AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE, L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

Dal monitoraggio ambientale agli effetti biologici: nuovi approcci per lo studio della qualità dell'aria in ambiente aeroportuale.

Massimo Santoro PhD

Dipartimento Sostenibilità, circolarità e adattamento al cambiamento climatico dei Sistemi Produttivi e Territoriali (SSPT), Laboratorio di Biotecnologie (BIOTEC-RED).

QUALITA' DELL'ARIA IN ITALIA SFIDE E PROSPETTIVE.

Istituto di Ricerche Farmacologiche Mario Negri – IRCCS. Milano 20 ottobre 2026

Optimizing Air Safety for Indoor Spaces

Finanziamento: euro 6.306.000,00. OASIS | F/350321/01-03/X60 | Progetto finanziato dal MIMIT nell'ambito degli Accordi per l'Innovazione

Ministero delle Imprese e del Made in Italy

Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU

Partners

REPLY CONCEPT

REPLY HEALTHY

ENEA ITALIAN NATIONAL AGENCY FOR NEW TECHNOLOGIES, ENERGY AND SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT

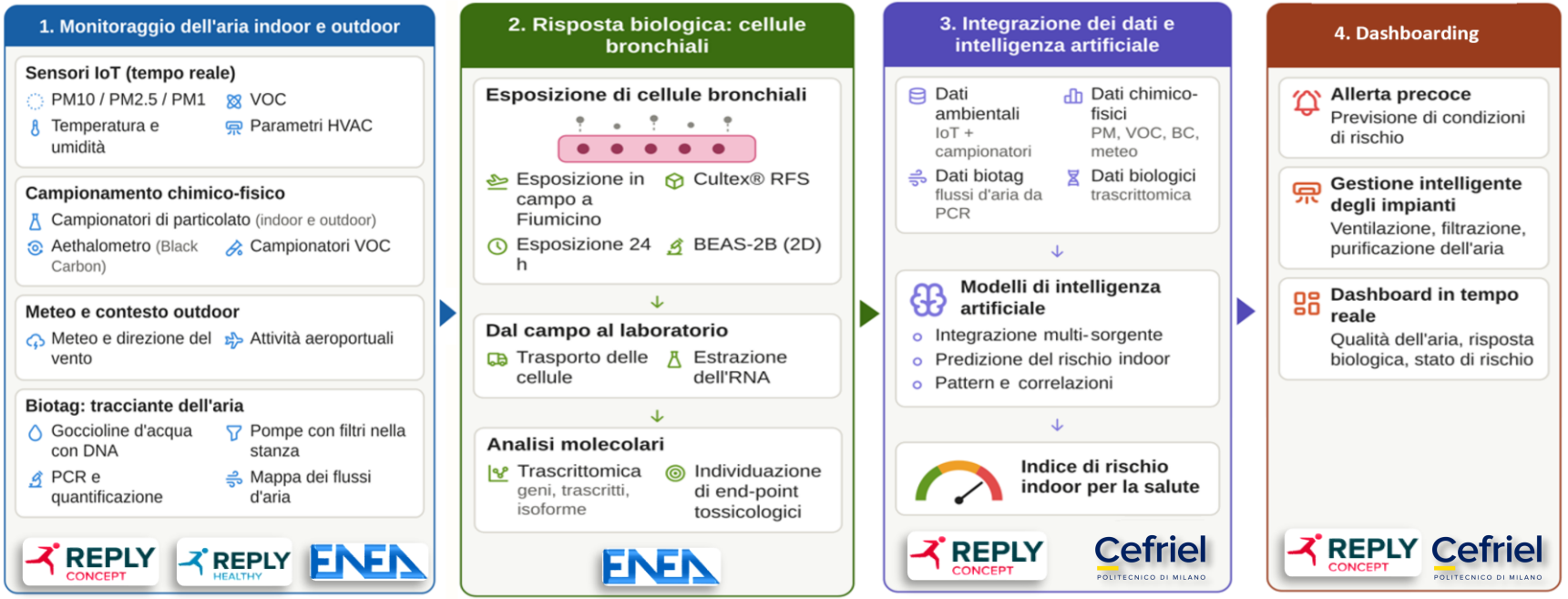
Cefriel
POLITECNICO DI MILANO

In collaborazione

Ministero della Salute
USMAF-SASN
Lazio, Marche, Umbria, Sardegna
Direzione Unità Territoriale Fiumicino Aeroporto

