

XI CONVEGNO SUL PARTICOLATO ATMOSFERICO
TORINO, 28-31 MAGGIO 2024



Applicazione dell'algoritmo tagged species ORSA per il source apportionment modellistico sul Piemonte

Stefano Bande¹, Nicola Pepe², Sandro Finardi², Francesca Bissardella¹, Roberta De Maria¹, Stefania Ghigo¹, Giuseppe Calori²

¹ Arpa Piemonte, Dipartimento Rischi Naturali ed Ambientali

² Arianet s.r.l



Motivazione del lavoro

La Direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio, recepita a livello nazionale nel Decreto Legislativo 155 del 2010, **stabilisce che i Piani per la Qualità dell'Aria devono contenere "informazioni sull'origine dell'inquinamento"**, ovvero l'elenco delle principali fonti emissive responsabili dell'inquinamento, la quantità totale di emissioni da loro prodotte, nonché informazioni sull'inquinamento proveniente da altre regioni (Allegato XV, punto A).

Queste informazioni fanno inoltre parte dei dati che gli Stati Membri (le Regioni) devono inviare alla Commissione Europea, secondo lo schema di **e-reporting stabilito dalla Decisione di Esecuzione della Commissione 2011/850/EU**

Il source apportionment nella pianificazione della Regione Piemonte

PRQA approvato con D.C.R del 25 marzo 2019 (tuttora vigente)

- SA con modelli a recettore: attività svolte nell'ambito del progetto prepAIR (2017), prime applicazioni;
- SA con source-oriented models con approccio brute force method: utilizzo del modulo FARM/BFM integrato nel sistema modellistico regionale di qualità dell'aria



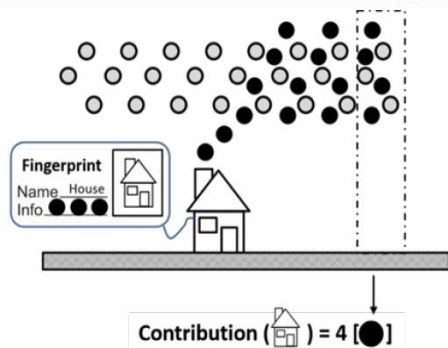
Aggiornamento – in corso- del PRQA in seguito al DL 121/2023 (conv. Legge 155/2023)

- SA con modelli a recettore: consolidamento delle attività svolte nell'ambito del progetto prepAIR ;
- **SA con source-oriented models con approccio tagged-species**: con Arianet s.r.l, un nuovo studio di SA basato sull'utilizzo dell'algoritmo **ORSA (On-line Reactive Source Apportionment)*** implementato nel modello FARM

* Calori, G.; Briganti, G.; Ubaldi, 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. Atmosphere 2024, 15, 191. <https://doi.org/10.3390/atmos1502019>

ORSA (On-line Reactive Source Apportionment)

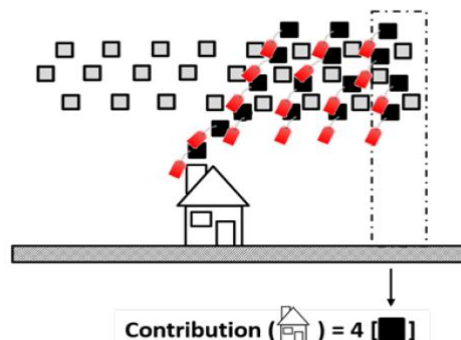
Modelli a recettore



L'informazione sui tipi di emissioni è nota e può essere utilizzata per identificare il contributo in concentrazione, sottovovente alla sorgente

Tale approccio si basa sulla misura ed è spesso applicato ai **VOCs** (Volatile Organic Carbons) e **particolato atmosferico**.

Source-oriented models con tagging



From Clappier et al. (2022)

I precursori delle sorgenti sono taggati all'interno del Modello di Qualità dell'Aria (AQM). Per la parte di reattività chimica delle componenti, **un set di traccianti reattivi** è introdotto per seguire l'evoluzione dei contributi attraverso le reazioni.

Labels possono essere definite liberamente, variando tra regioni/province, settori o combustibili, etc.

Il metodo è applicabile a **qualsiasi inquinante**

Sono richiesti tutti gli input di AQM, in particolare **un inventario delle emission molto dettagliato**

ORSA (On-line Reactive Source Apportionment)

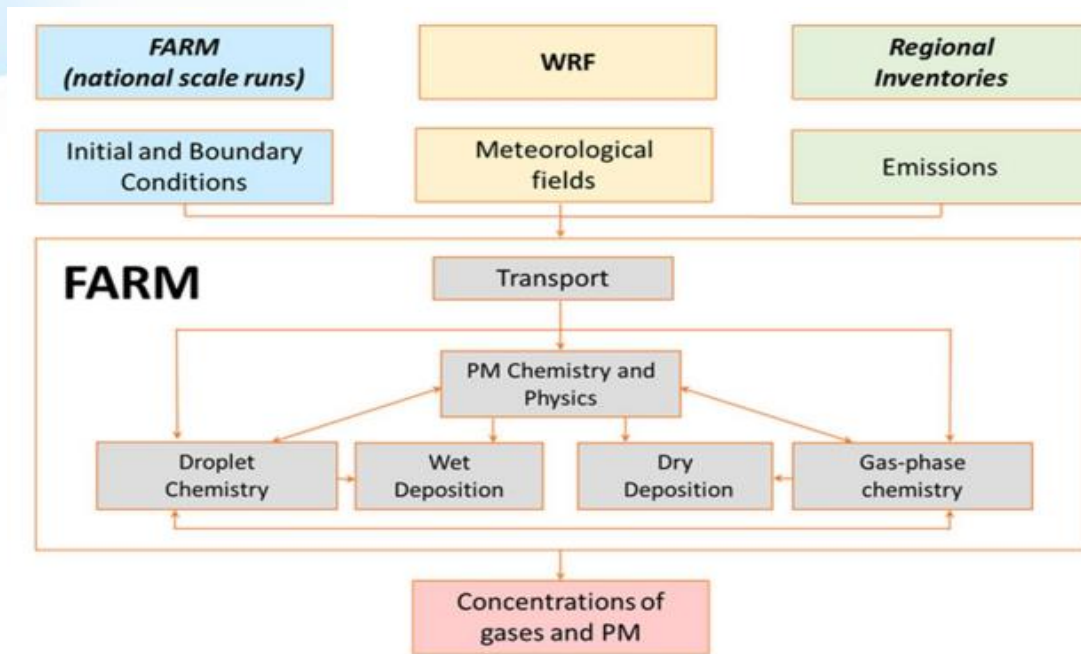
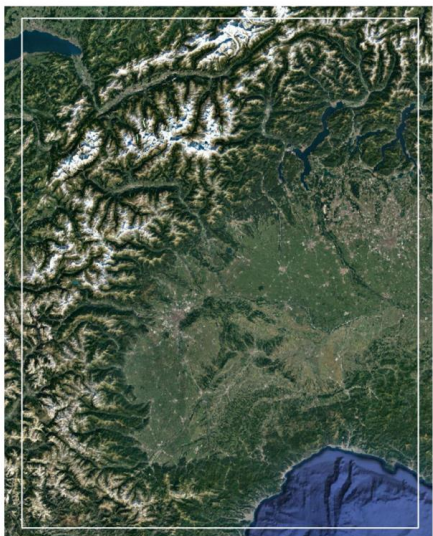
Caratteristiche

