

**CAPIAMO I
CAMBIAMENTI
CLIMATICI** 

Unito Green Office Cambiamenti climatici©
Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

8 incontri
per approfondire,
condividere, agire. 

Come si studia il clima? Passato, presente, futuro

con

- Claudio Cassardo,
- Enrico Borgogno Mondino
- Elisa Palazzi

Conduce

Giulia Alice Fornaro



DA NOVEMBRE 2019 AD APRILE 2020
AULA MAGNA CAVALLERIZZA REALE, TORINO



Università
degli Studi
di Torino




agorà scienza

INFO SU GREEN.UNITO.IT



LESSICO e NUVOLE:

le parole del
cambiamento
climatico

Una guida linguistica e scientifica per
orientarsi nel dibattito sulla crisi climatica.
Una bussola per chiunque voglia acquisire
maggiore consapevolezza su uno dei temi
più urgenti del nostro tempo.

Unito Green Office Cambiamenti climatici@

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

Scarica gratuitamente
il pdf di "Lessico e Nuvole" [su frida.unito.it](http://su.frida.unito.it)



...PRIMA CHE
SIA TROPPO TARDI!



Le parole contano

Alcuni organi di stampa stanno facendo una scelta «etica» a riguardo: occorre usare le parole in grado di coniugare corrispondenza alla realtà e capacità di destare le coscienze

Unito Green Office Cambiamenti climatici@
Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

Search jobs My account Search International edition

The Guardian

News Opinion Sport Culture Lifestyle More

Environment Climate change Wildlife Energy Pollution

Guardian climate pledge 2019
Environment

Sophie Zeldin-O'Neill
Wed 16 Oct 2019 09:52 BST

1,482

'It's a crisis, not a change': the six Guardian language changes on climate matters

A short glossary of the changes we've made to the Guardian's style guide, for use by our journalists and editors when writing about the environment

- Support Guardian journalism today, by making a **single or recurring contribution**, or **subscribing**



▲ November, 2018: a helicopter passes by the sun as it makes a water drop in the Feather River Canyon, east of Pasadena, California. Photograph: Josh Edelson/ANP via Getty Images

In addition to providing updated guidelines on which images our editors should use to illustrate the climate emergency, we have updated our [style guide](#) to introduce terms that more accurately describe the environmental crises facing the world. Our editor-in-chief, Katharine Viner, said: "We want to ensure that we are being scientifically precise, while also communicating clearly with readers on this very important issue". These are the guidelines provided to our journalists and editors to be used in the production of all environment coverage across the Guardian's website and paper:

- 1.) "climate emergency" or "climate crisis" to be used instead of "climate change"

Climate change is no longer considered to accurately reflect the seriousness of the overall situation; use climate emergency or climate crisis instead to describe the broader impact of climate change. However, use climate breakdown or climate change or global heating when describing it specifically in a scientific or geophysical sense eg "Scientists say climate breakdown has led to an increase in the intensity of hurricanes".

- 2.) "climate science denier" or "climate denier" to be used instead of "climate sceptic"

The urgency of climate crisis needed robust new language to describe it
Paul Chadwick



most viewed

The agony of weekend loneliness: 1 won't speak to another human until Monday'

'You called me a liar on national TV': audio released

CAPIAMO I CAMBIAMENTI CLIMATICI

Partecipa ai
prossimi appuntamenti:

Unito Green Office Cambiamenti climatici©
Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

27 NOVEMBRE 2019

con MARCO BAGLIANI, ELISA PALAZZI

*Come funziona il sistema climatico?
I meccanismi fondamentali che regolano il clima sulla Terra.*

18 DICEMBRE 2019

con MARCO BAGLIANI, ELISA PALAZZI

*Perché il clima cambia? Cause e conseguenze
dei cambiamenti climatici dal lontano passato ad oggi.*

15 GENNAIO 2020

con ENRICO BORGOGNO MONDINO, CLAUDIO CASSARDO, ELISA PALAZZI

*Come si studia il clima? Dalle ricostruzioni del passato
alle misurazioni di oggi, fino ai modelli per le previsioni future*

29 GENNAIO 2020

con CLAUDIO CASSARDO, ELISA PALAZZI

*Quale futuro ci aspetta? Come cambierà il clima nei prossimi
decenni e quali rischi avremo di oltrepassare punti di non ritorno.*

12 FEBBRAIO 2020

con DARIO PADOVAN, ALESSANDRO PEZZOLI

*Quali sono le conseguenze del riscaldamento globale?
Studiare gli impatti del cambiamento climatico.*

26 FEBBRAIO 2020

con MARCO BAGLIANI, DARIO PADOVAN

*Quali sono le cause prime del cambiamento climatico e cosa si può
fare? Una analisi critica dei driver e delle politiche di mitigazione.*

25 MARZO 2020

con DARIO PADOVAN, ALESSANDRO PEZZOLI

*Cosa stiamo facendo per adattarci al cambiamento climatico?
Dalle migrazioni alle smart cities: analisi critica dell'adattamento.*

8 APRILE 2020

con MARIA CRISTINA CAIMOTTO, DANIELA FARGIONE, DARIO PADOVAN

*Chi ha paura del cambiamento climatico?
Narrazioni, reazioni, scetticismi, negazionismi*

Il primo incontro

Unito Green Office Cambiamenti climatici©
Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

- Definizione di tempo meteorologico e clima
- Il bilancio energetico terrestre: il motore del sistema climatico
- I componenti principali del sistema climatico:
 1. l'atmosfera e le sue correnti;
 2. l'oceano e la circolazione termoalina
 3. la biosfera e il suo contenuto di carbonio
 4. la criosfera e le sue proprietà di elevata albedo

Il secondo incontro

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

- Le cause dei cambiamenti del clima
- I forzanti naturali e antropici
 - Definizione di forzante radiativo
 - Attività solare, forzanti orbitali, asteroidi, vulcani
 - Gas serra aerosol, uso del suolo
- La variabilità naturale interna
 - Meccanismi di retroazione

Questo terzo incontro

Unito Green Office Cambiamenti climatici©
Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

- Come si studia il clima del passato?
 - paleoclimatologia e proxy climatici
- Come si studia nell'era «strumentale»?
 - gli strumenti di misura al suolo
 - i satelliti
- E i modelli climatici a cosa servono?
 - comprensione dei meccanismi
 - «detection» e «attribution»
 - il futuro

Perché studiare il clima del passato?

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

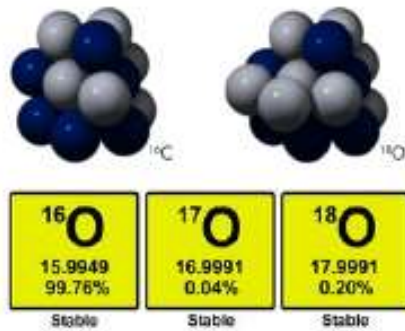
Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

- Per vedere gli estremi delle variazioni
- Per trovare le variazioni che sono accadute regolarmente (le ciclicità)
- Per capire il clima attuale e cercare di stimare meglio come cambierà nel futuro

Ci sono svariate tipologie di “dati”



I dati che non forniscono misure climatiche dirette sono chiamati PROXY (vicarianti)



Gli isotopi dell'ossigeno

$$M(^{18}\text{O}) = 17.99916 \text{ amu} \cdot 1.66 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 2.987860 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

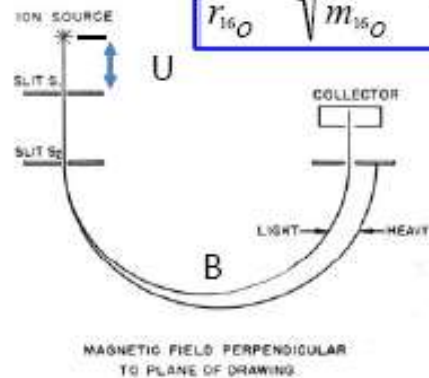
$$M(^{16}\text{O}) = 15.99493 \text{ amu} \cdot 1.66 \cdot 10^{-24} \text{ g} = 2.655158 \cdot 10^{-23} \text{ g}$$

$$\Delta M = M(^{18}\text{O}) - M(^{16}\text{O}) = 3.327 \cdot 10^{-24} \text{ g}$$

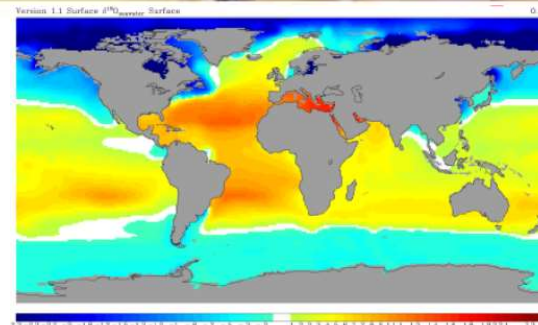
$$F_{\text{Lorentz}} = m \cdot \mathbf{v} \times \mathbf{B} = \frac{m \cdot v^2}{r} = F_{\text{centrifugal}} \quad E_{\text{kin}} = \frac{1}{2} m \cdot v^2 = q \cdot U$$

$$r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} \quad v = \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot U}{m}} \Rightarrow r = \frac{m \cdot v}{q \cdot B} \sqrt{\frac{2 \cdot q \cdot U}{m \cdot B^2}} = C_{\text{separator}} \cdot \sqrt{\frac{m}{q}} \quad C_{\text{separator}} = \frac{\sqrt{2 \cdot U}}{B}$$

$$\frac{r_{^{18}\text{O}}}{r_{^{16}\text{O}}} = \sqrt{\frac{m_{^{18}\text{O}}}{m_{^{16}\text{O}}}} = 1.0608$$

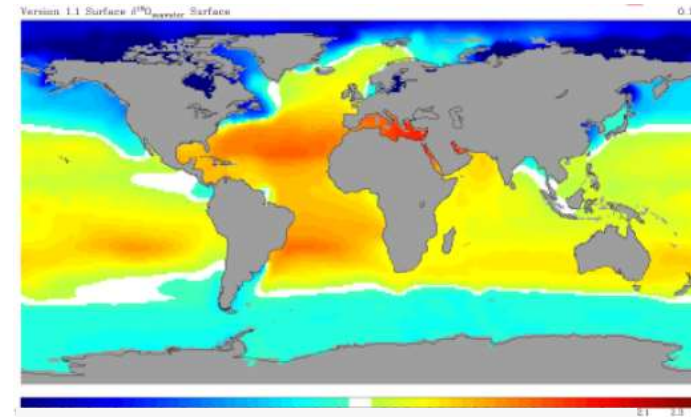
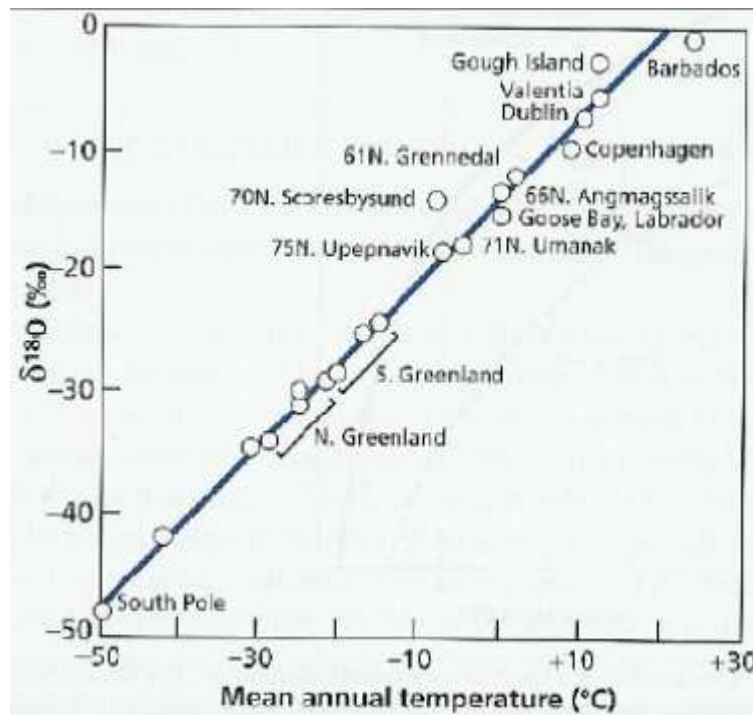


$$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} = 1000 \cdot \left[\frac{\left| \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right|_{\text{SM}}}{\left| \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right|_{\text{ST}}} - \frac{\left| \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right|_{\text{ST}}}{\left| \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}} \right|_{\text{ST}}} \right]$$



Il $\delta^{18}\text{O}$ come proxy della temperatura

$$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}} = 1000 \cdot \frac{\left[\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}_{\text{SM}} - \frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}_{\text{st}} \right]}{\frac{^{18}\text{O}}{^{16}\text{O}}_{\text{st}}}$$

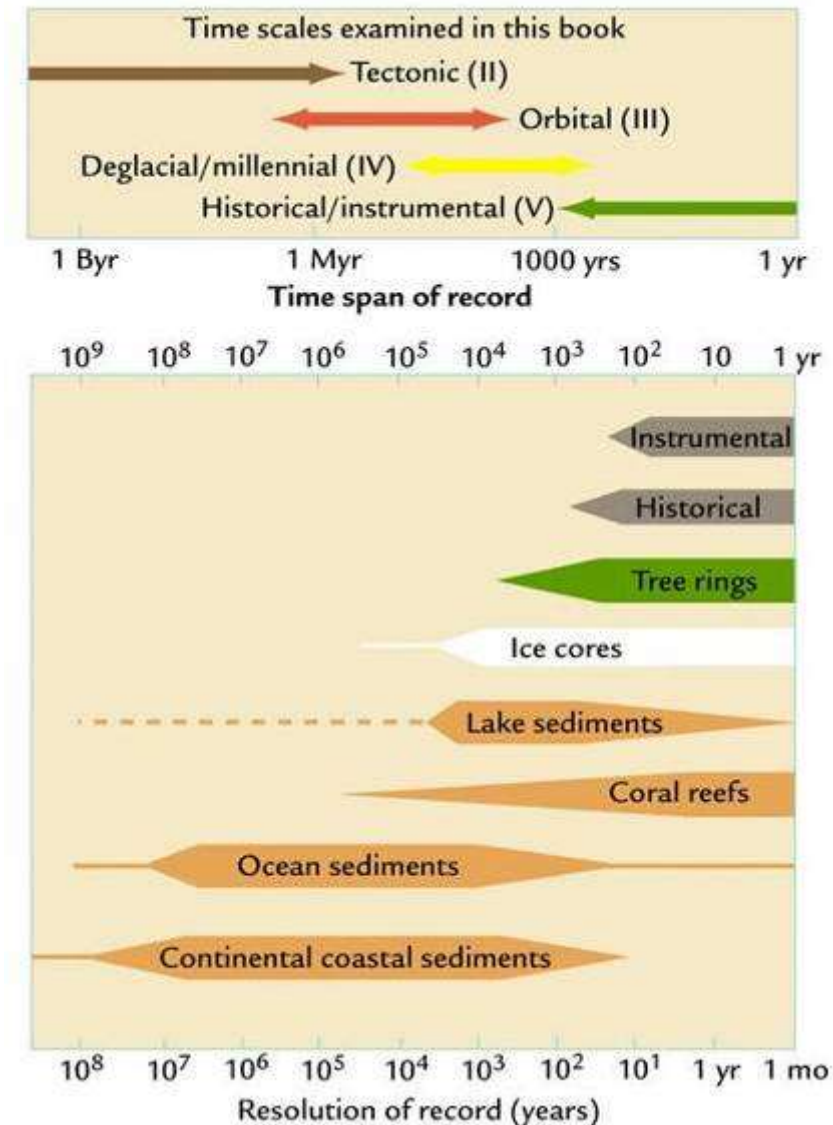


$$\delta^{18}\text{O} \approx 0.675 \cdot T_{\text{°C}} - 15$$

- Regressione ottenuta da misure da carotaggi nel ghiaccio in Groenlandia e Antartide
- Fonte: www.gerhardddriessbeck.de

Archivi climatici (proxy)

- Sedimenti
 - Rocce sedimentary
 - Sedimenti oceanici
 - Loess
 - Morene glaciali
 - Sedimenti lacustri
 - Sedimenti nelle grotte
- Carotaggi nel ghiaccio
- Coralli
- Anelli degli alberi
- Archivi storici
- Registrazioni strumentali



