



Atmosphere Monitoring

# DATI PER IL MONITORAGGIO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

## DATI SATELLITARI

Prof. Fabio Del Frate, Università Roma Tor Vergata



PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY





## ■ AEROSOL

Aerosol Optical Depth or Thickness  
(UV) Aerosol Absorbing Index

## ■ GAS TRACCIA

Concentrazioni colonnari totali

Concentrazioni colonnari troposferiche



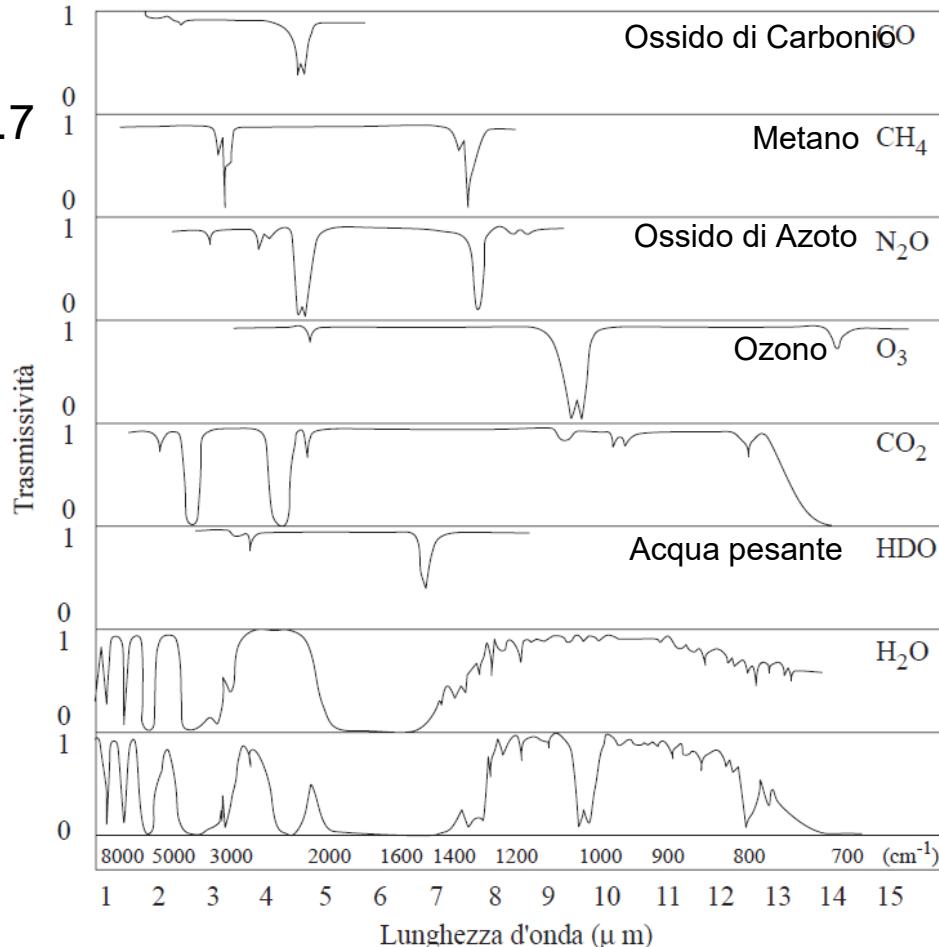
- La profondità ottica esprime la quantità di energia rimossa da un raggio (grado di opacità) per diffusione e/o assorbimento durante il suo percorso attraverso un mezzo.
- La profondità ottica dell'aerosol dipende dal carico di particelle nell'intera colonna dell'atmosfera (dalla superficie alla sommità dell'atmosfera).
- Il valore dipende dalla concentrazione delle particelle, dalla forma, dalle dimensioni, dalla composizione chimica, dalla posizione nell'atmosfera e dalla lunghezza d'onda della misurazione

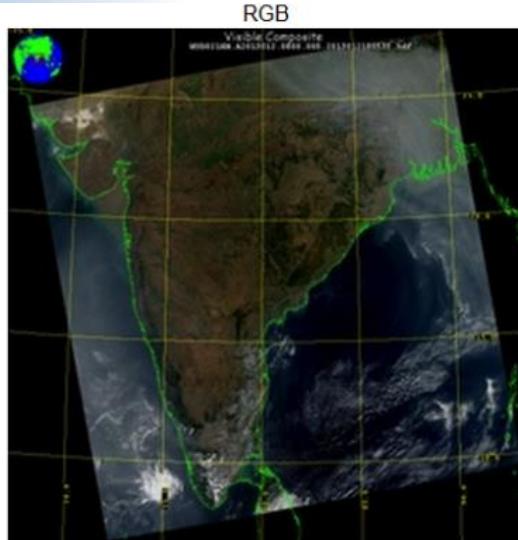


- Per riassumere l'interazione dell'energia incidente con le molecole del mezzo gassoso si può definire un coefficiente di assorbimento atmosferico
- L'energia trasferita alla molecola porta quest'ultima a un livello energetico eccitato. La molecola può poi tornare a un livello energetico inferiore e riemettere energia sotto forma di onda elettromagnetica
- I livelli energetici di una molecola gassosa sono definiti e discreti, quindi l'interazione avviene a frequenze specifiche e si manifesta come uno spettro a righe
- Nell'alta atmosfera le molecole dei costituenti minori giocano un ruolo più evidente, con una firma spettrale molto ricca di linee a frequenze superiori.

