

CONTROLLO E RIDUZIONE DELLE **EMISSIONI IN ATMOSFERA**
DELLE ATTIVITA' PRODUTTIVE

Modulo 1| 21-24 marzo 2025 Modulo 2| 27-28 marzo 2025 Modulo 3| 10-11 aprile 2025

23 CFP intero corso per gli ingegneri

**ESEMPI APPLICATIVI DI MODELLI DI QUALITÀ DELL'ARIA.
CASI STUDIO.**

Nicola Pepe



n.pepe@aria-net.it

ARIANET srl (gruppo SUEZ)

Nicola Pepe

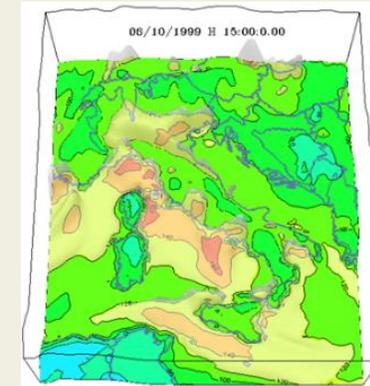
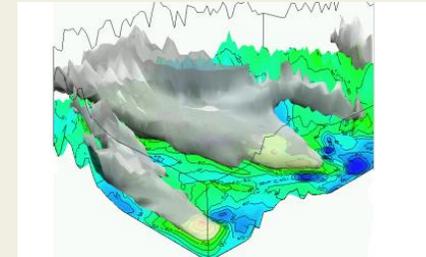
Laureato in Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio al Politecnico di Milano dove ho conseguito anche un Dottorato di Ricerca focalizzato sulla combinazione tra un modello euleriano e uno lagrangiano per migliorare la stima della concentrazione al suolo in ambiente urbano.

Dal 2017 in **ARIANET**, società di consulenza sulla qualità dell'aria, mi occupo delle simulazioni modellistiche a scala regionale per valutare l'effetto sulla qualità dell'aria di sorgenti emmissive con il modello euleriano FARM, predisposizione dell'input emissivo a partire dall'analisi dell'inventario e di analisi di *source apportionment* sia per clienti pubblici che privati (nazionali e internazionali).

FARM (FLEXIBLE AIR QUALITY REGIONAL MODEL)

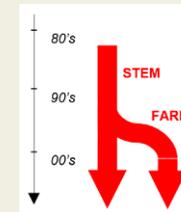
Modello Euleriano Multigriglia per la dispersione, trasformazione e la deposizione di inquinanti inerti e reattivi (meccanismi fotochimici e aerosols)

- Continentale → nazionale → regionale → scala urbana
- Multiple nested grids, on- e off-line
- Data assimilation dei dati osservati
- On-line source apportionment
- Reactive / tracers
- Parallelizzato



Derivato inizialmente da **STEM**

(prof. G.R. Carmichael *et al.*, CGRER - Center for Global and Regional Environmental Research, U. of Iowa)



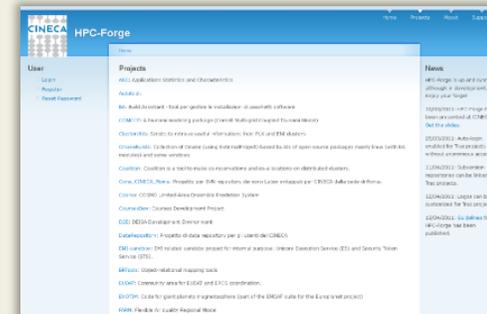
Migliorato progressivamente da ARIANET
+ tech. collaborations



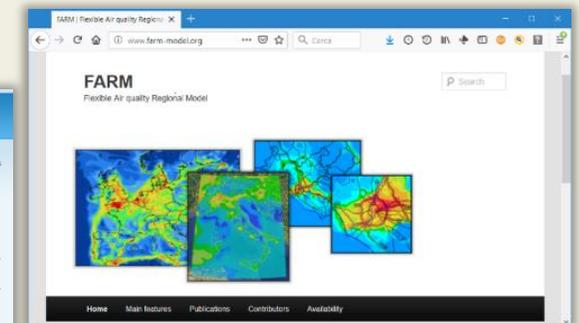
hpc-forge.cineca.it

Cuore del sistema **ARIA Regional**

Open-source distrib. attraverso CINECA HPC-Forge

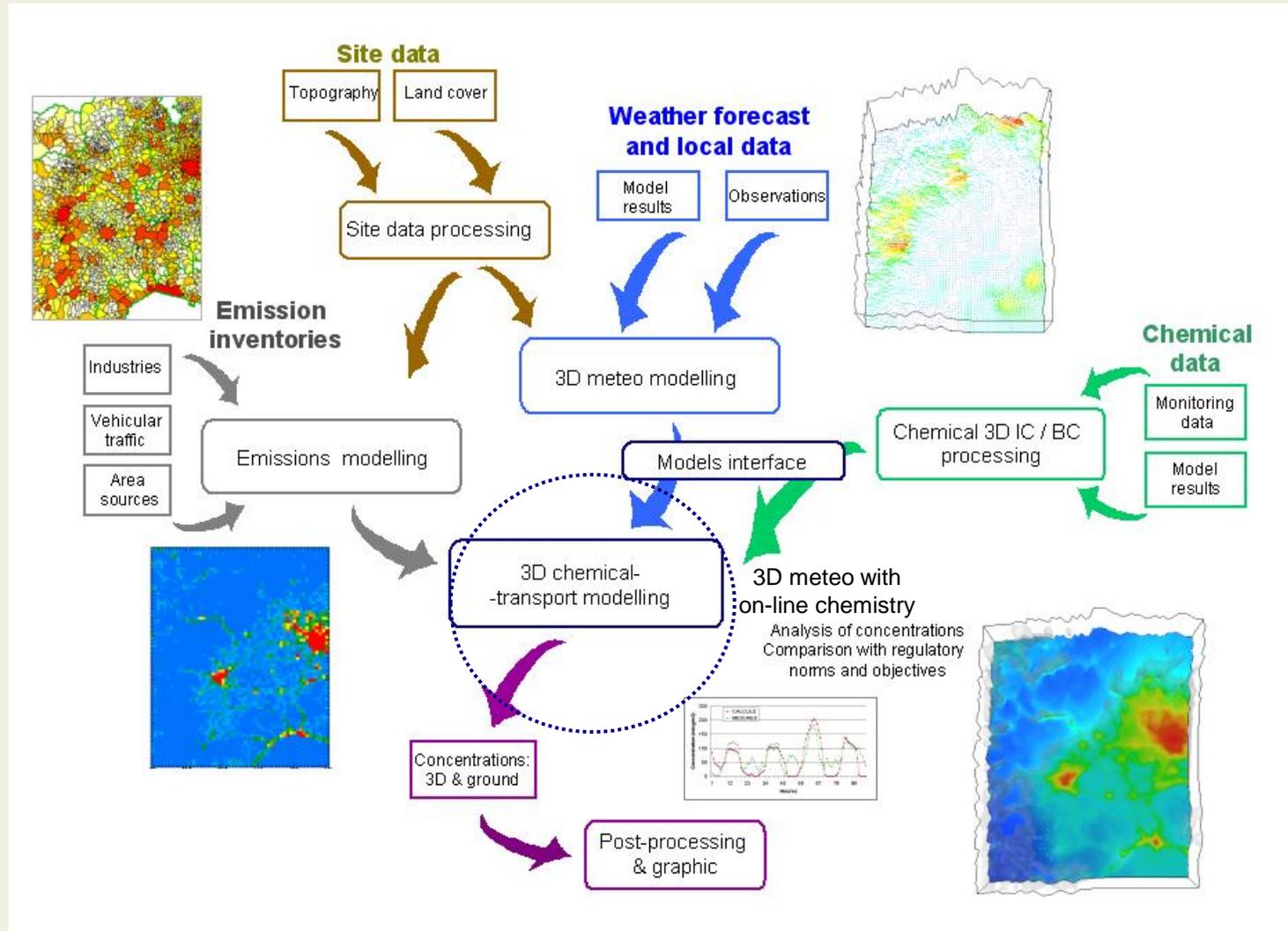


www.farm-model.org

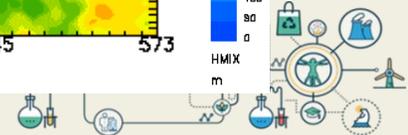
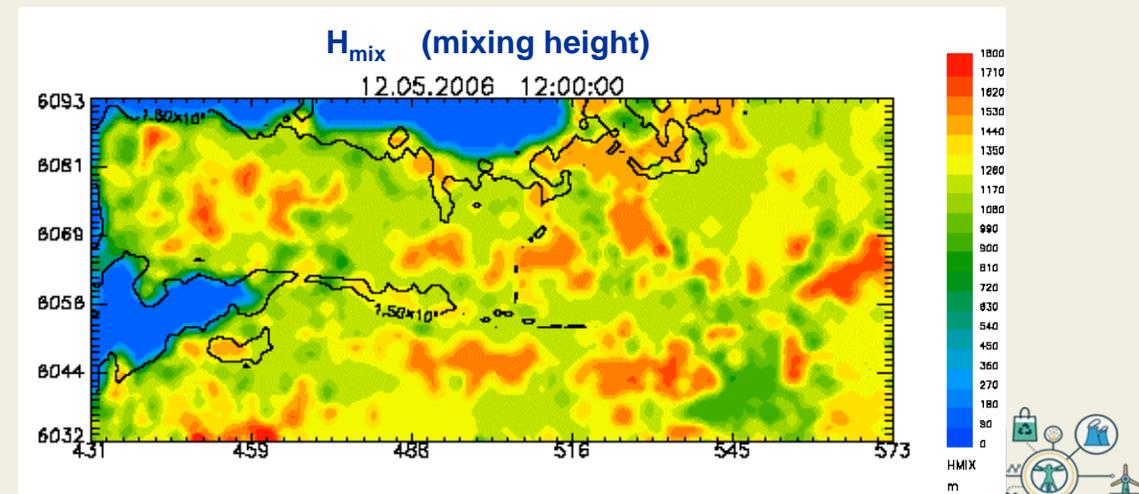
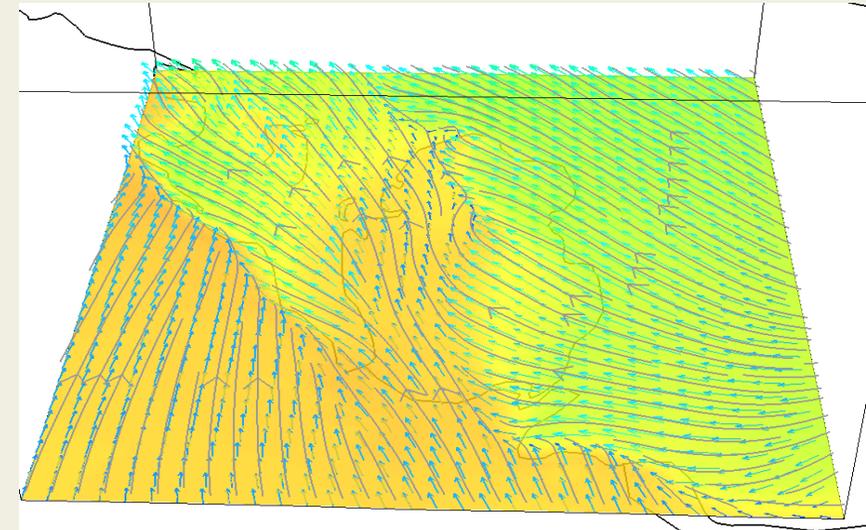
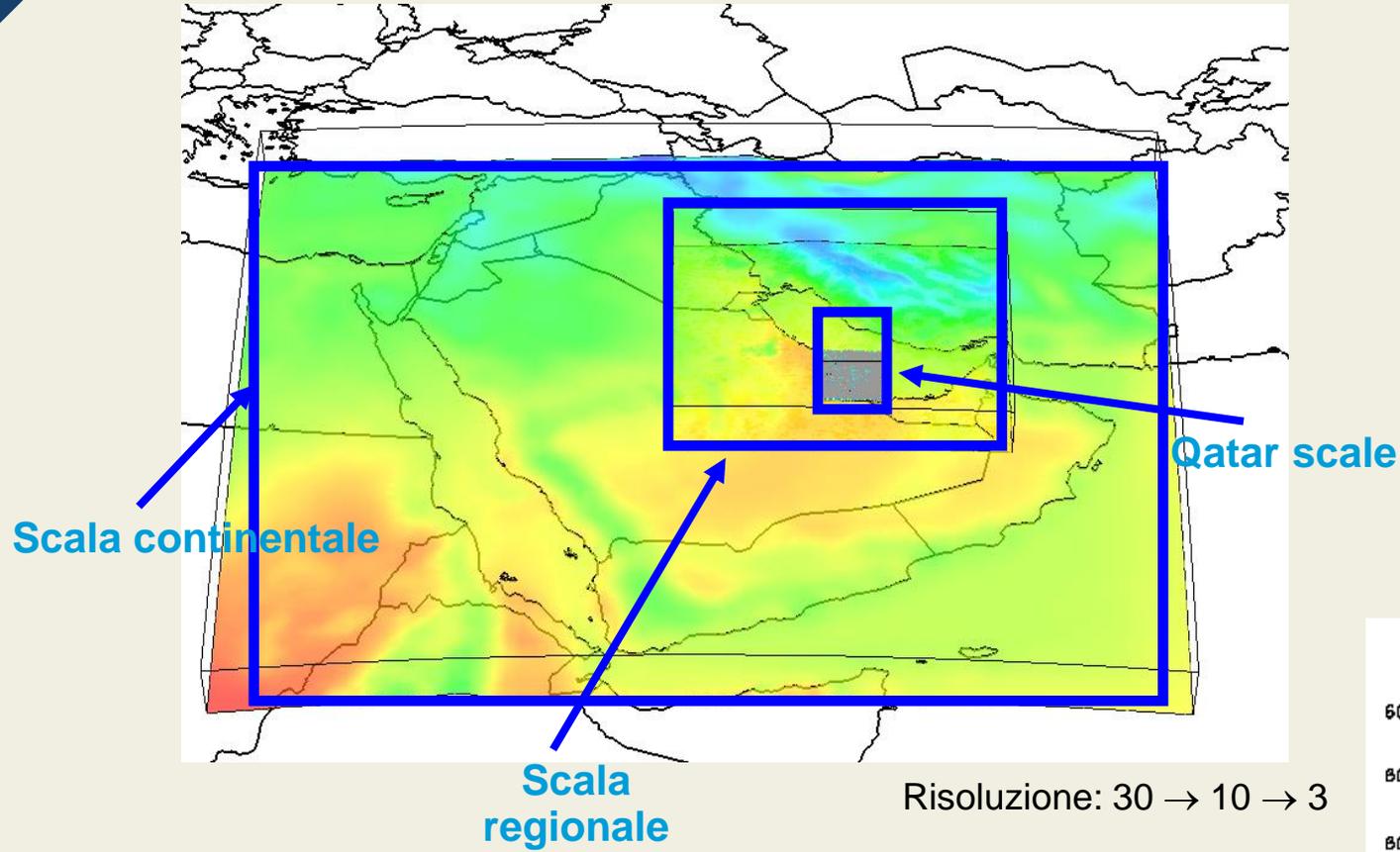


