residui vegetali"

Per tale azione sono previste due misure regionali che prevedono fondi già stanziati per un totale di 14 milioni di euro.

MISURA AGR.M5 - AZIONI DI SISTEMA

Come azione di sistema sono state previste attività di comunicazione riguardanti le misure in ambito agricolo e zootecnico:

AZIONI DI SISTEMA (O.4.M.5)	
Agr.M5.A1	Attività di comunicazione riguardanti le misure in ambito agricolo e zootecnico

Tabella 9.21 – Azioni della misura "Azioni di sistema"

Le attività , che prevedono il coinvolgimento delle associazioni di categoria, sono state avviate ma necessitano di potenziamento.

10. GLI SCENARI DI PIANO

10.1. GLI SCENARI EMISSIVI DI PIANO AL 2025 E AL 2030

Ai fini di predisporre gli scenari emissivi di Piano al 2025 e al 2030, le misure descritte nel capitolo precedente sono state reinterpretate, individuandone gli ambiti d'intervento in termini di comparti emissivi coinvolti, l'efficacia ovvero la percentuale di riduzione dei diversi inquinanti e il grado di penetrazione ossia la diffusione nell'ambito del comparto emissivo coinvolto.

Gli effetti delle misure sulle varie sorgenti emissive sono stati considerati cumulativamente, ovvero, definita una scala di priorità delle misure, le riduzioni emissive associate a ciascun intervento sono state applicate, per lo stesso comparto e per lo stesso inquinante, alla quota di emissioni restante dopo l'applicazione dell'intervento precedente.

Per elaborare gli scenari emissivi di Piano, sia al 2025 che al 2030, tutte le misure quantificate nel capitolo 7 sono da considerarsi nella loro piena applicazione, ovvero al 100% della loro efficacia.

10.1.1 Lo scenario emissivo di Piano al 2025

Il quadro emissivo dello scenario di Piano al 2025 è sintetizzato nelle tabelle di seguito riportate: le prime tabelle (Figura 10.1, Figura 10.2, Figura 10.3, Figura 10.4, Figura 10.5 e Figura 10.6) evidenziano le variazioni per i diversi comparti emissivi dello scenario di Piano al 2025 (m2025) rispetto allo scenario emissivo tendenziale al 2025 (t2025) e di quest'ultimo rispetto allo scenario base al 2023 (b2023). Si evidenzia che i valori emissivi dello scenario base di PM2.5 riportati in Figura 10.5 non fanno riferimento unicamente a quanto presente nell'Inventario Regionale delle Emissioni, ma sono stati ottenuti dall'impiego dell'apposito modulo di speciazione, inserito nel sistema modellistico regionale di Qualità dell'Aria, che utilizza coefficienti di speciazione del PM10 reperibili in letteratura, differenziati per singole categorie SNAP.

Le figure successive, invece, (Figura 10.7, Figura 10.8 e Figura 10.9) evidenziano il diverso apporto delle riduzioni emissive nelle differenti Zone di Piano (IT0118, IT0119, IT0120, IT0121), relativamente agli inquinanti maggiormente coinvolti dalle azioni di Piano (NO_X, PM10 e NH_3).

	SO_2 base 2023	SO_2 tend 2025	SO_2 misure 2025	SO_2 t2025 - b2023	SO_2 m2025 - t2025	SO_2 t2025 - b2023	SO_2 m2025 - t2025
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	98	95	95	-3	0	-3%	0%
Riscaldamento	443	432	432	-11	0	-2%	0%
Combustione nell'industria	685	672	672	-13	0	-2%	0%
Processi produttivi	1631	1494	1494	-137	0	-8%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	2	2	2	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	48	49	46	0	-2	1%	-5%
Trasporti off-road	34	30	30	-4	0	-11%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	41	40	40	-1	0	-3%	0%
Agricoltura e allevamento	100	100	0	0	-100	0%	-100%
somma	*3082*	*2913*	*2811*	*-169*	*-102*	*-5%*	*-4%*

Figura 10.1: Confronto tra le emissioni di biossido di zolfo (SO_2) nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2025) e nello scenario di Piano (m2025)

Macrosettori	NO_X base 2023 [t/a]	NO_X tend 2025 [t/a]	NO_X misure 2025 [t/a]	NO_X t2025 - b2023 differenza [t/a]	NO_X m2025 - t2025 differenza [t/a]	NO_X t2025 - b2023 differenza %	NO_X m2025 - t2025 differenza %
Produzione di energia	2746	2562	2560	-183	-3	-7%	0%
Riscaldamento	4960	4798	4790	-162	-7	-3%	0%
Combustione nell'industria	5798	5351	5331	-447	-20	-8%	0%
Processi produttivi	2505	1261	1036	-1245	-225	-50%	-18%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	45	45	45	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	26170	24782	22091	-1388	-2691	-5%	-11%
Trasporti off-road	6484	5702	5702	-782	0	-12%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	383	234	234	-149	0	-39%	0%
Agricoltura e allevamento	722	722	250	0	-472	0%	-65%
somma	***49812***	***45457***	***42039***	***-4355***	***-3418***	***-9%***	***-8%***

Figura 10.2: Confronto tra le emissioni di ossidi di azoto (NO_X) nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2025) e nello scenario di Piano (m2025)

Macrosettori	NMVOC base 2023 [t/a]	NMVOC tend 2025 [t/a]	NMVOC misure 2025 [t/a]	NMVOC t2025 - b2023 differenza [t/a]	NMVOC m2025 - t2025 differenza [t/a]	NMVOC t2025 - b2023 differenza %	NMVOC m2025 - t2025 differenza %
Produzione di energia	754	731	731	-23	0	-3%	0%
Riscaldamento	5375	5134	4572	-241	-562	-4%	-11%
Combustione nell'industria	558	458	458	-100	0	-18%	0%
Processi produttivi	16209	14297	14297	-1912	0	-12%	0%
Distribuzione combustibili	3879	3821	3821	-58	0	-1%	0%
Uso di solventi	17737	16088	16088	-1649	0	-9%	0%
Trasporti stradali	10032	10420	8413	387	-2007	4%	-19%
Trasporti off-road	708	679	679	-29	0	-4%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	39	37	37	-2	0	-4%	0%
Agricoltura e allevamento	35457	35457	35031	0	-426	0%	-1%
somma	***90748***	***87122***	***84126***	***-3627***	***-2995***	***-4%***	***-3%***

Figura 10.3: Confronto tra le emissioni dei composti organici volatili non metanici (NMVOC) nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2025) e nello scenario di Piano (m2025)

Macrosettori	PM_{10} base 2023 [t/a]	PM_{10} tend 2025 [t/a]	PM_{10} misure 2025 [t/a]	PM_{10} t2025 - b2023 differenza [t/a]	PM_{10} m2025 - t2025 differenza [t/a]	PM_{10} t2025 - b2023 differenza %	PM_{10} m2025 - t2025 differenza %
Produzione di energia	48	59	59	11	0	23%	0%
Riscaldamento	8058	7780	6759	-277	-1022	-3%	-13%
Combustione nell'industria	133	86	85	-47	0	-36%	0%
Processi produttivi	172	110	110	-62	0	-36%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	391	354	354	-37	0	-10%	0%
Trasporti stradali	4880	5072	4754	192	-318	4%	-6%
Trasporti off-road	339	239	239	-100	0	-29%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	3	2	2	0	0	-11%	0%
Agricoltura e allevamento	873	873	302	0	-571	0%	-65%
somma	***14895***	***14575***	***12663***	***-320***	***-1912***	***-2%***	***-13%***

Figura 10.4: Confronto tra le emissioni di particolato primario PM10 nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2025) e nello scenario di Piano (m2025)

Macrosettori	$PM_{2.5}$ base 2023 [t/a]	$PM_{2.5}$ tend 2025 [t/a]	$PM_{2.5}$ misure 2025 [t/a]	$PM_{2.5}$ t2025 - b2023 differenza (t/a)	$PM_{2.5}$ m2025 - t2025 differenza (t/a)	$PM_{2.5}$ t2025 - b2023 %	$PM_{2.5}$ m2025 - t2025 %
Produzione di energia	47	58	58	11	0	23%	0%
Riscaldamento	7783	7515	6528	-268	-987	-3%	-13%
Combustione nell'industria	105	68	68	-37	0	-35%	0%
Processi produttivi	117	86	86	-31	0	-26%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	302	243	243	-60	0	-20%	0%
Trasporti stradali	1680	1746	1618	66	-128	4%	-7%
Trasporti off-road	338	239	239	-99	0	-29%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	2	2	2	0	0	-11%	0%
Agricoltura e allevamento	654	654	119	0	-535	0%	-82%
somma	***11029***	***10612***	***8961***	***-417***	***-1651***	***-4%***	***-16%***

Figura 10.5: Confronto tra le emissioni di particolato primario PM2.5 nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2025) e nello scenario di Piano (m2025)

Macrosettori	NH_3 base 2023 [t/a]	NH_3 tend 2025 [t/a]	NH_3 misure 2025 [t/a]	NH_3 t2025 - t2023 differenza [t/a]	NH_3 m2025 - t2025 differenza [t/a]	NH_3 t2025 - t2023 differenza %	NH_3 m2025 - t2025 differenza %
Produzione di energia	15	13	13	-2	0	-14%	0%
Riscaldamento	1271	1241	1241	-30	0	-2%	0%
Combustione nell'industria	13	12	12	0	0	-3%	0%
Processi produttivi	2	1	1	0	0	-12%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	0	0	0	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	319	335	327	17	-9	5%	-3%
Trasporti off-road	1	1	1	0	0	-17%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	1021	809	809	-212	0	-21%	0%
Agricoltura e allevamento	33747	27646	27506	-6101	-140	-18%	-1%
somma	***36389***	***30059***	***29910***	***-6330***	***-149***	***-17%***	***0%***

Figura 10.6: Confronto tra le emissioni di ammoniaca (NH_3) nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2025) e nello scenario di Piano (m2025)

ZONA IT 0118							
	NO_X base 2023	NO_X tend 2025	NO_X misure 2025	NO_X t2025 - b2023	NO_X m2025 - t2025	NO_X t2025 - b2023	NO_X m2025 - t2025
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	610	485	484	-125	-1	-20%	0%
Riscaldamento	1001	963	960	-38	-2	-4%	0%
Combustione nell'industria	760	701	698	-59	-3	-8%	0%
Processi produttivi	109	55	45	-54	-10	-50%	-18%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	1	1	1	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	7432	7038	5458	-394	-1580	-5%	-22%
Trasporti off-road	450	396	396	-54	0	-12%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	244	149	149	-95	0	-39%	0%
Agricoltura e allevamento	17	17	17	0	0	0%	0%
somma	*10624*	*9804*	*8208*	*-819*	*-1596*	*-8%*	*-16%*

ZONA IT 0119							
	NO_X base 2023	NO_X tend 2025	NO_X misure 2025	NO_X t2025 - b2023	NO_X m2025 - t2025	NO_X t2025 - b2023	NO_X m2025 - t2025
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	1606	1562	1560	-44	-2	-3%	0%
Riscaldamento	1529	1471	1469	-58	-2	-4%	0%
Combustione nell'industria	3364	3105	3095	-259	-10	-8%	0%
Processi produttivi	2311	1163	955	-1148	-207	-50%	-18%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	44	44	44	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	9975	9446	8674	-529	-772	-5%	-8%
Trasporti off-road	3915	3443	3443	-472	0	-12%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	27	17	17	-11	0	-39%	0%
Agricoltura e allevamento	636	636	173	0	-463	0%	-73%
somma	*23406*	*20885*	*19429*	*-2521*	*-1456*	*-11%*	*-7%*

ZONA IT 0120							
	NO_X base 2023	NO_X tend 2025	NO_X misure 2025	NO_X t2025 - b2023	NO_X m2025 - t2025	NO_X t2025 - b2023	NO_X m2025 - t2025
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	365	355	355	-10	0	-3%	0%
Riscaldamento	2010	1948	1946	-62	-2	-3%	0%
Combustione nell'industria	1425	1315	1309	-110	-6	-8%	0%
Processi produttivi	85	43	35	-42	-8	-50%	-18%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	0	0	0	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	7878	7460	7124	-418	-336	-5%	-4%
Trasporti off-road	1833	1612	1612	-221	0	-12%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	111	68	68	-43	0	-39%	0%
Agricoltura e allevamento	68	68	59	0	-9	0%	-13%
somma	*13774*	*12868*	*12508*	*-906*	*-361*	*-7%*	*-3%*

ZONA IT 0121							
	NO_X base 2023	NO_X tend 2025	NO_X misure 2025	NO_X t2025 - b2023	NO_X m2025 - t2025	NO_X t2025 - b2023	NO_X m2025 - t2025
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	165	161	161	-5	0	-3%	0%
Riscaldamento	419	416	416	-3	0	-1%	0%
Combustione nell'industria	250	230	229	-19	-1	-8%	0%
Processi produttivi	0	0	0	0	0	-50%	-18%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	0	0	0	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	886	839	835	-47	-4	-5%	0%
Trasporti off-road	286	252	252	-35	0	-12%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	0	0	0	0	0	-39%	0%
Agricoltura e allevamento	1	1	1	0	0	0%	0%
somma	*2008*	*1899*	*1894*	*-109*	*-5*	*-5%*	*0%*

Figura 10.7: Confronto tra le emissioni di ossidi di azoto (NO_X), per le varie Zone di Piano, nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2025) e nello scenario di Piano (m2025)

ZONA IT 0118							
	PM_{10} base 2023	PM_{10} tend 2025	PM_{10} misure 2025	PM_{10} t2025 - b2023	PM_{10} m2025 - t2025	PM_{10} t2025 - b2023	PM_{10} m2025 - t2025
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	13	17	17	3	0	23%	0%
Riscaldamento	339	327	323	-12	-4	-3%	-1%
Combustione nell'industria	19	12	12	-7	0	-36%	0%
Processi produttivi	6	4	4	-2	0	-36%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	77	70	70	-7	0	-10%	0%
Trasporti stradali	1007	1046	858	40	-188	4%	-18%
Trasporti off-road	20	14	14	-6	0	-29%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	1	1	1	0	0	-11%	0%
Agricoltura e allevamento	10	10	10	0	0	0%	0%
somma	***1492***	***1500***	***1308***	***9***	***-192***	***1%***	***-13%***

ZONA IT 0119							
	PM_{10} base 2023	PM_{10} tend 2025	PM_{10} misure 2025	PM_{10} t2025 - b2023	PM_{10} m2025 - t2025	PM_{10} t2025 - b2023	PM_{10} m2025 - t2025
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	27	33	33	6	0	23%	0%
Riscaldamento	2148	2074	1789	-74	-285	-3%	-14%
Combustione nell'industria	75	48	48	-27	0	-36%	0%
Processi produttivi	150	96	96	-54	0	-36%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	195	176	176	-18	0	-10%	0%
Trasporti stradali	1891	1965	1878	75	-87	4%	-4%
Trasporti off-road	209	147	147	-61	0	-29%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	0	0	0	0	0	-11%	0%
Agricoltura e allevamento	760	760	199	0	-561	0%	-74%
somma	***5454***	***5300***	***4366***	***-154***	***-933***	***-3%***	***-18%***

ZONA IT 0120							
	PM_{10} base 2023	PM_{10} tend 2025	PM_{10} misure 2025	PM_{10} t2025 - b2023	PM_{10} m2025 - t2025	PM_{10} t2025 - b2023	PM_{10} m2025 - t2025
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	7	8	8	1	0	23%	0%
Riscaldamento	4258	4112	3534	-146	-578	-3%	-14%
Combustione nell'industria	38	24	24	-13	0	-36%	0%
Processi produttivi	12	8	8	-4	0	-36%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	111	100	100	-10	0	-10%	0%
Trasporti stradali	1719	1787	1745	68	-42	4%	-2%
Trasporti off-road	99	70	70	-29	0	-29%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	1	1	1	0	0	-11%	0%
Agricoltura e allevamento	92	92	82	0	-11	0%	-12%
somma	***6337***	***6202***	***5571***	***-135***	***-631***	***-2%***	***-10%***

ZONA IT 0121							
	PM_{10} base 2023	PM_{10} tend 2025	PM_{10} misure 2025	PM_{10} t2025 - b2023	PM_{10} m2025 - t2025	PM_{10} t2025 - b2023	PM_{10} m2025 - t2025
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	2	2	2	0	0	23%	0%
Riscaldamento	1313	1268	1113	-45	-155	-3%	-12%
Combustione nell'industria	2	1	1	-1	0	-36%	0%
Processi produttivi	3	2	2	-1	0	-36%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	8	7	7	-1	0	-10%	0%
Trasporti stradali	263	274	273	10	0	4%	0%
Trasporti off-road	11	8	8	-3	0	-29%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	0	0	0	0	0	-11%	0%
Agricoltura e allevamento	11	11	11	0	0	0%	0%
somma	***1613***	***1573***	***1418***	***-40***	***-156***	***-3%***	***-10%***

Figura 10.8: Confronto tra le emissioni di particolato primario PM10, per le varie Zone di Piano, nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2025) e nello scenario di Piano (m2025)

ZONA IT 0118							
	NH_3 base 2023	NH_3 tend 2025	NH_3 misure 2025	NH_3 t2025 - t2023	NH_3 m2025 - t2025	NH_3 t2025 - t2023	NH_3 m2025 - t2025
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	13	12	12	-2	0	-14%	0%
Riscaldamento	51	56	56	5	0	11%	0%
Combustione nell'industria	0	0	0	0	0	-3%	0%
Processi produttivi	0	0	0	0	0	-12%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	0	0	0	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	75	79	74	4	-5	5%	-6%
Trasporti off-road	0	0	0	0	0	-17%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	8	6	6	-2	0	-21%	0%
Agricoltura e allevamento	1881	1550	1540	-332	-10	-18%	-1%
somma	***2029***	***1703***	***1688***	***-326***	***-15***	***-16%***	***-1%***

ZONA IT 0119							
	NH_3 base 2023	NH_3 tend 2025	NH_3 misure 2025	NH_3 t2025 - t2023	NH_3 m2025 - t2025	NH_3 t2025 - t2023	NH_3 m2025 - t2025
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	1	1	1	0	0	-14%	0%
Riscaldamento	338	328	328	-10	0	-3%	0%
Combustione nell'industria	13	12	12	0	0	-3%	0%
Processi produttivi	1	1	1	0	0	-12%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	0	0	0	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	137	145	142	7	-2	5%	-2%
Trasporti off-road	1	1	1	0	0	-17%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	271	215	215	-56	0	-21%	0%
Agricoltura e allevamento	22079	17512	17411	-4566	-101	-21%	-1%
somma	***22841***	***18214***	***18110***	***-4627***	***-104***	***-20%***	***-1%***

ZONA IT 0120							
	NH_3 base 2023	NH_3 tend 2025	NH_3 misure 2025	NH_3 t2025 - t2023	NH_3 m2025 - t2025	NH_3 t2025 - t2023	NH_3 m2025 - t2025
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	1	0	0	0	0	-14%	0%
Riscaldamento	684	658	658	-26	0	-4%	0%
Combustione nell'industria	0	0	0	0	0	0%	0%
Processi produttivi	0	0	0	0	0	0%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	0	0	0	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	97	102	101	5	-1	5%	-1%
Trasporti off-road	0	0	0	0	0	-17%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	525	415	415	-109	0	-21%	0%
Agricoltura e allevamento	7966	6875	6847	-1091	-28	-14%	0%
somma	***9272***	***8051***	***8021***	***-1221***	***-29***	***-13%***	***0%***

ZONA IT 0121							
	NH_3 base 2023	NH_3 tend 2025	NH_3 misure 2025	NH_3 t2025 - t2023	NH_3 m2025 - t2025	NH_3 t2025 - t2023	NH_3 m2025 - t2025
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	0	0	0	0	0	0%	0%
Riscaldamento	199	200	200	1	0	0%	0%
Combustione nell'industria	0	0	0	0	0	0%	0%
Processi produttivi	0	0	0	0	0	0%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	0	0	0	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	10	10	10	1	0	5%	0%
Trasporti off-road	0	0	0	0	0	-17%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	218	172	172	-45	0	-21%	0%
Agricoltura e allevamento	1821	1708	1708	-112	0	-6%	0%
somma	***2247***	***2091***	***2090***	***-156***	***0***	***-7%***	***0%***

Figura 10.9: Confronto tra le emissioni di ammoniaca (NH_3), per le varie Zone di Piano, nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2025) e nello scenario di Piano (m2025)

10.1.2 Lo scenario emissivo di Piano al 2030

Il quadro emissivo dello scenario di Piano al 2030 è sintetizzato nelle tabelle di seguito riportate: le prime tabelle (Figura 10.10, Figura 10.11, Figura 10.12, Figura 10.13, Figura 10.14 e Figura 10.15) evidenziano le variazioni per i diversi comparti emissivi dello scenario di Piano al 2030 (m2030) rispetto allo scenario emissivo tendenziale al 2030 (t2030) e di quest'ultimo rispetto allo scenario base al 2023 (b2023). Come già osservato nel paragrafo precedente, i valori emissivi dello scenario base di PM2.5 riportati in Figura 10.14 non fanno riferimento unicamente a quanto presente nell'Inventario Regionale delle Emissioni, ma sono stati ottenuti dall'impiego dell'apposito modulo di speciazione inserito nel sistema modellistico regionale di Qualità dell'Aria che utilizza coefficienti di speciazione del PM10 reperibili in letteratura, differenziati per singole categorie SNAP.

Le figure successive, invece, (Figura 10.16, Figura 10.17 e Figura 10.18) evidenziano il diverso apporto delle riduzioni emissive nelle differenti Zone di Piano (IT0118, IT0119, IT0120, IT0121), relativamente agli inquinanti maggiormente coinvolti dalle azioni di Piano (NO_X, PM10 e NH_3).

Macrosettori	SO_2 base 2023 [t/a]	SO_2 tend 2030 [t/a]	SO_2 misure 2030 [t/a]	SO_2 t2030 - b2023 differenza [t/a]	SO_2 m2030 - t2030 differenza [t/a]	SO_2 t2030 - b2023 differenza %	SO_2 m2030 - t2030 differenza %
Produzione di energia	98	91	91	-7	0	-7%	0%
Riscaldamento	443	406	406	-37	0	-8%	0%
Combustione nell'industria	685	652	652	-33	0	-5%	0%
Processi produttivi	1631	1321	1321	-311	0	-19%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	2	2	2	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	48	46	43	-2	-3	-4%	-6%
Trasporti off-road	34	32	32	-2	0	-7%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	41	33	33	-8	0	-18%	0%
Agricoltura e allevamento	100	100	0	0	-100	0%	-100%
somma	***3082***	***2683***	***2580***	***-400***	***-103***	***-13%***	***-4%***

Figura 10.10: Confronto tra le emissioni di biossido di zolfo (SO_2) nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2030) e nello scenario di Piano (m2030)

Macrosettori	NO_X base 2023 [t/a]	NO_X tend 2030 [t/a]	NO_X misure 2030 [t/a]	NO_X t2030 - b2023 differenza [t/a]	NO_X m2030 - t2030 differenza [t/a]	NO_X t2030 - b2023 differenza %	NO_X m2030 - t2030 differenza %
Produzione di energia	2746	2223	2216	-522	-7	-19%	0%
Riscaldamento	4960	4514	4406	-446	-108	-9%	-2%
Combustione nell'industria	5798	5220	5165	-578	-55	-10%	-1%
Processi produttivi	2505	1218	822	-1288	-396	-51%	-32%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	45	45	45	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	26170	11439	8945	-14731	-2493	-56%	-22%
Trasporti off-road	6484	3718	3718	-2766	0	-43%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	383	234	234	-149	0	-39%	0%
Agricoltura e allevamento	722	722	250	0	-472	0%	-65%
somma	***49812***	***29333***	***25801***	***-20479***	***-3531***	***-41%***	***-12%***

Figura 10.11: Confronto tra le emissioni di ossidi di azoto (NO_X) nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2030) e nello scenario di Piano (m2030)

Macrosettori	NMVOC base 2023 [t/a]	NMVOC tend 2030 [t/a]	NMVOC misure 2030 [t/a]	NMVOC t2030 - b2023 differenza [t/a]	NMVOC m2030 - t2030 differenza [t/a]	NMVOC t2030 - b2023 differenza %	NMVOC m2030 - t2030 differenza %
Produzione di energia	754	713	713	-41	0	-5%	0%
Riscaldamento	5375	4069	2400	-1307	-1668	-24%	-41%
Combustione nell'industria	558	469	469	-89	0	-16%	0%
Processi produttivi	16209	14017	14017	-2192	0	-14%	0%
Distribuzione combustibili	3879	3774	3774	-105	0	-3%	0%
Uso di solventi	17737	15828	15828	-1909	0	-11%	0%
Trasporti stradali	10032	10070	7797	37	-2273	0%	-23%
Trasporti off-road	708	659	659	-49	0	-7%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	39	37	37	-2	0	-4%	0%
Agricoltura e allevamento	35457	35457	35031	0	-426	0%	-1%
somma	***90748***	***85092***	***80724***	***-5657***	***-4368***	***-6%***	***-5%***

Figura 10.12: Confronto tra le emissioni dei composti organici volatili non metanici (NMVOC) nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2030) e nello scenario di Piano (m2030)

Macrosettori	PM_{10} base 2023 [t/a]	PM_{10} tend 2030 [t/a]	PM_{10} misure 2030 [t/a]	PM_{10} t2030 - b2023 differenza [t/a]	PM_{10} m2030 - t2030 differenza [t/a]	PM_{10} t2030 - b2023 differenza %	PM_{10} m2030 - t2030 differenza %
Produzione di energia	48	50	50	2	0	3%	0%
Riscaldamento	8058	6147	3522	-1911	-2625	-24%	-43%
Combustione nell'industria	133	86	86	-47	-1	-35%	-1%
Processi produttivi	172	114	114	-58	0	-34%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	391	354	354	-37	0	-10%	0%
Trasporti stradali	4880	3874	3479	-1006	-395	-21%	-10%
Trasporti off-road	339	246	246	-93	0	-27%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	3	2	2	0	0	-12%	0%
Agricoltura e allevamento	873	873	302	0	-571	0%	-65%
somma	***14895***	***11745***	***8153***	***-3150***	***-3592***	***-21%***	***-31%***

Figura 10.13: Confronto tra le emissioni di particolato primario PM10 nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2030) e nello scenario di Piano (m2030)

Macrosettori	$PM_{2.5}$ base 2023 [t/a]	$PM_{2.5}$ tend 2030 [t/a]	$PM_{2.5}$ misure 2030 [t/a]	$PM_{2.5}$ t2030 - b2023 differenza (t/a)	$PM_{2.5}$ m2030 - t2030 differenza (t/a)	$PM_{2.5}$ t2030 - b2023 %	$PM_{2.5}$ m2030 - t2030 %
Produzione di energia	47	49	49	2	0	4%	0%
Riscaldamento	7783	5937	3397	-1846	-2540	-24%	-43%
Combustione nell'industria	105	69	68	-36	-1	-34%	-1%
Processi produttivi	117	89	89	-29	0	-25%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	302	243	243	-60	0	-20%	0%
Trasporti stradali	1680	1333	1176	-346	-157	-21%	-12%
Trasporti off-road	338	244	244	-94	0	-28%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	2	2	2	0	0	-12%	0%
Agricoltura e allevamento	654	654	119	0	-535	0%	-82%
somma	***11029***	***8620***	***5387***	***-2409***	***-3233***	***-22%***	***-38%***

Figura 10.14: Confronto tra le emissioni di particolato primario PM2.5 nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2030) e nello scenario di Piano (m2030)

Macrosettori	NH_3 base 2023 [t/a]	NH_3 tend 2030 [t/a]	NH_3 misure 2030 [t/a]	NH_3 t2030 - b2023 differenza [t/a]	NH_3 m2030 - t2030 differenza [t/a]	NH_3 t2030 - b2023 differenza %	NH_3 m2030 - t2030 differenza %
Produzione di energia	15	12	12	-3	0	-18%	0%
Riscaldamento	1271	1182	1182	-89	0	-7%	0%
Combustione nell'industria	13	12	12	0	0	-3%	0%
Processi produttivi	2	1	1	0	0	-12%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	0	0	0	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	319	318	309	0	-10	0%	-3%
Trasporti off-road	1	1	1	0	0	-1%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	1021	773	773	-248	0	-24%	0%
Agricoltura e allevamento	33747	26786	25519	-6961	-1266	-21%	-5%
somma	***36389***	***29087***	***27811***	***-7302***	***-1276***	***-20%***	***-4%***

Figura 10.15: Confronto tra le emissioni di ammoniaca (NH_3) nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2030) e nello scenario di Piano (m2030)

ZONA IT 0118							
	NO_X base 2023	NO_X tend 2030	NO_X misure 2030	NO_X t2030 - b2023	NO_X m2030 - t2030	NO_X t2030 - b2023	NO_X m2030 - t2030
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	610	431	430	-179	-2	-29%	0%
Riscaldamento	1001	911	903	-90	-7	-9%	-1%
Combustione nell'industria	760	684	674	-76	-10	-10%	-1%
Processi produttivi	109	53	36	-56	-17	-51%	-32%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	1	1	1	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	7432	3248	1728	-4183	-1521	-56%	-47%
Trasporti off-road	450	258	258	-192	0	-43%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	244	149	149	-95	0	-39%	0%
Agricoltura e allevamento	17	17	17	0	0	0%	0%
somma	***10624***	***5753***	***4196***	***-4871***	***-1556***	***-46%***	***-27%***

ZONA IT 0119							
	NO_X base 2023	NO_X tend 2030	NO_X misure 2030	NO_X t2030 - b2023	NO_X m2030 - t2030	NO_X t2030 - b2023	NO_X m2030 - t2030
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	1606	1347	1343	-258	-4	-16%	0%
Riscaldamento	1529	1387	1357	-143	-30	-9%	-2%
Combustione nell'industria	3364	3029	3002	-335	-27	-10%	-1%
Processi produttivi	2311	1123	758	-1188	-365	-51%	-32%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	44	44	44	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	9975	4360	3752	-5615	-607	-56%	-14%
Trasporti off-road	3915	2245	2245	-1670	0	-43%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	27	17	17	-11	0	-39%	0%
Agricoltura e allevamento	636	636	173	0	-463	0%	-73%
somma	***23406***	***14187***	***12691***	***-9219***	***-1497***	***-39%***	***-11%***

ZONA IT 0120							
	NO_X base 2023	NO_X tend 2030	NO_X misure 2030	NO_X t2030 - b2023	NO_X m2030 - t2030	NO_X t2030 - b2023	NO_X m2030 - t2030
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	365	306	305	-59	-1	-16%	0%
Riscaldamento	2010	1830	1772	-180	-58	-9%	-3%
Combustione nell'industria	1425	1283	1267	-142	-16	-10%	-1%
Processi produttivi	85	41	28	-44	-13	-51%	-32%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	0	0	0	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	7878	3443	3094	-4434	-349	-56%	-10%
Trasporti off-road	1833	1051	1051	-782	0	-43%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	111	68	68	-43	0	-39%	0%
Agricoltura e allevamento	68	68	59	0	-9	0%	-13%
somma	***13774***	***8090***	***7644***	***-5684***	***-447***	***-41%***	***-6%***

ZONA IT 0121							
	NO_X base 2023	NO_X tend 2030	NO_X misure 2030	NO_X t2030 - b2023	NO_X m2030 - t2030	NO_X t2030 - b2023	NO_X m2030 - t2030
Macrosettori	[t/a]	[t/a]	[t/a]	differenza [t/a]	differenza [t/a]	differenza %	differenza %
Produzione di energia	165	139	138	-27	0	-16%	0%
Riscaldamento	419	386	373	-33	-13	-8%	-3%
Combustione nell'industria	250	225	222	-25	-2	-10%	-1%
Processi produttivi	0	0	0	0	0	-51%	-32%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	0	0	0	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	886	387	371	-498	-16	-56%	-4%
Trasporti off-road	286	164	164	-122	0	-43%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	0	0	0	0	0	-39%	0%
Agricoltura e allevamento	1	1	1	0	0	0%	0%
somma	***2008***	***1303***	***1271***	***-705***	***-32***	***-35%***	***-2%***

Figura 10.16: Confronto tra le emissioni di ossidi di azoto (NO_X), per le varie Zone di Piano, nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2030) e nello scenario di Piano (m2030)

ZONA IT 0118							
Macrosettori	PM_{10} base 2023 [t/a]	PM_{10} tend 2030 [t/a]	PM_{10} misure 2030 [t/a]	PM_{10} t2030 - b2023 differenza [t/a]	PM_{10} m2030 - t2030 differenza [t/a]	PM_{10} t2030 - b2023 differenza %	PM_{10} m2030 - t2030 differenza %
Produzione di energia	13	14	14	0	0	3%	0%
Riscaldamento	339	259	177	-80	-82	-23%	-32%
Combustione nell'industria	19	12	12	-7	0	-35%	-1%
Processi produttivi	6	4	4	-2	0	-34%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	77	70	70	-7	0	-10%	0%
Trasporti stradali	1007	799	547	-208	-252	-21%	-32%
Trasporti off-road	20	15	15	-5	0	-27%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	1	1	1	0	0	-12%	0%
Agricoltura e allevamento	10	10	10	0	0	0%	0%
somma	***1492***	***1183***	***849***	***-308***	***-334***	***-21%***	***-28%***

ZONA IT 0119							
Macrosettori	PM_{10} base 2023 [t/a]	PM_{10} tend 2030 [t/a]	PM_{10} misure 2030 [t/a]	PM_{10} t2030 - b2023 differenza [t/a]	PM_{10} m2030 - t2030 differenza [t/a]	PM_{10} t2030 - b2023 differenza %	PM_{10} m2030 - t2030 differenza %
Produzione di energia	27	28	28	1	0	3%	0%
Riscaldamento	2148	1639	939	-509	-700	-24%	-43%
Combustione nell'industria	75	48	48	-26	0	-35%	-1%
Processi produttivi	150	99	99	-51	0	-34%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	195	176	176	-18	0	-10%	0%
Trasporti stradali	1891	1501	1407	-390	-94	-21%	-6%
Trasporti off-road	209	152	152	-57	0	-27%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	0	0	0	0	0	-12%	0%
Agricoltura e allevamento	760	760	199	0	-561	0%	-74%
somma	***5454***	***4403***	***3049***	***-1051***	***-1354***	***-19%***	***-31%***