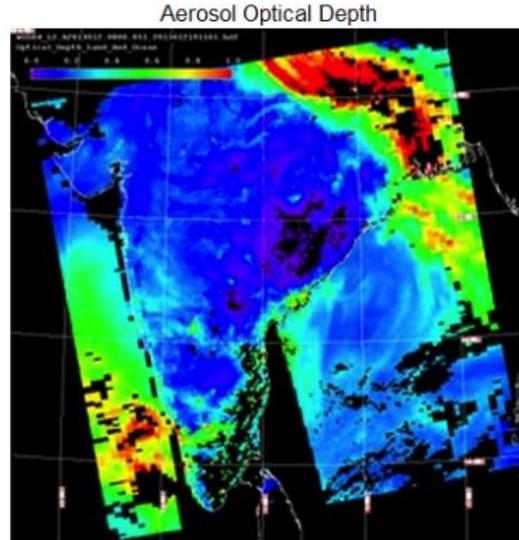


- Anidride carbonica: 15  $\mu\text{m}$ , 4.3  $\mu\text{m}$ , 2.7  $\mu\text{m}$
  - Vapor d'acqua: 6.2  $\mu\text{m}$ , 3.2  $\mu\text{m}$ , 2.7  $\mu\text{m}$ , 1.87  $\mu\text{m}$ , 1.38  $\mu\text{m}$
  - Ozono: 14.2  $\mu\text{m}$ , 9.6  $\mu\text{m}$ , 4.8  $\mu\text{m}$
- Al di fuori delle bande spettrali che corrispondono a un assorbimento risonante, si può presentare anche un assorbimento continuo, dovuto al decadimento lento delle code di linee spettrali centrate su frequenze lontane

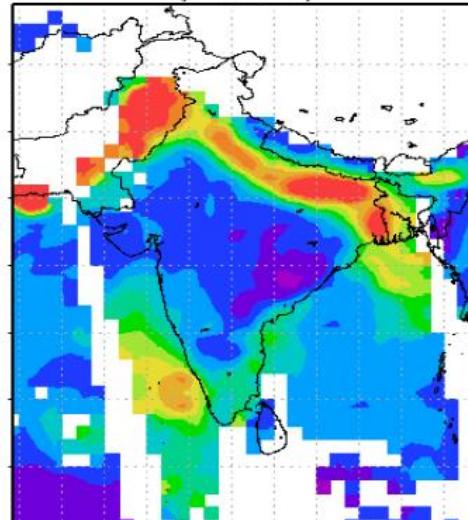




**Level 1B**



**Level 2**



**Level 3**

Calibration to  
Radiance

Aerosol Retrieval  
Algorithm

Spatial & Temporal  
Averaging



**Sentinel-4**: dati per il monitoraggio della composizione atmosferica. Il suo obiettivo è monitorare i gas in traccia e gli aerosol essenziali per la qualità dell'aria che si trovano sull'Europa, ad alta risoluzione spaziale e con un tempo di rivisitazione breve.

I precursore **Sentinel-5p** è una missione satellitare avviata il 13 ottobre 2017. Si tratta di una missione provvisoria volta a garantire la continuità della rilevazione dei dati sulla qualità dell'aria fino al lancio del Sentinel-5.

**Sentinel-5** sarà utilizzato per il monitoraggio della composizione atmosferica. Fornirà misurazioni accurate dei costituenti essenziali dell'atmosfera, come ozono, biossido di azoto, biossido di zolfo, monossido di carbonio, metano, formaldeide, e delle proprietà dell'aerosol.



**GOME- onboard ERS-2 – launched 1995**

wavelength range: 240–790 nm

spectral resolution: 0.2–0.4 nm

**SCIAMACHY- onboard ENVISAT- launched 2002**

UV/VIS/NIR range (214 to 2386 nm)