- **On-line SA**, basato su traccianti reattivi
- Evoluzione delle specie traccianti (tag) seguita il più possibile tramite gli **stessi algoritmi utilizzati per le specie complessive**
- **Sommabilità**
- **Larga scelta specie** da apporzionare (PM: possibilità di effettuare SA solo su componenti di interesse)
- **Numero di insiemi di sorgenti** $> n$ (...arbitrario)
- Contributi di **IC e BC** per ogni run
- **Diversi meccanismi** chimici in fase gassosa e moduli particolato
- **Unico codice numerico**, con SA attivabile o no
- **Manutenibilità** del codice
- **Parallelismo** (OpenMP ed MPI)
- Griglia singola

Specie apporzionabili

NO ₂	biossido di azoto
O ₃	ozono
SO ₂	biossido di zolfo
NH ₃	ammoniaca
CO	monossido di carbonio
PM25	PM con diametro aerodinamico $\leq 2.5 \mu\text{m}$
PM10	PM con diametro aerodinamico $\leq 10 \mu\text{m}$
ASO4	ione solfato
ANO3	ione nitrato
ANH4	ione ammonio
AEC	carbonio elementare
APANT	aerosol antropogenico primario (coarse + fine)
AORGP	aerosol antropogenico primario organico
AORGA	aerosol antropogenico secondario organico
ABIO	aerosol biogenico

FARM/ORSA: il sistema modellistico



Anno di simulazione: 2022

Meteorologia: WRF (con BC ERA5) con 3 domini innestati a 27, 9 e 3 km

BC: QualeAria a 12 km

Emissioni: I.R.E.A 2019 per il Piemonte (con parco auto 2021), VDA 2019 per Valle d'Aosta, ISPRA 2019 per le regioni italiane, EMEP 2020 per estero

Modello di chimica-trasporto: FARM

Dominio di calcolo: 224 x 288 km² a 4 km risoluzione

FARM/ORSA: le sorgenti analizzate

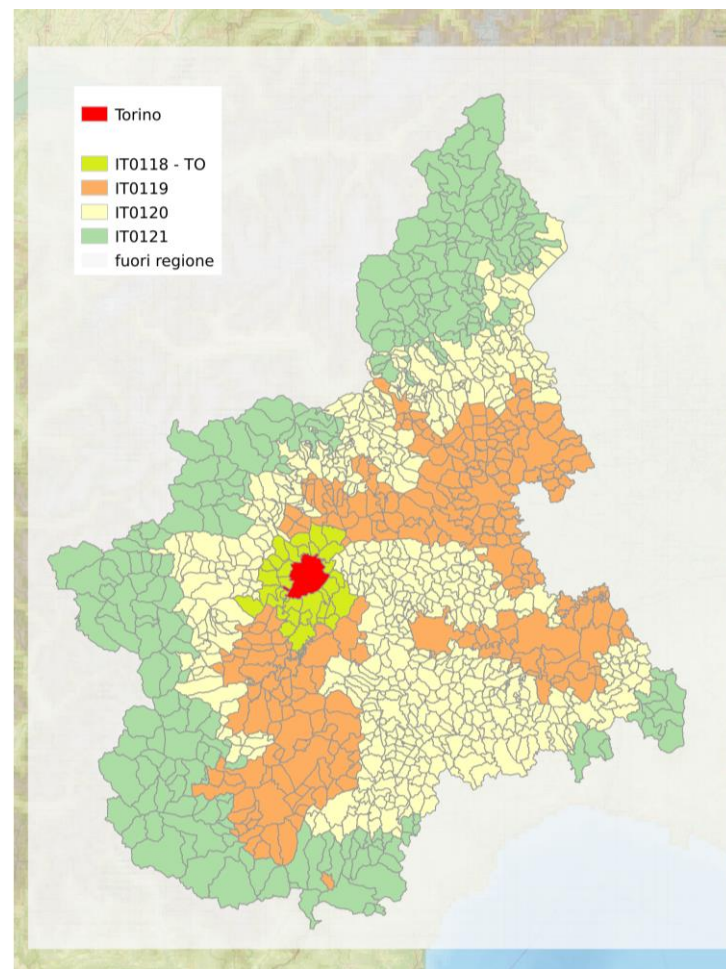
Settore	Comparto	Descrizione
Industria	Industria	Tutti le attività di tipo industriale (produzione di energia, combustione industriale, processi, ecc)
Riscaldamento: altri combustibili	Riscaldamento	Riscaldamento alimentato con GPL, diesel, metano e altri combustibili esclusa la biomassa
Riscaldamento: 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	Agricoltura	Trasporto ferroviario su tratte non elettrificate, macchinari in agricoltura, macchinari in silvicoltura, giardinaggio e altri trasporti fuori strada
Colture agricole		Attività legate alle coltivazioni
Zootecnia		Attività legate alla zootecnia

Dodici insiemi di sorgenti emmissive per le sole sorgenti localizzate in regione Piemonte (IREA); le sorgenti localizzate al di fuori della regione Piemonte sono analizzate solo a livello geografico.

FARM/ORSA: le aree di indagine

Cinque differenti zone di indagine, derivate dalle zone per la qualità dell'aria individuate nel vigente progetto di zonizzazione regionale.

