

# Corso di Laurea Magistrale in Fisica del Sistema Terra

## Ciclo di Seminari ISAC-CNR & INGV

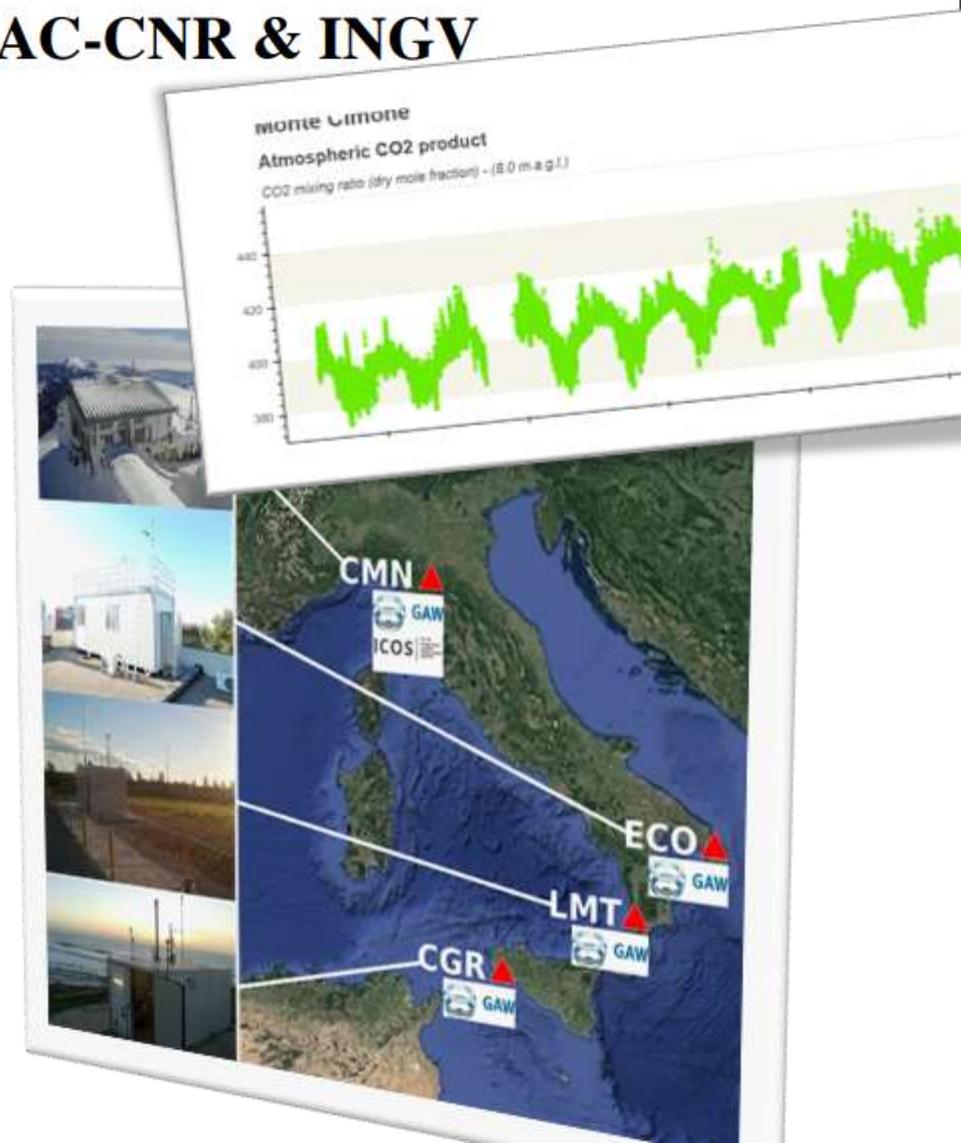
Studio di processi  
responsabili della variabilità  
di gas serra in atmosfera

Paolo Cristofanelli

*National Research Council of Italy*

*Institute of Atmospheric Science and Climate*

*Bologna, Italy*



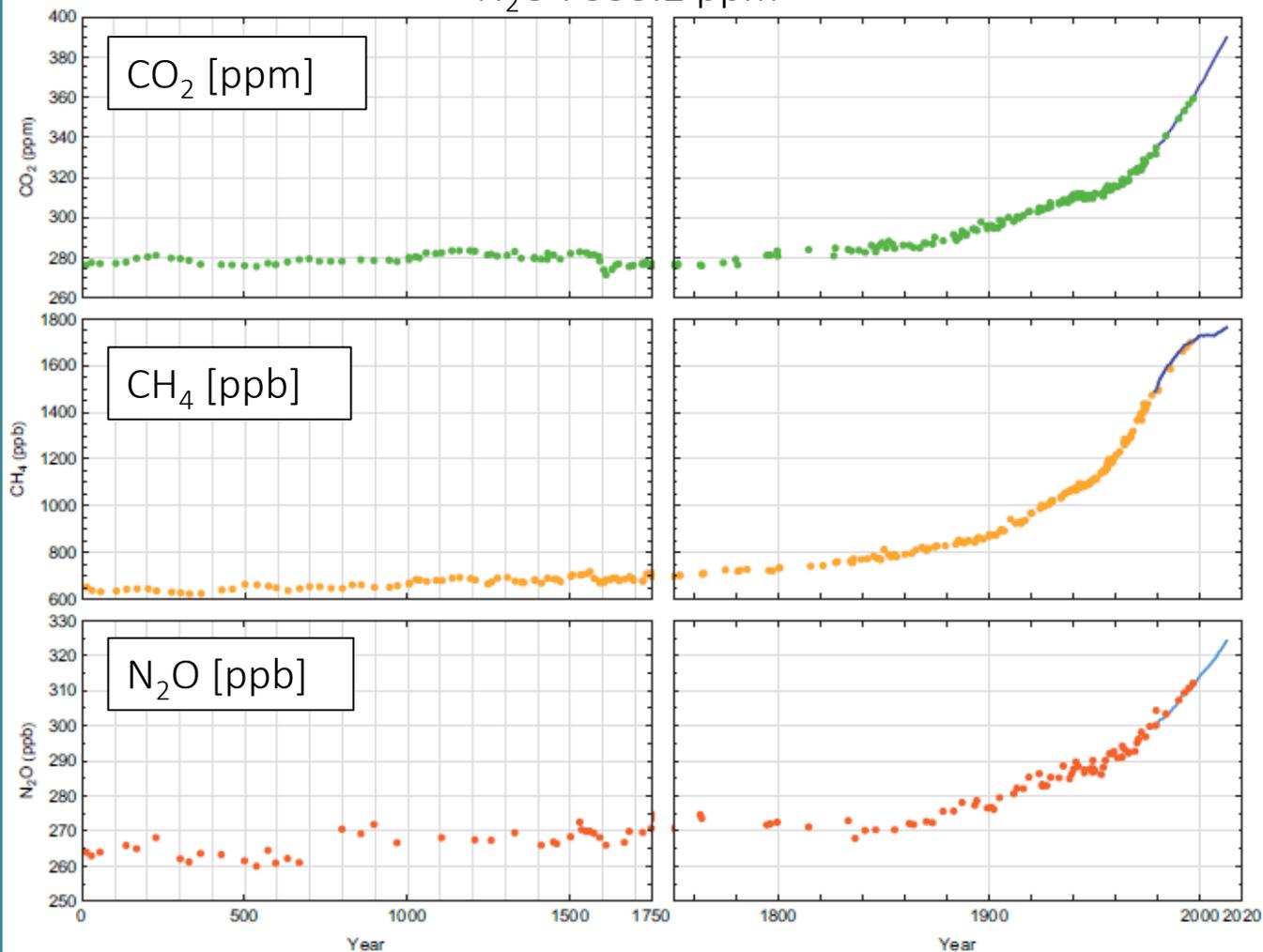
# Cambiamenti della composizione dell'atmosfera

Global mean (2020):

- CO<sub>2</sub> : 413.2 ppm
- CH<sub>4</sub> : 1889 ppb
- N<sub>2</sub>O : 333.2 ppb

Increase compared to 1750:

- CO<sub>2</sub> : 148%
- CH<sub>4</sub> : 260%
- N<sub>2</sub>O : 123%



Introduzione

GAW-WMO

ICOS-RI

Osservazioni ISAC

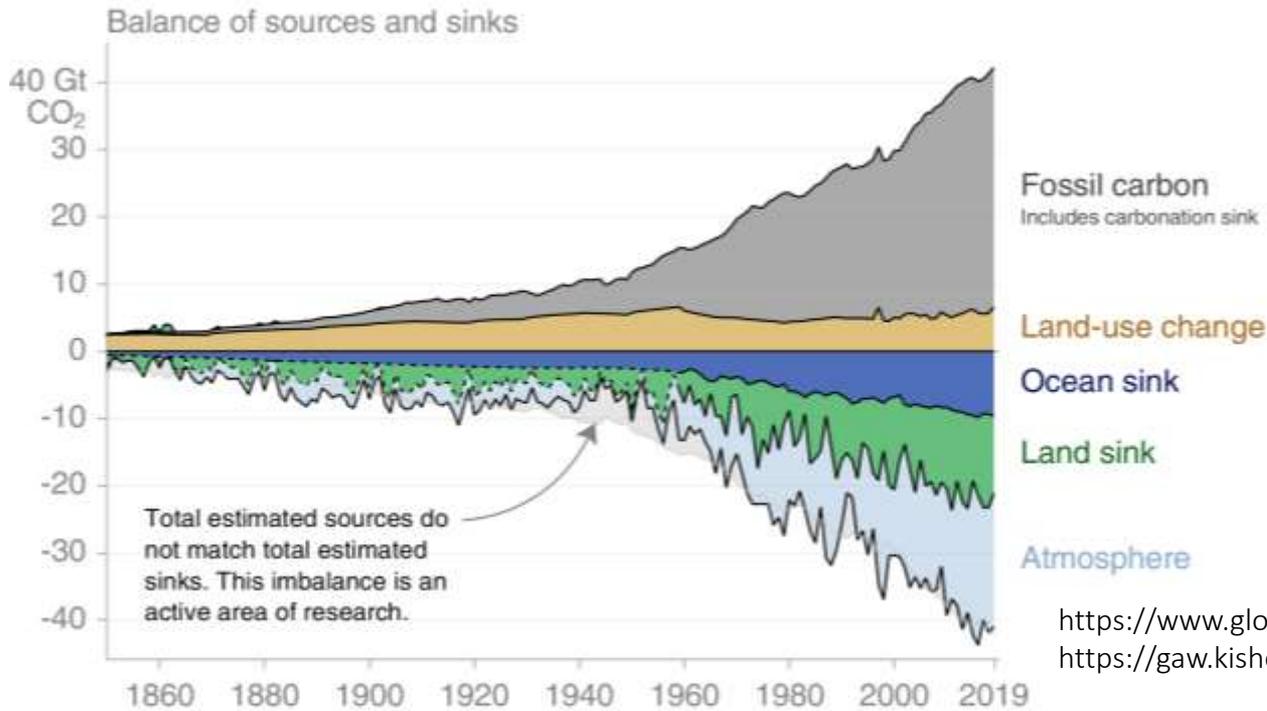
Topic 1 – Studio della variabilità CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>

Topic 2 – Studio del ruolo degli incendi

# Rimozione e sorgenti

La variazione del quantitativo di un gas è il risultato di emissioni e rimozioni (e trasporto)

$$\frac{d(\text{concentration})}{dt} = \text{emission rate} - \text{loss rate} = \text{growth rate}$$



©Global Carbon Project • Data: GCP/CDIAC/NOAA-ESRL/UNFCCC

<https://www.globalcarbonproject.org/>  
<https://gaw.kishou.go.jp/>

Introduzione

GAW-WMO

ICOS-RI

Osservazioni ISAC

Topic 1 – Studio della variabilità CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>

Topic 2 – Studio del ruolo degli incendi

# Non solo questione di CO<sub>2</sub> ...



WORLD  
METEOROLOGICAL  
ORGANIZATION



GLOBAL  
ATMOSPHERE  
WATCH

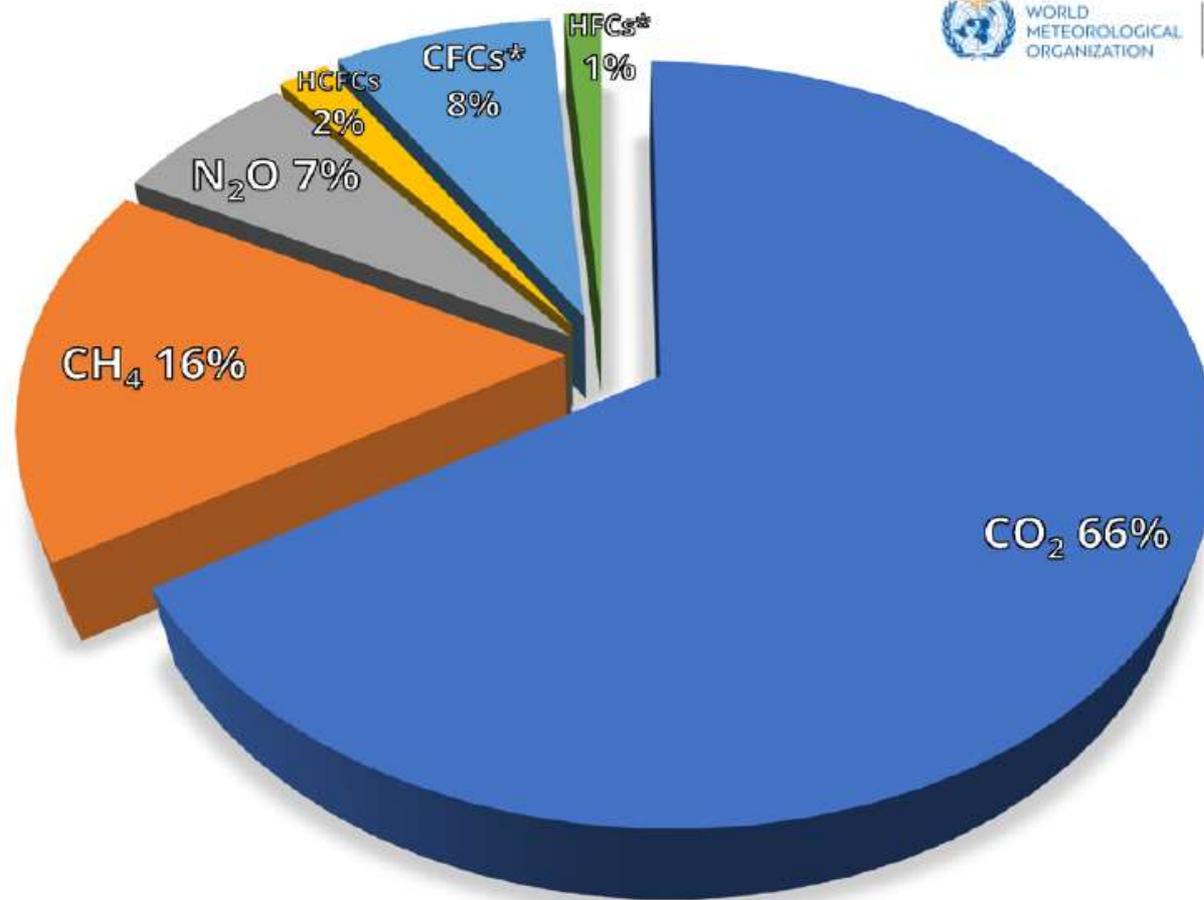


Figure 5. Contributions of the most important LLGHGs to the increase in global radiative forcing due to these gases from the pre-industrial era to 2020 [8].