spectral resolution: 0.24-1.48 nm

**OMI- NASA's Aura satellite – launched 2004**

wavelength range: 270 to 500 nm

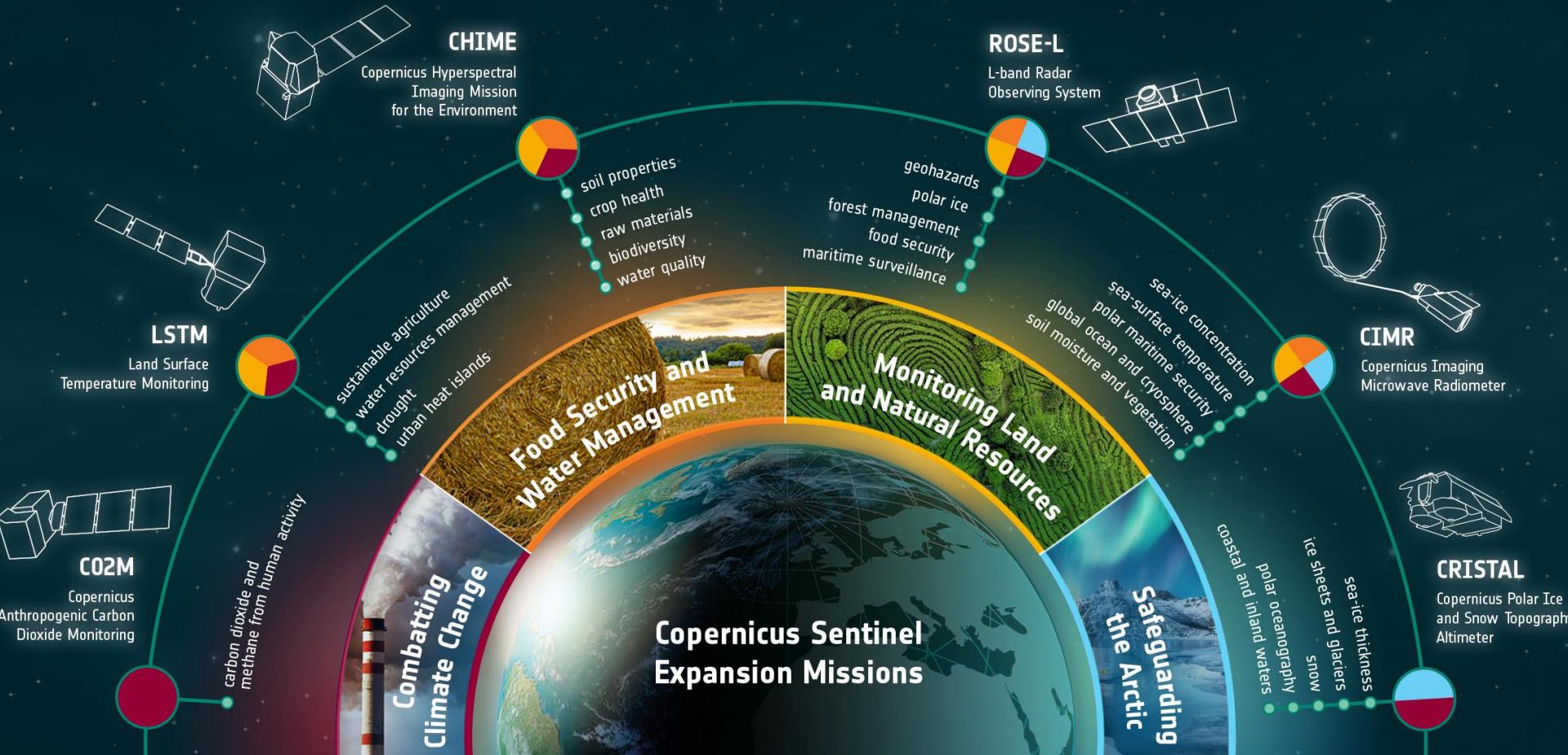
spectral resolution of about 0.5 nm

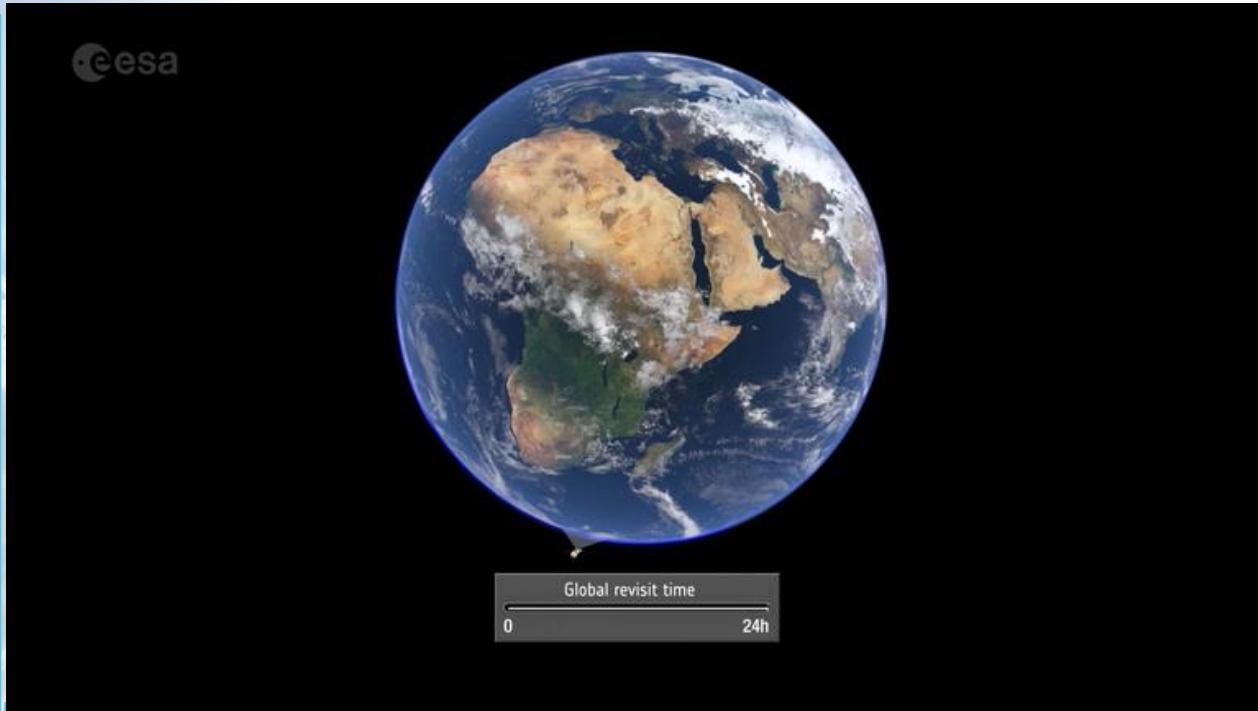


PROGRAMME OF THE  
EUROPEAN UNION



co-funded with

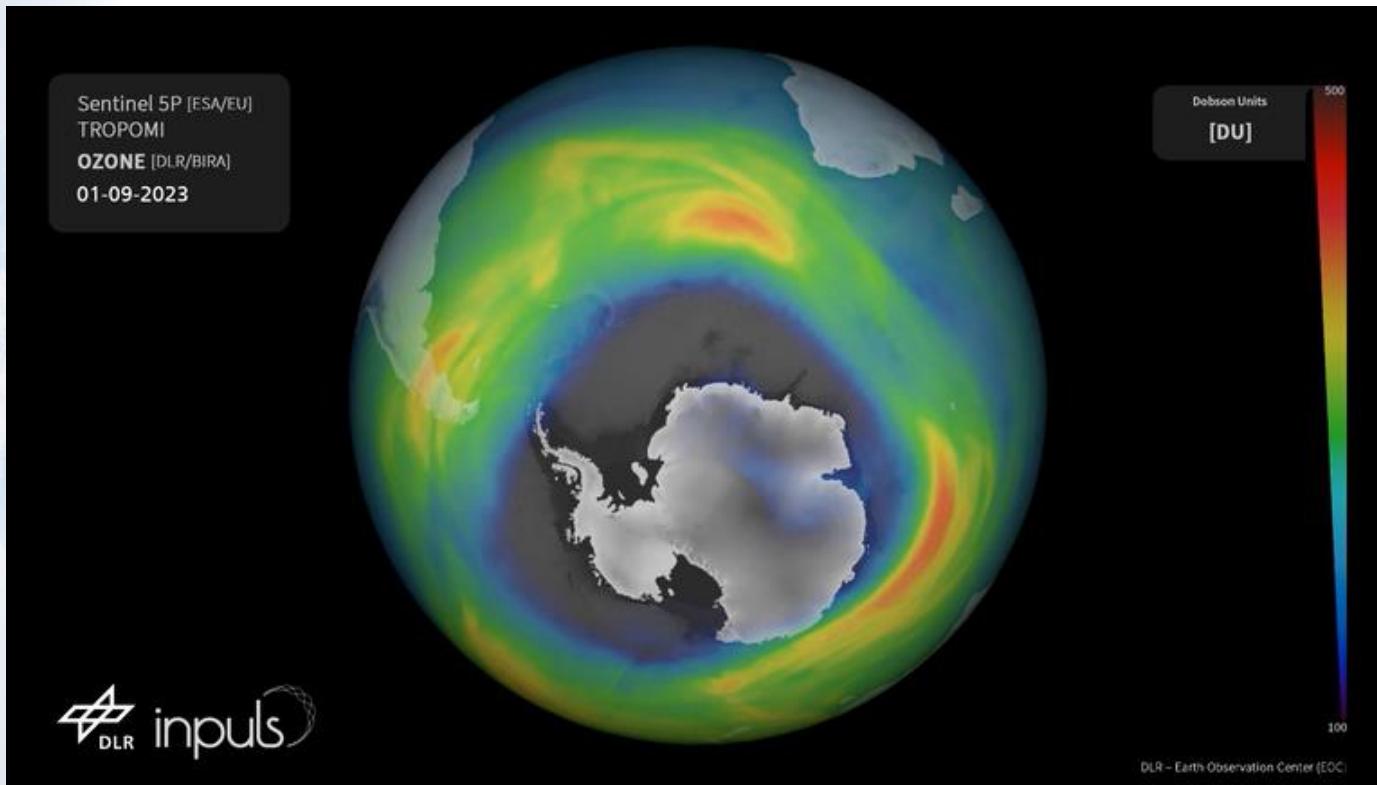






## Monitoraggio riduzione dell'ozono con Sentinel-5P

Il buco dell'ozono, che gli scienziati chiamano "area di riduzione dell'ozono", ha raggiunto una dimensione di 26 milioni di kmq il 16 settembre 2023. Si tratta di circa tre volte la superficie del Brasile. I risultati sono stati ottenuti dai dati del satellite 5P

