

EXPERT PANEL FOR POLLUTING EMISSIONS REDUCTION
EXPAPER 2026

*Scenari di riduzione delle emissioni
nel porto di Napoli e impatti sulla
qualità dell'aria in ambiente urbano*

Domenico Toscano*, Santo Lino, Valentina Agresti, Guido Pirovano, Angelo
Riccio

Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A. - Via R. Rubattino 54 - 20134
Milano



Agenda

Diagnosi:

chi contribuisce alle
concentrazioni in aria di
NO₂, SO₂ e PM?
(PSAT)

Scenario porto:
elettificazione
banchine

Impatti:

riduzioni emissive,
mappe concentrazioni,
implicazioni
policy/standard

Area di studio & recettori

Città Metropolitana di Napoli: terza area metropolitana italiana per popolazione (2.964.743 ab.), la più piccola per superficie (~2.300 km²) e la più densa d'Italia (~2.532 ab./km²).

La rete di monitoraggio è gestita da ARPAC, con stazioni classificate in: traffico, industriali e background urbano/suburbano

Cinque recettori selezionati per l'analisi SA



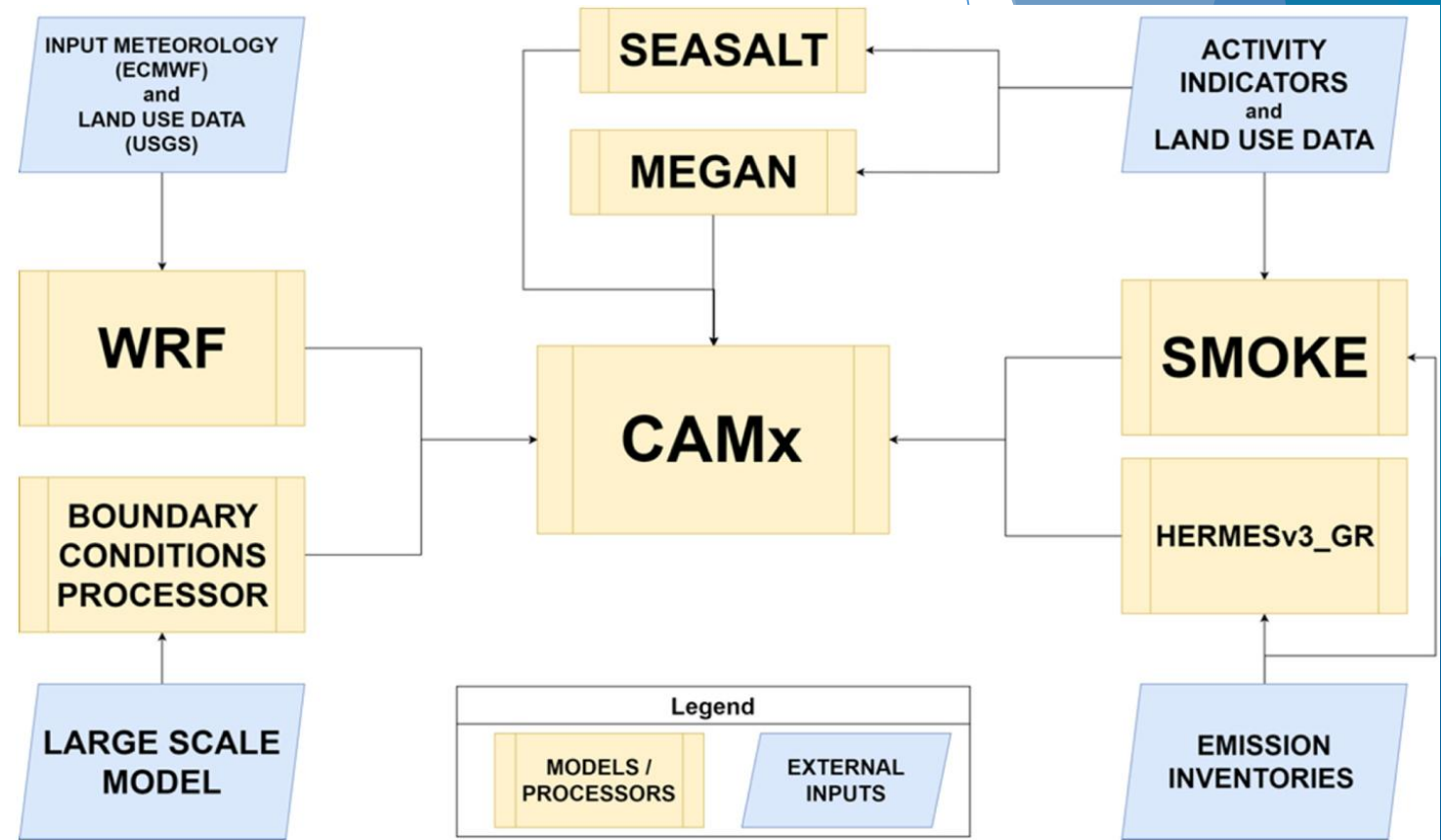
Port-city: perché serve un approccio integrato