ADR
Aeroporti di Roma

OASIS — Optimizing Air Safety for Indoor Spaces



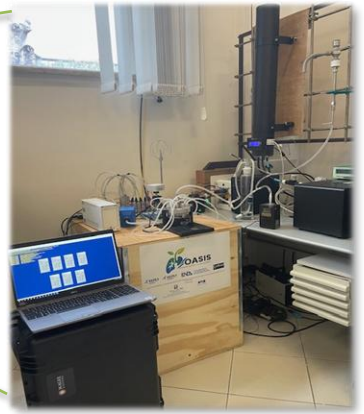
USMAF-SASN Aeroporto Roma-Fiumicino







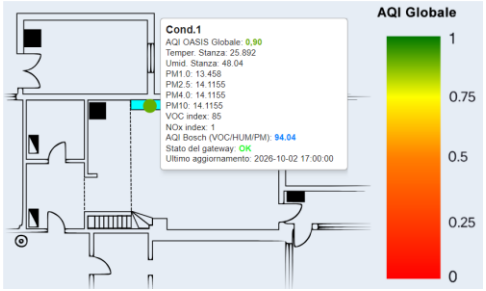




Sensori, piattaforma raccolta e analisi dati IoT
BIOTAG

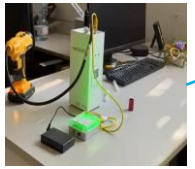
Monitoraggio qualità dell'aria in tempo reale