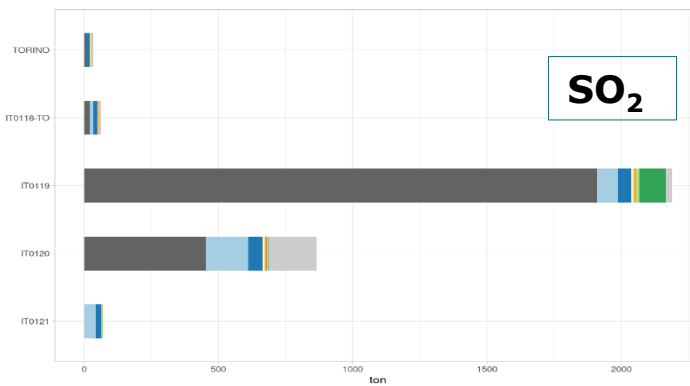
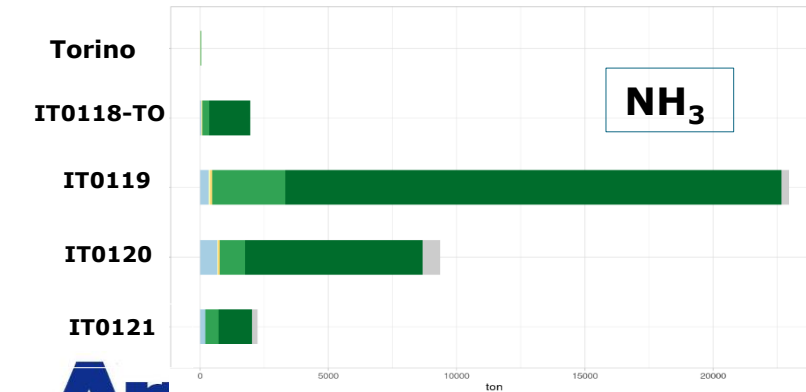
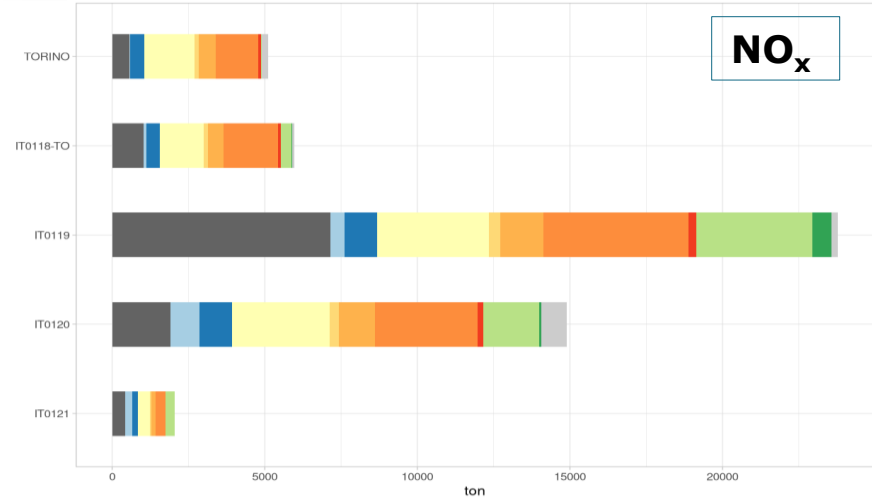
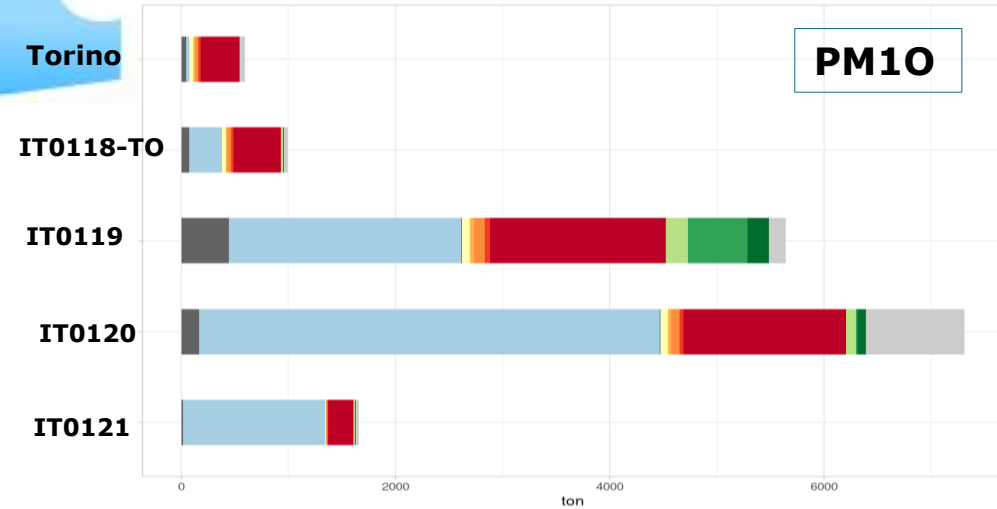
Zona	Descrizione
Torino	Comprende tutte le 12 sorgenti emmissive afferenti al comune di Torino
IT0118 - TO	Comprende tutte le 12 sorgenti emmissive afferenti ai comuni inseriti nella zona <i>IT0118 Agglomerato</i> , ad esclusione del comune di Torino
IT0119	Comprende tutte le 12 sorgenti emmissive afferenti ai comuni inseriti nella zona <i>IT0119 Pianura</i>
IT0120	Comprende tutte le 12 sorgenti emmissive afferenti ai comuni inseriti nella zona <i>IT0120 Collina</i>
IT0121	Comprende tutte le 12 sorgenti emmissive afferenti ai comuni inseriti nella zona <i>IT0121 Montagna</i>
Fuori regione	Comprende il contributo di tutte le sorgenti localizzate al di fuori della regione Piemonte, il contributo delle condizioni al contorno ed il contributo di tutte le sorgenti non comprese nei 12 insieme oggetto dello studio



Torino, 28-31 maggio 2024

TORINO
PM 2024

FARM/ORSA: emissioni IREA 2019



Lo scenario base validazione

Confronto osservato/simulato

I valori di concentrazione simulati da FARM/ORSA nello scenario base sono confrontati con i dati misurati dal SRRQA:

- indici di performance da letteratura NMB (normalised mean bias), RMSE (root mean square error), coefficiente di correlazione di PEARSON
- Model Quality Indicator MQI e Model Quality Objective (MQO)*

$$MQI = \frac{|O_i - M_i|}{\beta U(O_i)} \quad MQO: MQI \leq 1$$

Confronto con i dati di composizione chimica

La composizione chimica del PM10 simulata da FARM/ORSA nello scenario base è stata confrontata con il dataset prodotto nel progetto LIFE **prepAIR**** nei siti di Torino e Cavallermaggiore

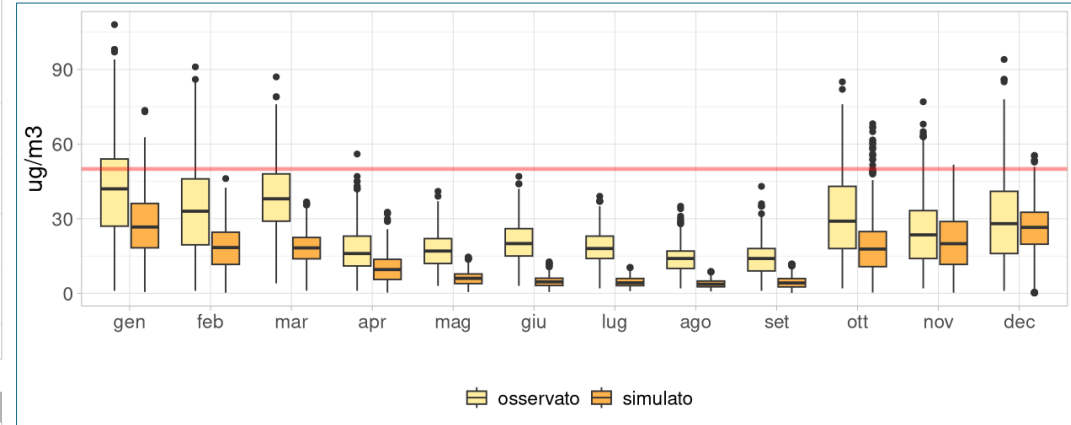
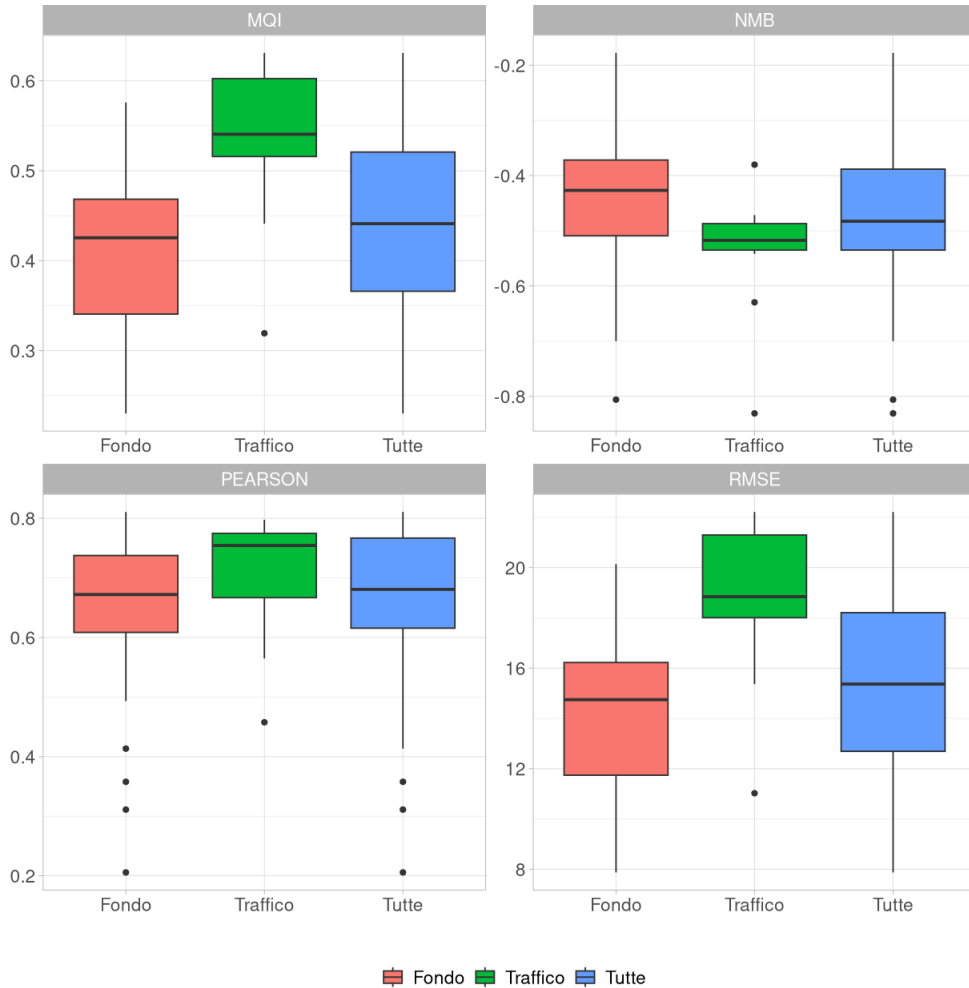
Modello	Misura	descrizione
ASO4	SO42-	Solfati
ANO3	NO3-	Nitrati
ANH4	NH4+	Ammonio
AEC	EC	Carbonio elementare
AORG (AORG+P+AORGA)	OC* k (con k=1.7)	Aerosol organico
ALTRO	ALTRO	