Catena modellistica



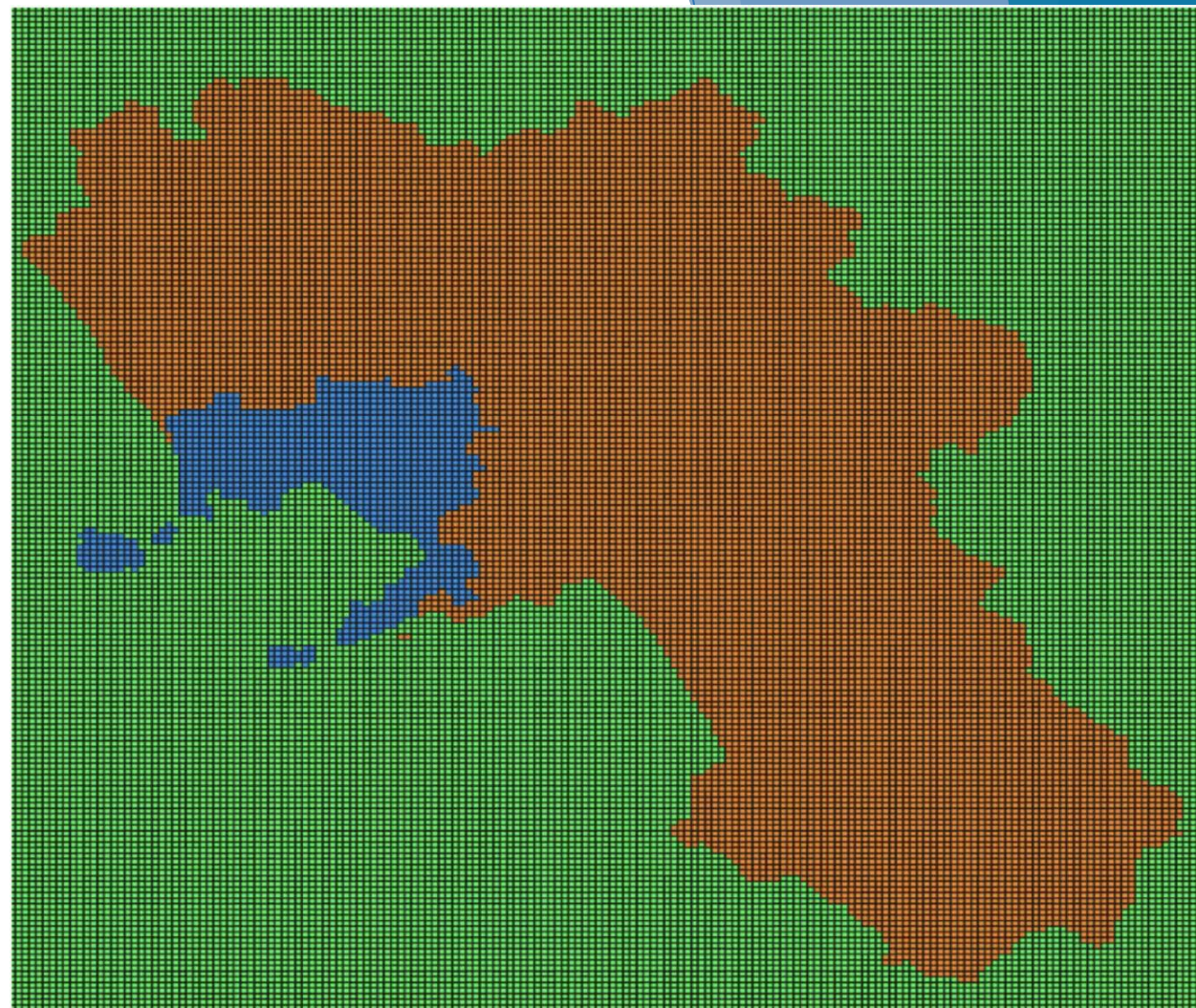
EXPAPER 2026 - 22-23 Aprile Univ ROMA TRE



PSAT: cosa attribuiamo

GNFR emission categories and the categories defined for CAMx/PSAT application.

GNFR Category	Label	Source Description
A	ELE	Electrical energy production from industrial power plants.
B	IND	Industrial processes, including combustion and non-combustion emissions.
C	RES	Residential, commercial, and institutional combustion sources.
F	TRA	Emissions from road transport, including passenger cars, heavy-duty vehicles, and motorcycles.
G	SHI	Emissions from shipping activities, covering all types of maritime transport.
H	AVI	Emissions from aviation, including domestic and international flights.
K-L	AGR	Agricultural emissions from livestock, manure management, and crop-related activities.
NAT	NAT	Natural emissions such as wildfires, volcanic eruptions, and marine salt spray.
D-E-I-J	OTHER	Miscellaneous anthropogenic emissions, including fugitive emissions, solvent use, off-road machinery, and waste treatment.



Regioni geografiche tracciate:

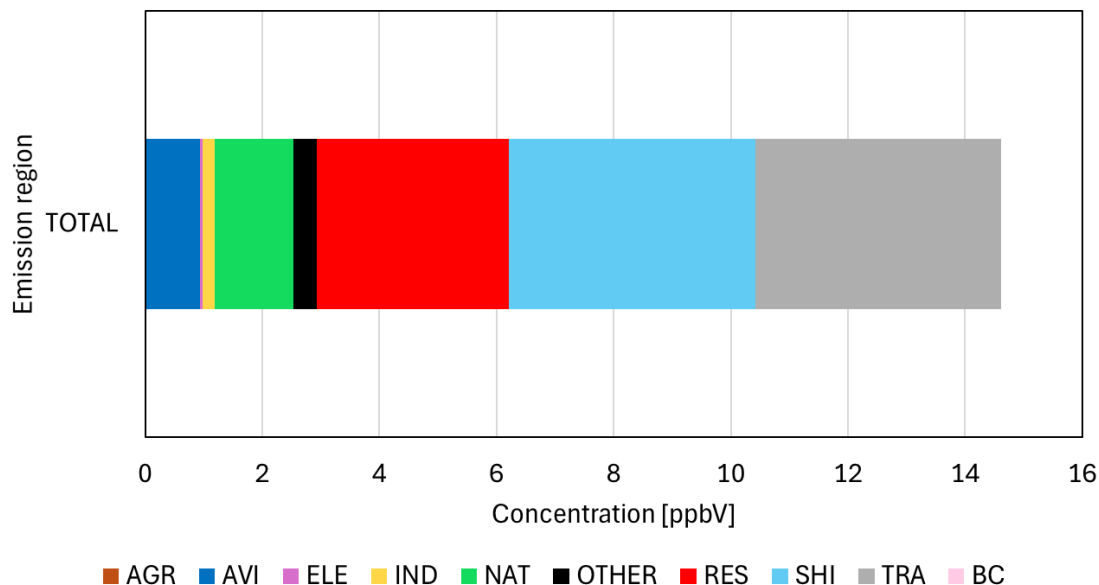
■ NAP_PROV – Provincia di Napoli

■ CAM_REG – Regione Campania

■ ITA_NAZ – Dominio nazionale

NO_REG – Contributi non allocati a regioni specifiche (BC + SOA)

