

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





Atmosphere
Monitoring

Misure satellitari di interesse per qualità dell'aria

- **AEROSOL**

Aerosol Optical Depth or Thickness
(UV) Aerosol Absorbing Index

- **GAS TRACCIA**

Concentrazioni colonnari totali
Concentrazioni colonnari troposferiche



Aerosol Optical Depth (AOD) – Profondità ottica dell'aerosol

- 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 rimettere 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.

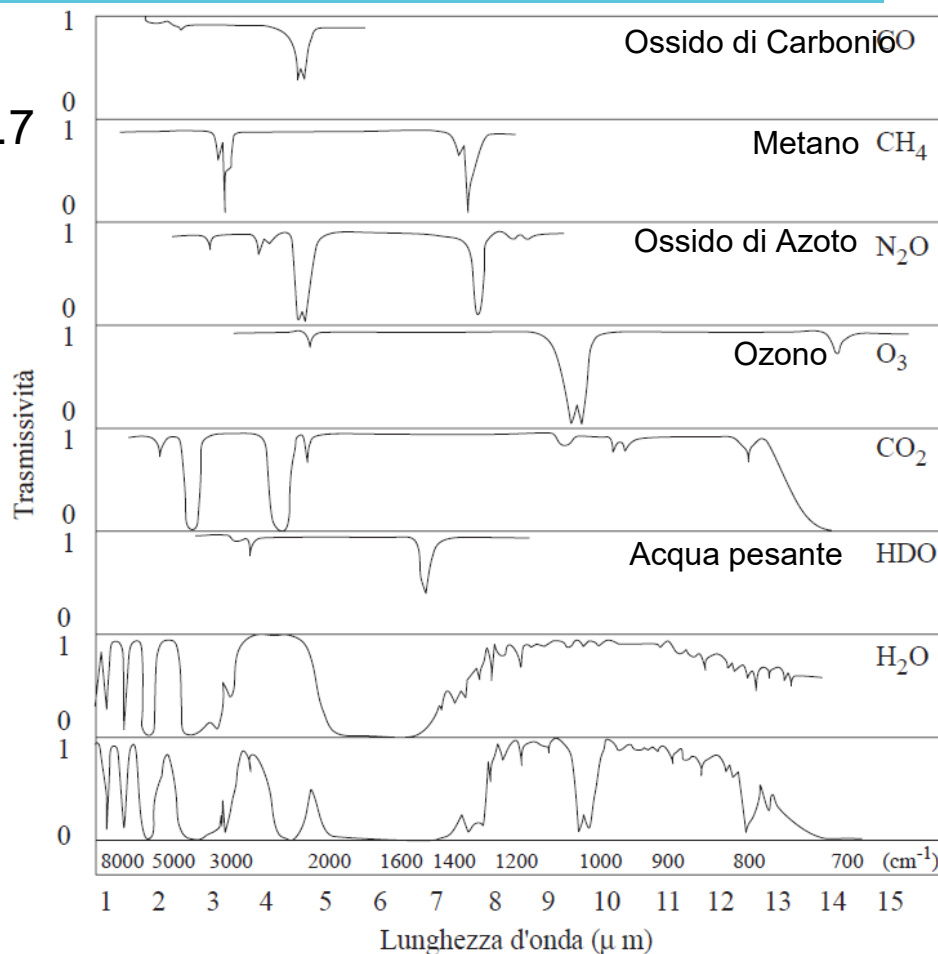


Finestre atmosferiche

Atmosphere
Monitoring

- Anidride carbonica: 15 μm , 4.3 μm , 2.7 μm
- Vapor d'acqua: 6.2 μm , 3.2 μm , 2.7 μm , 1.87 μm , 1.38 μm
- Ozono: 14.2 μm , 9.6 μm , 4.8 μm

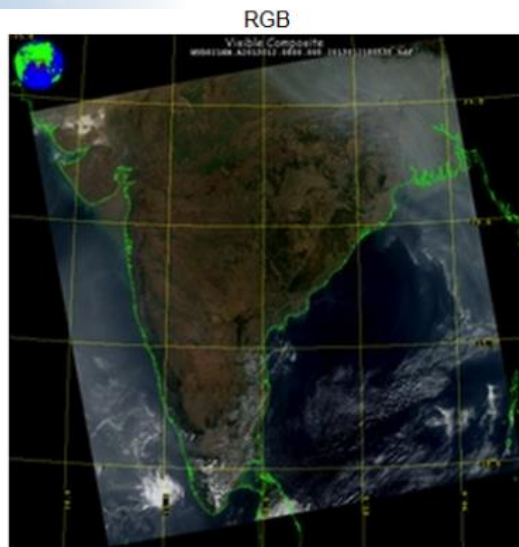
Al di fuori delle bande spettrali che corrispondono a un assorbimento risonante, si può presentare anche un assorbimento continuo, dovuto al decadimento lento delle code di linee spettrali centrate su frequenze lontane