Un esempio: il sito di Dome C, progetto EPICA

*Base Italo-Francese Concordia (3233 m)
T_{med} - 55 °C T_{max} ~ -20 °C T_{min} -84 °C*

Tenda di perforazione



Laboratorio



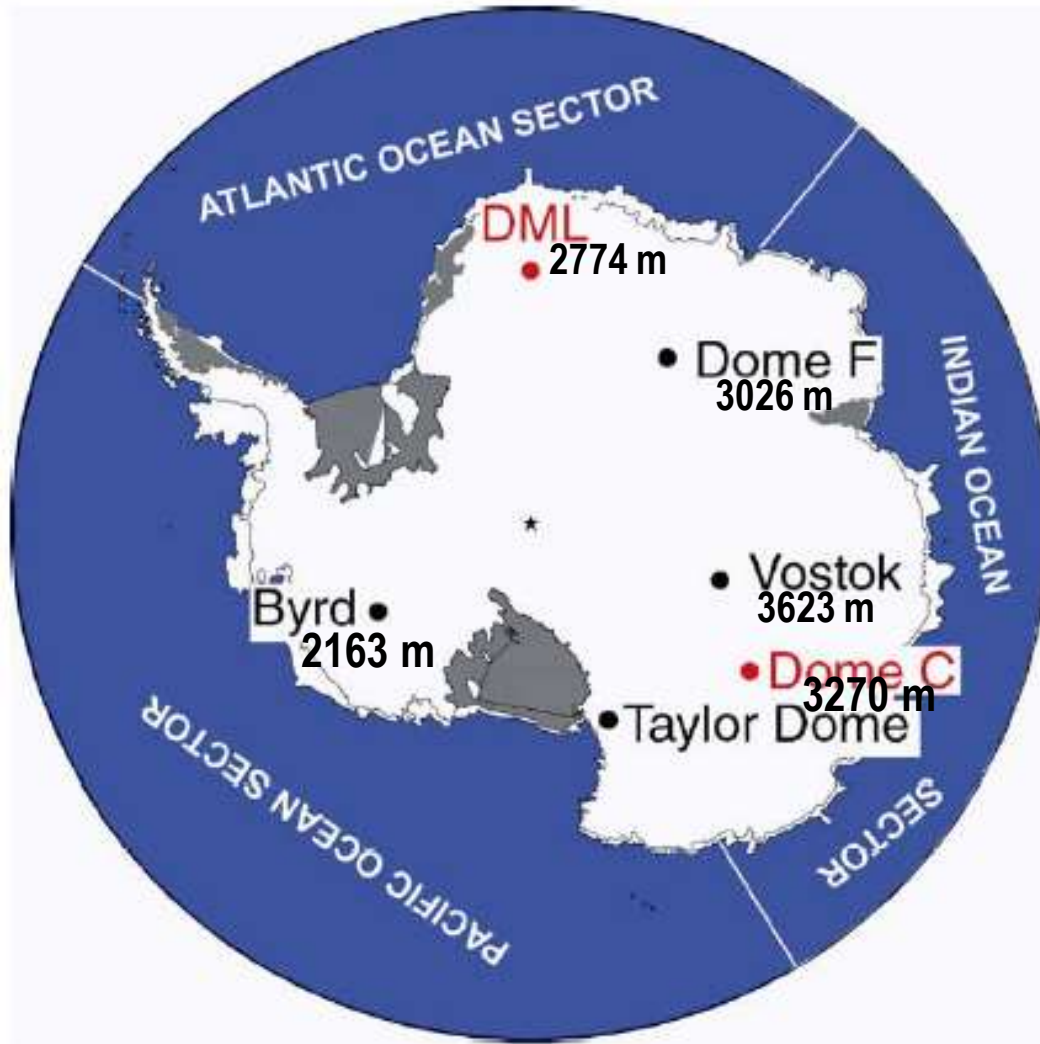
Laboratorio



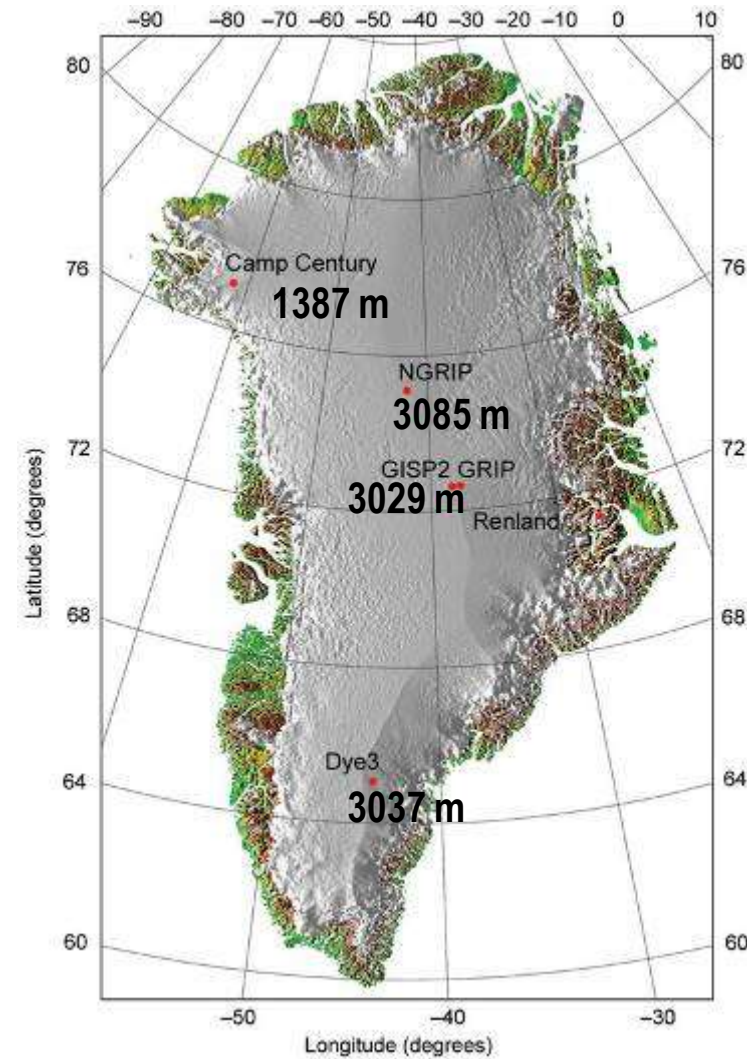
Base Concordia



Le carote di ghiaccio più profonde Antartide



Groenlandia

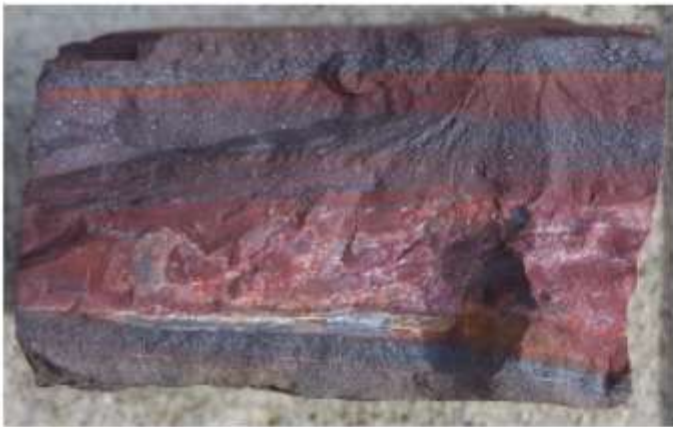


Proxy dalle carote di ghiaccio?

Temperatura	δD , $\delta^{18}O_{ice}$, profili di temperatura nei pozzi, ecc.
Accumuli	δD , $\delta^{18}O_{ice}$, ^{10}Be , Spessori dei livelli annui
Sorgenti di umidità	Eccesso di D (deuterio)
Aerosol naturali antropici	ECM, DEP, Al, Ca^{2+} , Na^+ , SO_4^{2-} , NO_3^- , polveri in atmosfera, picchi di acidità, (ECM, DEP, SO_4^{2-}), polveri vulcaniche SO_4^{2-} , NO_3^- , Pb, tracce di metalli, ricadute radioattive, composti organici
Provenienza e circolazione atmosferica	Particolato atmosferico, Nd/Sr
Componenti naturali e antropici	O_2 , N_2 , CO, CO_2 , CH_4 , N_2O , $\delta^{18}O_{atm}$

Proxy dai sedimenti oceanici

L'analisi delle rocce contenenti sedimenti oceanici pietrificati (carbonato di calcio, CaCO_3 , oppure ossidi di silicio) e dei fossili al loro interno permette di determinare le percentuali di isotopi dell'ossigeno, e quindi anche in questo caso di risalire alle temperature.



Rocce con stratificazioni di ossido di ferro formatesi nel precambriano 500 Ma



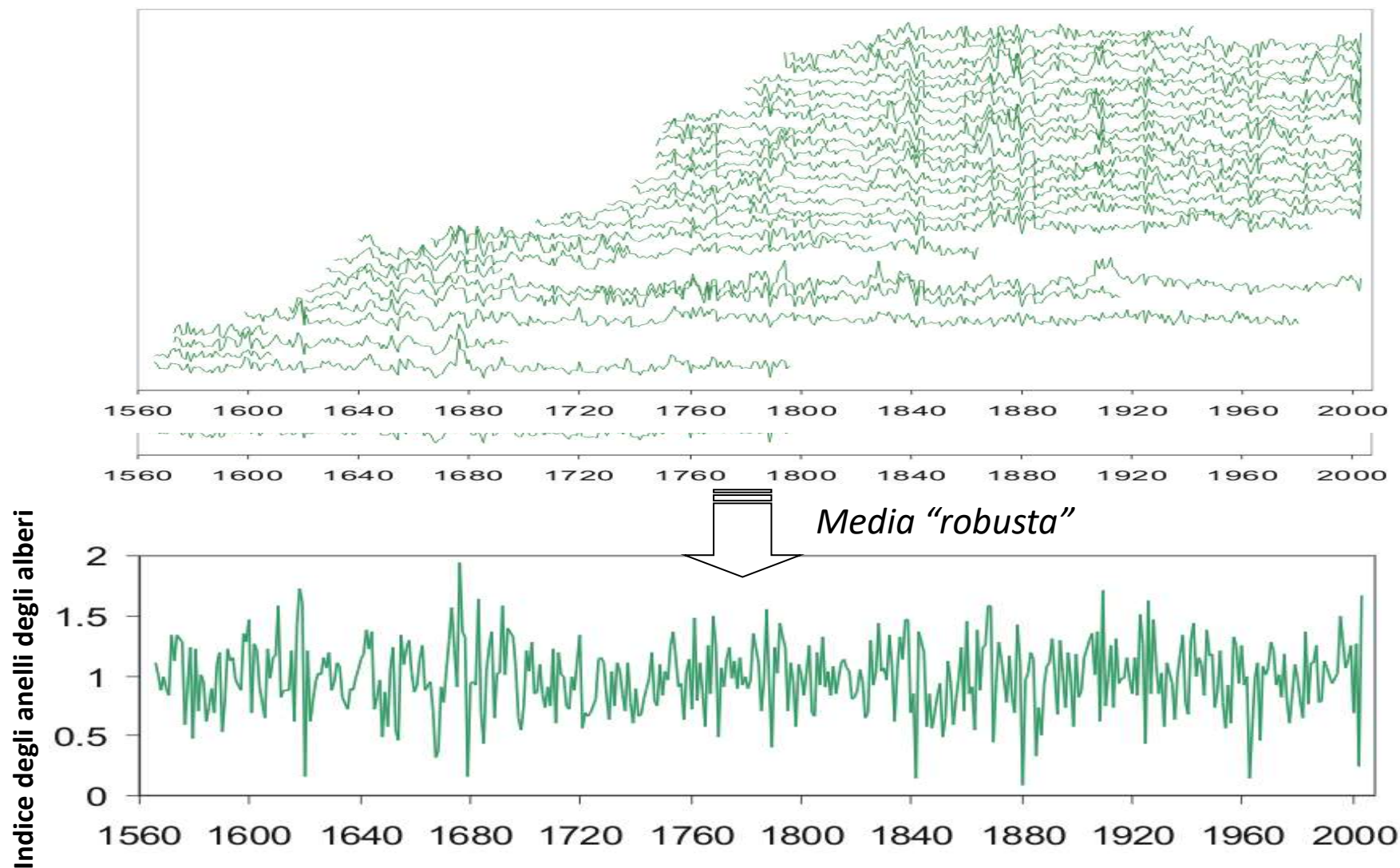
Strato di fossili sedimentati in rocce sedimentarie.