Risultati Source Apportionment (NO₂)



- ▶ La concentrazione media annua di NO₂ al ricettore NA07 è di circa 14.5 ppbV
- ▶ Il settore TRA (trasporto su strada) è il contribuente dominante.
- ▶ Il settore SHI (shipping) costituisce il secondo contributo in ordine di importanza.
- ▶ I settori NAT (naturale), AVI (aviazione), IND (industria) e OTHER contribuiscono in maniera marginale al totale

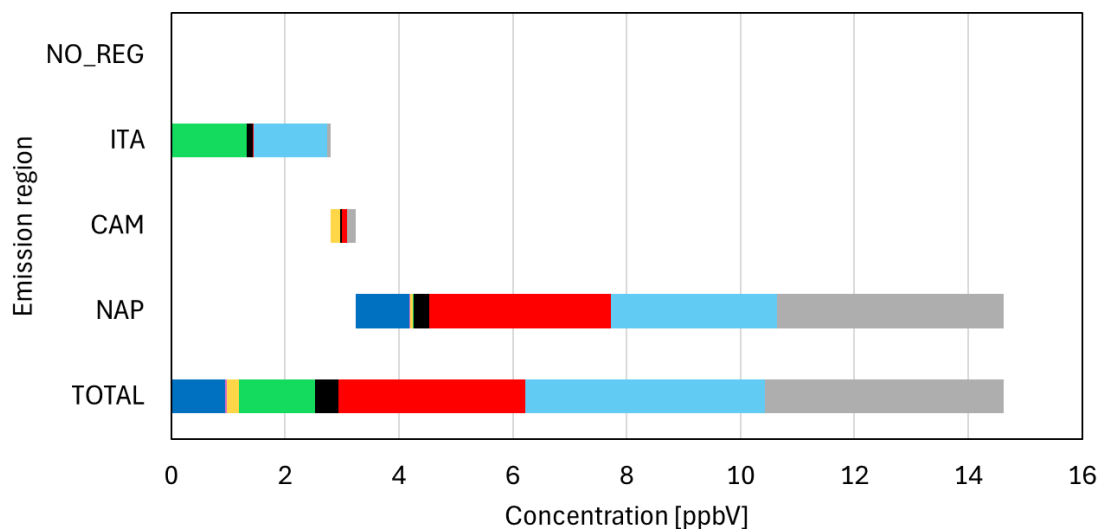
Categorie settoriali

ELE Produzione elettrica
IND Processi industriali
RES Combustione civile
TRA Traffico stradale
SHI Attività marittime
AVI Aviazione
AGR Agricoltura
NAT Fonti naturali

Regioni tracciate

NAP Provincia di Napoli
CAM Regione Campania
ITA Dominio nazionale
NO_REG Contributi non allocati a regioni specifiche

Risultati Source Apportionment (NO₂)



■ AGR ■ AVI ■ ELE ■ IND ■ NAT ■ OTHER ■ RES ■ SHI ■ TRA ■ BC

Categorie settoriali

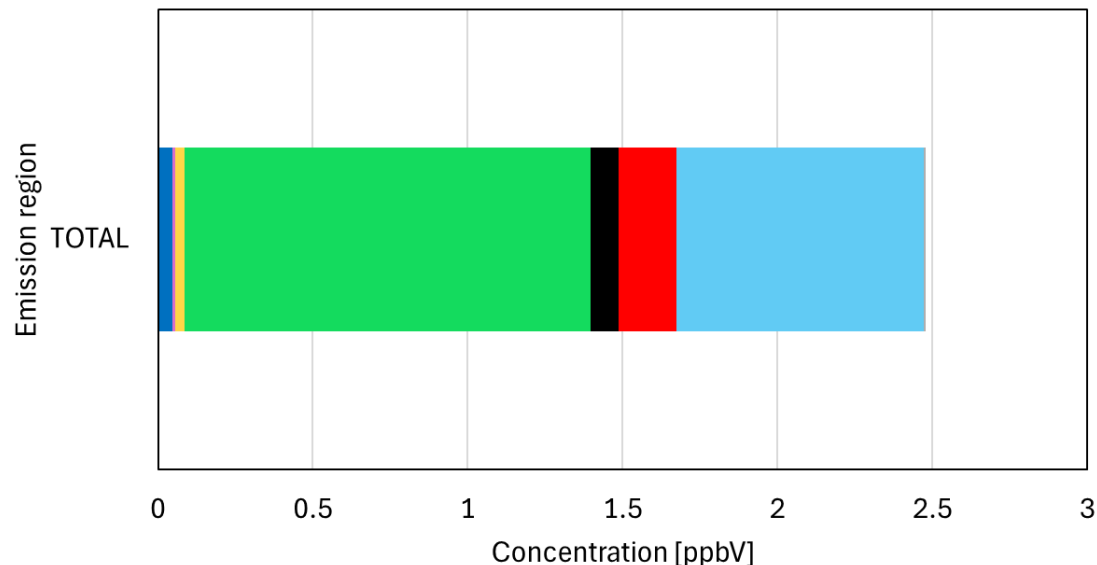
ELE Produzione elettrica
IND Processi industriali
RES Combustione civile
TRA Traffico stradale
SHI Attività marittime
AVI Aviazione
AGR Agricoltura
NAT Fonti naturali