* Janssen, S., Thunis, P., FAIRMODE Guidance Document on Modelling Quality Objectives and Benchmarking (version 3.3), EUR 31068 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2022, ISBN 978-92-76-52425-0, doi:10.2760/41988, JRC12925

**Colombi C et al., Report Action D6 – PM10 Chemical Composition and source apportionment on special stations; project PREPAIR (LIFR 15 IPE IT013), lifeprepare.eu

Lo scenario base

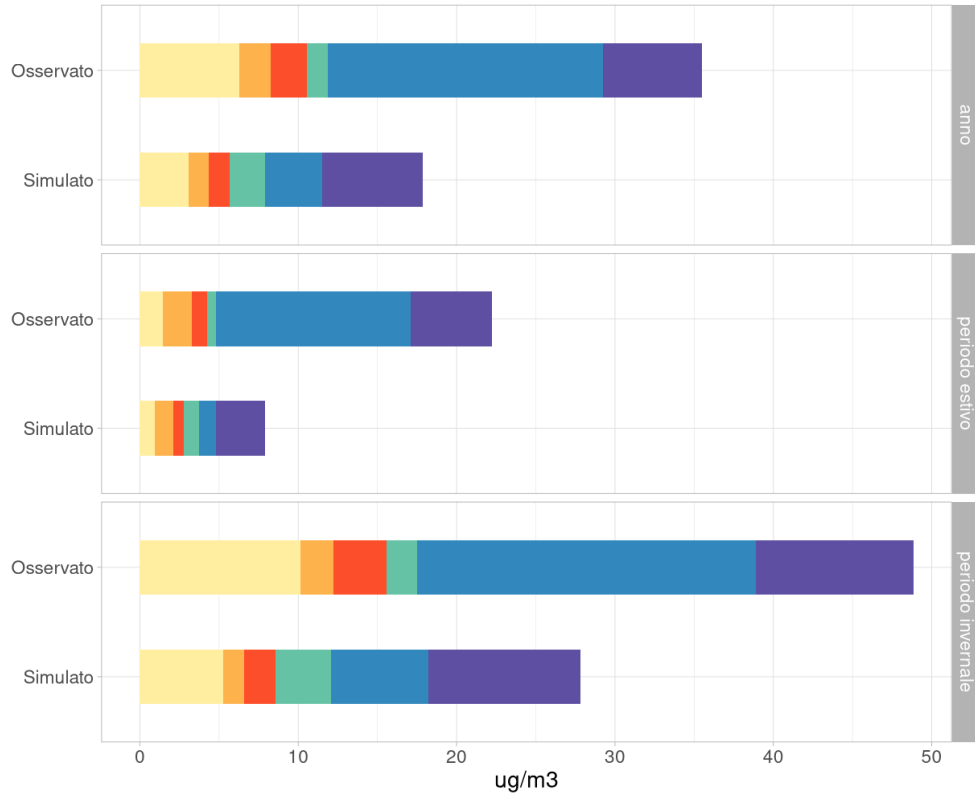
confronto osservato/simulato (PM10, tutte le stazioni)



- generale sottostima (NMB sempre negativo), più marcata nelle stazioni di traffico e nei mesi di febbraio e marzo (meteo sfavorevole);
- buona correlazione;
- MQO rispettato (MQI ≤ 1 sempre);
- prestazioni in linea con la letteratura

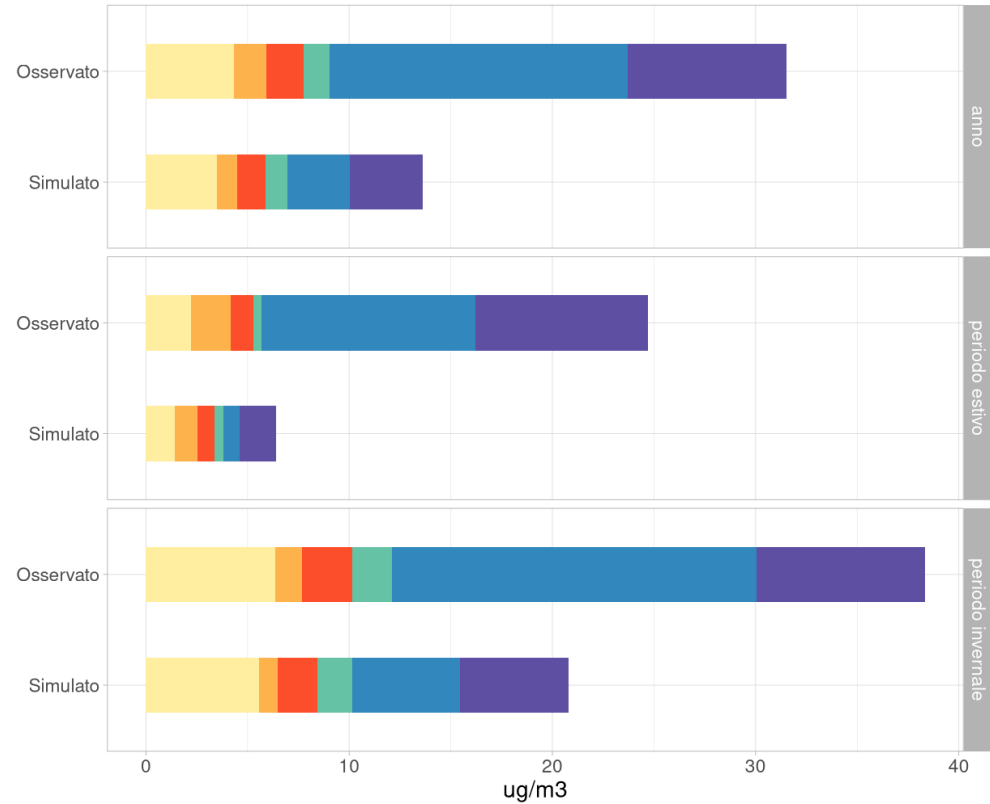
Lo scenario base confronto con le misure di speciazione (PM10)