ZONA IT 0120							
Macrosettori	PM_{10} base 2023 [t/a]	PM_{10} tend 2030 [t/a]	PM_{10} misure 2030 [t/a]	PM_{10} t2030 - b2023 differenza [t/a]	PM_{10} m2030 - t2030 differenza [t/a]	PM_{10} t2030 - b2023 differenza %	PM_{10} m2030 - t2030 differenza %
Produzione di energia	7	7	7	0	0	3%	0%
Riscaldamento	4258	3247	1842	-1010	-1405	-24%	-43%
Combustione nell'industria	38	24	24	-13	0	-35%	-1%
Processi produttivi	12	8	8	-4	0	-34%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	111	100	100	-10	0	-10%	0%
Trasporti stradali	1719	1365	1317	-354	-48	-21%	-4%
Trasporti off-road	99	72	72	-27	0	-27%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	1	1	1	0	0	-12%	0%
Agricoltura e allevamento	92	92	82	0	-11	0%	-12%
somma	***6337***	***4917***	***3453***	***-1420***	***-1464***	***-22%***	***-30%***

ZONA IT 0121							
Macrosettori	PM_{10} base 2023 [t/a]	PM_{10} tend 2030 [t/a]	PM_{10} misure 2030 [t/a]	PM_{10} t2030 - b2023 differenza [t/a]	PM_{10} m2030 - t2030 differenza [t/a]	PM_{10} t2030 - b2023 differenza %	PM_{10} m2030 - t2030 differenza %
Produzione di energia	2	2	2	0	0	3%	0%
Riscaldamento	1313	1002	563	-312	-438	-24%	-44%
Combustione nell'industria	2	1	1	-1	0	-35%	-1%
Processi produttivi	3	2	2	-1	0	-34%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	8	7	7	-1	0	-10%	0%
Trasporti stradali	263	209	208	-54	-1	-21%	-1%
Trasporti off-road	11	8	8	-3	0	-27%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	0	0	0	0	0	-12%	0%
Agricoltura e allevamento	11	11	11	0	0	0%	0%
somma	***1613***	***1242***	***802***	***-372***	***-440***	***-23%***	***-35%***

Figura 10.17: Confronto tra le emissioni di particolato primario PM10, per le varie Zone di Piano, nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2030) e nello scenario di Piano (m2030)

	ZONA IT 0118						
Macrosettori	NH_3 base 2023 [t/a]	NH_3 tend 2030 [t/a]	NH_3 misure 2030 [t/a]	NH_3 t2030 - b2023 differenza [t/a]	NH_3 m2030 - t2030 differenza [t/a]	NH_3 t2030 - b2023 differenza %	NH_3 m2030 - t2030 differenza %
Produzione di energia	13	11	11	-2	0	-18%	0%
Riscaldamento	51	54	54	3	0	6%	0%
Combustione nell'industria	0	0	0	0	0	-3%	0%
Processi produttivi	0	0	0	0	0	-12%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	0	0	0	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	75	75	69	0	-6	0%	-8%
Trasporti off-road	0	0	0	0	0	-1%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	8	6	6	-2	0	-24%	0%
Agricoltura e allevamento	1881	1502	1422	-380	-80	-20%	-5%
somma	***2029***	***1648***	***1563***	***-381***	***-85***	***-19%***	***-5%***

	ZONA IT 0119						
Macrosettori	NH_3 base 2023 [t/a]	NH_3 tend 2030 [t/a]	NH_3 misure 2030 [t/a]	NH_3 t2030 - b2023 differenza [t/a]	NH_3 m2030 - t2030 differenza [t/a]	NH_3 t2030 - b2023 differenza %	NH_3 m2030 - t2030 differenza %
Produzione di energia	1	1	1	0	0	-18%	0%
Riscaldamento	338	313	313	-25	0	-7%	0%
Combustione nell'industria	13	12	12	0	0	-3%	0%
Processi produttivi	1	1	1	0	0	-12%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	0	0	0	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	137	137	134	0	-3	0%	-2%
Trasporti off-road	1	1	1	0	0	-1%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	271	205	205	-66	0	-24%	0%
Agricoltura e allevamento	22079	16962	16163	-5117	-799	-23%	-5%
somma	***22841***	***17633***	***16831***	***-5208***	***-802***	***-23%***	***-5%***

	ZONA IT 0120						
Macrosettori	NH_3 base 2023 [t/a]	NH_3 tend 2030 [t/a]	NH_3 misure 2030 [t/a]	NH_3 t2030 - b2023 differenza [t/a]	NH_3 m2030 - t2030 differenza [t/a]	NH_3 t2030 - b2023 differenza %	NH_3 m2030 - t2030 differenza %
Produzione di energia	1	0	0	0	0	-18%	0%
Riscaldamento	684	627	627	-56	0	-8%	0%
Combustione nell'industria	0	0	0	0	0	0%	0%
Processi produttivi	0	0	0	0	0	0%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	0	0	0	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	97	96	95	0	-1	0%	-1%
Trasporti off-road	0	0	0	0	0	-1%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	525	397	397	-127	0	-24%	0%
Agricoltura e allevamento	7966	6646	6317	-1320	-329	-17%	-5%
somma	***9272***	***7768***	***7437***	***-1504***	***-330***	***-16%***	***-4%***

	ZONA IT 0121						
Macrosettori	NH_3 base 2023 [t/a]	NH_3 tend 2030 [t/a]	NH_3 misure 2030 [t/a]	NH_3 t2030 - b2023 differenza [t/a]	NH_3 m2030 - t2030 differenza [t/a]	NH_3 t2030 - b2023 differenza %	NH_3 m2030 - t2030 differenza %
Produzione di energia	0	0	0	0	0	0%	0%
Riscaldamento	199	188	188	-11	0	-5%	0%
Combustione nell'industria	0	0	0	0	0	0%	0%
Processi produttivi	0	0	0	0	0	0%	0%
Distribuzione combustibili	0	0	0	0	0	0%	0%
Uso di solventi	0	0	0	0	0	0%	0%
Trasporti stradali	10	10	10	0	0	0%	0%
Trasporti off-road	0	0	0	0	0	-1%	0%
Trattamento e smaltimento rifiuti	218	165	165	-53	0	-24%	0%
Agricoltura e allevamento	1821	1676	1618	-145	-58	-8%	-3%
somma	***2247***	***2039***	***1981***	***-208***	***-58***	***-9%***	***-3%***

Figura 10.18: Confronto tra le emissioni di ammoniaca (NH_3), per le varie Zone di Piano, nello scenario emissivo base (b2023), nello scenario tendenziale (t2030) e nello scenario di Piano (m2030)

10.2. GLI SCENARI DI QUALITÀ DELL'ARIA DI PIANO AL 2025 ED AL 2030

Gli scenari di qualità dell'aria di Piano con orizzonte temporale 2025 e 2030 sono stati prodotti applicando il Sistema Modellistico Regionale agli scenari emissivi di Piano descritti nel precedente paragrafo. Le simulazioni sono state condotte mantenendo invariate le configurazioni (dominio di calcolo, parametri delle simulazioni) e gli altri dati di ingresso (meteorologia, condizioni al contorno, dati cartografici) utilizzati nello scenario base riferito all'anno meteorologico 2023 (si veda il Capitolo 6.4).

Nella produzione degli scenari di qualità dell'aria di Piano, così come fatto per gli scenari di qualità dell'aria tendenziali (Capitolo 7), è stato necessario considerare il 'bias' del sistema modellistico (ovvero, la differenza tra le concentrazioni simulate nel caso base e le concentrazioni misurate dalla rete di rilevamento regionale SRRQA nell'anno di riferimento), caratteristico di tutte le applicazioni condotte con modelli di chimica e trasporto. Pertanto, i campi di concentrazioni prodotti dal modello di qualità dell'aria sono stati elaborati a valle delle simulazioni per produrre gli scenari di qualità dell'aria al netto del 'bias' del sistema, seguendo una procedura, attualmente allo stato dell'arte, che prevede che:

1. allo scenario base 2023 vengano applicate tecniche di data fusion per integrare i dati misurati dalla rete regionale di rilevamento nei campi di concentrazione prodotti dal sistema modellistico, in modo da ottenere la migliore rappresentazione dello stato di qualità dell'aria alla scala regionale (quanto esposto nel capitolo 6, paragrafo 6.4.2);
2. a valle delle simulazioni di scenario venga calcolata, per ogni inquinante e per ogni aggregazione temporale di riferimento (oraria, giornaliera o annuale), la differenza percentuale delta tra lo scenario base al 2023 e lo scenario di riduzione considerato (in questo caso lo scenario di Piano al 2025 e lo scenario di Piano al 2030);
3. si applichi la differenza percentuale delta calcolata al punto 2 ai campi di concentrazione assimilati dei prodotti al punto 1, ottenendo così i campi di concentrazione assimilati al 2025 e al 2030 relativi rispettivamente allo scenario di Piano al 2025 e al 2030.

Le matrici di concentrazioni orarie e/o giornaliere relative ad ogni cella del dominio di simulazione sono state successivamente aggregate e confrontate con quelle dello scenario base in modo da produrre:

- mappe a scala regionale rappresentanti le variazioni in termini percentuali delle concentrazioni medie degli inquinanti rispetto allo scenario base;
- mappe a scala regionale rappresentanti la situazione della qualità dell'aria al 2025 ed al 2030;
- mappe a scala regionale su base comunali rappresentanti la situazione al 2025 e al 2030 in relazione al rispetto ai valori limite previsti dal d.lgs 155/2010 a seguito dell'applicazione delle misure di Piano.

I risultati così ottenuti devono essere valutati anche alla luce della risoluzione del Sistema Modellistico Regionale, che non è in grado (come tutti i sistemi basati su modelli di chimica e trasporto) di risolvere in modo diretto fenomeni che avvengono su scale molto più piccole di quelle adottate nella simulazione. La risoluzione adottata permette di riprodurre bene, come testimoniato dai risultati della validazione del sistema, i fenomeni che avvengono dalla scala extra-regionale fino a quella urbana, ma non è in grado, se non in particolari casi, di riprodurre fenomeni su scale inferiori, quali, ad esempio, canyon stradali caratterizzati da elevato traffico veicolare o piccole valli particolarmente complesse dal punto di vista orografico

I risultati presentati nel seguito del capitolo sono quindi validi alla luce di quanto sopra esposto ed in considerazione del fatto che gli scenari emissivi di Piano al 2025 ed al 2030 sono stati

ottenuti considerando la piena applicazione delle misure di riduzione individuate e descritte nel Capitolo 9.

10.2.1 Lo scenario di qualità dell'aria di Piano al 2025

In Figura 10.19 sono riportate le mappe che descrivono le variazioni percentuali delle concentrazioni medie annuali di particolato (PM10 e PM2.5) e biossido di azoto, calcolate tra lo scenario di Piano 2025 e lo scenario base 2023. Per il particolato PM10 si hanno riduzioni mediane sulle zone di qualità dell'aria comprese tra il 4% della zona IT0121 ed il 12% della IT0119, con valori dell'ordine del 10% sulla zona IT0118, mentre le riduzioni massime, dell'ordine del 21%, si hanno sulla zona IT0119. Per il particolato PM2.5 le riduzioni stimate sono leggermente maggiori, con valori mediani compresi tra il 6% della zona IT0121 ed il 14% della zona IT0119 (poco sopra il 10% sulla IT0118) e riduzioni massime fino al 23% sulla zona IT0119. Gli impatti maggiori dello scenario emissivo di Piano 2025 in termini di riduzioni percentuali si hanno per il biossido di azoto, in particolare sulla zona IT0118: nella mappa di Figura 10.19 si osservano riduzioni mediane comprese tra il 7% (IT0121) ed il 14% (IT0118) con riduzioni massime che variano tra il 17% (sulla zona IT0118) ed il 23% sulla zona IT0120.

Nella Figura 10.20 e nella Figura 10.22 sono riportate le mappe di concentrazione sul dominio di simulazione prodotte nello scenario di Piano 2025 rispettivamente per il PM10 (media annua e numero di giorni di superamento del valore limite giornaliero), PM2.5 e biossido di azoto (media annua).

La media annua del PM10 nella maggior parte del territorio regionale è compresa tra i 15 ed i 25 mg/m^3, con valori più alti, fino a 30 mg/m^3, nell'area urbana torinese.

Con lo scenario di Piano 2025 sembra risolversi la criticità legata alla media giornaliera del PM10: non si osserva infatti in nessun punto del dominio un numero di giorni di superamento del valore limite superiore a quanto consentito dalla normativa nazionale e comunitaria (35 giorni per anno civile), anche se in alcune aree dell'agglomerato urbano Torinese il numero di giorni di superamento è di poco inferiore a tale limite.

La media annua del PM2.5 è inferiore ai 15 mg/m^3 su quasi tutto il Piemonte, ad eccezione della zona IT0118 e di poche aree pedemontane, dove si attesta tra i 15 ed i 20 mg/m^3.

La media annua del biossido di azoto mostra i valori maggiori sul Torinese: fino a 30 mg/m^3 sulla città di Torino, fino a 25 mg/m^3 nel resto dell'agglomerato urbano; nel resto della zona IT0118, nei principali capoluoghi (Asti, Alessandria e Novara) e nell'alto Cuneese i livelli di media annua di biossido di azoto sono compresi tra i 15 ed i 20 mg/m^3, mentre sul resto della regione sono ovunque inferiori ai 15 mg/m^3.

La Figura 10.22 mostra invece la distribuzione spaziale del numero di giorni di superamento del valore obiettivo a lungo termine per l'ozono: come nello scenario tendenziale 2025, anche nello scenario di Piano 2025 si osserva un comportamento differente tra la zona IT0118 ed il resto della regione: nella zona Agglomerato infatti gli effetti delle misure di riduzione sui precursori portano ad un aumento del numero di giorni di superamento del valore obiettivo rispetto allo scenario base, mentre sulle altre zone si ha una tendenza alla riduzione dei livelli di ozono, maggiore sulle zone alpine.

Le considerazioni appena esposte sono confermate dall'elaborazione di Figura 10.23, nella quale vengono mostrate, per ogni indicatore e per ogni zona, le distribuzioni dei valori simulati su ogni punto griglia del dominio di simulazione afferenti alle varie zone di qualità dell'aria.

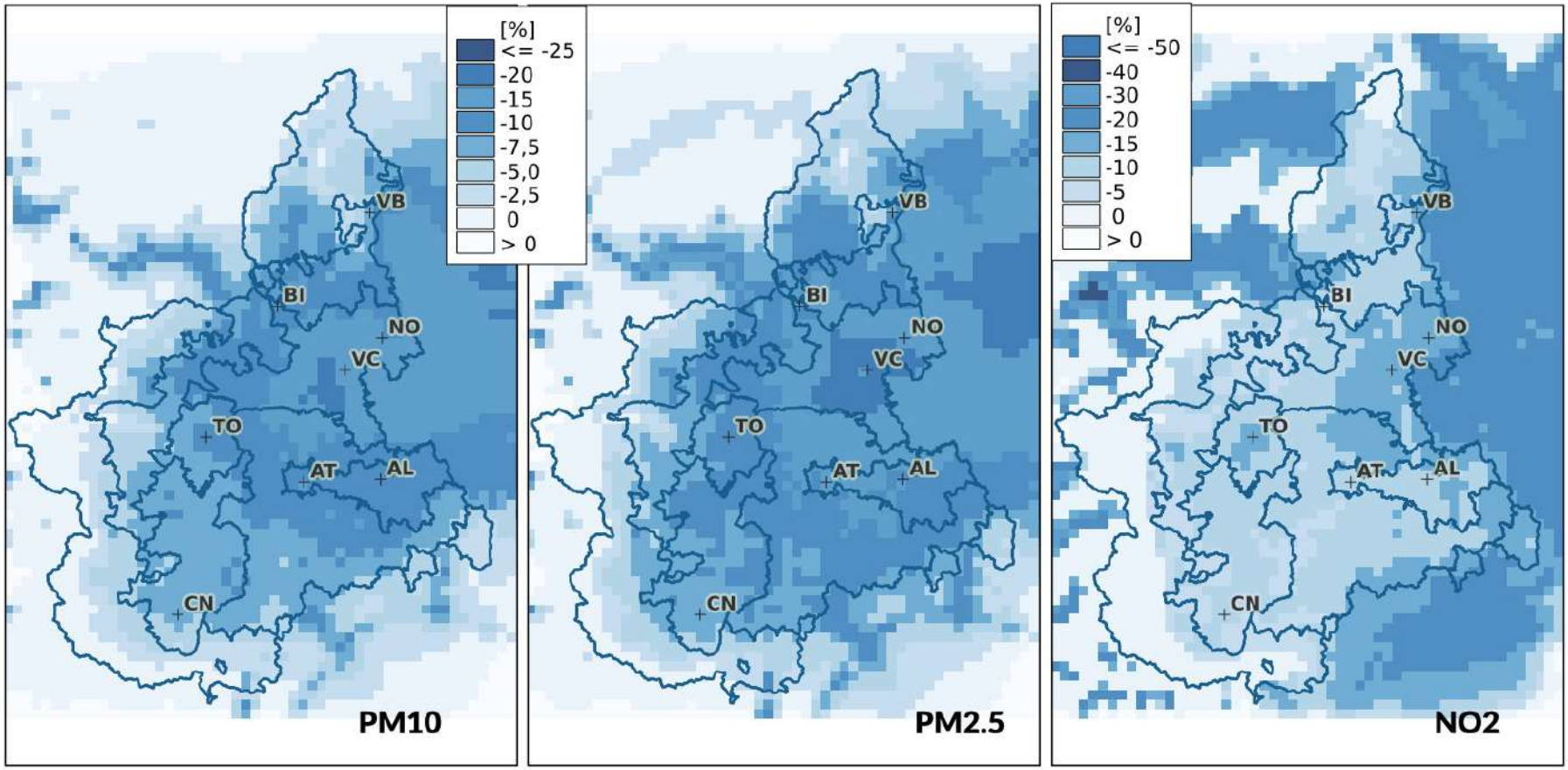


Figura 10.19: Variazione percentuale delle concentrazioni medie annue di particolato (PM10 a sinistra, PM2.5 al centro) e biossido di azoto (a destra) tra lo scenario di Piano 2025 e lo scenario base 2023 PM10 e PM2.5 sono rappresentati con la stessa scala colore, il biossido di azoto, le cui riduzioni sono maggiori, con la stessa scala colore ma con limiti differenti delle classi. Valori negativi indicano una riduzione delle concentrazioni nello scenario di Piano rispetto allo scenario base.

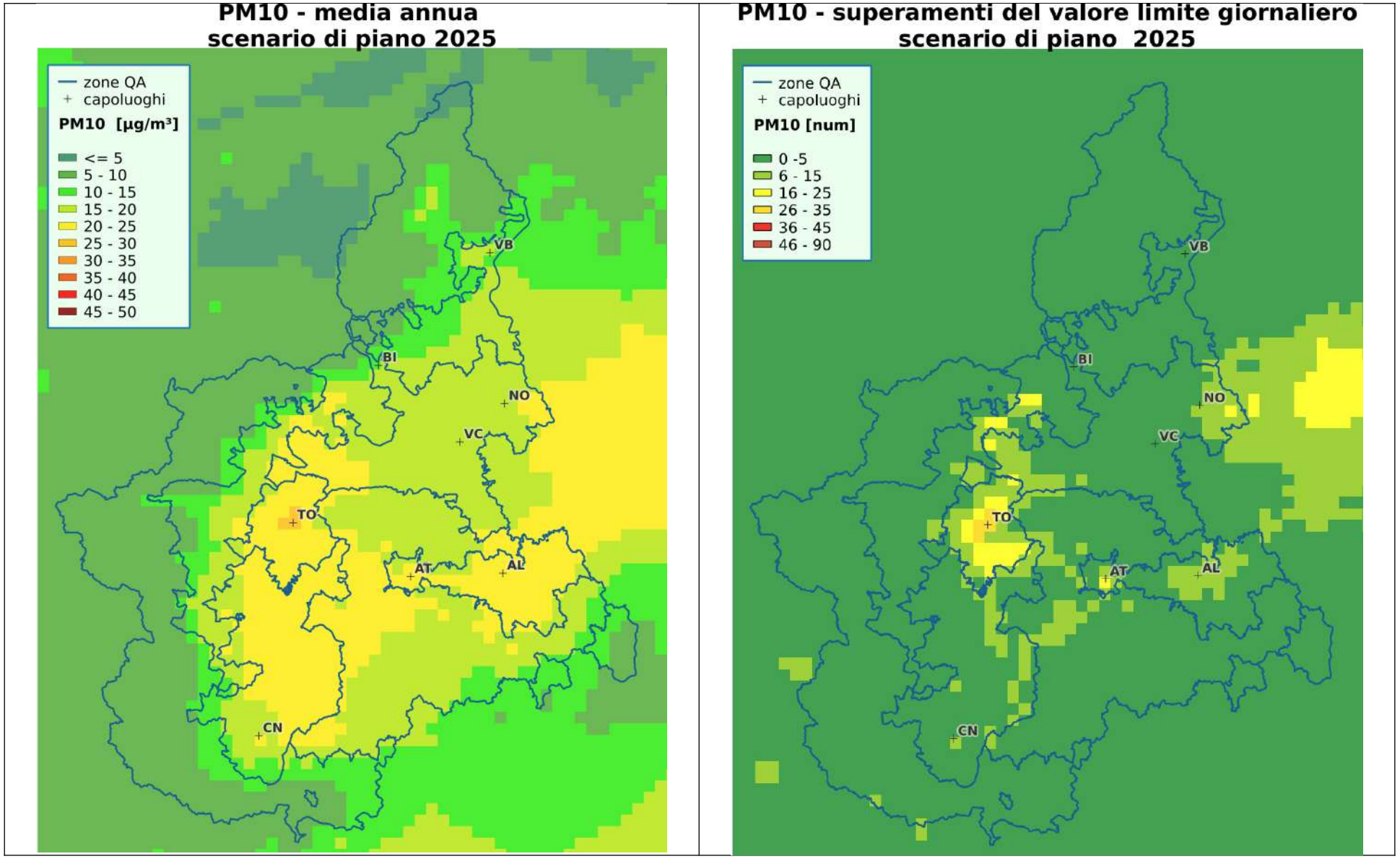


Figura 10.20: mappe di concentrazione sul dominio di simulazione nello scenario di Piano 2025 per il PM10: a sinistra la media annua, a destra il numero di superamenti del valore limite per la media giornaliera.

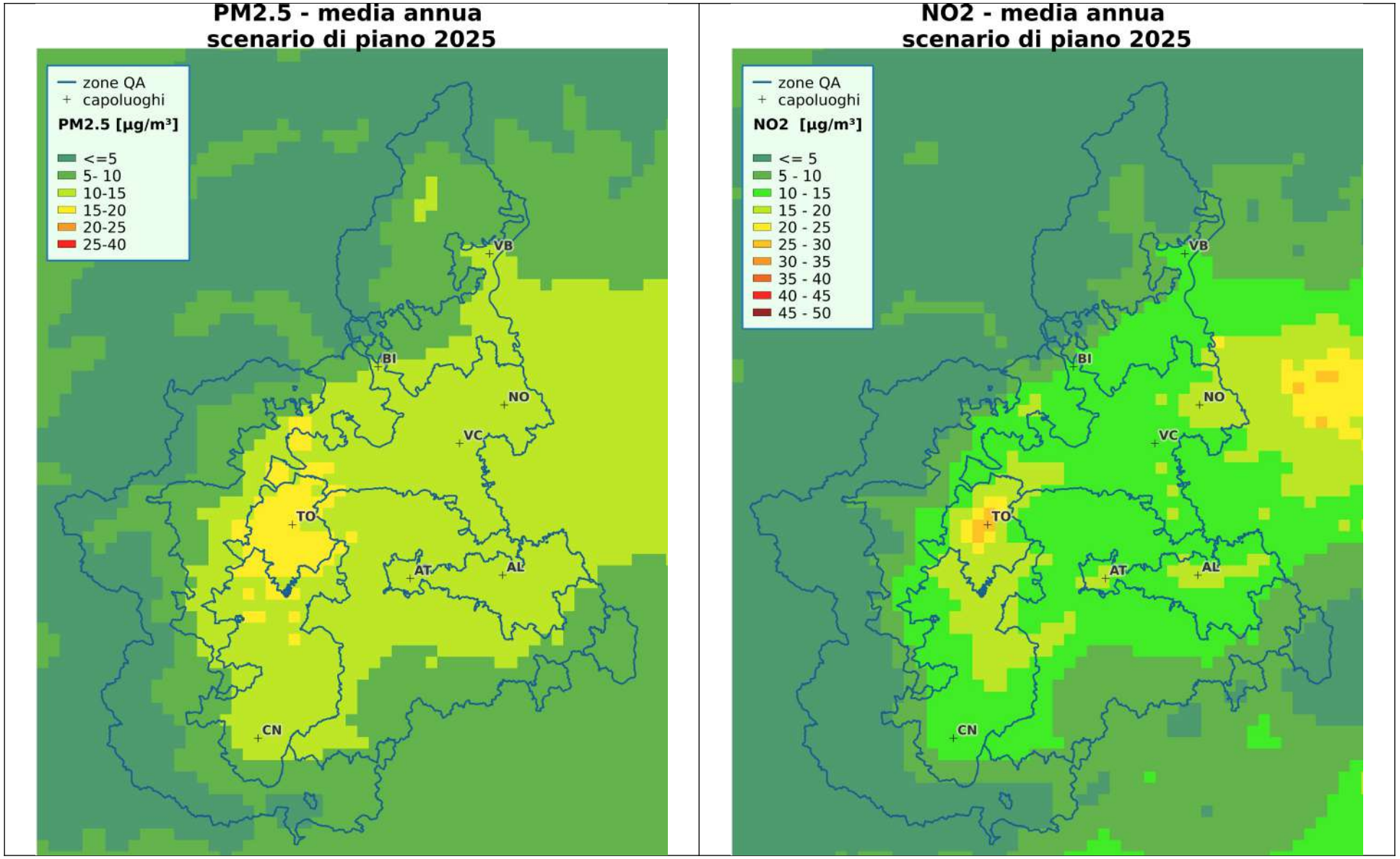


Figura 10.21 mappe di concentrazione sul dominio di simulazione nello scenario di Piano 2025: a sinistra media annua del particolato PM2.5, a destra media annua del biossido di azoto.

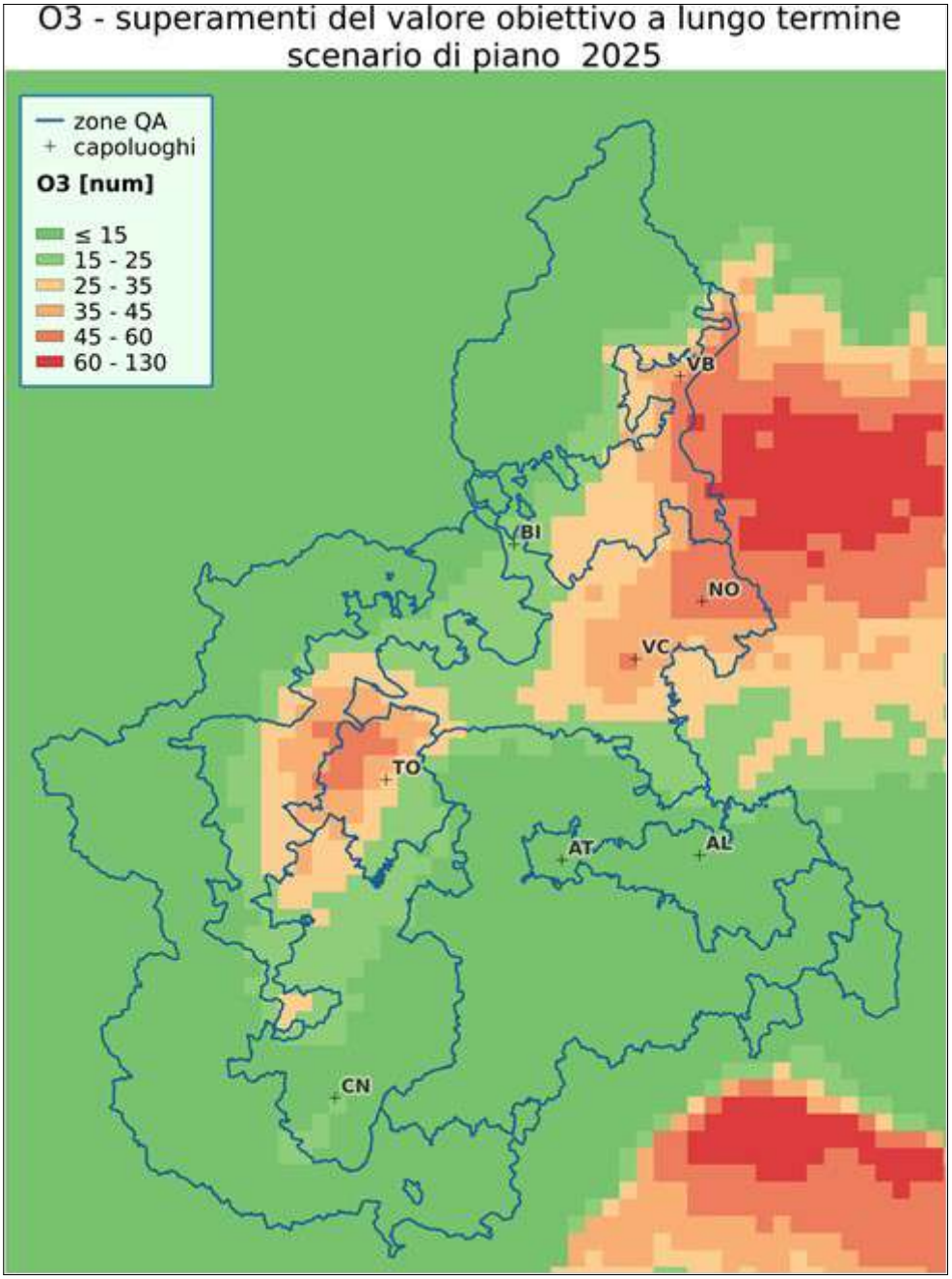


Figura 10.22: mappe di concentrazione sul dominio di simulazione nello scenario di Piano 2025: O_3, numero di giorni di superamento del valore obiettivo di 120 mg/m3 per la massima media mobile su otto ore.

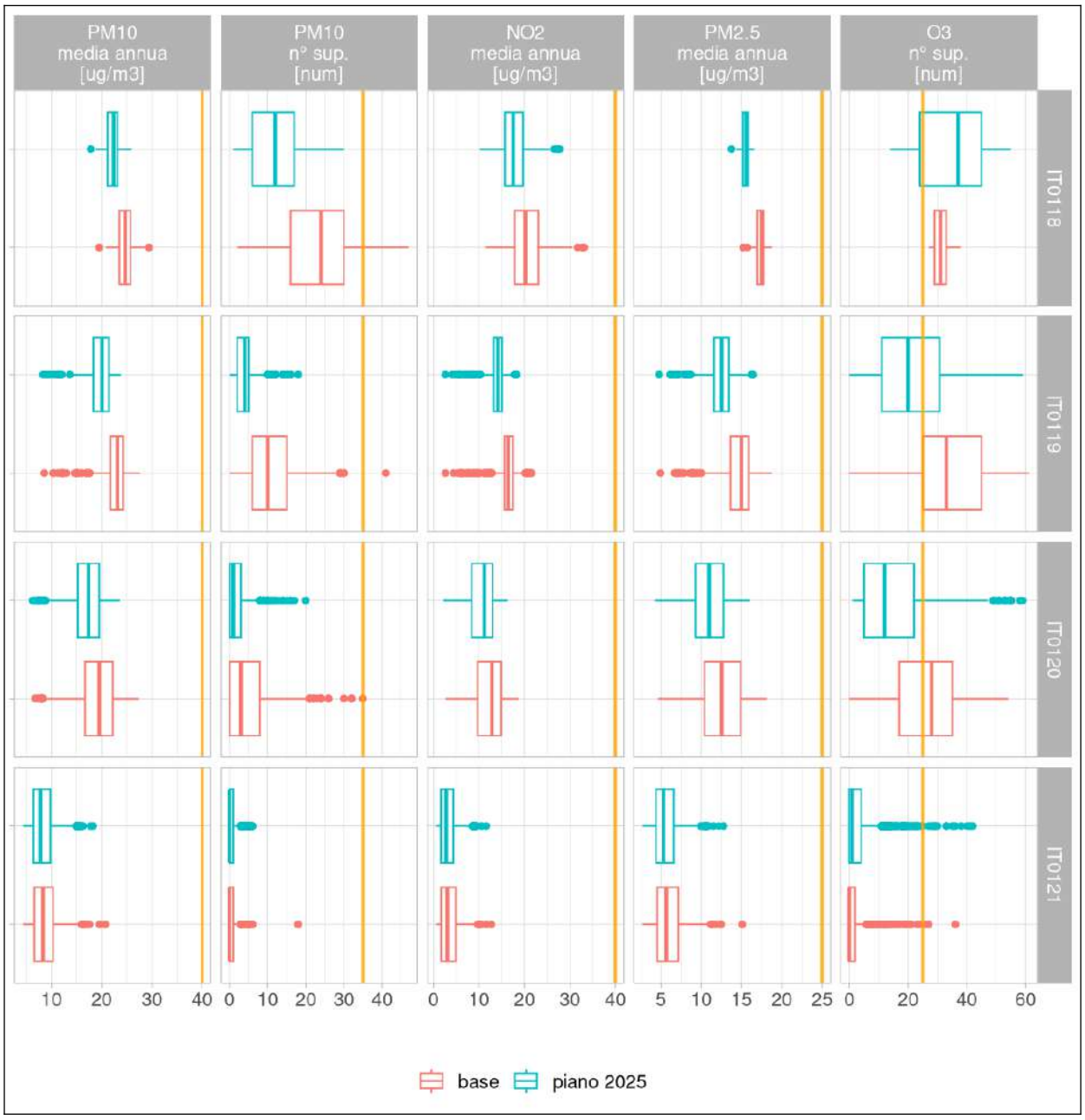


Figura 10.23: distribuzione dei valori assunti dagli indicatori (da sinistra a destra: media annua del PM10, numero di superamenti del valore limite giornaliero per il PM10, media annua di NO_2, media annua di PM2.5, numero di superamenti del valore obiettivo a lungo termine per O_3) sui punti griglia afferenti alle differenti zone di qualità dell'aria (dall'alto in basso, dalla IT0118 alla IT0121). In rosa i valori associati allo scenario base, in azzurro allo scenario di Piano 2025, in arancione la linea esprimente il valore limite per ciascun indicatore.