Regioni tracciate

NAP Provincia di Napoli
CAM Regione Campania
ITA Dominio nazionale
NO_REG Contributi non allocati a regioni specifiche

- ▶ Il contributo dell'area NAP è di gran lunga dominante ed è sostanzialmente coincidente con il totale; i settori prevalenti sono TRA, SHI e RES
- ▶ L'area ITA (resto d'Italia, esclusa l'area napoletana) contribuisce con circa 3 ppbV, con apporti principalmente da NAT e SHI
- ▶ L'area CAM (Campania, esclusa NAP) apporta un contributo molto limitato (~0.8 ppbV), riconducibile principalmente a ELE e IND
- ▶ L'area NO_REG (emissioni non attribuite a regione specifica o background esterno) presenta un contributo trascurabile al ricettore

Risultati Source Apportionment (SO₂)



■ AGR ■ AVI ■ ELE ■ IND ■ NAT ■ OTHER ■ RES ■ SHI ■ TRA ■ BC

Categorie settoriali

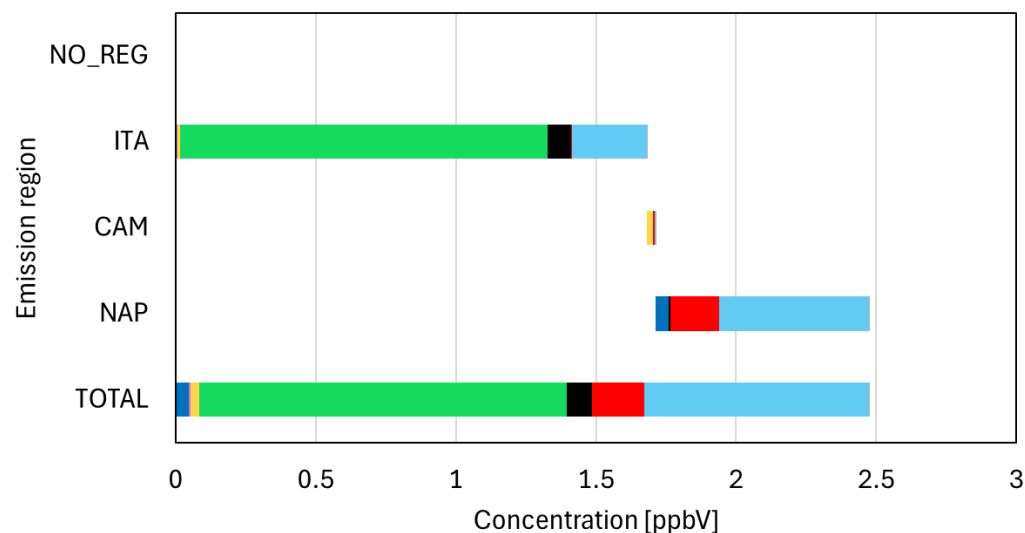
ELE Produzione elettrica
IND Processi industriali
RES Combustione civile
TRA Traffico stradale
SHI Attività marittime
AVI Aviazione
AGR Agricoltura
NAT Fonti naturali

Regioni tracciate

NAP Provincia di Napoli
CAM Regione Campania
ITA Dominio nazionale
NO_REG Contributi non allocati a regioni specifiche

- ▶ La concentrazione media annua di SO₂ al ricettore NA07 è di circa **2.5 ppbV**, sensibilmente inferiore rispetto al NO₂
- ▶ Il settore **NAT** (naturale) è il contribuente assoluto dominante, con una quota pari a circa il **55-60% del totale**.
- ▶ Il settore **SHI** (navigazione) rappresenta il secondo contributo in ordine di importanza.
- ▶ I settori **RES**, **OTHER** e **AVI** forniscono contributi marginali; **TRA** e **TRA** risultano praticamente assenti, a differenza di quanto osservato per il NO₂

Risultati Source Apportionment (SO₂)



■ AGR ■ AVI ■ ELE ■ IND ■ NAT ■ OTHER ■ RES ■ SHI ■ TRA ■ BC

Categorie settoriali

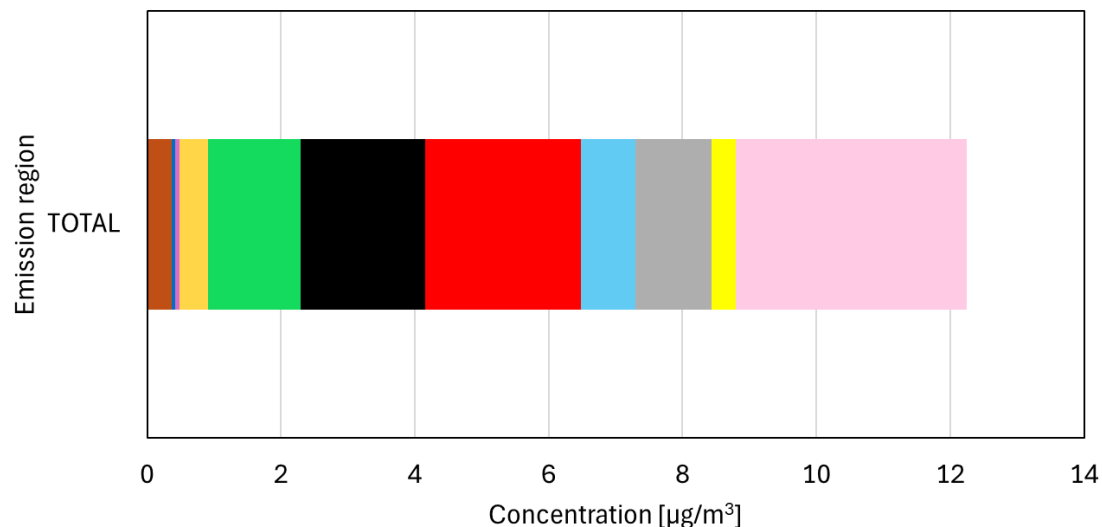
ELE Produzione elettrica
IND Processi industriali
RES Combustione civile
TRA Traffico stradale
SHI Attività marittime
AVI Aviazione
AGR Agricoltura
NAT Fonti naturali