Torino



■ NO3- ■ NH4+ ■ ORG
■ SO4-- ■ EC ■ ALTRO

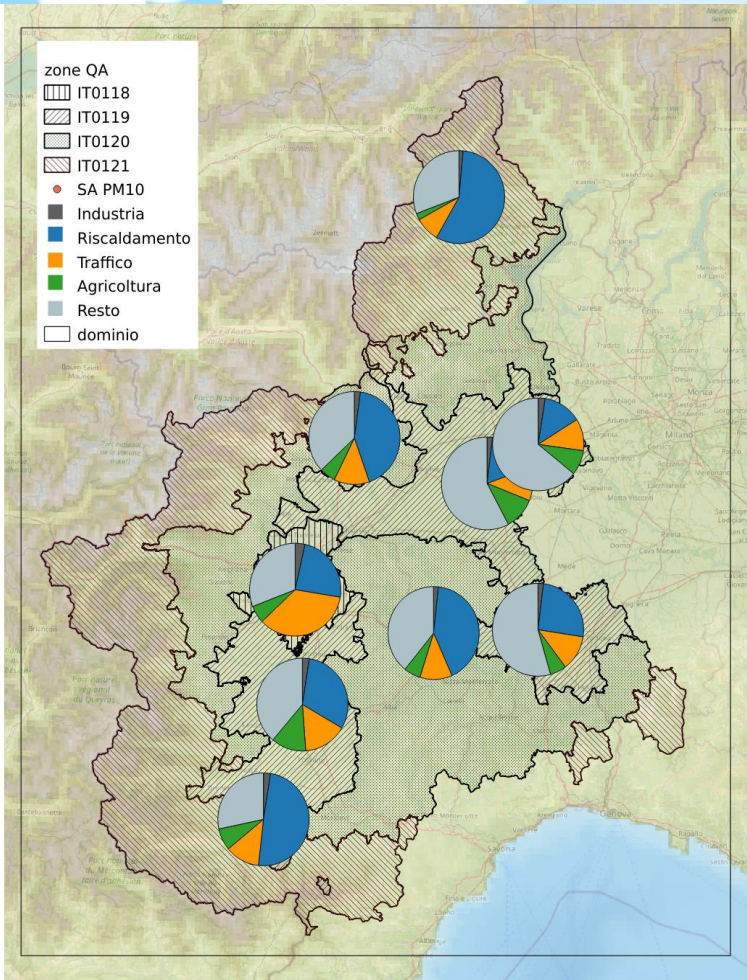
Cavallermaggiore



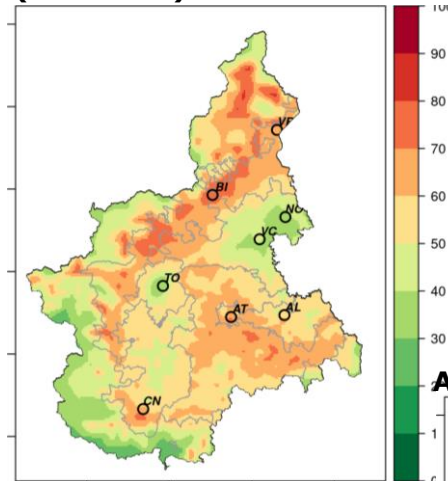
■ NO3- ■ NH4+ ■ ORG
■ SO4-- ■ EC ■ ALTRO

Risultati settoriali

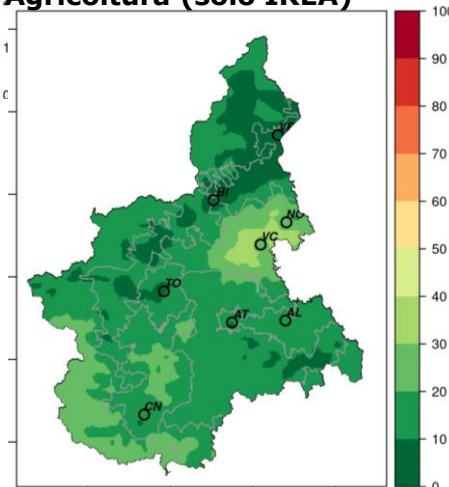
PM10 media annuale



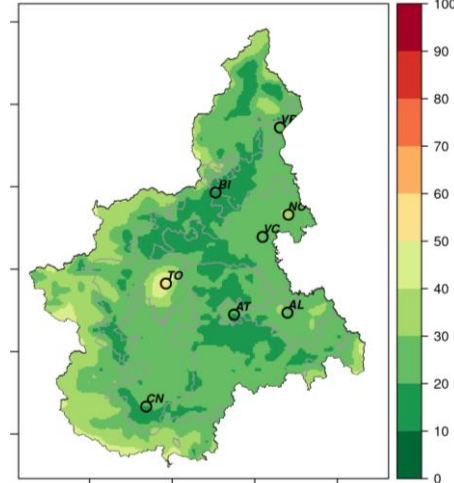
Riscaldamento a biomassa (solo IREA)



Agricoltura (solo IREA)

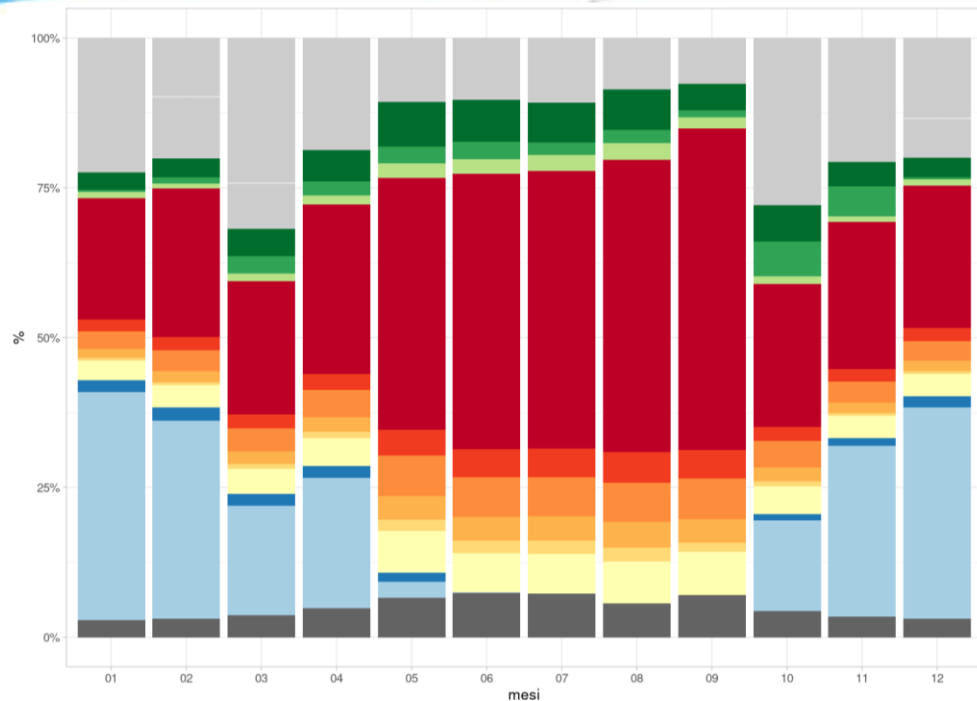


Traffico (solo IREA)