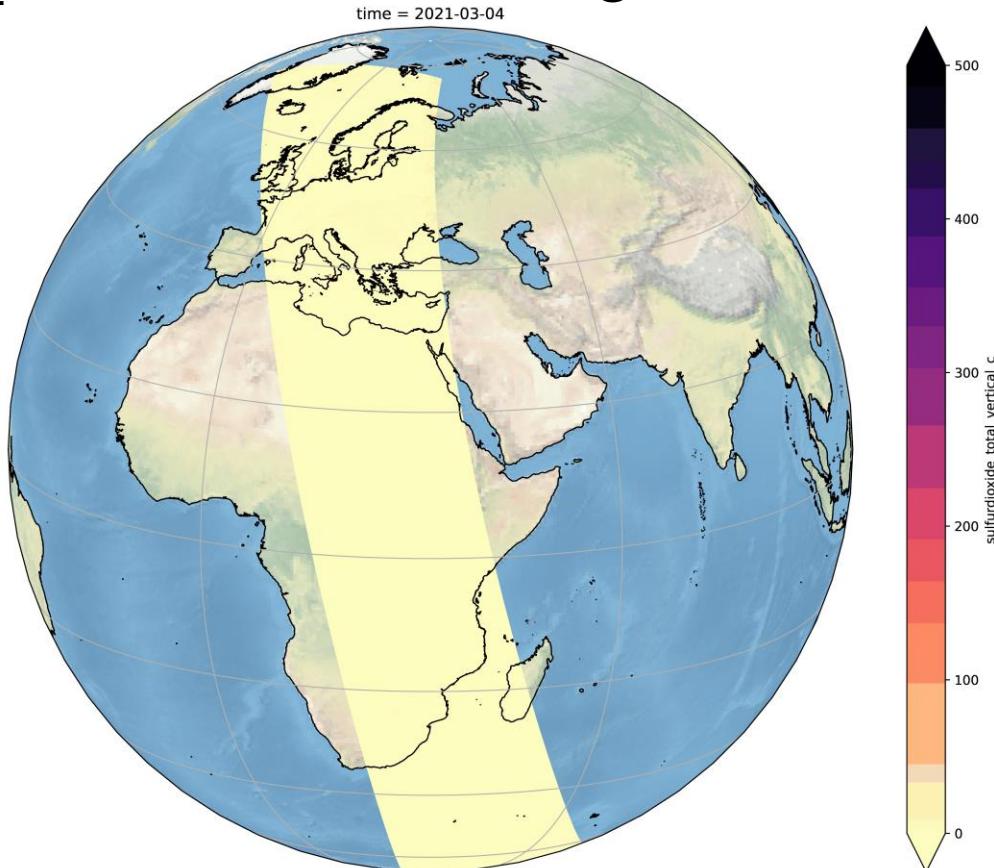




Atmosphere  
Monitoring

Tracciamento di SO<sub>2</sub> emesso dall'Etna nell'eruzione del 3 Marzo 2021

# SO<sub>2</sub> emesso dall'Etna giunto in Cina



Combinazione multi-  
temporale di dati  
Sentinel-5P

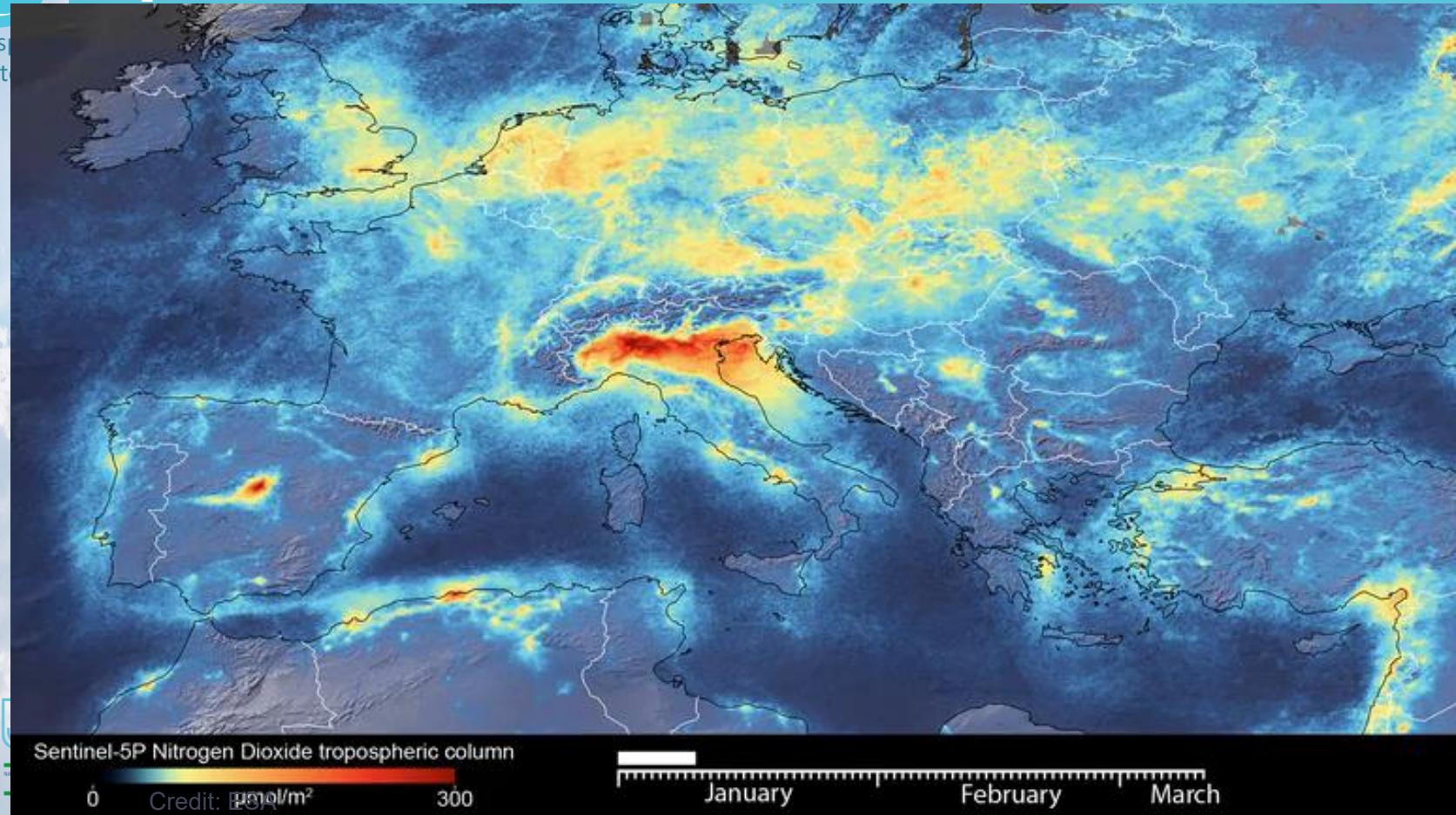


IMPLEMENTED BY  
 **Copernicus**  
Europe's eyes on Earth  
 **ECMWF**



# NO<sub>2</sub> (Biossido di azoto) troposferico in Europa al tempo del Covid-19 con S5-p

Atmos  
Monit



NF



### Parametri misurati

- ozono ( $O_3$ );
- biossido di azoto ( $NO_2$ );
- diossido di zolfo ( $SO_2$ );
- formaldeide;
- aerosol e particolato atmosferico.