Regioni tracciate

NAP Provincia di Napoli
CAM Regione Campania
ITA Dominio nazionale
NO_REG Contributi non allocati a regioni specifiche

- ▶ Il contributo dell'area ITA (resto d'Italia) è preponderante (~1.7 ppbV), trainato quasi interamente dal settore NAT.
- ▶ L'area NAP contribuisce con circa 0.7 ppbV, con apporti principalmente da SHI e RES, a indicare sorgenti locali di combustione e traffico marittimo
- ▶ L'area CAM ha un contributo trascurabile, riconducibile a una piccola quota di IND e RES
- ▶ L'area NO_REG risulta del tutto irrilevante per questo inquinante

Risultati Source Apportionment (PM2.5)



AGR AVI ELE IND NAT OTHER RES SHI TRA SOA BC

Categorie settoriali

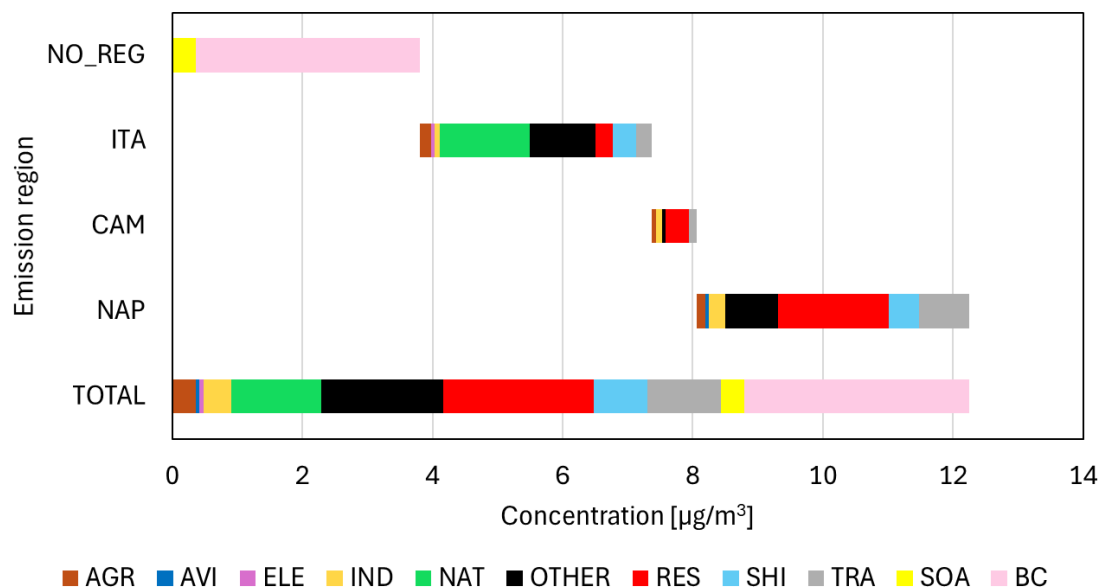
ELE Produzione elettrica
IND Processi industriali
RES Combustione civile
TRA Traffico stradale
SHI Attività marittime
AVI Aviazione
AGR Agricoltura
NAT Fonti naturali

Regioni tracciate

NAP Provincia di Napoli
CAM Regione Campania
ITA Dominio nazionale
NO_REG Contributi non allocati a regioni specifiche

- ▶ La concentrazione media annua di $\text{PM}_{2.5}$ al ricettore NA07 è di circa $12.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a differenza dei gas
- ▶ Il settore BC (Boundary Conditions, ovvero il fondo di lungo raggio) è il contribuente singolo più rilevante, con una quota di circa $3\text{-}3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- ▶ Il settore RES (riscaldamento residenziale) è il principale contribuente antropico locale, con un apporto di circa $2.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$
- ▶ Il settore OTHER contribuisce in modo non trascurabile ($\sim 2 \mu\text{g}/\text{m}^3$), seguito da NAT, TRA e SHI con contributi comparabili ($\sim 1\text{-}1.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ciascuno)
- ▶ I settori AGR, AVI, IND, ELE e SOA risultano marginali

Risultati Source Apportionment (PM2.5)



Categorie settoriali

ELE Produzione elettrica
IND Processi industriali
RES Combustione civile
TRA Traffico stradale
SHI Attività marittime
AVI Aviazione
AGR Agricoltura
NAT Fonti naturali

Regioni tracciate

NAP Provincia di Napoli
CAM Regione Campania
ITA Dominio nazionale
NO_REG Contributi non allocati a regioni specifiche

- ▶ L'area NO_REG emerge come il contribuente geografico più importante ($\sim 4 \mu\text{g}/\text{m}^3$), dominata quasi interamente da BC.
- ▶ L'area ITA contribuisce con circa $3.5 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con apporti distribuiti tra NAT, OTHER e SHI, a indicare un ruolo del trasporto regionale di particolato
- ▶ L'area NAP apporta circa $3 \mu\text{g}/\text{m}^3$, con i settori RES e TRA come principali driver locali, coerentemente con il contesto urbano del ricevitore
- ▶ L'area CAM ha un contributo limitato ($\sim 0.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$), con apporti riconducibili principalmente a RES e piccole quote di altri settori