Catena modellistica





METEOROLOGIA

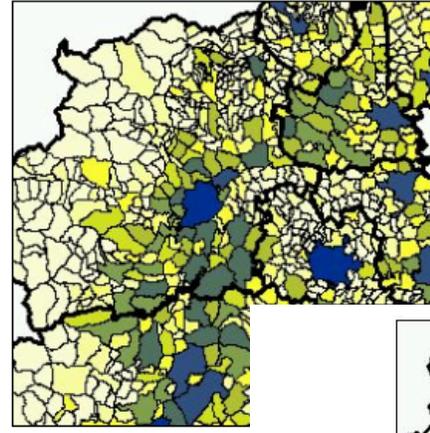
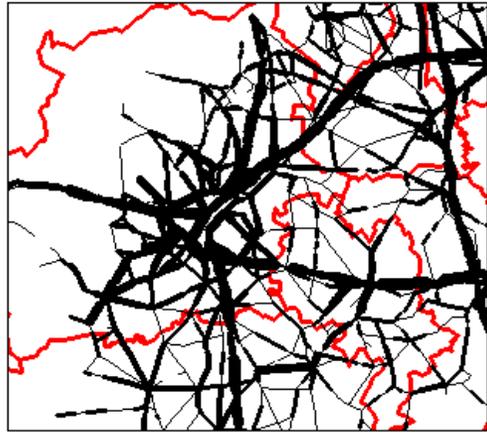
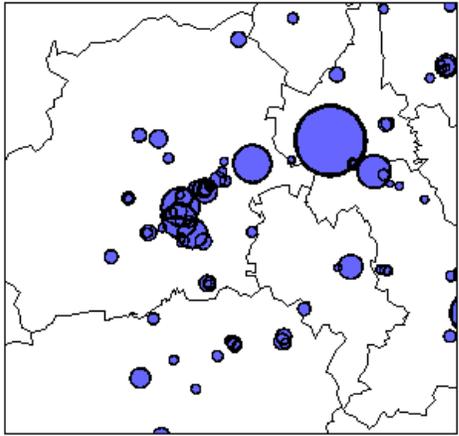


EMISSIONI

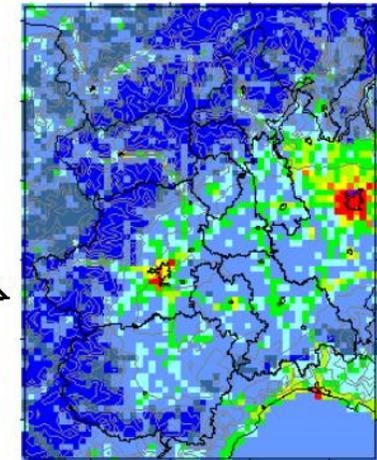
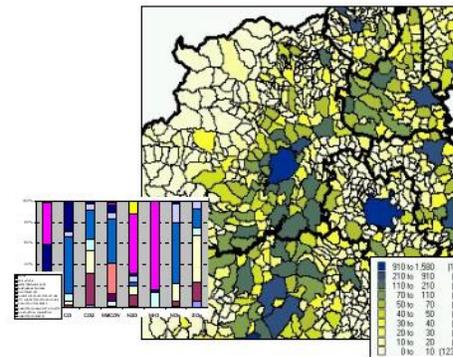
... puntuali

... lineari

... areali



Inventario:
 “record emissivo per ogni
 attività”
 (punti / linee / aree)



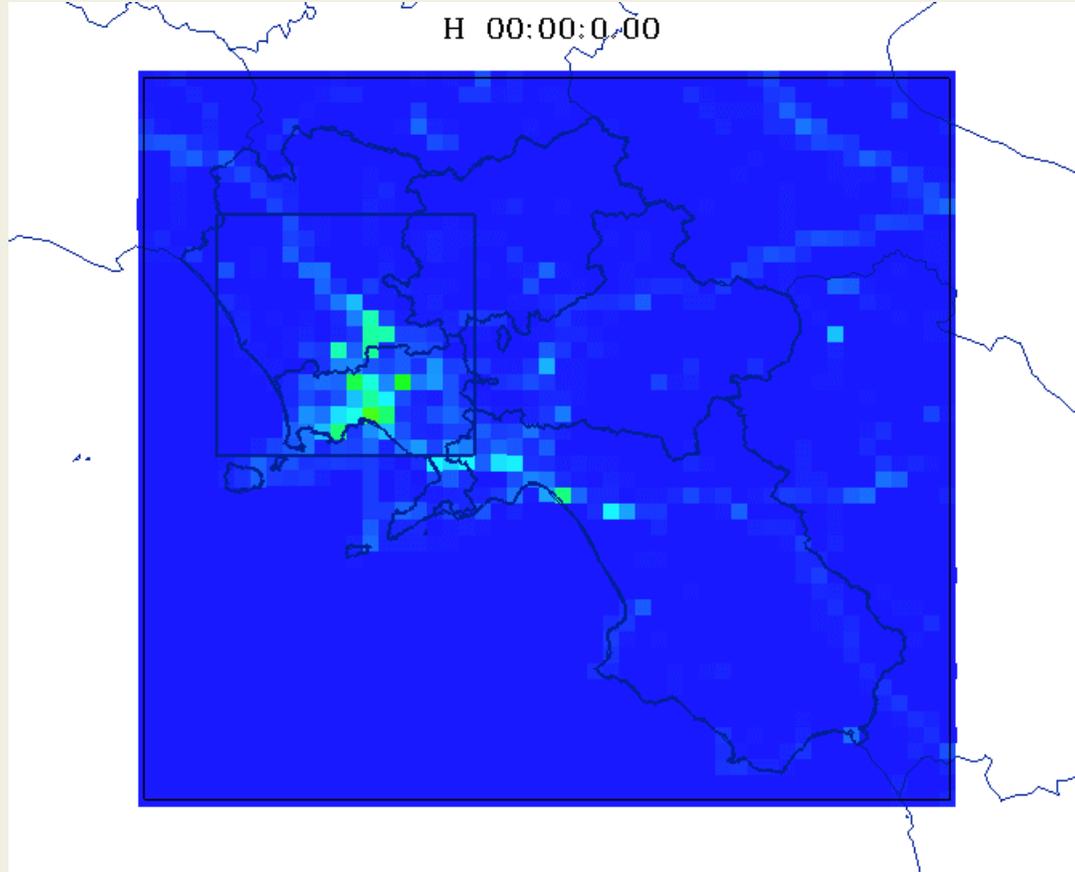
**Model-ready
 input**
 (orario, grigliato,
 speciato)



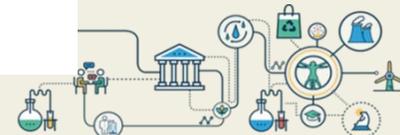
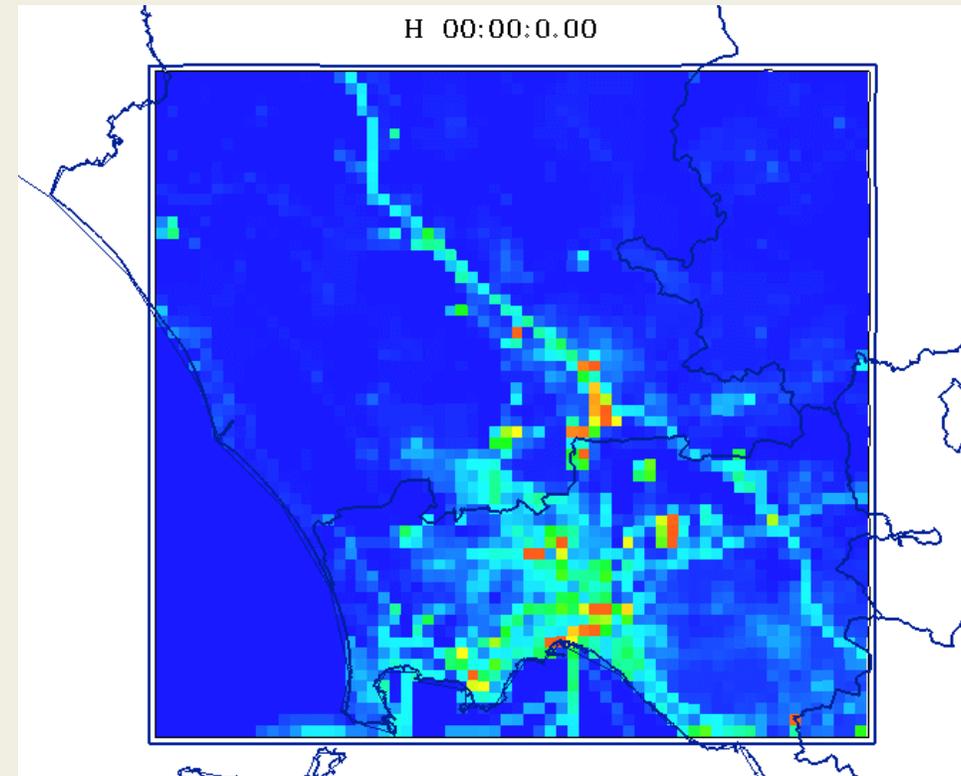
EMISSIONI

Esempio: Campania & Napoli, NO ciclo giornaliero (15 Gennaio)

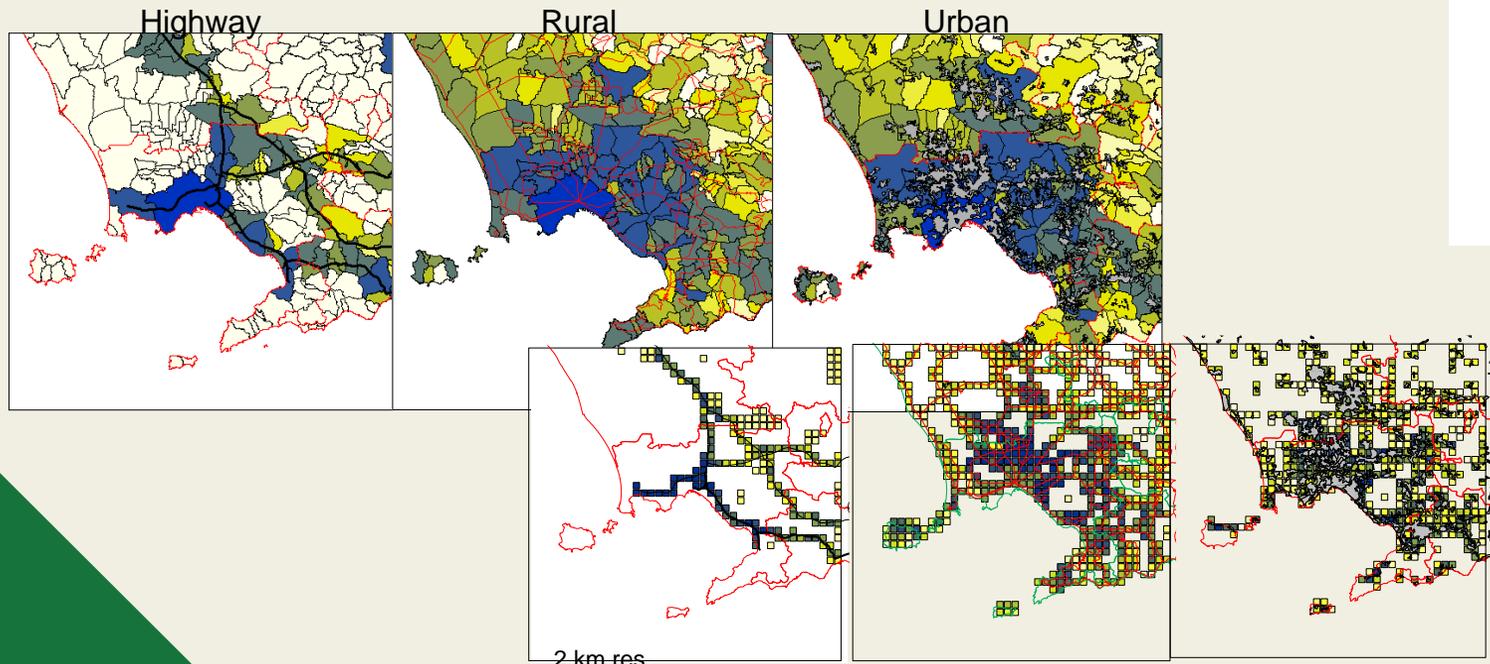
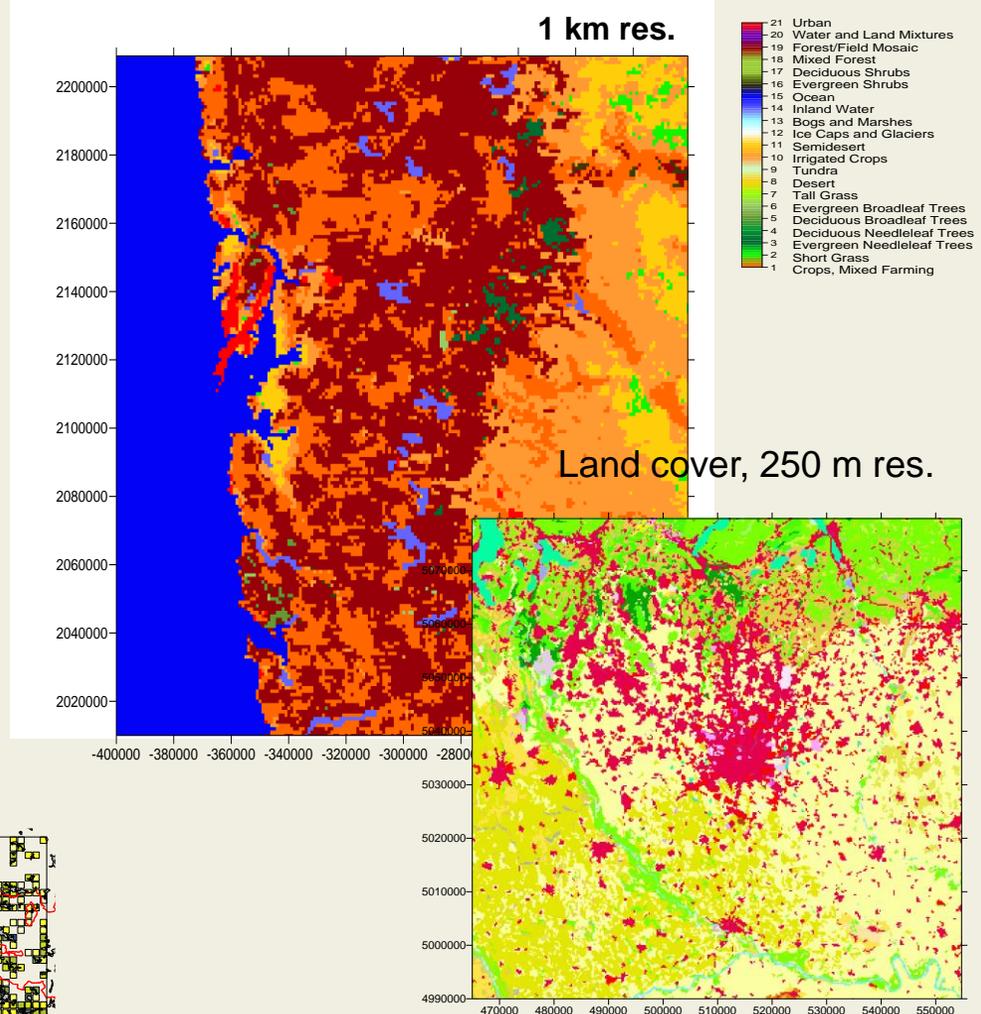
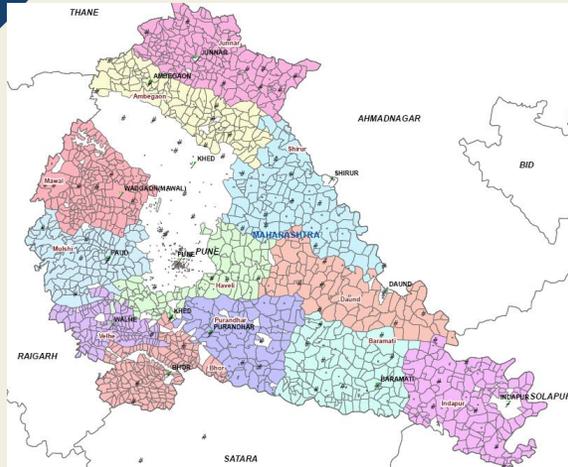
Dominio regionale (4 km res.)