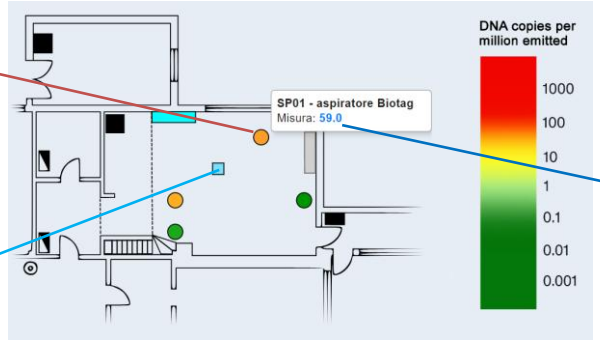




BIOTAG

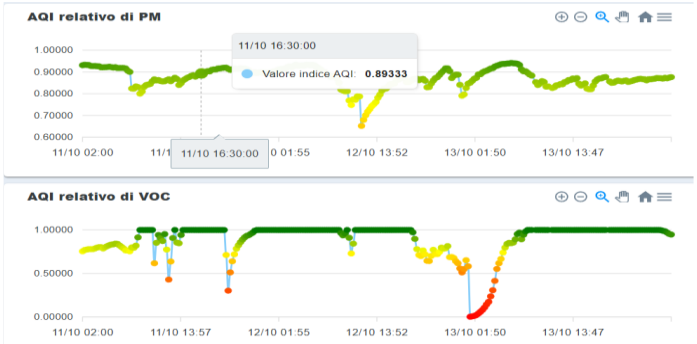








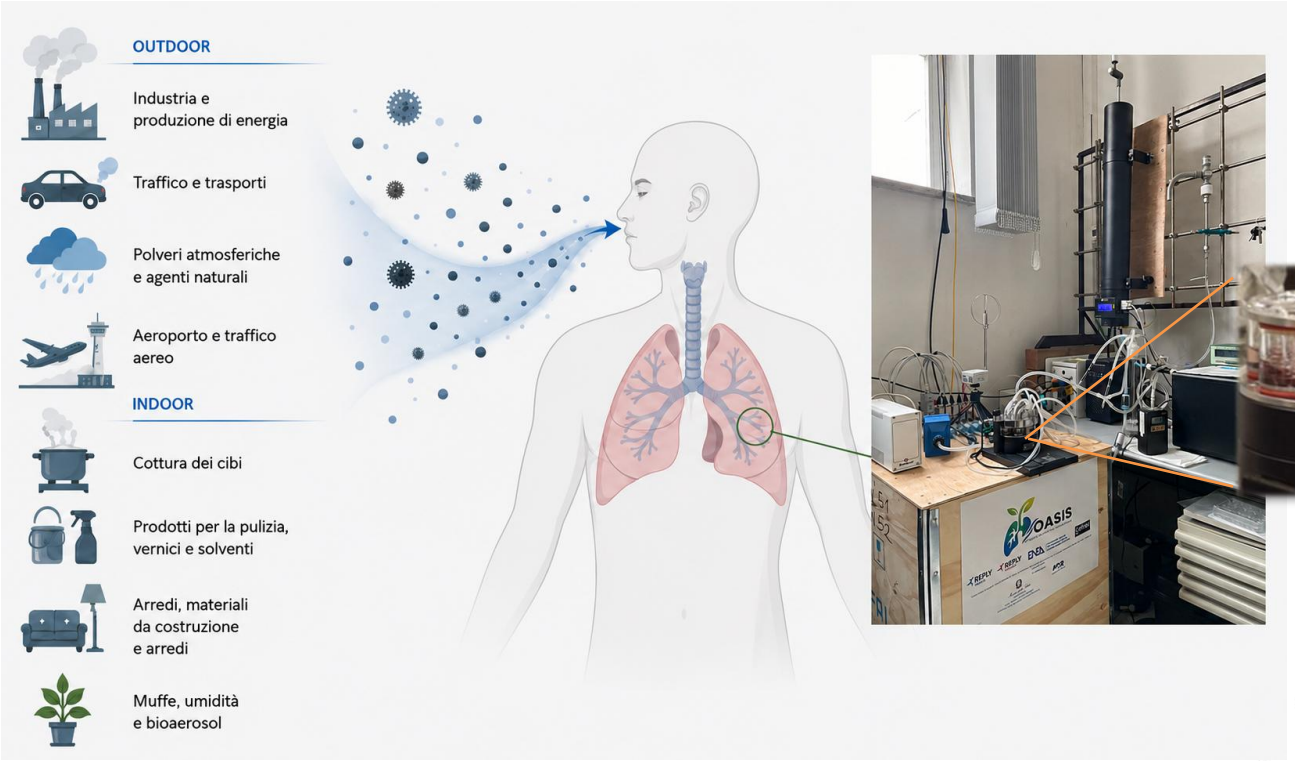
Andamento degli indici di qualità dell'aria (AQI)