IL RISPETTO DEI LIMITI AL 2025 CON L'APPLICAZIONE DELLE MISURE DI PIANO

Il Sistema Modellistico Regionale calcola i valori di concentrazione su tutti i punti griglia del dominio di calcolo tridimensionale. Ai fini della valutazione del rispetto dei valori limite previsti dal D. Lgs. 155/2010 è tuttavia necessario riferirsi alle zone ed agli agglomerati individuati e classificati ai sensi degli articoli 3 e 4 del decreto stesso. Pertanto, come fatto per lo scenario base, anche per lo scenario di Piano 2025, è opportuno riportare il valore di concentrazione dalla griglia di simulazione al territorio comunale.

La metodologia adottata è descritta nel Capitolo 6.5, al quale si rimanda per i dettagli: a partire dalle concentrazioni su base comunale vengono quindi calcolati i superamenti dei valori limite previsti dal D. Lgs. 155/2010 al 2025 nello scenario di Piano, al fine di individuare l'estensione delle eventuali aree di superamento e la popolazione potenzialmente interessata da tali superamenti. Le aree e, conseguentemente, la popolazione interessata sono calcolate in ottica cautelativa considerando come esposta al superamento tutta la superficie (e la relativa popolazione) del comune la cui concentrazione supera i limiti previsti dalla normativa. Per i diversi inquinanti e relativi indicatori di legge, il calcolo è effettuato sommando le aree e la popolazione (riferita al dato più aggiornato disponibile, ovvero al 2023) dei comuni in cui la concentrazione comunale è valutata superiore al corrispondente valore limite; nel caso del numero di superamenti di una certa soglia, sono considerati i comuni nei quali è calcolato un numero di superamenti del valore limite maggiore a quanto consentito dalla normativa.

Per il particolato PM10, la distribuzione delle concentrazioni medie annue e del numero di superamenti del valore limite giornaliero attribuite ai comuni è riportata nella Figura 10.24. Per la media annua il limite di 40 mg/m3 è rispettato su tutti i comuni piemontesi. Per quanto riguarda il numero di giorni di superamento del valore limite di 50 mg/m^3, la mappa ne mostra il rispetto su tutti i comuni. Nella città di Torino è stimato un numero di giorni di superamento di poco inferiore al limite di 35 giorni per anno civile. Si ricorda a tale proposito che i risultati non tengono conto di eventuali fenomeni locali che avvengono su scale inferiori a quelli della risoluzione modellistica e che possono generare eventuali hot-spot di superamento in alcune stazioni di traffico dell'agglomerato torinese anche nello scenario di Piano 2025.

Per la media annua del PM2.5, riprodotta in Figura 10.25 (a sinistra), al 2025 tutti i comuni rispettano sia il valore limite di 25 mg/m^3, sia il valore limite Stage II di 20 mg/m^3.

Il valore limite di 40 mg/m^3 per la media annua del biossido di azoto è rispettato al 2025 su tutti ci comuni piemontesi (Figura 10.25, a destra). Anche in questo caso è opportuno ricordare che in alcuni punti di traffico della città di Torino potrebbero verificarsi fenomeni su scale inferiori a quelle risolte dalla simulazione modellistica che potrebbero generare eventuali hot-spot per la media annua del biossido di azoto.

Per tutti gli altri inquinanti normati i limiti di legge sono ampiamente rispettati su tutti i comuni piemontesi (come già verificato nello scenario base al 2023).

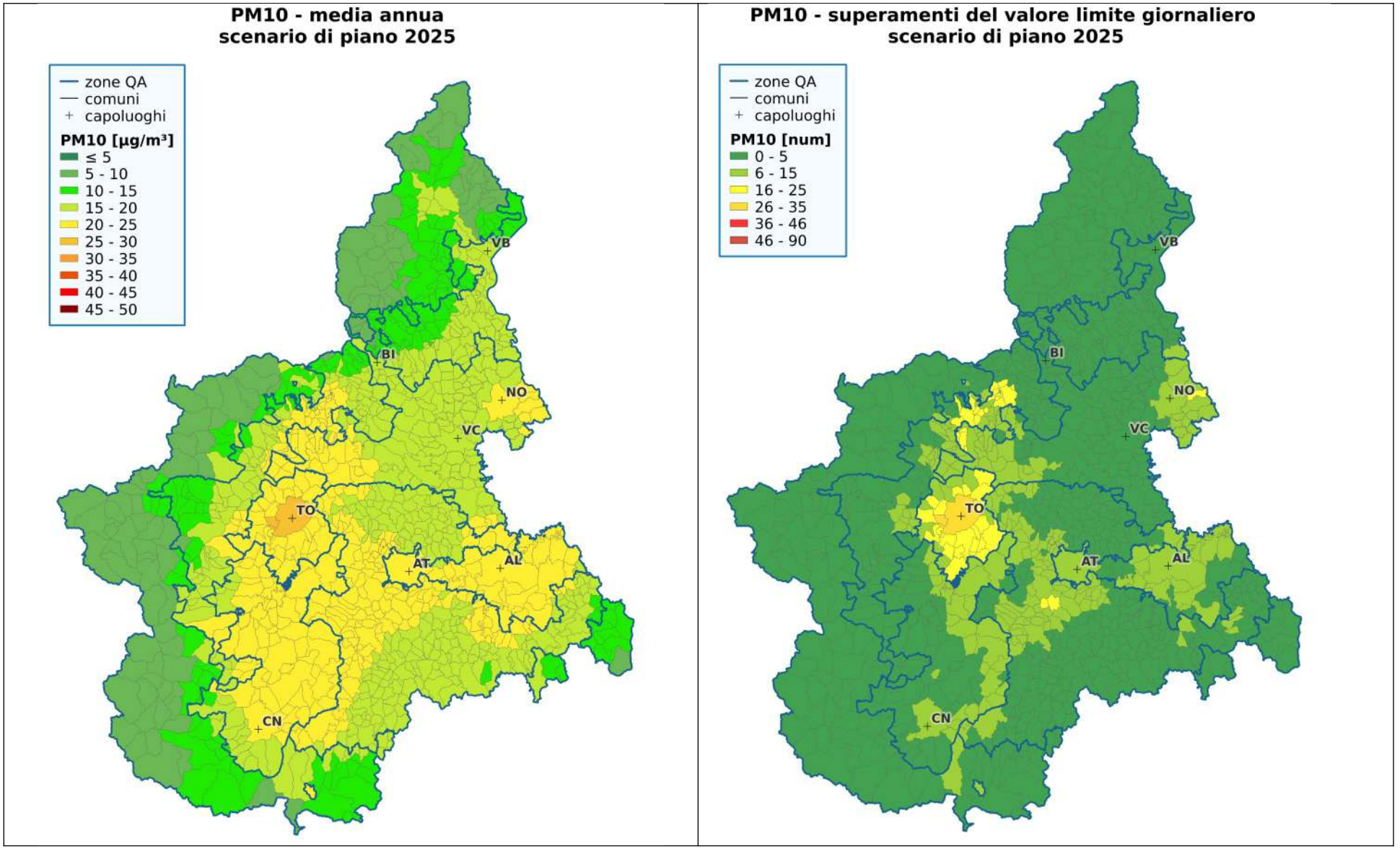


Figura 10.24 scenario di Piano al 2025, mappe su base comunale per il particolato PM10: a sinistra media annua, a destra numero di superamenti del valore limite per la media giornaliera.

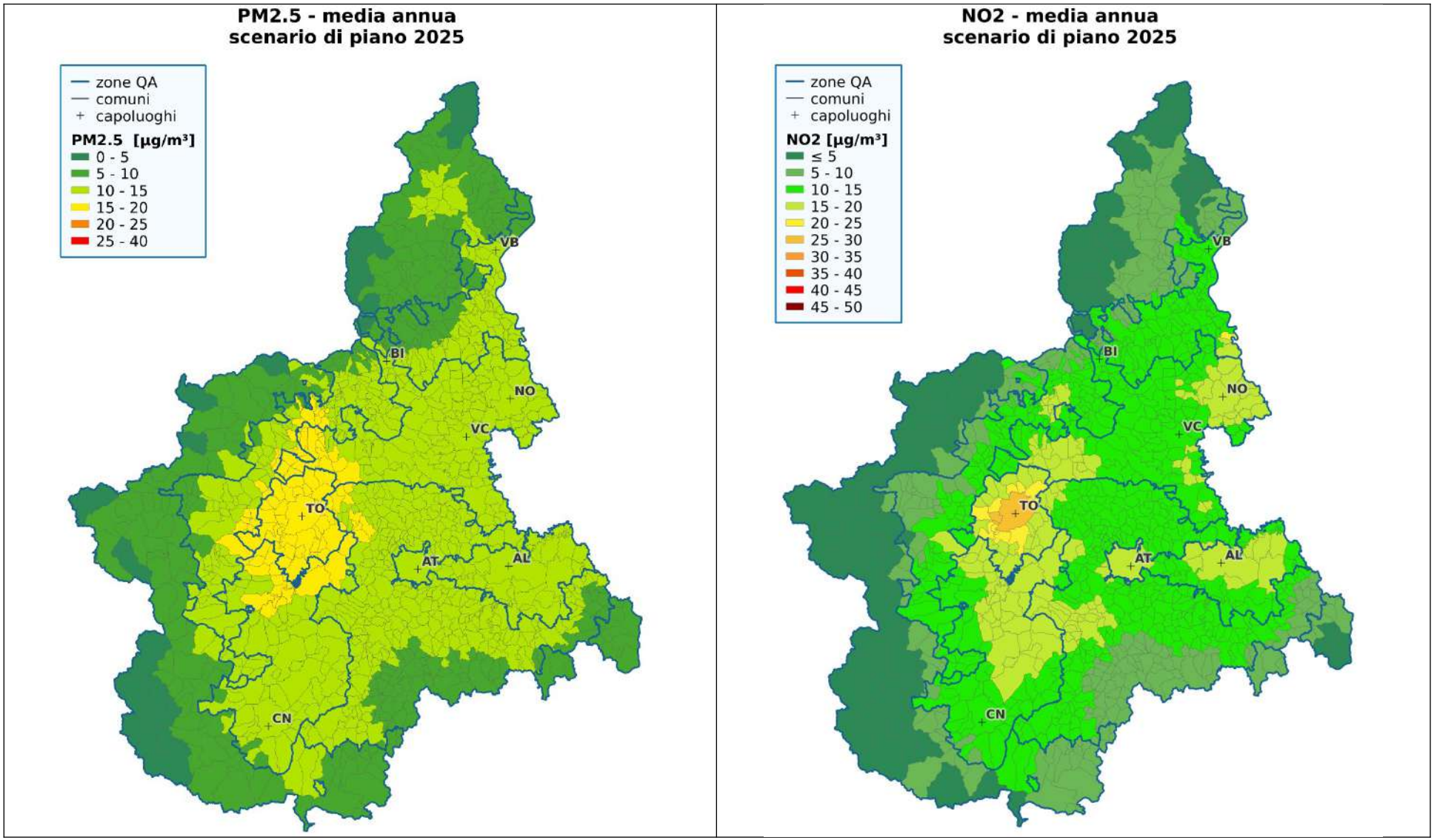


Figura 10.25 scenario di Piano al 2025, mappe su base comunale: a sinistra media annua per il particolato PM2.5, a destra media annua del biossido di azoto

10.2.2 Lo scenario di qualità dell'aria di Piano al 2030

In Figura 10.26 sono rappresentate le mappe che descrivono le variazioni percentuali delle concentrazioni medie annuali di particolato (PM10 e PM2.5) e biossido di azoto calcolate tra lo scenario di Piano 2030 e lo scenario base 2023: si osservano al 2030 riduzioni consistenti per tutti e tre gli inquinanti. Nel dettaglio:

- per il particolato PM10 si hanno riduzioni mediane sulle zone di qualità dell'aria comprese tra il 14% della zona IT0121 ed il 32% della IT0118, mentre le riduzioni massime sono comprese tra il 35% ed il 40%;
- per il particolato PM2.5 le riduzioni stimate sono leggermente maggiori, con valori mediani compresi tra il 18% della zona IT0121 ed il 34% della zona IT0118 e riduzioni massime fino al 45% sulla zona IT0120, 42% sulla zona IT0119 e 37% sulla IT0118;
- per il biossido di azoto gli impatti dello scenario emissivo di Piano 2030 in termini di riduzioni percentuali sono ancora maggiori, specie sulla zona IT0118: si hanno riduzioni mediane comprese tra il 35% (IT0121) ed il 47% (IT0118), con riduzioni massime che variano tra il 51% (sulla zona IT0118) ed il 57% sulla zona IT0120.

Nella Figura 10.27 e nella Figura 10.28 sono riportate le mappe di concentrazione sul dominio di simulazione prodotte nello scenario di Piano 2030 rispettivamente per il PM10 (media annua e numero di giorni di superamento del valore limite giornaliero), PM2.5 e biossido di azoto (media annua). La media annua del PM10 è ovunque inferiore ai 20 mg/m^3, con valori inferiori ai 15 mg/m^3 nelle zone a minore urbanizzazione. Nessuna criticità neanche per la media giornaliera del PM10: il numero di giorni di superamento del valore limite è su tutto il Piemonte di molto inferiore ai 35 giorni consentiti per anno civile, non essendoci nessuna zona con più di 5 giorni di superamento nello scenario di Piano 2030.

La media annua del PM2.5 è inferiore ai 10 mg/m^3 sulla maggior parte del territorio regionale, ad eccezione della zona IT0118, delle zone al confine con la Lombardia tra Novara ed Alessandria e nell'alto Cuneese, dove si attesta tra i 10 ed i 15 mg/m^3.

Anche per la media annua del biossido di azoto i livelli di concentrazione sono ampiamente sotto i limiti di legge: si raggiungono i 20 mg/m^3 solo in alcune aree dell'agglomerato urbano di Torino, sul resto della regione la media annua si attesta tra 5 ed i 15 mg/m^3.

La Figura 10.29 mostra la distribuzione spaziale del numero di giorni di superamento del valore obiettivo a lungo termine per l'ozono: le misure di riduzione sulle emissioni dei precursori dello scenario di Piano 2030 hanno un impatto favorevole anche su questo inquinante secondario. Si osserva infatti una marcata riduzione del numero di giorni di superamento, che su tutta la regione non superano i 25 giorni (limite normativo, come media sui tre anni, per il valore obiettivo).

Le considerazioni appena esposte sono confermate dall'elaborazione di Figura 10.30, nella quale vengono mostrate, per ogni indicatore e per ogni zona, le distribuzioni dei valori simulati su ogni punto griglia del dominio di simulazione afferenti alle varie zone di qualità dell'aria.

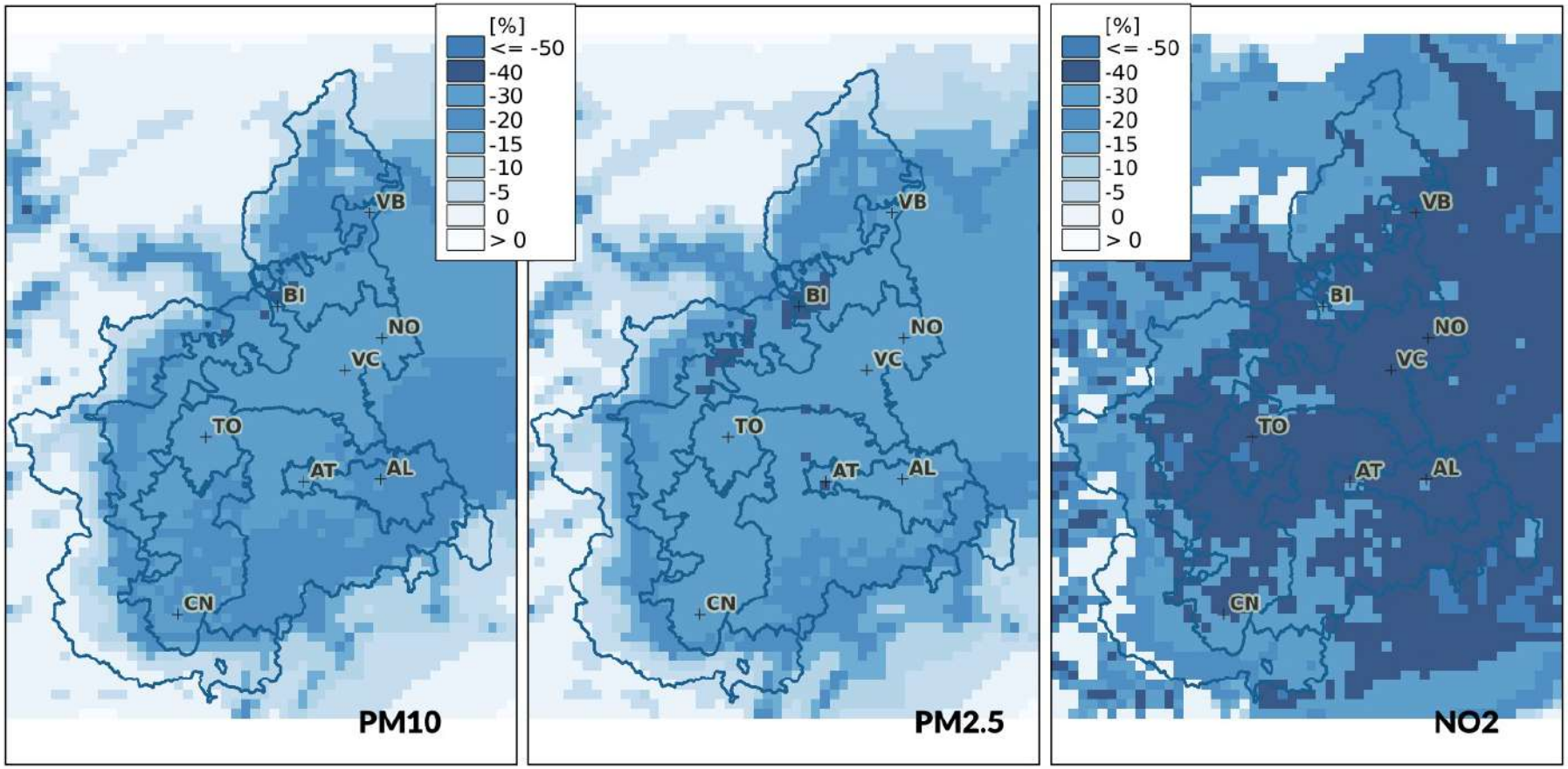


Figura 10.26: variazione percentuale delle concentrazioni medie annue di particolato (PM10 a sinistra, PM2.5 al centro) e biossido di azoto (a destra) tra lo scenario di Piano 2030 e lo scenario base 2023. Tutti e tre gli inquinanti sono rappresentati con la stessa scala colore (per PM10 e PM2.5 differente da quella utilizzata per lo scenario di Piano 2025 in Figura 10.19).Valori negativi indicano una riduzione delle concentrazioni nello scenario di Piano rispetto allo scenario base.

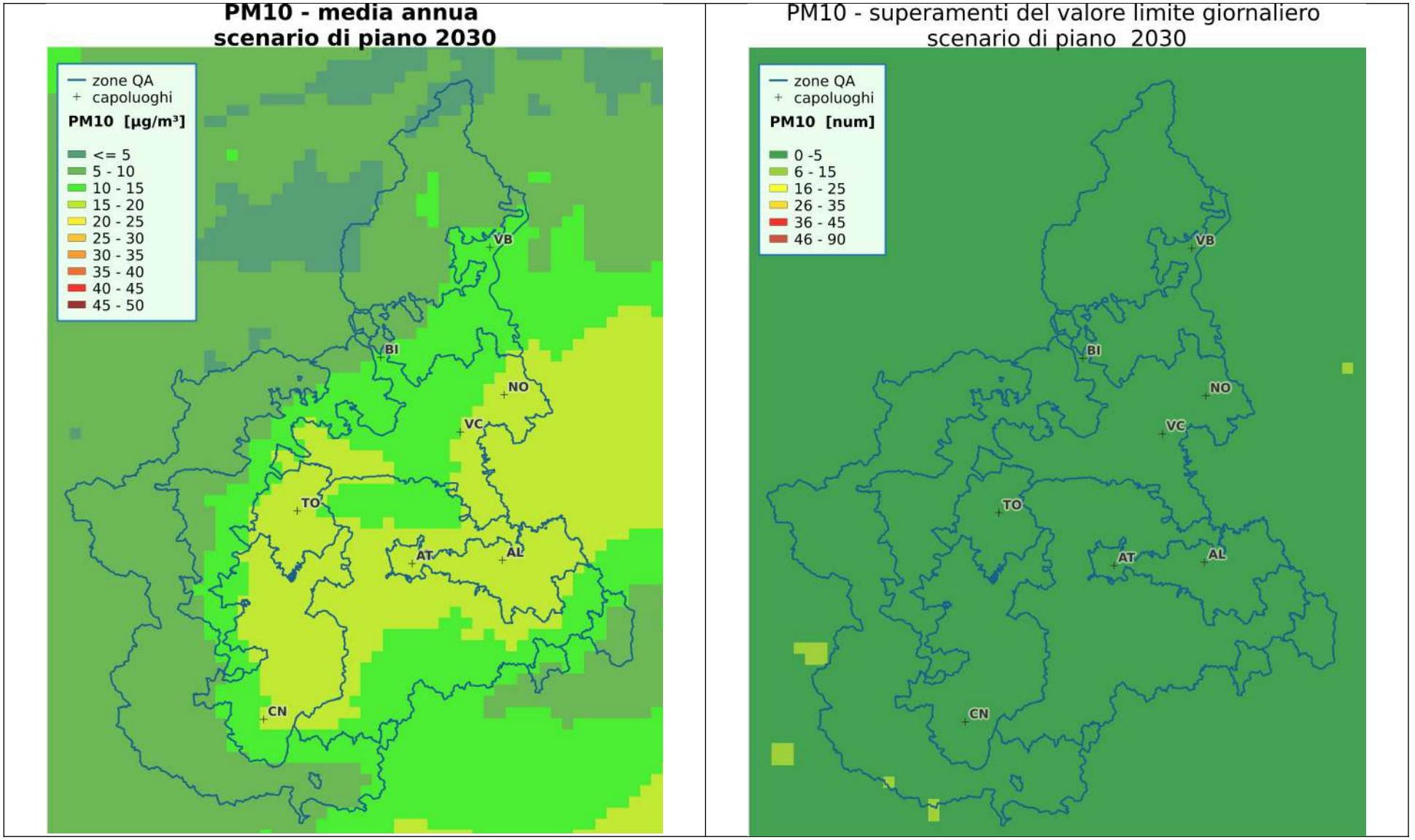


Figura 10.27: mappe di concentrazione sul dominio di simulazione nello scenario di Piano 2030 per il PM10: a sinistra la media annua, a destra il numero di superamenti del valore limite per la media giornaliera.

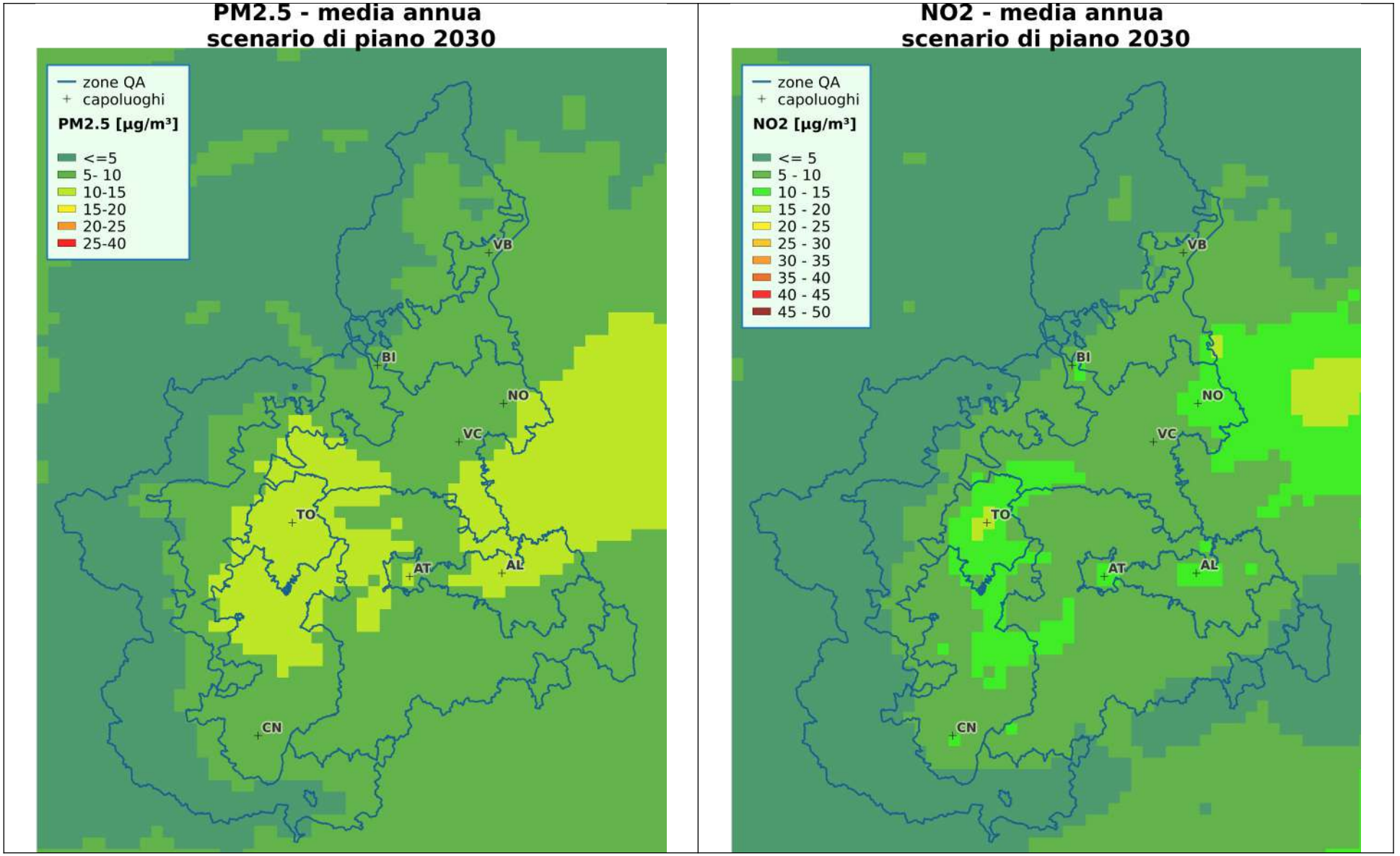


Figura 10.28: mappe di concentrazione sul dominio di simulazione nello scenario di Piano 2030: a sinistra media annua del particolato PM2.5, a destra media annua del biossido di azoto.

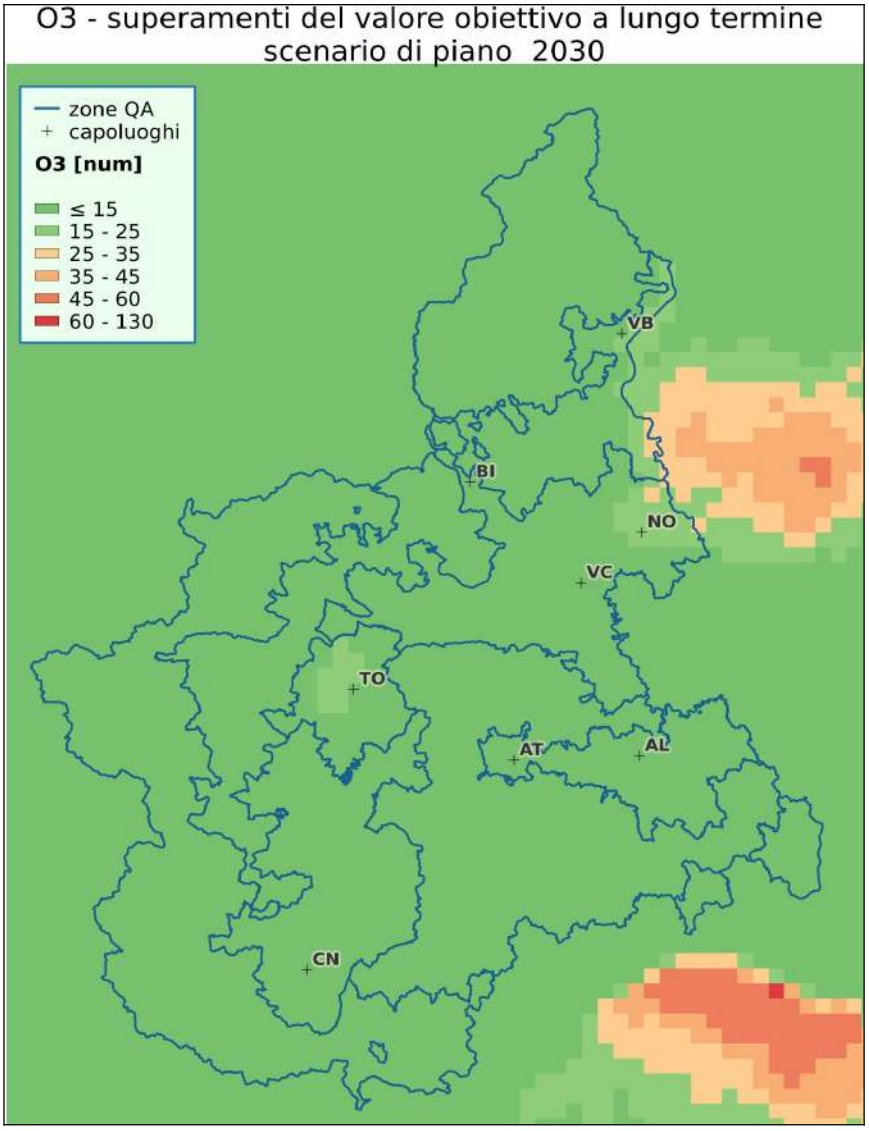


Figura 10.29: mappe di concentrazione sul dominio di simulazione nello scenario di Piano 2030: O_3 numero di giorni di superamento del valore obiettivo di 120 mg/m3 per la massima media mobile su otto ore.

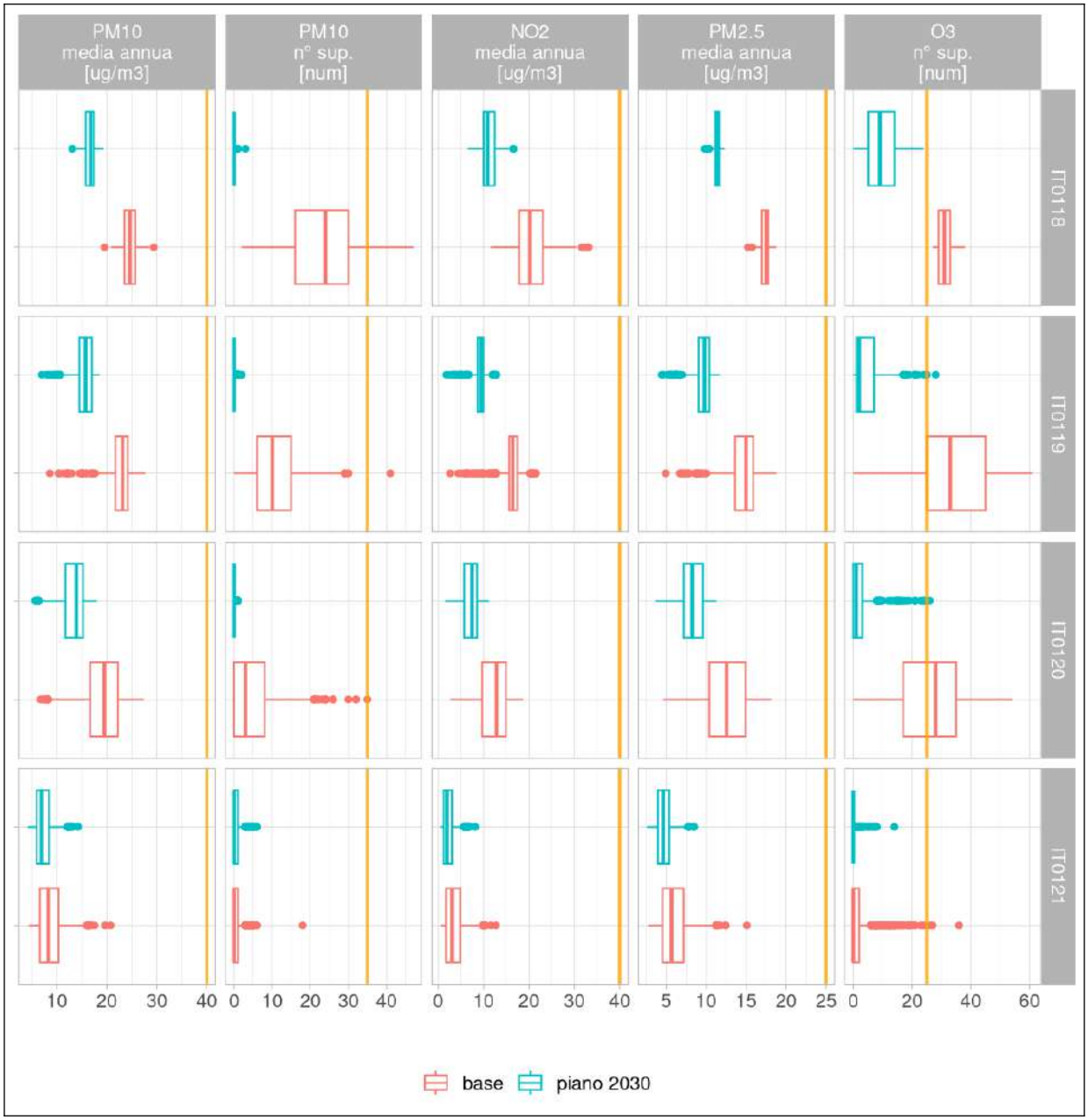


Figura 10.30: distribuzione dei valori assunti dagli indicatori (da sinistra a destra: media annua del PM10, numero di superamenti del valore limite giornaliero per il PM10, media annua di NO_2, media annua di PM2.5, numero di superamenti del valore obiettivo a lungo termine per O_3) sui punti griglia afferenti alle differenti zone di qualità dell'aria (dall'alto in basso, dalla IT0118 alla IT0121). In rosa i valori associati allo scenario base, in azzurro allo scenario di Piano 2030, in arancione la linea esprimente il valore limite per ciascun indicatore.

IL RISPETTO DEI LIMITI AL 2030 CON L'APPLICAZIONE DELLE MISURE DI PIANO

Il Sistema Modellistico Regionale calcola i valori di concentrazione su tutti i punti griglia del dominio di calcolo tridimensionale. Ai fini della valutazione del rispetto dei valori limite previsti dal D. Lgs. 155/2010 è tuttavia necessario riferirsi alle zone ed agli agglomerati individuati e classificati ai sensi degli articoli 3 e 4 del decreto stesso. Pertanto, anche per lo scenario di Piano 2030 è opportuno riportare il valore di concentrazione dalla griglia di simulazione al territorio comunale.