Napoli & Caserta dominio urbano (1 km res.)



DATI GEOGRAFICI



Studi e applicazioni (modello euleriano)





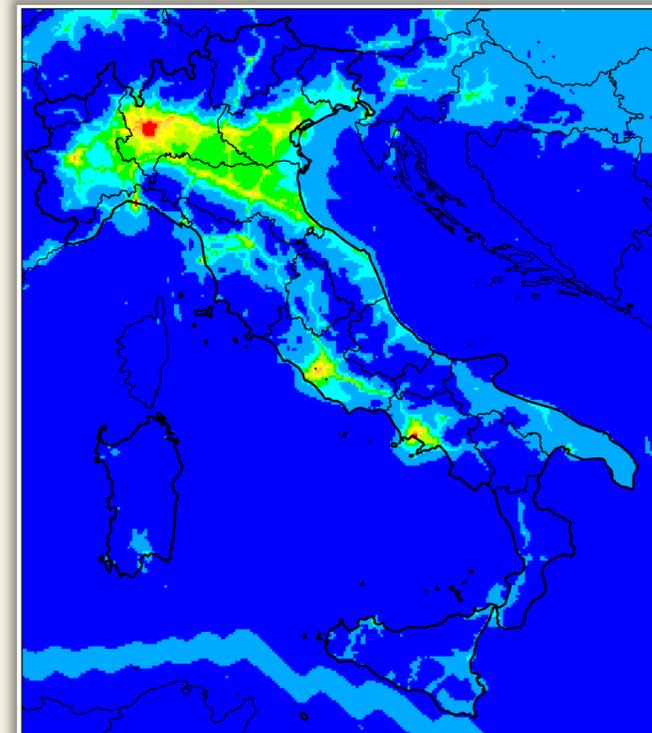
Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile



MINISTERO DELL'AMBIENTE
E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO E DEL MARE

GAINS-Italy
modello integrato di valutazione

Sistema modellistico atmosferico
basato su ARIA Regional / FARM

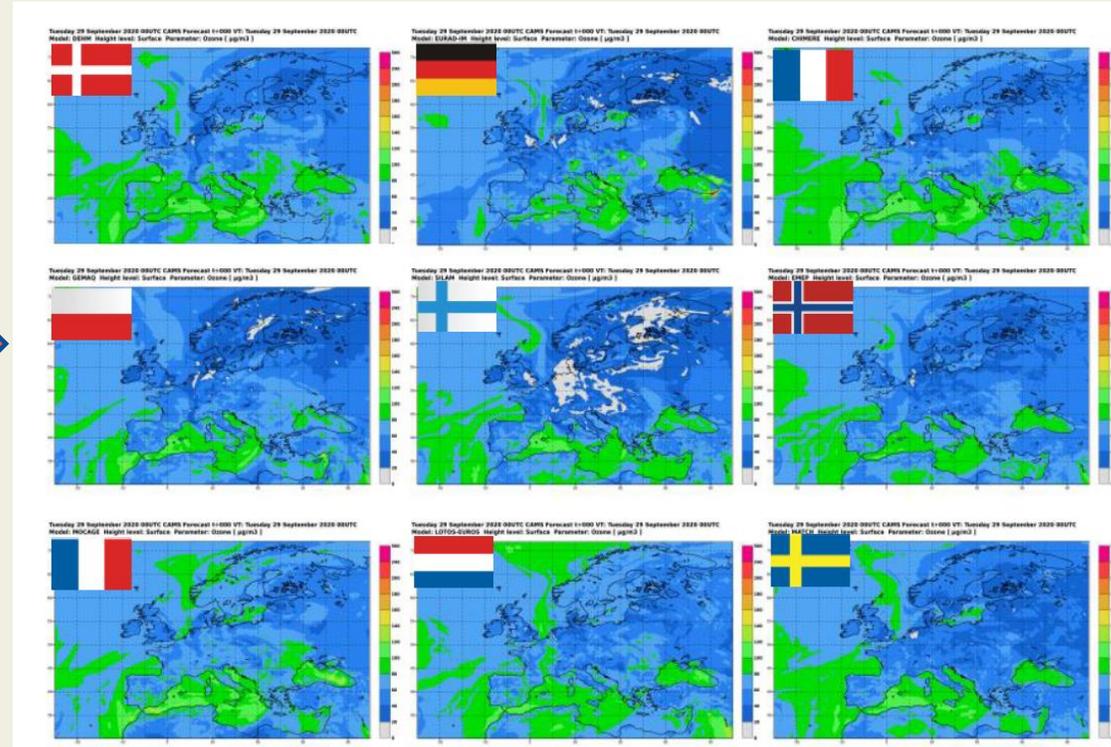
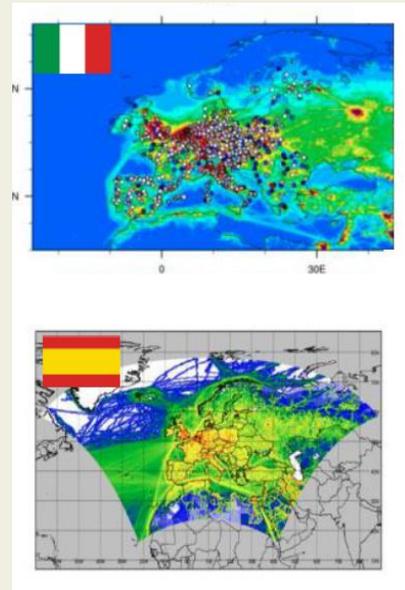


- Valutazione integrate dei piani nazionali e regionali di qualità dell'aria
- Supporto alle negoziazioni internazionali sull'inquinamento atmosferico



CAMS50 service

- Previsioni e analisi giornaliere
- Rianalisi annuali con osservazioni validate



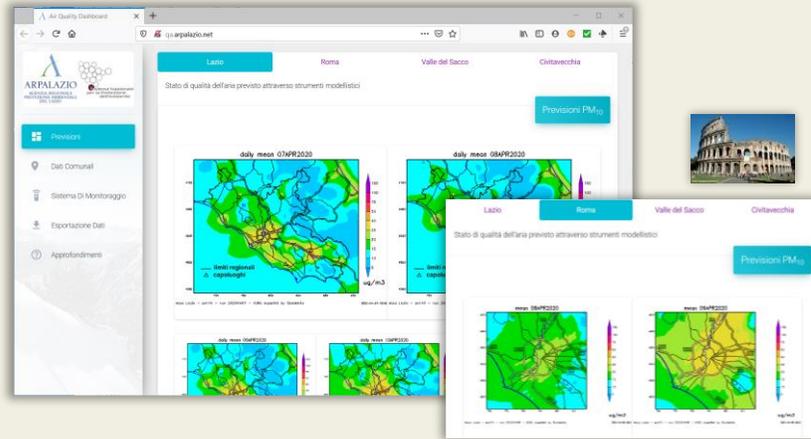
Modelli operativi (da giugno)

Modelli operativi

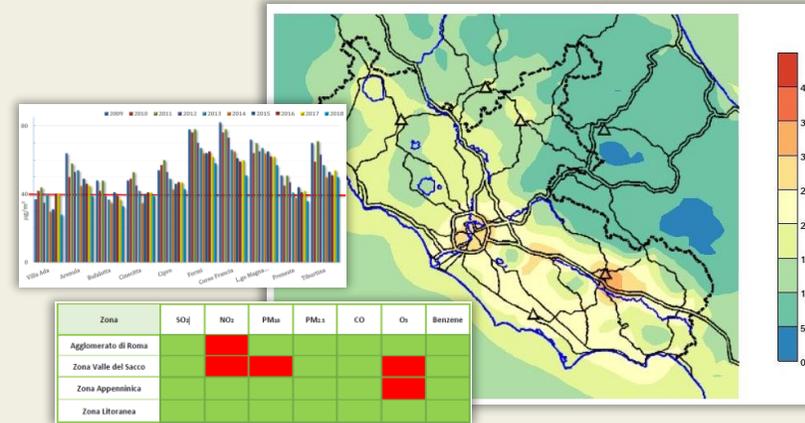


PRODOTTI A SCALA REGIONALE

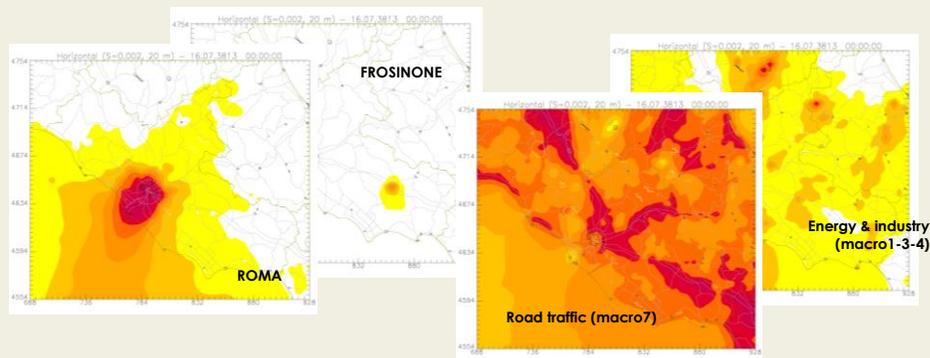
Previsioni giornaliere per la gestione della qualità dell'aria a livello regionale e per città



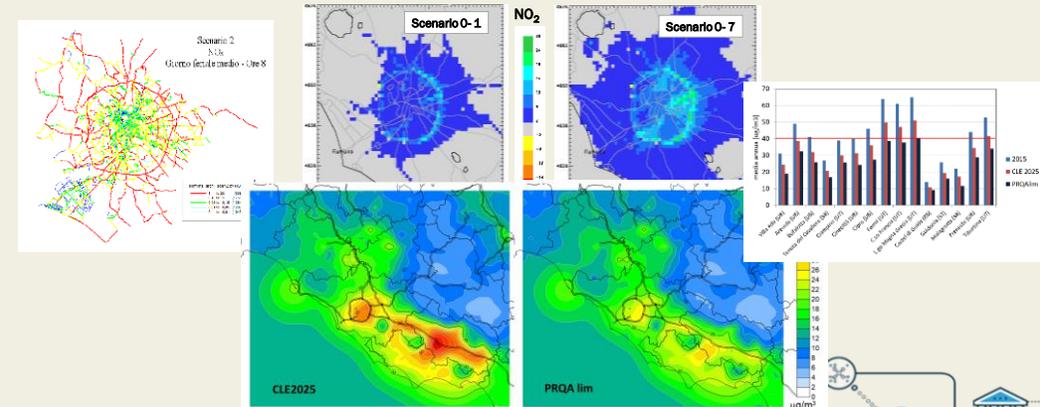
Valutazione annuale qualità dell'aria (EU reporting)



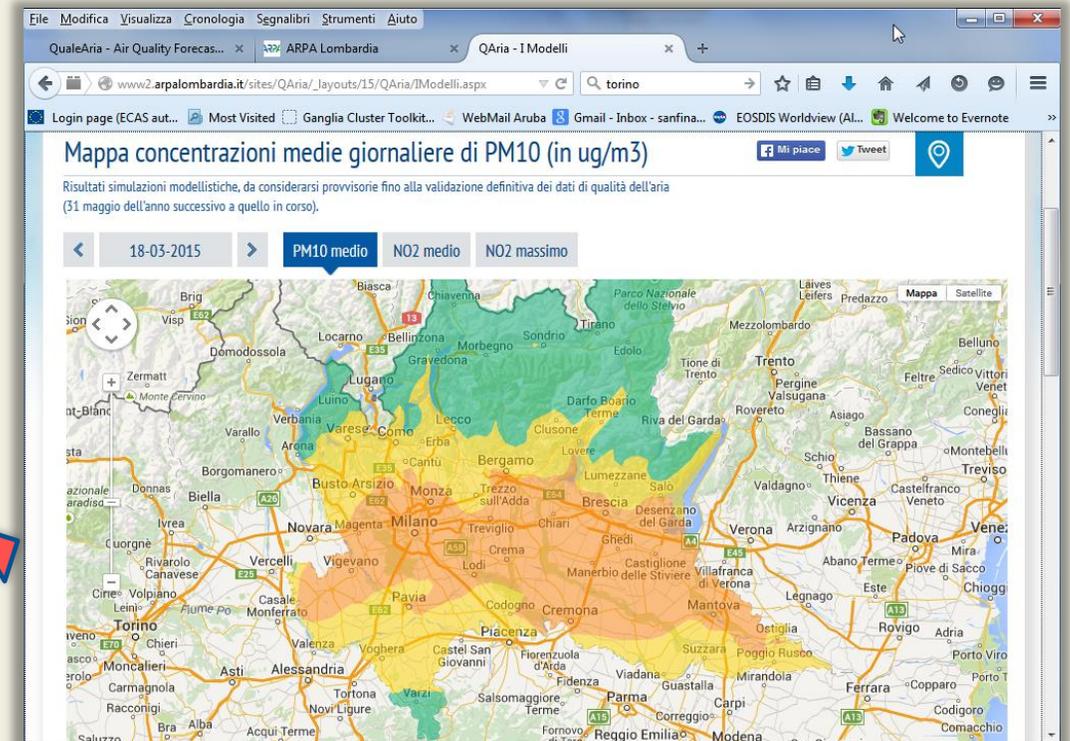
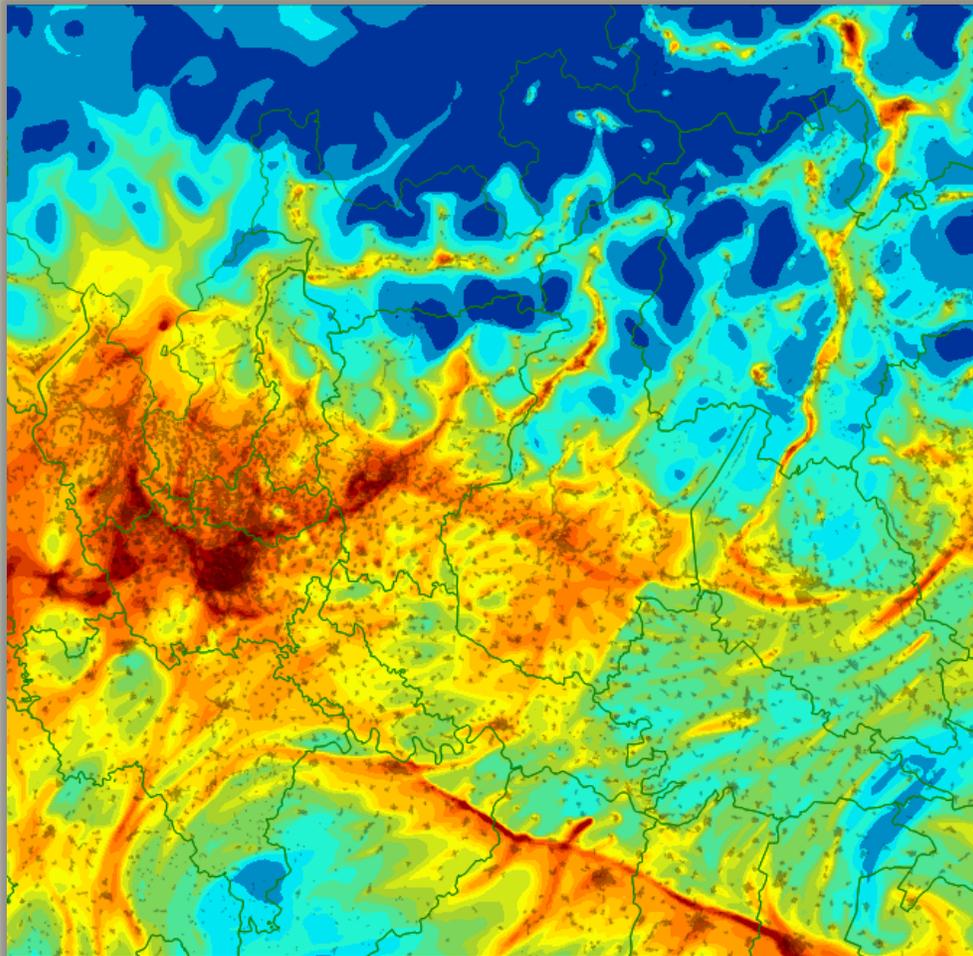
Source apportionment