Revisit Time: orario

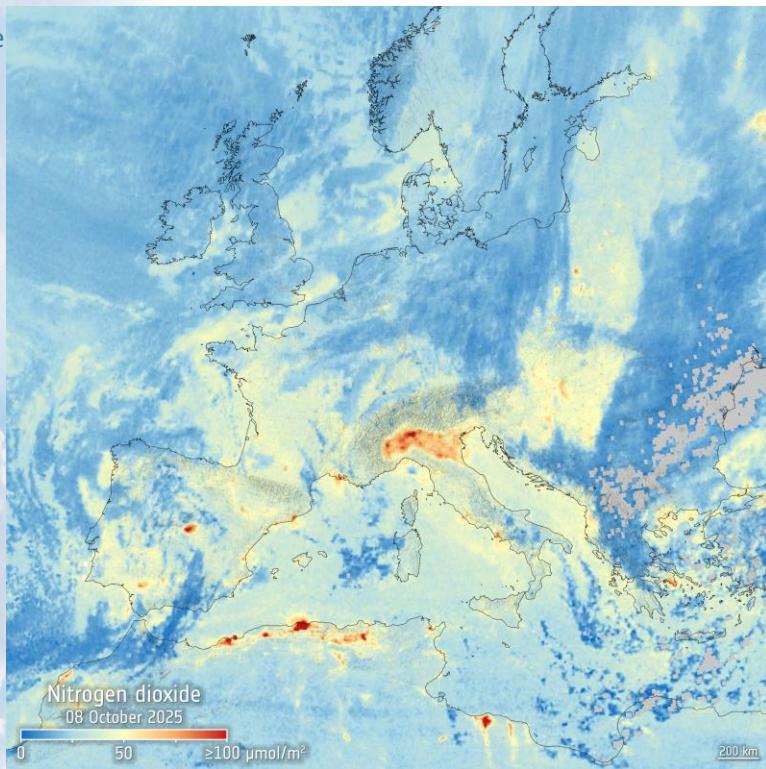
orbita a 36.000 km di distanza dalla Terra in **posizione geostazionaria**

Risoluzione spaziale: circa 8x8 km

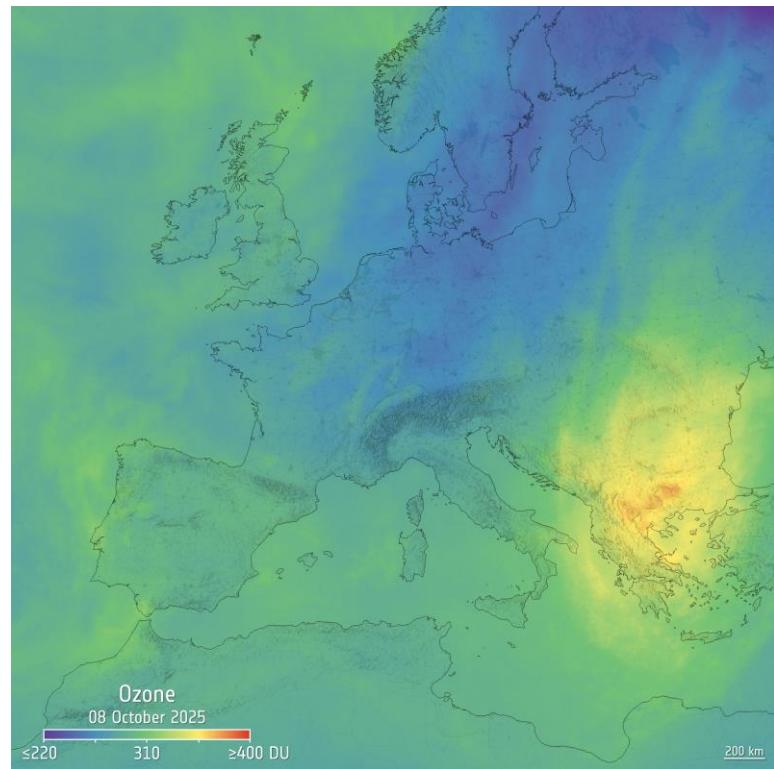


Atmosphere  
Monitoring

## Prime Immagini dalla missione Sentinel-4



Credit: Contains modified Copernicus Sentinel data (2025), processed by IUP-Bremen/DLR/ESA