Proxy dagli anelli degli alberi

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it



Proxy dai pollini

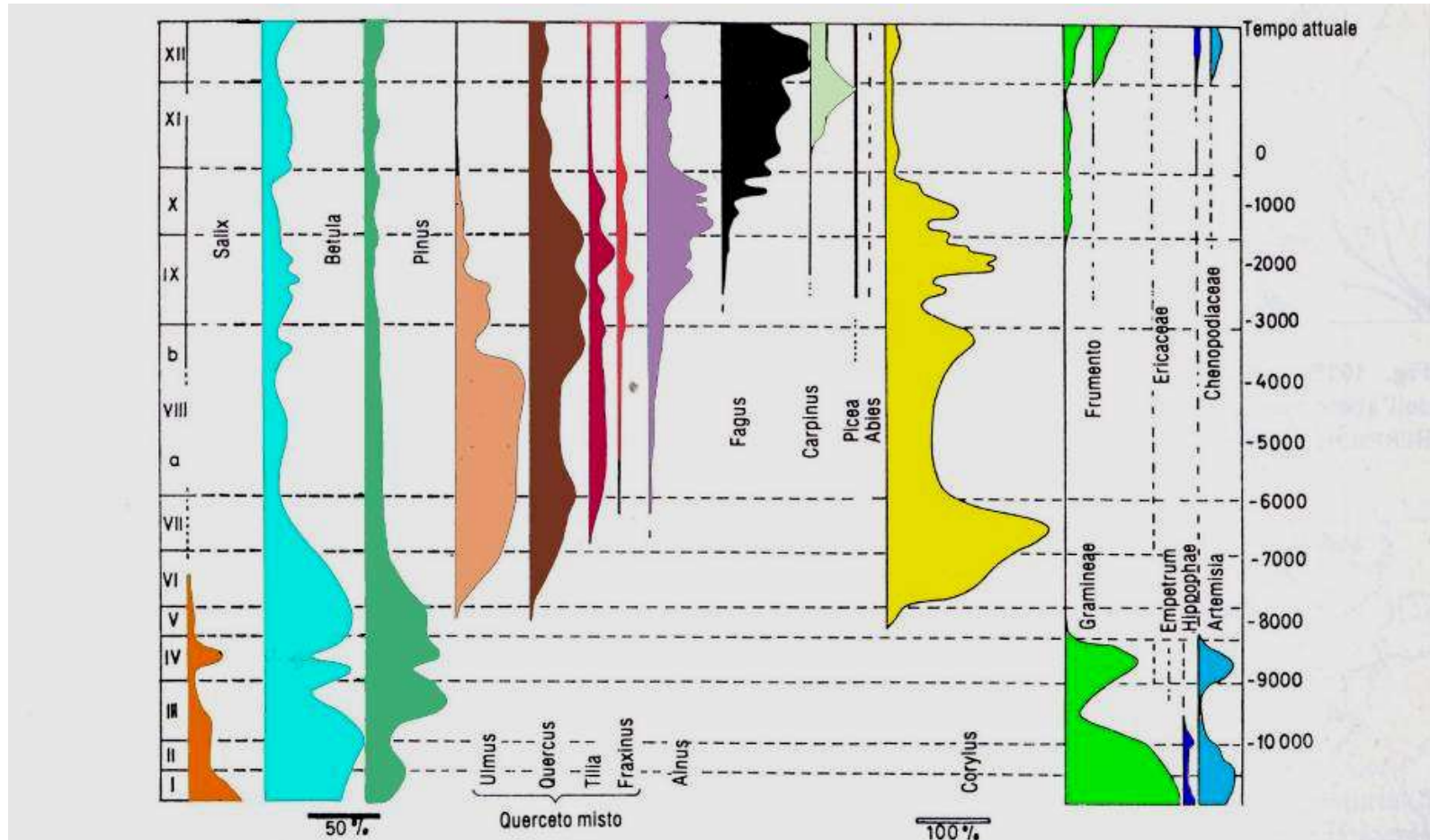
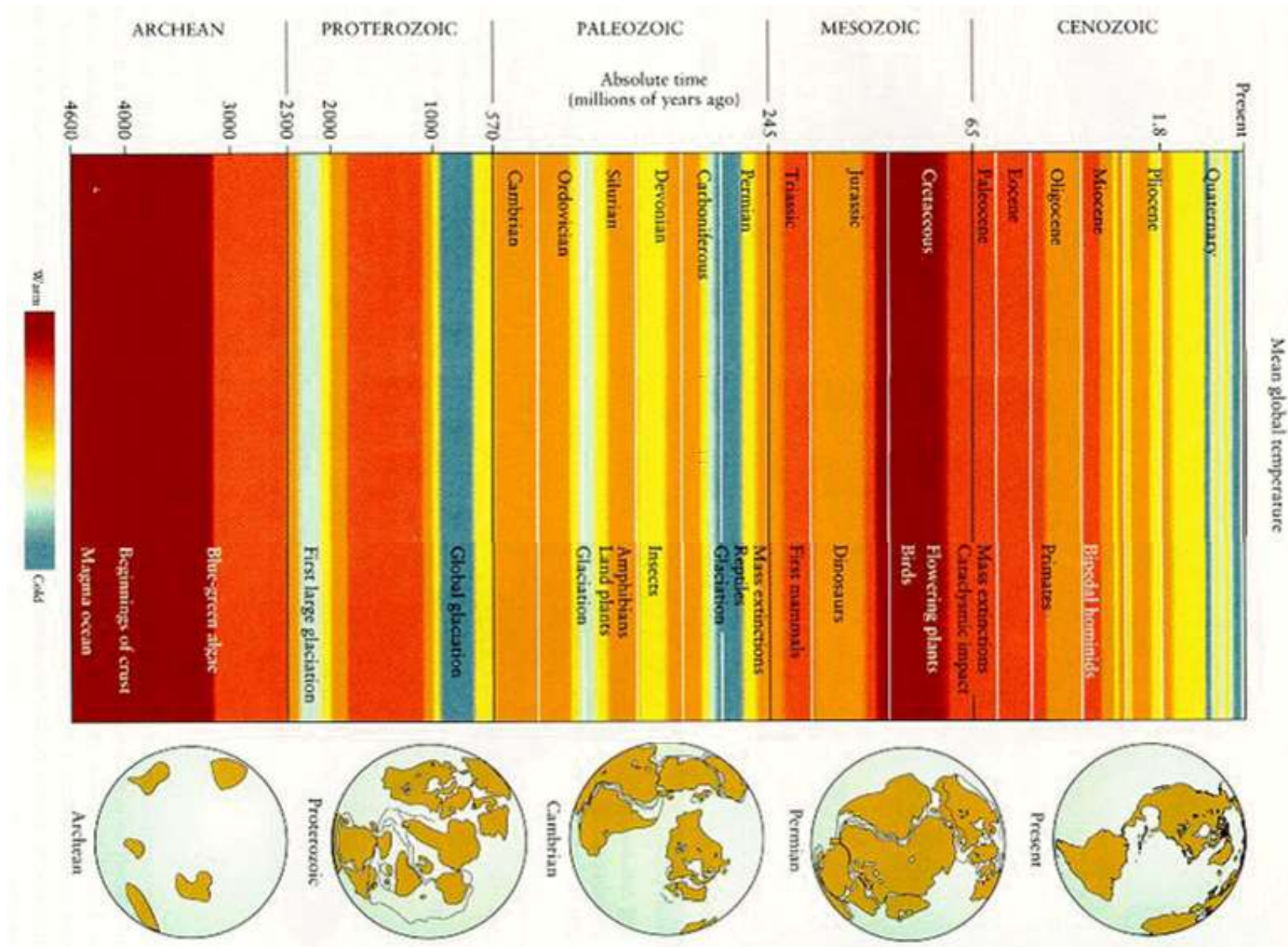
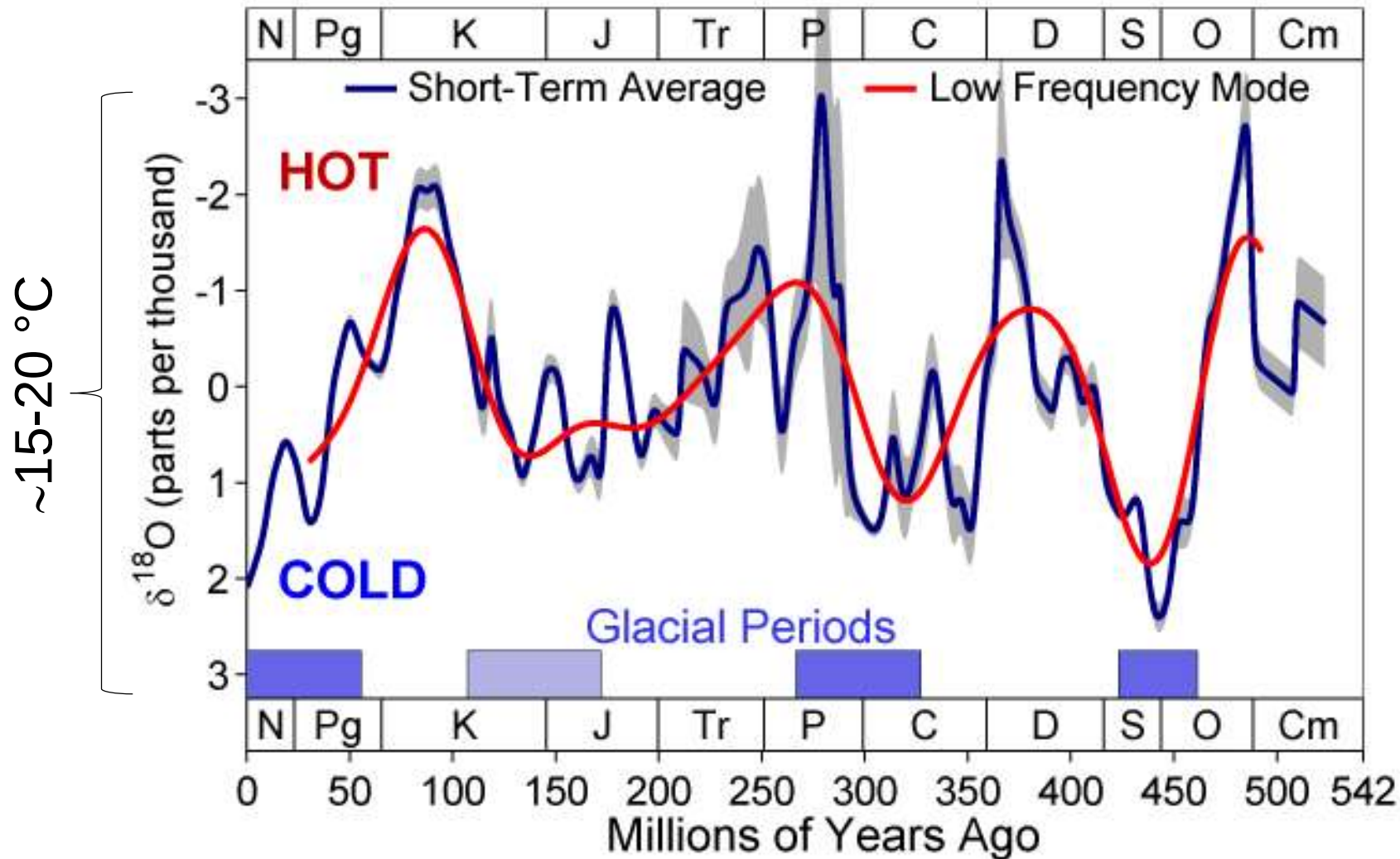


Diagramma pollinico del tardo quaternario dalla fine del periodo glaciale (I) attraverso il tardiglaciale (II-IV) e il periodo caldo intermedio (VIII) fino ad oggi (dal Lago di Lutten, 160 m, a est di Gottinga; zone polliniche I-XII da OVERBECK).
(da STEINBERG e BERTSCH in WALTER e STRAKA).

Ricostruzione del clima terrestre (temperature)

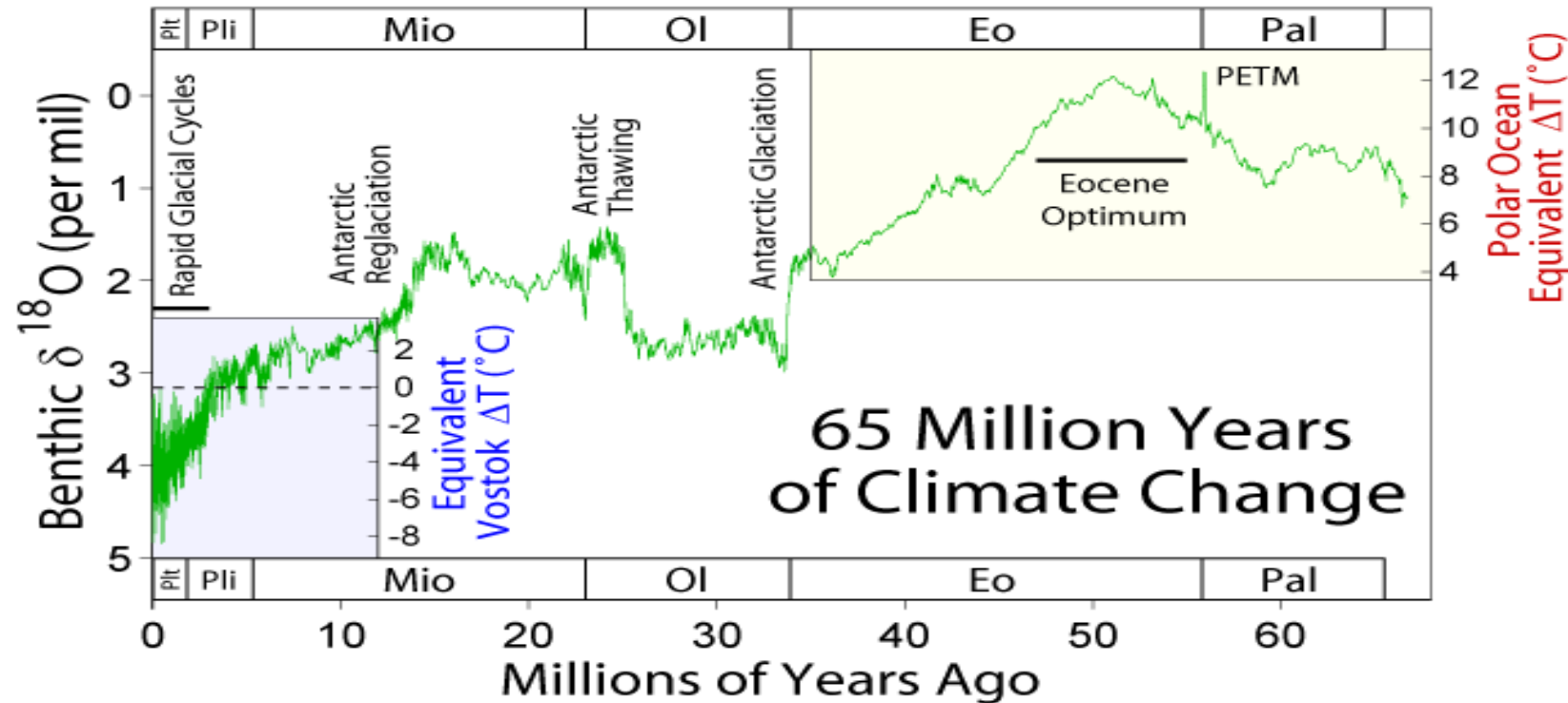


Gli ultimi 550 milioni di anni



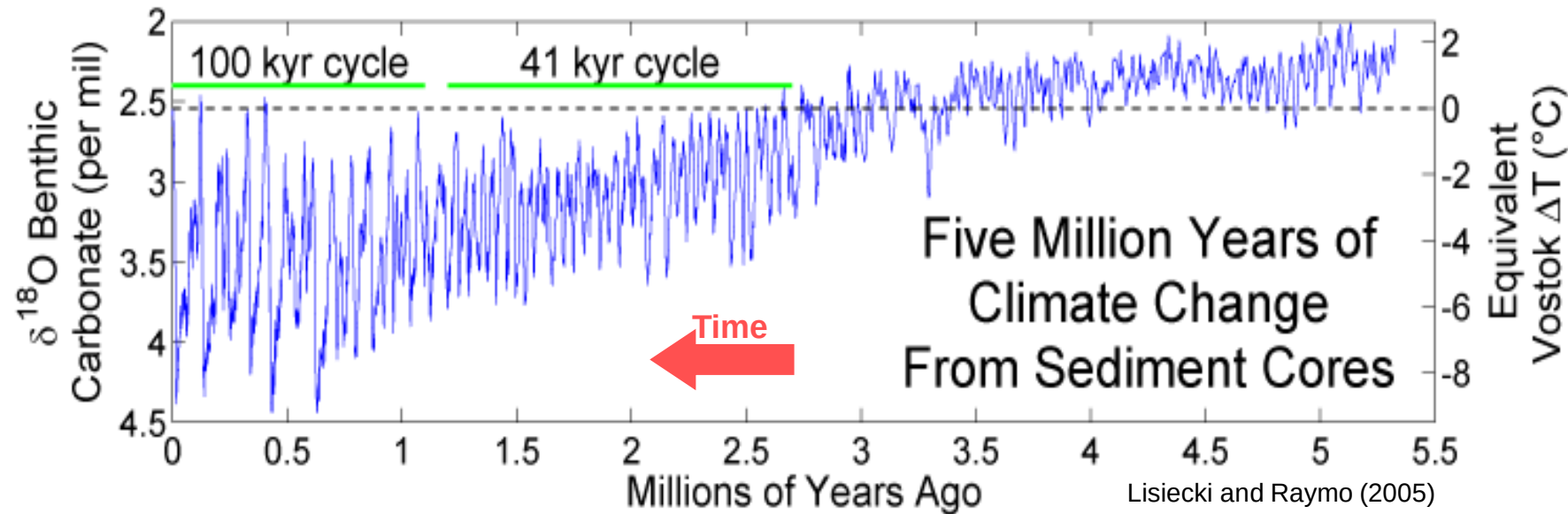
Medio Cretaceo: CO_2 circa 400-600% rispetto a oggi – Spostamento ecosistemi di 15° di latitudine verso i poli - Temperatura dei fondali oceanici: $15-20^\circ\text{C}$ (oggi 4°C) – Livello del mare +100 m rispetto a oggi - Molti depositi di combustibili fossili si formarono in tale periodo

Gli ultimi 70 milioni di anni



- L'**Optimum climatico dell'Eocene**: temperature 8-12 °C superiori a oggi
- Il **Massimo termico Paleocene-Eocene (PETM)**: forse associato alla **destablizzazione dei clatrati di metano** (e forse sottostimato di 2-4 volte)
- Movimento dei continenti (Antartide migra al polo Sud)
- Diminuiscono CO_2 e temperature
- Formazione ghiaccio in Antartide (due volte)