Supporto per la valutazione di scenari



- Stime di concentrazione regionali a 1 km res.
- Hosted su macchina di calcolo proprietaria o cloud (AWS, Azure)



Utilizzi:

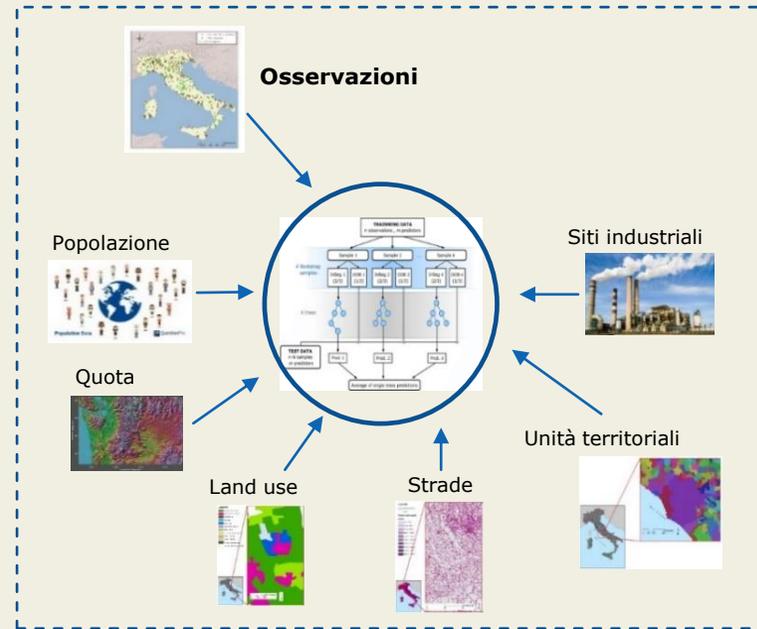
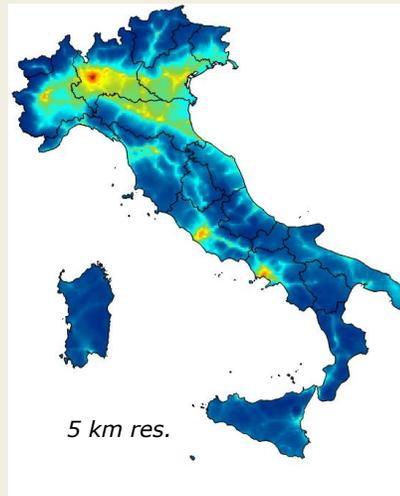
- Previsione & NRT → website
- Valutazioni annuali qualità dell'aria
- Supporto alla pianificazione tramite scenari emissivi



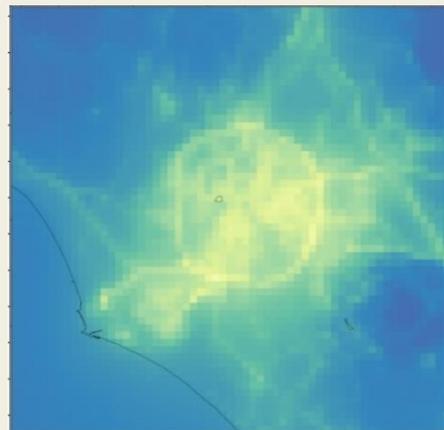
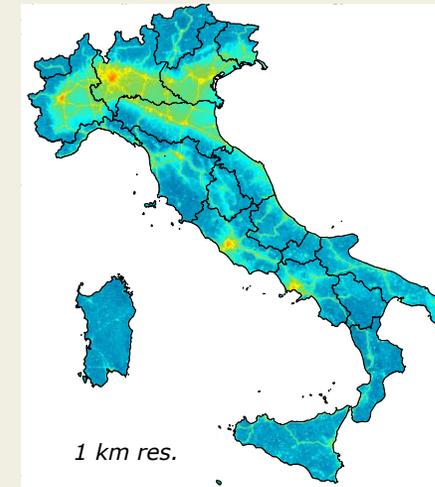
COMBINAZIONE CON MACHINE LEARNING



Modello 3D



Modello + Osservazioni



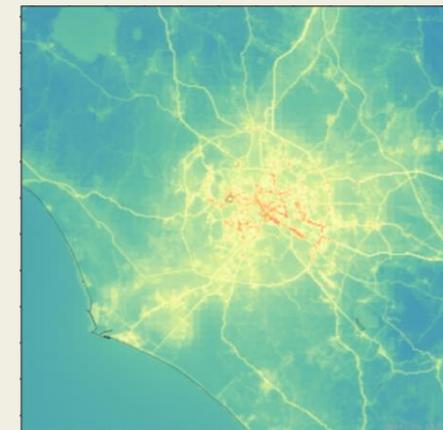
Tecnica:

- metodo geostatistico
- machine learning e 'big data'

Modelli a scala differente

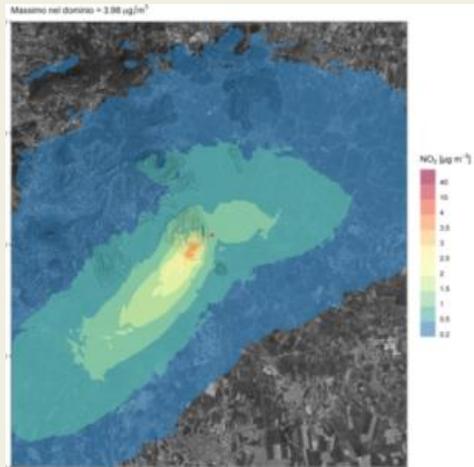


- Stazioni 'tradizionali'
- Sensoristica low-cost



STUDI D'IMPATTO SULLA SALUTE

Concentrazioni stimate

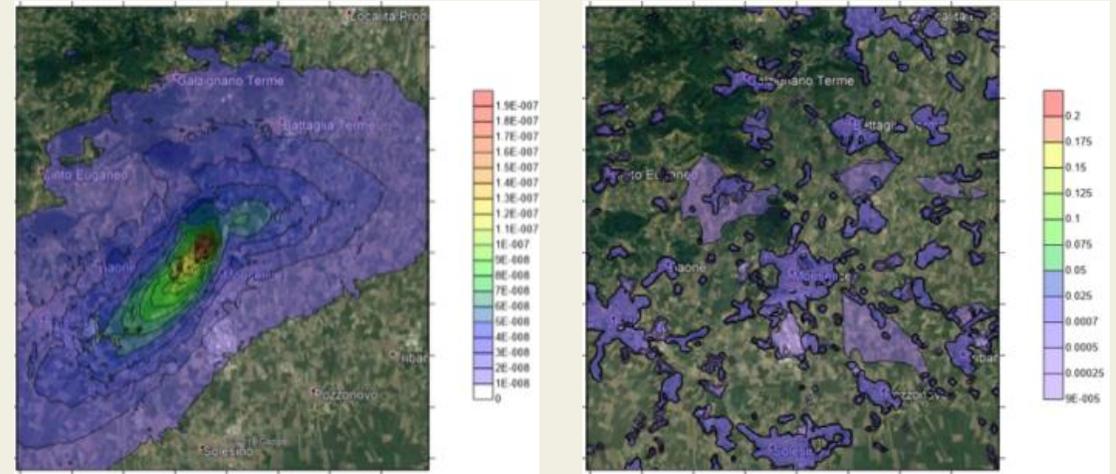


Distribuzione della popolazione



Impatto sulla salute

rischio cumulativo



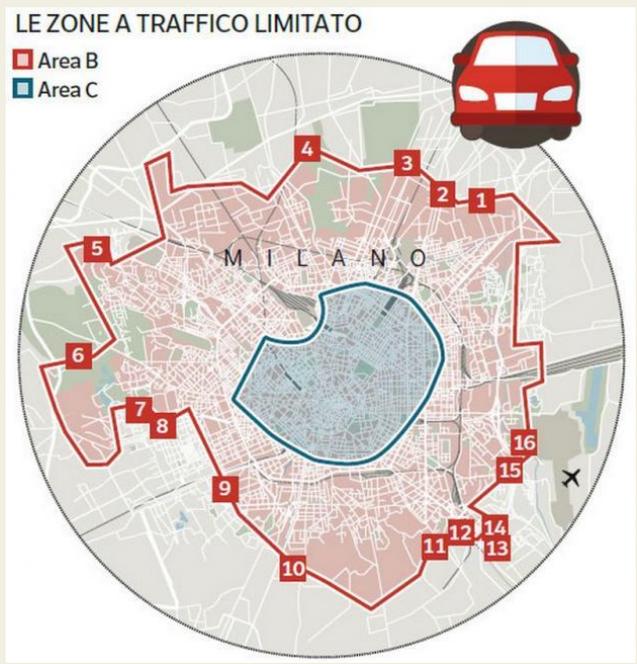
n. casi annui di decessi per cause naturali



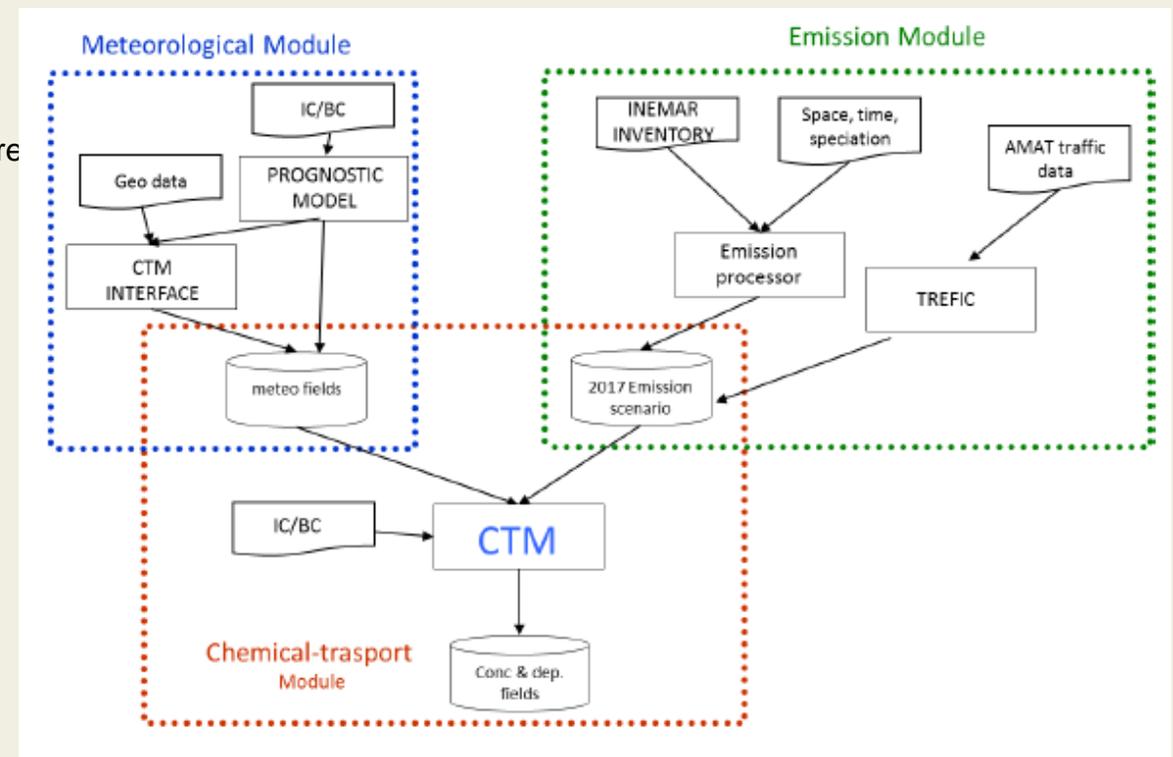
AMBIENTE URBANO

“CITTADINI PER L’ARIA” ONG - MILANO

- Scienza partecipata, con sensori low-cost
- ARIANET: emission da traffico da un modello ad hoc & scenario di qualità dell'aria