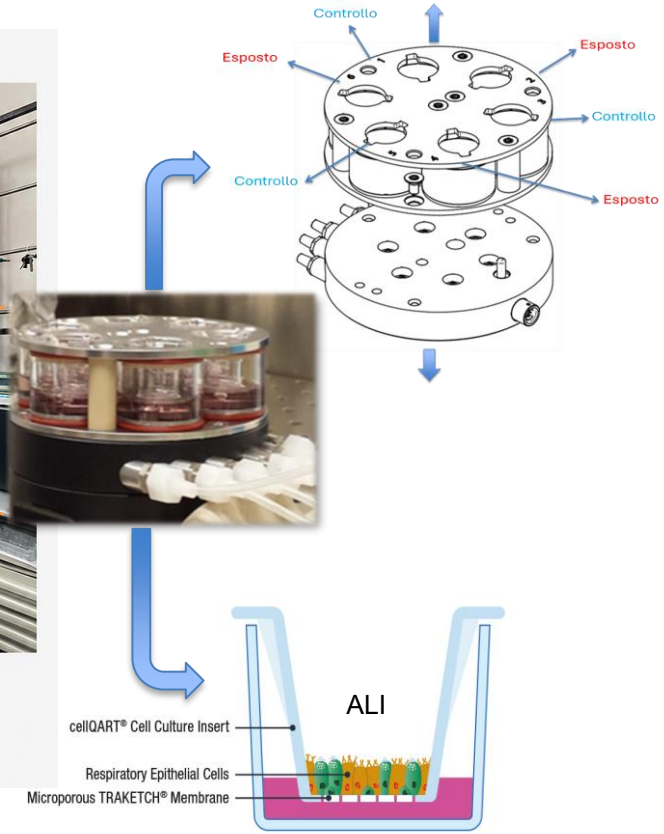


Alert derivati da normative, soglie ed analisi AI

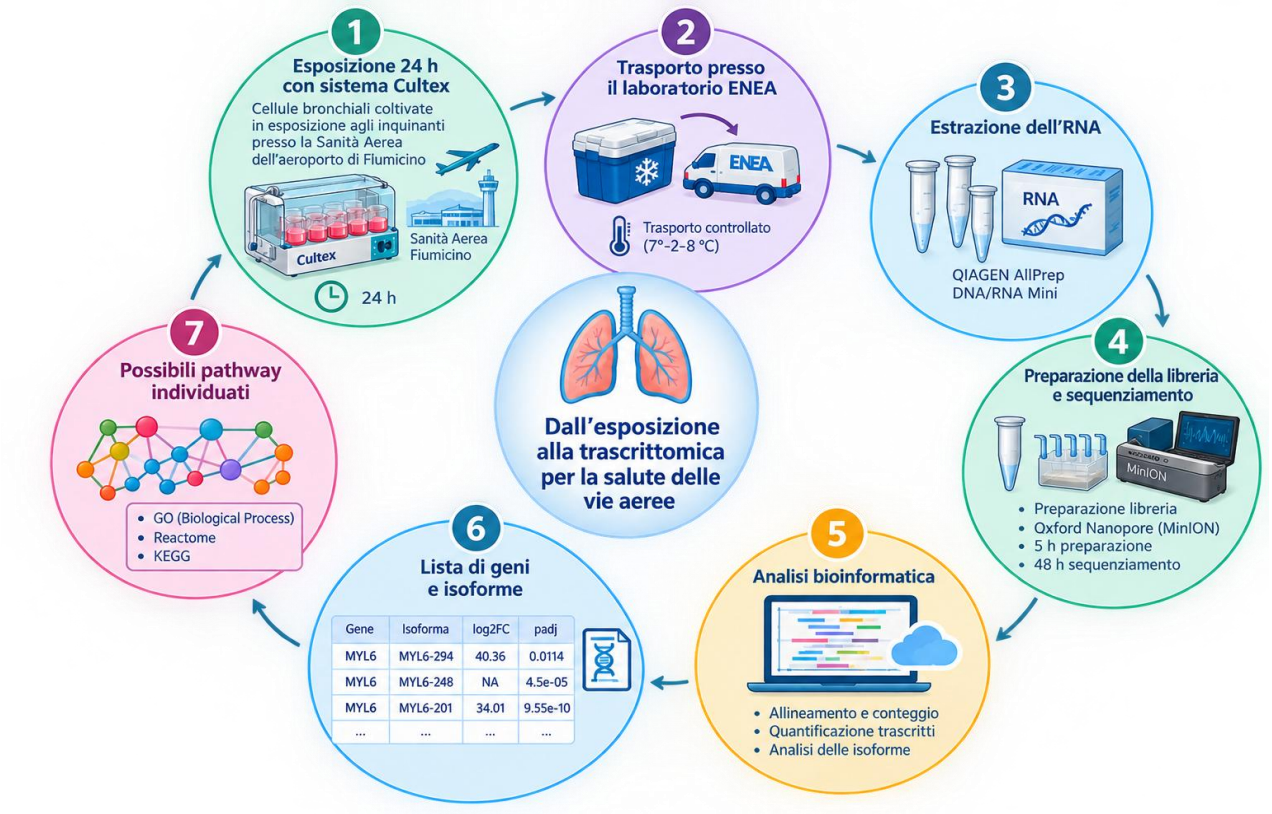
ID Notifica	Edificio	Area	Condizionatore	Tipo Alert	Descrizione	Orario
12701	FIUMICINO TERMINAL	Sanità Aerea Roma	Cond.1	Alarm	Analisi AI: OK Analisi Regole: Warning Analisi AQI: Alarm	01/09/2026 19:59
12700	FIUMICINO TERMINAL	Sanità Aerea Roma	Cond.1	Al	AQI.temp: 0.090552 ; temperatura più bassa di 1.9°C rispetto all'ottimale AQI.hum: 0.996519 AQI.pm: 0.914571 AQI.voc: 1.000000 AQI.nox: 0.997996 AQI.global: 0.799927 status: alarm	49
12699	FIUMICINO TERMINAL	Sanità Aerea Roma	Cond.1	Al	Analisi AQI: Alarm	45
12698	FIUMICINO TERMINAL	Sanità Aerea Roma	Cond.1	Alarm	Analisi AI: OK Analisi Regole: OK Analisi AQI: Alarm	01/09/2026 19:39
12697	FIUMICINO TERMINAL	Sanità Aerea Roma	Cond.1	Alarm	Analisi AI: OK Analisi Regole: OK Analisi AQI: Alarm	01/09/2026 19:34