Dal Source Apportionment allo scenario

CORRIERE DELLA SERA CORRIERE DEL MEZZOGIORNO

ABBONATI Accedi

Porto di Napoli, aggiudicata la gara per l'elettificazione delle banchine: è l'area più inquinata della città

di Fabrizio Geremicca

Opera da 40 milioni, il progetto riguarderà calata Porta di Massa



- ▶ I risultati di SA hanno evidenziato il traffico marittimo come sorgente critica
- ▶ Questa evidenza ha orientato la scelta del settore marittimo come target prioritario per la definizione di uno scenario di intervento
- ▶ Lo scenario selezionato riflette il progetto di elettificazione delle banchine alla Calata Porta di Massa

Scenario “land powered ships”: costruzione emissioni

Step 1 - Inventario di base (EMEP 2017)

Le emissioni marittime totali del baseline sono derivate dall'inventario EMEP (anno 2017).

Le emissioni rappresentano i totali annui aggregati del settore GNFR marittimo, senza distinzione per fase operativa.

Step 2 - Ricostruzione bottom-up nel Porto di Napoli

Stima bottom-up delle emissioni portuali seguendo la metodologia ARPAC, basata su dati di attività forniti dall'Autorità Portuale (arrivi, durate di ormeggio, tempi di manovra per categoria di nave).

Fattori di emissione tratti dal framework PILOTA ISPRA-ARPA, consentendo la disaggregazione per tipo di nave, inquinante (NO_x, SO₂, PM₁₀) e fase operativa (navigazione, manovra, ormeggio).

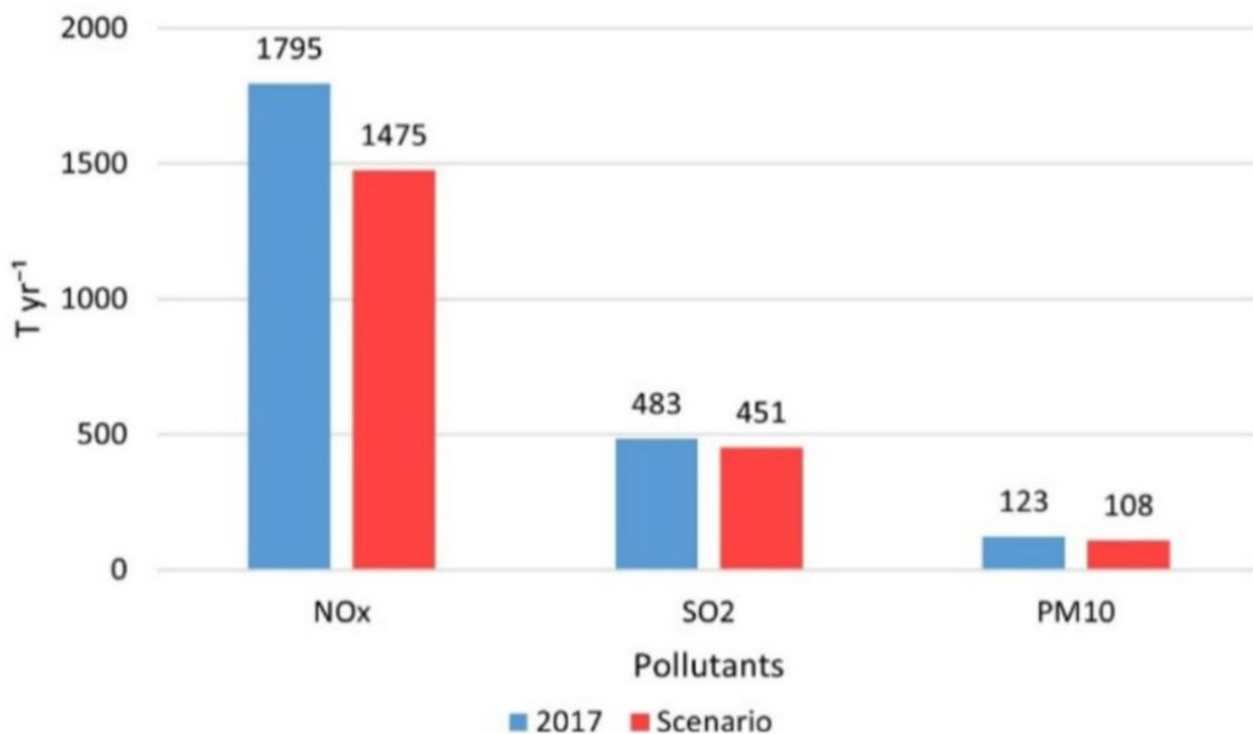
Questa analisi ha fornito la quota percentuale delle emissioni attribuibili alla fase di ormeggio (hoteling).

Step 3 - Costruzione dello scenario di intervento

Le quote di emissione per fase operativa derivate dall'analisi ARPAC sono state utilizzate per scalare le emissioni EMEP spazializzate.