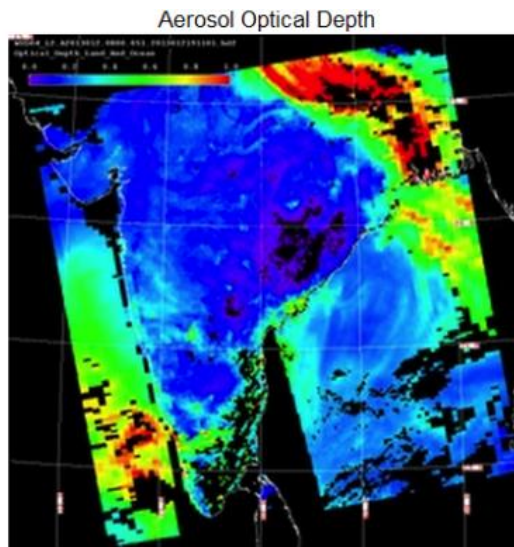


Atmosphere
Monitoring

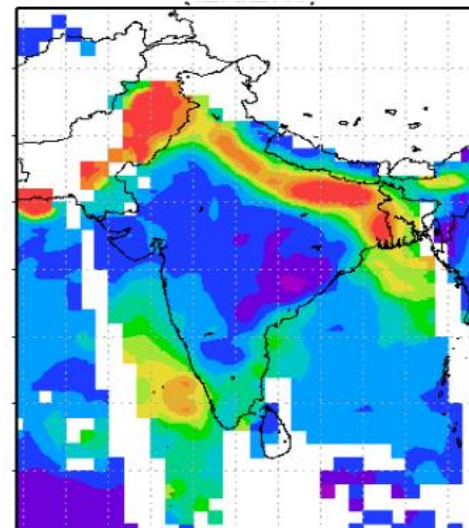
Livelli di elaborazione dati (AOD e gas traccia)



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.

Il 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.