Gli ultimi 5.5 milioni di anni

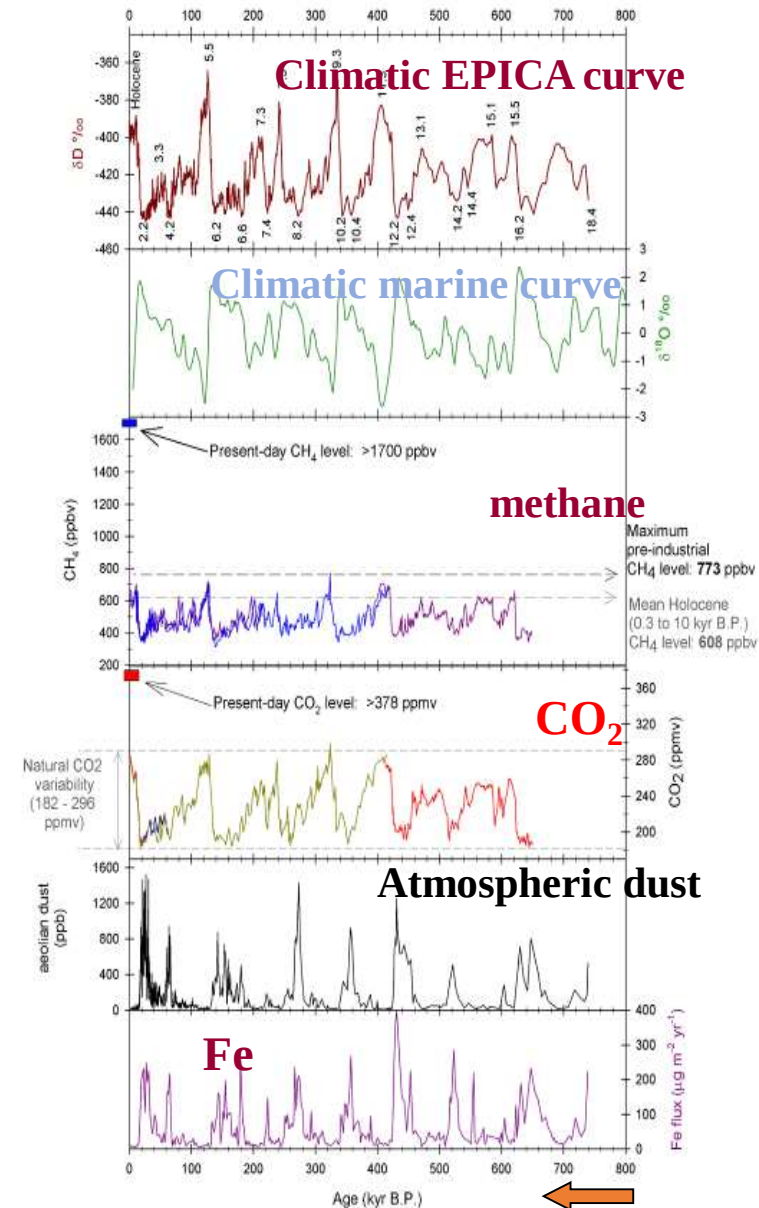


- Mentre al polo Sud l'Antartide si ricoprì definitivamente di ghiaccio già oltre 10 milioni di anni fa, nessuna coltre glaciale si formò in **Groenlandia** e nord America prima di **3 milioni di anni fa**, poco dopo la formazione dell'istmo di Panama
- Gli ultimi 2,5 milioni di anni evidenziano **multi cicli con periodi glaciali e interglaciali**
- Ultimi 1,8 milioni di anni: **periodo Quaternario**, caratterizzato dalla presenza periodica di grosse e crescenti quantità di ghiaccio sulla terraferma

Gli ultimi 800mila anni: non soltanto temperature...

- $\delta^{18}\text{O}$ in controfase con CO_2 e CH_4
- Polveri in fase con $\delta^{18}\text{O}$
- NB: $\delta^{18}\text{O}$ in controfase con temperatura
- Limiti massimi nella carota EPICA:
 - CH_4 : 772 ppbv
 - CO_2 : 296 ppm

Fonti:
EPICA community members, 2004
Bassinot et al. 1994
Sphani et al. 2005
Siegenthale et al. 2005
Wolff et al. 2006



Gli ultimi 450000 anni dalla carota di Vostok

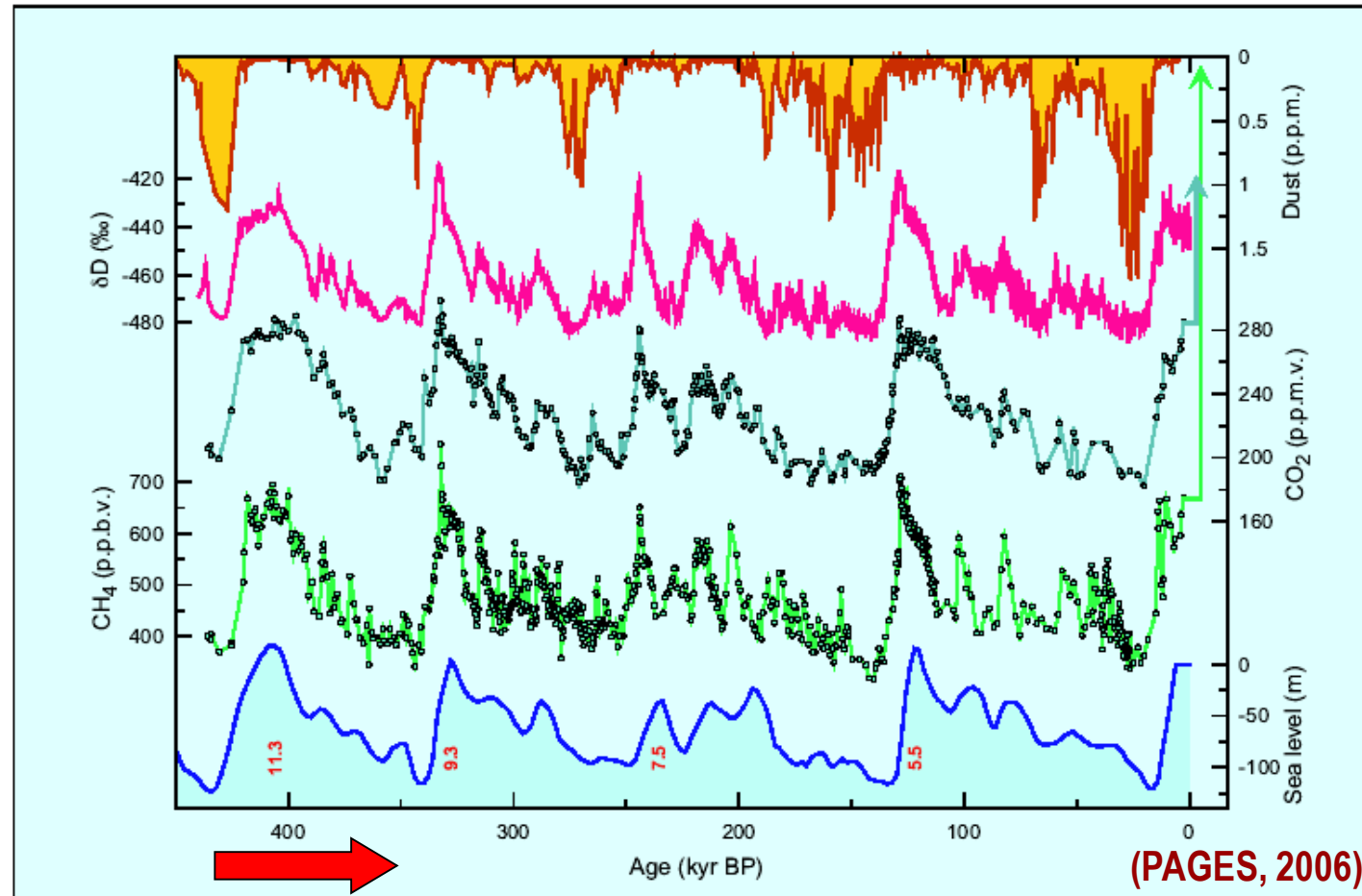
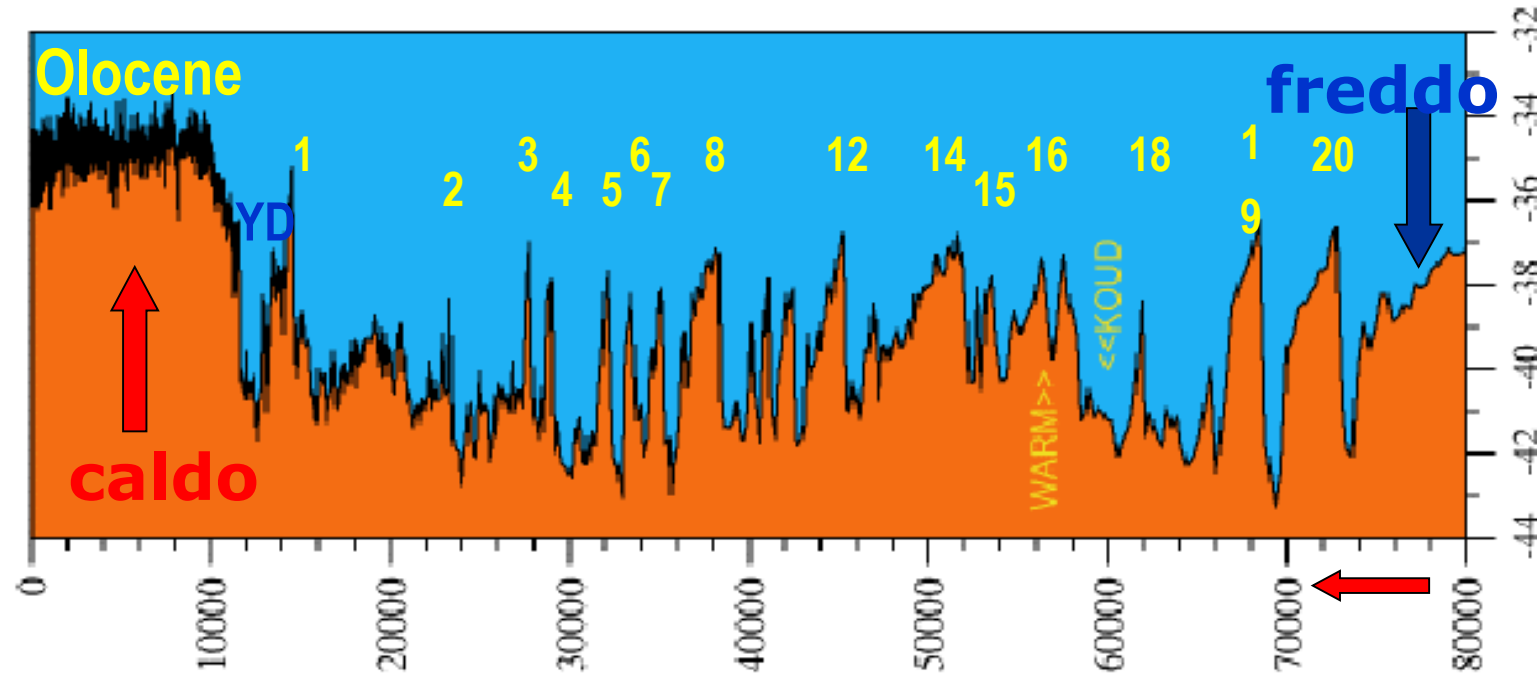


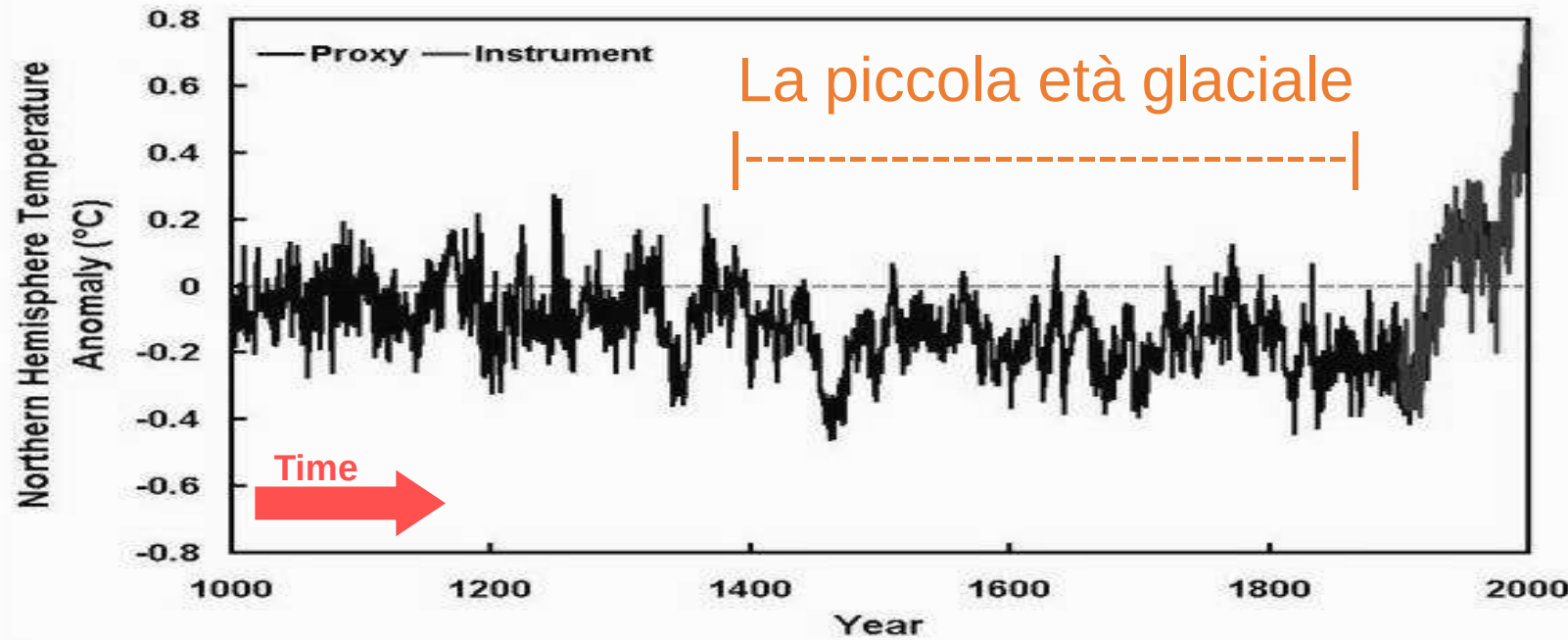
Fig. 2: Vostok time series and sea level derived by calibrating the marine $\delta^{18}\text{O}$ record (Bassinot et al., 1994). The dust record provides information on aerosols of continental origin. The deuterium content of the ice δD is taken as a proxy for Antarctic temperature; the warmest periods of the past correspond to MIS 5.5, 7.5, 9.3 and 11.3. The atmospheric concentrations of the two greenhouse gases (CO_2 and CH_4) are measured on the air enclosed in the ice. The rapid anthropogenic rise in concentrations of CO_2 and CH_4 since the 1850's, up to present-day levels of 360 ppmv and 1750 ppbv, respectively, are indicated by arrows. The Vostok data (Petit et al., 1999; Delmotte et al., 2004; Raynaud et al., 2005) are plotted on the EDC2 timescale after Raynaud et al., 2005.