La metodologia adottata è descritta nel Capitolo 6.5, al quale si rimanda per i dettagli: a partire dalle concentrazioni su base comunale vengono quindi calcolati i superamenti dei valori limite e dei valori accessori previsti dal D. Lgs. 155/2010 al 2025 nello scenario di Piano, al fine di individuare l'estensione delle eventuali aree di superamento e la popolazione potenzialmente interessata da tali superamenti. Le aree e, conseguentemente, la popolazione interessata sono calcolate in ottica cautelativa considerando come esposta al superamento tutta la superficie (e la relativa popolazione) del comune la cui concentrazione supera i limiti previsti dalla normativa. Per i diversi inquinanti e relativi indicatori di legge, il calcolo è effettuato sommando le aree e la popolazione (riferita al dato più aggiornato disponibile, ovvero al 2023) dei comuni in cui la concentrazione comunale è valutata superiore al corrispondente valore limite; nel caso del numero di superamenti di una certa soglia, sono considerati i comuni nei quali è calcolato un numero di superamenti del valore limite maggiore a quanto consentito dalla normativa.

I risultati del calcolo sono rappresentati nelle successive Figura 10.31, per la media annua ed il numero di giorni di superamento del valore limite per la media giornaliera del PM10, e Figura 10.32 per quanto riguarda la media annua del particolato PM2.5 e del biossido di azoto.

Si conferma quanto esposto nel precedente paragrafo, con le misure di riduzione emissiva dello scenario di Piano 2030 tutti i limiti di legge prescritti dal d.lgs. 155/2010 e dalla legislazione comunitaria sono ampiamente rispettati su tutto il territorio regionale. Inoltre, per il biossido di azoto e per la media giornaliera del PM10 i livelli di concentrazione stimati nello scenario di Piano 2030 sono tali da assicurare il rispetto dei limiti anche in eventuali situazioni di hot-spot locali.

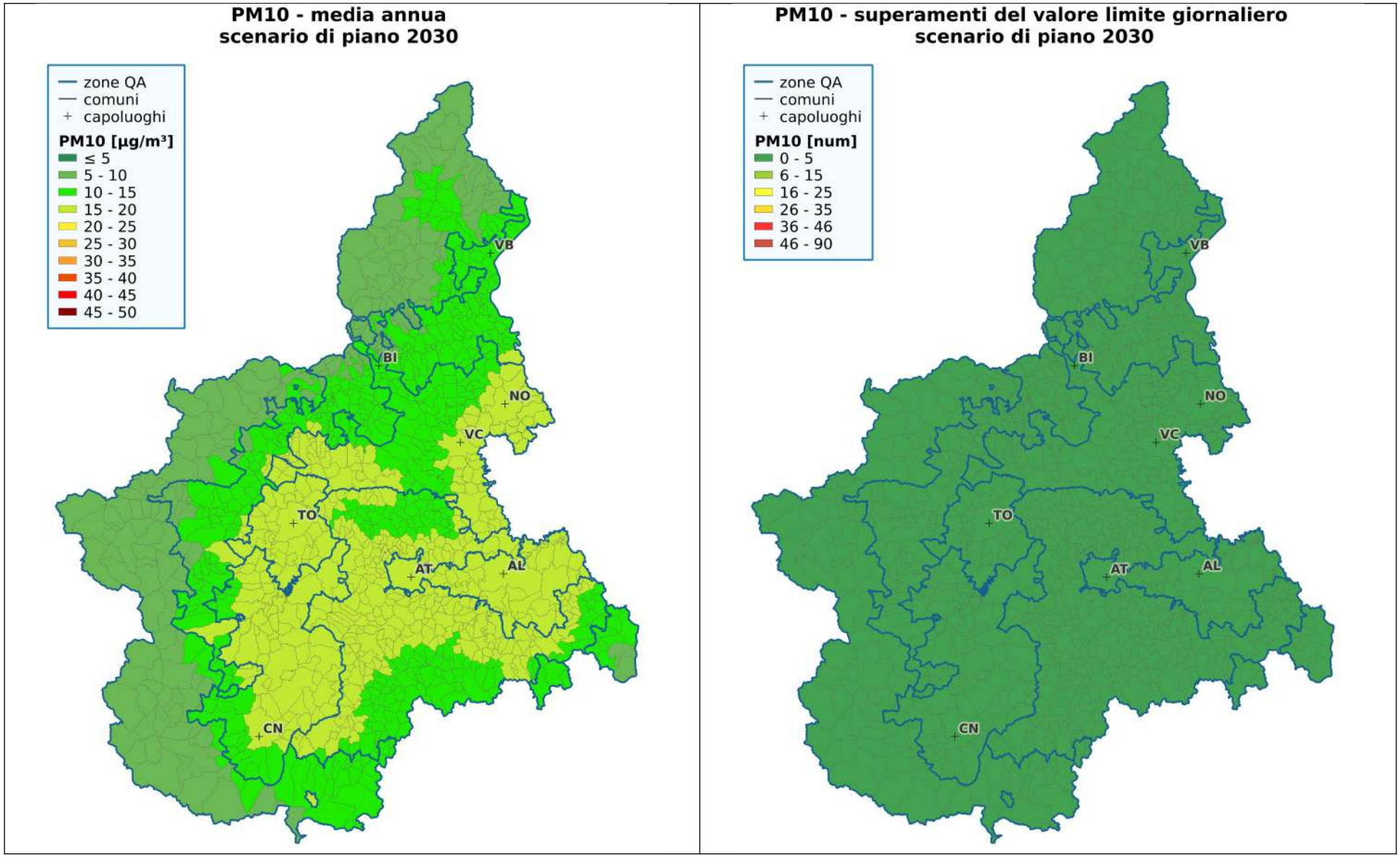


Figura 10.31: scenario di Piano al 2030, mappe su base comunale per il particolato PM10: a sinistra media annua, a destra numero di superamenti del valore limite per la media giornaliera.

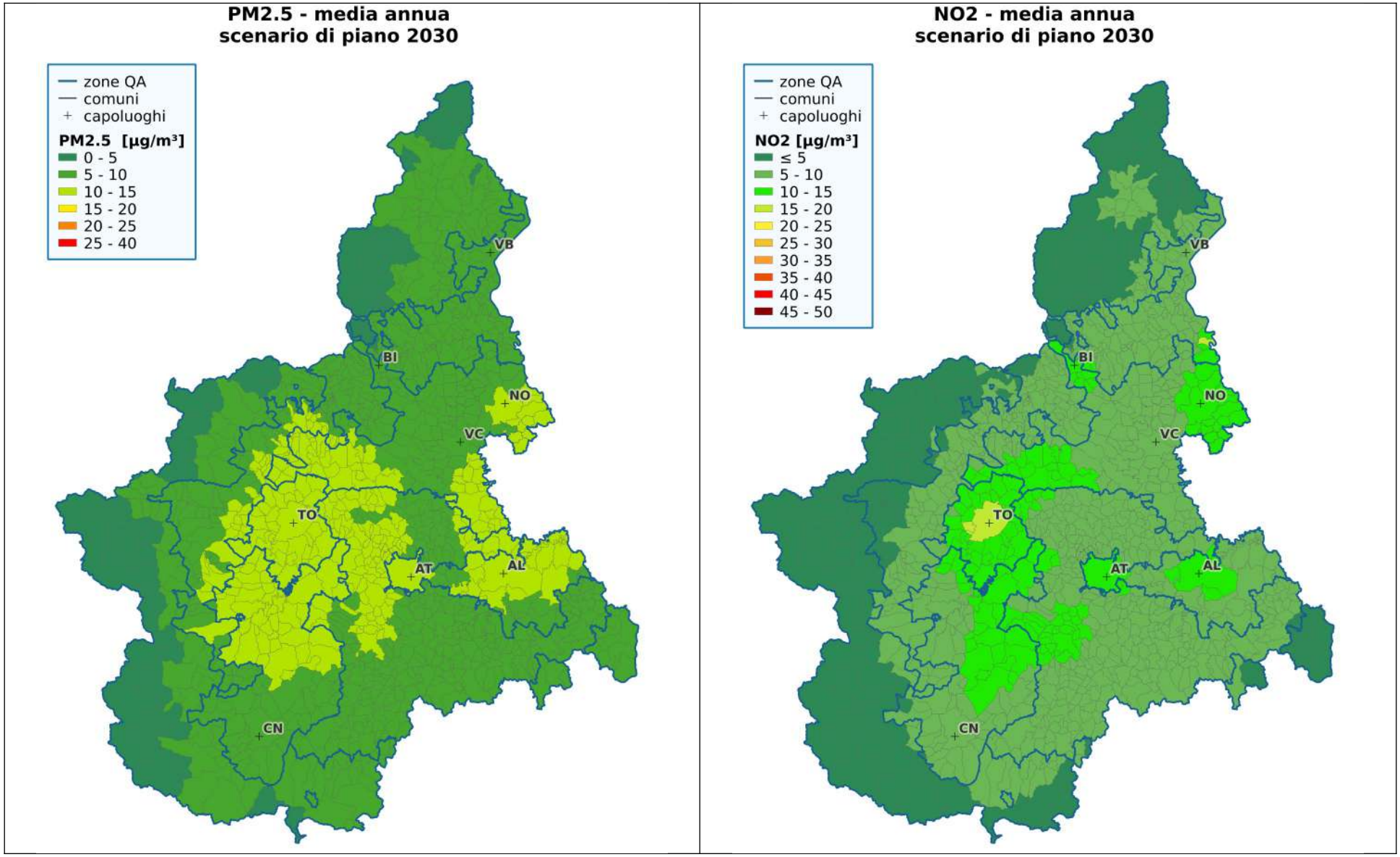


Figura 10.32: scenario di Piano al 2030, mappe su base comunale: a sinistra media annua per il particolato PM2.5, a destra media annua del biossido di azoto

11. LA VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO SULLA SALUTE UMANA

11.1 INQUINAMENTO ATMOSFERICO: CARATTERISTICHE E SORGENTI

L'inquinamento atmosferico è il principale fattore di rischio ambientale a livello globale. Le stime dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS o, con acronimo anglosassone, WHO) mostrano che gli impatti sulla salute, dovuti a malattie non trasmissibili, sono attribuibili agli effetti congiunti dell'inquinamento atmosferico ambientale e domestico, con il maggior carico di malattie attribuibile osservato nei paesi a basso e medio reddito.

Ad oggi, come verrà descritto più avanti nel capitolo, esistono prove evidenti che dimostrano una relazione causale tra l'esposizione all'inquinamento atmosferico da PM2,5 e la mortalità per tutte le cause, nonché le infezioni acute delle basse vie respiratorie, la broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO), la cardiopatia ischemica (IHD), il cancro al polmone e l'ictus. Un crescente numero di evidenze suggerisce inoltre una relazione causale tra il diabete di tipo II e l'impatto sulla mortalità neonatale dovuta a basso peso alla nascita e gestazione breve. L'esposizione all'inquinamento atmosferico può aumentare l'incidenza e la mortalità di un numero maggiore di malattie rispetto a quelle attualmente considerate, come l'Alzheimer e altre malattie neurologiche. Nel 2021 l'OMS ha aggiornato le Linee Guida sulla qualità dell'aria[1], in quanto dalla precedente edizione del 2005 è aumentata notevolmente la conoscenza degli effetti avversi sulla salute dovuta l'esposizione ad alcuni inquinanti i come PM, ozono e biossido di azoto.

L'esposizione agli inquinanti atmosferici dipende fortemente dalle loro concentrazioni ambientali. Le concentrazioni ambientali di PM2,5 variano sostanzialmente tra le diverse regioni del mondo. Nel 2019 le concentrazioni annuali di PM2,5 ponderate per la popolazione sono risultate più alte nella regione del Sud-est asiatico, seguita dalla regione del Mediterraneo orientale. Concentrazioni elevate sono state osservate anche in alcuni paesi dell'Africa occidentale, in gran parte dovute all'impatto della polvere sahariana.

La qualità dell'aria è invece migliorata notevolmente nei paesi ad alto reddito negli ultimi decenni, in particolare nella regione europea, nella regione delle Americhe e nella regione del Pacifico occidentale.

Quando si parla di inquinamento dell'aria ci si riferisce necessariamente sia all'ambiente outdoor che indoor.

Le sorgenti di inquinamento atmosferico possono essere di origine antropica e naturale. Il processo di combustione è il maggiore responsabile dell'inquinamento atmosferico, in particolare la combustione di combustibili fossili e biomassa per generare energia. Le fonti di emissione da combustione includono il trasporto terrestre, aereo e acquatico; l'industria e la produzione di energia; il riscaldamento domestico; la combustione di biomassa, che comprende incendi controllati e incontrollati di foreste e savane e la combustione di residui agricoli. Altre fonti e processi che contribuiscono all'inquinamento atmosferico sono la risospensione delle polveri sedimentate, l'usura di penumatici, asfalto e materiali d'attrito, le attività di cava e costruzione. Il trasporto atmosferico a lungo raggio di inquinanti provenienti da fonti distanti contribuisce all'inquinamento locale. Alcuni degli inquinanti sono emessi direttamente dalle fonti di emissione come inquinanti primari, mentre altri si formano nell'aria come inquinanti secondari (come nitrati, solfati di ammonio e aerosol organico secondario) attraverso complessi processi fisico-chimici che coinvolgono precursori gassosi provenienti da fonti di combustione, agricoltura (ammoniaca), altri processi antropogenici e processi naturali come le emissioni biogeniche.

1 World Health Organization, 2021. WHO Global Air Quality Guidelines: Particulate Matter (PM2.5 and PM10), Ozone, Nitrogen Dioxide, Sulfur Dioxide and Carbon Monoxide

Le pratiche agricole, come l'utilizzo di fertilizzanti, reflui zootecnici e fitofarmaci, così come la gestione dei sottoprodotti di origine animale e la combustione delle biomasse, contribuiscono all'emissione di ammoniaca (NH3), metano (CH4) e biossido di azoto (NO2). Anche le eruzioni vulcaniche possono in alcune aree contribuire a questo tipo di inquinamento.

Negli ambienti interni l'inquinamento dell'aria è invece generato, oltre che dalle sorgenti esterne che penetrano negli ambienti confinati per ricambio o infiltrazione, dalle fonti di combustione, principalmente cucina e riscaldamento con combustibili inquinanti come carbone, legna o sterco; anche l'uso di candele, incensi e lampade a cherosene (ad esempio per la luce o pratiche religiose) sono sorgenti di inquinamento indoor, come il fumo di tabacco. Altri processi non di combustione hanno un impatto significativo sull'inquinamento dell'aria interna, in particolare quelli che generano composti organici volatili e semivolatili (COV) e/o ozono. Questi includono la ristrutturazione delle case, l'utilizzo di prodotti di consumo (ad esempio prodotti per la pulizia e insetticidi) e il funzionamento di dispositivi elettrici come le stampanti laser, fotocopiatrici etc... Tra le fonti di inquinanti più comuni negli spazi indoor, secondo uno studio ISPRA[2] "troviamo prodotti per l'hobbistica (es. colle e vernici), l'arredamento (es. mobili fabbricati con legno truciolato, con compensato o con pannelli di fibre di legno di media densità, oppure trattati con antiparassitari, ma anche moquette e rivestimenti", senza considerare la possibile contaminazione biologica.

È spesso difficoltoso distinguere l'effetto sulla salute degli inquinanti presenti negli ambienti indoor rispetto a quelli tipici dell'ambiente esterno ma è necessario, parlando dell'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico, conoscere l'esistenza di entrambi i determinanti ed il loro rapporto.

Come riporta lo studio di ISPRA, "gli inquinanti indoor sono numerosi e possono essere originati da diverse sorgenti. La loro concentrazione può variare nel tempo e dipende dalla natura della sorgente, dalla ventilazione, dalle abitudini e dalle attività svolte dagli occupanti negli ambienti interessati. La composizione dell'aria indoor è spesso caratterizzata da una miscela di composti molto variabile rispetto a quanto riscontrabile nell'aria atmosferica esterna. A volte si registrano valori di concentrazione di inquinante all'interno superiori a quelli presenti nello stesso momento all'esterno dell'ambiente o, più comunemente, si riscontra la presenza di sostanze inquinanti non rilevabili all'esterno. Va inoltre considerato che, anche se a basse concentrazioni, la presenza di contaminanti negli ambienti confinati può avere un importante impatto sulla salute e sul benessere degli occupanti a causa di esposizioni di lunga durata. Il rischio, infatti, più che alla concentrazione di inquinanti, in generale molto bassa, è legato all'esposizione, ovvero alla concentrazione integrata nel tempo. Ricordando che il tempo di permanenza medio in un ambiente confinato raggiunge l'80-90% del tempo giornaliero disponibile, ben si comprende come questo costituisca un aspetto chiave nella valutazione degli effetti dell'inquinamento indoor."

Le Linee Guida dell'Organizzazione mondiale della sanità per la qualità dell'aria indoor[3], pubblicate nel 2010, riportano concetti del tutto sovrapponibili allo studio italiano, aggiungendo che "l'esposizione agli inquinanti atmosferici indoor provoca danni molto significativi alla salute a livello globale" e anche che" nonostante questo, la consapevolezza del pubblico dell'importanza dell'inquinamento dell'aria indoor non è paragonabile rispetto a quella sull'aria esterna". Sempre lo stesso documento riporta che "l'impatto dell'inquinamento indoor è ben più importante rispetto a quello derivante dall'esposizione all'inquinamento indoor" in quanto, di fatto, agli inquinanti esterni che penetrano nelle abitazioni o negli spazi indoor attraverso le infiltrazioni e la ventilazione dei locali, si aggiungono gli inquinanti specificamente prodotti dalle attività domestiche che sono sia dello stesso tipo di quelli che misuriamo nell'aria esterna (PM10, PM2.5, NO_2, CO, ozono) che ulteriori (formaldeide, ammoniaca)[4]. Le citate Linee Guida sull'inquinamento indoor dell'OMS non

2 ISPRA, Rapporti 117/2010. Inquinamento indoor: aspetti generali e casi studio in Italia
3 WHO guidelines for indoor air quality: selected pollutants, 2010
4 G. Settimo (ISS), 2014. Qualità dell'aria negli ambienti confinati: aspetti tecnici e legislativi.

sono state aggiornate nelle Linee Guida OMS del 20211, in quanto viene espressamente detto che "le linee guida sulla qualità dell'aria raccomandate nelle precedenti linee guida OMS sulla qualità dell'aria rimangono valide per gli inquinanti non trattati dal presente aggiornamento. Sono inclusi i valori a tempi di mediazione breve per il biossido di azoto, l'anidride solforosa e il monossido di carbonio che erano inclusi nell'Aggiornamento globale del 2005 e nelle linee guida sulla qualità dell'aria negli ambienti confinati del 2010 (e non rivalutate nel presente aggiornamento)." Del resto, sempre OMS, nelle già citate Linee Guida per l'aria indoor, specifica che "non ci sono evidenze di una differenza nella natura pericolosa del materiale particolato generato dalle sorgenti indoor rispetto a quelle outdoor", e che pertanto, "le Linee Guida sulla qualità dell'aria valevoli per il materiale particolato sono applicabili anche per gli spazi indoor".

Anche l'Agenzia di Protezione ambientale degli Stati Uniti (US EPA) tratta in numerosi documenti la problematica dell'inquinamento dell'aria indoor, riportando[5] che negli ambienti interni la concentrazione di certi inquinanti risulta da 2 a 5 volte più alta rispetto a quanto riscontrabile all'aperto[6]. Tale situazione risulta inoltre aggravata negli ultimi decenni a causa della migliore efficienza energetica degli edifici (non accompagnata da sistemi di ventilazione adeguata), dal maggior uso di materiali sintetici, prodotti per la cura personale, prodotti per la pulizia domestica. L'Agenzia evidenzia inoltre che proprio i gruppi di persone che sono maggiormente suscettibili agli effetti negativi della cattiva qualità dell'aria (infanti, anziani, persone con patologie cardiovascolari o respiratorie) sono quelli che passano più tempo negli ambienti indoor.

Sempre l'Agenzia americana, agli atti di un recente workshop[7], riporta alcuni dati molto significativi riguardo l'inquinamento indoor da materiale particolato legato alla cottura dei cibi durante le festività, con livelli di PM10 anche superiori a 250 mg/m3 (5 volte l'attuale limite giornaliero di legge per la qualità dell'aria, Figura 1).

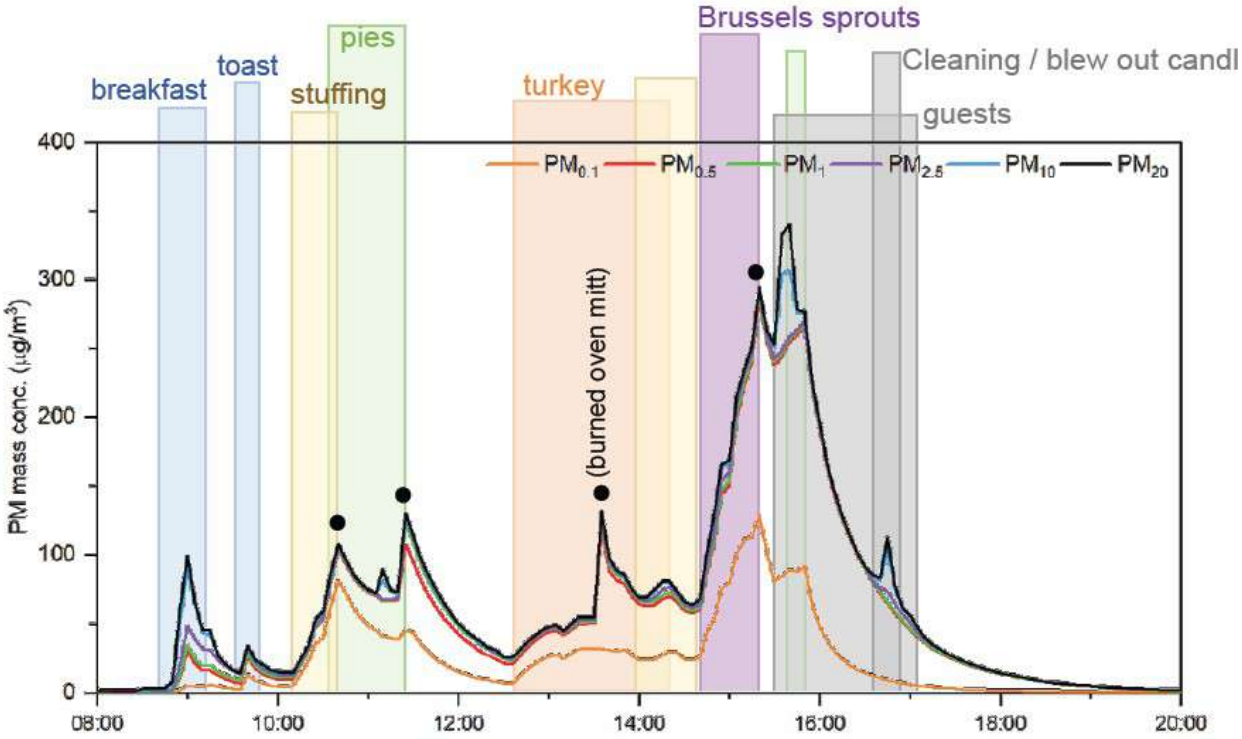


Figura 1: Concentrazione di particolato indoor durante la Festa del Ringraziamento americano

5 https://www.epa.gov/report-environment/indoor-air-quality

6 U.S. Environmental Protection Agency. 1987. The total exposure assessment methodology (TEAM) study: Summary and analysis. EPA/600/6-87/002a. Washington, DC.

7 National Academies of Sciences, Engineering and Medicine, USA. Indoor Exposure to Fine Particulate Matter and Practical Mitigation Approaches: Proceedings of a Workshop (2022)

È interessante notare che, la stessa OMS, scrivendo le già citate Linee Guida per l'aria indoor, specifica che "l'aria indoor gioca un ruolo speciale come determinante di salute e quindi la gestione dell'aria indoor richiede un approccio differente rispetto all'aria esterna". Il presente capitolo non è il luogo dove affrontare compiutamente le problematiche della qualità dell'aria indoor, tuttavia è qui opportuno richiamare che alcune buone pratiche gestionali quali il controllo della sorgente di inquinamento indoor e un buon ricambio con aria esterna, unitamente ad alcune tecnologie di sempre maggiore utilizzo per il controllo della qualità dell'aria indoor (ventilazione meccanica controllata e depuratori d'aria) possono efficacemente ridurre l'esposizione all'inquinamento atmosferico indoor ed il conseguente rischio sanitario.

Fatta la doverosa premessa per cui per qualità dell'aria occorra considerare non solo quella esterna ma anche quella indoor e che quest'ultima è strettamente correlata a quella riscontrabile negli ambienti esterni, occorre, nel proseguo della disamina, occuparsi degli impatti dell'inquinamento atmosferico sulla salute delle persone.

I problemi di salute connessi alla scarsa qualità dell'aria sono particolarmente gravi nelle zone urbane edificate, in cui generalmente la qualità dell'aria è peggiore. Oltre agli effetti dannosi sulla salute umana, la scarsa qualità dell'aria danneggia anche gli ecosistemi. L'OMS pone l'obiettivo di ridurre l'inquinamento atmosferico e mitigare il cambiamento climatico in ordine al miglioramento dello stato di salute della popolazione mondiale. Considerare infatti le implicazioni per la salute, può aiutare a identificare e attuare politiche funzionali anche per la mitigazione e l'adattamento ai cambiamenti climatici, a livello globale e locale. Alcune politiche possono infatti determinare molteplici benefici per la salute, al contempo riducendo le emissioni. In particolare, azioni di pianificazione urbana e dei trasporti, l'ampliamento degli spazi verdi, il miglioramento della qualità dell'aria, i cambiamenti nella produzione e nel consumo del cibo possono mitigare i cambiamenti climatici e portare a sostanziali co-benefici per la salute.

11.2 L'IMPATTO DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO SULLA SALUTE

L'impatto sulla salute dell'inquinamento dell'aria, sia outdoor che indoor, è stato negli ultimi anni al centro dell'attenzione dei ricercatori, dei cittadini e dei governi della Unione Europea. In questo ambito, i principali inquinanti di interesse sono il particolato atmosferico (soprattutto la sua frazione fine, il PM2.5), il biossido di azoto (NO_2) e l'ozono (O_3). Numerosi ed autorevoli studi hanno rilevato negli ultimi venti anni una associazione tra l'esposizione agli inquinanti ed effetti sanitari quali aumento di sintomi respiratori, l'aggravamento di patologie a carico dell'apparato cardiaco e respiratorio, fino ad aumentati rischi per il tumore polmonare in relazione alla esposizione alle polveri ed alla sua composizione, anche a basse concentrazioni.

L'Organizzazione Mondiale della Sanità, nel corso del processo di revisione della letteratura scientifica inerente agli effetti sulla salute umana della esposizione agli inquinanti atmosferici, Review of evidence on health aspects of air pollution - REVIHAAP Project, ha raccomandato alla Unione Europea politiche urgenti di contenimento delle emissioni insieme a standard di qualità dell'aria più stringenti[8].

L'Agenzia Internazionale per la Ricerca sul Cancro dell'OMS (IARC) ha stabilito che esistono prove sufficienti della cancerogenicità del particolato atmosferico (PM10 e PM2.5) in particolare per il cancro del polmone[9]. Per maggiori dettagli è disponibile la Monografia IARC Volume 109 (2016) "Outdoor Air Pollution".

8 http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/193108/REVIHAAP-Final-technical-report-final-version.pdf?ua=1,

9 http://www.iarc.fr/en/media-centre/pr/2013/pdfs/pr221_E.pdf

Le Linee Guida OMS sulla qualità dell'aria (2021) suggeriscono valori molto stringenti come soglie da non superare per la protezione della salute.

Tali Linee Guida dell'OMS prevedono per il PM2.5 un valore soglia di 5 µg/m3 e per l'NO_2 un valore soglia di 10 µg/m^3. Essendo tali valori estremamente sfidanti e volendo essere un riferimento per tutti i paesi del mondo, l'OMS ha aggiunto degli interim target come obiettivi intermedi da perseguire prima di raggiungere il valore obiettivo suggerito per ogni inquinante (Tabella 1).

Inquinante	Riferimento temporale	Valori Interim µg/m^3				Linee Guida OMS 2021	Linee Guida OMS 2005	Italia DLgs 155/2010
		1	2	3	4			
$PM_{2.5}$	Annuale	35	25	15	10	5	10	25
	24 ore	75	50	37,5	25	15	25	--
PM_{10}	Annuale	70	50	30	20	15	20	40
	24 ore	150	100	75	50	45	50	50
O_3	Valore di picco stagionale	100	70	--	--	60	--	--
	8 ore	160	120	--	--	100	100	--
NO_2	Annuale	40	30	20	--	10	40	40
	24 ore	120	50	--	--	25	--	--

Tabella 1: *Valori soglia delle Linee Guida dell'OMS 2021 sulla qualità dell'aria*

Si stima che nel 2020 nell'Unione Europa, il 96% della popolazione residente nelle aree urbane fosse esposto a livelli di particolato fine al di sopra delle soglie indicate dall'OMS per la protezione della salute.

Gli effetti sulla salute umana dell'inquinamento atmosferico possono essere schematizzati sinteticamente in:

- effetti a breve termine, osservabili a pochi giorni/ore di distanza da picchi di esposizione;

- effetti a lungo termine, osservabili dopo esposizioni di lunga durata e a distanza di tempo (anni), in relazione alla latenza delle patologie in studio.

Gli effetti a breve termine sono studiati in Europa da più di 50 anni, avendo come punto di partenza l'anno 1952, anno nel quale nella città di Londra le eccezionali ed estreme condizioni di accumulo di smog in atmosfera comportarono un evidente incremento nel numero di decessi e ricoveri registrati nei giorni immediatamente successivi. I metodi impiegati, ovvero le analisi di serie temporali, si sono da allora via via affinati ed adattati alla comprensione epidemiologica dei fenomeni acuti. Si tratta di analizzare su base giornaliera il grado di associazione esistente tra la media giornaliera di un inquinante registrato da una rete di monitoraggio ed il numero di eventi sanitari (decessi, ricoveri o accessi in Pronto Soccorso) in una determinata area, solitamente cittadina, a causa del tipo di dato analizzato.

Per l'analisi degli effetti a lungo termine si utilizzano invece generalmente studi di coorte, ossia studi nei quali popolazioni (a diverso livello di esposizione) vengono seguite per un periodo di

tempo compatibile con la latenza delle patologie considerate con lo scopo di appurare se la frequenza di malattia nelle popolazioni più esposte sia statisticamente differente da quella delle popolazioni meno esposte; tali studi, che sono svolti utilizzando dati disponibili a livello individuale, permettono di tenere conto dei possibili confondenti coinvolti nella relazione a lungo termine tra inquinamento atmosferico ed esiti di salute, quali ad esempio l'abitudine al fumo.

Grazie agli studi effettuati, sono disponibili, in epidemiologia, accreditate e condivise funzioni di rischio o funzioni concentrazione-risposta in grado di descrivere il livello di associazione tra gli inquinanti e gli esiti sanitari studiati (in termini di mortalità, ricovero o altri outcomes considerabili). L'associazione è valutabile in un'ottica di causalità tra esposizione ad inquinamento atmosferico ed effetti osservati. Se, per esempio, per il PM2.5 affermiamo che il Rischio Relativo è 1.07 per esposizioni di lungo periodo, ciò significa che a ogni incremento di 10 microgrammi su metro cubo, osservo un rischio aumentato di mortalità del 7% (si veda anche Box esplicativo). Ogni Rischio è poi affiancato da un Intervallo di Confidenza, che ci informa circa il livello di incertezza della stima e circa l'esistenza di una associazione significativa dal punto di vista statistico. In epidemiologia, un Rischio è statisticamente significativo (cioè esprime un Rischio che ragionevolmente non è spiegabile dal caso) se l'intervallo di confidenza non include l'unità (il valore 1.00).

Per il PM2.5 la stima di rischio accreditata sugli effetti a lungo termine per la mortalità, corredata del suo intervallo di confidenza è 1.07 (IC95%: 1.04 – 1.09), statisticamente significativa.

Rischio di eventi sfavorevoli = probabilità statistica di avere un evento avverso (ad es. malattia o morte) data l'esposizione ad alcuni fattori (ad es. inquinanti dell'aria).

In epidemiologia, "La probabilità che un membro di un gruppo di soggetti esposti sviluppi una malattia rispetto alla probabilità che un membro di un gruppo di soggetti non-esposti sviluppi la stessa malattia".

Rischio Relativo = Incidenza tra gli esposti / Incidenza tra i non esposti

Rischio Relativo > 1 significa che l'esposizione al fattore indagato è associata ad un aumento di casi della patologia indagata.

Rischio Relativo = 1 significa che l'esposizione al fattore di rischio indagato non è associata ad un aumento di casi della patologia indagata.

Convenzionalmente, si fornisce un **intervallo di confidenza calcolato al 95% per il Rischio Relativo**.

I Rischi **statisticamente significativi** non includono l'unità (**1**) nell' intervallo di confidenza.

Stante il livello di evidenza raggiunto, soprattutto per le esposizioni al particolato, si può quantificare l'impatto atteso in una data popolazione conoscendone la demografia, i tassi di mortalità o di ricovero e le condizioni espositive. È, quindi, possibile calcolare il Rischio Attribuibile (RA) a partire dal Rischio Relativo; in tal modo è anche possibile stimare la riduzione del rischio sanitario conseguente all'adozione di determinate misure di contenimento dell'inquinamento atmosferico.

È tuttavia necessario non confondere il Rischio Relativo con il Rischio Attribuibile. Le due misure hanno scopi diversi: il RR costituisce una misura della forza della associazione tra il fattore di rischio e la malattia ed è un indice utile alla dimostrazione che il fattore è associato e/o causa della malattia. Il RA rappresenta invece una misura dell'impatto che il fattore in esame ha sulla popolazione in studio. In generale, un RR può essere molto alto ma se la prevalenza di esposizione è bassa, l'impatto atteso può risultare trascurabile. Viceversa, come nel caso dell'inquinamento atmosferico, RR anche contenuti possono produrre impatti rilevanti quando ad essere esposta è l'intera popolazione.