Esposizione *in vitro* cellule bronchiali BEAS-2B



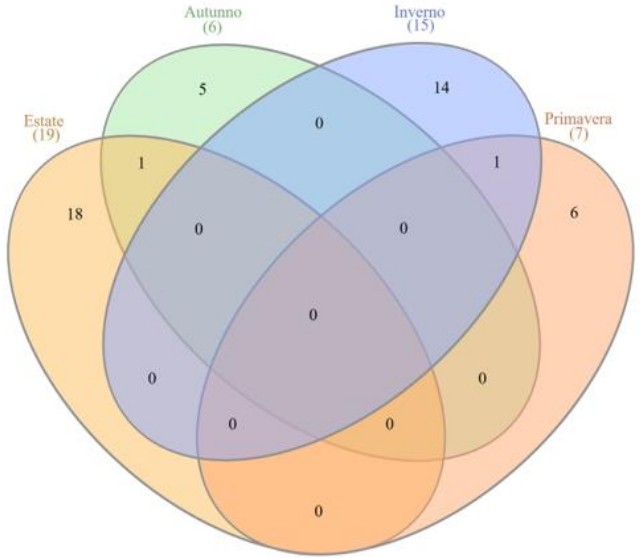


Workflow Esposizione - Trascrittomica



FASE REAL-LIFE AEROPORTO DI FIUMICINO (LUGLIO 2025 – LUGLIO 2026)

	Esposizioni	Campioni (n)	Geni Totali (media)	DEG significativi (padj<0.05, |log2FC| > 1)
Estate 2025	6	36	18278	19
Autunno 2025	5	30	17223	6
Inverno 2026	6	36	18578	15
Primavera 2026	6	36	18476	7
Estate 2026	6	36	ONGOING	ONGOING
Totale	29	174		



Pochi
Da 6 a 19 geni per stagione, su circa 18.000 geni analizzati.

Quasi mai gli stessi
Solo 2 geni compaiono in due stagioni; nessuno in tre o quattro.

Molti sono mitocondriali
Tra i geni significativi ci sono diversi geni dell'energia mitocondriale (*MT-CO2, MT-CO3, MT-ND1, MT-ND2*).