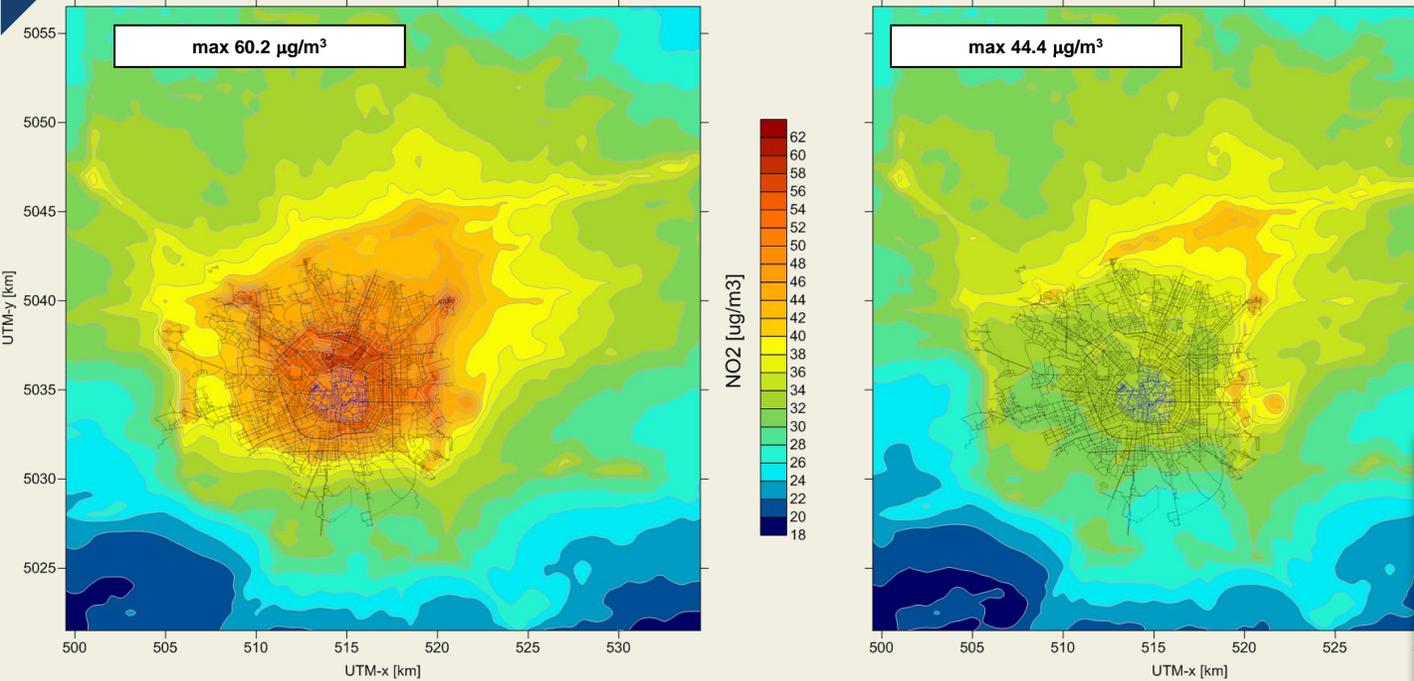
- LEZ (Low emission zones):
- Area C: in opera
 - Area B: progressivamente da estendere a tutti i veicoli diesel



AMBIENTE URBANO "CITTADINI PER L'ARIA" ONG - MILANO

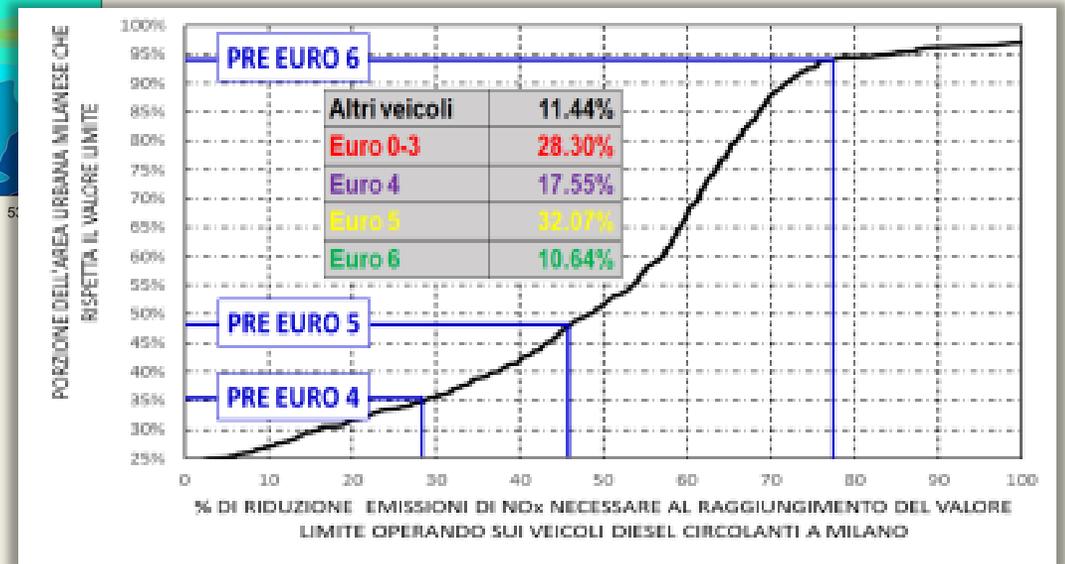
BASE CASE

NO Diesel



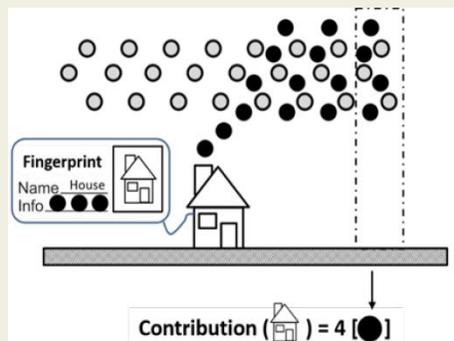
Effetto del progressivo divieto dei veicoli diesel

(% di area della città al di sotto del limite di QA, al crescere delle categorie EURO a cui è vietata la circolazione)



ORSA (ON-LINE REACTIVE SOURCE APPORTIONMENT)

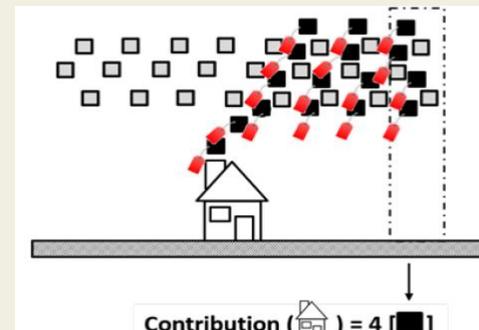
Modelli a recettore



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



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)

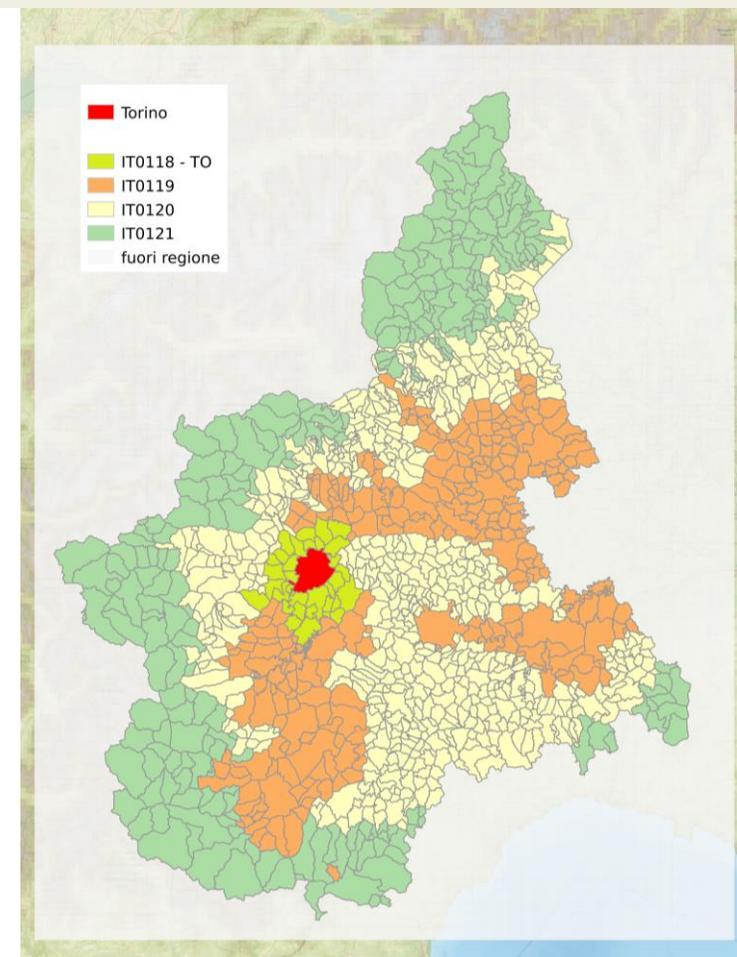
Settore	Comparto	Descrizione
Industria	Industria	Tutti le attività di tipo industriale (produzione di energia, combustione industriale, processi, ecc)
Riscaldamento: altri combustibili	Riscaldamento	Riscaldamento alimentato con GPL, diesel, metano e altri combustibili esclusa la biomassa
Riscaldamento: 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



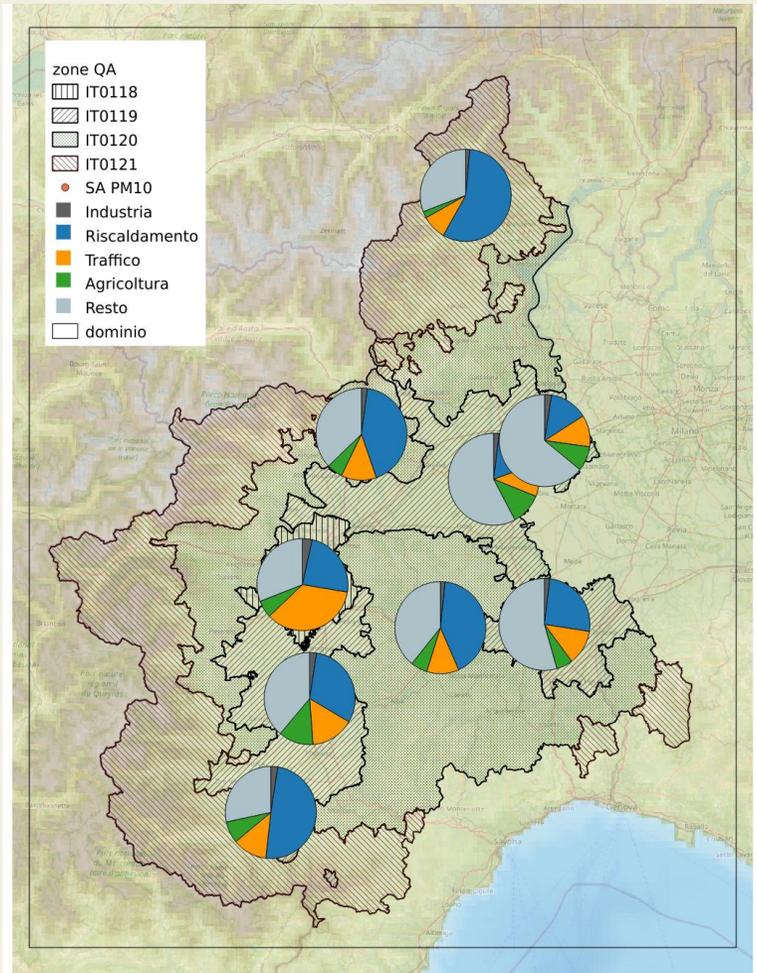
ORSA (ON-LINE REACTIVE SOURCE APPORTIONMENT)

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

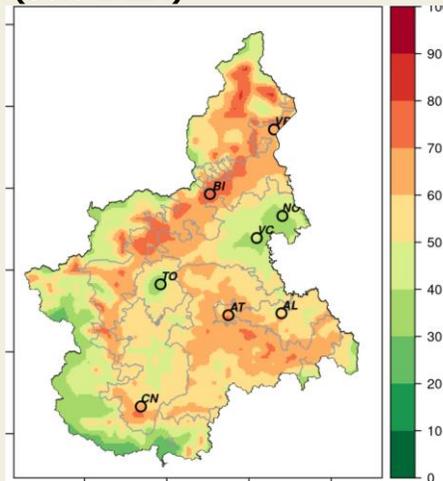
Zona	Descrizione
Torino	Comprende tutte le 12 sorgenti emmissive afferenti al comune di Torino
IT0118 - TO	Comprende tutte le 12 sorgenti emmissive afferenti ai comuni inseriti nella zona <i>IT0118 Agglomerato</i> , ad esclusione del comune di Torino
IT0119	Comprende tutte le 12 sorgenti emmissive afferenti 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



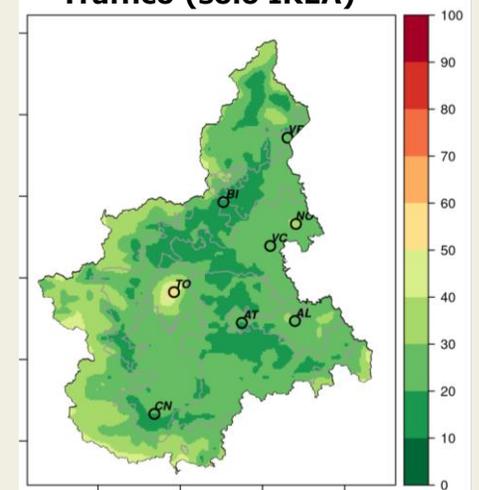
ORSA (ON-LINE REACTIVE SOURCE APPORTIONMENT)



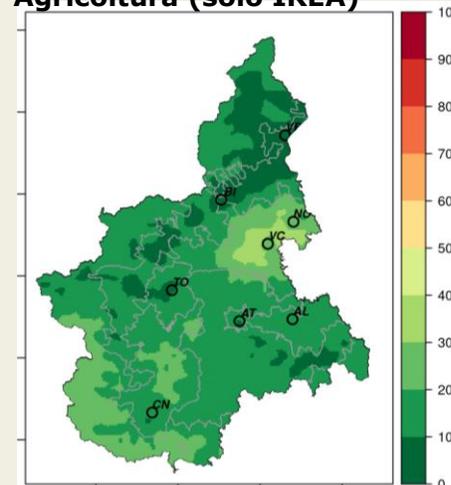
Riscaldamento a biomassa (solo IREA)



Traffico (solo IREA)

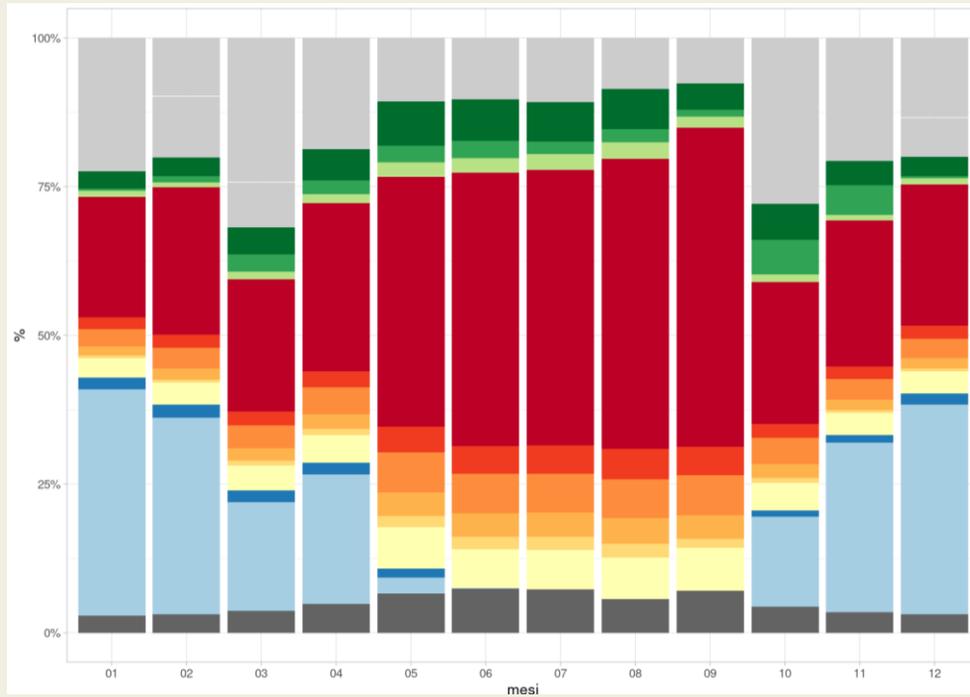


Agricoltura (solo IREA)