Gli indicatori più frequentemente utilizzati per fornire delle misure di impatto utilizzabili in Sanità Pubblica, seguendo il Report "Health risk assessment of air pollution – General principles (OMS, 2016), sono[10]:

- Numero di Casi attribuibili (rappresenta la quota di malati tra gli esposti che potrebbe essere evitata se venisse rimosso il fattore di rischio), nel caso specifico Numero di casi (es decessi) prematuri;
- Anni di vita persi (Years of life lost YLL) (è una misura degli anni di vita persi in relazione alle morti premature, correlata alla speranza di vita);
- Anni persi in relazione a disabilità (Years Lost due to Disability YLD) (è una misura degli anni persi in relazione a disabilità);
- DALYs (Disability-adjusted life years) (1 DALY è un anno di vita in salute perso, a causa del fattore in studio) (DALY=YLL+YLD).

Infine, le stime di impatto possono essere valorizzate per ottenere i costi economici in una valutazione integrata di costi/benefici di politiche ambientali o di interventi di prevenzione. Allo stesso modo, possono essere valorizzati in termini economici i benefici di determinate misure di mitigazione delle fonti di inquinamento e miglioramento della qualità dell'aria.

Come già evidenziato da ISS, anche secondo l'approccio del Global Burden of Diseases GBD, quale che sia l'indicatore utilizzato, casi attribuibili, YLLs o DALYs, l'esposizione agli inquinanti aerodispersi, sempre intesi come indoor e outdoor, è il più rilevante tra i fattori di rischio di tipo ambientale, con associati costi sanitari e sociali, poiché colpisce in misura maggiore le fasce di popolazione più vulnerabili (bambini, anziani, asmatici e soggetti svantaggiati dal punto di vista socioeconomico)[11]. Senza avere l'ambizione di riportare ora una esaustiva rassegna degli studi già disponibili sull'argomento, si può menzionare lo studio OMS del 2016 (Ambient air pollution: A global assessment of exposure and burden of disease) [12] che calcola l'impatto atteso correlato ad un innovativo metodo di modellazione della esposizione, il Report OMS del 2015 (Economic cost of the health impact of air pollution in Europe)[13] che affrontava il tema dell'impatto economico in Europa ed il Report prodotto dalla Agenzia Europea dell'Ambiente Air Quality in Europe 2016 [14], si

10 http://www.euro.who.int/en/health-topics/environment-and-health/air-quality/publications/2016/health-risk-assessment-of-air-pollution.-general-principles-2016

11 www.thelancet.com Published online April 10, 2017 http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(17)30505-6

12 http://www.who.int/phe/publications/air-pollution-global-assessment/en/

13 http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0004/276772/Economic-cost-health-impact-air-pollution-en.pdf

14 https://www.eea.europa.eu/publications/air-quality-in-europe-2016

veda il Cap 10 Health impacts of exposure to fine particulate matter, ozone and nitrogen dioxide sul calcolo dei decessi prematuri e dei YLLs.

Al fine, tuttavia, di meglio comprendere il ruolo dell'inquinamento atmosferico come determinante per la salute, è opportuno individuare la quota di DALYs associata a diversi fattori di rischio considerati secondo l'approccio del Global Burden of Diseases - GBD riportato all'indirizzo http://www.healthdata.org/italy, come riportato in Figura 2.

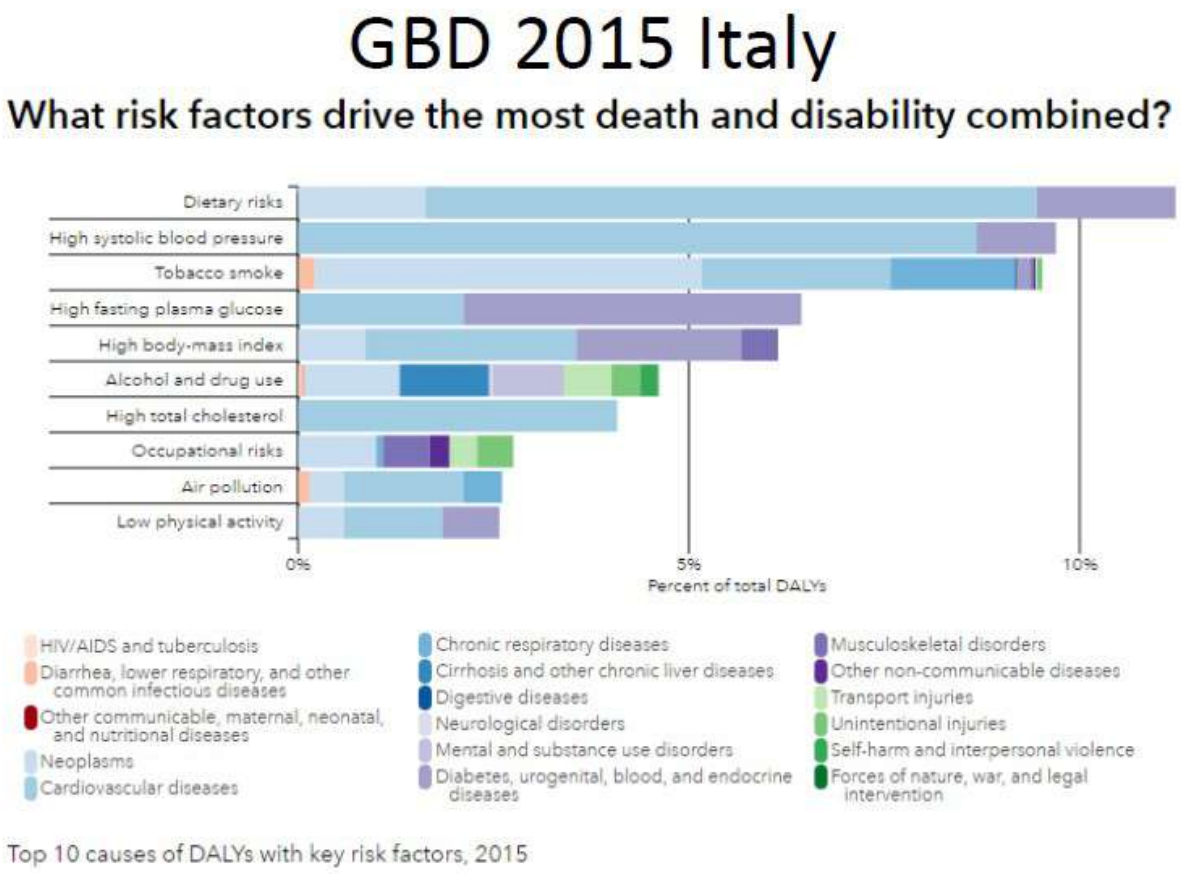


Figura 2: Fattori di rischio correlati agli anni di vita in salute persi in Italia

Come chiaramente riportato in Figura 2, in Italia l'inquinamento dell'aria è al nono posto dei primi dieci fattori di rischio sanitario analizzati, anche in valore assoluto molto distaccato dai fattori preminenti legati alla dieta, alla pressione alta ed al consumo di tabacco. I dati riportati in Figura 2 per l'anno 2015 sono pienamente confermati da quelli più aggiornati riportati per il 2019[15], i quali, peraltro restituiscono un netto miglioramento nel parametro DALY associato all'inquinamento atmosferico (-196,1 DALYs ogni 100.000 abitanti nel periodo 2009-2019), accompagnato da un peggioramento per i rischi legati alla dieta (+33 DALYs ogni 100.000 abitanti) e ad elevato indice di massa corporea (+174 DALYs ogni 100.000 abitanti).

Tali dati forniscono uno specifico perimetro di valutazione rispetto al peso ed alla rilevanza dell'inquinamento dell'aria sull'aspettativa di vita, come confermato dai dati Eurostat[16] riportati nella Figura 3. Di fatto, come risulta dai dati statistici europei, nel 2021, l'aspettativa di vita in Piemonte, Lombardia, Veneto ed Emilia-Romagna, regioni dove ancora sussistono difficoltà nell'assicurare il

15 https://www.healthdata.org/research-analysis/health-by-location/profiles/italy
16 https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Mortality_and_life_expectancy_statistics#Life_expectancy_at_birth

completo rispetto dei limiti di qualità dell'aria vigenti, si attesta rispettivamente su 82.8, 83.6, 83.6 e 83.2 anni. Le regioni immediatamente a nord delle Alpi, come anche quelle della Provenza e Costa Azzurra, aree dove la qualità dell'aria è migliore di quella della pianura padana, mostrano aspettative di vita inferiori (vedi ad esempio Friburgo, con 82.1 anni, Bassa Austria con 80.7 anni, Svevia con 81.6[17]). Va in ogni caso evidenziato come, a determinare l'aspettativa di vita di una regione o di un'area territoriale non contribuiscano solo i fattori di rischio che si sono poc'anzi commentati ma anche altri determinanti di salute altrettanto influenti sull'esito, come, a mero titolo di esempio, l'accesso alle cure o le condizioni generali di tipo socioeconomico e culturale.

Prendere in considerazione il concetto di aspettativa di vita e tutti i fattori che, in positivo o in negativo, la determinano, consente di rappresentare gli aspetti legati alla qualità dell'aria, ed agli interventi atti a migliorarla, in termini di possibilità di ulteriore miglioramento dell'aspettativa di vita stessa, proprio come indicato in una estesa ricerca dell'Università di Chicago[18] che utilizza il termine di "potential gain in life expentancy". In tal modo, il dato di aspettativa di vita riportato in Figura 2 può essere migliorato in modo più sensibile nelle regioni della pianura padana rispetto a quelle dei paesi del Nord Europa, laddove i margini di miglioramento, per lo specifico fattore di rischio rappresentato dalla qualità dell'aria, paiono, con le metriche attuali, più modesti.

17 https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/demo_r_mlifexp/default/table?lang=en

18 https://aqli.epic.uchicago.edu/the-index/

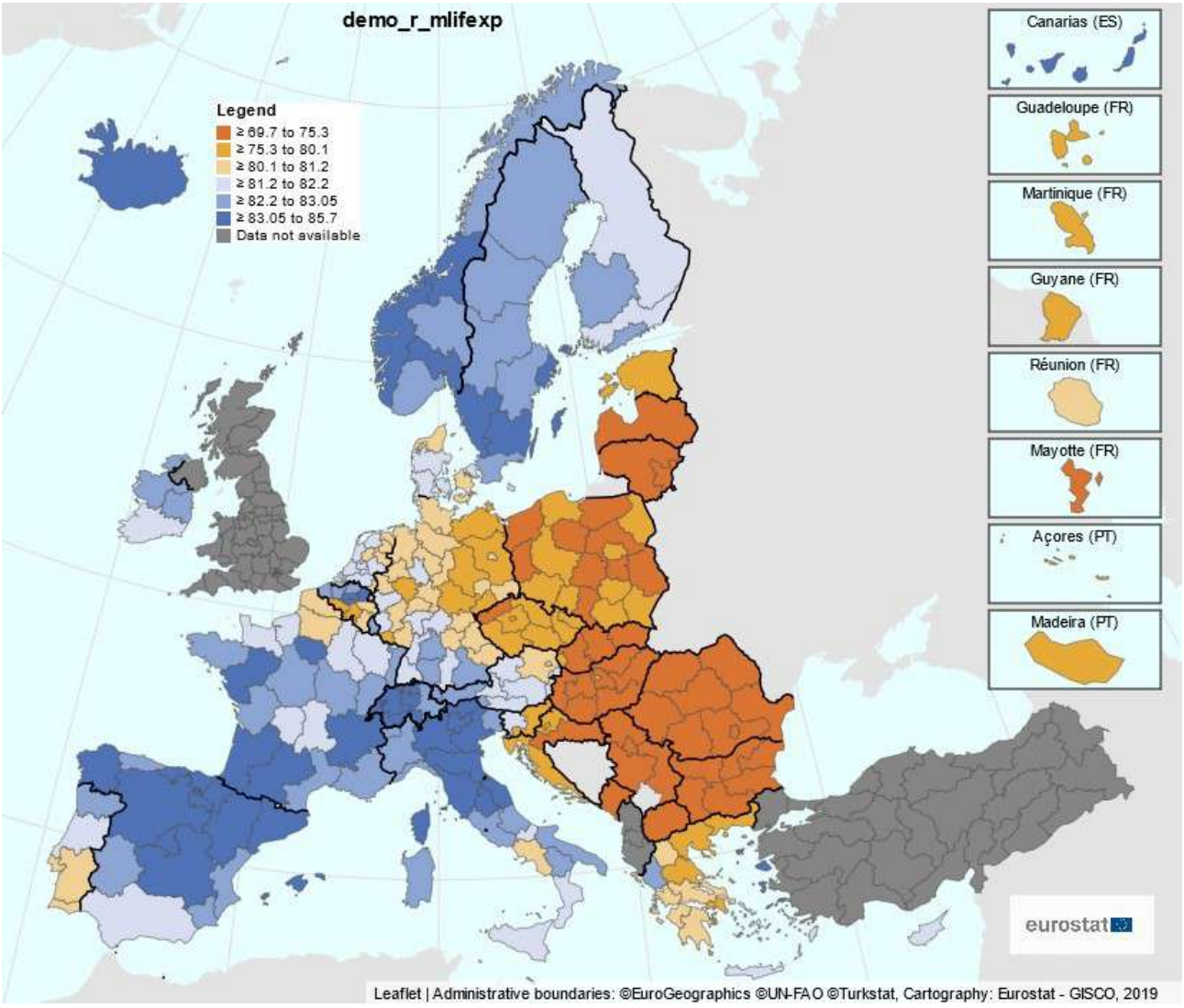


Figura 3: Aspettativa di vita nelle regioni europee (dato Eurostat)

In ogni caso, l'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) continua a segnalare che la scarsa qualità dell'aria, soprattutto negli agglomerati urbani, continua a incidere sulla salute dei cittadini europei, anche se, tra il 2005 e il 2020 il numero di decessi prematuri da esposizione a PM2,5 nell'UE è calato del 45 %. Se questa tendenza si confermasse, l'UE dovrebbe raggiungere l'obiettivo del piano d'azione per l'inquinamento zero che prevede una riduzione dei decessi prematuri del 55 % entro il 2030.

A valle di quanto riportato nei paragrafi precedenti, è possibile affermare che una valutazione integrata dell'impatto dell'inquinamento atmosferico in Piemonte è possibile prendendo spunto dai diversi progetti sugli effetti dell'inquinamento atmosferico svolti nella regione, a scala europea e nazionale, e dai risultati scientifici derivanti da nuovi ambiti di ricerca sviluppati proprio sul territorio regionale, come verrà accennato nei capitoli seguenti.

11.3 La tossicità del particolato, nuovi studi e lo sviluppo di metriche sanitarie innovative

Poiché l'impatto sulla salute dovuto all'inquinamento atmosferico da particolato rappresenta, come è stato descritto, una delle maggiori criticità ambientali contemporanee, valori limite e politiche sulla qualità dell'aria devono fondare su una conoscenza sempre più approfondita ed aggiornata degli effetti sulla salute. Già nel 2007, un rapporto dell'Organizzazione mondiale della

sanità (OMS)[19] affermava che: "In futuro, una migliore comprensione della tossicità relativa e degli effetti sulla salute delle particelle provenienti da varie fonti potrebbe facilitare politiche di abbattimento mirate e misure di controllo più efficaci per ridurre il carico di malattie dovute all'inquinamento dell'aria". A quel tempo, i dati di monitoraggio sulla specifica composizione del particolato erano scarsi, così come i dati di esposizione. Inoltre, gli inventari esistenti presentavano lacune nei dati emissivi; al contrario, erano già disponibili prove coerenti dell'associazione del particolato emesso dalle principali fonti di combustione, mobili e fisse, con una serie di gravi effetti sulla salute, tra cui un aumento della morbilità e della mortalità per patologie cardiovascolari e respiratorie. Il rapporto dell'OMS sosteneva che a diverse caratteristiche chimiche delle particelle, corrispondevano diversi rischi relativi per unità di massa del particolato; in particolare, una delle ipotesi riportate era che il potenziale ossidativo delle particelle o di specifici componenti (ad esempio metalli di transizione e la componente organica primaria e secondaria derivanti dalla combustione) potesse essere uno dei meccanismi di azione del PM come determinante di salute a causa della maggiore capacità di deprimere i meccanismi fisiologici di difesa antiossidante. Le conoscenze a disposizione, tuttavia, non hanno consentito nel 2007 una quantificazione precisa o una classificazione definitiva degli effetti sulla salute delle emissioni di PM da diverse fonti o dei singoli componenti del PM.

Nel 2013 un nuovo rapporto dell'OMS[20] riporta che:

a) le nuove evidenze scientifiche confermano che le particelle di black carbon sono strettamente collegate a effetti sulla salute in relazione alle malattie di tipo cardiovascolare ed alla mortalità prematura, sia per le esposizioni a breve termine (24 ore) che a lungo termine (annuale);

b) per quanto riguarda l'aerosol inorganico secondario (SIA), né il ruolo dei cationi (ad esempio l'ammonio), né le interazioni con metalli o componenti assorbiti sono stati ben documentati in studi epidemiologici;

c) vi è una crescente consapevolezza in relazione all'associazione del carbonio organico con gli effetti sulla salute.

Nel 2021, l'ultimo rapporto dell'OMS5 afferma testualmente che: "molti studi hanno cercato di identificare quali fonti e/o caratteristiche fisico-chimiche del particolato aerodisperso contribuiscano maggiormente alla tossicità. Quest'area di ricerca risulta estremamente impegnativa, data la grande eterogeneità delle caratteristiche chimico-fisiche delle particelle sospese nell'aria, e un quadro definitivo deve ancora essere identificato". Lo stesso rapporto, all'interno dell'executive summary, riporta che "non ci sono ancora dati sufficienti a permettere livelli di qualità dell'aria raccomandati per specifici tipi di particolato, come BC/EC (black carbon/carbonio elementare) e UFP (particelle ultrafini). Tuttavia, sono raccomandate azioni specifiche per potenziare la ricerca ulteriori sui rischi associati e approcci coerenti per la loro mitigazione tra i quali: intraprendere misure di limitazione per ridurre le concentrazioni di BC/EC e, più in generale, valutazioni dell'esposizione, studi epidemiologici, source apportionment e attività di ricerca volta a comprendere meglio la tossicità di differenti tipologie di PM (cfr. Tabella 0.3. Summary of good practice statement)".

Un recente rapporto scientifico si è concentrato, a tal proposito, sulla tossicità delle particelle fini prodotte da combustione (motore diesel, motore a benzina, biomassa e combustione del carbone) e da fonti diverse dalla combustione (polveri stradali, aerosol marino, solfato di ammonio, nitrato di ammonio, aerosol organici secondari (SOA), ottenendo fattori di tossicità differenti per le varie

19 World Health Organization Europe. Health Relevance of Particulate Matter from Various Sources. In Report on A WHO Workshop Bonn, Germany 26–27 March 2007. WHO Regional Office for Europe: Copenhagen, Denmark, 2007.

20 World Health Organization Europe. Review of Evidence on Health Aspects of Air Pollution–Revihaap Project; Technical Report; World Health Organization Europe: Copenhagen, Denmark, 2013.

sorgenti attraverso test di tossicità specifici. Lo studio ha determinato molteplici endpoint biologici e chimici (potenziale ossidativo (OP), vitalità cellulare, genotossicità (basata su mutagenicità e danno al DNA), stress ossidativo e risposta infiammatoria). È interessante notare che è stata valutata una maggiore tossicità per gli aerosol derivanti dalla combustione, in particolare dagli scarichi dei motori diesel, rispetto al PM non derivante dalla combustione, a conferma di quanto già riportato da OMS. In particolare, la genotossicità (in termini di mutagenicità) e il potenziale ossidativo delle particelle di scarico dei motori diesel sono risultati significativamente superiori a quelle di altri tipi di aerosol, probabilmente a causa della presenza di componenti organiche (ad es. Idrocarburi Policiclici Aromatici o IPA) in grado di agire sul DNA attraverso le specie ossigenate reattive (ROS). La combustione della biomassa ha mostrato una tossicità paragonabile a quella delle particelle di scarico dei motori diesel mentre il solfato/nitrato di ammonio (tipico inquinante secondario) ha mostrato, nello studio citato, una bassa tossicità.

Altri studi condotti fin dai primi anni 2000 da Arpa Piemonte e dall'Università di Torino [21] [22] [23], focalizzati in particolare sull'utilizzo dei test di mutagenicità sui filtri del particolato, confermano che, anche per il territorio di competenza, la tossicità specifica del particolato è molto variabile in dipendenza da luoghi e stagioni di campionamento, vale a dire dalla composizione del particolato stesso.

Nel 2023 è stato dato avvio a un progetto di ricerca pluriennale condiviso tra Arpa Piemonte e Università di Torino con lo scopo di caratterizzare chimicamente il particolato atmosferico PM10 influenzato da diverse sorgenti emissive e valutarne l'effetto biologico su organismi viventi utilizzando opportuni test, eventualmente individuando un indice di tossicità. L'ambito di ricerca così delineato si inserisce a pieno titolo nella discussione relativa alla revisione (a 15 anni di distanza da quella precedente) delle linee guida dell'Organizzazione mondiale della sanità sulla qualità dell'aria ed ancora di più a quanto riportato nella proposta di nuova Direttiva Europea in materia (Ottobre 2022), che ha l'obiettivo sfidante di allinearsi nel tempo alle Linee Guida OMS.

Infatti, la conoscenza della tossicità delle particelle prodotte da varie fonti può essere messa in correlazione alla composizione del particolato stesso, attraverso le tecniche di Source Apportionment analitico, ormai consolidate sul territorio nazionale, e al livello di esposizione per porre le basi scientifiche di una nuova metrica di salute per il particolato atmosferico, proprio secondo le indicazioni del più recente rapporto OMS. Poter disporre di fattori di tossicità differenziali in base alla composizione attesa del particolato è quanto necessario per supportare politiche di contenimento e di mitigazione degli impatti sulla salute dovuti al PM che possano essere davvero coerenti ed efficaci rispetto ad una parametrizzazione unicamente basata sul peso di una determinata categoria dimensionale del particolato. Il modello concettuale appena accennato è stato oggetto di approfondimento anche in un recente studio di Arpa Piemonte, Politecnico di Torino e Università di Torino[24].

Proprio lo studio appena ricordato analizza la composizione del particolato atmosferico determinato con le tecniche del Source Apportionment in tutta Europa, concludendo che tale composizione è estremamente variabile nel continente. In particolare, nel Nord Italia, il

21 D'Agostino, Marangon, Garrou. Valutazione genotossica del particolato atmosferico con metodi in vitro. ACQUA&ARIA n. 7 agosto/settembre 2003.

22 Marangon, D; Traversi, D; D'Agostino, A.M.; Gea, M.; Fontana, M.; Schilirò, T. The North-western Italy air quality monitoring network: Improving experience of PM2.5 assessment with mutagenicity assay. Environmental Research 195 (2021) 110699.

23 Gea, M.; Bonetta, S.; Marangon, D.; Pitasi, F.A.; Armato, C.; Gilli, G.; Bert, F.; Fontana, M.; Schilirò, T. In Vitro Effects of Particulate Matter Associated with a Wildland Fire in the North-West of Italy. Int. J. Environ. Res. Public Health 2021, 18, 10812. https://doi.org/10.3390/ijerph182010812.

24 Robotto, A.; Barbero, S.; Bracco, P.; Cremonini, R.; Ravina, M.; Brizio, E. Improving Air Quality Standards in Europe: Comparative Analysis of Regional Differences, with a Focus on Northern Italy. Atmosphere 2022, 13, 642. https://doi.org/10.3390/atmos13050642

componente principale del PM è l'aerosol secondario inorganico (SIA) in quanto le condizioni di stagnazione favoriscono le trasformazioni chimiche dei precursori gassosi in materiale particolato, con particolare riferimento al nitrato di ammonio. Il particolato secondario di natura inorganica (nitrato e solfato di ammonio) contribuisce a circa il 30% della concentrazione di PM10 su base annuale mentre, negli episodi critici, esso può rappresentare fino al 70% della concentrazione di particolato[25]. La composizione del particolato nella pianura padana è molto differente da quella delle altre regioni a nord delle Alpi: in particolare, il contributo di carbonio elementare (EC) e di solfato di ammonio è minore nel Nord Italia, dove invece sono maggiori le concentrazioni di nitrato di ammonio, soprattutto nelle stagioni invernali. La prevalenza del nitrato sul solfato di ammonio è chiaramente legata alla desolforazione dei combustibili avvenuta in Italia mentre in Europa del Nord i combustibili contenenti zolfo sono ancora oggi usati massicciamente. La diversa composizione chimica delle polveri si traduce in una differente tossicità del particolato, ottenibile associando ad ogni componente del PM una specifica tossicità e ottenendo quella che per altri inquinanti quali i PoliCloroDibenzoDiossine e Furani (PCDD/F) o i PolicCloroBifenili (PCB) è nota come tossicità equivalente.

Applicando in particolare i coefficienti di tossicità specifica ricavati dallo studio di Park et al. pubblicato su Nature Scientific Reports24 (riportati in Figura 4) alle diverse composizioni di particolato atmosferico rinvenibile sul territorio europeo ed in quello centro-asiatico, il report di Robotto et al. concludeva che il dato di tossicità equivalente del particolato respirato in tali aree varierebbe di almeno un ordine di grandezza, suggerendo pertanto che, anche alla stessa concentrazione, gli effetti di PM10/PM2.5 sulla salute umana possano essere significativamente variabili, rendendo necessaria la prosecuzione della ricerca verso la definizione di tossicità differenziali dei diversi componenti del PM.

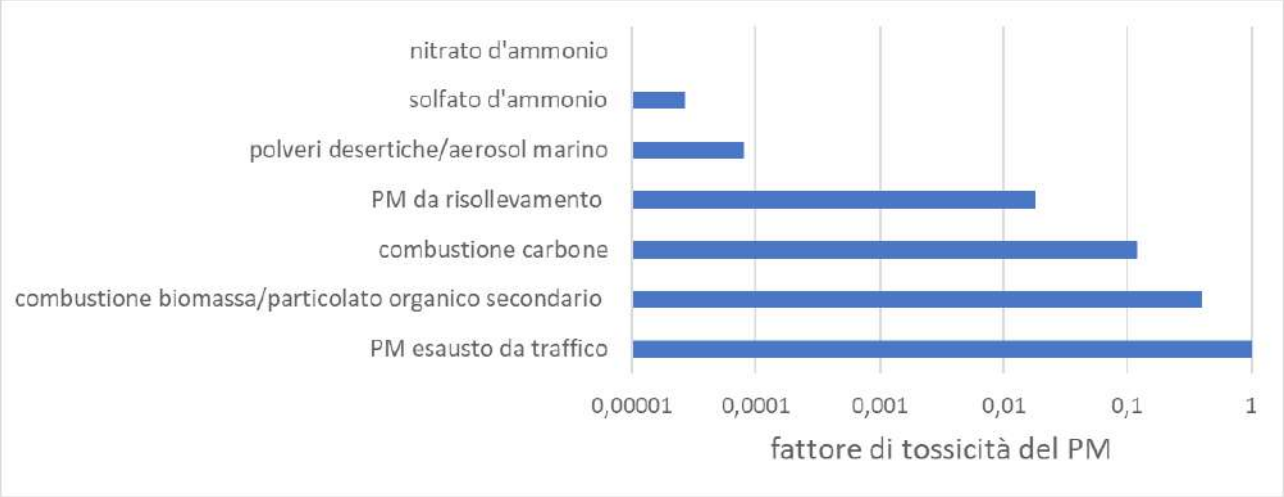


Figura 4: Fattori di tossicità specifica di diverse componenti del particolato

Al fine di confermare la validità dell'approccio modellistico descritto, che si pone il fine di individuare gli effetti sanitari legati a differenti composizioni del particolato atmosferico (e cioè ai contributi delle diverse sorgenti e meccanismi di neoformazione del particolato), sono stati recentemente svolti approfondimenti specifici sulla tossicità del particolato riguardante la città di Torino, riportati nel capitolo seguente.

11.4 La tossicità del particolato nella città di Torino, primi risultati

Focalizzandosi sugli effetti a breve termine, legati quindi alle variazioni giornaliere degli andamenti degli inquinanti, ARPA Piemonte ha raccolto i dati di speciazione del PM10 per la

25 https://www.lifeprepair.eu/

stazione di monitoraggio di qualità dell'aria Torino Lingotto, resi disponibili nell'ambito del progetto LIFE Prepair. In questo modo è stato possibile elaborare una valutazione preliminare degli effetti delle varie componenti analizzate sulla salute, utilizzando la mortalità come esito per i residenti nella città di Torino.

È stata effettuata una valutazione preliminare sulla tossicità delle componenti del PM2.5, considerando il dato registrato nella stazione di Torino-Lingotto. All'interno del progetto Life Prepair la speciazione del PM2.5 è disponibile a partire da settembre 2018. I risultati che si riportano sono ristretti al periodo 15/09/2018- 31/12/2019 in quanto, come ben noto, la pandemia ha portato ad un aumento nella mortalità, rendendo poco confrontabili gli anni 2020 e 2021 con il periodo precedente.

Sono state effettuate analisi sui seguenti composti: Al, Si, S, Cl, K, K+, Fe, Cu, Ni, Pb, Zn, NO3-, NH4+, Carbonio Elementare (EC), Carbonio Organico (OC), Levoglucosano, Ca2+.

Sono stati al momento esclusi dalle analisi gli elementi che non presentavano sufficiente variabilità nel periodo in studio: Ti, V, Cr, Mn, Rb, Br-, PO43-, Mg2+

Si è valutata una possibile relazione, intesa come effetto a breve termine, tra la mortalità per tutte le cause (escluse le cause violente) e i composti considerati singolarmente. Seguendo le indicazioni della letteratura, come effetti a breve termine si considerano effetti immediati (lag 0-1, cioè nel giorno stesso dell'esposizione o nel giorno successivo), effetti prolungati (lag 0-5, cioè nel giorno stesso dell'esposizione o nei 5 giorni successivi), effetti ritardati (lag 2-5, quindi tra 2 e 5 giorni dopo l'esposizione). Essendo dati di conteggio, sono stati applicati modelli di regressione di Poisson, includendo nel modello possibili fattori che possano "confondere" la relazione tra le due variabili, come ad esempio le temperature estreme invernali o estive, i picchi influenzali, le festività e i giorni di vacanza in cui si può avere un decremento della popolazione residente e quindi un minor numero di eventi. In Tabella 2 sono riportati i risultati per i quali si sono osservati incrementi percentuali statisticamente significativi della mortalità naturale (per tutte le cause, fatta eccezione, come si è detto, per le cause violente), evidenziati in grassetto.

I risultati sono espressi in Tabella 2 come incrementi percentuali con relativo intervallo di confidenza al 95%. Per avere una metrica uniforme i valori sono espressi in termini di incrementi di range interquartile (IQR) della componente specifica.

Inquinante	**IQR**	**Lag**	**Incrementi percentuali (95%CI)**
Ca	0.359	0-1	1.69 (-2.00; 5.61)
		2-5	**4.72 (0.56; 9.05)**
		0-5	**5.24 (0.25; 10.48)**
Zn	0.033	0-1	-0.43 (-4.63; 3.96)
		2-5	**6.57 (1.00; 12.45)**
		0-5	4.74 (-1.75; 11.66)
Pb	0.006	0-1	1.26 (-1.62; 4.22)
		2-5	**4.56 (0.71; 8.55)**
		0-5	4.28 (-0.14; 8.90)
OC	6.17	0-1	0.41 (-3.95; 4.97)
		2-5	**8.63 (3.10; 14.46)**
		0-5	**7.58 (0.93; 14.66)**
EC	1.43	0-1	0.27 (-3.70; 4.39)

		2-5	**6.72 (1.14; 12.62)**
		0-5	5.32 (-1.20; 12.28)
NO_3^-	7.23	0-1	1.48 (-2.49; 5.61)
		2-5	**6.58 (1.38; 12.05)**
		0-5	6.45 (-0.04; 13.35)
NH_4^+	2.23	0-1	1.96 (-1.79; 5.86)
		2-5	**6.05 (1.02; 11.34)**
		0-5	**6.58 (0.21; 13.36)**
K+	0.25	0-1	**4.50 (0.78; 8.36)**
		2-5	**5.47 (0.22; 10.99)**
		0-5	**8.69 (2.01; 15.81)**
Ca^{2+}	0.32	0-1	1.38 (-2.78; 5.72)
		2-5	**5.31 (0.44; 10.41)**
		0-5	5.55 (-0.43; 11.89)
Levoglucosano	0.441	0-1	-0.02 (-3.83; 3.94)
		2-5	**7.83 (2.23; 13.74)**
		0-5	6.84 (-0.47; 14.69)

Tabella 2: Incrementi percentuali della mortalità naturale espressi per incrementi di IQR per ogni sostanza

I risultati ottenuti per la città di Torino sono consistenti con quelli di altri studi[26], così confermando la necessità di ragionare in termini di fattori di tossicità equivalente anche per la miscela di composti che forma il particolato atmosferico. I prodotti della combustione (EC, OC) mostrano una chiara associazione per la mortalità per cause naturali, così come lo zinco, che può essere associato ad usura dei freni ed emissioni legate a oli lubrificanti e polvere degli pneumatici, in linea con quanto affermato in precedenza dalla letteratura di settore e dai report dell'OMS.

Sempre nell'ambito dello studio degli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico, volendo valutare gli effetti della frazione più fine del particolato, quella in grado cioè di penetrare negli alveoli polmonari, si sono effettuate delle prime valutazioni rispetto ai dati raccolti con contaparticelle (Particle Number Concentration, PNC), strumento ubicato anch'esso presso la stazione di monitoraggio di Torino Lingotto. In questo caso la frazione di interesse riguarda particelle con diametro aerodinamico inferiore a 1 mm, ulteriormente suddivise in frazioni più fini tra le quali le particelle ultrafini (UFP), vale a dire quelle con diametro inferiore a 100 nm. Le particelle ultrafini, provenienti in particolare dai processi di combustione e dai processi di formazione del particolato secondario, costituiscono la maggioranza delle particelle che contribuiscono al PNC (pur avendo massa trascurabile rispetto al particolato con diametro maggiore di 1 mm) e sono di particolare interesse in relazione all'impatto del traffico urbano, pur non essendo accompagnate da una conoscenza epidemiologica matura[27]. Recenti studi epidemiologici hanno iniziato ad indagare l'associazione tra mortalità (o ricoveri) e gli andamenti giornalieri di particelle ultrafini e numero di particelle[28]. I risultati finora pubblicati sono ancora

26 Ostro et al. The Effects of Components of Fine Particulate Air Pollution on Mortality in California: Results from CALFINE. Environmental Health Perspectives • VOLUME 115 | NUMBER 1 | January 2007.
27 Lorelei de Jesus, A. et al. Ultrafine particles and PM2.5 in the air of cities around the world: Are they representative of each other? Environment International 129 (2019) 118–135.
28 Schwarz M, Schneider A, Cyrys J, Bastian S, Breitner S, Peters A. Impact of ultrafine particles and total particle number concentration on five cause-specific hospital admission endpoints in three German cities. Environ Int. 2023 Aug;178:108032. doi: 10.1016/j.envint.2023.108032. Epub 2023 Jun 15. PMID: 37352580.

contrastanti in quanto gli effetti sembrano variare a seconda delle città prese in considerazione[29]. Occorre tuttavia notare che gli studi recentemente pubblicati si riferiscono a serie di dati di inquinanti ed esiti sanitari più limitate rispetto a quelle di cui si dispone per la città di Torino.