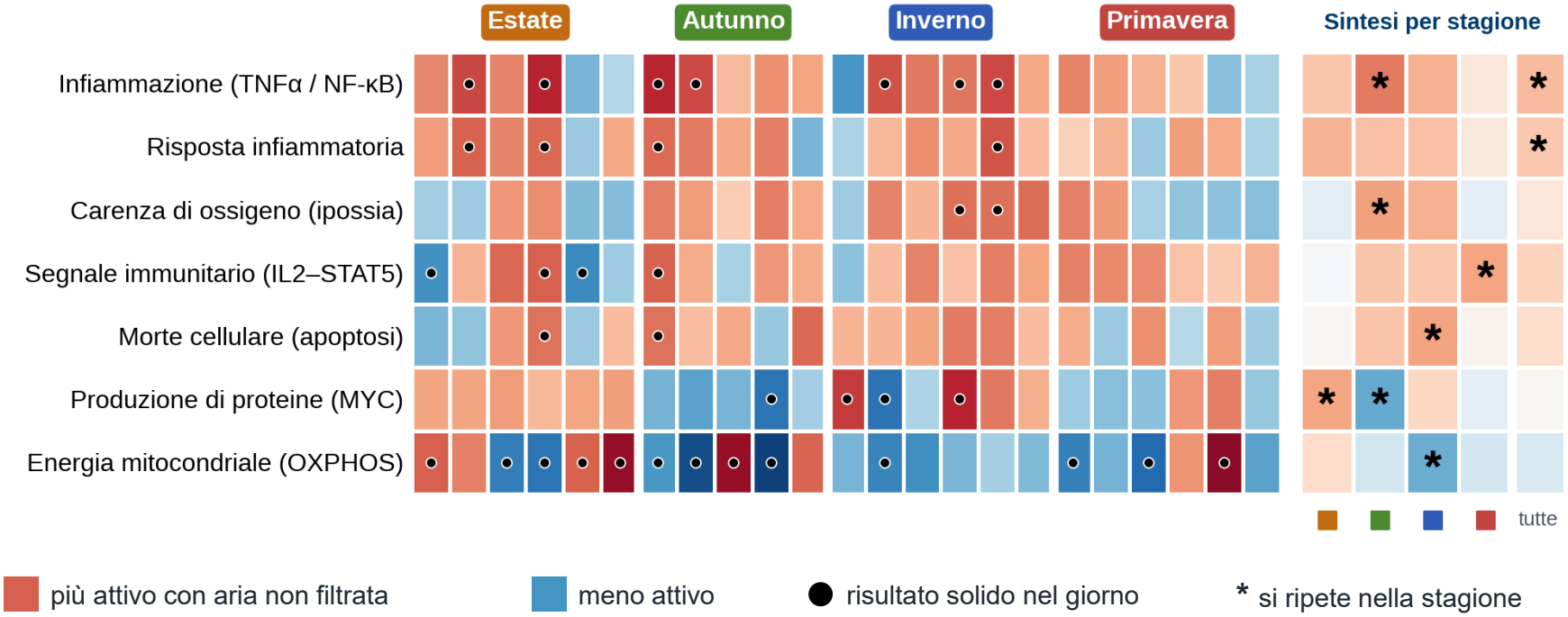
Analisi di tutti i geni

Il **GSEA** (Gene Set Enrichment Analysis) è uno strumento statistico che ci permette di guardare il quadro generale anziché perderci nei singoli dettagli.

Il GSEA ci dice se un intero 'reparto' della cellula (ad esempio il reparto infiammazione o il reparto stress ossidativo) si è mobilitato collettivamente in risposta all'aria non filtrata

il **NES** (*Normalized Enrichment Score*) è il punteggio che ci dice **quanto** e **in che direzione** si sono mossi i geni, per capire se quell'impatto sta spegnendo o accendendo la risposta biologica delle cellule

Il quadro d'insieme: 23 giorni, 7 processi



Ogni stagione, una risposta diversa

Estate

Produrre di più

La «fabbrica di proteine» (ribosomi, proteasoma) è più attiva, in tutti e 6 i giorni di esposizione.

Autunno

Infiammazione e stress

Salgono infiammazione e carenza di ossigeno; cala la produzione di proteine (5 giorni su 5).

Inverno

Energia in calo

I geni dell'energia mitocondriale calano in tutti e 6 i giorni, con più morte cellulare programmata.