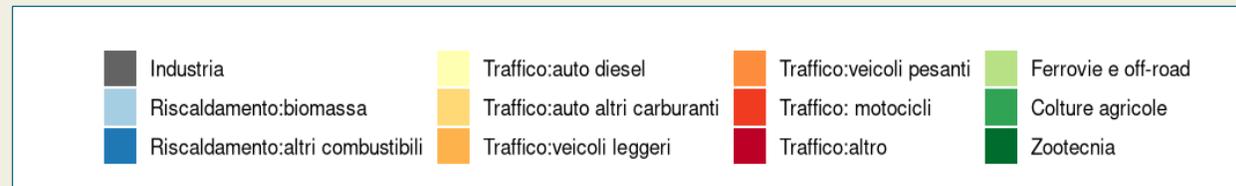
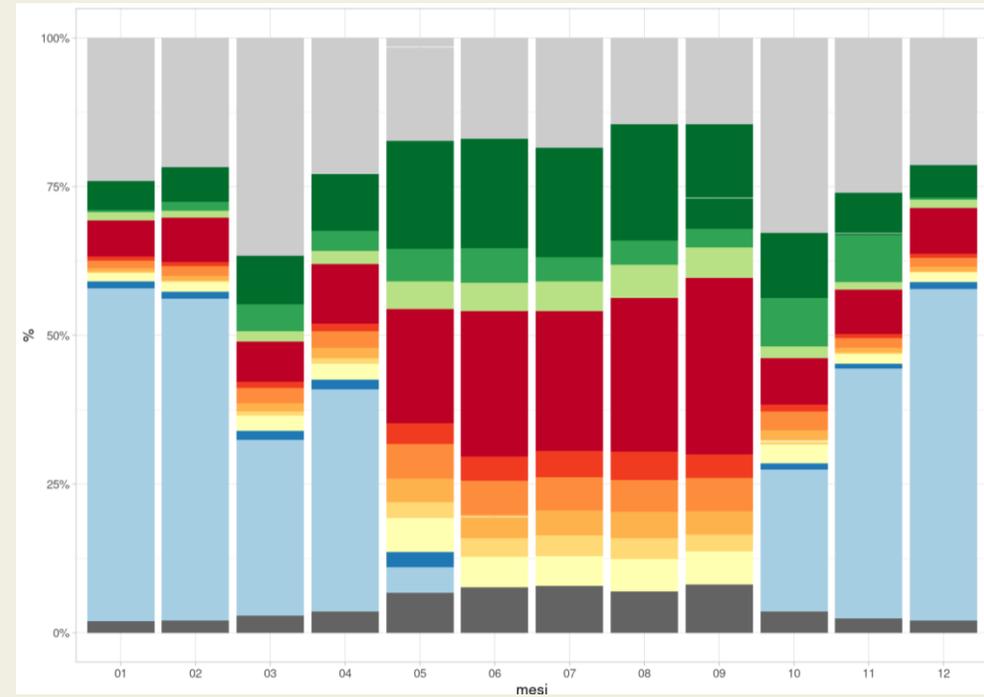


ORSA (ON-LINE REACTIVE SOURCE APPORTIONMENT)

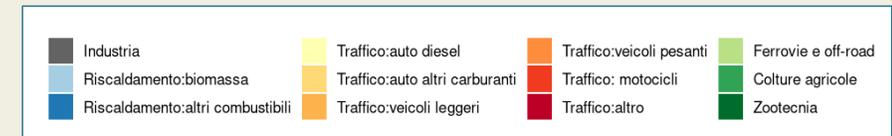
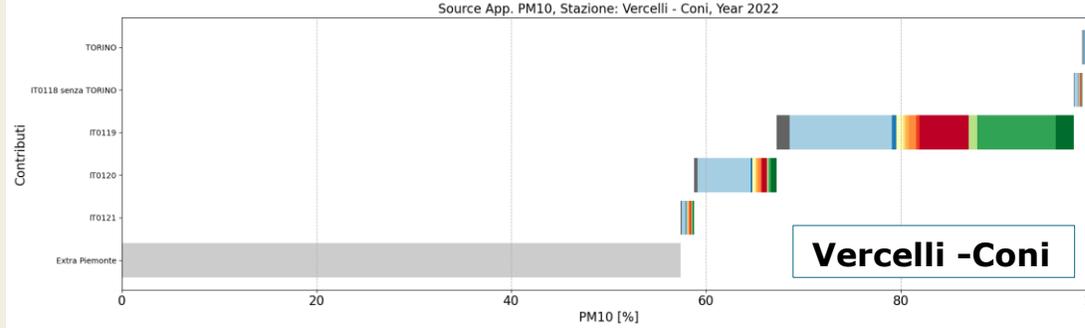
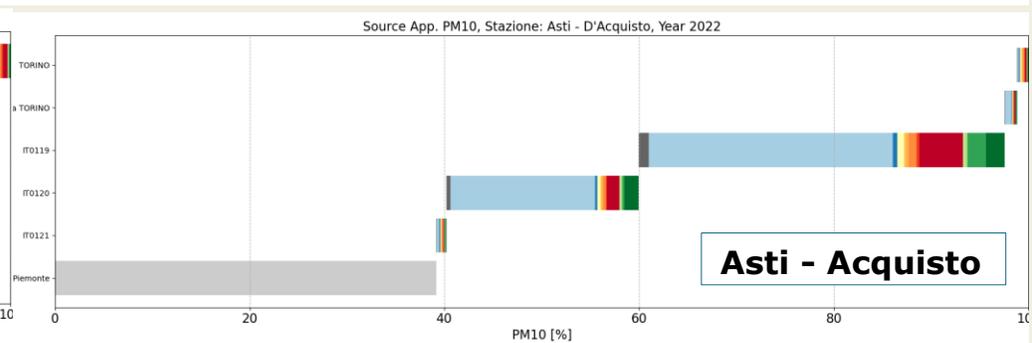
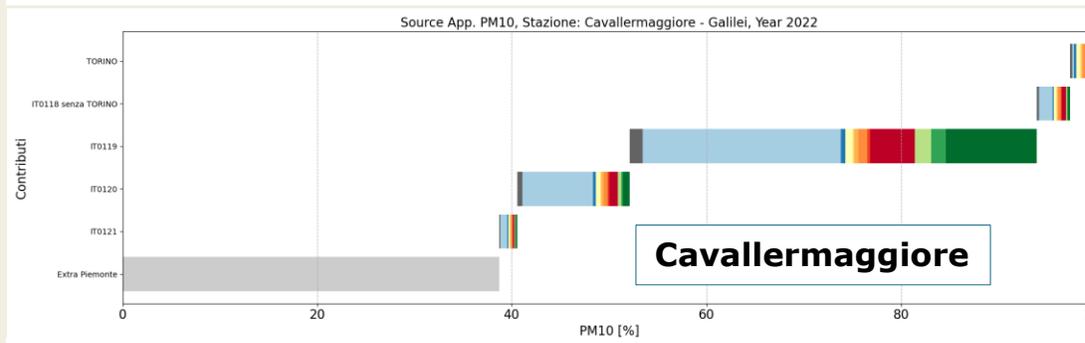
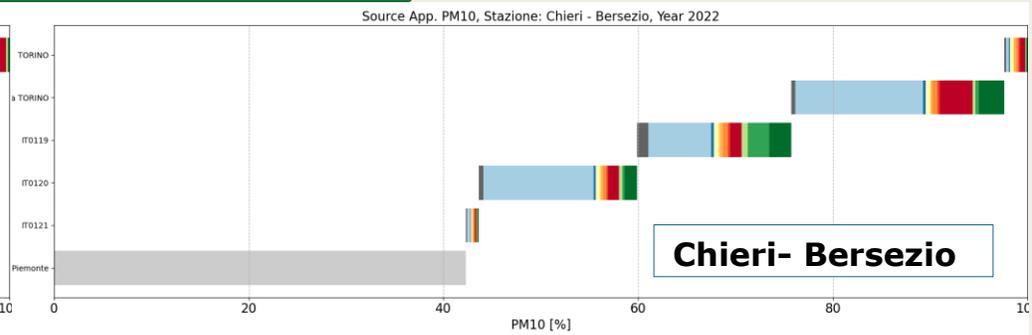
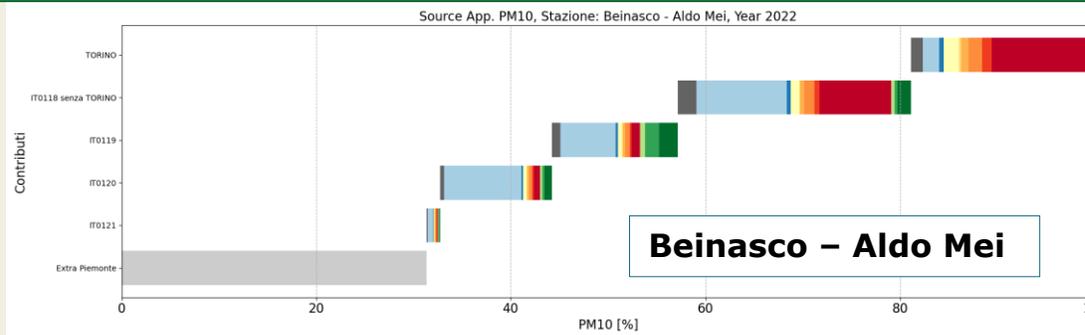
Torino – Lingotto



Chieri – Bersezio



ORSA (ON-LINE REACTIVE SOURCE APPORTIONMENT)





**United Nations Development Programme
Country: Georgia
Governance Reform Fund (GRF)**

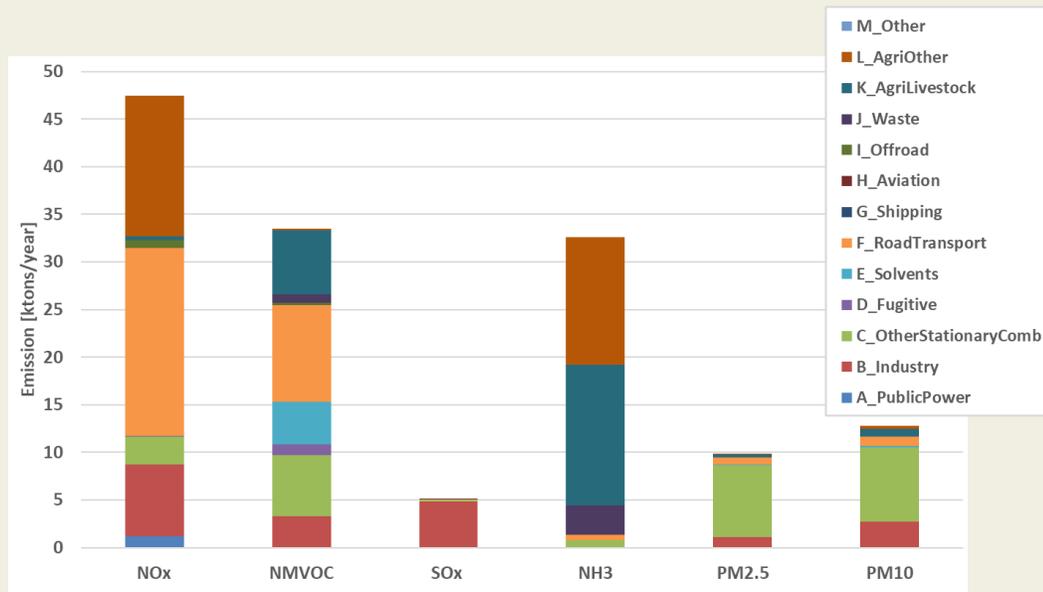
Project “Strengthening data processing and modeling capacities to ensure better air quality monitoring nationwide - Phase II”

Activity 2: Enhancing the capacity of NEA in the field of

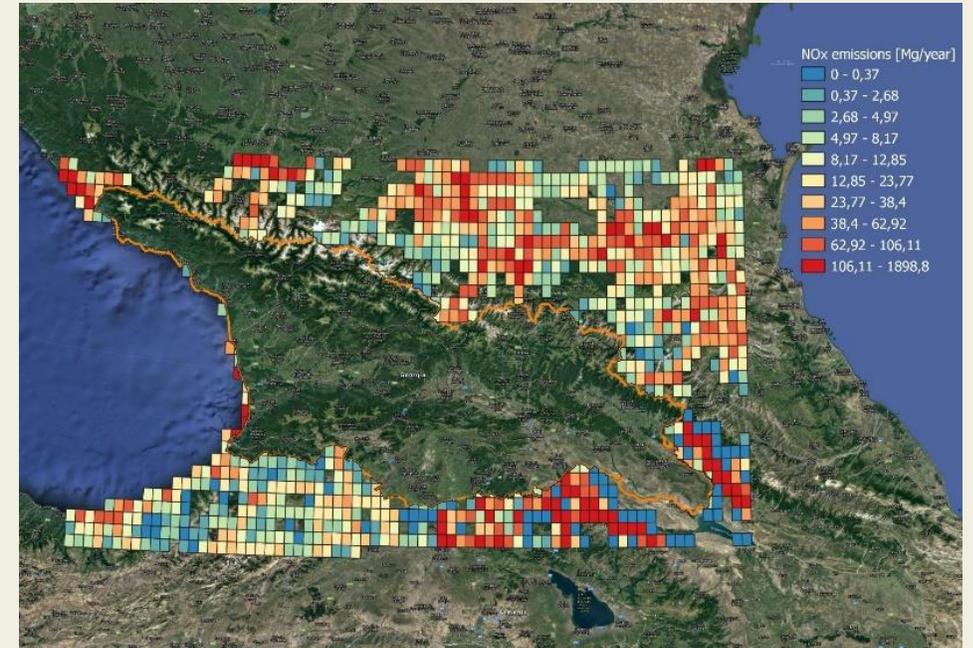
Ambient Air Quality Modeling



Totali emissivi nazionali



Stati confinanti: EMEP (0.1° grid)



Ambient Air Division of Ministry
of Environmental Protection and Agriculture

(in the frame of the reporting to the 1979 Geneva Convention
on Long-range Transboundary Air Pollution)

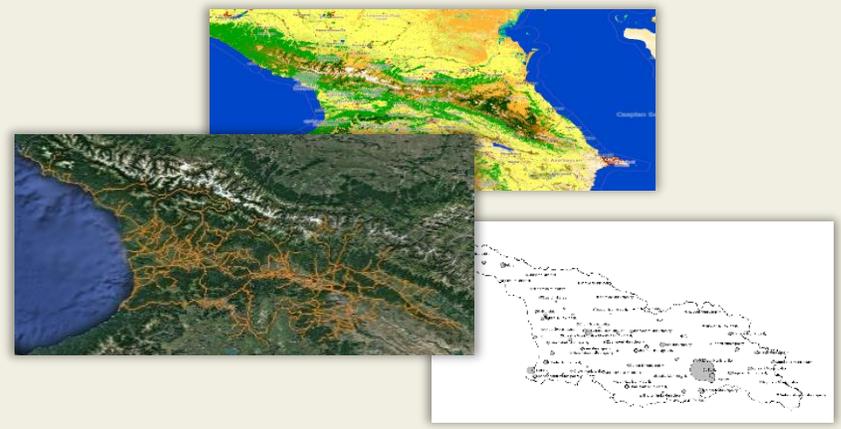
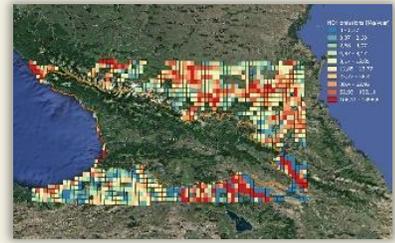
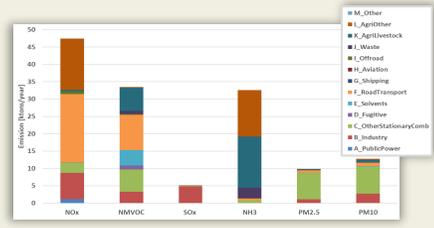