Atmosphere
Monitoring

Le prime missioni ESA per il monitoraggio della qualità dell'aria

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

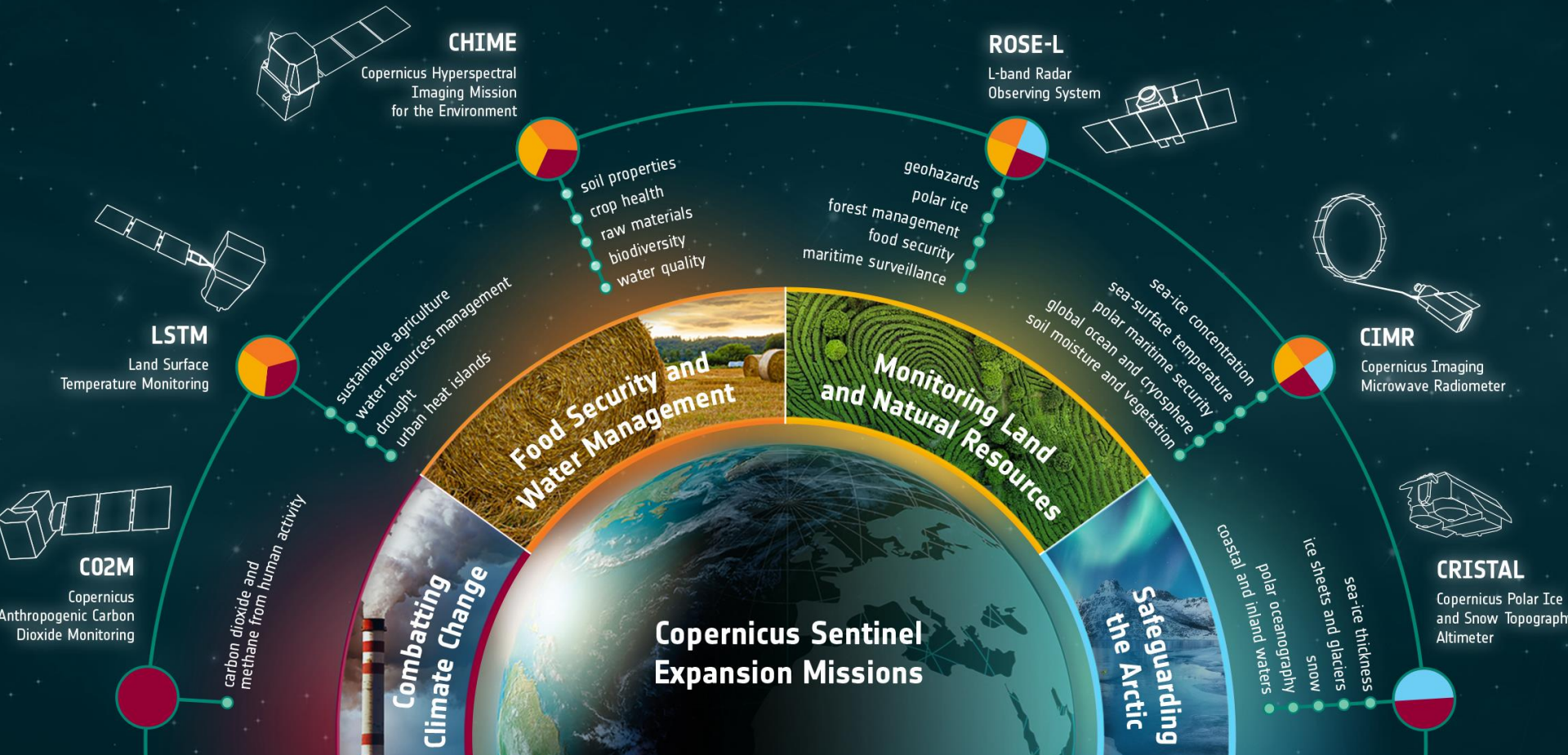
spectral resolution of about 0.5 nm



PROGRAMME OF THE
EUROPEAN UNION



co-funded with