Introduzione

GAW-WMO

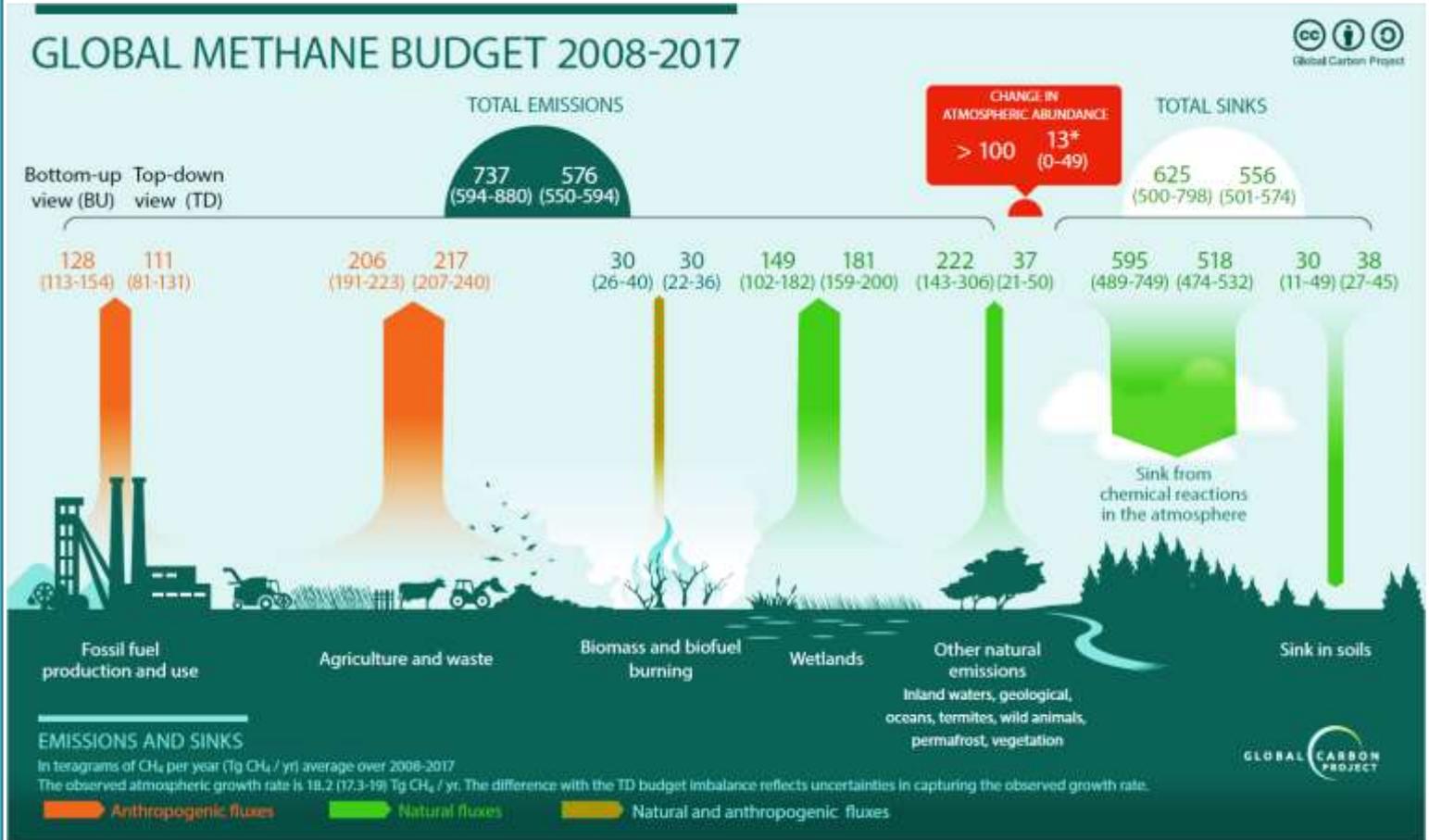
ICOS-RI

Osservazioni ISAC

Topic 1 – Studio  
della variabilità CO<sub>2</sub>  
e CH<sub>4</sub>

Topic 2 – Studio del  
ruolo degli incendi

# CH<sub>4</sub> sources and sinks



Nei singoli termini del budget globale del metano sussistono ancora grandi incertezze

<https://www.globalcarbonproject.org/>  
<https://gaw.kishou.go.jp/>

Introduzione

GAW-WMO

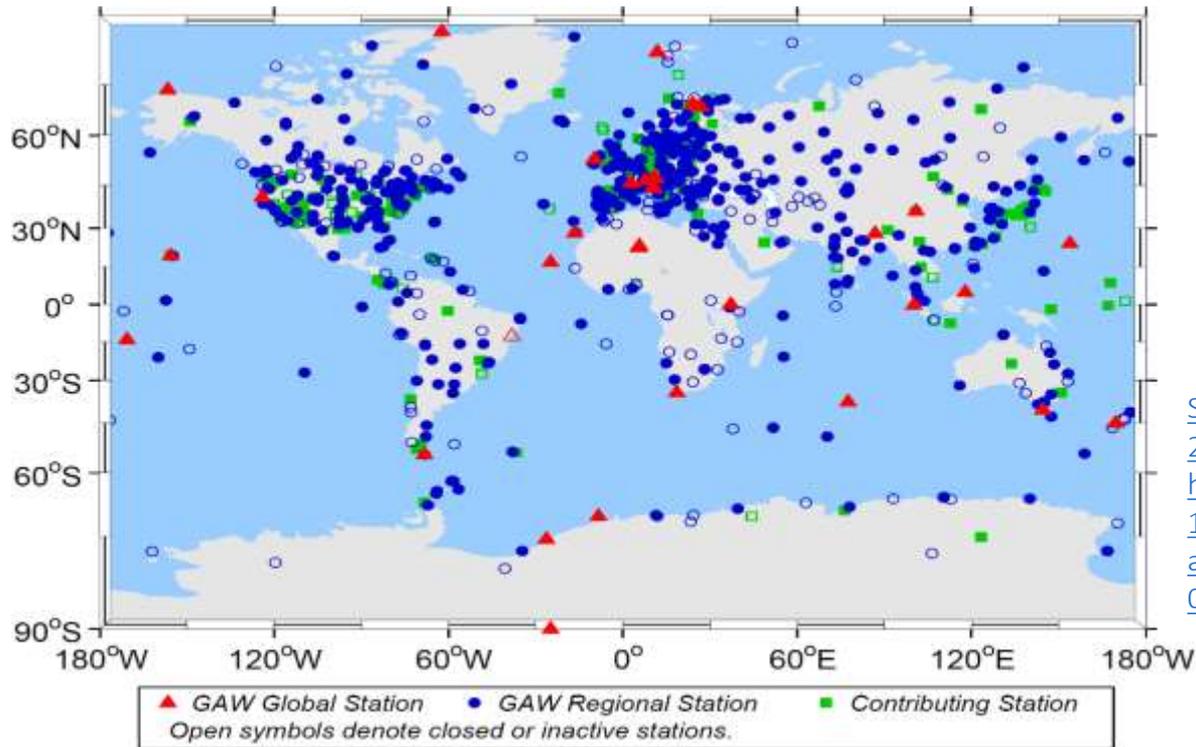
ICOS-RI

Osservazioni ISAC

Topic 1 – Studio della variabilità CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>

Topic 2 – Studio del ruolo degli incendi

# Global Atmosphere Watch (GAW)



Schultz et al.,  
2015.  
[https://doi.org/  
10.12952/journ  
al.elementa.00  
0067](https://doi.org/10.12952/journal.elementa.000067)

- ❑ A network of measurement stations is the backbone of the GAW programme. This network consists of GAW Global and Regional measurement stations with additional measurements from Contributing stations.
- ❑ Currently GAW coordinates activities and data from 30 Global stations, more than 400 Regional stations, and around 100 Contributing stations operated by Contributing networks

Introduzione

GAW-WMO

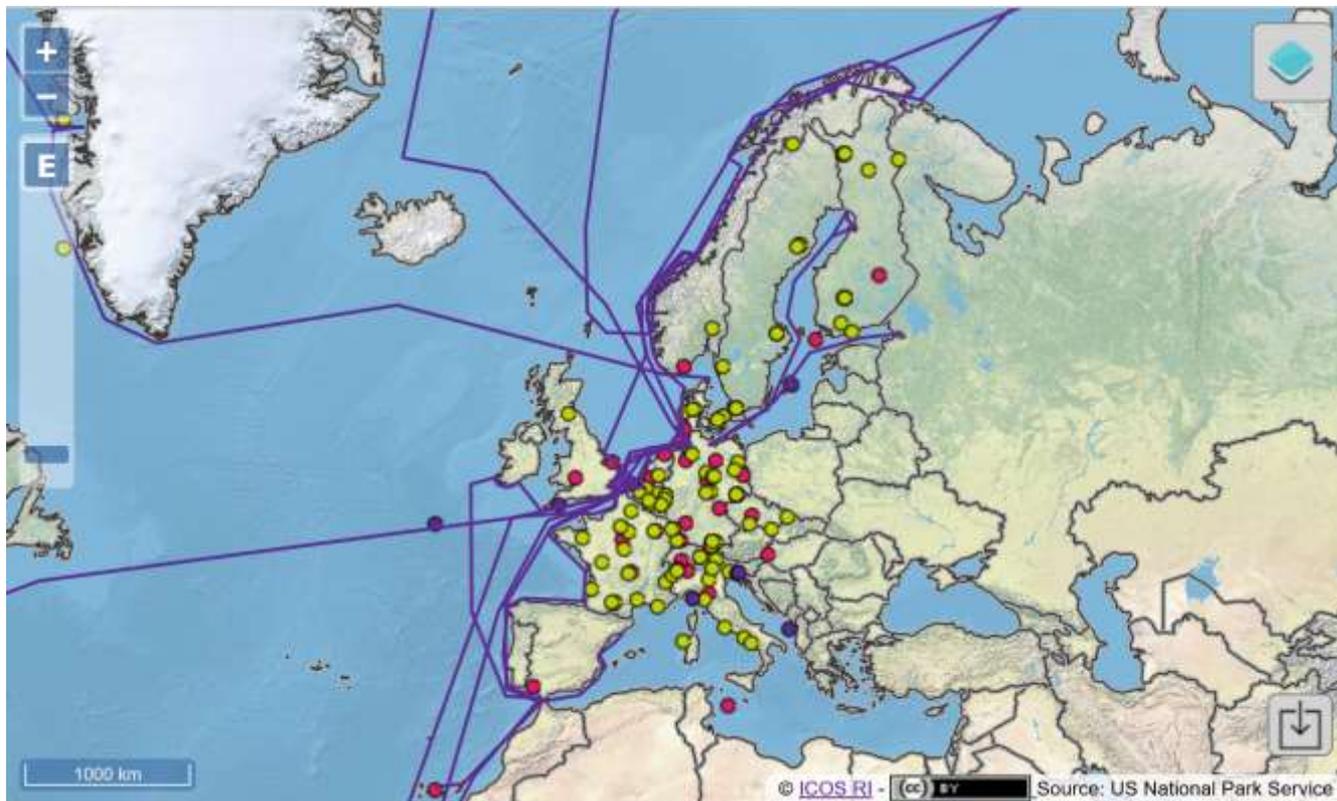
ICOS-RI

Osservazioni ISAC

Topic 1 – Studio  
della variabilità CO<sub>2</sub>  
e CH<sub>4</sub>

Topic 2 – Studio del  
ruolo degli incendi

<https://www.icos-cp.eu/observations/carbon-portal>



- 165 stations
- 16 countries
- Highly standardised
- Common central laboratories
- Common data centers
- Highly co-operative
- Three domains (ATM, ECO, OCE)
- NRT data capacity (eg CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O, CO)

Introduzione

GAW-WMO

ICOS-RI

Osservazioni ISAC

Topic 1 – Studio  
della variabilità CO<sub>2</sub>  
e CH<sub>4</sub>

Topic 2 – Studio del  
ruolo degli incendi

Un focus della ricerca scientifica di ISAC è lo studio dei cambiamenti della **composizione dell'atmosfera** con particolare interesse per **gas e aerosol** con proprietà **climalteranti** e/o rilevanti per **la qualità dell'aria**



ISAC gestisce una rete di strutture di osservazione, unica in Italia, e contribuisce al monitoraggio atmosferico presso le stazioni di ricerca nazionali e internazionali.

