

Strumenti avanzati per la qualità dell'aria: simulazione, intelligenza artificiale e osservazione satellitare a supporto delle strategie di tutela ambientale e salute

A. Buono, V. Capozzi, E. Chianese, S. Lino, R. Montella, D. Toscano, A. Riccio

Relatore: Angelo Riccio
Università degli Studi di Napoli Parthenope
angelo.riccio@uniparthenope.it

Le idee progettuali

Modelli

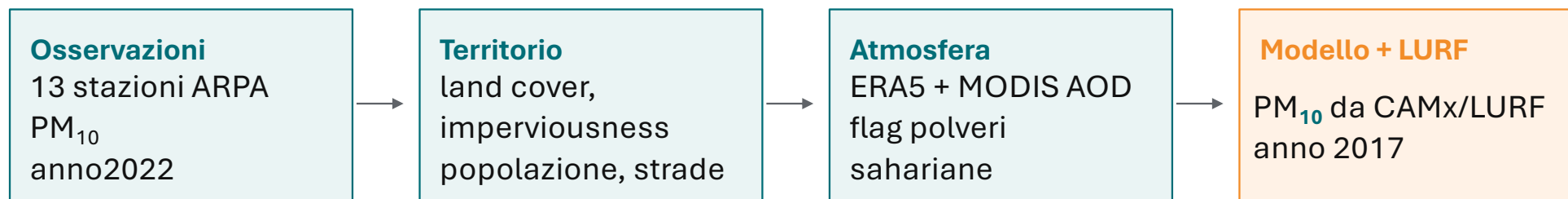
- Quanto è accurato un approccio puramente modellistico?
- È possibile quantificare il contributo di singole sorgenti (stradali/navali/riscaldamento/naturali)?
- Quali sono gli effetti di differenti politiche di abbattimento?

Osservazioni

- Le osservazioni e le previsioni (meteorologiche, satellitari, geomorfologiche) possono integrare le analisi e migliorare la stima dell'esposizione della popolazione?

Tecniche di apprendimento automatico (machine-learning)

- E' possibile correggere le previsioni/analisi con tecniche di apprendimento automatico?



Le attività modellistiche

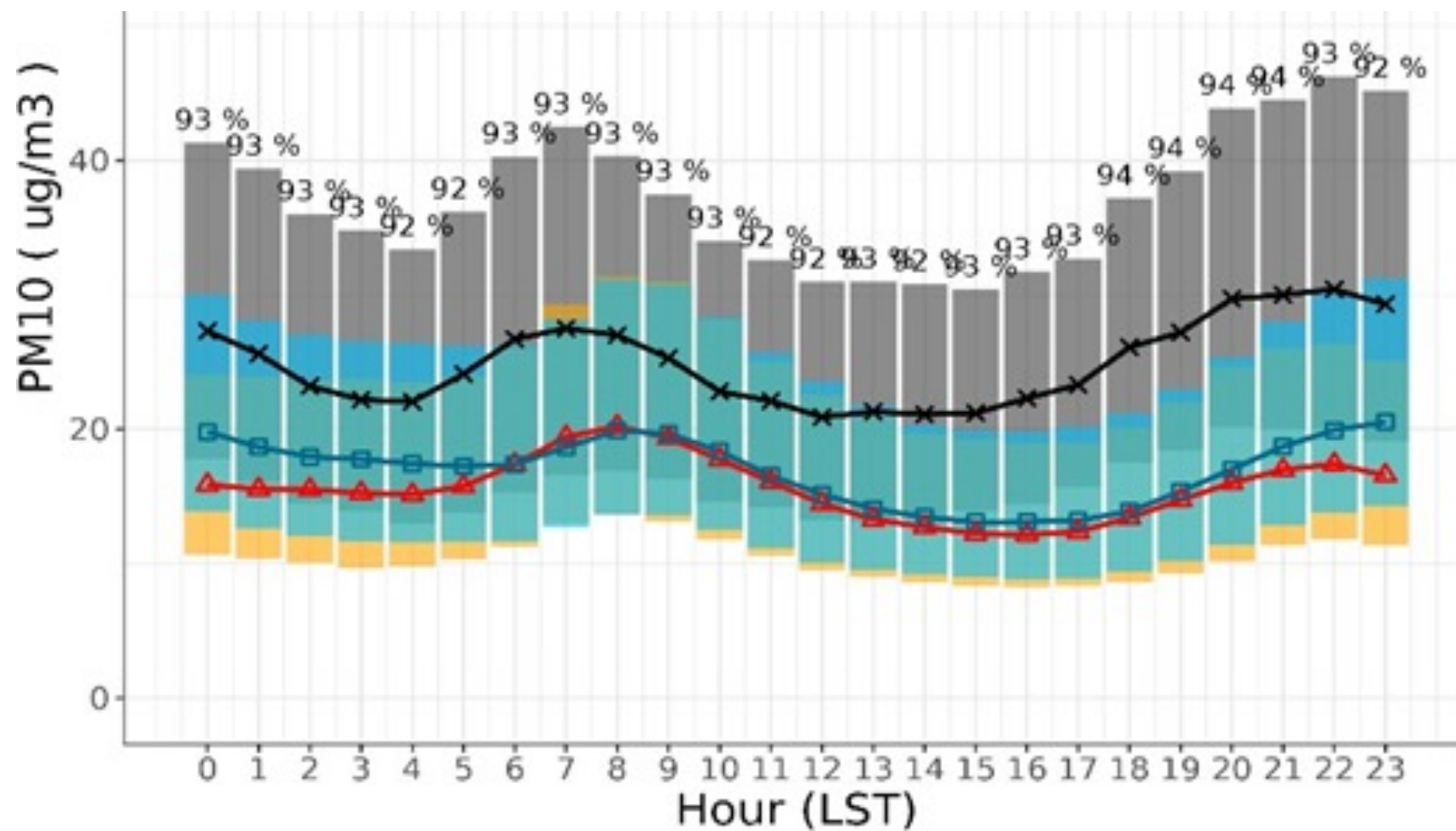
Le attività di ricerca si sono concentrate sulla modellizzazione della qualità dell'aria e sulle strategie di mobilità sostenibile per la Città Metropolitana di Napoli e la Regione Campania.