Sentinel-5p in breve

Atmosphere
Monitoring



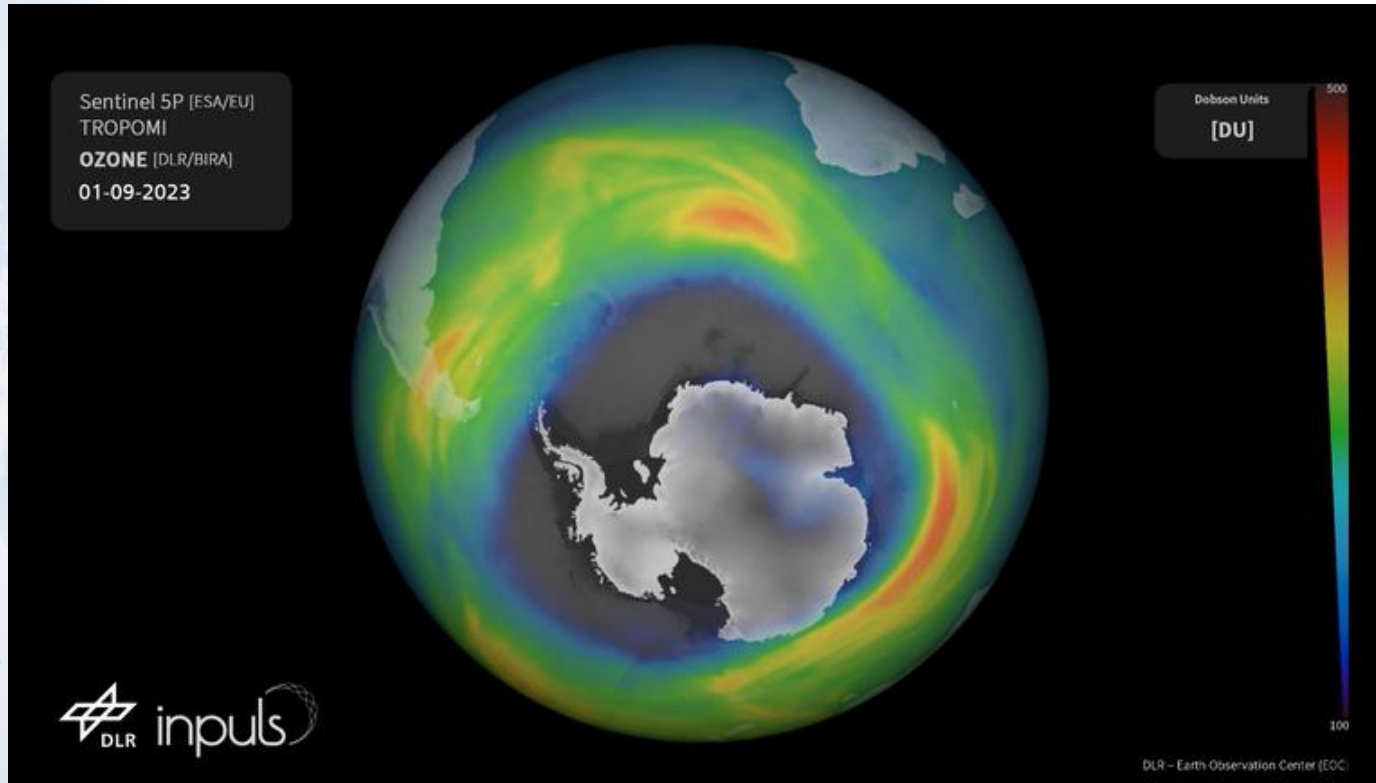
- **Revisit time:** daily, around 13:30 local solar time
- **Swath:** 2600 km, with daily global coverage
- **Spatial resampling:** up to 5.5 x 3.5 km
- **Orbit:** polar, sun-synchronous at 824 km of altitude