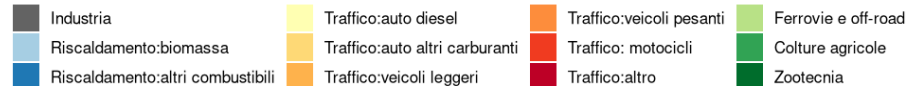
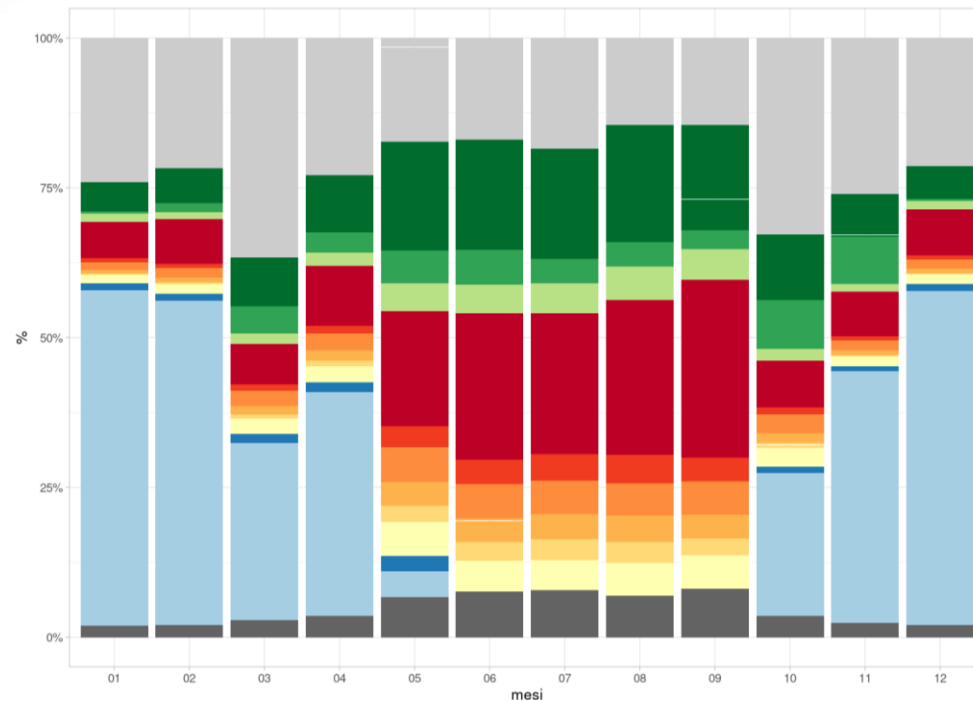


Risultati settoriali PM10 media mensile

Torino – Lingotto



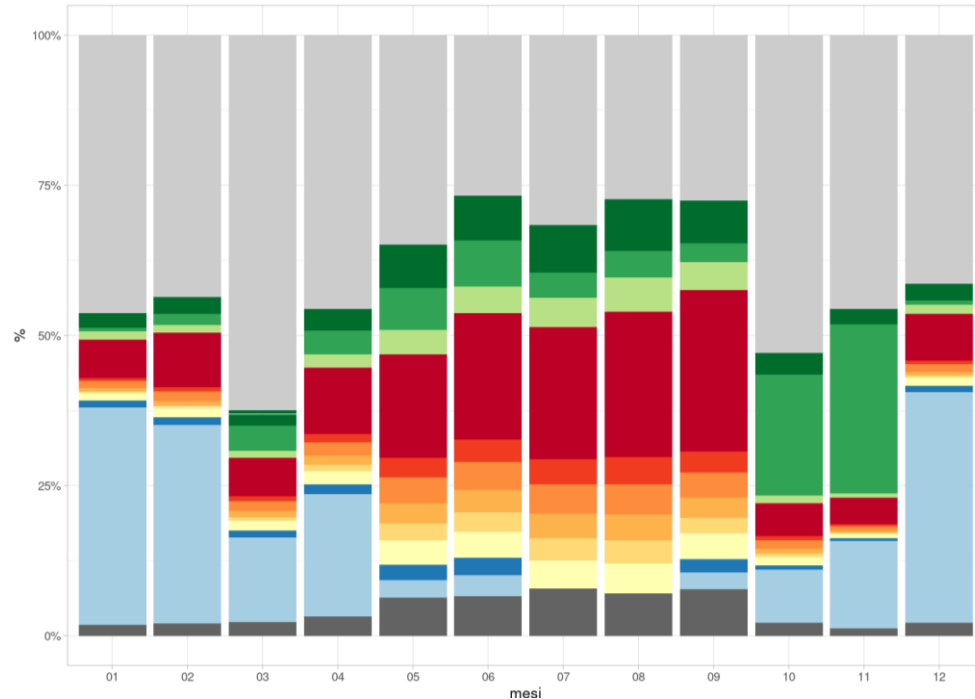
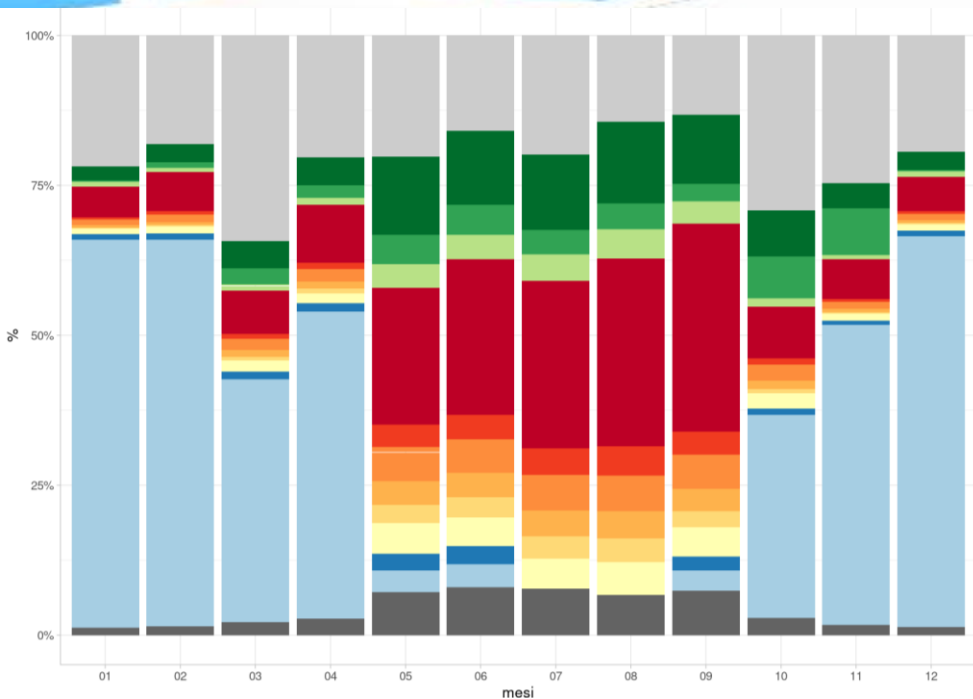
Chieri – Bersezio