I dati su cui sono state effettuate le valutazioni qui riportate sono disponibili dal 01/01/2013 al 31/12/2019. Si sono considerati due diversi gruppi: somma delle particelle con diametro aerodinamico compreso tra 20 nm e 70 nm e somma delle particelle con diametro maggiore di 70 nm (e minori di 1 mm). Infine, è stata considerata la somma totale.

Per avere un'idea dell'ordine di grandezza dei dati, riportiamo in Tabella 3 alcune statistiche descrittive per le variabili oggetto delle analisi.

	Minimo	**1° quartile**	**Mediana**	**Media**	**3° quartile**	**Massimo**
Somma 20 nm-70 nm	$3.28*10^8$	$2.61*10^9$	$3.76*10^9$	$4.11*10^9$	$5.19*10^9$	$1.76*10^{10}$
Somma 70nm-1000 nm	$7.63*10^7$	$1.74*10^9$	$2.73*10^9$	$3.41*10^9$	$4.3*10^9$	$2.09*10^{10}$
Somma totale	$4.04*10^8$	$4.70*10^9$	$6.56*10^9$	$7.53*10^9$	$9.0*10^9$	$3.01*10^{10}$

Tabella 3: Statistiche descrittive per le variabili utilizzate nelle analisi sul numero di particelle

Come si può notare, l'ordine di grandezza elevato non permette di esprimere gli incrementi percentuali per incrementi di 10 o del range interquartile. Pertanto, gli incrementi (di mortalità naturale) sono riportati rispetto alla variabile divisa per 108 e gli incrementi sono espressi su scala unitaria.

Considerando la lunga serie di dati disponibili, sono state peraltro effettuate delle sottoanalisi differenziate tra periodo estivo (aprile-settembre) e periodo invernale (ottobre-marzo). I risultati preliminari dello studio sono riportati in Tabella 4.

Analisi sul periodo totale		
	Lag	Incremento percentuale di rischio (con I.C. al 95%)
Somma particelle 20nm-70nm	0-1	-0.01 (-0.10; 0.09)
	2-5	0.08 (-0.04;0.20)
	0-5	0.06 (-0.09;0.20)
Somma particelle 70nm-1000nm	0-1	0.01 (-0.06; 0.09)
	2-5	**0.12 (0.04; 0.21)**
	0-5	**0.12 (0.02; 0.22)**
Somma totale particelle < 1000 nm	0-1	0.00 (-0.05; 0.05)
	2-5	**0.07 (0.02; 0.13)**
	0-5	**0.06 (0.00;0.13)**
Analisi sul semestre aprile-settembre		
Somma particelle 20nm-70nm	0-1	-0.02 (-0.23;0.19)
	2-5	0.09 (-0.17;0.35)
	0-5	0.06 (-0.27; 0.40)
Somma particelle 70nm-1000nm	0-1	-0.04 (-0.33;0.25)

29 Rivas I, Vicens L, Basagaña X, Tobías A, Katsouyanni K, Walton H, Hüglin C, Alastuey A, Kulmala M, Harrison RM, Pekkanen J, Querol X, Sunyer J, Kelly FJ. Associations between sources of particle number and mortality in four European cities. Environ Int. 2021 Oct;155:106662. doi: 10.1016/j.envint.2021.106662. Epub 2021 Jun 4. PMID: 34098335.

	2-5	**0.50 (0.15; 0.86)**
	0-5	**0.49 (0.03; 0.94)**
Somma totale particelle < 1000 nm	0-1	-0.03 (-0.20;0.14)
	2-5	**0.24 (0.03;0.45)**
	0-5	0.18 (-0.07;0.44)
Analisi sul semestre ottobre-marzo		
Somma particelle 20nm-70nm	0-1	-0.01 (-0.11;0.08)
	2-5	0.08 (-0.04;0.20)
	0-5	0.06 (-0.09;0.20)
Somma particelle 70nm-1000nm	0-1	0.01 (-0.06;0.09)
	2-5	**0.13 (0.04;0.21)**
	0-5	**0.12 (0.01;0.22)**
Somma totale particelle < 1000 nm	0-1	0.00 (-0.05;0.05)
	2-5	**0.07 (0.02;0.13)**
	0-5	**0.06 (0.00;0.13)**

Tabella 4: Incrementi percentuali della mortalità naturale espressi per incrementi pari a 108 di numero di particelle

In base ad una prima valutazione dei risultati, si evidenziano effetti sulla salute statisticamente significativi (evidenziati in tabella in grassetto) in relazione alle frazioni submicrometriche di particolato meno fini (da 70 a 1000 nm), cioè quelle che permangono più stabilmente in aria senza aggregarsi. Inoltre, a conferma di quanto suggerito dalla letteratura scientifica in riferimento all'esigenza di una metrica di salute che non consideri solo la concentrazione del PM ma anche la sua composizione, si evidenziano incrementi specifici di mortalità riferiti al numero delle particelle più marcati nel periodo estivo rispetto a quello invernale.

Nuove metriche sanitarie per il particolato fine, inclusive della tossicità differenziale delle diverse composizioni e del conteggio delle particelle, potrebbero superare le carenze dell'attuale standard normativo, aiutando le autorità regionali a gestire correttamente le questioni relative alla qualità dell'aria e riducendo al minimo i relativi impatti sulla salute.

11.5 LE RISULTANZE DEI PROGETTI NAZIONALI ED EUROPEI A SUPPORTO DELLA GOVERNANCE LOCALE

Il Progetto VIIAS, Valutazione Integrata dell'Impatto dell'Inquinamento atmosferico sull'Ambiente e sulla Salute, coordinato dal Dipartimento di Epidemiologia del SSR del Lazio, cui Arpa Piemonte ha partecipato, è stato realizzato nel quadro delle iniziative del Centro Controllo Malattie (CCM) del Ministero della Salute (www.viias.it). Ha effettuato la valutazione di impatto sulla salute dell'inquinamento atmosferico in Italia, con l'intento di valutare la catena di eventi (dalle politiche alle fonti di esposizione, alle modalità di esposizione, all'impatto) che influiscono sulla salute della popolazione.

Viene qui presentato nella sua metodologia per la possibilità di applicare questo approccio nella implementazione delle azioni di monitoraggio di Piani quali quello della Qualità dell'aria in Regione Piemonte. Il progetto VIIAS, a scala nazionale, si è basato sul sistema modellistico sviluppato da ENEA nell'ambito del progetto MINNI (www.minni.org), per conto del Ministero dell'Ambiente, utilizzato per tutto il territorio nazionale con una risoluzione spaziale di 4 km x 4 km. Utilizzando le funzioni concentrazioni-risposta dell'OMS sono stati stimati, per tutti i residenti in Italia con 30 o più anni di età, i danni alla salute attribuibili alle esposizioni di lungo termine a PM2.5 e NO2. Tali

stime sono state effettuate secondo la metodologia ormai consolidata di "Health Impact Assessment (Valutazione di Impatto sulla Salute)" in precedenza accennata e hanno utilizzato per ogni cella di 4x4 km i dati di concentrazione elaborati da MINNI, i dati di popolazione e i tassi di mortalità causa specifici della stessa provincia. Le stime sono state realizzate considerando i livelli di concentrazione del PM2.5 superiori a 10 µg/m3 e di concentrazione dell'NO2 superiore a 40 µg/m3. In altre parole, si è assunto che al di sotto di tali valori (assunti come contro fattuali) non vi siano effetti sanitari, come suggeriva l'OMS nelle Linee Guida sulla Qualità dell'aria 2005 che sono state applicate quando sono state calcolate le stime all'interno del progetto.

Secondo questa metodologia, sono stati calcolati i casi attribuibili all'esposizione agli inquinanti per la mortalità dovuta a cause non accidentali (tutte le cause eccetto i traumatismi), cardiovascolari, respiratorie, per tumore del polmone e per incidenza di eventi coronarici (infarto ed angina instabile). Per quanto riguarda il PM2.5 è stato stimato anche il numero di anni o mesi di vita persi a causa dell'inquinamento usando le tavole di sopravvivenza specifiche per ogni area geografica. Nella figura 5 sono schematizzate le diverse fasi della valutazione dell'impatto dell'inquinamento atmosferico sull'ambiente e sulla salute umana condotte nell'ambito di VIIAS, ripercorribili in analoghe iniziative di valutazione di impatto sanitario.

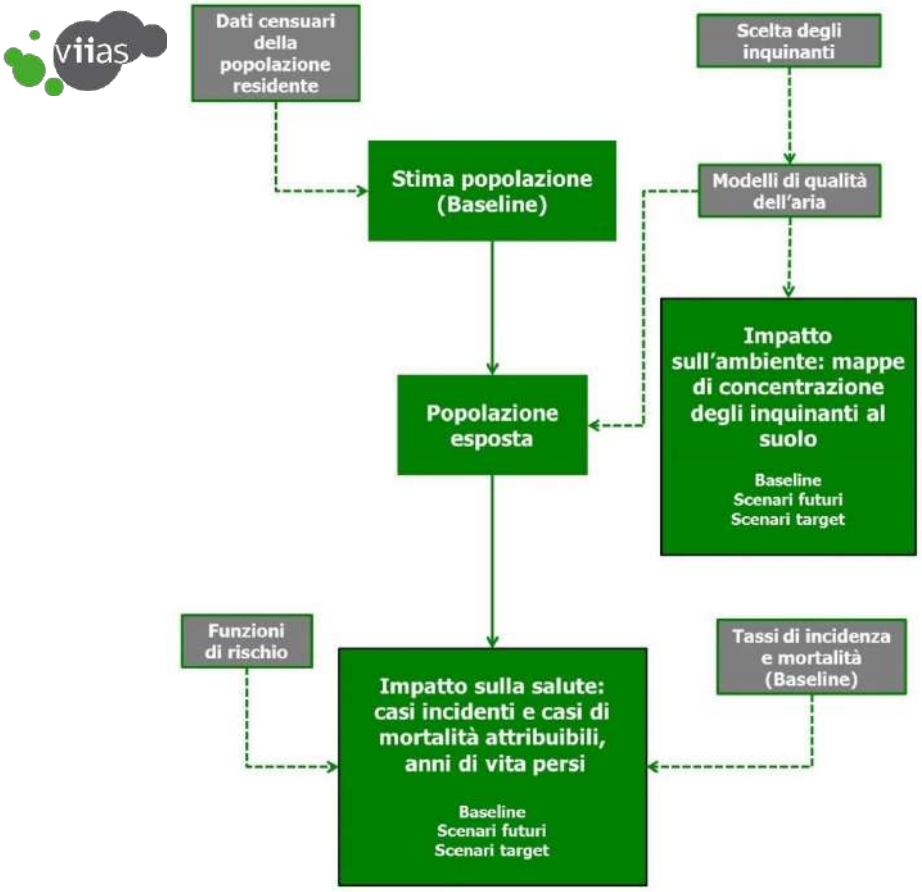


Figura 5: Schema della valutazione dell'impatto dell'inquinamento atmosferico sull'ambiente e sulla salute umana, progetto CCM VIIAS

Tutte le stime di impatto riportate sono corredate degli intervalli di confidenza al 95% che permettono al lettore di avere un'idea della variabilità statistica connessa all'incertezza delle stime di effetto degli inquinanti considerati. Tale intervallo riflette incertezze di una certa importanza e richiama la necessità di valutare ed utilizzare sempre le risultanze delle stime di impatto come indicative dell'ordine di grandezza del fenomeno.

Il Progetto LIFE MED HISS è stato un progetto europeo pilota, coordinato da ARPA Piemonte, che ha dimostrato la fattibilità ed economicità di un sistema di sorveglianza degli effetti a lungo termine dell'inquinamento atmosferico in Europa[30]. L'innovazione di MED HISS è rappresentata dalla modalità di reclutamento delle coorti residenziali, ricavate dai dati delle indagini nazionali sullo stato di salute della popolazione, come l'Indagine ISTAT in Italia. I dati relativi alle popolazioni sono associabili ai flussi sanitari disponibili di mortalità e dimissione ospedaliera, per ottenere dati di follow-up relativi alla salute delle popolazioni da correlare con l'esposizione all'inquinamento atmosferico. In Italia, lo Studio Longitudinale Italiano, basato sull'indagine campionaria (survey) ISTAT 1999-2000 abbinata a livello individuale con gli archivi di mortalità e ricovero ospedaliero, comprende 128.818 individui residenti in 1.449 comuni, distribuiti sull'intero territorio italiano. La survey contiene informazioni su età, genere, occupazione, variabili socio-economiche e caratteristiche fisiche individuali. Il sistema di sorveglianza adottato ha permesso e potrebbe permettere anche in futuro di ottenere follow up degli esiti di salute, monitorando gli effetti osservabili nel tempo. Un altro punto innovativo è rappresentato dal fatto di valutare in modo accurato l'esposizione, partendo dai modelli fisico-chimici disponibili di stima della concentrazione degli inquinanti sul territorio nazionale ad una scala sufficientemente risoluta e ponendo attenzione alla valutazione dell'esposizione (exposure assessment) dei soggetti[31]. Le stime di effetto ottenute per la mortalità sono risultate in linea con la letteratura, indicando la opportunità di mettere a punto programmi di sorveglianza sanitaria a costi relativamente contenuti. Inoltre, sono state prodotte stime per gli effetti a lungo termine di PM2.5 ed NO2 sui ricoveri ospedalieri[32]. La disponibilità di stime di rischio relativo aggiornate, basate su coorti nazionali e locali interrogabili anche in futuro in termini di allungamento del follow up di salute, unitamente alla possibilità di approntare i migliori metodi disponibili per una accurata valutazione della esposizione della popolazione, rappresentano una ricchezza metodologica ed informativa in grado di poter rispondere alle domande poste dagli stakeholders regionali a diverso livello interessati all'interazione ambiente-salute.

11.6 Risultati attesi dalla implementazione della metodologia di "Health Impact Assessment" in relazione agli scenari di Piano

Con questo paragrafo si intende aggiornare il precedente piano, utilizzando la stessa metodologia per il calcolo dei casi attribuibili, applicato a nuovi scenari tendenziali di qualità dell'aria al 2025 e al 2030 su tutta la regione Piemonte.

La metodologia adottata per il progetto CCM VIIAS e qui illustrata, unitamente ai risultati del progetto LIFE MED HISS, forniscono ad oggi le basi per una proficua integrazione tra le componenti ambientali e sanitarie.

La stessa metodologia è stata adottata in ambito europeo dall'EEA e i risultati sono consultabili in Air Quality Health Risk Assessments (europa.eu). In questo lavoro si utilizzano dati ambientali e sanitari calcolati su scala piemontese, quindi con un dettaglio del catalogo emissioni e dei tassi di mortalità a livello regionale e non nazionale.

Nel prosieguo delle attività a supporto del Piano regionale di Qualità dell'Aria, si promuove l'applicazione della metodologia presentata nei paragrafi precedenti agli scenari di Piano descritti nel capitolo 8, valorizzando i risultati modellistici realizzati con il Sistema Integrato di Qualità

30 http://www.minambiente.it/pagina/progetti-life-2012

31 Ghigo S, Bande S, Ciancarella L, Mircea M, Piersanti A, Righini G, Baldassano JM, Basagaña X, Cadum E on the behalf of the MED HISS study group. Mapping air pollutants at municipality level in Italy and Spain in support to health impact evaluations. Air Qual Atmos Health 11, 69–82 (2018). https://doi.org/10.1007/s11869-017-0520-x

32 Gandini M, Scarinzi C, Bande S, Berti G, Carnà P, Ciancarella L, Costa G, Demaria M, Ghigo S, Piersanti A, Rowinski M, Spadea T, Stroscia M, Cadum E; LIFE MEDHISS collaborative Group. Long term effect of air pollution on incident hospital admissions: Results from the Italian Longitudinal Study within LIFE MED HISS project. Environ Int. 2018 Dec;121(Pt 2):1087-1097. doi: 10.1016/j.envint.2018.10.020. Epub 2018 Oct 23. PMID: 30366659.

dell'aria descritto nel capitolo 4, ottenuti con gli scenari emissivi tendenziali più aggiornati (SEN 2014) descritti nel capitolo 6 e, soprattutto, con lo scenario emissivo di Piano (capitolo 8).

Le tabelle seguenti presentano i risultati in termini di stima dei casi attribuibili (decessi prematuri) e stima degli anni di vita persi per gli anni 2005, 2010, 2015 e 2019, messi a confronto con gli scenari tendenziali 2025 (2025_CLE) e 2030 (2030_CLE) e lo scenario di Piano 2030 (2030_PIA). I dati presentati sono confortanti rispetto ai trend evidenziati, con diminuzioni dei casi attribuibili e degli anni di vita persi.

Le stime di impatto presentate sono state calcolate secondo i valori soglia riportati in tabella 5.

	Normativa	Vecchie linee guida OMS (2005)	Interim target nuove linee guida OMS (2021)	Nuove linee guida OMS (2021)
PM2.5	25 $\mu g/m^3$	10 $\mu g/m^3$	10 $\mu g/m^3$	5 $\mu g/m^3$
NO_2	40 $\mu g/m^3$	40 $\mu g/m^3$	20 $\mu g/m^3$	10 $\mu g/m^3$

Tabella 5: Valori soglia utilizzati per il calcolo delle stime di impatto

I parametri tenuti fissi nelle nuove elaborazioni degli anni 2019, 2025 e 2030 sono:

- i Rischi Relativi per le cause considerate (vedi Tabella YYY);
- il periodo considerato: 2004-2019 per il calcolo dei tassi di riferimento, 2004-2021 per il calcolo delle popolazioni comunali;
- l'unità amministrativa di riferimento pari alla ASL (12 ASL in Piemonte) per il calcolo dei tassi di riferimento.

Inquinante	Indicatore	Causa	Età	Funzione di rischio
PM 2.5	**Mortalità**	**Cause naturali**	**> 30 anni**	**RR** 1.07 (IC 95% 1.04 – 1.09)
		Malattie cardiovascolari		**RR** 1.10 (IC 95% 1.05 – 1.15)
		Malattie respiratorie		**RR** 1.10 (IC 95% 0.98 -1.24)
		Tumore polmone		**RR** 1.09 (IC 95% 1.04 - 1.14)
NO_2	**Mortalità**	**Cause naturali**	**> 30 anni**	**RR** 1.03 (IC 95% 1.01 - 1.04)
		Tumore polmone		**RR** 1.16 (IC 95% 1.10 - 1.23)

Tabella 6: Valori di RR di riferimento utilizzati secondo le indicazioni dell'OMS. Per l'NO2 i rischi per tumore al polmone sono presi dal progetto MED HISS

I rischi calcolati con il progetto MED HISS per la mortalità per cause naturali per NO2 sono simili a quelli indicati dall'OMS. Non ci sono rischi OMS derivanti da studi metanalitici per mortalità per tumore al polmone, pertanto sono stati utilizzati i rischi calcolati con il progetto MED HISS sulla popolazione italiana. La mortalità per cause cardiovascolari e respiratorie per NO2 sulla popolazione italiana presenta rischi non significativi, in linea con un'evidenza moderata secondo la metanalisi degli studi considerati dall'OMS.

I metodi sono riportati in Martuzzi et al. [33] e vengono qui riportati brevemente.

33 Martuzzi M., Mitis F., Iavarone I., Serinelli M. (2006) Health impact assessment of PM10 and Ozone in 13 Italian cities. World Health Organization - European Centre for Environment and Health.

Il numero dei casi attribuibili *E* a una concentrazione di inquinanti atmosferici oltre un determinato *controfattuale*, è dato dalla seguente equazione:

$$E = A \cdot B_0 \cdot (\frac{C}{10}) \cdot P$$

dove

- *P* = la popolazione esposta, ottenuta dai dati di censimento;
- *C* = il cambio rilevante nelle concentrazioni (la differenza tra la concentrazione osservata e il *controfattuale*)
- $A = \frac{RR-1}{RR}$, proporzione dell'effetto sanitario attribuibile all'inquinamento dell'aria, dove RR è il Rischio Relativo per 10 mg/m^3 di incremento dell'inquinante (derivato da indicazioni OMS)
- $B_0 = \frac{B}{[1+(RR-1)\cdot(\frac{C}{10})]}$ è il tasso di mortalità (morbosità) dell'esito sanitario considerato che si osserverebbe al livello di concentrazione del *controfattuale,* dove *B* è il tasso di mortalità (morbosità) osservato dell'effetto sanitario, alla concentrazione osservata, ottenuto dalle statistiche sanitarie disponibili.

Per descrivere ulteriormente l'impatto sulla mortalità attribuibile all'inquinamento dell'aria, il numero (e la proporzione) di decessi attribuibile è stato affiancato dagli anni di vita persi dovuti a mortalità prematura. La metodologia per il calcolo degli YLL è quella usata per il calcolo dei "*disability-adjusted life-years*" (DALYs) introdotti dall'OMS nel 1996 (Murray & Lopez). I DALYs comprendono una seconda componente, gli anni di vita vissuti con disabilità ("years of life lived with disability" (YLDs)), che non possono, in questo caso, essere stimati a causa del tipo di dati disponibili, purtroppo limitato. E' stata stimata, quindi, la sola componente degli YLL.

Il loro calcolo per classe di età e sesso deriva dalla seguente equazione:

$$YLL_{x,sex} = E_{x,sex} \cdot e_{x,sex}$$

dove $E_{x,sex}$ sono i decessi attribuibili all'esposizione a PM2.5 o NO_2 (a seconda dell'inquinante considerato) per classe di età *x* e sesso e $e_{x,\,sex}$ sono le speranze di vita per gli stessi sottogruppi.

In Tabella 7 si riportano i risultati per tutte le cause naturali utilizzando i dati a partire dal 2005. In tutte le tabelle successive si hanno valori nulli nelle celle, sia come casi attribuibili che come anni di vita persi quando il controfattuale risulta maggiore rispetto al valore effettivo dell'inquinante. Nel calcolo sulle morti premature è riportata anche la percentuale rispetto al totale dei decessi per quella causa.

Regione Piemonte	**2005**	**2010**	**2015**	**2019**	**2025 CLE**	**2030 CLE**
PM2.5						
Valori in µg/m^3 esposizione media (pesata per popolazione)	**38.4**	**27.3**	**22.7**	**17.6**	**16.7**	**14.4**
Controfattuale 25 µg/m^3						
Morti premature (*N / %*)	3669 (2262-4492) *7.9% (4.9%-9.7%)*	1040 (624-1296) *2.2% (1.3%-2.8%)*	168 (99-212) *0.4% (0.2%-0.5%)*	0 (0-0) *0.0% (0.0%-0.0%)*	0 (0-0) *0.0% (0.0%-0.0%)*	0 (0-0) *0.0% (0.0%-0.0%)*
Controfattuale 10 µg/m^3						
Morti premature (N / %)	7043 (4476-8469)	4595 (2843-5614)	3477 (2126-4280)	2201 (1332-2728)	1951 (1173-2427)	1327 (793-1658)

	15.2% (9.7%-18.3%)	*9.9% (6.1%-12.1%)*	*7.5% (4.6%-9.2%)*	*4.6% (2.8%-5.7%)*	*4.1% (2.5%-5.1%)*	*2.8% (1.7%-3.5%)*
Controfattuale 5 µg/m³						
Morti premature (N / %)	8078 (5184-9657) *17.4% (11.2%-20.9%)*	5768 (3608-6999) *12.5% (7.8%-15.1%)*	4708 (2912-5754) *10.2% (6.3%-12.4%)*	3502 (2141-4310) *7.3% (4.5%-9.0%)*	3315 (2017-4092) *7.0% (4.2%-8.6%)*	2719 (1644-3369) *5.7% (3.5%-7.1%)*
			***NO_2**			
Valori in µg/m³ esposizione media (pesata per popolazione)	**35**	**30.7**	**26.8**	**22.7**	**17.2**	**11.7**
Controfattuale 40 µg/m³						
Morti premature (N / %)	1159 (628-1467) *2.5% (1.4%-3.2%)*	289 (151-374) *0.6% (0.3%-0.8%)*	321 (168-416) *0.7% (0.4%-0.9%)*	0 (0-0) *0.0% (0.0%-0.0%)*	0 (0-0) *0.0% (0.0%-0.0%)*	0 (0-0) *0.0% (0.0%-0.0%)*
Controfattuale 20 µg/m³						
Morti premature (N / %)	3407 (1894-4253) *7.4% (4.1%-9.2%)*	2522 (1363-3199) *5.4% (2.9%-6.9%)*	1827 (996-2306) *3.9% (2.2%-5.0%)*	1100 (587-1405) *2.3% (1.2%-2.9%)*	427 (224-551) *0.9% (0.5%-1.2%)*	0 (0-0) *0.0% (0.0%-0.0%)*
Controfattuale 10 µg/m³						
Morti premature (N / %)	5311 (2981-6592) *11.5% (6.4%-14.2%)*	4627 (2541-5814) *10.0% (5.5%-12.6%)*	3725 (2044-4684) *8.0% (4.4%-10.1%)*	3036 (1639-3855) *6.4% (3.4%-8.1%)*	1852 (986-2372) *3.9% (2.1%-5.0%)*	651 (342-841) *1.4% (0.7%-1.8%)*

* i rischi per gli anni 2005 2010 2015 sono calcolati utilizzando i vecchi rischi OMS, aggiornati all'anno in cui era stato pubblicato il piano

Tabella 7: Casi attribuibili ad esposizione a PM2.5 ed NO2, considerando la mortalità per tutte le cause naturali

Si noti il trend in diminuzione per entrambi gli inquinanti considerati. Di seguito riportiamo il dettaglio con il calcolo dei casi attribuibili e degli anni di vita persi riferiti agli anni non inclusi nel piano precedente. Analogamente a quanto visto per le cause naturali, vista la diminuzione dei valori di PM2.5 ed NO2, con valori inferiori rispetto alla normativa europea, non si riporta il focus con questi ultimi valori in quanto porterebbe ad avere tabelle con tutti valori nulli.

PM2.5(µg/m³): Controfattuale 10 µg/m³			
Anni	**2019**	**2025 CLE**	**2030 CLE**
Esposizione media PM2.5(µg/m³) (pesata per popolazione)	**17.6**	**16.7**	**14.4**

	Morti premature (N/ %)	Anni di vita persi	Morti premature (N/ %)	Anni di vita persi	Morti premature (N/ %)	Anni di vita persi
Cause naturali RR 1.07 (1.04-1.09)	2201 (1332-2728) *4.6% (2.8%-5.7%)*	22217 (13441-27524)	1951 (1173-2427) *4.1% (2.5%-5.1%)*	19632 (11805-24416)	1327 (793-1658) 2.8% *(1.7%-3.5%)*	13355 (7981-16676)
Malattie sistema cardiocircolatorio RR 1.10 (1.05-1.15)	1134 (622-1558) *6.2% (3.4%-8.5%)*	9313 (5109-12788)	1016 (552-1407) *5.5% (3.0%-7.7%)*	8327 (4525-11534)	694 (373-971) *3.8% (2.0%-5.3%)*	5687 (3060-7950)
Malattie apparato respiratorio RR 1.10 (1.00-1.24)	245 (0-463) *6.3% (0.0%-12.0%)*	1913 (0-3616)	217 (0-420) *5.6% (0.0%-10.9%)*	1697 (0-3281)	149 (0-295) *3.9% (0.0%-7.6%)*	1163 (0-2305)
Tumore di trachea bronchi e polmoni RR 1.09 (1.04-1.14)	165 (81-235) *5.9% (2.9%-8.4%)*	2405 (1175-3418)	146 (70-209) *5.2% (2.5%-7.4%)*	2112 (1022-3030)	100 (48-145) *3.6% (1.7%-5.2%)*	1449 (694-2098)

Tabella 8: Casi attribuibili e anni di vita persi legati ad esposizione a PM2.5 utilizzando 10 mg/m3 come controfattuale

PM2.5: Controfattuale 5 µg/m³						
Anni	**2019**		**2025 CLE**		**2030 CLE**	
PM2.5(µg/m³) Esposizione media (pesata per popolazione)	**17.6**		**16.7**		**14.4**	
	Morti premature (N/ %)	**Anni di vita persi**	**Morti premature (N/ %)**	**Anni di vita persi**	**Morti premature (N/ %)**	**Anni di vita persi**
Cause naturali RR 1.07 (1.04-1.09)	3502 (2141-4310) *7.3% (4.5%-9.0%)*	35256 (21559-43385)	3315 (2017-4092) *7.0% (4.2%-8.6%)*	33336 (20287-41145)	2719 (1644-3369) *5.7% (3.5%-7.1%)*	27328 (16529-33861)
Malattie sistema cardiocircolatorio RR 1.10 (1.05-1.15)	1794 (1001-2426) *9.8% (5.5%-13.2%)*	14725 (8217-19917)	1711 (948-2328) *9.3% (5.2%-12.7%)*	14048 (7782-19121)	1411 (774-1938) *7.7% (4.2%-10.6%)*	11582 (6353-15902)
Malattie apparato respiratorio RR 1.10 (1.00-1.24)	383 (0-697) *9.9% (0.0%-18.1%)*	2995 (0-5443)	363 (0-670) *9.4% (0.0%-17.4%)*	2840 (0-5246)	299 (0-566) *7.8% (0.0%-14.7%)*	2341 (0-4424)
Tumore di trachea bronchi e polmoni RR 1.09 (1.04-1.14)	258 (128-361) *9.2% (4.6%-12.9%)*	3748 (1864-5245)	244 (120-343) *8.7% (4.3%-12.2%)*	3528 (1741-4972)	201 (98-285) *7.1% (3.5%-10.2%)*	2905 (1419-4130)

Tabella 9: Casi attribuibili e anni di vita persi legati ad esposizione a PM2.5 utilizzando 5 mg/m3 come controfattuale

NO_2(µg/m³) Controfattuale 20 µg/m³						
Anni	**2019**		**2025 CLE**		**2030 CLE**	
NO_2(µg/m³) Esposizione media (pesata per popolazione)	**22.7**		**17.2**		**11.7**	
	Morti premature (N/ %)	**Anni di vita persi**	**Morti premature (N/ %)**	**Anni di vita persi**	**Morti premature (N/ %)**	**Anni di vita persi**
Cause naturali RR 1.03 (1.01 -1.04)	587 (205-766) *1.2% (0.4%-1.6%)*	6104 (2130-7958)	224 (77-294) 0.5% (0.2%-0.6%)	2344 (808-3075)	0 (0-0) *0.0% (0.0%-0.0%)*	0 (0-0)
Tumore di trachea bronchi e polmoni RR 1.16 (1.10-1.23)	154 (108-194) 5.5% (3.9%-6.9%)	2270 (1599-2864)	63 (43-83) 2.3% (1.5%-2.9%)	938 (642-1220)	0 (0-0) *0.0% (0.0%-0.0%)*	0 (0-0)

Tabella 10: Casi attribuibili e anni di vita persi utilizzando 20 µg/m3 come controfattuale per l'NO2

NO_2(µg/m³): Controfattuale 10 µg/m³						
Anni	**2019**		**2025 CLE**		**2030 CLE**	
NO_2(µg/m³) Esposizione media (pesata per popolazione)	**22.7**		**17.2**		**11.7**	
	Morti premature (N/ %)	**Anni di vita persi**	**Morti premature (N/ %)**	**Anni di vita persi**	**Morti premature (N/ %)**	**Anni di vita persi**
Cause naturali RR 1.03 (1.01 -1.04)	1639 (576-2129) *3.4% (1.2%-4.5%)*	16639 (5852-21613)	986 (343-1287) *2.1% (0.7%-2.7%)*	10017 (3487-13074)	342 (118-448) *0.7% (0.2%-0.9%)*	3524 (1214-4623)
Tumore di trachea bronchi e polmoni RR 1.16 (1.10 -1.23)	392 (281-488) *14.0% (10.0%-17.4%)*	5710 (4091-7093)	250 (176-318) *8.9% (6.3%-11.3%)*	3650 (2560-4631)	95 (65-123) *3.4% (2.3%-4.4%)*	1394 (954-1812)

Tabella 11: Casi attribuibili e anni di vita persi utilizzando 10 µg/m3 come controfattuale per l'NO2

11.7 Raccomandazioni

Stime di impatto dell'inquinamento atmosferico – Letteratura recente

Come già accennato nei paragrafi introduttivi, la qualità dell'aria determina la salute dell'individuo e allo stato attuale l'inquinamento atmosferico è la prima causa di decessi anticipati per malattie respiratorie croniche. L'American Thoracic Society (ATS) e la European Thoracic Society (ERS) da tempo ormai sottolineano come l'esposizione provochi un rimodellamento delle vie aeree con conseguente insorgenza di Asma e Bronco Pneumopatia Cronica Ostruttiva (BPCO), (che peggiorano nel tempo con esposizioni in cronico, specie al particolato fine (PM2,5), all'Ozono (O3) e ad altri componenti), di riniti, di cancro del polmone e di interstiziopatie polmonari. L'inquinamento rappresenta inoltre la quarta causa per infezioni respiratorie e la sesta causa per

malattie cardiovascolari. Diversi studi, anche recenti, hanno ribadito l'associazione fra inquinamento, ospedalizzazione e mortalità e incrementi statisticamente significativi di pazienti affetti da rinite allergica (17%) e asma (25%) dovuti all'esposizione al particolato e a biossido di azoto (NO2) con incremento del 7% per entrambe le patologie e di Bronchite Cronica / BPCO per esposizione a NO2. L'esposizione cronica a PM10 depone per un rischio di 2,96 di sviluppare la BPCO, l'esposizione a PM2,5 a un rischio di 2,25 di sviluppare la rinite e 4,17 di sviluppare espettorato cronico. Numerosi dati di laboratorio ed epidemiologici sottolineano l'associazione tra inquinamento atmosferico, in particolare alle polveri sottili PM2,5 e aumento del rischio di tumore del polmone (prevalentemente Adenocarcinoma) e non solo. Sebbene il rischio non sia particolarmente alto in assoluto, l'impatto complessivo è elevato dato il grande numero di persone nel mondo esposte a inquinamento atmosferico. Per ogni incremento di 5 µg/m3 di PM2,5, il rischio relativo di ammalarsi di tumore al polmone è aumentato di circa il 18%, mentre è cresciuto del 22% a ogni aumento di 10 µg/m3 di PM10. Non esistono limiti al di sotto dei quali non esistono effetti nocivi. Sono stati registrati incrementi dei casi di cancro al polmone anche in gruppi esposti a un livello di inquinamento inferiore ai limiti massimi stabiliti dalle norme europee. [34].