Atmosphere
Monitoring

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



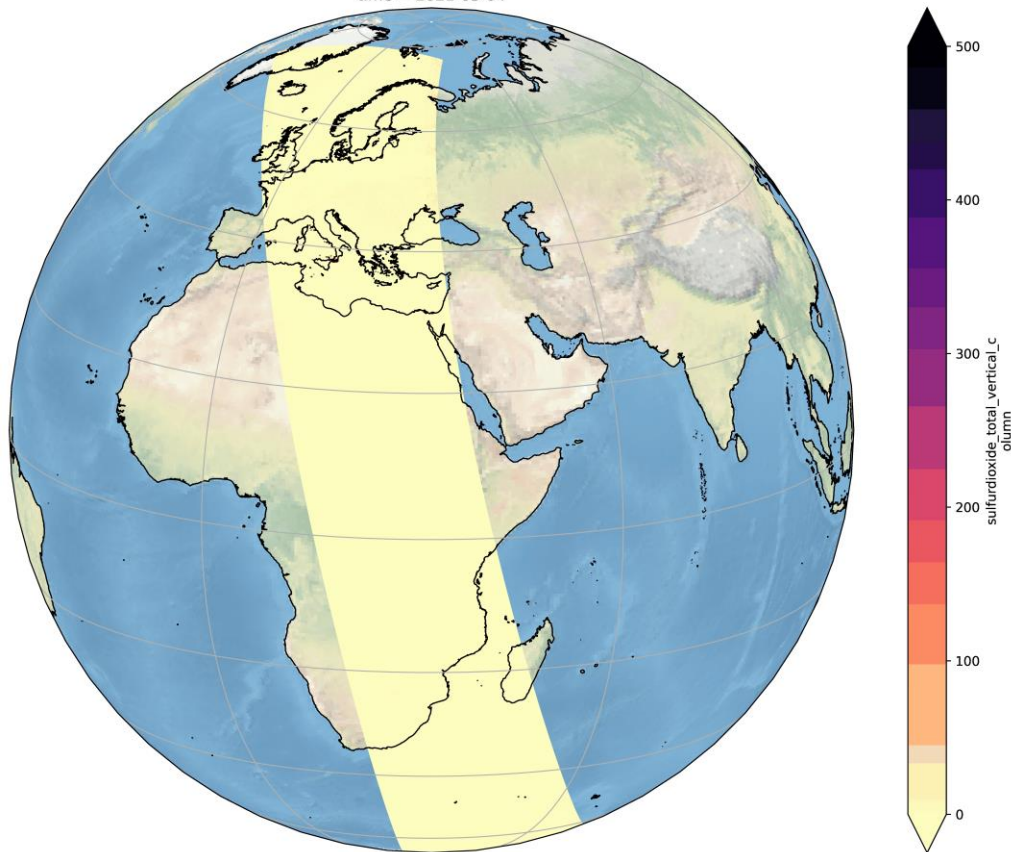


Atmosphere
Monitoring

Tracciamento di SO₂ emesso dall'Etna nell'eruzione del 3 Marzo 2021

SO₂ emesso dall'Etna giunto in Cina

time = 2021-03-04

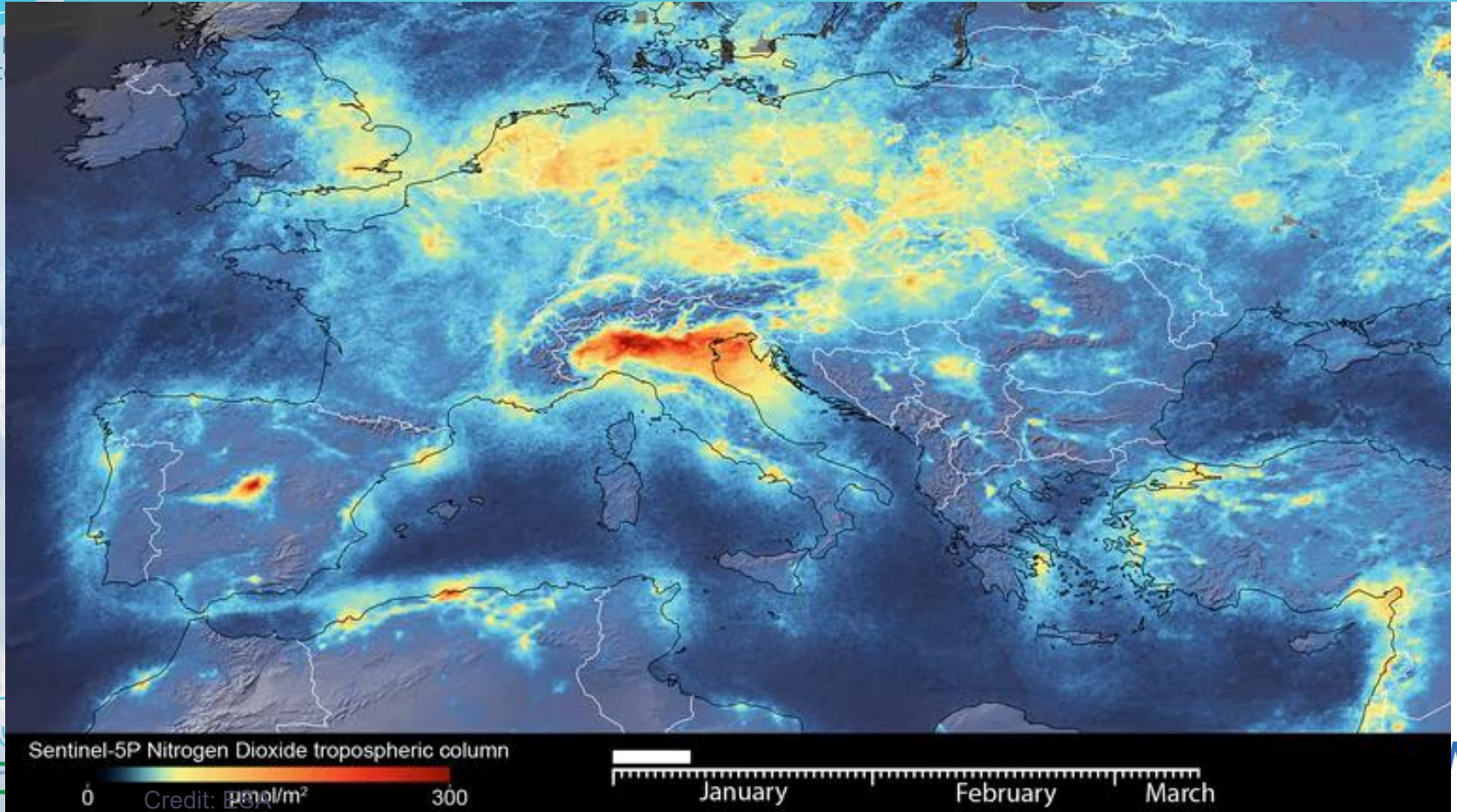


Combinazione multi-
temporale di dati
Sentinel-5P