Gli ultimi 80000 anni in Groenlandia



- Instabilità climatica durante l'ultima glaciazione
- Frequenti e notevoli variazioni climatiche di breve periodo (8-16°C: “eventi di Dansgaard-Oeschger”) con transizioni molto rapide (pochi decenni)

Gli ultimi mille anni



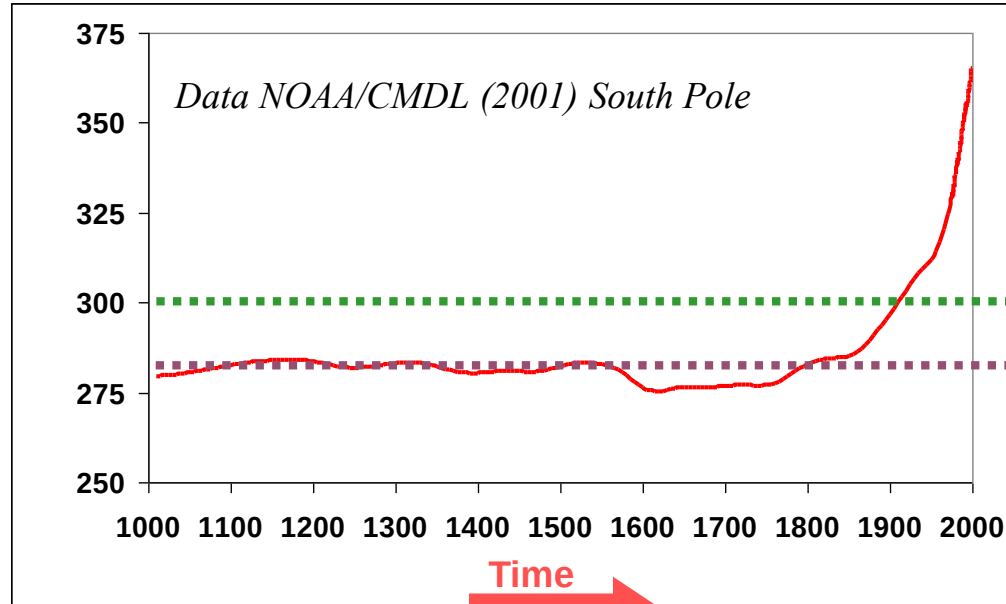
- Raffreddamento di circa 1.5°C rispetto al medioevo, maggiore nell'emisfero Nord e d'inverno
 - Avanzata dei ghiacciai
 - Problemi di produttività agricola
 - Migrazioni (Groenlandia)
- Ipotesi
 - Minore attività solare activity (-0.25%, minimo di Maunder)
 - Maggiore attività vulcanica

CO₂ negli ultimi 1000 anni

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

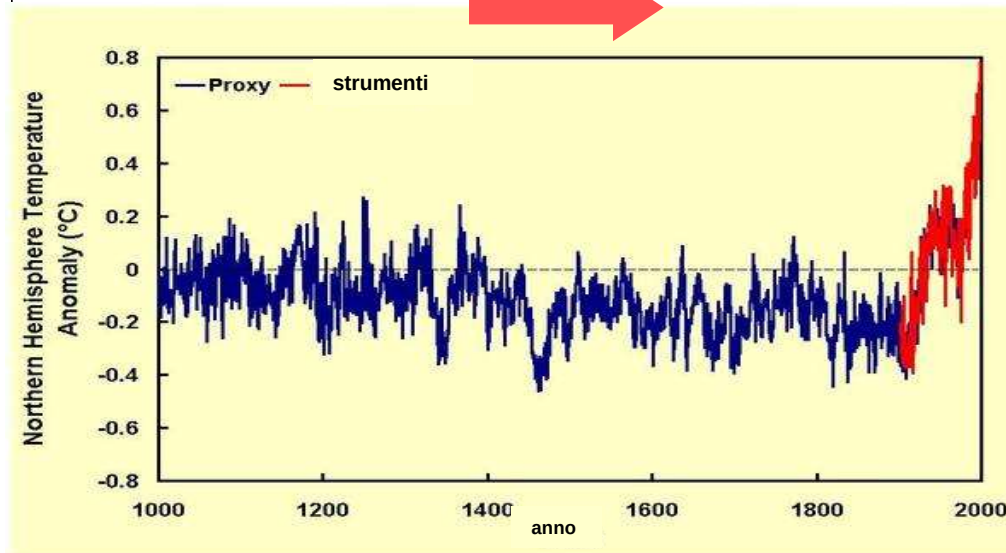


Valore odierno: 412 ppm

<https://www.co2.earth/>

Limite max ultimi 420 Ka

Limite massimo preindustriale



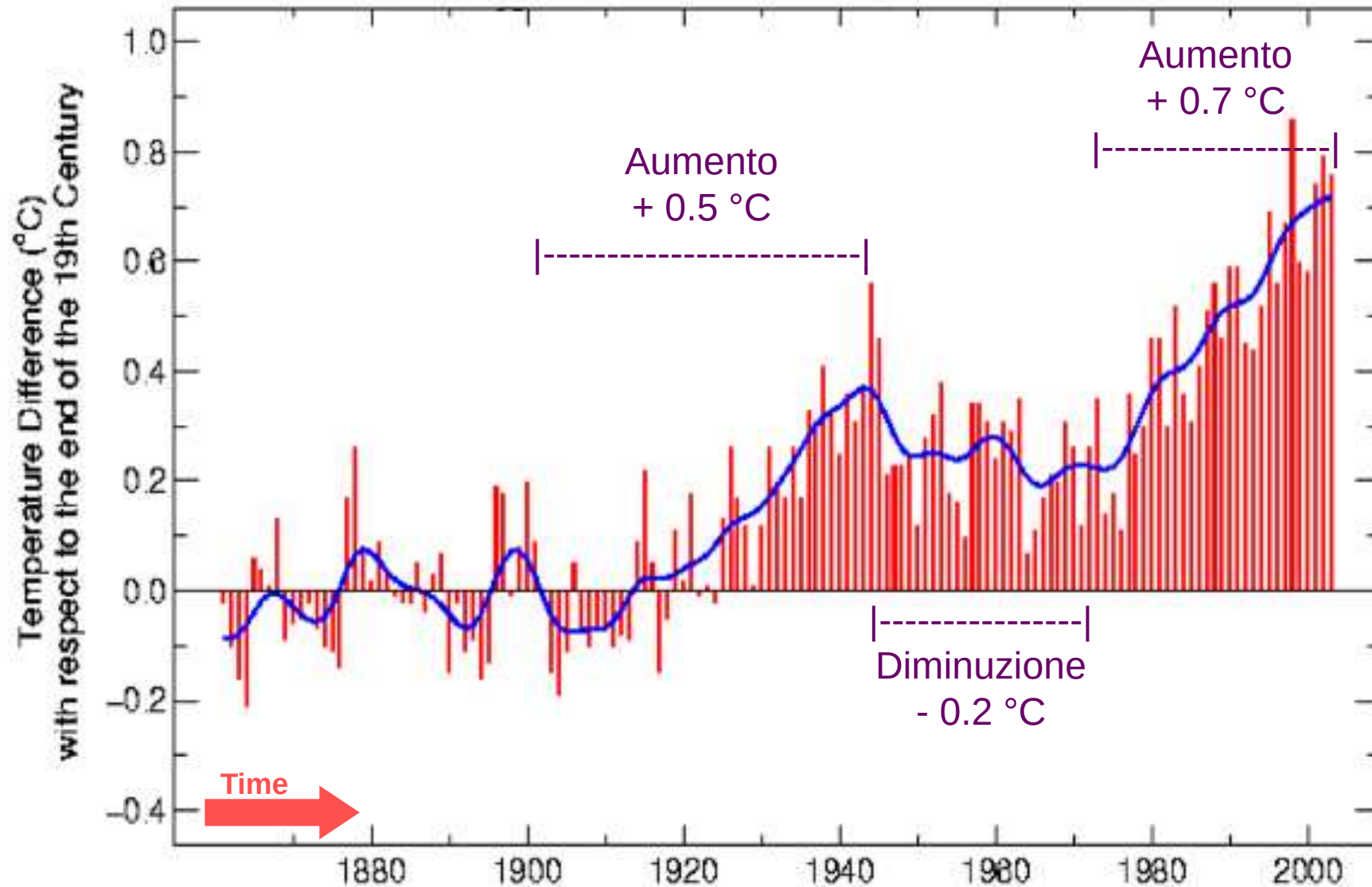
- In fase con l'andamento della temperature media
- Nell'ultimo millennio, CO₂ molto stabile (280 ppm) prima dell'inizio della Rivoluzione Industriale
- Nel **2100**, CO₂ potrebbe aumentare a **700-900 ppm**

I dati strumentali (dal 1860 circa)

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

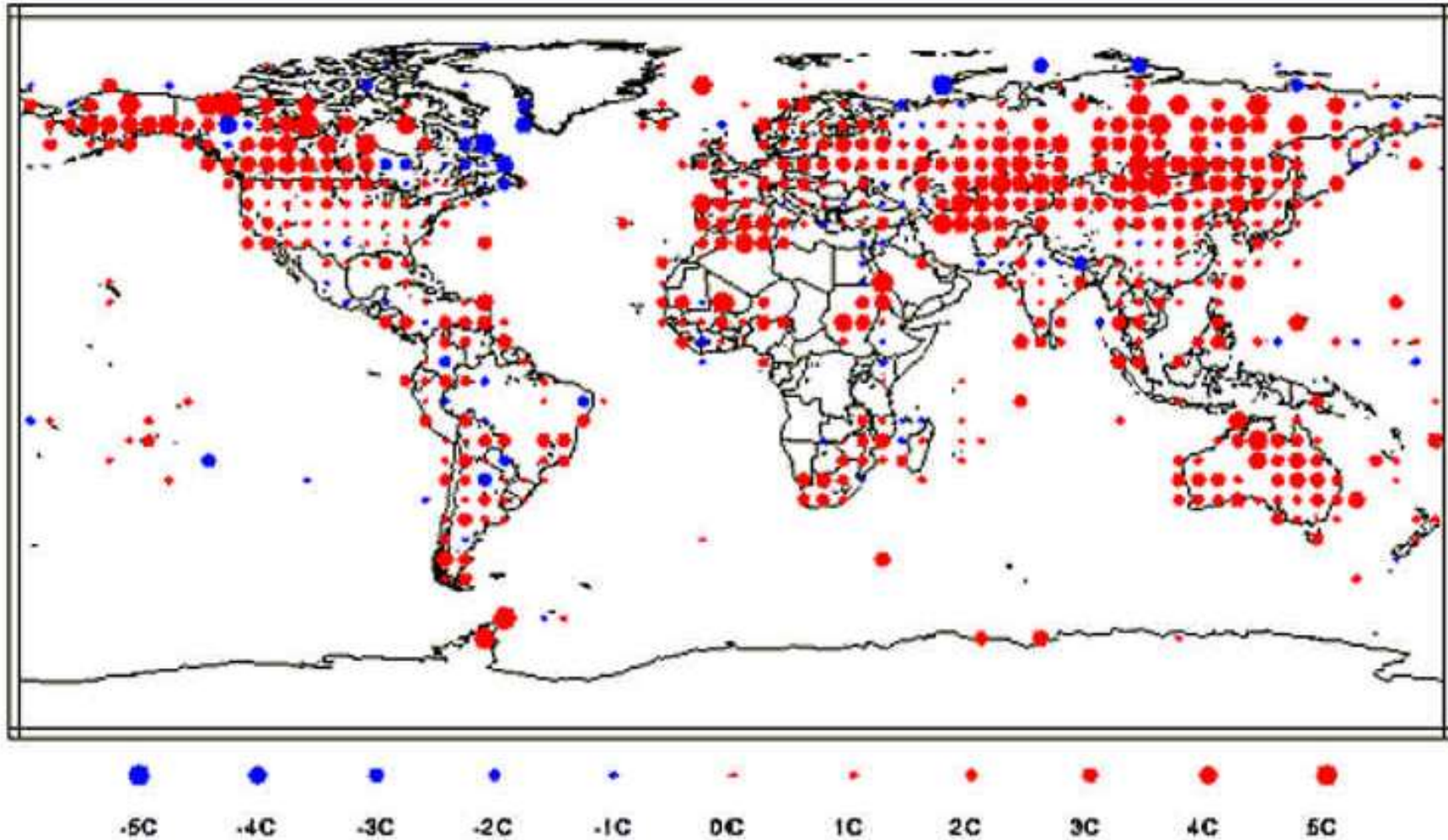
Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it



Source: Met Office

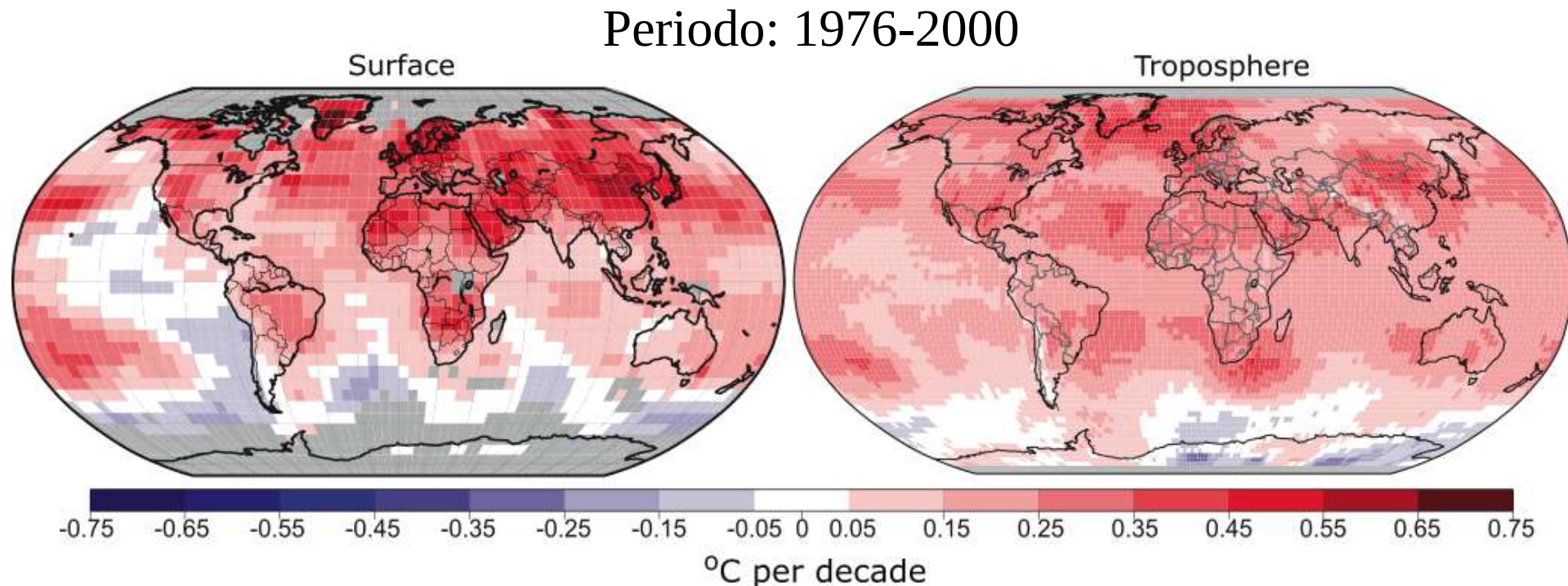
Spazializzazione nell'ultimo cinquantennio del 1900



Source: Global Historical Climate Network,
National Oceanic and Atmospheric Administration

Si scalda l'intera troposfera

- Il surriscaldamento non è limitato soltanto alla superficie terrestre laddove sono posizionati i sensori, ma è esteso all'intera troposfera, ed è maggiore nell'emisfero nord
- Le uniche, piccole, aree con raffreddamento sono presenti sull'Antartide e sugli oceani meridionali



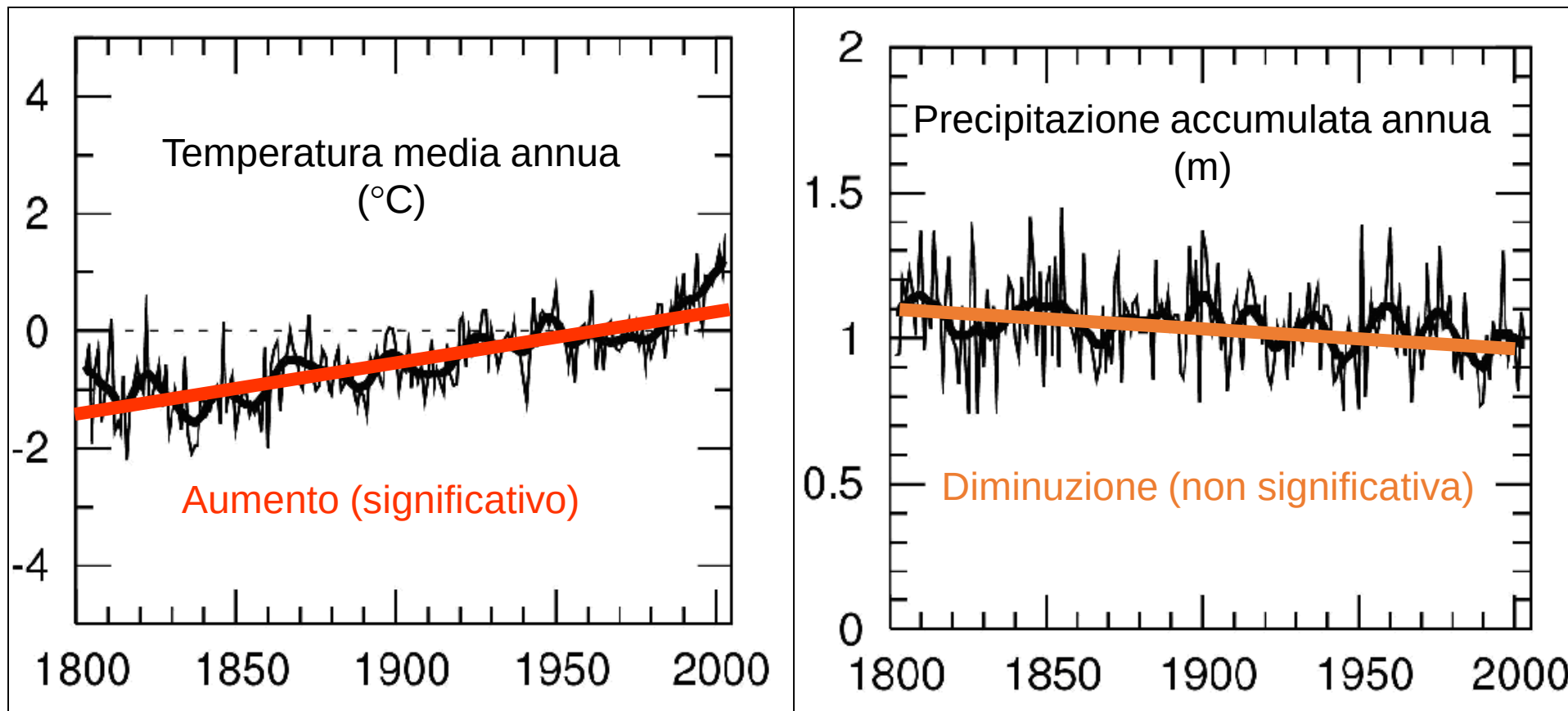
IPCC WG1-AR4, FAQ 3.1, Figure 1

Temperature e piogge in Italia

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it



Fonte:

Brunetti M, Maugeri M, Monti F, Nanni T. 2006.