Risultati settoriali: PM10 media mensili

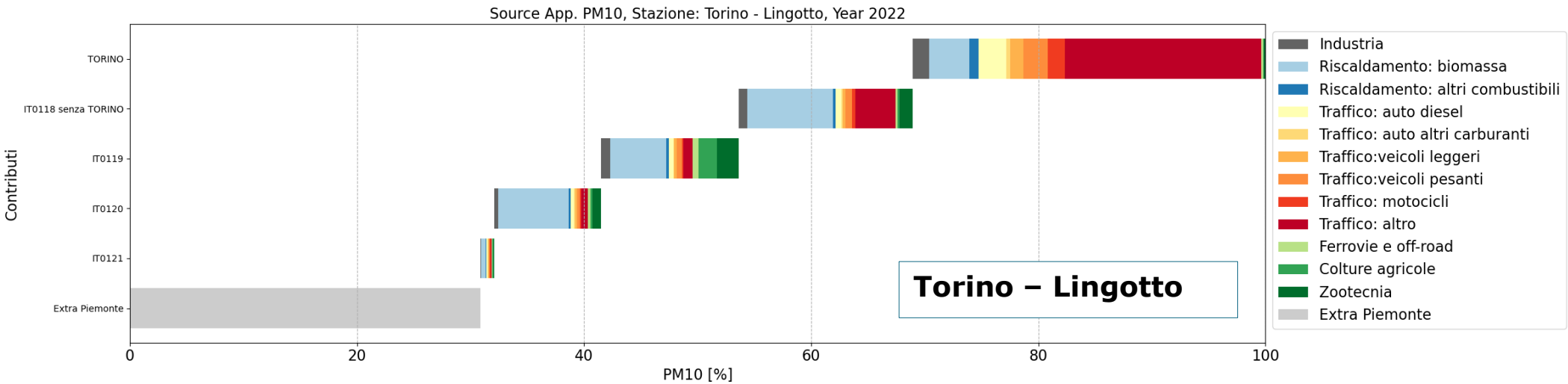
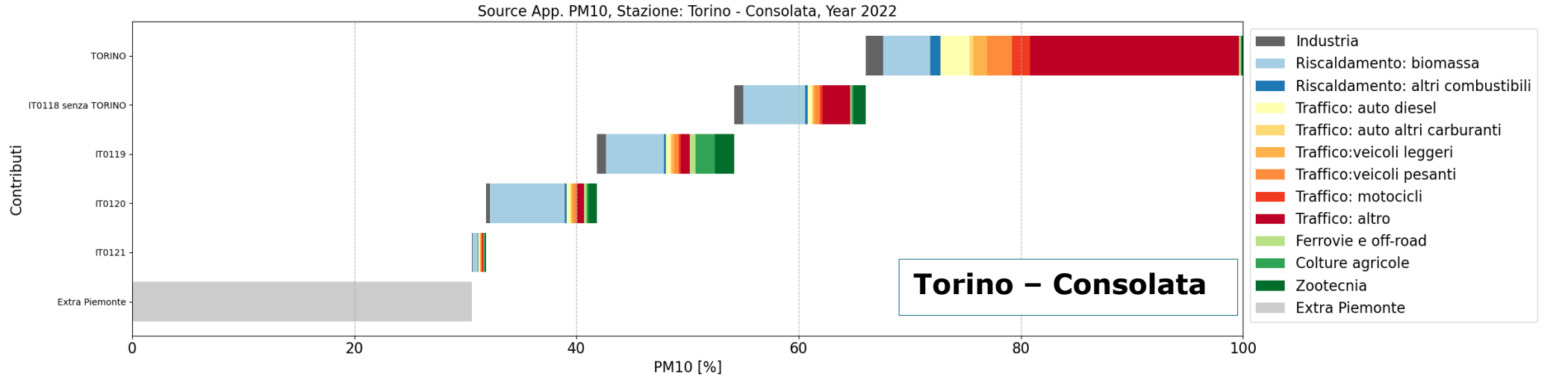
Asti - Acquisto

Vercelli - Coni



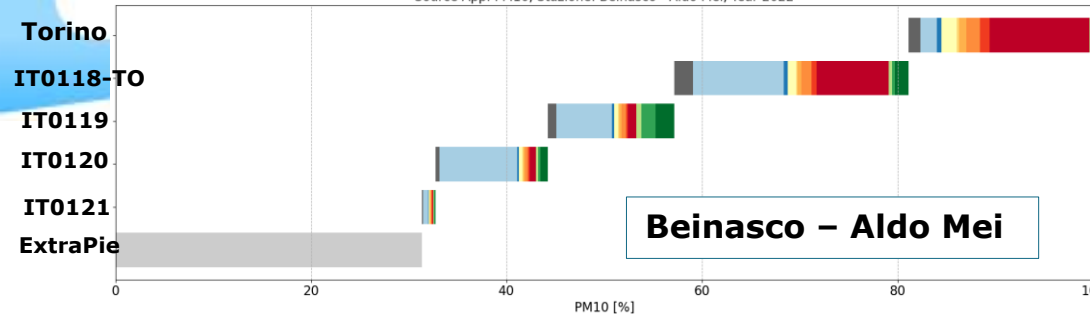
- Industria
- Riscaldamento: biomassa
- Riscaldamento: altri combustibili
- Trafico: auto diesel
- Trafico: auto altri carburanti
- Trafico: veicoli leggeri
- Trafico: veicoli pesanti
- Trafico: motocicli
- Trafico: altro
- Ferrovie e off-road
- Colture agricole
- Zootecnia

SA settoriale e geografico: PM10

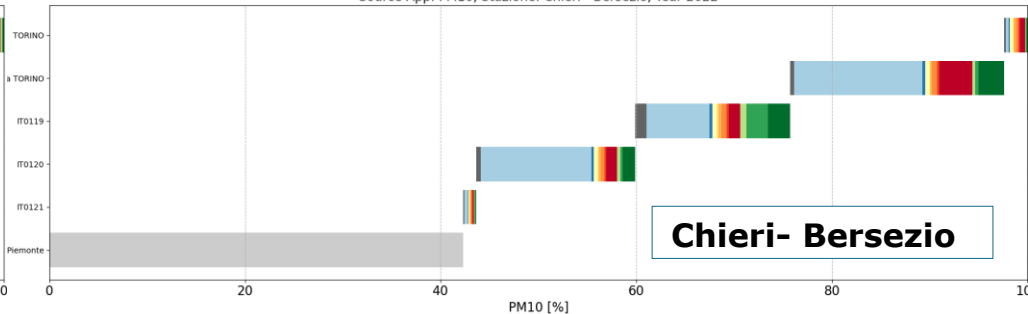


SA settoriale e geografico: PM10

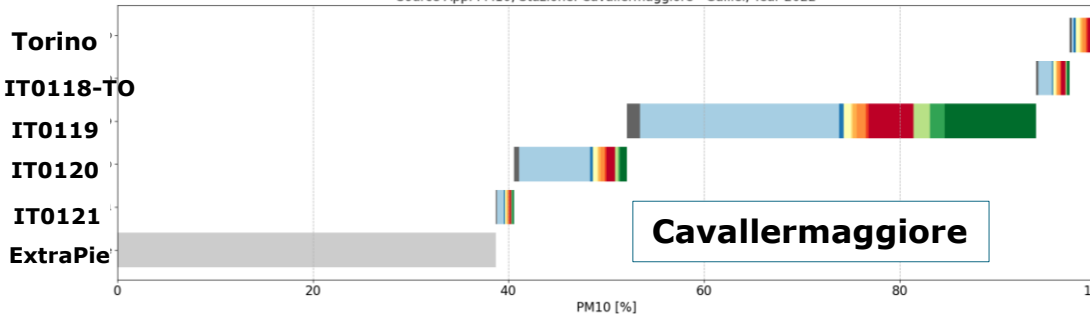
Source App. PM10, Stazione: Beinasco - Aldo Mei, Year 2022



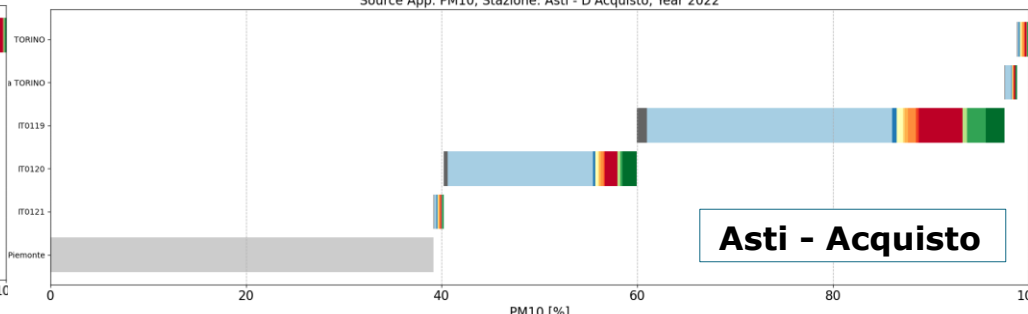
Source App. PM10, Stazione: Chieri - Bersezio, Year 2022