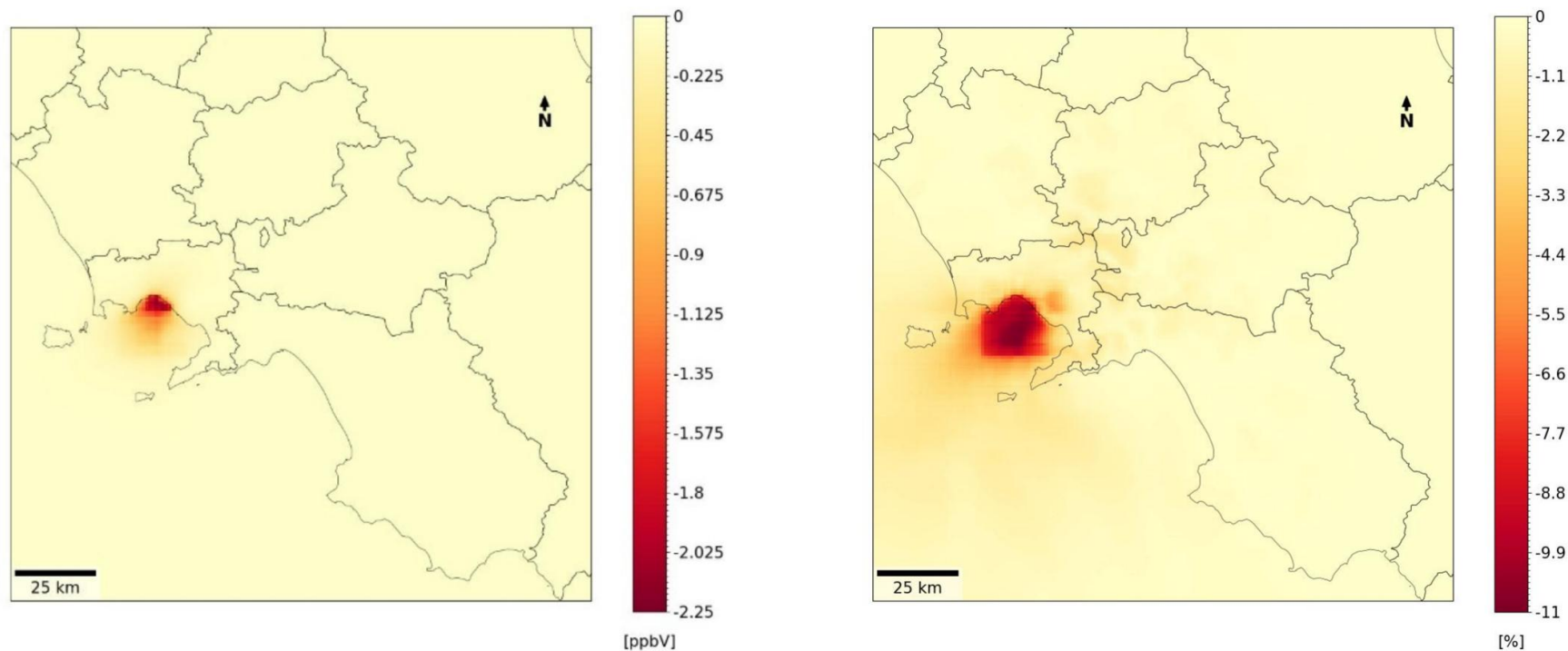
La frazione emissiva relativa alla fase di ormeggio delle navi passeggeri è stata rimossa selettivamente all'interno dell'area portuale, lasciando invariate le emissioni di navigazione e manovra.

Risultati: riduzioni emissive (porto)



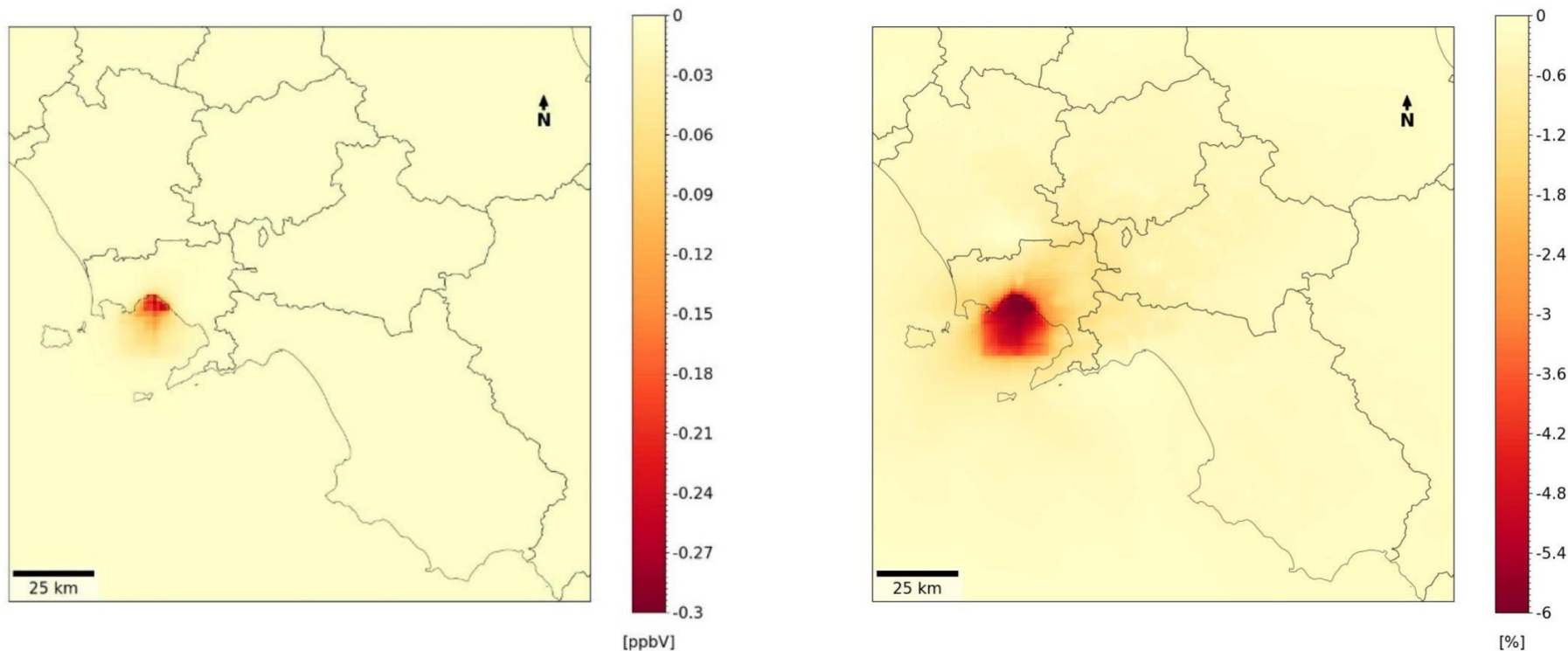
- Riduzioni emissioni:
 - NO_x: -18% — da 1.795 a 1.475 t/anno,
 - PM₁₀: -12% — da 123 a 108 t/anno,
 - SO₂: -7% — da 483 a 451 t/anno;