SUPPORTO AD AGENZIE INTERNAZIONALI

EMISSIONI - INPUT

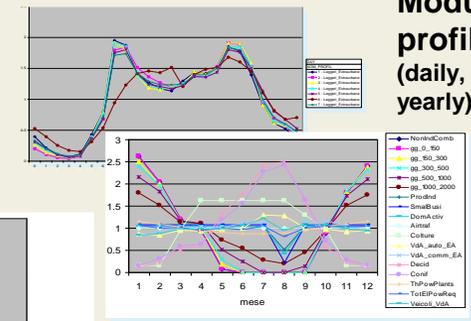
Yearly inventory data

GIS & statistical data

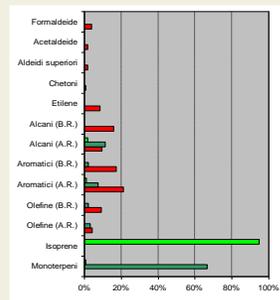


Emissions pre-processing

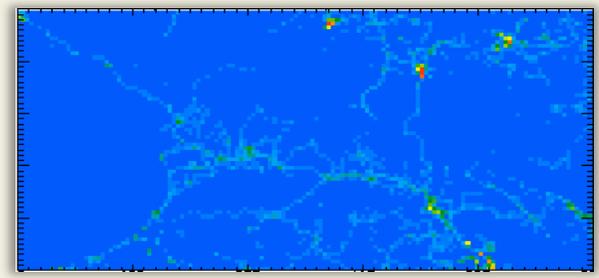
Modulation profiles (daily, weekly, yearly)



Speciation & dimensional profiles

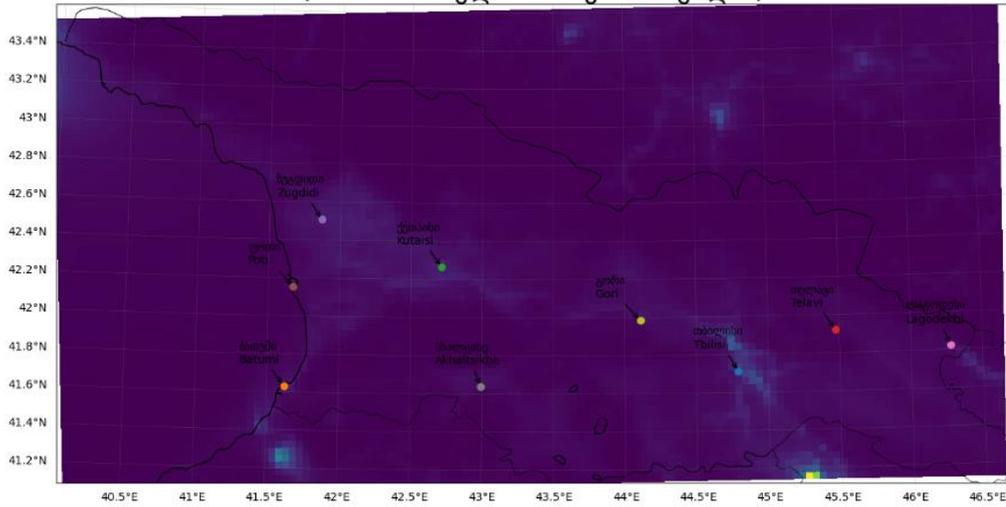


Hourly model input

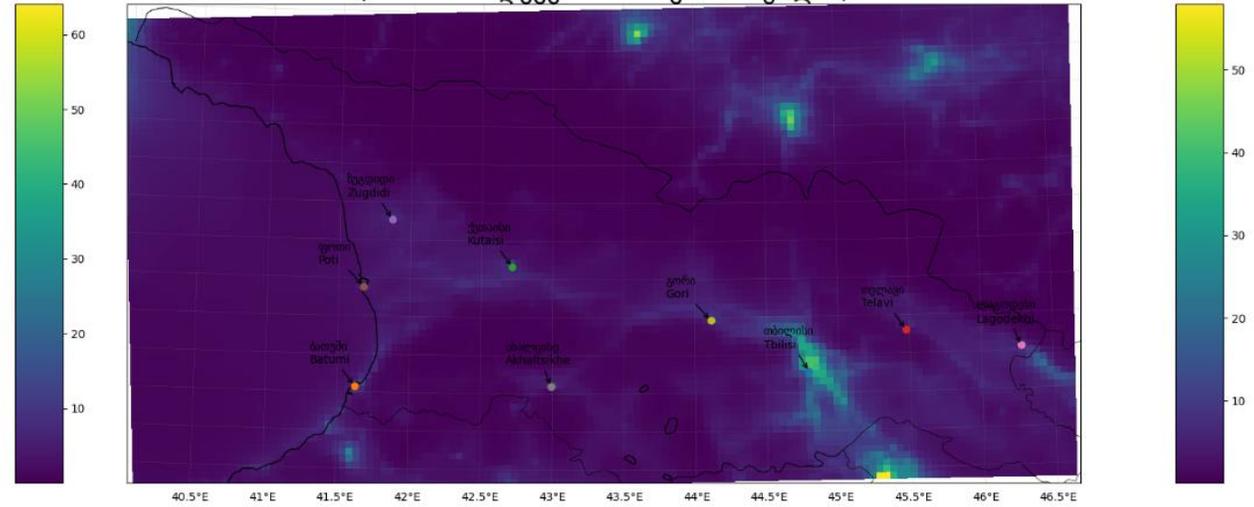


SUPPORTO AD AGENZIE INTERNAZIONALI RISULTATI 2019 (NON VALIDATI)

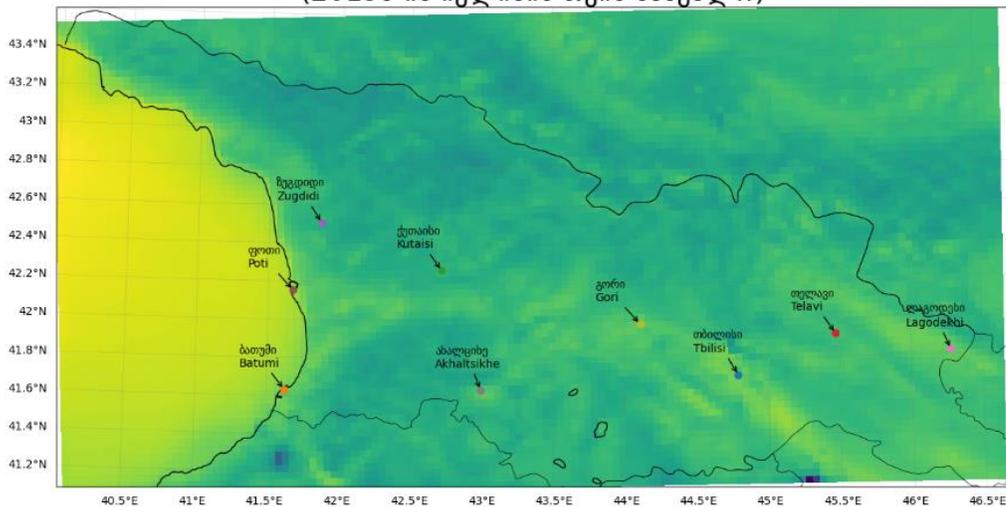
NO₂ (ug/m³) monthly mean for July of 2019
(2019წ-ის ივლისის თვის საშუალო)



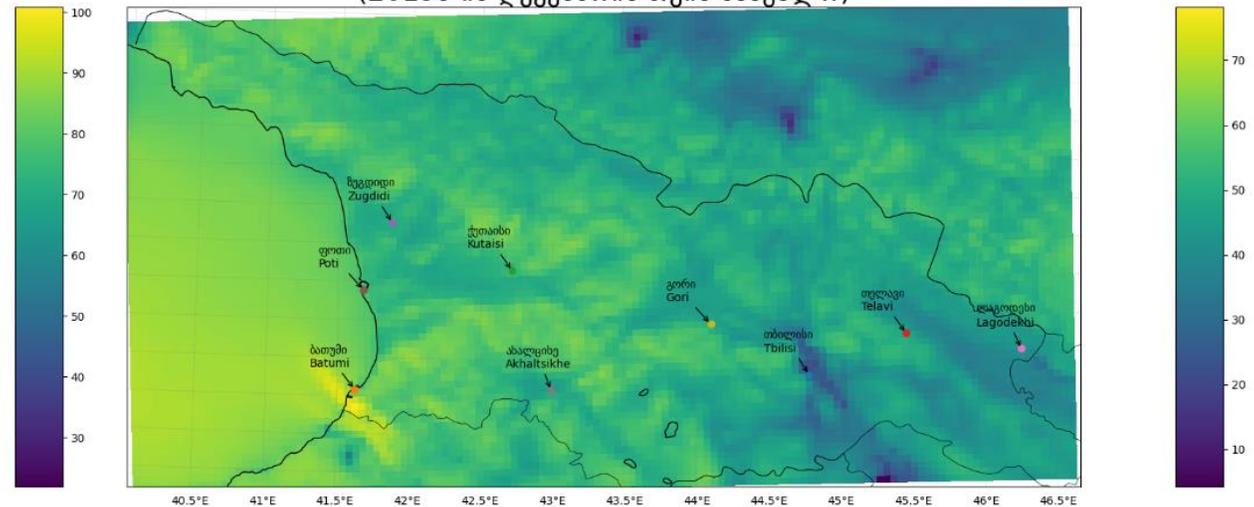
NO₂ (ug/m³) monthly mean for December of 2019
(2019წ-ის დეკემბრის თვის საშუალო)



O₃ (ug/m³) monthly mean for July of 2019
(2019წ-ის ივლისის თვის საშუალო)

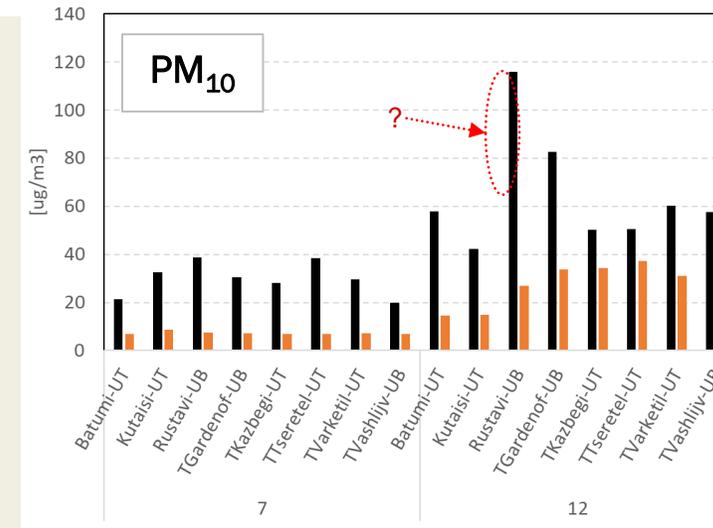
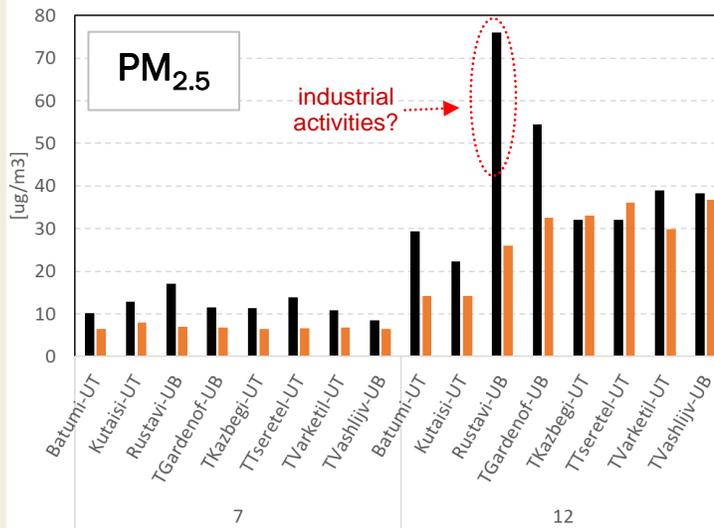
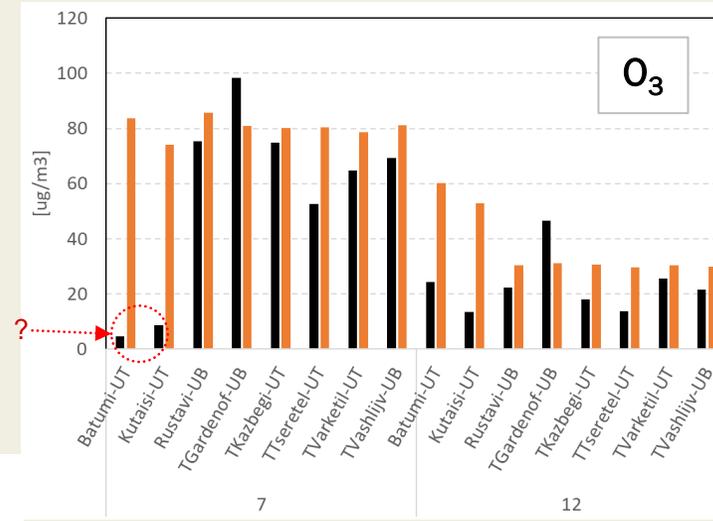
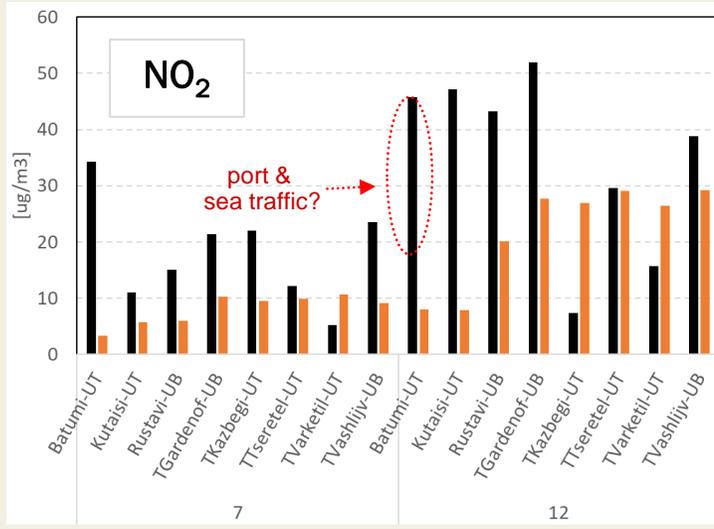