Fra le altre, queste strutture includono: la **stazione GAW-WMO globale di Mt. Cimone**, l'osservatorio atmosferico urbano di **Bologna** e quello rurale di **San Pietro Capofiume**

- Gas serra e reattivi
- Proprietà fisico-chimiche dell'aerosol
- Parametri meteorologici e radiazione solare
- Capacità di fornitura in tempo reale di diverse tipologie di dati



ISAC gestisce una rete di strutture di osservazione, unica in Italia, e contribuisce al monitoraggio atmosferico presso le stazioni di ricerca nazionali e internazionali



Monthly CH<sub>4</sub> at CNR-ISAC stations



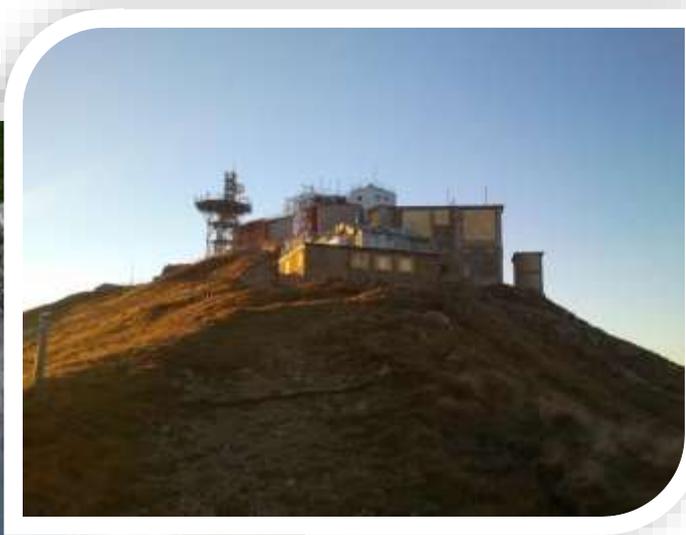
Monthly CO<sub>2</sub> at CNR-ISAC stations



**ICOS**

INTEGRATED  
CARBON  
OBSERVATION  
SYSTEM

# Mt. Cimone WMO/GAW global station



Climate hotspots: technological development and atmospheric observations

Introduzione

GAW-WMO

ICOS-RI

Osservazioni  
ISAC

Topic 1 – Studio  
della variabilità CO<sub>2</sub>  
e CH<sub>4</sub>

Topic 2 – Studio del  
ruolo degli incendi

- The highest peak of the Northern Apennines
- Completely free horizon 360°
- Usually above PBL, except summer
- WMO-GAW Global Station
- CNR Observatory hosted by Italian Air Force



# Mt. Cimone WMO/GAW global station

Introduzione

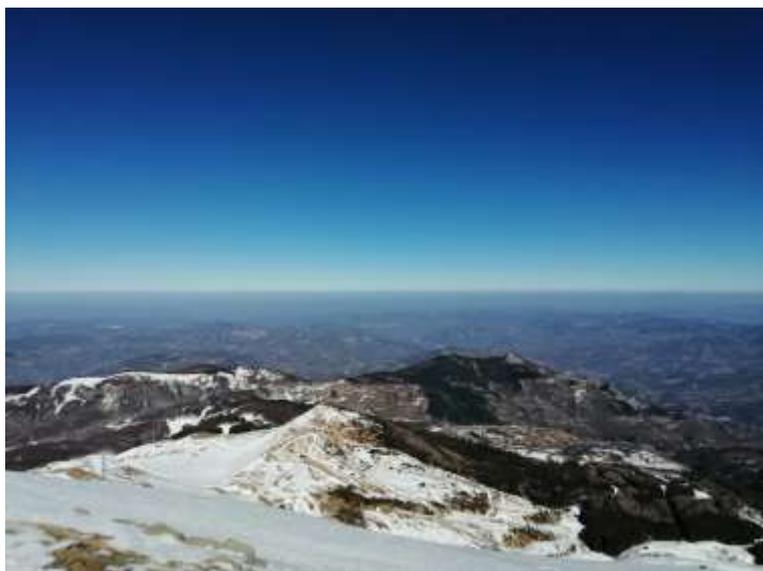
GAW-WMO

ICOS-RI

Osservazioni  
ISAC

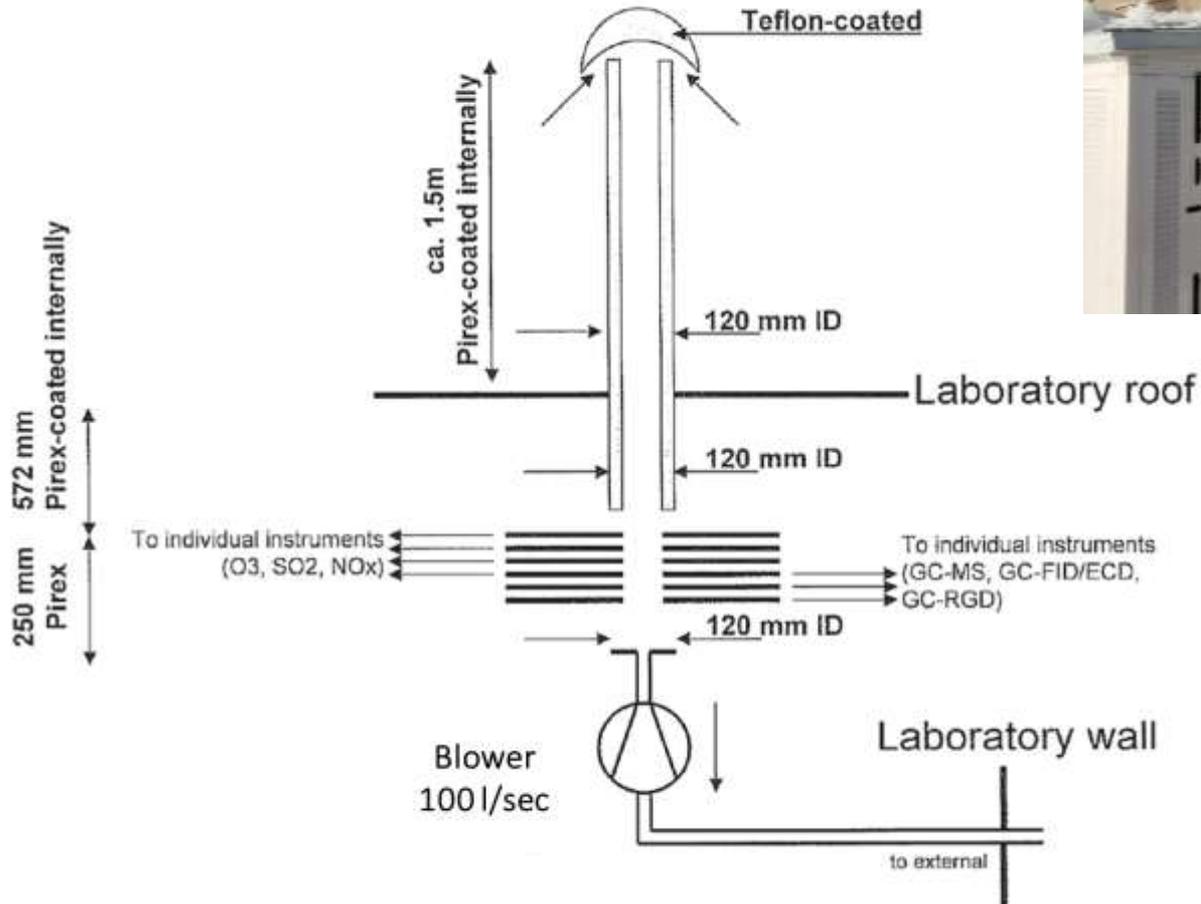
Topic 1 – Studio  
della variabilità CO<sub>2</sub>  
e CH<sub>4</sub>