Sono stati condotti due studi principali:

1. ***Analisi del contributo delle sorgenti***, applicando un modello ad alta risoluzione WRF–CAMx–PSAT per quantificare il contributo del trasporto stradale, delle attività marittime e del riscaldamento residenziale all'inquinamento atmosferico. I risultati hanno evidenziato che il trasporto stradale e il riscaldamento residenziale dominano i livelli di NO₂ e PM, mentre le emissioni marittime influenzano fortemente le concentrazioni di SO₂ nelle aree portuali.
2. ***Valutazione basata su scenari***, prendendo in considerazione diverse strategie di mobilità sostenibile e confrontate con una situazione di riferimento del 2017. L'implementazione dell'elettrificazione delle banchine e del rinnovo del parco veicoli ha dimostrato significative riduzioni delle emissioni e miglioramenti evidenti della qualità dell'aria nelle aree urbane e portuali.

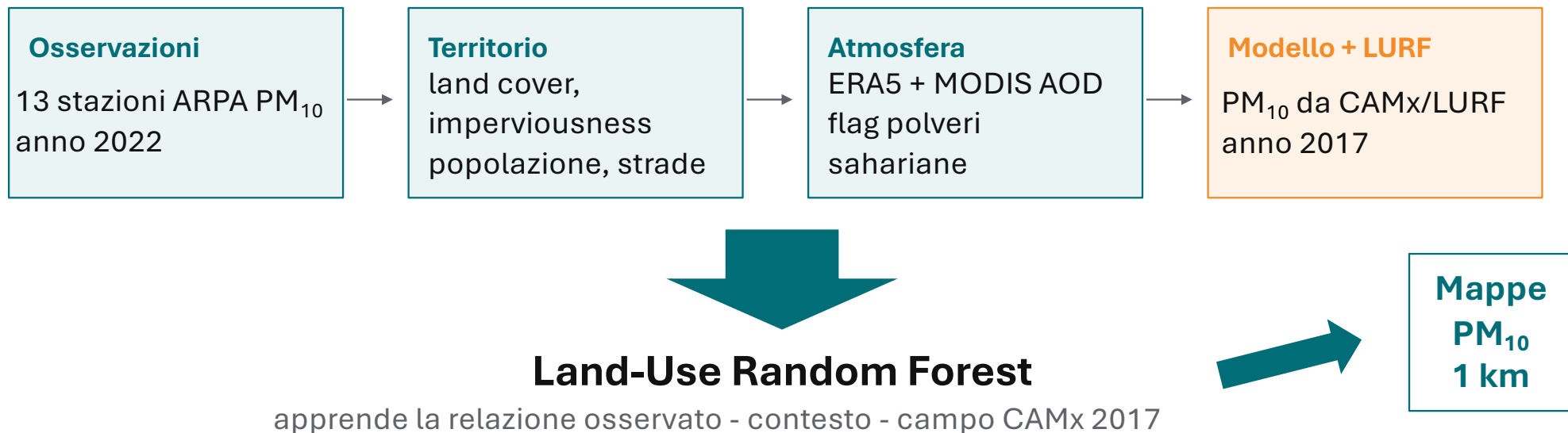


Riproduzione del ciclo giornaliero (CAMx)



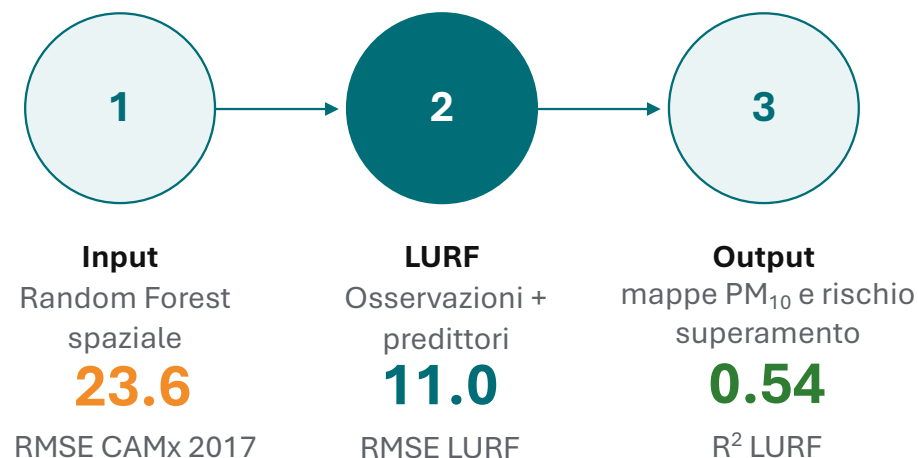
Dataset e architettura LURF

PM10 giornaliero in Campania su griglia 1 km



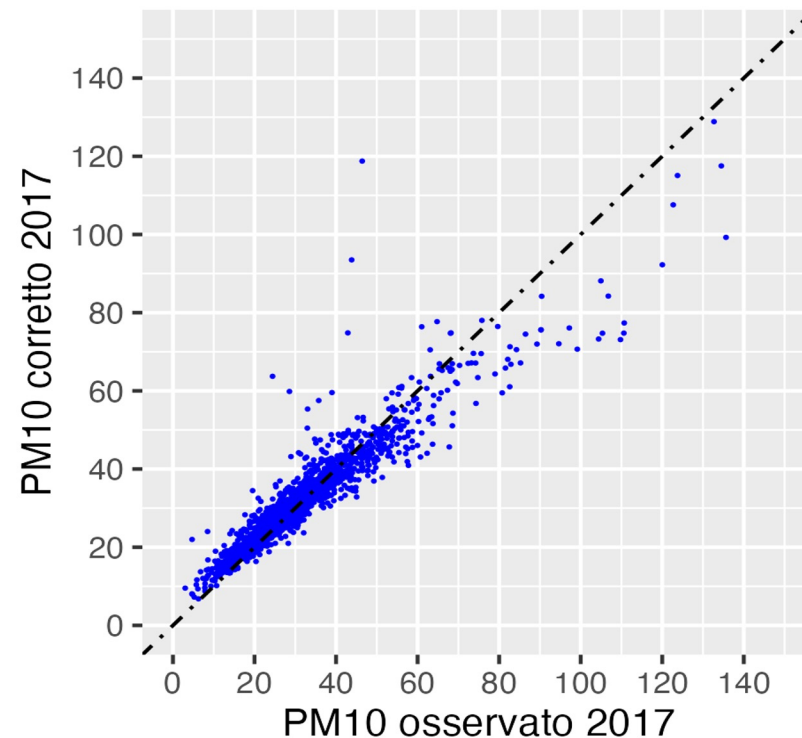
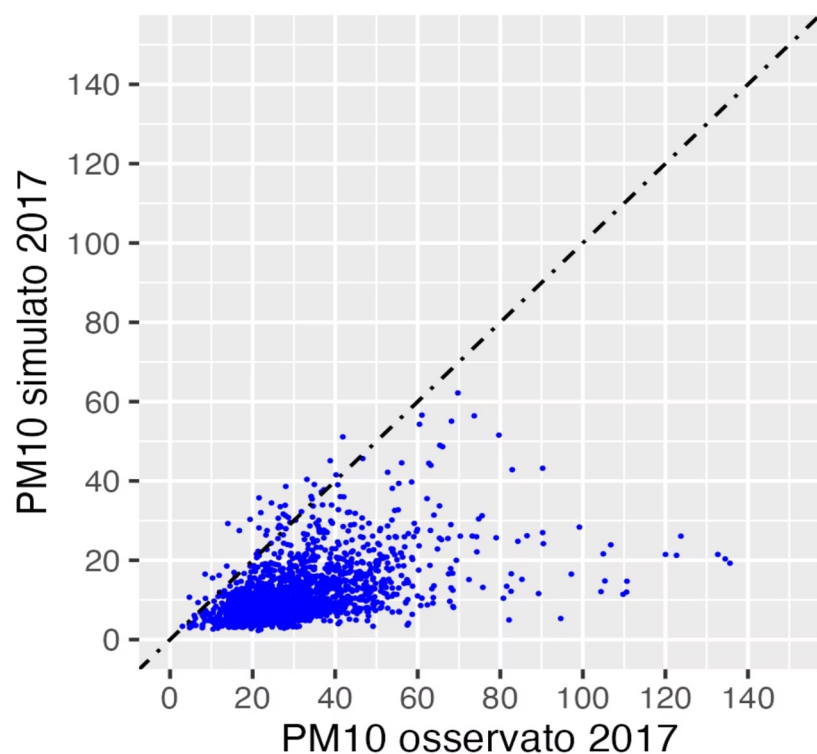
Messaggio chiave