NO₂ (Biossido di azoto) troposferico in Europa al tempo del Covid-19 con S5-p

Atmos
Monit

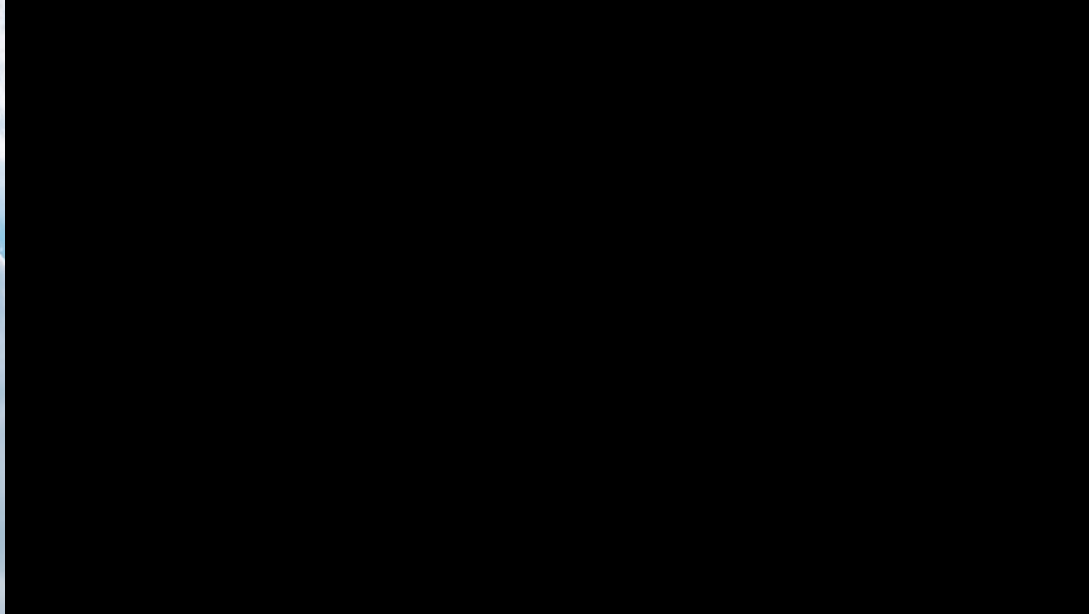


VF



Sentinel-4 in breve

Atmosphere
Monitoring



Parametri misurati

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

Revisit Time: orario

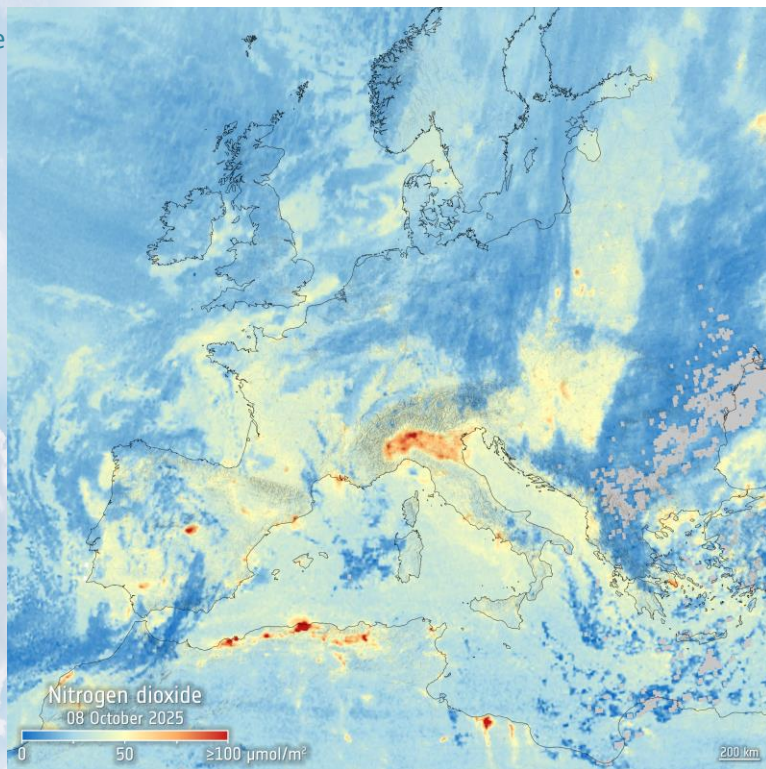
orbita a 36.000 km di distanza dalla
Terra in **posizione geostazionaria**