Credit: Contains modified Copernicus Sentinel data (2025), processed by DLR/ESA



PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION



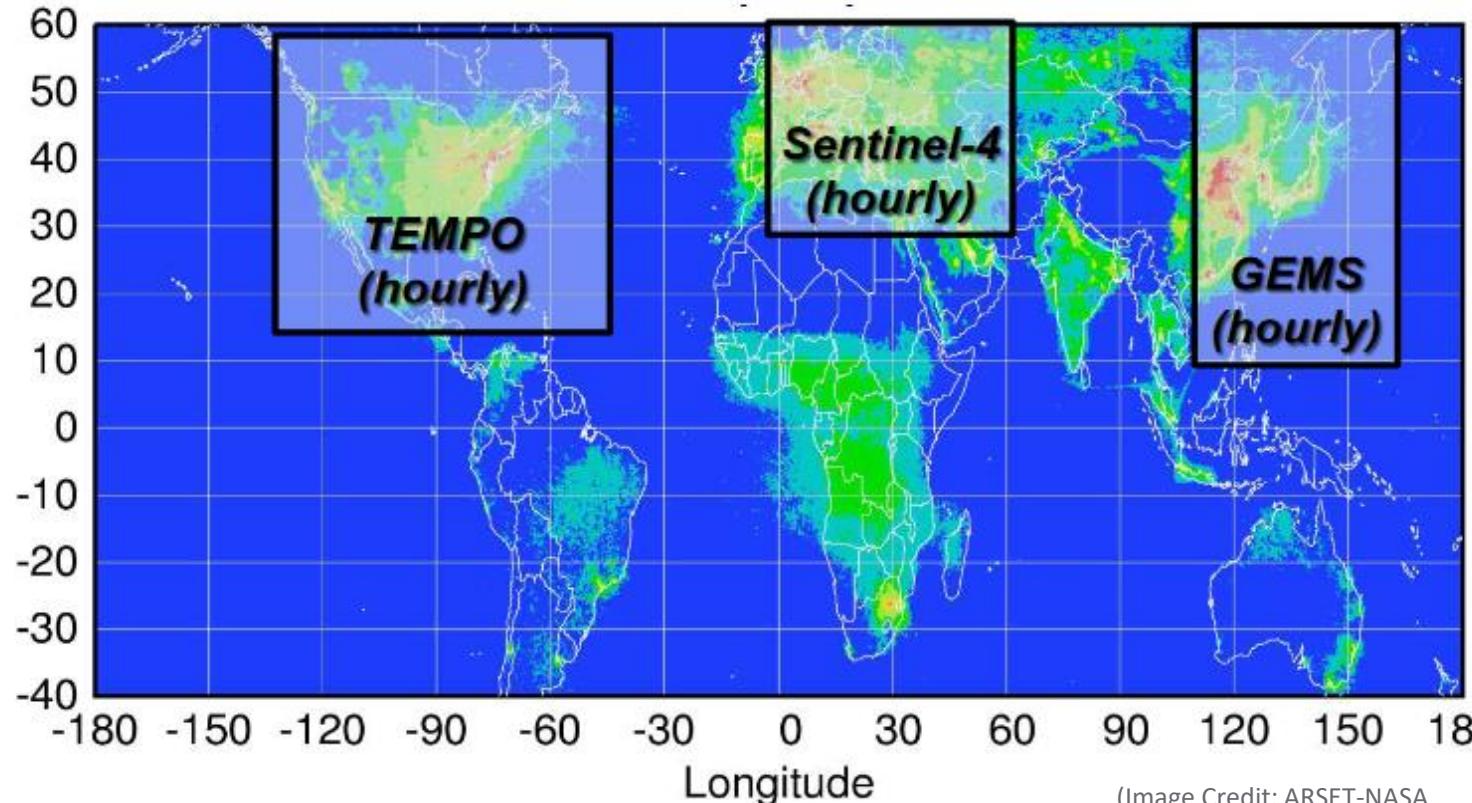
IMPLEMENTED BY





## Programma di monitoraggio della qualità dell'aria a scala globale

3 missioni gemelle monitorano qualità dell'aria su diversi Continenti da orbita geostazionaria (a circa 36000 Km di distanza dalla Terra)





Nuova frontiera: esplorazione uso di dati iperspettrali (e multispettrali) per QA

# PRIMARY

PRIsma for Monitoring AiR qualitY

MAIN SCIENTIFIC GOAL:  
use of satellites to provide qualitative and quantitative information on Atmospheric Particulate Matter at **urban scale** and to extract anthropogenic fraction

Such urban scale is not feasible at the moment due to limitations in terms of spatial and/or spectral resolution characterizing current payloads.



PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION



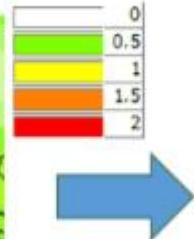
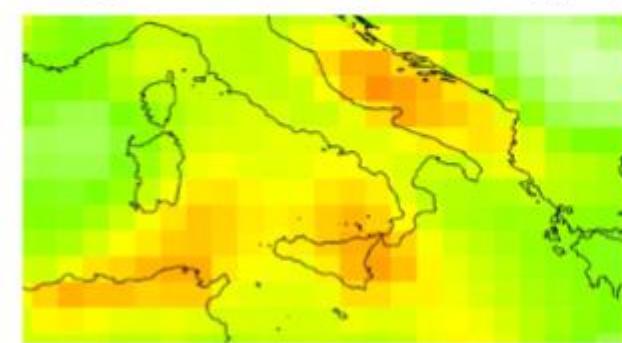
IMPLEMENTED BY