Le osservazioni ARPA, integrate con predittori territoriali, ERA5, MODIS e CAMx 2017, permettono di correggere il campo modellistico e ricostruire il PM₁₀ a 1 km.



Quanto migliora la stima rispetto al modello puro?

Dati CAMx non post-processati (sinistra) e LURF-corretti (Destra)



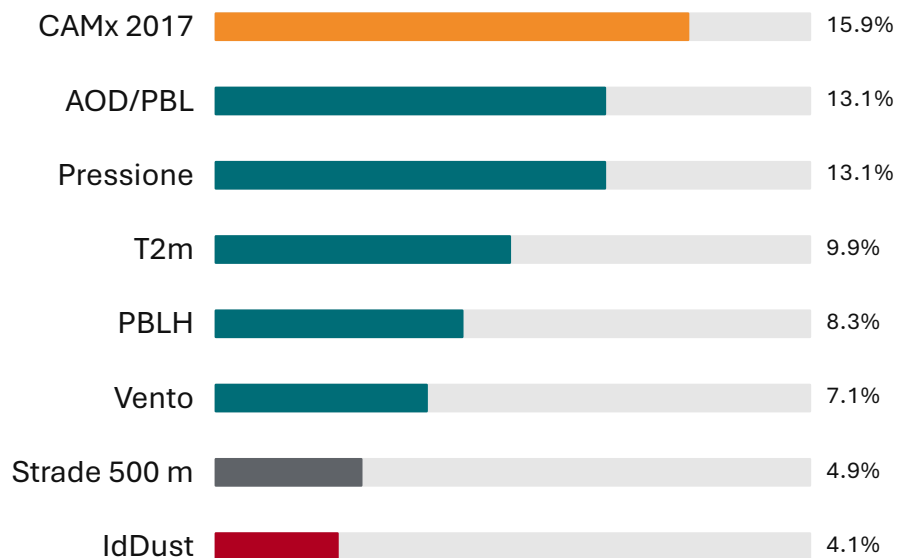
Il campo CAMx 2017 fornisce il segnale fisico di fondo, ma non risolve pienamente sorgenti locali e picchi.

Il LURF riduce l'errore di circa un fattore 2 e rimuove gran parte del bias sistematico e migliora la correlazione

Cosa guida la predizione?