Topic 2 – Studio del  
ruolo degli incendi

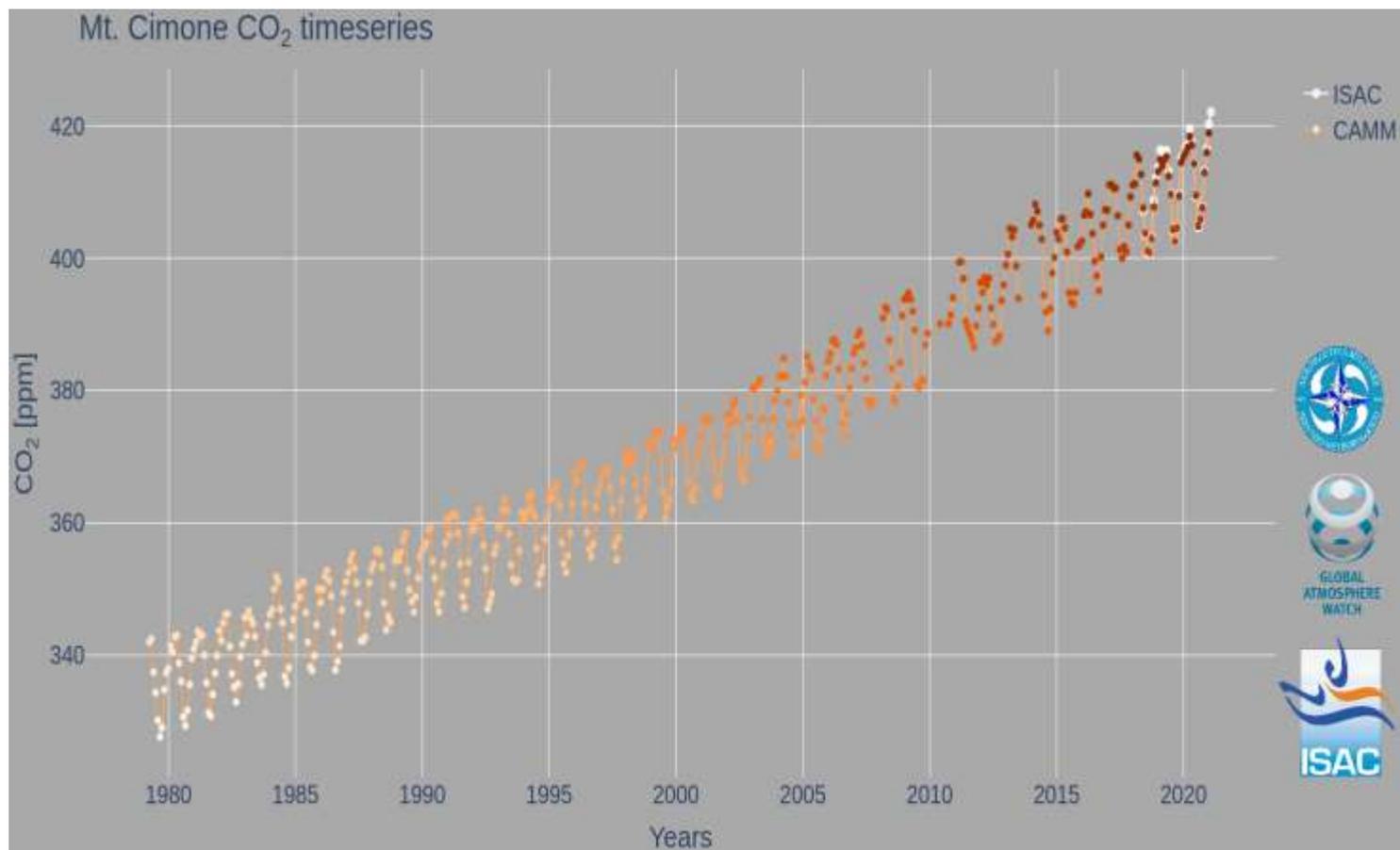


# Sistema di campionamento gas

- Materiali inertici (PFTE/Synflex2000, vetro, acciaio SS)
- Breve tempo di residenza (< 2 sec)
- Riscaldamento esterno
- Tenuta pneumatica



# Mt. Cimone WMO/GAW global station



Introduzione

GAW-WMO

ICOS-RI

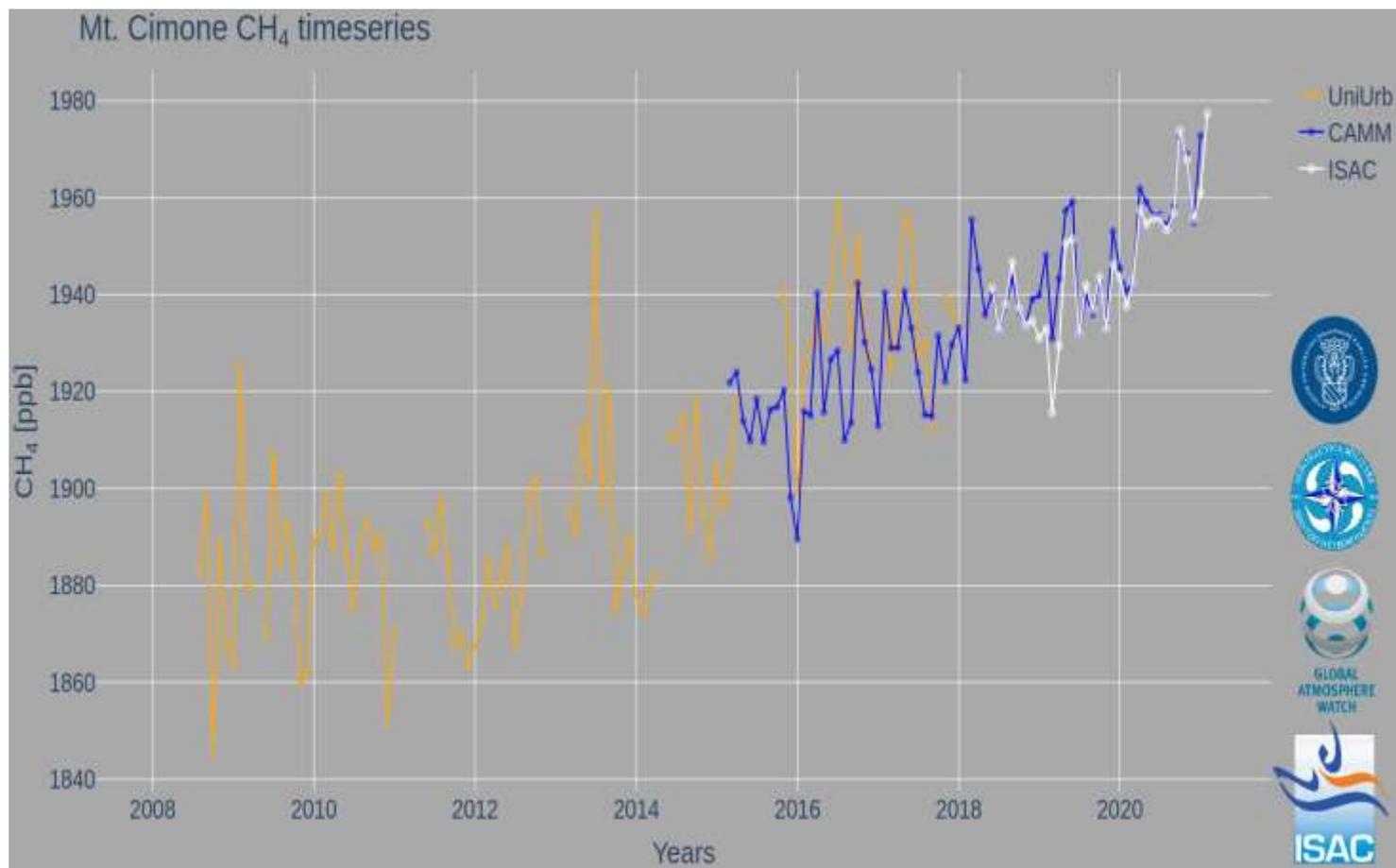
Osservazioni  
ISAC

Topic 1 – Studio  
della variabilità CO<sub>2</sub>  
e CH<sub>4</sub>

Topic 2 – Studio del  
ruolo degli incendi

- ❑ One of the longest CO<sub>2</sub> record in the northern hemisphere (since 1979)
- ❑ Italian Air Force (since 2018 also CNR)
- ❑ CNR observations are part of ICOS