O₃ (ug/m³) monthly mean for December of 2019
(2019წ-ის დეკემბრის თვის საშუალო)



SUPPORTO AD AGENZIE INTERNAZIONALI

RISULTATI- MEDIE MENSILI





UN APPROCCIO OLISTICO PER VALUTARE L'IMPATTO DELLA VEGETAZIONE SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

LIFE-18 PRE IT 003 - The VEG-GAP project
has received funding from the LIFE
Programme of the European Union



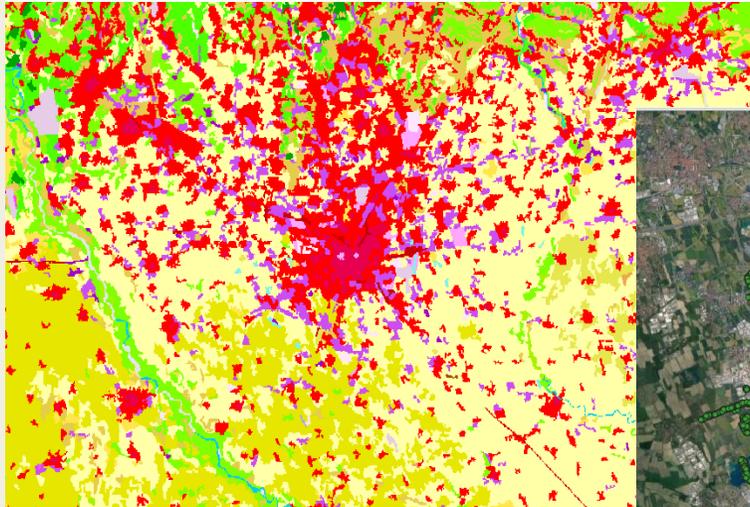
Veg
Vegetation for
Urban Green Air
Quality Plans **Gap**

<https://www.lifeveggap.eu>

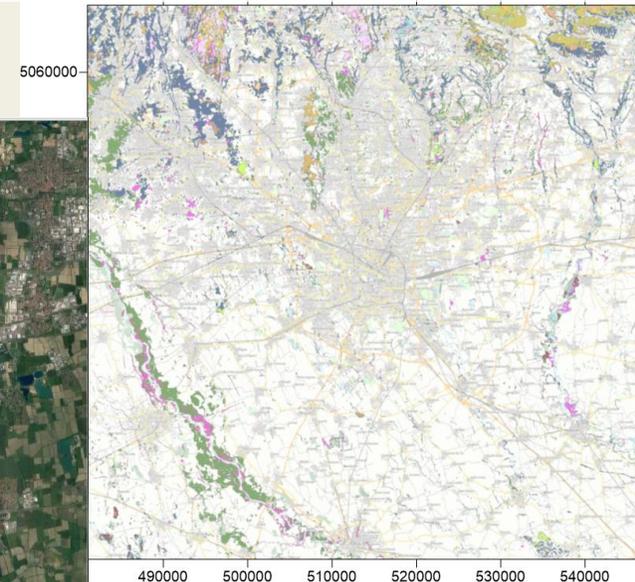
PROGETTI LIFE - VEGGAP

Mappatura della vegetazione con descrizione delle diverse specie

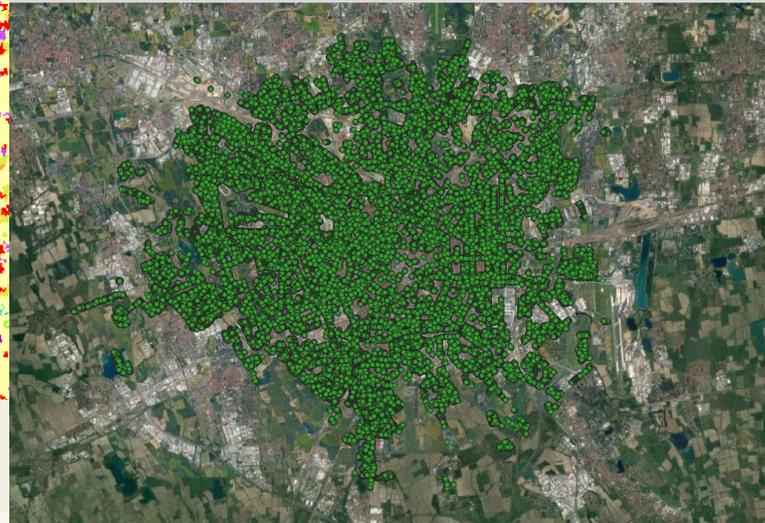
CORINE Land-Cover



Mappa forestale regione Lombardia



Vegetazione urbana (inventario alberi del comune di Milano)



Simulazione annuale (riferimento 2015) con outputs orari per i seguenti scenari di vegetazione:

- a. VEG: vegetazione urbana attuale (basata sull'inventario comunale)
- b. NOVEG: nessuna vegetazione urbana (rimozione della vegetazione nelle celle urbane)
- c. SCENARIO: incremento futuro della vegetazione (basato sulle aree di intervento definite dal comune)

I risultati sono valutati in termini di **campi di differenza**:

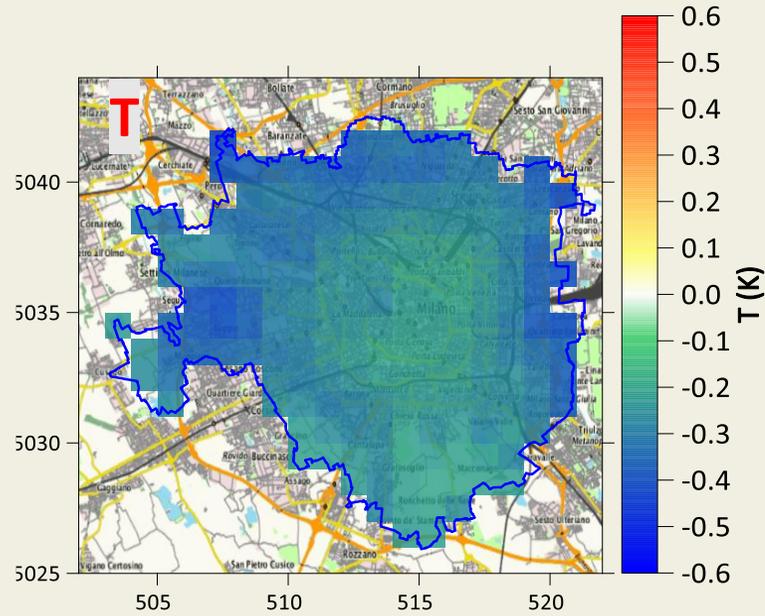
VEG - NOVEG → **impatto della vegetazione attuale** su meteorologia e inquinanti

SCENARIO - VEG → **impatto dell'incremento della vegetazione** su meteorologia e inquinanti

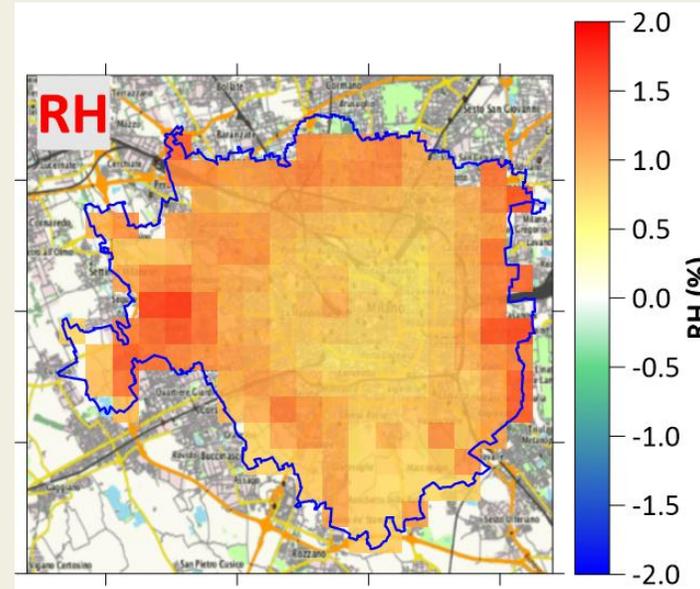


PROGETTI LIFE - VEGGAP

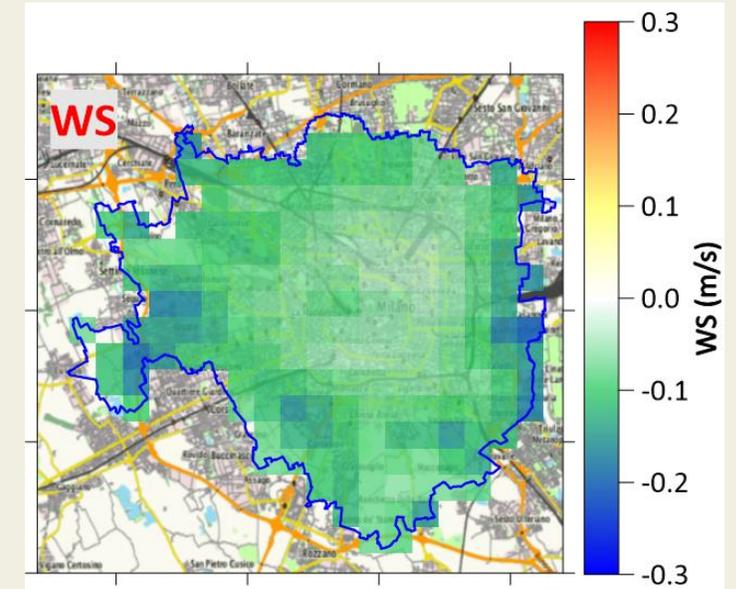
Impatto medio annuale a scala urbana su temperatura, umidità e vento



T ↓



RH ↑

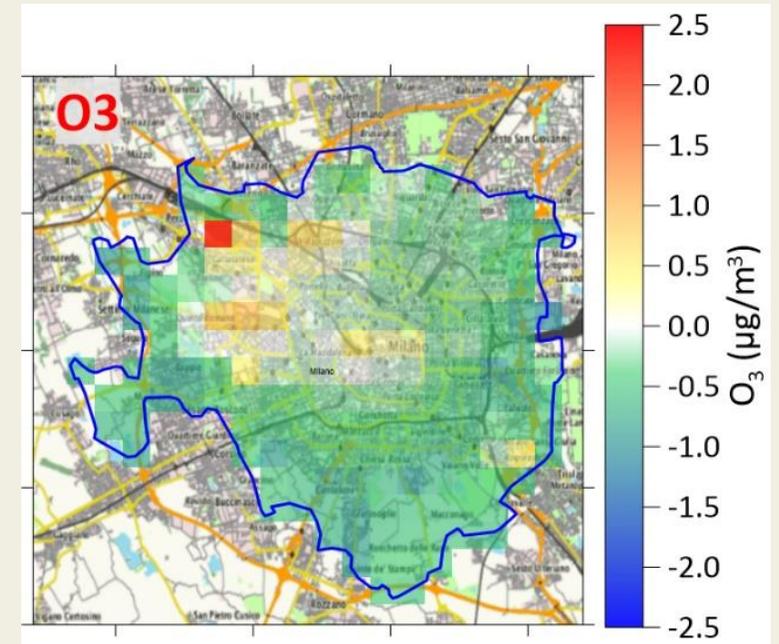
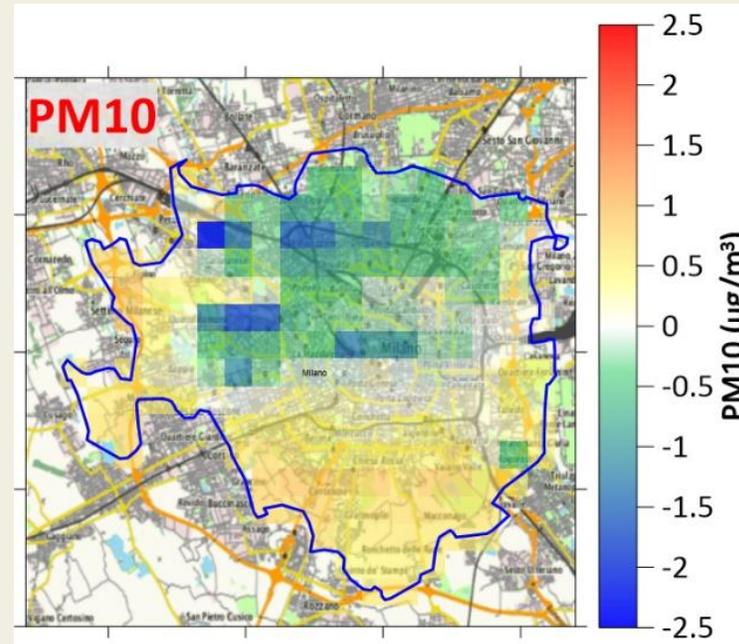
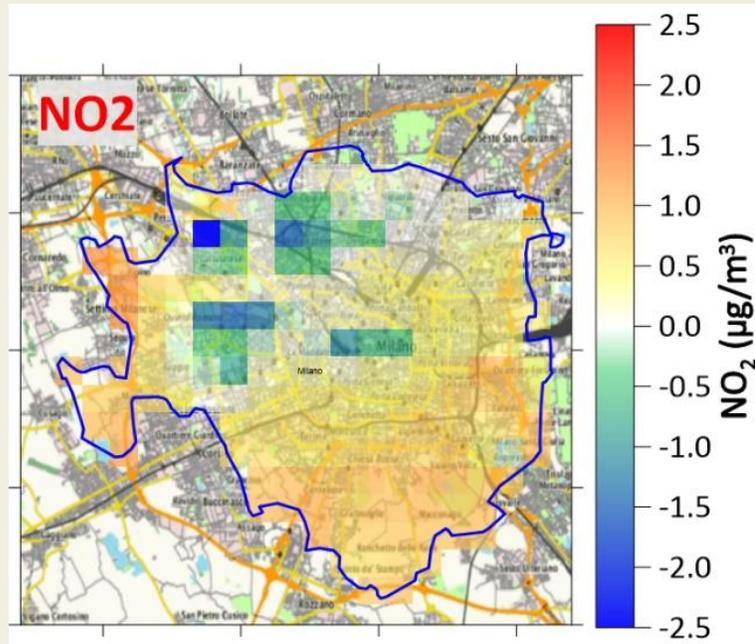


WS ↓



PROGETTI LIFE - VEGGAP

Impatto medio annuale a scala urbana sulle concentrazioni di inquinanti



PROGETTI LIFE - VEGGAP

L'effetto della vegetazione sulle caratteristiche dell'atmosfera:

- non è uniforme/costante e il suo impatto varia nell'area della città e nel tempo
- l'impatto su microclima e qualità dell'aria variano nelle diverse città a causa della morfologia urbana e dei regimi chimici determinati dalle emissioni antropiche e naturali

La vegetazione determina:

- **diminuzione della temperatura**, **aumento dell'umidità** e **riduzione della velocità del vento in città**,
- **rimozione degli inquinanti** attraverso i processi di deposizione secca,
- **aumento o diminuzione** delle concentrazioni di inquinanti (O₃, NO₂, PM₁₀) a causa delle modifiche indotte sulla circolazione e i regimi chimici atmosferici

questi effetti non possono essere quantificati con approcci semplificati

Vegetazione + riduzione delle emissioni → riduzione dell'inquinamento