Risoluzione spaziale: circa 8x8 km

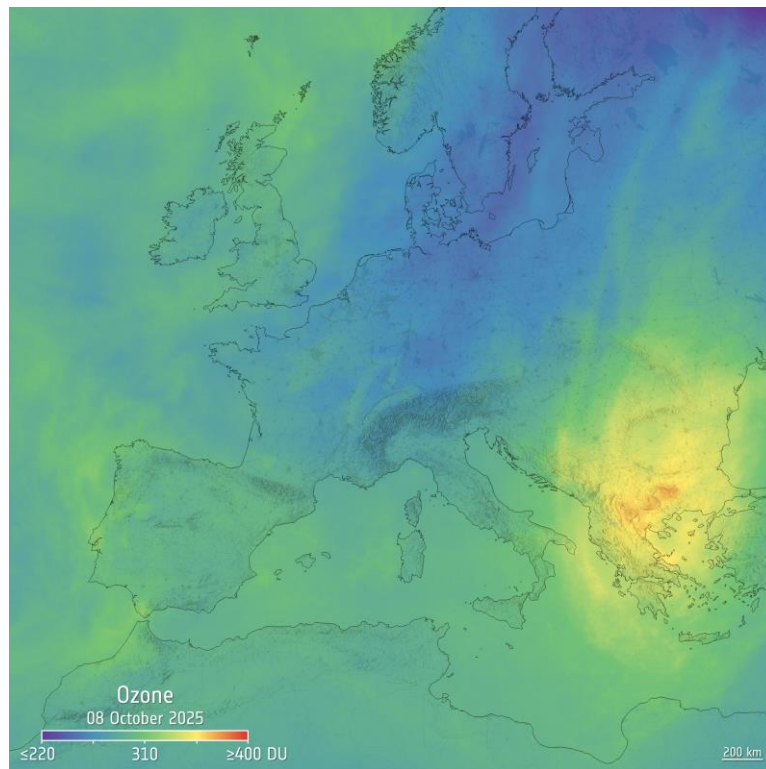


Atmosphere
Monitoring

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

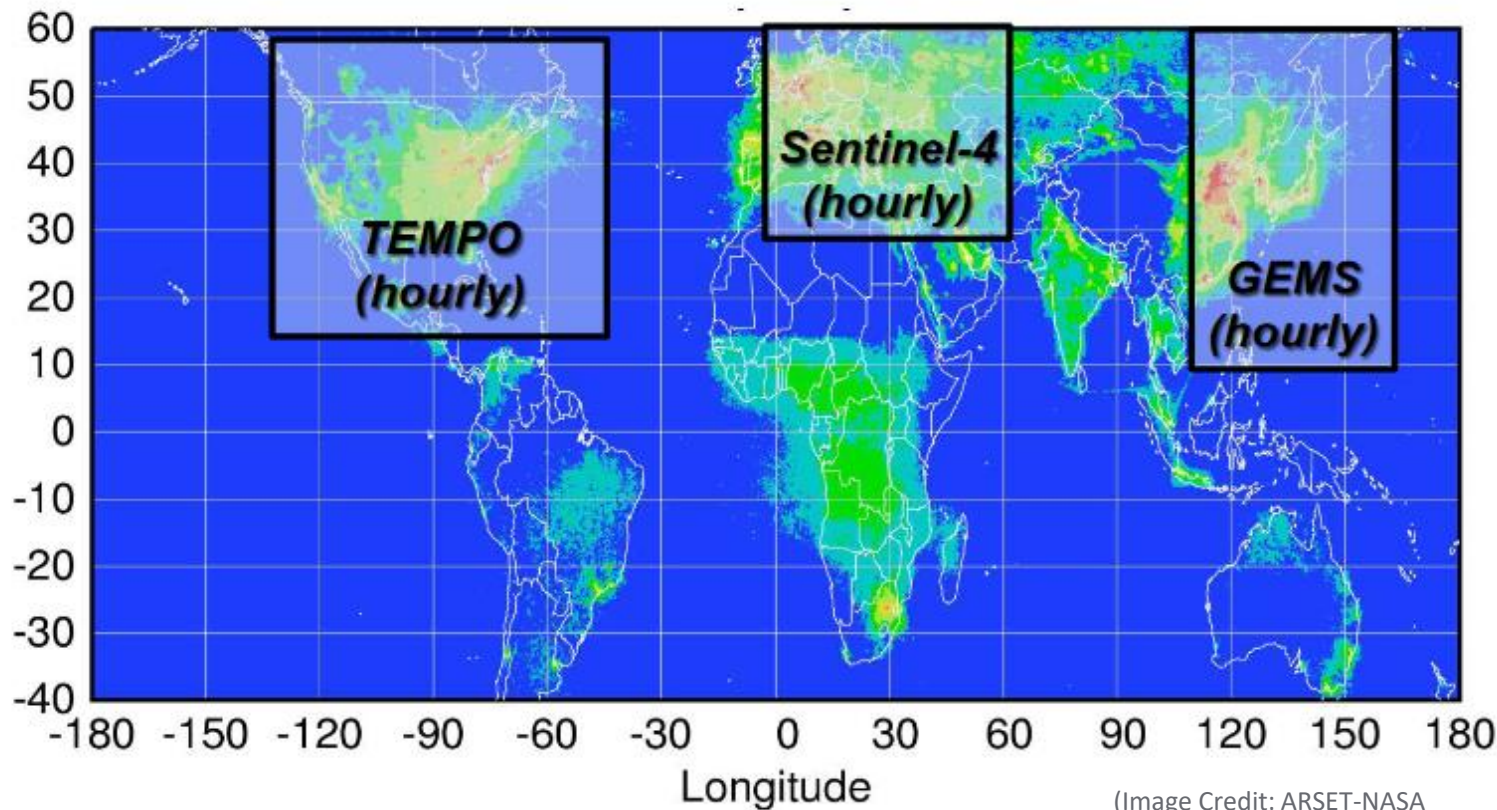




Atmosphere
Monitoring

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)





Atmosphere
Monitoring

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

PRIMARY

PRIsma for Monitoring AiR qualityY

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.

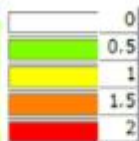
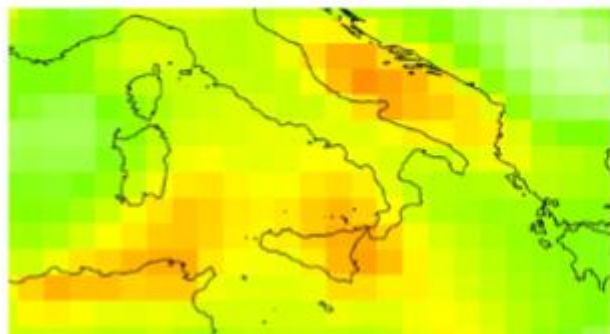