# Mt. Cimone WMO/GAW global station



Introduzione

GAW-WMO

ICOS-RI

Osservazioni  
ISAC

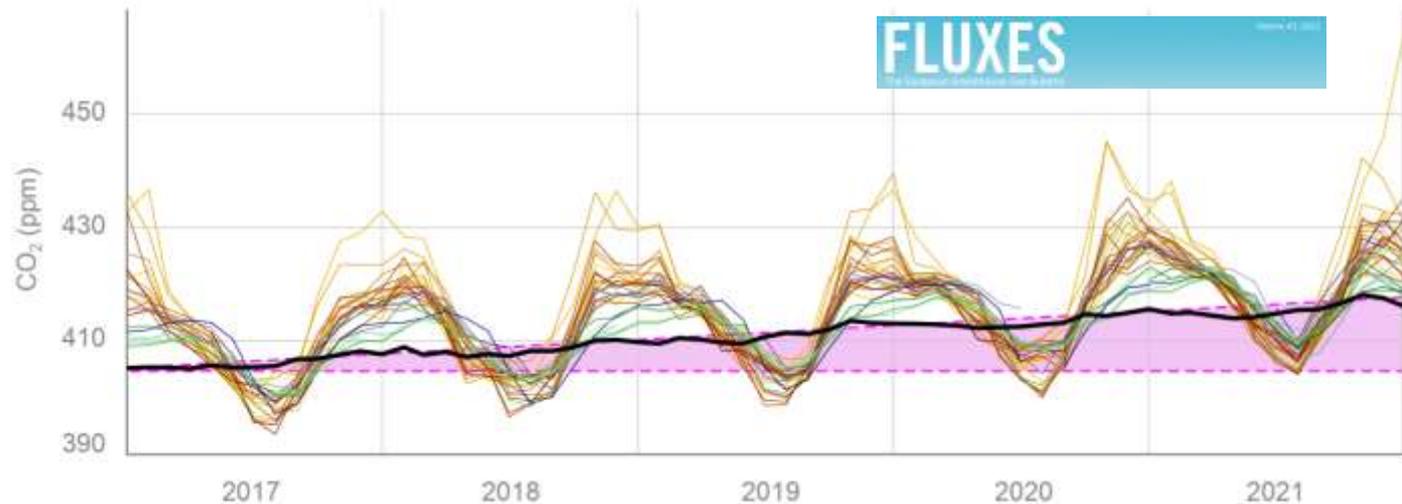
Topic 1 – Studio  
della variabilità CO<sub>2</sub>  
e CH<sub>4</sub>

Topic 2 – Studio del  
ruolo degli incendi

- Diverse strategie e metodiche di campionamento
- Urbino University (2008 – 2018), CAMM (since 2015), CNR (since 2018)
- CNR observations are part of ICOS

# Topic 1 – Studio della variabilità interannuale di CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> a Monte Cimone

Valori medi mensili di CO<sub>2</sub> osservati presso 36 siti della rete atmosferica ICOS (2017 – 2021)



FLUXES - The European Greenhouse Gas Bulletin, <https://doi.org/10.18160/8NKQ-65S1>

- Variabilità spaziale e temporale sovra-imposta al trend globale risultato dei flussi netti di CO<sub>2</sub> e del trasporto/mescolamento atmosferico
- Ogni stazione fornisce una certa quantità di informazione necessaria per studiare i flussi antropici e naturali (approccio «top-down»)

Introduzione

GAW-WMO

ICOS-RI

Osservazioni ISAC

**Topic 1 –  
Studio della  
variabilità  
CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>**

Topic 2 – Studio del  
ruolo degli incendi

# Topic 1 – Studio della variabilità interannuale di CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> a Monte Cimone

Anomalie stagionali estive (Giu-Ago) della CO<sub>2</sub> osservati presso 36 siti della rete atmosferica ICOS (2017 – 2021)

Introduzione

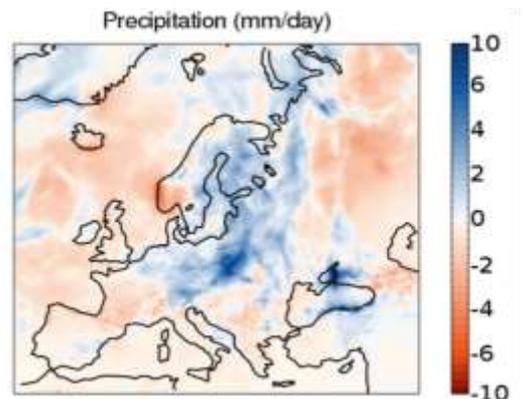
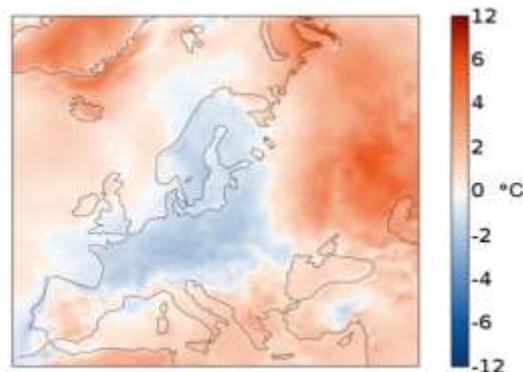
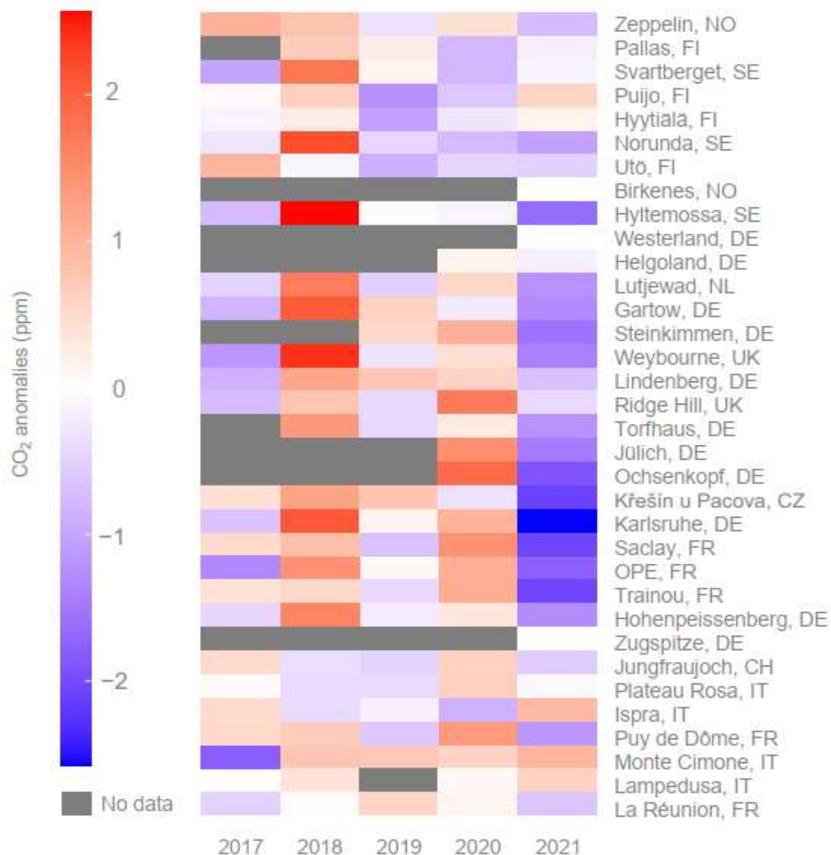
GAW-WMO

ICOS-RI

Osservazioni ISAC

Topic 1 –  
Studio della  
variabilità  
CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>

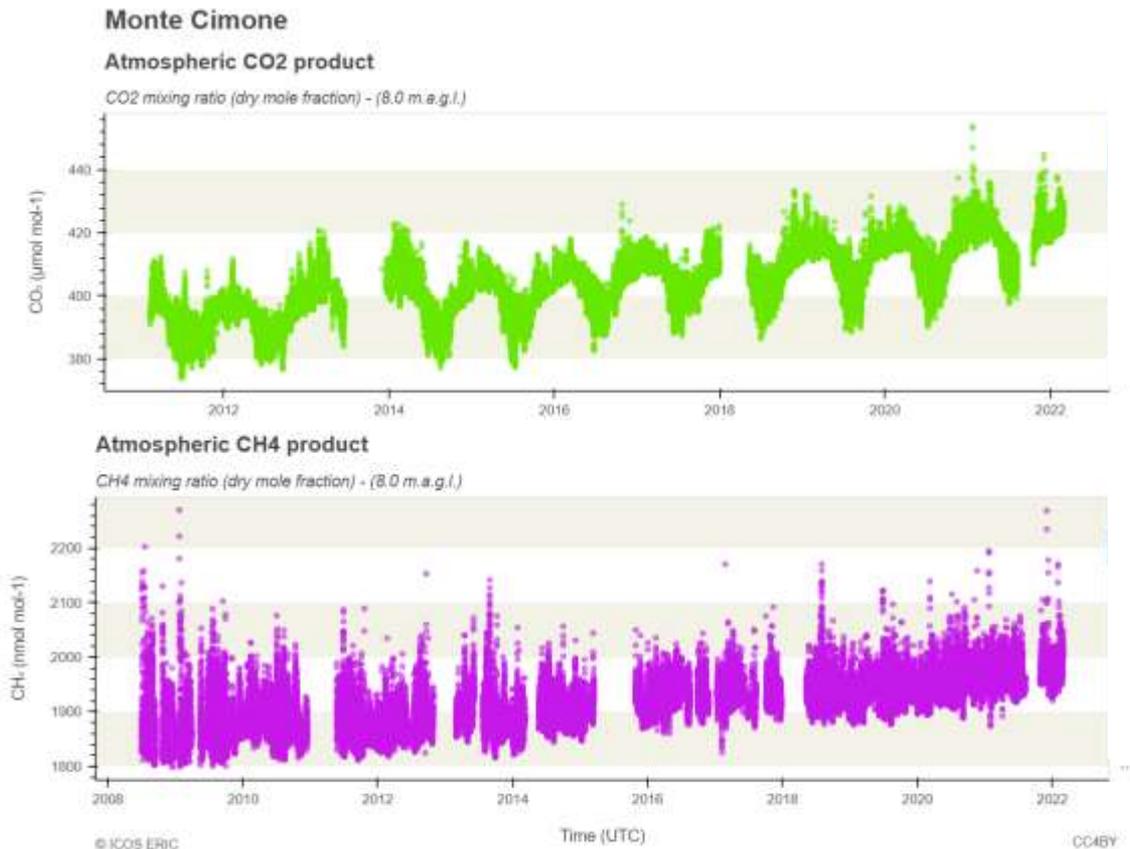
Topic 2 – Studio del  
ruolo degli incendi