Primavera

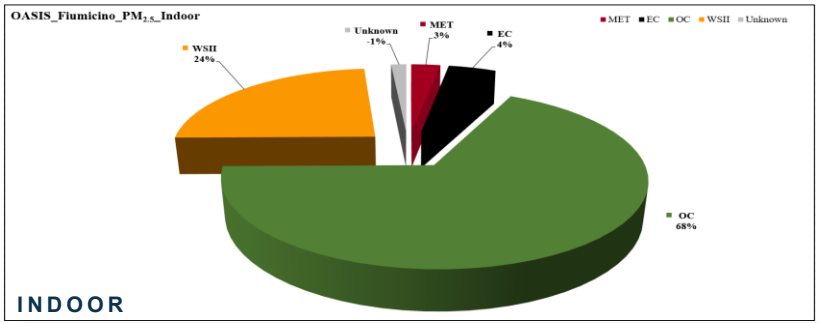
Allarme immunitario

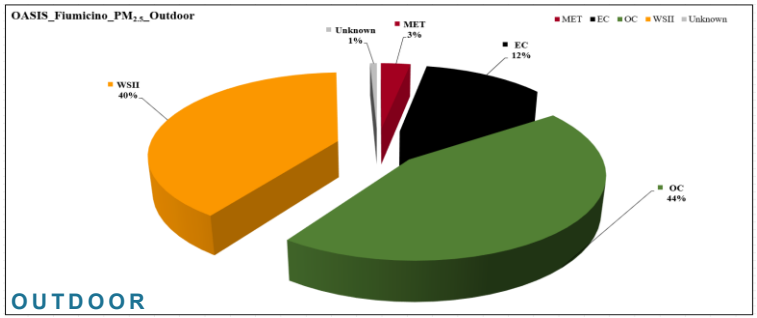
Si attiva il segnale immunitario IL2–STAT5, in tutti e 6 i giorni: l'unico risultato solido della stagione.

Filo comune: ogni stagione sposta processi diversi. Solo l'infiammazione emerge, in modo moderato, su tutte le 23 esposizioni (18 giorni su 23).

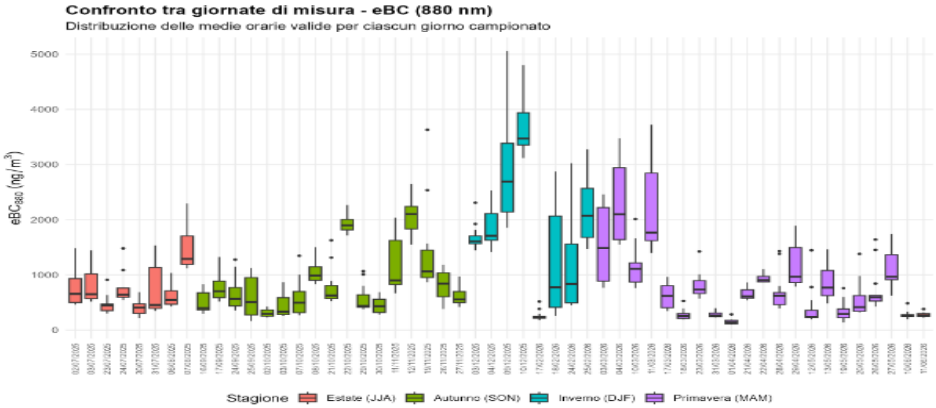
Qualità dell'aria (dati preliminari)

OC = frazione organica · WSII = ioni inorganici solubili · EC = carbonio elementare (da combustione) · MET = metalli





OC 68% indoor vs 44% outdoor — la frazione organica pesa di più nell'ambiente confinato: possibile contributo proprio dell'indoor, non solo infiltrazione esterna.



Presente stagionalità:

- *valori più alti nel periodo invernale.*
- *Il «segnale» di BC sembra guidato prevalentemente da sorgenti outdoor più che da sorgenti indoor.*
- Il calcolo del Absorption Angstrom Exponent (AAE) mostra:
  - **AAE ≈ 1** → prevale la combustione di combustibili fossili, compatibile con il contesto aeroportuale.
  - **AAE > 1,8–2** → maggiore contributo della combustione di biomassa, più evidente in autunno, probabilmente legato al riscaldamento residenziale.

Cosa portiamo a casa

1 Le cellule rispondono all'aria

Con aria non filtrata le cellule bronchiali mostrano segnali infiammatori precoci: in 18 giorni su 23. È una risposta delle cellule, non una malattia.

2 La risposta cambia con la stagione

Autunno: infiammazione e carenza di ossigeno. Inverno: meno energia nelle cellule. Primavera: segnale immunitario. Estate: più produzione di proteine.

3 Conta com'è fatta l'aria

Il black carbon è più alto in inverno, ma non conta solo la quantità. Serve capire la composizione.