Si elencano, a seguire, altri dati estrapolati dalla pagina internet [35] https://aria.ambiente.piemonte.it/qualita-aria/salute:

- ad oggi l'inquinamento atmosferico è il principale fattore di rischio ambientale nella regione Europea: secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (WHO) ogni anno nell'UE più di 400.000 persone muoiono prematuramente a causa delle conseguenze dell'inquinamento atmosferico: sono 10 volte le vittime degli incidenti stradali. Ben 6,5 milioni di persone si ammalano, a causa dell'inquinamento atmosferico, di patologie come ictus, asma e bronchite;
- 84.400 morti premature in Italia attribuibili all'esposizione a particolato sottile (PM2,5), ozono (O3) e biossido di azoto (NO2);
- percentuale della popolazione italiana esposta ai superamenti dei valori limite per gli inquinanti;
- PM10: 45,7% (Valore Limite giornaliero per la protezione della salute umana di 50 µg/m3 da non superare più di 35 volte/anno);

34 Fonti:
- ISS, 2022;
- WHO Guidelines on physical activity and sedentary behaviour, 2020.
- Ministero della Salute, Linee di indirizzo sull'attività fisica. Revisione delle raccomandazioni per le differenti fasce d'età e situazioni fisiologiche e nuove raccomandazioni per specifiche patologie, novembre 2021.
- WHO Regional Office for Europe. Walking and cycling: latest evidence to support policy-making and practice, 2022. https://www.who.int/europe/news/item/07-06-2022-cycling-and-walking-can-help-reduce-physical-inactivity-and-air-pollution--save-lives-and-mitigate-climate-change u.a. 3/8/2023]
- Global Burden of Disease Study 2019 (GBD 2019) Results.Seattle, United States: Institute for Health Metrics and Evaluation (IHME), 2020.
- Alessandrini ER, Stafoggia M, Faustini A, et al; EpiAir2 Study Group. Association Between Short-Term Exposure to PM2.5 and PM10 and Mortality in Susceptible Subgroups: A Multisite Case-Crossover Analysis of Individual Effect Modifiers. Am J Epidemiol 2016; 184:744-754.
- Patella V, Florio G, Magliacane D, et al. Urban air pollution and climate change: "The Decalogue: Allergy Safe Tree" for allergic and respiratory diseases care. Clin Mol Allergy 2018;16:20.
- WHO, Global air quality guidelines: particulate matter (PM2,5 and PM10), ozone, nitrogen dioxide, sulfur dioxide and carbon monoxide, 2021, https://apps.who.int/iris/handle/10665/345329.
- Premature deaths attributable to PM2,5, NO2 and O3 exposure in 41 European countries and the EU-28, 2018 Air quality in Europe - 2020 report, https://www.actu-environnement.com/media/pdf/36559.pdf.
- Lancet Oncology; http://www.thelancet.com/journals/lanonc/article/PIIS1470-2045 (13)70302-4/fulltext.
- www.epiprev.it SENTIERI Project: air pollution and health impact of population living in industrial areas in Italy; 2023.
- www.epiprev.it; Health Effects Of Air Pollution; 2019
- American Thoracic Society Assembly on Environmental, Occupational and Population Health. December 2019
- Effects of Particulate Matter on the Incidence of Respiratory Diseases in the Pisan Longitudinal Study. International Journal of Enviromental Research and Public Health; 2020
- G. D'Amato. Variazioni climatiche, inquinamento atmosferico, eventi atmosferici estremi e asma bronchiale allergico. Rassegna di Patologia dell'Apparato Respiratorio; 2023

35 Servizio parte di "Piemonte verso un presente sostenibile" con la collaborazione di Direzione regionale Ambiente e ARPA Piemonte

- NO2: 20% (Valore limite annuale per la protezione della salute umana di 40 µg/m3).

Dato che in Europa le emissioni pro capite di anidride carbonica legata al trasporto sono due volte superiori alla media globale, la lotta all'inquinamento atmosferico richiede un drastico taglio delle emissioni atmosferiche, in particolare derivanti dalle auto private, nel più breve tempo possibile. A tale proposito si rappresenta come la mobilità attiva risulti essere la modalità di trasporto ideale del primo e dell'ultimo miglio e, combinata con la mobilità intermodale verso il trasporto pubblico, rappresenta un fattore chiave; il 40% delle emissioni di carbonio dai veicoli a motore, ad esempio, deriva da viaggi in macchina effettuati per distanze inferiori a 16 km.

Nel prosieguo del presente capitolo vengono illustrate alcune raccomandazioni utili alla tutela della salute dei cittadini nei confronti degli effetti negativi dell'inquinamento atmosferico. Tali raccomandazioni possono essere distinte in due livelli:

- primo livello: si tratta di raccomandazioni rivolte agli stessi cittadini, e consistono in buone pratiche sia in difesa della salute dagli effetti dell'inquinamento sia in ottica di riduzione delle emissioni inquinanti;

- secondo livello: si tratta di progetti, studi, collaborazioni tra Regione Piemonte ed altri Enti ed associazioni attivi nella tematica della prevenzione della salute dai rischi correlati all'inquinamento atmosferico.

Il contenuto dei paragrafi a seguire è tratto da recenti documenti ed informative diffusi in ambito regionale; si citano in particolare:

- Raccolta di domande frequenti (faq) sul tema della qualità dell'aria anno 2019 – Assessorato alle politiche per l'ambiente della città di Torino in collaborazione con ASL Città di Torino e ARPA Piemonte;

- https://aria.ambiente.piemonte.it/qualita-aria/salute.

PREVENZIONE INDOOR

Nelle abitazioni, come già si è visto, le fonti di inquinanti più comuni sono:

- il fumo di tabacco (attivo e passivo);
- i processi di combustione (per la cottura dei cibi o il riscaldamento);
- i prodotti per la pulizia e la manutenzione della casa;
- gli insetticidi e i prodotti per la gestione delle piante ornamentali;
- l'uso di colle, adesivi, solventi e prodotti per l'hobbistica (es. colle e vernici).

È inoltre necessario considerare l'utilizzo sempre più esteso degli impianti di condizionamento dell'aria, oggi presenti in più del 30% delle abitazioni italiane che possono contaminare gli ambienti interni.

Occorre curare la manutenzione degli impianti, ossia pulire periodicamente i filtri e l'unità esterna per evitare un accumulo di polveri e scorie, che verrebbero direttamente messe in circolazione attraverso le canalizzazioni di distribuzione dell'aria (inclusi pollini, muffe, diversi microrganismi). Uno dei rischi maggiori legati alla cattiva manutenzione dei condizionatori e degli impianti idraulici è la legionellosi, una malattia infettiva dell'apparato respiratorio causata dalla Legionella, microrganismo pericoloso per la salute quando raggiunge concentrazioni importanti nelle acque da cui si possono generare piccole particelle inalabili di aerosol.

Ulteriori raccomandazioni:

- non fumare negli ambienti chiusi;

- evitare di friggere/grigliare in ambienti interni, in caso tenere aperte le finestre o usare la cappa aspirante;

- evitare l'utilizzo eccessivo di detersivi;
- cambiare aria con regolarità, specialmente dopo le attività domestiche di cottura degli alimenti, pulizia della casa e uso di stufe o camini per il riscaldamento;
- arieggiare preferibilmente utilizzando le porte/finestre che si affacciano sulle strade meno trafficate;
- arieggiare evitando gli orari di massimo inquinamento (le ore centrali della giornata per l'inquinamento da ozono, i picchi di inizio e fine giornata lavorativa per l'inquinamento da particolato e biossido di azoto).

PREVENZIONE OUTDOOR

Per limitare l'esposizione all'inquinamento atmosferico si raccomandano i seguenti comportamenti quotidiani.

Se a piedi a bordo strada:

- ridurre il tempo di percorrenza sulle vie trafficate scegliendo, quando possibile, vie alternative meno trafficate, vie pedonali o percorsi nel verde;
- utilizzare i marsupi o gli zaini porta-bebè, in alternativa ai passeggini, per portare i bambini perché la maggiore concentrazione di polveri sottili in città si trova a 30-50 cm dal suolo;
- ridurre al minimo gli spostamenti nei giorni con picchi di inquinamento;
- per quanto riguarda gli orari di uscita, in particolare per bambini e anziani, cercare di evitare le ore di massimo inquinamento e consultare i siti che riportano i dati di qualità dell'aria;
- in estate evitare di camminare nelle ore più calde e consultare il "Bollettino previsionale per le ondate di calore" e il "Bollettino dell'Ozono"[36] sul sito di ARPA Piemonte: contengono indicazioni utili per la protezione della tua salute.

Se in bicicletta, ciclomotore o motociclo:

- ridurre il tempo di percorrenza sulle vie trafficate scegliendo, quando possibile, vie alternative meno trafficate, vie pedonali o percorsi nel verde;
- evitare di utilizzare il mezzo nei giorni con picchi di inquinamento;
- ai semafori evitare di sostare in prossimità dei tubi di scappamento dei veicoli.

Se in auto:

- attivare la funzione di ricircolo dell'aria interna per ridurre l'ingresso degli inquinanti nell'abitacolo dell'auto, soprattutto se fermi in coda o in galleria.

ALIMENTAZIONE

Anche l'alimentazione può giocare un ruolo importante nel contrastare gli effetti dell'inquinamento atmosferico sulla salute. Si raccomanda di:

- consumare buone quantità di frutta e verdura, che contengono molti antiossidanti, può contrastare e ridurre gli effetti negativi dell'inquinamento atmosferico: gli antiossidanti neutralizzano i cosiddetti "radicali liberi" e proteggono l'organismo dalla loro azione nociva;
- lavare sempre accuratamente frutta e verdura prima della manipolazione e del consumo favorendo la rimozione meccanica di una eventuale presenza di sostanze nocive;

36 http://www.arpa.piemonte.it/bollettini

- ridurre il consumo di carne contribuisce a ridurre le emissioni derivate dagli allevamenti di animali (zootecnia) e migliorare la qualità dell'aria.

ATTIVITÀ FISICA

L'attività fisica, a tutte le età, fa bene alla salute e comporta molteplici benefici (fisici e psico-fisici) che diminuiscono ma non si annullano in presenza di inquinamento atmosferico. Quando si pratica attività fisica all'aperto:

- evitare le ore di punta dell'inquinamento atmosferico (le ore centrali della giornata per l'inquinamento da ozono, i picchi di inizio e fine giornata lavorativa per l'inquinamento da particolato e biossido di azoto);

- praticare l'attività il più possibile in aree meno inquinate (per esempio nelle aree verdi, quelle collinari e nelle aree lontane dal traffico);

- tenere conto dei livelli di inquinamento atmosferico, preferendo attività fisica nei luoghi chiusi quando questi livelli risultino elevati.

Anche l'educazione ad una regolare attività fisica gioca un ruolo fondamentale: incoraggiare i bambini e i ragazzi a camminare quotidianamente, preferendo sempre le aree lontane dal traffico e dal rumore, permette di limitare il contributo alla emissione di sostanze inquinanti acquisendo abitudini di vita sane che li aiuteranno a vivere in salute per tutta la vita.

L'adesione ad attività di Pedibus (Pedibus = organizzare un gruppo di bambini che vengono quotidianamente accompagnati a scuola o ad altre attività da genitori, nonni o volontari) contribuisce infatti a:

- diminuire il numero di auto circolanti nei pressi delle scuole migliorando la qualità dell'aria e favorendo la socializzazione e l'autonomia dei bambini più piccoli;

- incoraggiare gli anziani a camminare, preferendo sempre le aree lontane dal traffico e dal rumore: muoversi a piedi, oltre a contribuire ad una migliore qualità dell'aria evitando l'utilizzo di mezzi di trasporto, previene e contrasta il declino delle capacità funzionali fisiche e cognitive sostenendo contemporaneamente il cosiddetto "invecchiamento attivo" (Active ageing).

SOGGETTI PARTICOLARMENTE VULNERABILI

Gli individui rispondono diversamente all'esposizione all'inquinamento atmosferico: con il termine suscettibilità ci si riferisce a caratteristiche individuali che possono contribuire ad aumentare la probabilità di effetti dovuti all'inquinamento.

Sono particolarmente suscettibili:

- soggetti anziani e bambini;

- soggetti sovrappeso od obesi che hanno un aumentato rischio di diabete (oltre ad ipertensione arteriosa, ipercolesterolemia, riduzione della capacità polmonare totale) e conseguentemente di mortalità dovuta all'esposizione ad inquinanti atmosferici;

- soggetti affetti da patologie cardiovascolari, respiratorie (asma, BPCO, polmonite) o diabete di tipo 2.

Esistono inoltre condizioni o situazioni particolari che richiedono maggiori cautele:

- durante la gravidanza bisogna evitare esposizioni prolungate all'aria aperta nelle ore di massima concentrazione di smog: l'esposizione ai principali inquinanti atmosferici può determinare un impatto negativo sulla salute della donna e del bambino (nascite pretermine, basso peso alla nascita);

- soggetti che risiedono in zone con alta densità di traffico o vi stazionano per tempi prolungati per motivi lavorativi.

I bambini sono particolarmente suscettibili agli effetti acuti e cronici degli inquinanti atmosferici, sia perché il loro apparato respiratorio ed il loro sistema immunitario sono in via di sviluppo sia perché la maggiore frequenza respiratoria rispetto ad una minore massa corporea è un fattore di rischio per aumentata esposizione ad inquinanti (fino a tre volte maggiore rispetto ad un adulto). Inoltre, per la loro più lunga aspettativa di vita, i bambini hanno una maggiore esposizione cumulativa rispetto ad un adulto.

I dati rilevati pongono il nostro Paese in una situazione di forte criticità: il 98% dei bambini sotto i 5 anni vive in aree dove le concentrazioni di PM2.5 sono al di sopra dei livelli raccomandati dall'Oms per la tutela della salute. Tra i diversi inquinanti, gli effetti maggiori sui bambini si hanno per l'esposizione a NO2, SO2, idrocarburi policiclici aromatici (IPA) e particolato.

Numerosi studi hanno documentato che tra i principali effetti a lungo termine dell'inquinamento sui bambini sono segnalati, oltre a una ridotta funzione polmonare: maggior rischio di sviluppare asma, infezioni acute delle basse vie respiratorie, riduzione dello sviluppo cognitivo e psicomotorio, obesità e otite. Anche alcuni tumori infantili possono essere associati a una prolungata esposizione della madre agli inquinanti cancerogeni nel periodo prenatale.

Adottare azioni di prevenzione durante la fase critica infantile-adolescenziale può produrre immensi benefici per la salute pubblica in termini di riduzione del carico di patologie e costi sanitari.

I soggetti con malattie respiratorie sono particolarmente suscettibili agli effetti del particolato attraverso un'azione diretta sul tessuto polmonare ed indiretta attraverso l'induzione dello stress ossidativo e della risposta infiammatoria, con sintomi più gravi nelle persone atopiche. I soggetti più sensibili all'SO2 ed all'NO2 sono gli asmatici e quelli con una malattia polmonare cronica (come la bronchite o l'enfisema).

Alcune categorie di lavoratori sono maggiormente esposte agli effetti dell'inquinamento atmosferico, in particolare lavoratori di alcune categorie professionali: industria alluminio/metalmeccanica/chimica, cokerie, asfaltatori, fonderie di acciaio, vigili urbani, settore costruzioni. L'inquinamento può provocare effetti a breve termine, aumentando il rischio di esacerbazione di patologie preesistenti (es. asma, bronchite, bronchite cronica, BPCO), con riduzione della produttività e assenze dal lavoro.

SITUAZIONI DI EMERGENZA IN INQUINAMENTO ACUTO

La "situazione di inquinamento acuto" può essere definita secondo quanto previsto dalla normativa riferimento. Il D. Lgs. 155/2010 (Allegato XII) stabilisce ad esempio soglie di allarme per 3 inquinanti:

- biossido di azoto (NO2): concentrazione media oraria superiore a 400 µg/m3 per almeno 3 ore consecutive;
- biossido di zolfo (SO2): concentrazione media oraria superiore a 500 µg/m3 per almeno 3 ore consecutive;
- ozono (O3): concentrazione media oraria superiore a 240 µg/m3 per almeno 3 ore consecutive.

Vengono inoltre considerati episodi di inquinamento acuto quelle situazioni di accumulo degli inquinanti e di aumento delle concentrazioni, correlate all'instaurarsi di condizioni meteorologiche sfavorevoli alla dispersione, nelle quali si verificano superamenti dei valori limite perduranti per più giorni. Un esempio sono i giorni consecutivi di superamento del valore limite giornaliero del PM10

(media giornaliera superiore a 50 µg/m3) collegati ai vari livelli di attivazione delle misure temporanee omogenee previste dal Protocollo di Bacino Padano.

Le situazioni di emergenza in base alla normativa corrispondono al superamento dei livelli di allarme sopracitati e, sulla base dell'Accordo di bacino Padano, agli episodi di persistenza dei superamenti dei valori limite di PM10 perduranti per più giorni. Durante tali episodi, per la natura stessa del fenomeno, si assiste a un accumulo di inquinanti al suolo e a un tendenziale progressivo aumento delle concentrazioni. Le misure temporanee hanno proprio lo scopo di contrastare questo aumento o perlomeno di diminuirne l'entità.

La frequenza di questo tipo di episodi nel semestre critico, ossia quello invernale, non può essere stabilita a priori perché dipende dalla criticità delle condizioni meteorologiche di quella particolare stagione (ad esempio dalla maggior o minore piovosità).

I periodi di inquinamento acuto possono essere infatti causati da fenomeni quali:

- Fattori ambientali e climatici legati alla stagionalità;
- Incendi;
- Combustione libera di materiali;
- Incidenti con fuoruscita di gas inquinanti;
- Altro.

In tali situazioni puntuali di emergenza (ad es. incendi importanti che determinano aumento della presenza di inquinanti atmosferici), è opportuno:

- ridurre al minimo le attività all'aperto;
- rimanere in casa con porte e finestre chiuse;
- considerare la possibilità di lasciare la zona fino ad emergenza rientrata.

Ciò è particolarmente importante per chi ha problemi di salute (malattie cardiache o respiratorie) o per anziani, bambini e donne in gravidanza.

Si raccomanda inoltre di contattare il medico in caso di manifestazione di sintomi quali: tosse ripetuta, difficoltà respiratoria, dispnea, senso di costrizione toracica o dolore, palpitazioni, nausea o stanchezza insolita, vertigini.

INQUINAMENTO E STILI DI VITA – MOBILITÀ ATTIVA

Come già accennato nei paragrafi precedenti, migliorare l'aria delle nostre città non significa solo ridurre l'inquinamento atmosferico, ma anche ripensare i nostri modi di spostarci, consumare e mangiare.

Muoversi a piedi e in bicicletta contribuisce a:

- ridurre l'inquinamento atmosferico;
- combattere sovrappeso e sedentarietà, che ogni anno, in Europa, causano un milione di morti e sono importanti fattori di rischio per le malattie croniche, che costituiscono l'86% delle cause di morte.

Riorientare la mobilità quotidiana in favore degli spostamenti a piedi e in bici può generare salute in maniera diretta, incrementando l'attività fisica, ma anche in maniera indiretta, inducendo i cittadini a riappropriarsi di spazi pubblici attualmente riservati ai mezzi a motore, con impatti positivi in termini di riduzione delle emissioni di inquinanti atmosferici e gas serra, rumore, traffico e del rischio di incidenti stradali.

Le evidenze raccolte dall'OMS mostrano che gli investimenti in politiche di promozione di una mobilità ciclistica e pedonale possono avere un ruolo cruciale per migliorare la qualità ambientale, generare salute, nonché mitigare i cambiamenti climatici. Questo è particolarmente rilevante in una regione, come quella europea, in cui quasi due terzi degli adulti e un terzo dei bambini sono sovrappeso.

Oltre ai benefici di cui sopra, svolgere attività fisica con regolarità a qualsiasi età contribuisce a mantenere e migliorare il benessere psicofisico, a ridurre i sintomi di ansia, stress, depressione e solitudine, perché può essere svolta in compagnia, migliora il sonno, aiuta a smettere di fumare. Contribuisce inoltre alla riduzione della pressione arteriosa e al controllo del livello di glicemia e colesterolo nel sangue, a prevenire malattie metaboliche, cardiovascolari e neoplastiche e artrosi e a ridurre il tessuto adiposo in eccesso perché facilita il raggiungimento del bilancio energetico. Migliora, inoltre, la qualità della vita delle persone affette da patologie croniche non trasmissibili.

È stato valutato che:

- camminare mezz'ora o pedalare 20 minuti al giorno riduce il rischio di mortalità di almeno il 10%;
- la mortalità per cause tumorali, tra i pendolari che usano la bici, è del 30% inferiore rispetto alla popolazione generale.

11.8 Le politiche sanitarie della Regione Piemonte e progetti a tutela della salute contro i rischi derivanti dall'inquinamento atmosferico

La Regione Piemonte, in coerenza con le raccomandazioni dell'Organizzazione Mondiale della Sanità rivolte ai decisori, promuove politiche ed attua iniziative che concorrono a limitare l'impatto negativo dell'inquinamento sulla salute umana:

- eroga finanziamenti rivolti alle amministrazioni locali per la riprogettazione degli spazi urbani e la creazione di nuove aree verdi, parchi e percorsi urbani accattivanti e piacevoli da percorrere a piedi o in bici, sovvertendo l'attuale paradigma per cui gli spazi urbani sono progettati prioritariamente per le esigenze degli spostamenti in auto. Occorre infatti invertire l'ordine gerarchico attribuendo un ruolo predominante a pedoni e ciclisti pianificando la distribuzione degli spazi cittadini in modo tale che le necessità quotidiane legate al lavoro, all'istruzione, all'assistenza sanitaria, l'approvvigionamento di beni e servizi, le attività ricreative ecc. si possano soddisfare utilizzando la mobilità attiva e il trasporto pubblico. Queste modalità di trasporto dovrebbero diventare più veloci e convenienti rispetto agli spostamenti su auto private;

- attua interventi affinché la cittadinanza possa disporre di infrastrutture dedicate, sicure e possibilmente lontane da assi viari altamente trafficati, soprattutto laddove le strade sono percorse da mezzi pesanti o da veicoli che raggiungono velocità superiori a 30 km/h;

- promuove, attraverso campagne di comunicazione o di sensibilizzazione, la diffusione di una cultura che favorisca scelte di mobilità attiva e quindi salutare, anche attraverso i percorsi formativi offerti ai mobility manager, figura professionale con funzione di supporto continuativo alle attività di decisione, pianificazione, gestione e promozione di soluzioni ottimali di mobilità sostenibile; il mobility manager promuove l'adozione e l'aggiornamento del "Piano degli spostamenti casa-lavoro o casa-studio" e la realizzazione di interventi di organizzazione e gestione della domanda di mobilità delle persone. Grazie alla Piattaforma digitale regionale EMMA, i mobility manager aziendali o scolastici sono in grado di digitalizzare e sistematizzare le attività di raccolta dati sulla domanda di mobilità dei propri dipendenti o studenti valutando vantaggi sia per i dipendenti/studenti, in termini di tempi di spostamento, costi e comfort di trasporto, sia per l'impresa o la pubblica amministrazione o scuola che lo adotta, in termini economici e di produttività, nonché per la collettività, in termini ambientali, sociali, sanitari ed economici. La Regione Piemonte ha dato avvio alla

Rete regionale dei Mobility manager con la finalità di mettere a disposizione l'Anagrafica unica regionale, informazioni e percorsi di formazione, la piattaforma EMMA e relativa assistenza e consulenza, il monitoraggio delle misure realizzate e la condivisione delle iniziative. Dovrebbe essere favorita l'installazione di strutture che possono avere un ruolo facilitante per chi sceglie di adottare una mobilità attiva: spogliatoi e docce sul posto di lavoro, parcheggi e stalli dedicati alle biciclette anche in prossimità di fermate del trasporto pubblico dove sia possibile anche caricare la bici sul mezzo;

- promuove il coinvolgimento delle scuole in progetti finalizzati alla creazione di percorsi sicuri raggiungibili a piedi o in bici in sicurezza. Questo ha un ruolo educativo rispetto all'importanza dell'attività fisica e agli impatti ambientali del traffico;

- sostiene una pianificazione più efficiente dell'assetto urbanistico e del trasporto pubblico per ridurre la dipendenza dall'auto attraverso un miglior uso del territorio. Il Piano di mobilità ciclistica regionale interviene sulle infrastrutture e il parco mezzi ma anche sui comportamenti, la cultura di mobilità, promuove un maggiore coordinamento dell'azione locale e individua le proprie strategie e azioni facendo riferimento a tre dimensioni principali: infrastrutture, per rendere la bicicletta la scelta più conveniente per spostarsi; cultura, per favorire un cambio di comportamenti e abitudini; governance, per facilitare i processi decisionali e uniformare gli interventi.

Il Piano regionale di Prevenzione

Con l'Intesa tra il Governo, le Regioni e le Province Autonome di Trento e Bolzano n. 127/CSR del 6 agosto 2020 è stato approvato il Piano Nazionale della Prevenzione (PNP) 2020-2025, che dedica uno specifico Macro Obiettivo alla tematica Ambiente, Clima e Salute. Nel Macro Obiettivo è richiamata la necessità di adottare interventi per la prevenzione e riduzione delle esposizioni ambientali (indoor e outdoor) ed antropiche dannose per la salute (linea strategica n. 3).

La Regione Piemonte ha recepito l'Intesa con Deliberazione della Giunta regionale n. 12-2524 dell'11.12.2020 e con DGR n. 16-4469 del 29.12.2021 ha approvato il Piano Regionale della Prevenzione (PRP) 2020-2025. Nel Piano sono state previste alcune linee di azione dedicate alla qualità dell'aria in relazione alle quali sono già state effettuate una serie di iniziative:

- realizzazione di linee di indirizzo regionali per il miglioramento della salubrità e sostenibilità degli edifici che hanno dedicato particolare attenzione alla qualità ambientale indoor (azione 9.6, http://www.regione.piemonte.it/governo/bollettino/abbonati/2023/14/attach/dda1400000709_10100.pdf);
- predisposizione di campagne informative ed educative volte al miglioramento della qualità dell'aria, con particolare riferimento all'uso corretto dei combustibili a biomassa (azione 9.9, https://www.regione.piemonte.it/web/temi/sanita/prevenzione/7-settembre-2023-giornata-internazionale-dellaria-pulita-per-cieli-blu);
- partecipazione al progetto interregionale "Aria outdoor e salute: un atlante integrato a supporto delle decisioni e della ricerca" finanziato con fondi del Piano Nazionale Complementare (PNC) al PNRR (azione 9.12), descritto compiutamente nel paragrafo sotto riportato.

Progetto PNC "Aria outdoor e salute: un atlante integrato a supporto delle decisioni e della ricerca"

La Regione Piemonte tramite il Settore Prevenzione, Sanità pubblica, Veterinaria e Sicurezza alimentare della Direzione Sanità, in cooperazione con il Settore Emissioni e Rischi ambientali della Direzione Ambiente, Energia e Territorio, il Servizio Sovrazonale di Epidemiologia dell'ASL

TO3 (SEPI) e il Dipartimento di Scienze Cliniche e Biologiche dell'Università degli Studi di Torino partecipa al progetto "Aria outdoor e salute: un atlante integrato a supporto delle decisioni e della ricerca" finanziato dal Piano Nazionale per gli investimenti Complementari (PNC), finalizzato a integrare con risorse nazionali gli interventi del PNRR. La Regione Emilia-Romagna, in qualità di Ente Capofila e di concerto con altre dieci regioni italiane, ha presentato la proposta progettuale per l'AREA A - Linea 2 "Prevenzione e riduzione dei rischi per la salute legati all'inquinamento dell'aria esterna" all'interno del programma "Salute, ambiente, biodiversità e clima", strettamente connesso alla Missione 6-Salute del PNRR, denominata "Definizione di un nuovo assetto istituzionale sistematico per la prevenzione in ambito sanitario, ambientale e climatico, in linea con un approccio integrato (One Health)".

Il progetto parte dal presupposto che nell'ambito del miglioramento della qualità dell'aria e della mitigazione degli effetti dell'inquinamento sulla salute, la disponibilità delle informazioni e una loro efficace comunicazione sono elementi fondamentali per una pianificazione dello sviluppo del territorio e delle misure di miglioramento basate su conoscenze e livelli di priorità adeguati e condivisi. Il sistema attualmente in atto nelle diverse Regioni può essere utilmente integrato con strumenti e meccanismi di governance in grado di garantire nel momento giusto e alla scala adeguata la produzione di informazioni aggiornate di alta qualità su esposizione, interventi, esiti sanitari e sulle possibili relazioni causali fra questi elementi.

Il progetto prevede dunque la costruzione di un Atlante regionale su qualità dell'aria ed esiti di salute, digitale, facilmente consultabile dalla tecnostruttura regionale e aggiornabile nel tempo, come strumento a supporto della governance. L'obiettivo è duplice:

- sostenere la capacità regionale di valutare l'impatto dell'inquinamento dell'aria sulla salute;
- rendere più informati i processi decisionali in questo ambito.

Il progetto, di durata quadriennale, punta a costituire un sistema in grado di coordinare la generazione, l'elaborazione, l'interpretazione e la fruizione dei dati disponibili. La partecipazione delle Regioni afferenti al bacino padano e di altre sei Regioni italiane potrà portare alla definizione di un set comune e condiviso di indicatori attraverso i quali sarà possibile confrontare nello spazio e nel tempo l'impatto dell'inquinamento dell'aria sulla salute. Ogni Regione potrà ulteriormente completare la definizione degli obiettivi dell'atlante integrandolo con ulteriori indicatori ai fini di adattarlo alle specificità locali, attraverso il coinvolgimento e la partecipazione dei decisori, degli enti regionali competenti e della cittadinanza. Inoltre, in alcune aree sarà possibile monitorare e studiare gli effetti in sottogruppi ad alto rischio per vulnerabilità sociale e in particolare per fragilità clinica.

In prospettiva, in ottica di continuità e di messa a sistema dei principali prodotti del progetto, il contributo principale al PRQA sarà quello di dotare la Regione di uno strumento di supporto alla programmazione regionale su due livelli:

- uno organizzativo, che prevede l'istituzione di un gruppo di iniziativa costituito dalle UO Piemontesi che concorrono nel progetto a supporto della struttura di governance ad oggi coinvolta nella costituzione del Sistema regionale prevenzione salute dai rischi ambientali e climatici (SRPS) di prossima istituzione. Il SRPS prevede la gestione integrata di temi afferenti ad ambiti che fino a oggi hanno trovato difficoltà ad avere relazioni strutturate: ambiente, clima, salute umana e animale;
- uno operativo strumentale, che prevede lo sviluppo e la messa in comune di una nuova piattaforma operativa per lo scambio dei dati di cui facilitare la lettura integrata per pervenire a una complessiva valutazione del rischio; la costruzione della piattaforma interattiva che ospiterà l'Atlante Aria e Salute piemontese farà da apripista di questa iniziativa.

Il progetto si pone naturalmente in continuità con altri progetti conclusi o ancora in corso. In particolare utilizzerà e proseguirà il lavoro intrapreso per EpiCovAir, BEEP/BIGEPI e Life PREPAIR.[37]

La Rete Pneumologica Clinico-Assistenziale della Regione Piemonte

Il rapporto fra inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici è duplice. Molti inquinanti atmosferici, prodotti in larga misura dall'uso dei combustibili fossili, contribuiscono all'effetto serra. I cambiamenti climatici possono amplificare gli impatti sanitari dell'inquinamento atmosferico, influenzando da un punto di vista fisico-chimico le condizioni meteorologiche e quindi la formazione e la persistenza degli inquinanti in atmosfera. Inoltre, i cambiamenti climatici possono aumentare in alcune regioni il rischio e la gravità degli incendi boschivi ed il rilascio dei pollini in atmosfera, contribuendo all'inquinamento atmosferico. Queste tematiche vengono affrontate e declinate dal documento "Inquinamento atmosferico e cambiamenti climatici-Elementi per una strategia nazionale di prevenzione", elaborato dalla GARD Italia (Alleanza globale contro le malattie respiratorie croniche – in partenariato con l'Organizzazione Mondiale della Sanità), di cui fanno parte anche le Società Scientifiche Pneumologiche, pubblicato sul sito del Ministero della Salute nel novembre 2019 e di cui è in corso l'aggiornamento[38].

Tramite la Determinazione Dirigenziale n. 274 del 17 aprile 2019 è stata istituita la "Commissione regionale di coordinamento della rete clinico-assistenziale pneumologica". La Commissione, anche attraverso la collaborazione con i professionisti e con altre commissioni tematiche regionali, ha il compito di definire la risposta clinico assistenziale pneumologica, in particolare nei seguenti ambiti:

- broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO);
- insufficienza respiratoria (02 terapia, ventilazione meccanica, semi - intensive respiratorie, OSAS, riabilitazione);
- asma e asma grave;
- endoscopia bronchiale e procedure interventistiche;
- malattie rare;
- patologie infettive respiratorie acute e croniche;
- appropriatezza della terapia farmacologica.