FLUXES - The European Greenhouse Gas Bulletin, <https://doi.org/10.18160/8NKQ-65S1>

# Topic 1 – Studio della variabilità interannuale di CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub> a Monte Cimone

- Studio delle variabilità a diverse scale temporali (inclusi i trend)
  - Definizione di condizioni di fondo e non di fondo (Trisolino et al., 2020)
  - Studio e possibile attribuzione delle anomalie
  - Uso combinato di modelli di trasporto e chimica, osservazioni satellitari
- Uso di altre specie osservate (CO, NO<sub>x</sub>, COS, eqBC) e dataset ICOS



Introduzione

GAW-WMO

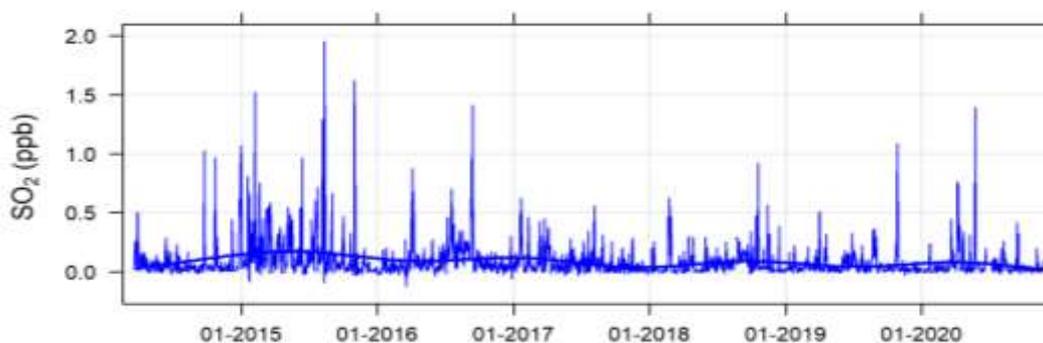
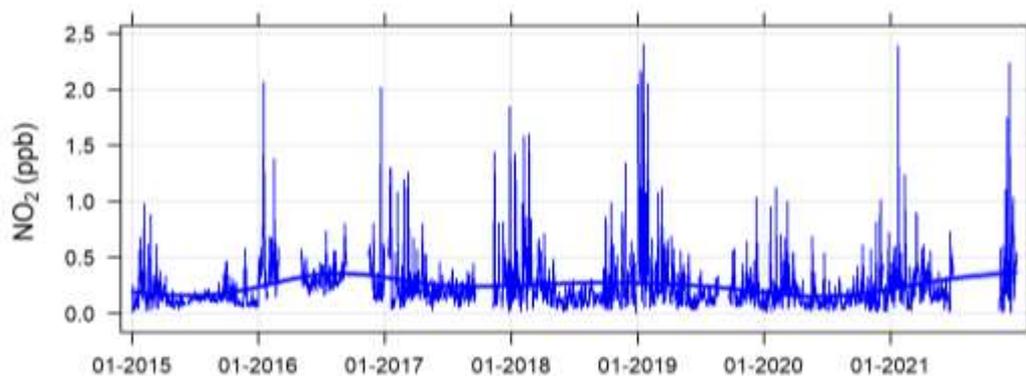
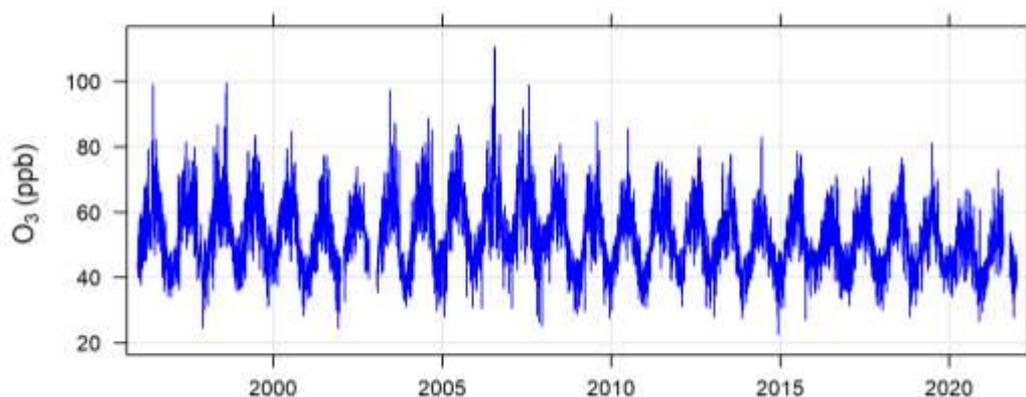
ICOS-RI

Osservazioni ISAC

Topic 1 –  
Studio della  
variabilità  
CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>

Topic 2 – Studio del  
ruolo degli incendi

# Mt. Cimone WMO/GAW global station



Introduzione

GAW-WMO

ICOS-RI

Osservazioni ISAC

**Topic 1 –  
Studio della  
variabilità  
CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>**

Topic 2 – Studio del  
ruolo degli incendi

# Topic 2 - Influenza degli incendi di vegetazione sulla variabilità di gas in tracce ed aerosol

- Open vegetation fires are global sources of greenhouse gases and precursors of secondary aerosol and ozone.
- Open fires affect air composition on large spatial scales leading to health and ecological impacts, modifications of atmospheric chemical reactivity and therefore disturbing the regional climate, water, and biogeochemical cycles.
- The average global CO<sub>2</sub> emissions related to wildfires ranged from 6.5 to 9.7 Pg/yr, i.e. from 19% to 28% of the global fossil fuel emissions.
- Fire emissions are not generally considered a net CO<sub>2</sub> source to the atmosphere over years - decades (vegetation would sequester a roughly equivalent amount of CO<sub>2</sub> during post-fire).
- Only fires not balanced by regrowth are a net CO<sub>2</sub> source (e.g. deforestation or drained peatlands).
- Changes in the vegetation ecosystems due to climate changes can add further uncertainties on the actual impact of forest fires on the decadal carbon cycle

Introduzione

GAW-WMO

ICOS-RI

Osservazioni ISAC

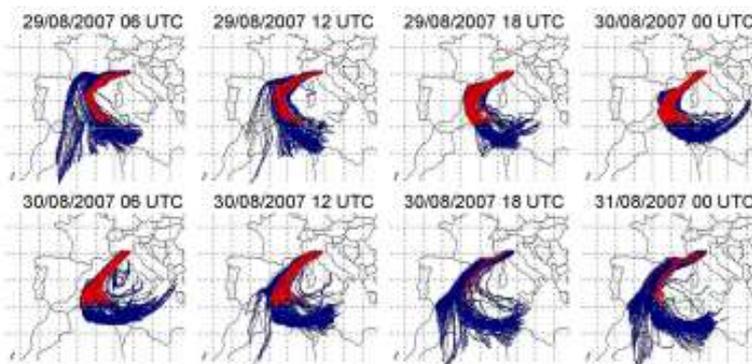
Topic 1 – Studio della variabilità CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>

**Topic 2 – Studio del ruolo degli incendi**

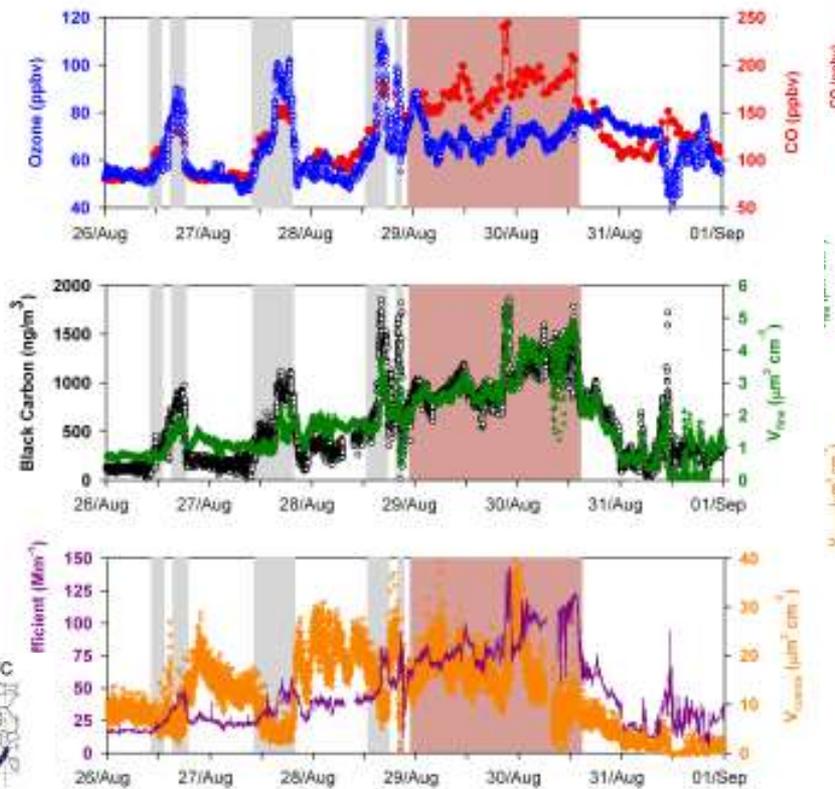
# Topic 2 - Influenza degli incendi di vegetazione sulla variabilità di gas in tracce ed aerosol



True color image over North Africa from MODIS on 29 August 2007



Air-mass back-trajectories by FLEXTRA model: **red are trajectories intercepting active fires by MODIS**



Serie temporali di O<sub>3</sub>, CO e grandezze di aerosol atmosferico a CMN dal 25 al 31 Agosto 2007.