Dai dati preliminari alla piattaforma predittiva

Dati sperimentali

Qualità dell'aria e
risposta biologica

Elaborazione AI

Algoritmi di intelligenza
artificiale e machine learning

Piattaforma predittiva

Alert e azioni correttive
per la salubrità dell'aria indoor

Trasformare i dati ambientali in decisioni operative

Il contributo di Cefriel integra capacità predittiva e fruizione delle informazioni.

Una visione integrata per passare dal monitoraggio alla prevenzione

1 ANTICIPARE I RISCHI

Le previsioni mostrano la possibile evoluzione degli inquinanti, aumentando la capacità di intervento preventivo.

2 SEMPLIFICARE LA LETTURA

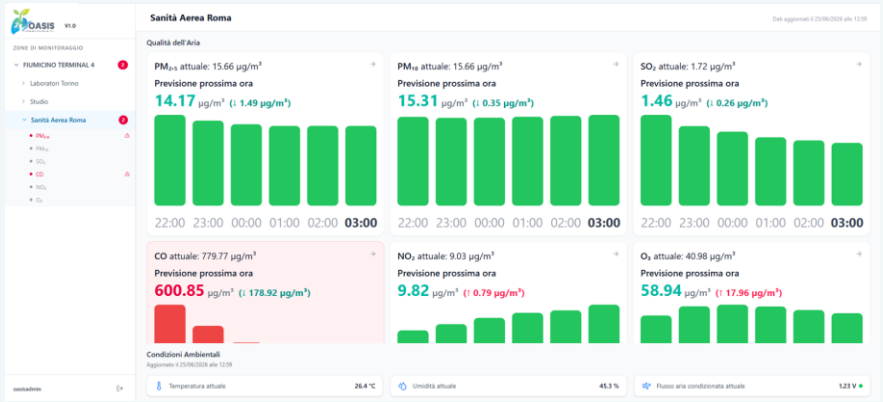
Condizioni correnti, soglie e previsioni sono riunite in una sola vista, chiara anche per utenti non specialistici.

3 SUPPORTARE LE DECISIONI

Le informazioni diventano immediatamente utilizzabili dall'operatore per valutare lo stato degli ambienti.

L'APPLICAZIONE SVILUPPATA

Dati osservati e previsioni in un'unica esperienza utente



MONITORARE • PREVEDERE • DECIDERE

RISULTATO: un supporto concreto per una gestione più consapevole e proattiva della qualità dell'aria indoor

Ringraziamenti

ITALIAN NATIONAL AGENCY FOR NEW TECHNOLOGIES, ENERGY AND SUSTAINABLE ECONOMIC DEVELOPMENT

Laboratorio Biotecnologie Red (SSPT-BIOTEC-RED)
Massimo Santoro, Maria Pierdomenico, Barbara Benassi
Francesca Antonelli, Giuseppe Aprea

Laboratorio Modelli e Misure per la Qualità dell'Aria ed Osservazioni Climatiche (SSPT-CLIMAR-AOC)
Antonio Piersanti, Giandomenico Pace, Ilaria D'elia
Milena Stracquadanio, Maria Teresa La Torretta
Ettore Petralia, Lorenzo De Silvestri
Andrea Bolignano, Virginia Ciardini

Laboratorio Impatti sul Territorio e nei Paesi in Via di Sviluppo (SSPT-IMPACT-TERPVS)
Laura Caiazzo, Matteo Feltracco
Fabio Speziani, Marco Proposito

REPLY CONCEPT
Francesco Cuscito
Liudmila Dobriakova

REPLY HEALTHY
Angelica Scamarcia
Costanza Messeri
Matteo Nunziante.

Cefriel
POLITECNICO DI MILANO
Valeria Molero Coletta
Davide Stenner Talini
Federico Mirulla.

Ministero della Salute
USMAF-SASN
Lazio, Marche, Umbria, Sardegna
Direzione Unità Territoriale Fiumicino Aeroporto.
Dott.ssa Alessia Perna
Dott.ssa Teresa Esposito



Massimo Santoro PhD
SSPT-BIOTEC-RED

massimo.santoro@enea.it

GRAZIE