Atmosphere
Monitoring

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

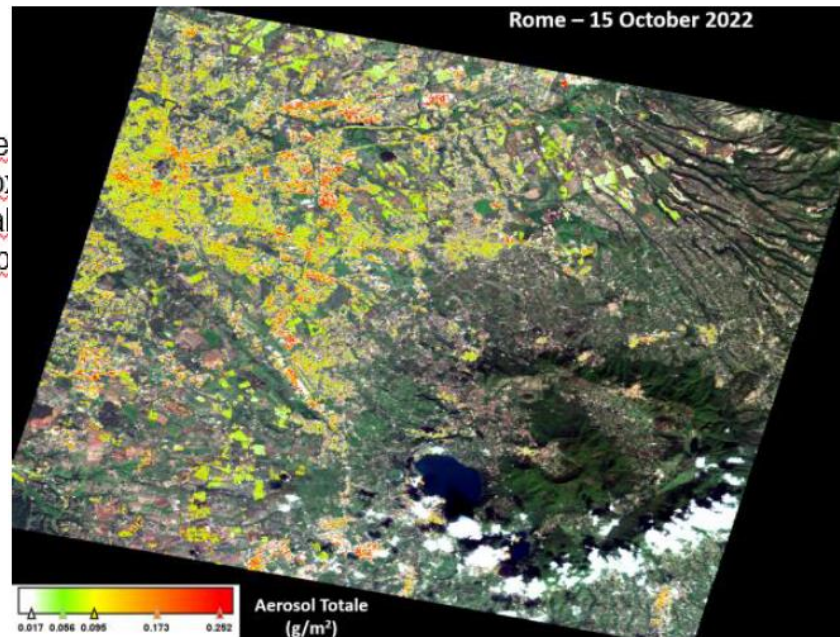
Progetto PRIMARY – Stima di particolato atmosferico con dati iperspettrali PRISMA

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



CAMS Re

- Appro: spatial
- Only p





ROADMAP

Uso di dati iperspettrali

➤ Generation of a statistically significant set of atmospheric profiles (CAM5, GEOS-Chem)



➤ PRISMA data simulation in correspondence of the generated profiles (FlexAOD, RT models)



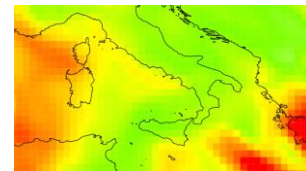
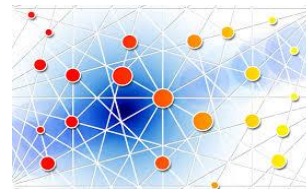
➤ Design and development of AI algorithms to be applied to real satellite data



➤ PM products generation from PRISMA



➤ Test, validation and performance analysis (ground + aerial measurements)





Atmosphere
Monitoring

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.

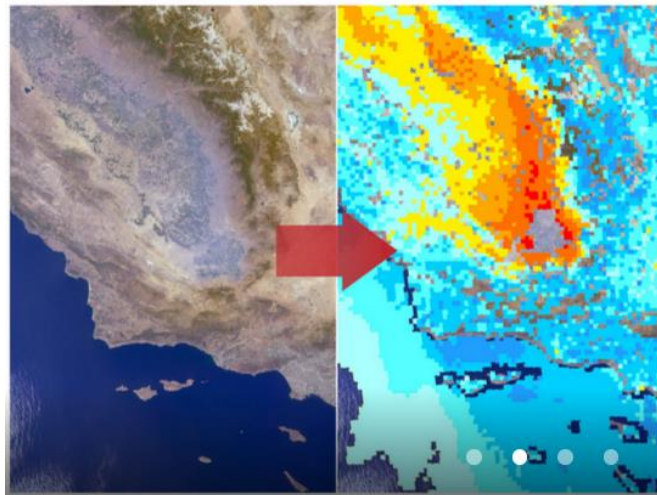
Lancio previsto: 2026

1. Data to radiance

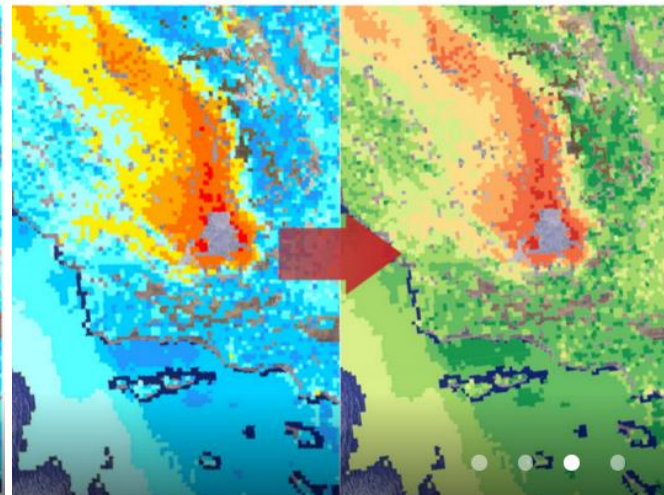
1010100 01101000
1101001 01110011
0100000 01101001
1110011 00100000
1110100 01101000
1100101 00100000
1110010 01100001
1110111 00100000
1100100 01100001
1110100 01100001
0100000 01100110
1110010 01101111
1101101 00100000
1001101 01000001
1001001 01000001



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



PROGRAMME OF
THE EUROPEAN UNION



IMPLEMENTED BY