Importanza relativa dei predittori principali nel LURF

Top predictor



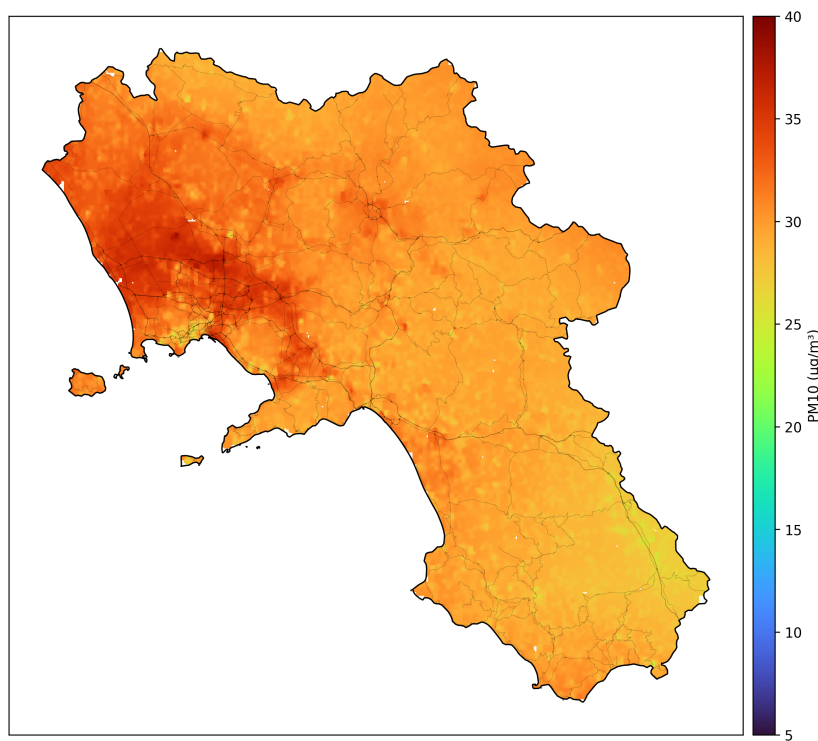
Ablation test

Config.	R ²	RMSE
Full	0.54	11.0
No CAMx	0.38	13.7
No ERA5	0.41	13.2
No AOD	0.50	11.8
Raw CAMx	-1.11	23.6

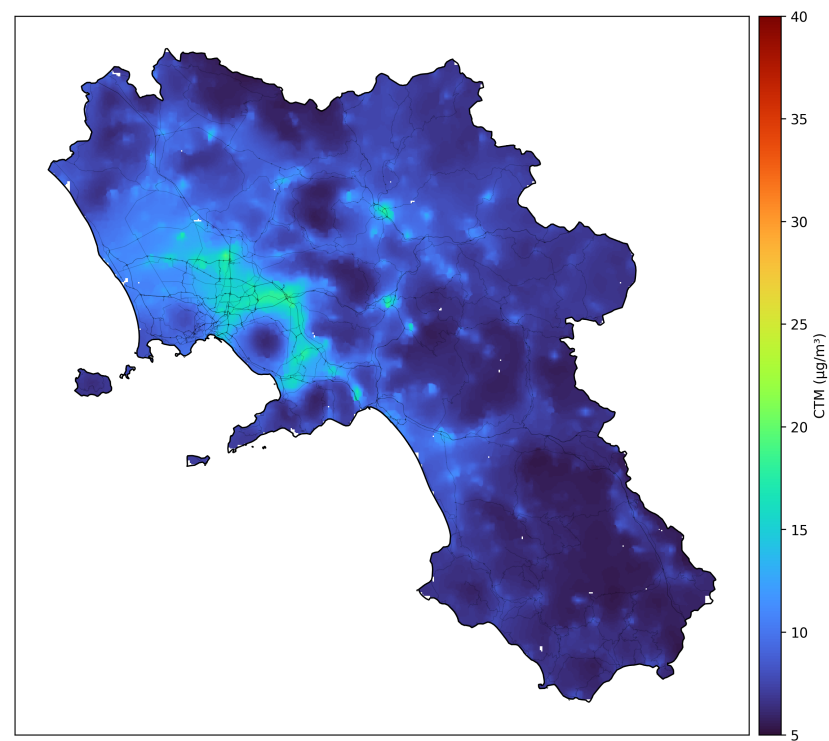
LURF non è solo una correzione statistica del modello: anche senza CAMx mantiene capacità predittiva grazie a meteo, territorio e aerosol.