Risultati: mappe NO₂



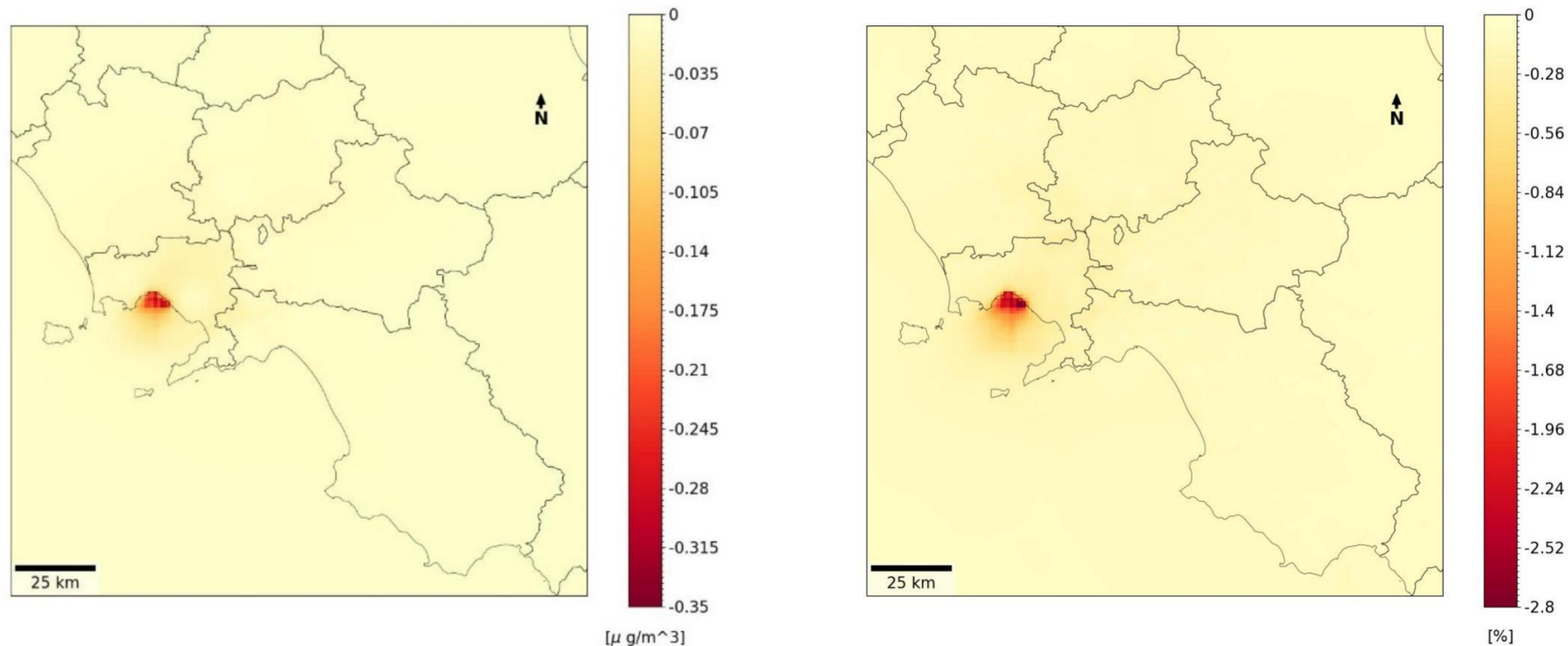
- Riduzione assoluta massima: ~ -2.25 ppbV, concentrata nell'area portuale e nelle immediate vicinanze
- Riduzione relativa massima: $> -10\%$ nelle zone a più elevata concentrazione

Risultati: mappe SO₂



- Riduzione assoluta massima: ~ -0.30 ppbV, localizzata in prossimità dei terminal di attracco, dove la combustione di combustibili ad alto tenore di zolfo era più intensa
- Riduzione relativa massima: -6% , significativa in proporzione al baseline

Risultati: mappe PM_{2.5}



- Riduzione assoluta massima: $\sim -0.35 \mu\text{g}/\text{m}^3$, nell'area portuale immediata
- Riduzione relativa massima: $\sim -2.8\%$, proporzionalmente rilevante rispetto ai valori baseline

Implicazioni per policy e conclusioni



Lo shore power produce
miglioramenti
misurabili della qualità
dell'aria in area
portuale, soprattutto su
NO₂ e SO₂



Le soglie future
(orizzonte 2030)
rendono più critici NO₂
e soprattutto PM_{2.5} →
necessarie misure
integrate porto +
urbano



Il framework (PSAT +
scenari) è **trasferibile**
ad altre città portuali
mediterranee per
supportare decisioni
evidence-based

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Domenico Toscano
domenico.toscano@rse-web.it

This work has been financed by the Research Fund for the Italian Electrical System under the Three-Year Research Plan 2022-2024 (DM MITE n. 337, 15.09.2022), in compliance with the Decree of April 16th, 2018