Atmos. Chem. Phys., 9, 4603–4619, 2009  
[www.atmos-chem-phys.net/9/4603/2009/](http://www.atmos-chem-phys.net/9/4603/2009/)  
© Author(s) 2009. This work is distributed under the Creative Commons Attribution 3.0 License.

Introduzione

GAW-WMO

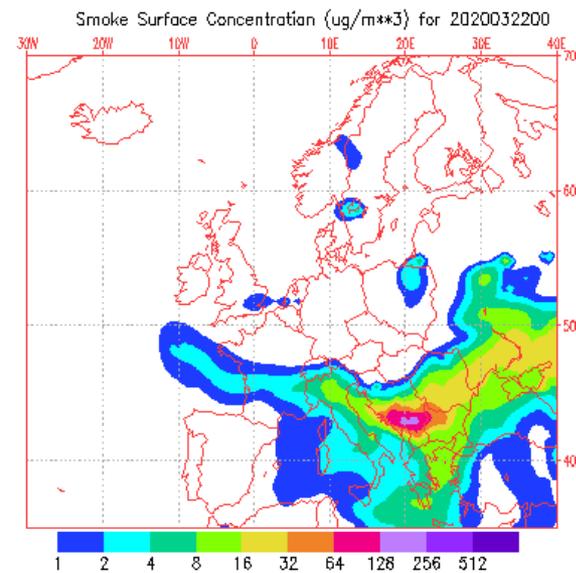
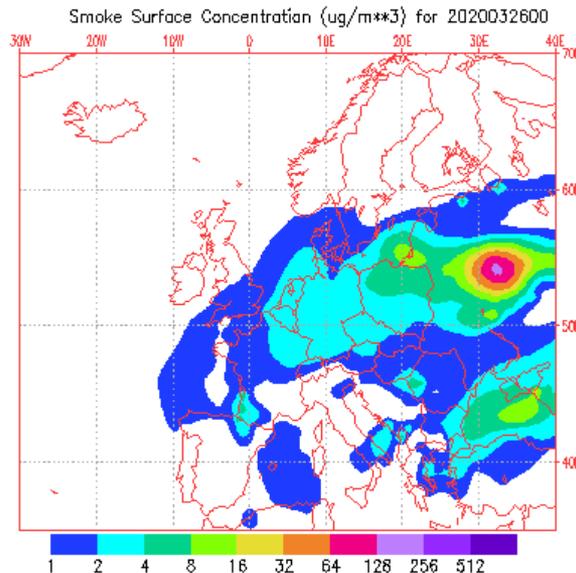
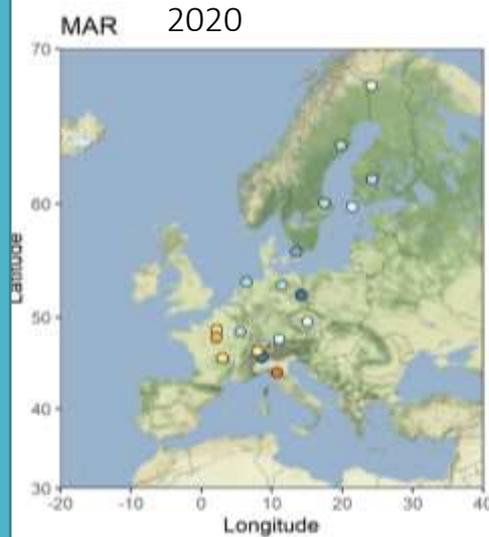
ICOS-RI

Osservazioni ISAC

Topic 1 – Studio della variabilità CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>

**Topic 2 – Studio del ruolo degli incendi**

# Topic 2 - Influenza degli incendi di vegetazione sulla variabilità di gas in tracce ed aerosol



NAAPS modelling system (Navy Aerosol Analysis and Prediction System, see Ge et al., 2017)

Introduzione

GAW-WMO

ICOS-RI

Osservazioni ISAC

Topic 1 – Studio della variabilità CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>

Topic 2 – Studio del ruolo degli incendi

# Topic 2 - Influenza degli incendi di vegetazione sulla variabilità di gas in tracce ed aerosol

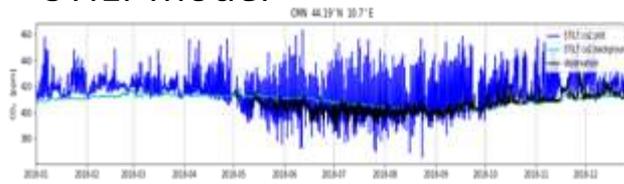
Introduzione  
GAW-WMO  
ICOS-RI  
Osservazioni ISAC  
Topic 1 – Studio della variabilità CO<sub>2</sub> e CH<sub>4</sub>  
**Topic 2 – Studio del ruolo degli incendi**

CMN (2165 m a.s.l., Italy)

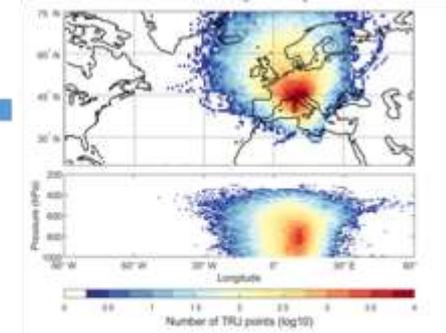


CO<sub>2</sub> + CO

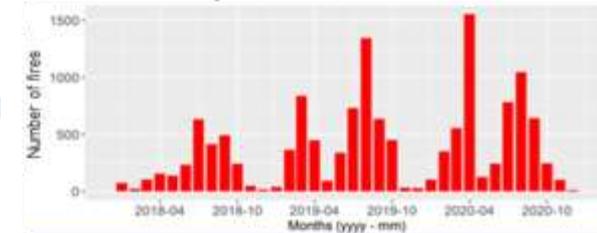
STILT model



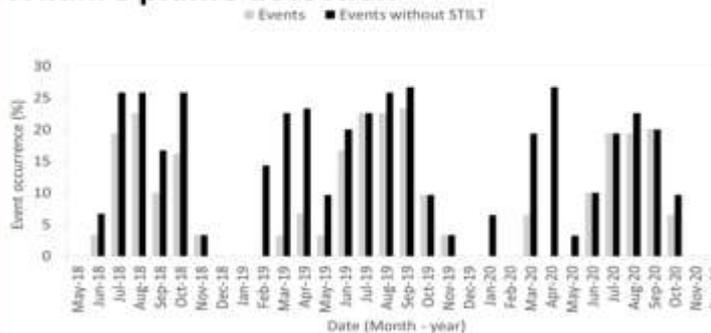
LAGRANTO back-trajectory



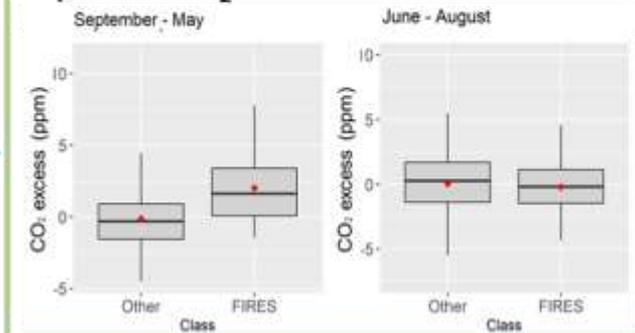
Open fires from MODIS



Wildfire plume detection



Impact to CO<sub>2</sub>



# ICOS

●●●  
National  
Network  
Italy

[www.cimone.isac.cnr.it](http://www.cimone.isac.cnr.it)  
[@Cimone\\_CNR](https://twitter.com/Cimone_CNR)

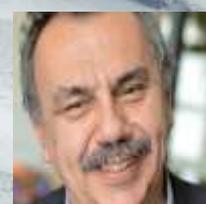
Thank you!

Contact: [p.cristofanelli@isac.cnr.it](mailto:p.cristofanelli@isac.cnr.it)

Credits:

Acknowledgments to to CAMM-Monte Cimone

Special thanks to F. Calzolari, D. Putero, P. Trisolino, C. Fratticioli and P. Bonsoni



FSC

Fondo per lo Sviluppo  
e la Coesione