Temperature and precipitation variability in Italy in the last two centuries from homogenised instrumental time series.

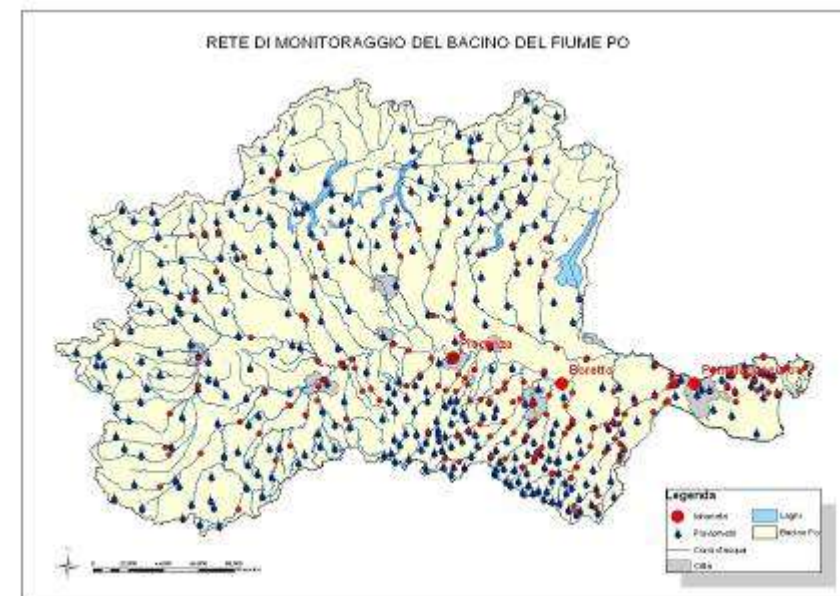
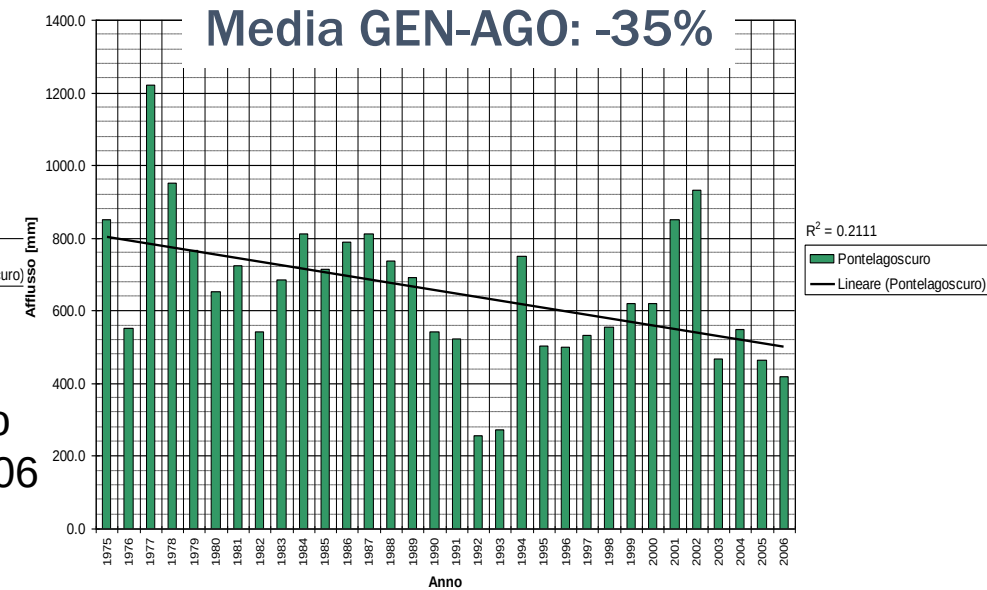
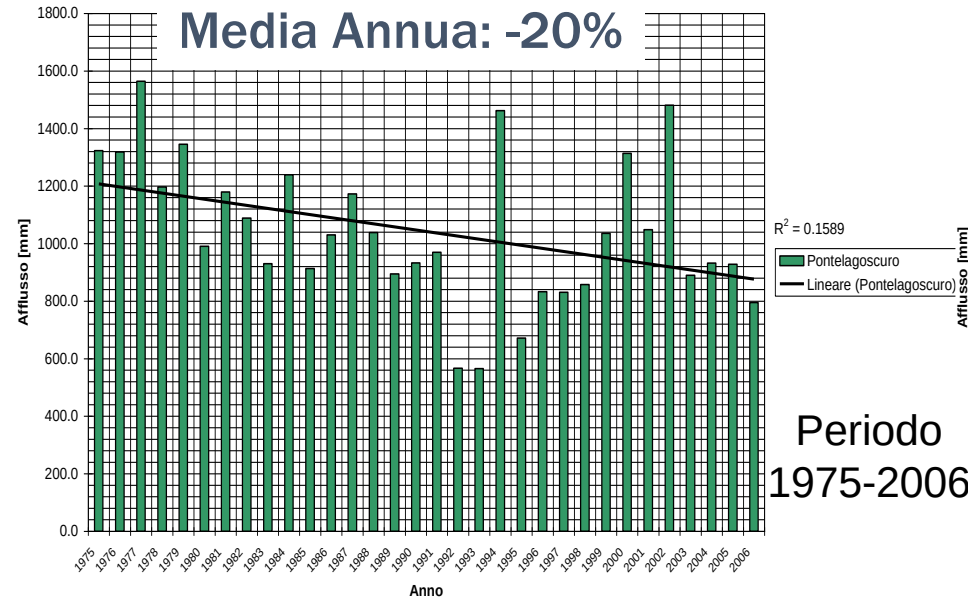
Int. J. Climatol, 26, 345-381

Portata del Po

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it



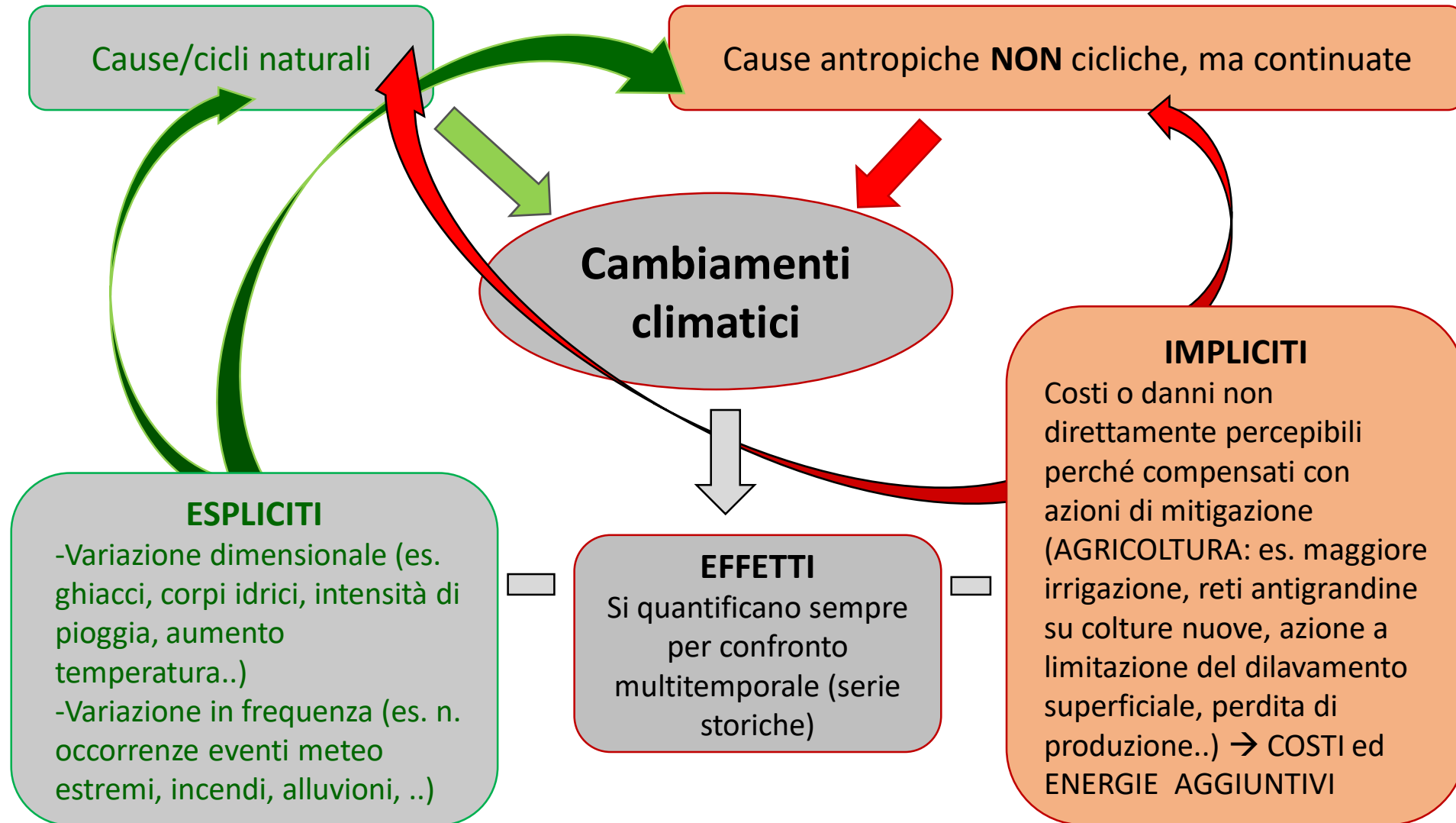
Il ruolo del Telerilevamento Satellitare



Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it



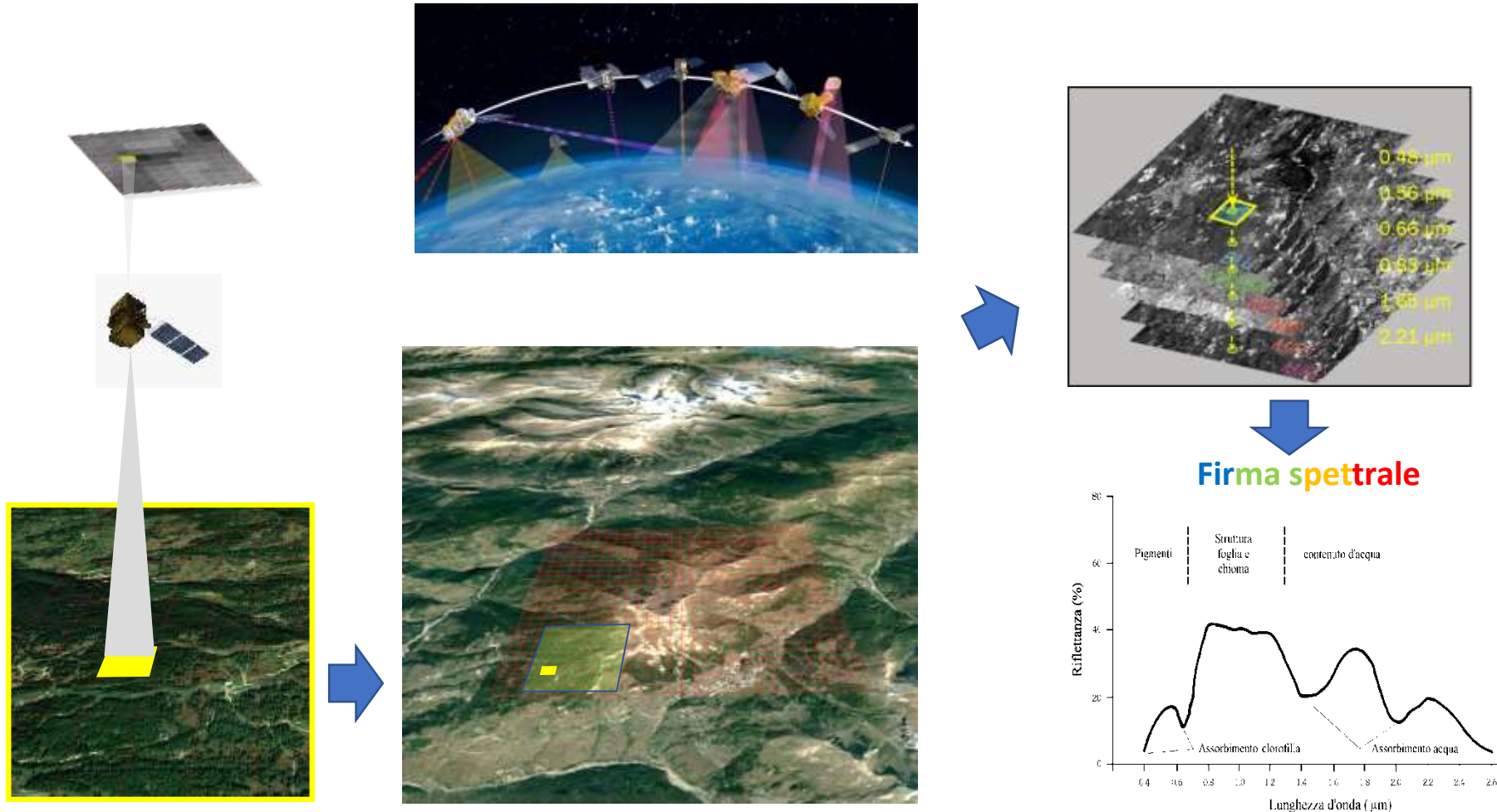
Il ruolo del Telerilevamento Satellitare

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

E' molteplice e si basa su tecnologie diverse, ma alla base ci sono sempre delle immagini digitali.

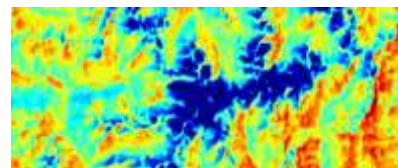
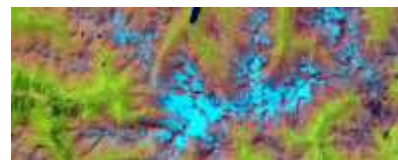


Tipi di Telerilevamento Satellitare

Telerilevamento ottico passivo: caratterizza le superfici sulla base del loro comportamento riflettivo rispetto alla radiazione (solare) incidente ($\lambda \approx 350\text{--}2500\text{ nm}$)

Telerilevamento attivo (RADAR): le superfici vengono illuminate con una radiazione elettromagnetica generata dallo strumento nella regione delle microonde/onde radio ($1\text{ cm--}1\text{ m}$) di cui se ne registra l'ECO.

Telerilevamento termico: misura i flussi termici che si sollevano dalle superfici in forza della loro temperatura (TERMOGRAFIA, $\lambda \approx 8000\text{--}12500\text{ nm}$).