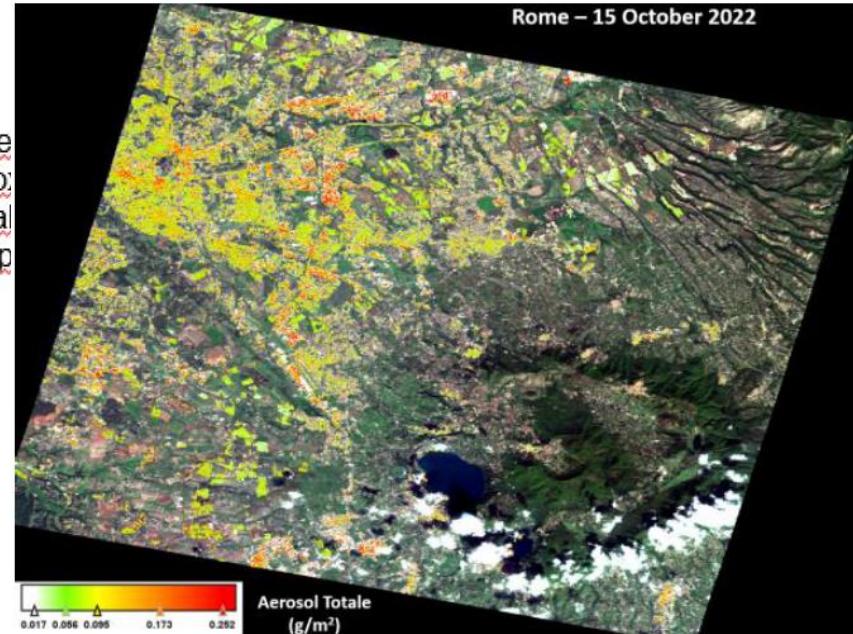


## Progetto PRIMARY – Stima di particolato atmosferico con dati iperspettrali PRISMA

13 Maggio 2020, 12 UTC - Black Carbon ( $\mu\text{g}/\text{m}^2$ )



CAMS Reanalysis  
• Approximate spatial resolution  
• Only particulate matter



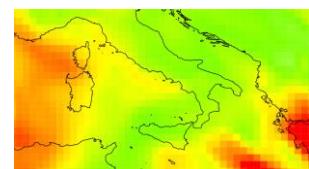
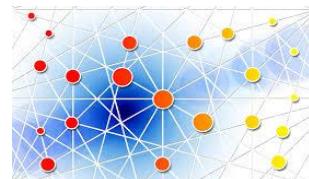


# ROADMAP

## Uso di dati iperspettrali

Atmosphere  
Monitoring

- Generation of a statistically significant set of atmospheric profiles (CAMS, GEOS-Chem)
- PRISMA data simulation in correspondence of the generated profiles (FlexAOD, RT models)
- Design and development of AI algorithms to be applied to real satellite data
- PM products generation from PRISMA
- Test, validation and performance analysis (ground + aerial measurements)





## Missioni future per la qualità dell'aria: la missione MAIA (NASA/ASI)

Analizzerà la distribuzione di particolato e aerosol nell'atmosfera in molte città del mondo e, con l'aiuto delle strutture sanitarie locali, cercherà di capire quali effetti hanno tali inquinanti sulla salute dell'uomo.

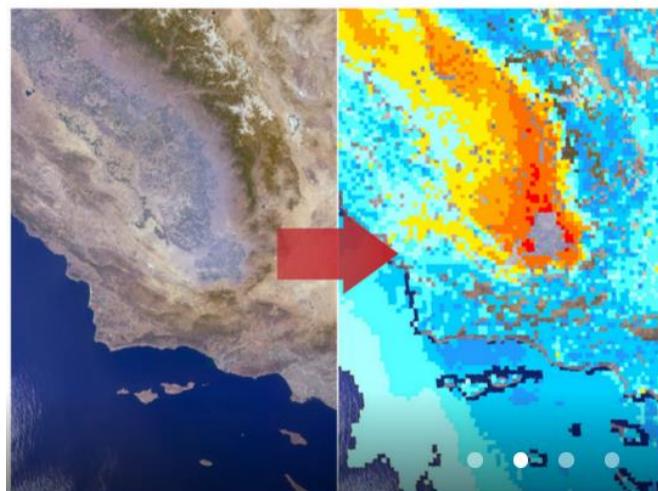
Lancio previsto: 2026

### 1. Data to radiance

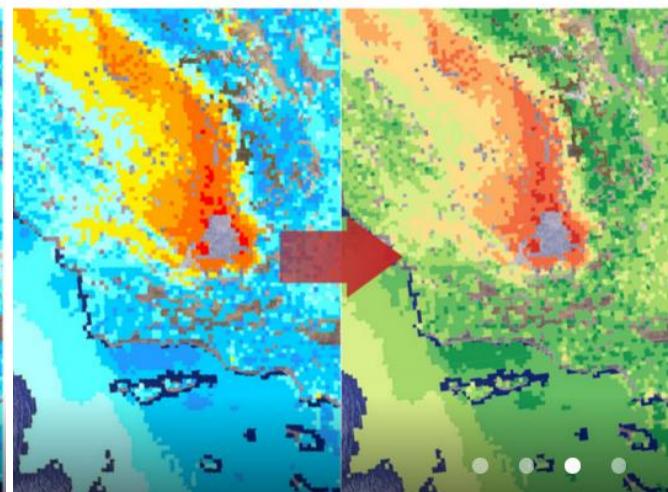
```
1010100 01101000  
1101001 01110011  
0100000 01101001  
1110011 00100000  
1110100 01101000  
1100101 00100000  
1110010 01100001  
1110111 00100000  
1100100 01100001  
1110100 01100001  
0100000 01100110  
1110010 01101111  
1101101 00100000  
1001101 01000001  
1001001 01000001
```



### 2. Radiance to aerosol data



### 3. Aerosol to PM data





NATIONAL COLLABORATION PROGRAMME  
ITALIAN INITIATIVE



Atmosphere Monitoring

# Grazie per l'attenzione

[fabio.del.frate@uniroma2.it](mailto:fabio.del.frate@uniroma2.it)



PROGRAMME OF  
THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY