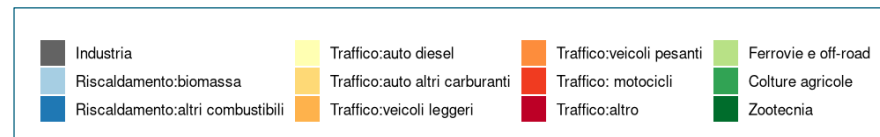
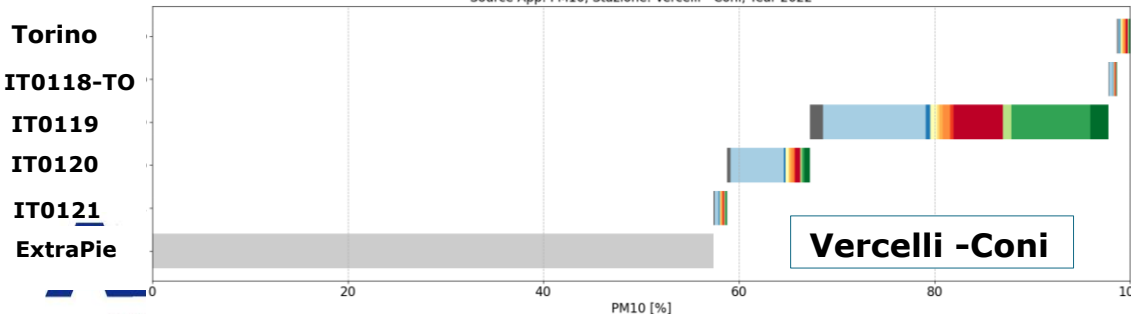
Source App. PM10, Stazione: Cavallermaggiore - Galilei, Year 2022



Source App. PM10, Stazione: Asti - D'Acquisto, Year 2022



Source App. PM10, Stazione: Vercelli - Coni, Year 2022

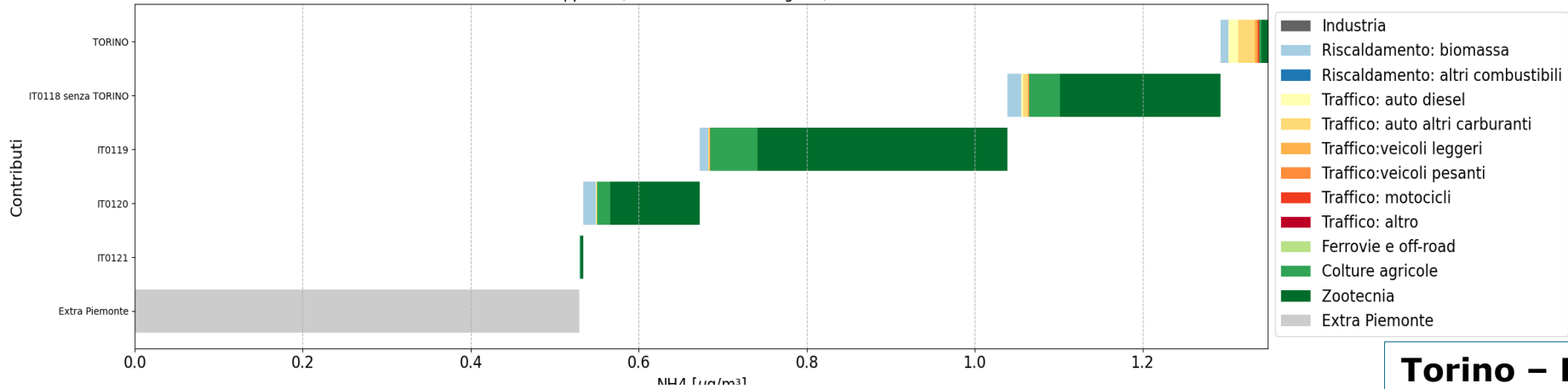


Torino, 28-31 maggio 2024



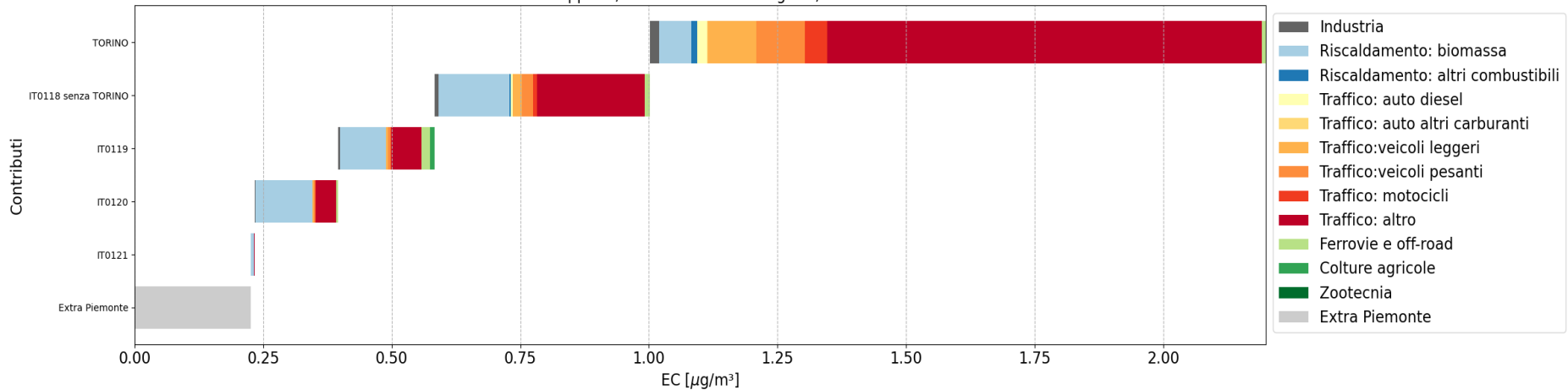
SA settoriale e geografico: NH₄⁺ e EC

Source App. NH4, Stazione: Torino - Lingotto, Year 2022



Torino – Lingotto

Source App. EC, Stazione: Torino - Lingotto, Year 2022



Conclusioni

I risultati del SA settoriale evidenziano che le misure di pianificazione regionale dovranno essere prioritariamente indirizzate alla **combustione a biomassa, al trasporto su strada** e all'**agricoltura** nelle aree con importante vocazione agricola e zootecnica.

In Torino il contributo del traffico è sostanzialmente equivalente a quello della biomassa, **nel resto della regione il contributo della biomassa sembra essere prevalente; in alcune stazioni** della zona IT0119 e IT0120 il contributo del comparto **agricoltura è confrontabile con** quello del comparto **traffico**.

La componente legata al non esausto nella città di Torino è particolarmente importante

I risultati del SA **a livello geografico evidenziano l'importanza dei fenomeni di trasporto: per il particolato solo in Torino il contributo interno è paragonabile al contributo esterno**, mentre nelle altre realtà la componente predominante è esterna alla zona di appartenenza.

Sviluppi

Utilizzare fuori regione Piemonte un inventario con lo stesso dettaglio di IREA in termini emissivi di classificazione, per definire il contributo esterno anche in termini settoriali.

Utilizzo della metodologia Brute Force (FARM/BFM) sugli stessi dati di input (inventario, meteorologia, BC) per valutare gli impatti potenziali dei comparti/settori/attività individuati

Approfondire il confronto con i risultati dei modelli a recettore prodotti nell'ambito del progetto prepAIR.

Intervenire sul modello FARM per migliorare la ricostruzione della componente organica del particolato.



Grazie per l'attenzione!