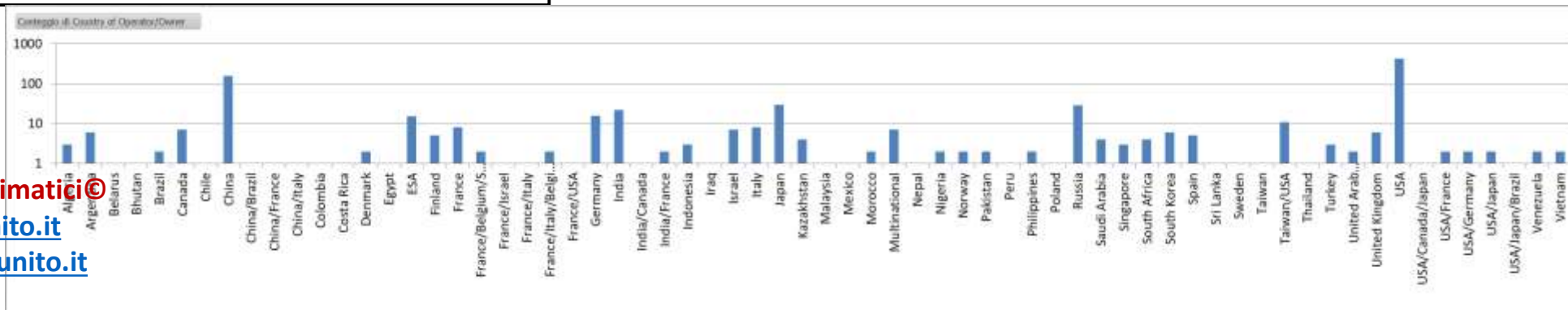
QUANTI SATELLITI CI GUARDANO?

Fonte:

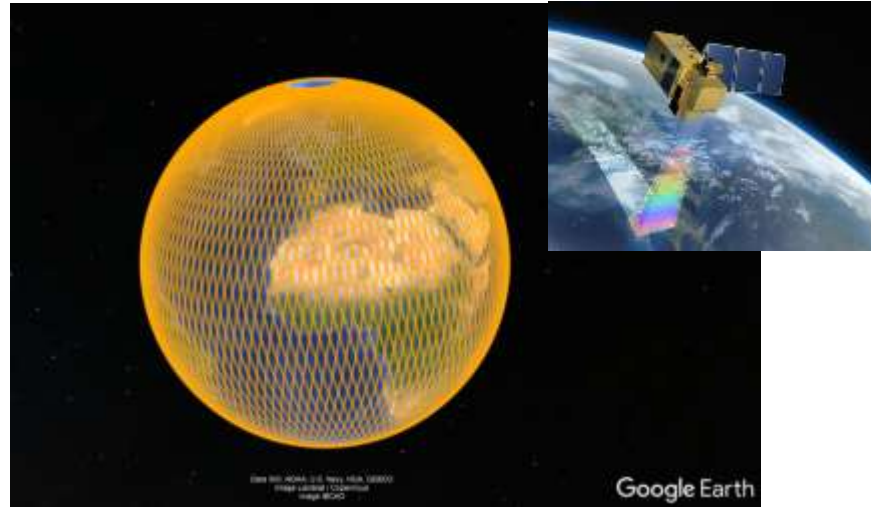
<https://www.ucsusa.org/resources/satellite-database>

Dal 1993 i satelliti **EO** lanciati sono stati quasi 900. Quelli complessivi più di 2000.

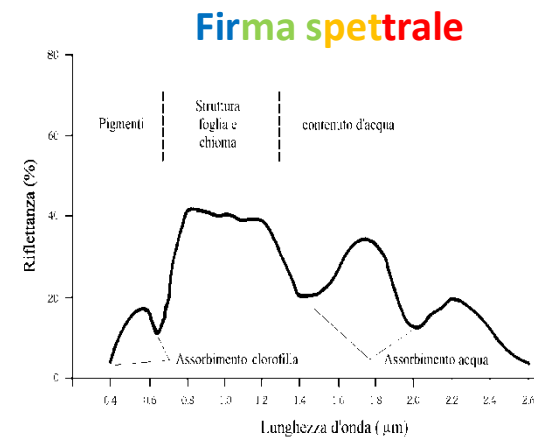
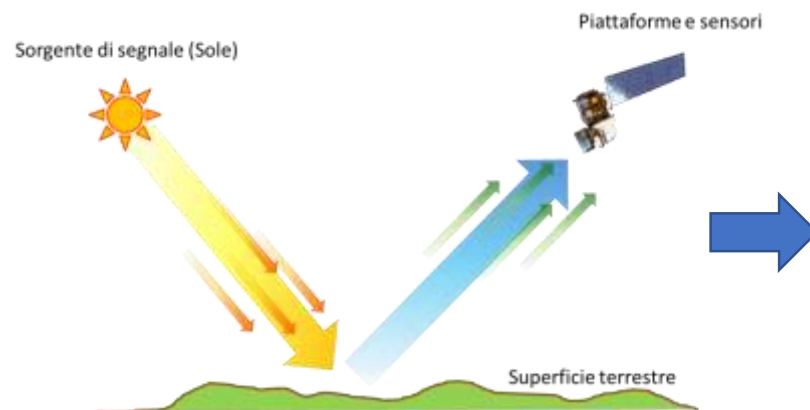
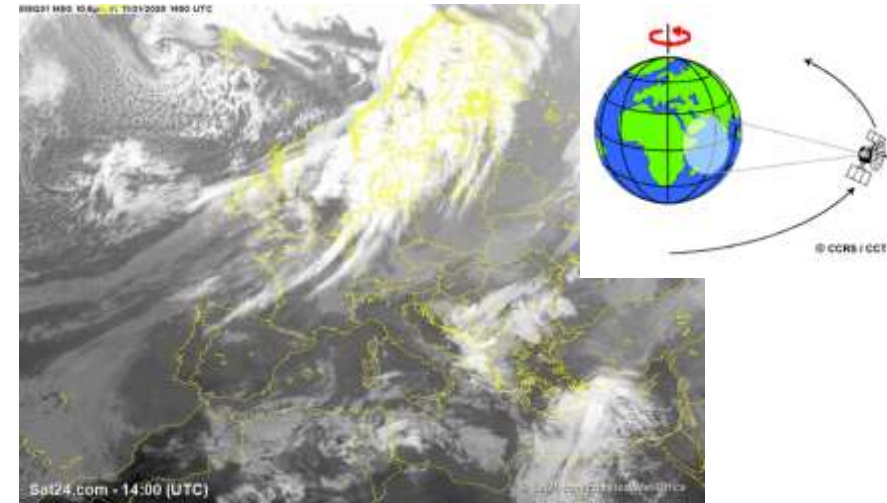
Tra i satelliti **EO** circa 700 sono stati per usi civili/governativi.



Satelliti Eliosincroni (400-800 km)



Satelliti Geostazionari (36000 km)



La firma spettrale di ogni pixel della scena permette di descriverne la natura e alcune proprietà chimico-fisiche

Telerilevamento (comparto terrestre) e Cambiamenti Climatici

Sotto quali condizioni si lavora oggi con i dati satellitari?



DECISAMENTE **FAVOREVOLI** !! Ma perché ?

1. **DATI GLOBALI PRE-PROCESSATI**
2. **DATI RIPETUTI**: tempi di rivisitazione giornalieri per dati a bassa risoluzione (250-300 m); fino a 5 gg per dati a risoluzione medio-alta (10 m). Si può arrivare fino a luglio 1972 (missione USA Landsat 1).
3. **DATI GRATUITI** (ma non solo) forniti da GEOPORTALI WEB
4. SI STANNO CONFIGURANDO DEI **SERVIZI** GLOBALI → strumenti in grado di fornire all'utenza in tempo quasi reale (compatibilmente ai tempi di rivisitazione dei satelliti)
 - **immagini multispettali pronte all'uso** (georiferite e calibrate)
 - **prodotti lavorati** → dedotti, per applicazione di modelli, dalle immagini (uso del suolo, LAI, biomassa, FAPAR, GPP, NPP, ...)

Servizi per la fornitura di DATI: USA – USGS EarthExplorer (<https://earthexplorer.usgs.gov/>)

The screenshot displays the USGS EarthExplorer web interface. At the top, the USGS logo and "science for a changing world" tagline are visible. Below this, the "EarthExplorer - Home" header includes navigation links like "Home", "Save Criteria", "Load Favorites", and "Manage Criteria". A "Page Expires in 28:1h" notice is on the right. The main content area is divided into a left sidebar and a right map panel. The sidebar, titled "4. Search Results", contains a "Data Set" list with four entries, each showing a thumbnail, acquisition date, path, and row information. The right panel, titled "Search Criteria Summary", shows a map of a mountainous region with a blue location pin. A coordinate box at the top right of the map displays "45° 33' 30\" N, 015° 00' 40\" E". At the bottom of the map, a small text line reads: "The provided maps are not for purchase or for download; it is to be used as a guide for reference and search purposes only."

Servizi per la fornitura di DATI: Copernicus Open Access HUB

(<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>)

The screenshot displays the Copernicus Open Access Hub interface. On the left, a search results list is shown with the following details:

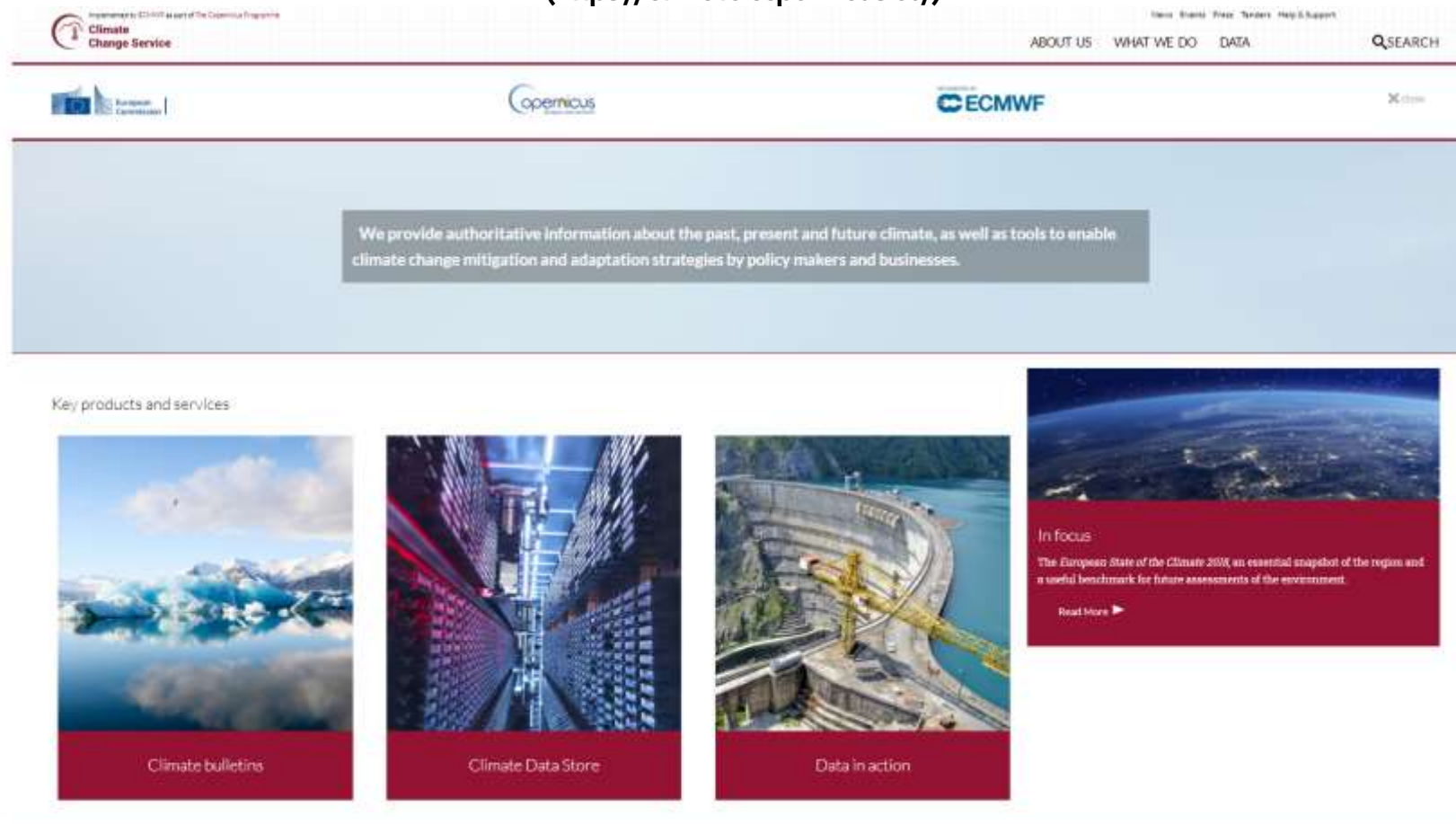
- Request Done:** (footprint:Intersects(POLYGON((11.90417757548067 37.03779070569084, 14.706210379340437 37.03779070569084, 14.706210379340437 38.81150426167787, 11.90417757548067 38.81150426167787, 11.90417757548067 37.03779070569084))))
- Products:**
 - S2A_MSI** S2A_MSI2A_20200106T100401_H0213_R122_T32S0G_20200106T113428
 - Download URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/data/v1/Products/459f9b4e-8ac0-4224-b0b9-8415a0a112f>
 - Mission: Sentinel-2
 - Instrument: MSI
 - Sensing Date: 2020-01-06T10:04:01.024Z
 - Size: 437.91 MB
 - S2A_MSI** S2A_MSI2A_20200106T100401_H0213_R122_T33S0C_20200106T113428
 - Download URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/data/v1/Products/3a6c340f-8244-4977-b49c-3c3a5880905>
 - Mission: Sentinel-2
 - Instrument: MSI
 - Sensing Date: 2020-01-06T10:04:01.024Z
 - Size: 650.71 MB
 - S2A_MSI** S2A_MSI2A_20200106T100401_H0213_R122_T33STD_20200106T113428
 - Download URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/data/v1/Products/950081c3-4701-42f6-ba63-4c78d4583a4>
 - Mission: Sentinel-2
 - Instrument: MSI
 - Sensing Date: 2020-01-06T10:04:01.024Z
 - Size: 107.93 MB
 - S2A_MSI** S2A_MSI2A_20200106T100401_H0213_R122_T33SUB_20200106T113428
 - Download URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/data/v1/Products/1c05758e-64ec-403e-b0b9-ae13bd2de7f>
 - Mission: Sentinel-2
 - Instrument: MSI
 - Sensing Date: 2020-01-06T10:04:01.024Z
 - Size: 437.93 MB
 - S2A_MSI** S2A_MSI2A_20200106T100401_H0213_R122_T33STB_20200106T113428
 - Download URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/data/v1/Products/75e63a3e-8859-440c-af0b-2a27c0a800c>
 - Mission: Sentinel-2
 - Instrument: MSI
 - Sensing Date: 2020-01-06T10:04:01.024Z
 - Size: 818.17 MB
 - S2A_MSI** S2A_MSI2A_20200106T100401_H0213_R122_T32SQJ_20200106T113428
 - Download URL: <https://scihub.copernicus.eu/dhus/data/v1/Products/1b421259-ed8d-4999-a250-c0d0bf0940>
 - Mission: Sentinel-2
 - Instrument: MSI
 - Sensing Date: 2020-01-06T10:04:01.024Z
 - Size: 108.36 MB
 - S2A_MSI** S2A_MSI2A_20200106T100401_H0213_R122_T33SUB_20200106T113428

At the bottom of the list, it shows "Products per page: 25" and "page: 1 of 1".

On the right, a map of Sicily is displayed with a grid overlay, indicating the geographic area covered by the search results.