Mappe annuali: LURF vs CAMx 2017

Campania, PM10 medio annuo su griglia 1 km



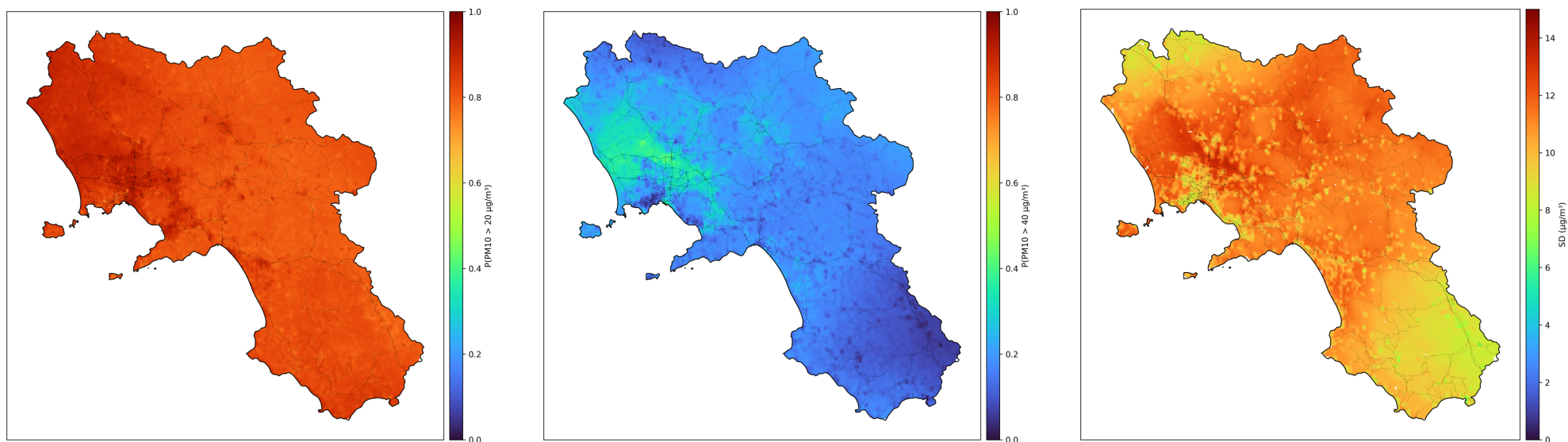
LURF: hotspot urbani e corridoi stradali



CAMx 2017: campo piu liscio e sottostimato

Superamenti: il limite 2030 cambia la scala del problema

Probabilità di superamento del PM10 medio annuo



P(PM10 > 20 ug/m3)

P(PM10 > 40 ug/m3)

Incertezza ensemble

La soglia 2030 (20 ug/m3) evidenzia criticita diffuse nell'area metropolitana; la soglia attuale (40 ug/m3) concentra il rischio sui principali hotspot.

Implicazioni per esposizione, salute e gestione

Cosa consente la catena osservazioni + CAMx 2017 + LURF

Esposizione

mappa continua a 1 km
utilizzabile in studi epidemiologici

Regolazione

probabilità di superamento per
limiti attuali e 2030

Hotspot

strade, porto e nucleo
metropolitano diventano leggibili

Equità

confronto fra rischio ambientale e
distribuzione della popolazione

Limiti e prossimi sviluppi

Da risultato preliminare a strumento operativo

Limiti principali

Rete PM10 usata per training limitata a 13 stazioni: incertezza più alta in aree rurali/costiere/montane.

Un singolo anno di riferimento non cattura completamente stagionalità e regimi meteorologici estremi.

Gli episodi sahariani sono meglio identificati con IdDust, ma servirebbe un indicatore continuo di dust loading.

Prossimi passi

Estensione multi-anno e mappe stagionali/mensili.

Applicazione a PM2.5, NO2 e O3.

Catena operativa con previsioni ECMWF/CAMS e CAMx in forecast mode.

Valutazione trasferibilità ad altre regioni italiane.

Obiettivo: exposure mapping a basso costo e ad alta risoluzione

Conclusioni

Tre messaggi da ricordare

1

Il modello da solo non basta

CAMx 2017 fornisce il background fisico, ma tende a sottostimare i picchi e a smussare i gradienti locali.

2

Il LURF aggiunge valore

RMSE: 23.6 -> 11.0 ug/m3; MAE: 19.1 -> 8.0 ug/m3 in validazione spaziale.

3

Il risultato è operativo

Mappe a 1 km, probabilità di superamento e incertezza supportano pianificazione, salute ed equità ambientale.

GRAZIE PER L'ATTENZIONE