Attraverso la Rete Pneumologica Clinico-assistenziale della Regione Piemonte, i medici di medicina generale e gli specialisti in generale e nello specifico gli pneumologi, hanno un ruolo cruciale nel sensibilizzare i pazienti e le loro famiglie sugli effetti da inquinamento e raccomandare loro uno stile di vita sostenibile attraverso:

- Accurata anamnesi comprensiva dei fattori di rischio ambientale;
- Informazione su come proteggersi dall'inquinamento e promuovere uno stile di vita fisicamente attivo e a minore impatto ambientale;

37 Fonti:
- Ranzi A., Stafoggia M., Giannini S, Ancona C., Bella A., Cattani G, Pezzotti P, Iavarone I., EpiCovAir Study Group. *Long-term exposure to ambient air pollution and the incidence of SARS-CoV-2 infections in Italy: The EpiCovAir study*. Epidemiologia&Prevenzione,
- https://epiprev.it/6165
- https://bigepi.it/index.php/it/
- https://www.lifeprepair.eu/

38 GARD Italy; Ministero della Salute, Direzione generale della Prevenzizzone Sanitaria; 2019

- Con un ruolo di advocacy nei confronti delle autorità politico-amministrative, dando priorità alle azioni di mitigazione in grado di produrre benefici su più settori;
- Valorizzare i comportamenti e le scelte delle persone;
- Sviluppare strumenti di comunicazione specifici per strategie di sensibilizzazione sui problemi e soluzioni della qualità dell'aria, organizzazione di eventi, ecc., concentrandosi su un approccio integrato multi-stakeholder (europeo, nazionale, regionale, locale), basandosi anche su diverse buone pratiche già sviluppate da città europee;
- Promuovere la citizen science e le soluzioni per integrare gli approcci normativi e obbligatori e per misurare e gestire la qualità dell'aria anche attraverso consultazioni;
- Promuovere esempi di progettazione partecipata e attuazione di politiche sulla qualità dell'aria.

A tal proposito, è previsto l'avvio di una stretta collaborazione tra Regione Piemonte e la Rete Clinico-assistenziale Pneumologica volta alla realizzazione di un percorso strutturato a medio-lungo termine ai fini di prevenzione, attraverso la strutturazione di programmi di sensibilizzazione ed educazione della popolazione di tutte le età sulle tematiche dell'impatto sulla salute dell'inquinamento atmosferico. Particolare attenzione verrà posta sulle fasce di popolazioni più suscettibili ed in special modo sui giovani.

11.9 COSTI SANITARI

Il costo totale stimato per attuare le politiche sull'aria pulita è intorno a 2,2 miliardi di euro l'anno, fino al 2030. Tuttavia, circa 3,3 miliardi di euro all'anno potrebbero essere risparmiati in costi diretti altrimenti causati dall'inquinamento atmosferico, oltre a un ulteriore 40-140 miliardi di euro di costi indiretti (ad esempio, relativi al minor ricorso alle assenze dal lavoro per sintomatologia e malattie respiratorie). Ciò significa che i benefici attesi per la società sono oltre 20 volte i costi di attuazione della legislazione vigente.

Il più recente report della WHO Regional Office for Europe, OECD (2015) "Economic cost of the health impact of air pollution in Europe: Clean air, health and wealth. Copenhagen: WHO Regional Office for Europe" stima i costi sanitari diretti e indiretti per la regione europea dovuti agli effetti dell'inquinamento atmosferico; in tale documento, a seconda della metrica utilizzata e dei parametri applicati, si stimano benefici dalle 10 alle 150 volte superiori ai costi.

L'inquinamento atmosferico ha una ricaduta importante sulla salute e sul sistema sociosanitario, che si trova a dover curare patologie in parte evitabili, se i livelli di inquinamento fossero ridotti, con costi sanitari e sociali, diretti e indiretti, rilevanti per le finanze regionali. Esemplificando, i costi medi che sono sostenuti in Piemonte, per giorno di ricovero e per alcune patologie correlate all'inquinamento atmosferico, sono riportate nella tabella 12 seguente.

PATOLOGIA	COSTO MEDIO GIORNALIERO 2019	COSTO MEDIO GIORNALIERO 2022
Bronchite cronica	191,52	206,03
Bronchite acuta	281,71	278,39
Infarto cardiaco	873,37	941,37
Tumore del polmone	494,89	516,64

Tabella 12: Costo medio (in Euro) di una giornata di degenza ospedaliera in Piemonte per alcune delle patologie correlabili all'inquinamento atmosferico [Fonte dati: CSI Piemonte]

A questi costi sanitari diretti andrebbero aggiunti:

- i costi degli anni di vita persi da singoli soggetti, il cui valore è soggetto a valutazioni differenziate a seconda degli approcci, ma rilevante secondo l'OMS;
- i costi sociali derivanti dalle assenze dal lavoro dovute a malattia, diretti per i singoli soggetti o indiretti quando riguardano i genitori dei minori colpiti;
- i costi legati alla spesa farmaceutica correlata con il trattamento delle patologie legate all'inquinamento e con il trattamento dei sintomi (ad esempio tosse, attacchi d'asma…).

Una precisa quantificazione dei costi descritti può essere effettuata tramite un lavoro collaborativo tra economisti sanitari, esperti di qualità dell'aria ed epidemiologi.

In precedenza, nel progetto europeo CAFE (Clean Air For Europe), voluto dalla Commissione Europea, era stato per esempio stimato che il risparmio economico, in termini di spesa sanitaria, era pari a 9 euro in meno di costi sanitari per ogni euro speso in campo ambientale per la riduzione delle concentrazioni.

Pur essendo il progetto CAFE del 2000 e pur essendo cambiate molte condizioni sociali e sanitarie, è in ogni caso atteso un impatto positivo, con una riduzione dei costi sanitari futuri a fronte delle diminuzioni delle concentrazioni ambientali degli inquinanti.

Anche se tali indicazioni sono ormai note, discusse a vari livelli e sperimentate in alcuni Paesi europei, e anche se enti quali OMS, insieme alle altre istituzioni scientifiche internazionali, aggiornano continuamente le stime di pericolosità dell'inquinamento dell'aria indoor e outdoor, la messa in atto di tavoli multidisciplinari, attraverso i quali mettere a confronto i dati e i metodi disponibili per affinare il calcolo degli interventi in un'ottica di costi/benefici, rappresenta una sfida importante ed attuale per gli Enti a diverso titolo coinvolti.

12. IL MONITORAGGIO DEL PRQA

La normativa inerente la qualità dell'aria prevede, prima con la Decisione 2004/224/CE e poi con la successiva Decisione 2011/850/UE, l'obbligo di comunicare annualmente informazioni sulla valutazione e la gestione della qualità dell'aria ambiente, intendendo con queste tutte le informazioni legate sia ai sistemi di misura/stima della qualità dell'aria sia le modalità con cui vengono gestiti eventuali situazioni di superamento dei limiti, ovvero l'insieme delle misure ed azioni previste dalla pianificazione regionale.

Tuttavia, i complessi meccanismi che sono alla base della formazione e trasformazione degli inquinanti in atmosfera e la forte influenza dei parametri meteorologici non permettono spesso di correlare direttamente l'evoluzione dei livelli di qualità dell'aria all'effetto delle specifiche misure.

Per valutare il miglioramento della qualità dell'aria sul territorio regionale ottenuto con l'applicazione di un set azioni integrate e sinergiche è necessario, pertanto, considerare un orizzonte temporale più ampio di quello annuale, andando ad analizzare i trend pluriennali delle concentrazioni. Nel corso degli anni in Regione Piemonte è stato costruito un sistema per la condivisione delle informazioni inerenti la valutazione e gestione della qualità dell'aria, che consente le seguenti attività:

- **monitoraggio dello stato della matrice aria** (Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria - SRRQA, Modellistica di qualità dell'aria), necessario per la Valutazione della Qualità dell'Aria;
- **monitoraggio dello stato di attuazione della pianificazione per la qualità dell'aria e valutazione della sua efficacia**, necessario per la Gestione della Qualità dell'Aria (IREA Piemonte, Cruscotto delle conoscenze ambientali)

Tutti gli strumenti sopra esposti fanno capo al Sistema Regionale Integrato della Qualità dell'Aria, già descritto nel capitolo __ del presente PRQA. L'intero sistema concorre quindi alla realizzazione del Piano di Monitoraggio, ed è già ad oggi in linea con i contenuti dell'art.18 comma 2 bis del d.lgs. 152/2006 e con quanto previsto dalla Valutazione Ambientale Strategica. Attraverso queste due tipologie di monitoraggio sarà possibile verificare, nel corso degli anni, l'attuazione del Piano ed i suoi reali effetti sulla qualità dell'aria, anche grazie all'utilizzo di strumenti modellistici sempre più evoluti.

Mentre per il monitoraggio dello stato della qualità dell'aria gli strumenti sono ormai consolidati da oltre 20 anni, per quanto concerne il monitoraggio della pianificazione per la qualità dell'aria, solo negli ultimi anni (cfr. Decisione comunitaria IPR – 2010/850/UE) gli stati membri hanno realizzato sistemi informativi coerenti ed in grado di:

- verificare gli effetti ambientali riferibili all'attuazione del piano;
- verificare il grado di conseguimento degli obiettivi ambientali specifici del piano;
- individuare tempestivamente gli effetti ambientali imprevisti;
- informare la Commissione Europea, il Ministero dell'Ambiente e della sicurezza energetica ed il pubblico sui risultati periodici del monitoraggio del piano attraverso l'attività di reporting.

A tal proposito Regione Piemonte annualmente è impegnata nel monitoraggio dell'attuazione della pianificazione, informando sia il Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica e sia la Commissione Europea ("dataset H-K" previsti dalla Decisione 2011/850/UE).

Recentemente è stato implementato un nuovo strumento, denominato "Cruscotto delle Conoscenze Ambientali" che racchiude in un unico contenitore le informazioni inerenti lo stato della matrice aria e le informazioni relative agli ambiti che maggiormente influiscono su di essa.



Figura 12.1 Cruscotto delle conoscenze ambientali

Allo stato attuale, nel Cruscotto sono presenti dati ed informazioni inerenti l'agricoltura (es. dati su allevamenti e sulle coltivazioni), il traffico (es. parco circolante mezzi privati e pubblici), l'energia (es. dati generatori di calore disponibili nel Catasto Impianti termici - CIT, e dati degli attestati di prestazione energetica - APE), connessi con la qualità dell'aria ambiente. Le informazioni sono su base annuale e consentono di avere un dettaglio sino alla scala comunale. Sono previste delle evoluzioni del sistema al fine di migliorare le attività legate al monitoraggio.

Affinché le attività di monitoraggio e di eventuale retroazione del PRQA siano eseguite correttamente è necessario definire i ruoli e le responsabilità dei soggetti attuatori del Piano di Monitoraggio e coinvolti nel sistema di Valutazione della Qualità dell'Aria.

Tra questi si annoverano in particolare:

- Regione Piemonte;
- Province/ Città metropolitana/Comuni, in qualità di autorità che condividono competenze in materia di qualità dell'aria con Regione Piemonte;
- ARPA Piemonte.

Gli strumenti e le attività sopra descritte rientrano nelle attività di monitoraggio previste dall'art. 18 e dall'allegato VI alla parte II del d.lgs 152/2010 e ss.mm.ii., per il quale devono essere previste le seguenti tipologie di informazioni:

- informazioni utili per la descrizione dell'evoluzione del contesto ambientale mediante gli indicatori di contesto;
- indicatori per il monitoraggio del PRQA.

Gli indicatori di monitoraggio sono gli stessi individuati nella fase di valutazione di scenario, al fine di ottenere un confronto tra quanto stimato in termini di obiettivi e quanto effettivamente conseguito nel tempo. Per tale finalità ogni azione viene definita tramite specifiche schede che individuano varie informazioni ed indicatori utili alle finalità sopra descritte. Gli indicatori sono individuati nel paragrafo 12.2.

La Figura 12.2 descrive lo schema logico del Piano di Monitoraggio (PMA), le frecce indicano il flusso informativo.

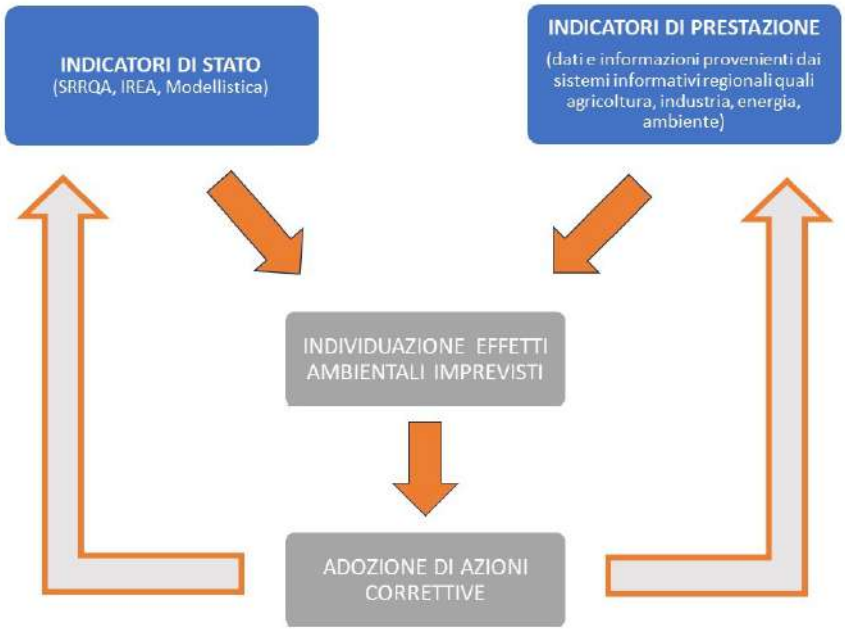


Figura 12.2 Schema di funzionamento del Sistema Informativo Aria

Nella tabella seguente sono dettagliati gli elementi del PMA.

ELEMENTI DEL PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE	
Obiettivi	Sono riportati i diversi obiettivi che il Piano si prefigge di raggiungere mediante la predisposizione di una serie di azioni
Indicatori	Sono stati individuati una serie di indicatori, legati direttamente o indirettamente al Piano, in grado di individuare le eventuali criticità emerse in seguito all'attuazione del Piano. Durante il monitoraggio del PRQA gli indicatori individuati potranno essere integrati con indicatori ritenuti maggiormente rappresentativi dello stato di attuazione del PRQA.
Unità di misura	Ogni indicatore dispone di una propria unità di misura.
Frequenza	Per rendere appropriata l'utilità dei diversi indicatori è prevista l'elaborazione di un report annuale in modo tale da valutare, in tempi utili, l'efficacia delle azioni messe in campo e, nel caso, prevedere modifiche necessarie. Il report annuale consentirà di fare una valutazione di massima sullo stato di attuazione. La relazione di monitoraggio sarà effettuata nel 2028 con dati a consuntivo riferiti all'anno 2027
Fonte dei dati	Nelle schede di azione è sempre il nome del soggetto responsabile dell'attuazione. Le Norme di attuazione del piano, all'art. 24 comma 2, prevedono che i soggetti responsabili dell'attuazione delle azioni previste dal PRQA, entro il 31 maggio di ogni anno, trasmettono all'ufficio regionale competente i dati sullo stato di avanzamento e sugli esiti delle stesse.
Ex ante	I valori utilizzati come riferimento nel primo Rapporto di Monitoraggio si riferiscono al primo anno disponibile dalla data di approvazione del Piano.
Ex post	L'attività di monitoraggio deve proseguire almeno fino al 2030, anno in cui il Piano è previsto essere a regime.

Tabella 12.1 Elementi del Piano di Monitoraggio Ambientale

12.1 Il progetto PREPAIR - Sistema per la contabilità ambientale delle misure dei piani di qualità dell'aria

Nell'ambito del progetto PREPAIR, in attuazione dell'azione A2 "Sistema per la contabilità ambientale delle misure dei piani di qualità dell'aria" è stato predisposto un database comune dei dati quantitativi e qualitativi di tutte le azioni/misure previste dai piani regionali/locali di qualità dell'aria, dall'Accordo di Bacino e dal progetto PREPAIR stesso. Tale database è fruibile mediante un applicativo informatico in uso ai partner del progetto, per il monitoraggio e l'aggiornamento periodico delle azioni/misure.

Lo strumento, condiviso a livello di Bacino Padano e con la Commissione Europea, andrà ad implementare il sistema di monitoraggio delle prestazioni della pianificazione per la qualità dell'aria a livello di bacino padano e si aggiungerà al sistema di monitoraggio individuato dall'art.18 del d.lgs. 152/2006.

12.2 Definizioni degli indicatori

Un efficace monitoraggio del PRQA e dei suoi effetti sulla matrice aria e sull'ambiente, potrà essere realizzato attraverso la definizione dei seguenti indicatori:

- indicatori per l'Analisi del Contesto Ambientale (fonte dati: Relazione sulla Stato dell'Ambiente);
- indicatori di stato (fonte dati: Sistema Regionale Integrato della Qualità dell'Aria);
- Indicatori per il monitoraggio delle misure pianificate del PRQA (fonte dati: Sistema Regionale Integrato della Qualità dell'Aria).

12.2.1 Indicatori per l'Analisi del Contesto Ambientale

Gli indicatori per l'analisi di contesto, già previsti nel capitolo 1 del Rapporto Ambientale, rappresentano l'insieme dei dati e delle informazioni sullo stato dell'ambiente. Tali indicatori sono raccolti annualmente nella Relazione sullo Stato dell'Ambiente (RSA), realizzata da ARPA e Regione Piemonte. La RSA in Piemonte è il documento che racchiude e riassume tutte le informazioni sulle condizioni ambientali e la loro evoluzione nel tempo. La RSA presenta la sintesi delle conoscenze ambientali conseguite mediante il monitoraggio, il controllo, l'attività analitica e l'elaborazione dei dati. I dati e le informazioni presenti nella RSA sono la base comune di indicatori da utilizzarsi per comprendere come varia la matrice nel tempo e quali sono le interazioni con le altre. Tale documento sarà quindi alla base dell'aggiornamento del contesto ambientale nell'ambito del PRQA.

Si rimanda al capitolo 1 del Rapporto Ambientale per l'elenco degli indicatori ritenuti significativi ai fini dell'analisi contesto ambientale.

Occorre sottolineare che durante il monitoraggio del PRQA gli indicatori individuati potranno essere integrati con indicatori ritenuti maggiormente rappresentativi dello stato di attuazione del PRQA.

12.2.2 Indicatori di Stato

Gli indicatori di "stato" che caratterizzano la matrice aria sono quelli necessari alla Valutazione Annuale della Qualità dell'Aria, riportati nell'allegato XI del d.lgs. 155/2010. La valutazione di tali

indicatori permetterà di aggiornare l'analisi ambientale, ma soprattutto porterà a comprendere il grado di raggiungimento degli obiettivi specifici del PRQA. Nella figura seguente si riporta il set di indicatori di stato relativi alla matrice aria, nonché obiettivi ambientali specifici del PRQA

Inquinante	Periodi di mediazione	Valore limite
Biossido di zolfo	1 ora	350 µg/m^3, da non superare più di 24 volte per anno civile
	1 giorno	125 µg/m^3, da non superare più di 3 volte per anno civile
Biossido di azoto	1 ora	200 µg/m^3, da non superare più di 18 volte per anno civile
	Anno civile	40 µg/m^3, media annua
Benzene	Anno civile	5,0 µg/m^3, media annua
Monossido di carbonio	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	10 mg/m^3
Piombo	Anno civile	0,5 µg/m^3, media annua
PM10	1 giorno	50 µg/m^3, da non superare più di 35 volte per anno civile
	Anno civile	40 µg/m^3, media annua
PM2,5	Anno civile	25 µg/m^3+ MOT, media annua
Ozono	Media massima giornaliera calcolata su 8 ore	120 µg/m^3, da non superare più di 25 volte per anno civile come media su 3 anni
	Soglia informazione	180 µg/m^3
	Soglia allarme	240 µg/m^3

Tabella 12.2 - Indicatori di Stato

Come precedentemente sottolineato nell'introduzione al capitolo 12, le informazioni riportate in tabella 12.2, ai sensi dell'art. 19 del d.lgs. 155/2010, devono essere obbligatoriamente comunicate ogni anno alla Commissione Europea per il tramite del MASE.

Inoltre, l'articolo 18 "Informazione del pubblico" stabilisce che le amministrazioni e gli Enti che esercitano funzioni previste dal suddetto decreto legislativo devono assicurare, per quanto di competenza, l'accesso e la diffusione al pubblico delle informazioni relative alla qualità dell'aria, la divulgazione dei piani di qualità dell'aria, i piani di azione, ecc.

12.2.3. Indicatori per il monitoraggio delle misure pianificate nel PRQA

Si tratta dell'insieme degli indicatori utilizzati per il monitoraggio delle prestazioni della pianificazione per la qualità dell'aria e si compone di diversi set di indicatori:

- **indicatori di attuazione:** descrivono l'azione amministrativa o tecnica per l'attuazione dell'azione. Tali indicatori sono comuni per tutto il Bacino Padano. Sono stati definiti indicatori di attuazione in funzione dalla variabile di caratterizzazione denominata "strumento". Il catalogo degli indicatori di attuazione correlati a ciascuno "strumento di attuazione" è riportato in tabella 12.3;
- **indicatori finanziari**: restituiscono l'analisi dei flussi finanziari associati all'attuazione di una generica azione/misura. Sono stati definiti indicatori specifici in funzione dalla variabile di caratterizzazione denominata "strumento". Il catalogo degli indicatori finanziari correlati a ciascuno "strumento di attuazione" è riportato in tabella 12.4;
- **indicatori di risultato della misura:** descrivono la risposta del territorio ai cambiamenti indotti dall'attuazione della misura stessa. Si riporta in tabella 12.5 un esempio di scheda, da compilare per ogni singola misura;

- **indicatori ambientali:** restituiscono l'analisi delle riduzioni degli inquinanti associati all'attuazione di una generica azione. Gli indicatori ambientali da monitorare (espressi in t) sono riportati in tabella 12.6.

Per ogni misura l'insieme degli indicatori di monitoraggio applicabili si compone sulla base degli strumenti attuativi, della natura tecnologica o non tecnologica della misura, degli indicatori di risultato della misura e degli indicatori ambientali applicabili sulla base delle emissioni inquinanti collegabili a ciascuna azione. Il dettaglio, per tutte le misure del PRQA, è riportato nell'allegato A alla presente Relazione generale.

Catalogo Strumenti PREPAIR	(*) Catalogo indicatori di attuazione per strumento		
	Indicatore 1	Indicatore 2	Indicatore 3
A. Regolamentazione	n. di provvedimenti emanati		
B. Bandi di finanziamento	n. di progetti finanziati		
C. Accordi, protocolli, convenzioni	n. di accordi siglati	n. di protocolli siglati	n. convenzioni siglate
D. Linee guida	n. di linee guida adottate		
E. Piani/Programmi	n. di Piani/Programmi regionali approvati	n. di Piani/Programmi comunali approvati	
F. Campagne (educ. , inform., com.)	n. di campagne avviate	n. di soggetti coinvolti	n. corsi erogati
G. Finanziamento	n. di progetti finanziati		
H. Progetti, sperimentazioni, studi	n. di progetti conclusi	n. di sperimentazioni concluse	n. di studi redatti
I. Bandi di gara (appalti)	n. di bandi di gara aggiudicati		
(*) Gli indicatori di attuazione sono correlati alla tipologia di strumento			

Tabella 12.3 - Catalogo indicatori di attuazione per strumento

Catalogo Strumenti PREPAIR	Catalogo indicatori finanziari(*)	
	Indicatore 1	Indicatore 2
A. Regolamentazione	Costi di attuazione (euro)	
B. Bandi di finanziamento	Importo delle risorse erogate (euro)	Spesa ammessa a contributo (euro)
C. Accordi, protocolli, convenzioni	Costi di attuazione (euro)	
D. Linee guida	Costi di attuazione (euro)	
E. Piani/Programmi	Costi di attuazione (euro)	
F. Campagne (educ. , inform., com.)	Costi di attuazione (euro)	
G. Finanziamento	Importo delle risorse erogate (euro)	Spesa ammessa a contributo (euro)
H. Progetti, sperimentazioni, studi	Costi di attuazione (euro)	
I. Bandi di gara (appalti)	Importo degli appalti aggiudicati (euro)	
(*) Gli indicatori finanziari sono correlati alla tipologia di strumento		

Tabella 12.4 - Catalogo indicatori finanziari per strumento

Indicatori di risultato	Etichetta indicatore	Unità di misura	target
Indicatore 1	Campo alfanumerico che consente di specificare l'indicatore di risultato	Campo alfanumerico che consente di specificare l'indicatore di risultato	Campo numerico che consente di specificare il target di risultato previsto per l'indicatore n.1
Indicatore 2			
Indicatore 3			

NOTE indicatori	Questo campo consente di inserire eventuali note agli indicatori (numero caratteri illimitato). Campo non obbligatorio
In questi campi occorre specificare da uno e fino ad un massimo di tre indicatori con cui dare riscontro del risultato ottenuto con l'attuazione della misura in termini concreti sul territorio. Una cella deve contenere un unico indicatore di risultato (es. veicoli limitati). Per le misure per cui è stato quantificato un target di riduzione delle emissioni per almeno un inquinante, uno degli indicatori inseriti deve essere funzionale a descrivere i risultati in termini di riduzione delle emissioni tramite l'attuazione della misura (ad esempio riportare gli indicatori utilizzati per calcolare i valori dei target di riduzione degli inquinati).	

Tabella 12.5 - Scheda tipo per la raccolta degli indicatori di risultato della misura

Anno di riferimento per la completa attuazione della misura	*Consente di indicare l'anno al quale è possibile riferire l'obiettivo di misura indicato come target.*	
Indicatori ambientali	**Target di riduzione (t) per la completa attuazione del Piano rispetto allo scenario tendenziale**	
	Etichetta indicatore	**Target di riduzione (t)**
	– Riduzione NOx (t)	– -
	– Riduzione PM10 (t)	– -
	– Riduzione PM2,5 (t)	– -
	– Riduzione NH3 (t)	– -
	– Riduzione SO2 (t)	– -
	– Riduzione COV (t)	– -
	– Riduzione CO2_eq (t)	– -
Note target riduzioni emissioni	*Questo campo consente di inserire ulteriori specifiche circa la metodologia di stima dei target di riduzione (numero caratteri illimitato). Nel caso di target valutati accorpati con altre misure occorre specificare quali misure sono state valutate in maniera accorpata.*	

Tabella 12.6 - Indicatore Ambientale o di Efficacia (Riduzione Emissiva)

12.3 Report annuali e Relazione di monitoraggio

Il monitoraggio dovrà prevedere delle tappe "istituzionalizzate" con la pubblicazione della relazione di monitoraggio prevista al 2028, contenenti una sintesi della reportistica. Sono comunque previsti dei report annuali che consentiranno di fare una valutazione di massima sullo stato di attuazione.

Nell'ambito della realizzazione della relazione di monitoraggio è prevista anche una verifica sullo stato di attuazione delle azioni e sulla rispondenza agli obiettivi di risanamento della qualità dell'aria dello scenario di Piano, rimodulando se necessario le misure: nel caso di significativi scostamenti dagli obiettivi di piano, non attribuibili alla mancata o incompleta applicazione delle misure ivi previste, verranno valutate ulteriori azioni per la riduzione delle emissioni.

La relazione di monitoraggio e le eventuali misure correttive adottate saranno trasmessi all'autorità competente per la VAS, ai sensi dell'articolo art. 18, comma 2-bis del D. Lgs. n. 152/06.

Nell'ambito della relazione di monitoraggio, si potranno rivalutare o inserire nuove azioni anche in relazione agli obiettivi posti, eventualmente, dalla nuova direttiva europea sulla qualità dell'aria ambiente, in fase di aggiornamento.

La relazione di monitoraggio avrà la funzione di:

- strumento a supporto della valutazione e gestione della qualità dell'aria;

- informare i soggetti interessati ed il pubblico in generale sulle ricadute ambientali che la programmazione sta generando;
- fornire al decisore uno strumento in grado di individuare gli effetti negativi imprevisti e dunque consentire l'adozione delle opportune misure correttive.

Si riporta di seguito una proposta di indice che potrà essere utilizzata per la redazione della relazione di monitoraggio:

1. Breve sintesi del Piano

2. Obiettivi generali e specifici

3. Obiettivi a carattere ambientale

4. Rendicontazione effetti/obiettivi ambientali

4.1 Verifica del popolamento degli indicatori del Piano di Monitoraggio

4.2 Distribuzione degli effetti attesi in relazione alle azioni previste

4.3 Analisi di eventuali effetti inattesi

4.4 Verifica del livello di raggiungimento degli obiettivi ambientali di riferimento

4.4.1 Analisi quali/quantitativa degli indicatori rispetto ai target di riferimento

4.4.2 Analisi previsionali e statistiche sull'andamento degli indicatori

5. Analisi previsionale sull'andamento del piano

6. Conclusioni valutative

7 Individuazione di possibili azioni retroattive

Tutti gli indicatori di stato relativi alla valutazione dello stato di qualità dell'aria e per il monitoraggio delle azioni, saranno collezionati a partire dall'adozione del PRQA e sino al 2030 in via continuativa, al fine di poter predisporre periodicamente i report annuali. Sarà invece effettuato un aggiornamento del contesto ambientale su base quinquennale. Il 31 maggio (anno X) di ogni anno, per tutto il periodo 2024-2030, sarà effettuata la chiusura del ciclo di monitoraggio annuale (riferite all'anno X-1), confermando l'aggiornamento degli indicatori relativi alle azioni pianificate, con i valori aggiornati al 31/12 dell'anno precedente.

12.3.1. CONDIVISIONE DELLE INFORMAZIONI DA PARTE DEI SOGGETTI RESPONSABILI DELLE MISURE ED AZIONI AI FINI DEL MONITORAGGIO

Il PRQA esplica i suoi effetti attraverso l'attuazione delle azioni in esso previste. È fondamentale, pertanto, individuare un efficiente sistema di monitoraggio delle misure e delle azioni attuate e dei loro effetti sulle emissioni in atmosfera e sulla qualità dell'aria, al fine di orientare le scelte della pianificazione ed indirizzare le risorse sulle strategie più efficaci.

Il monitoraggio dei piani di qualità dell'aria deve essere effettuato annualmente ai fini dello scambio delle informazioni al livello europeo e dell'informazione al pubblico, come previsto all'art. 19 del D. Lgs. 155/2010 e dall'Appendice IV al D. Lgs. 155/2010.

Nello specifico, in caso di superamento dei valori limite di qualità dell'aria in un anno di riferimento, è obbligatorio, entro 18 mesi dalla fine dell'anno, comunicare al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, per il successivo inoltro alla Commissione europea, i dati inerenti allo stato di realizzazione delle azioni e le spese sostenute per la loro implementazione, insieme ad altre informazioni che caratterizzano le azioni ("Dataset H-K"), secondo quanto richiesto nell'applicativo "Plans and Programmes e-Reporting System"

dell'Agenzia Europea per l'Ambiente (EEA) ed ora reso disponibile alle Regioni da ISPRA attraverso il portale InfoAria.

È pertanto fondamentale che i soggetti responsabili dell'attuazione, e quindi del monitoraggio delle azioni, forniscano i dati sullo stato di avanzamento delle azioni, sulla base della richiesta e del formato predisposto dalla Regione, entro il 31 maggio di ogni anno.

12.4 Meccanismi di retroazione

L'azione di monitoraggio, per essere massimamente efficace, deve essere adeguatamente integrata nel processo di pianificazione, correlando in maniera opportuna i tempi del monitoraggio con le fasi di revisione del piano/programma.

Il monitoraggio non deve concludersi con la raccolta e l'elaborazione delle informazioni necessarie, ma deve comprendere anche la valutazione di tali informazioni, da cui possono scaturire azioni correttive di diversa portata. Lo scopo è infatti anche quello di "individuare tempestivamente gli effetti negativi imprevisti ed essere in grado di adottare le misure correttive che si ritengono opportune".

I meccanismi di gestione della qualità dell'aria, dal punto di vista normativo, vanno in questa direzione, consentendo una valutazione quasi su base annuale circa lo stato di attuazione delle misure e la loro efficacia. In termini di valutazione dello stato della qualità dell'aria invece, le tempistiche di risposta del Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria sono ancor più brevi, consentendo la valutazione dei dati quasi in tempo reale.

12.5 Gestione e sviluppi del Sistema Regionale Integrato della Qualità dell'Aria

Il sistema precedentemente delineato risulta essere coerente con la normativa europea e nazionale in materia di qualità dell'aria e valutazione ambientale strategica. Il sistema attualmente in uso in Regione Piemonte necessita di essere gestito e mantenuto ed anche di essere ulteriormente sviluppato al fine di completare il suo adeguamento alla normativa, continuamente in evoluzione.

Il sistema di rilevamento si configura come un complesso sistema di strumentazioni semi automatiche che necessitano costantemente di manutenzione ordinaria e straordinaria, nonché di aggiornamento; esso richiede un mantenimento in qualità (QA/QC; quality assurance and quality control) come esplicitamente richiesto dalla normativa (Art. 17, d.lgs. 155/2010) ed una disponibilità di risorse umane professionalmente elevate per il processo di validazione delle informazioni raccolte.

Come il sistema di rilevamento anche l'IREA necessità di risorse adeguate per il reperimento delle informazioni necessarie alla sua realizzazione e continuo aggiornamento.

Anche la modellistica, che si avvale dei risultati dei due sistemi SRRQA E IREA, necessita di risorse per l'implementazione dei metodi di calcolo e di risorse umane di elevata competenza al fine di garantire la qualità dei servizi erogati. L'elevata specificità dei software utilizzati (quota parte dei quali sono stati specificatamente sviluppati) richiede risorse dedicate per il mantenimento in efficienza e garantire il loro funzionamento in continuo a supporto dei Sistemi SRRQA E IREA,. Si fa presente che l'attività legata alla generazione, raccolta, validazione e trasmissione dei dati, con l'automatica disponibilità degli stessi al pubblico, prevede un funzionamento in continuo e richiede una raccolta minima del 90% dei dati generabili in un anno, obiettivo di qualità obbligatorio (All.1, d.lgs. 155/2010).

Recentemente, a supporto della valutazione della qualità dell'aria, è stata introdotta la caratterizzazione chimica del PM10 che costituisce poi il punto di partenza per le tecniche statistiche del *Source Apportionment* Analitico.

Il S.A. analitico si articola nelle seguenti fasi:

1. attività di campionamento specifico di PM10;
2. attività di analisi chimica del PM10, sia di tipo standard sia di tipo specifico;
3. attività di elaborazione statistica dei dati;
4. attività di valutazione dei risultati.

Per implementare il SA analitico è inoltre necessario l'aggiornamento della strumentazione del SRRQA, per creare una linea di cromatografia ionica dedicata che consenta di eseguire sul PM10/PM2.5, sia le analisi di anioni e cationi sia le analisi degli zuccheri (levoglucosano, mannosano, galattosano, ecc).

Il sistema sopra descritto, il cui valore supera largamente i 13 milioni di euro, necessita, per mantenere un livello di efficienza tale consentire un regolare funzionamento delle varie componenti, di almeno 0,5 milioni di euro annui per il suo aggiornamento.

REGIONE PIEMONTE

Arpa Piemonte
Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale



PIEMONTE
verso un presente sostenibile