Servizi per la fruizione di INFORMAZIONI: EU – Copernicus Climate Change Service

(<https://climate.copernicus.eu/>)



Servizi per la fruizione di INFORMAZION:

EU – Copernicus Drought Observatory

(<https://www.copernicus.eu/en/european-drought-observatory>)



EU – Copernicus European Forest Fire Information System (EFFIS)

<https://www.copernicus.eu/en/european-forest-fire-information-system>



Servizi per la fruizione di INFORMAZIONI:

EU – Copernicus EMERGENCY MANAGEMENT SERVICE (EMS)

(<https://land.copernicus.eu/global/index.html>)



COPERNICUS

Emergency Management Service



LATEST NEWS : 2019-12-03 | The Copernicus Emergency Management Service Monitors Impact of Earthquake in Albania

Copernicus Emergency Management Service

Copernicus Emergency Management Service (Copernicus EMS) provides information for emergency response in relation to different types of disasters, including meteorological hazards, geophysical hazards, deliberate and accidental man-made disasters and other humanitarian disasters as well as prevention, preparedness, response and recovery activities. The Copernicus EMS is composed of an on-demand mapping component providing rapid maps for emergency response and risk & recovery maps for prevention and planning and of the early warning and monitoring component which includes systems for floods, droughts and forest fires:

Copernicus EMS - Mapping

The Copernicus EMS - Mapping addresses, with worldwide coverage, a wide range of emergency situations resulting from natural or man-made disasters. Satellite imagery is used as the main datasource. The service covers in particular:

- Floods
- Tsunamis
- Earthquakes
- Landslides
- Fires
- Severe Storms
- Volcanic eruptions
- Technol. disasters
- Humanitarian crises



Copernicus EMS - Mapping

European & Global Flood Awareness System

The European and Global Flood Awareness Systems (EFAS & GloFAS) provide complementary flood forecast information to relevant stakeholders supporting flood risk management at national, regional and global level.

The forecasts are derived using in-situ and satellite data as well as hydro-meteorological models and aim at facilitating users with a wide range of added value (medium-range lead time, probabilistic, river basin wide, flash flood indicators etc.) flood forecast products.



EFAS

GloFAS

European Forest Fire Information System (EFFIS)

The European Forest Fire Information System (EFFIS) monitors forest fire activity in near-real time and in Europe, Middle East and North Africa and supports wildfire management at national and regional scales.

At the global scale, the JRC leads the development of the Group on Earth Observations (GEO) Global Initiative for the development of a Global Wildfire Information System (GWIS), supported by EU Copernicus and NASA programs.



EFFIS

Drought Observatory

The EMS Drought Observatory (DO) provides drought-relevant information and early-warnings for Europe (EDO) and the globe (GDO). Short analytical reports (Drought News) are published in case of imminent droughts.

EDO and GDO build on open web services and connect drought data providers and users from global to regional levels.



EDO

GDO



Unito Green Office Cambiamenti climatici@
Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

Servizi per la fruizione di INFORMAZION:

EU – Copernicus Global Land

(<https://land.copernicus.eu/global/index.html>)

About | Contact us

Copernicus Global Land Service

Providing bio-geophysical products of global land surface

[Home](#)
[Products](#)
[Use cases](#)
[Product Access](#)
[Viewing](#)
[Library](#)
[Get Support](#)

Vegetation

Energy

Water

Cryosphere

Home

The Copernicus Global Land Service (CGLS) is a component of the Land Monitoring Core Service (LMCS) of Copernicus, the European flagship programme on Earth Observation. The Global Land Service systematically produces a series of qualified bio-geophysical products on the status and evolution of the land surface, at global scale and at mid to low spatial resolution, complemented by the constitution of long term time series. The products are used to monitor the vegetation, the water cycle, the energy budget and the terrestrial cryosphere.

[Read more](#)

Latest news

1km SSM and SWI products delayed

Nov. 20 Jan 2022

Demonstration of annual land cover change maps over Africa

01. 20 Dec 2019

Additional access and DOIs for land cover maps

Thu. 29 Dec 2019

LSWT from S3/SLSTR back-processed to late 2016

01. 12 Dec 2018

System maintenance on December 3 and 4

01. 28 Nov 2018

[Read more](#)

In the picture

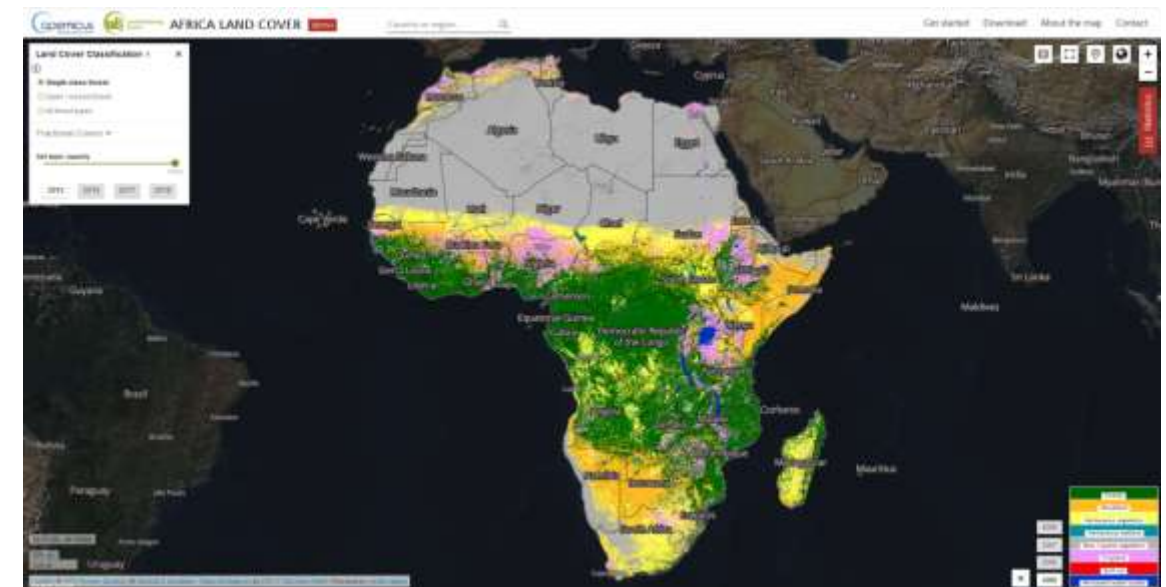
15 degrees
warmer than average

Drought surveillance
in Sri Lanka
by CGIAR's IWMI

94 TB
downloaded in
2nd quarter 2019

5000th
user registered
for online access

Copernicus Global Land service web site is hosted by VITO NV on behalf of the European Commission Joint Research Centre (JRC).
All rights reserved. [Privacy policy](#)



MSURARE I CAMBIAMENTI con IL TELERILEVAMENTO

Effetti ESPLICITI

ALCUNE APPLICAZIONI :

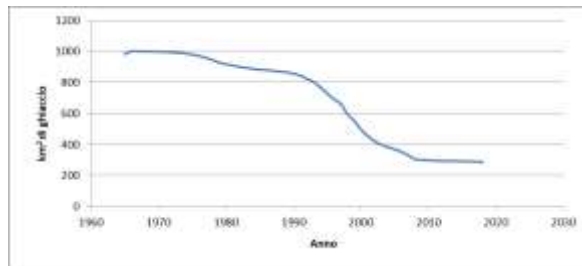
1. riduzione superficiale/volume dei GHACC
2. SICCITA' (variazioni di vigore vegetativo, aumento flussi evapotraspirativi, etc.)
3. riduzione della superficie delle acque interne (fiumi, laghi, etc.)
4. Incendi (estensione e frequenza, modalità di rinnovazione, etc.)
5. Consumo di suolo (progressione del «costruito» a scapito del «naturale»)
6. Disboscamenti e sostituzioni specifiche (es. palme da olio)
7. Misura dell'albedo
8. Effetti degli eventi meteo calamitosi (es. grandine)

APPROCCIO OPERATIVO:

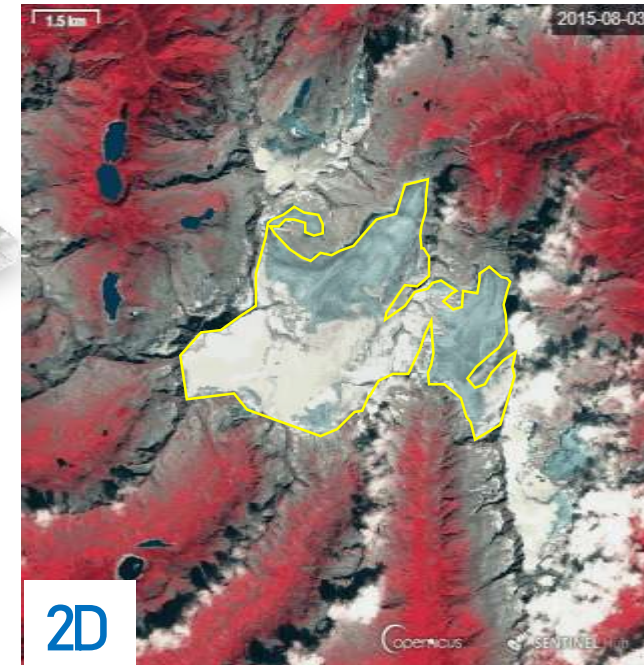
1. classificazione (riconoscimento dell'oggetto da monitorare) in tempi di osservazione diversi
2. Strutturazione di serie multitemporali di mappe tematiche sulla quale misurare variazioni geometriche (piane) e/o qualitative (composizione acque, variazione tipologica della vegetazione in fase di rinnovazione naturale *post-incendio* o di resilienza ambientale rispetto a dinamiche di siccità, etc.)
3. Rappresentazione delle variazioni e sintesi quantitativa mediante statistiche (nello spazio e nel tempo)

Mappare la geometria dei cambiamenti: variazioni dimensionali areali (es. ghiacciai)

Statistiche dimensionali



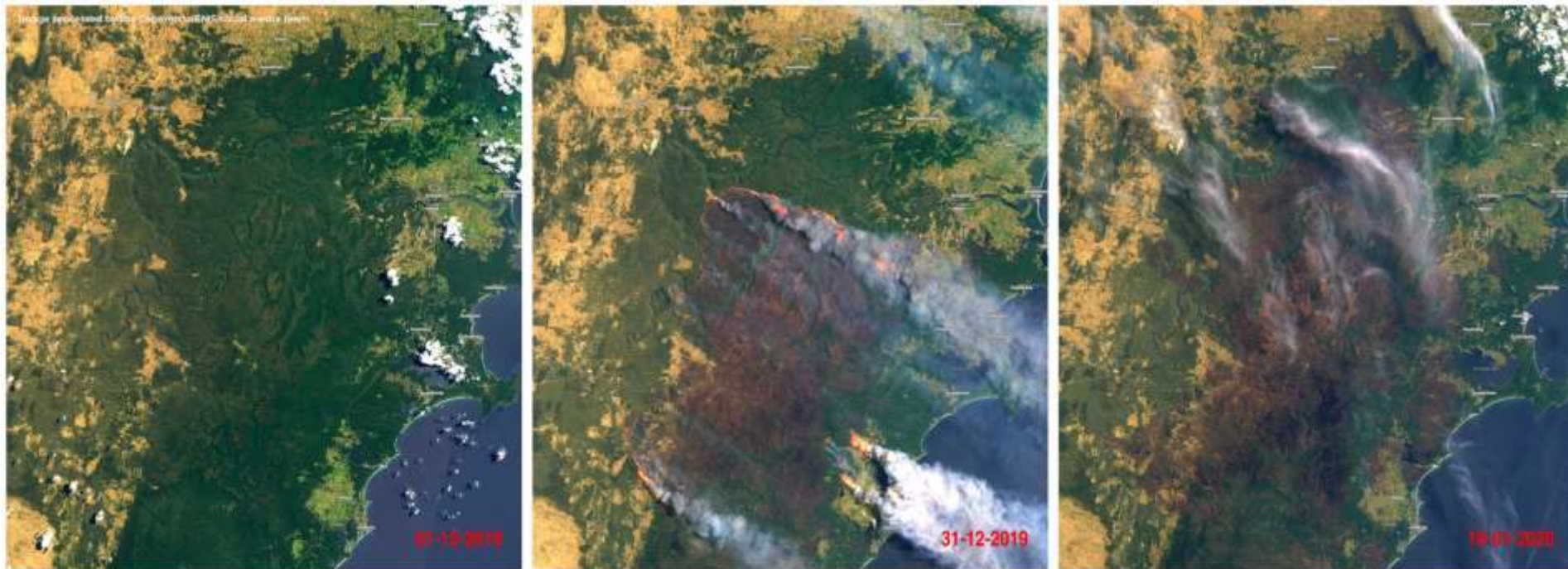
Successione di mappe



Adamello- Successione acquisizioni estive
Copernicus Sentinel 2, 2015-2019)

Mappare la geometria dei cambiamenti: alcuni esempi

Incendi (Australia, Dic. 2019)



Mappare la geometria dei cambiamenti: alcuni esempi

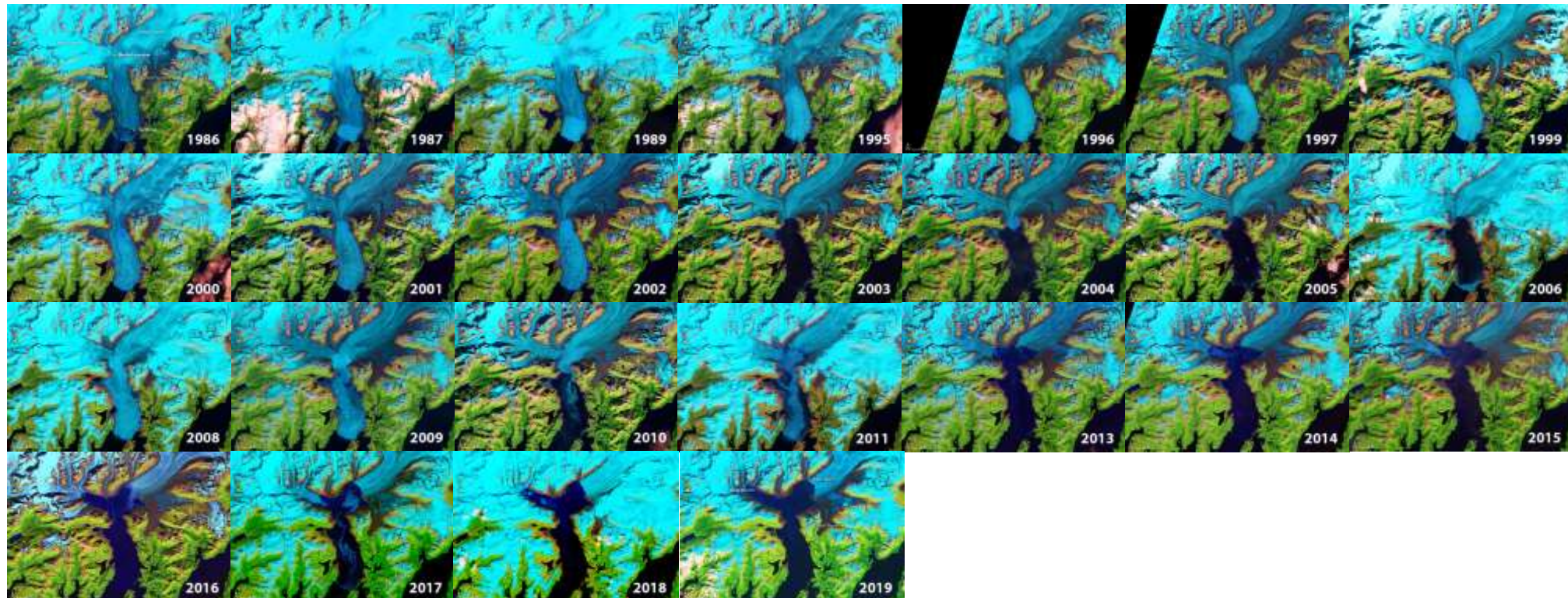
Acque interne (es. lago d'ARAL)



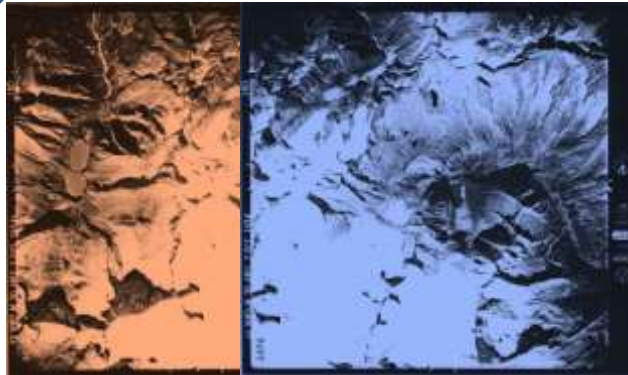
Immagini processate con GEE da Enrico Borgogno Mondino e Tommaso Orusa

Mappare la geometria dei cambiamenti: alcuni esempi

Ghiacci



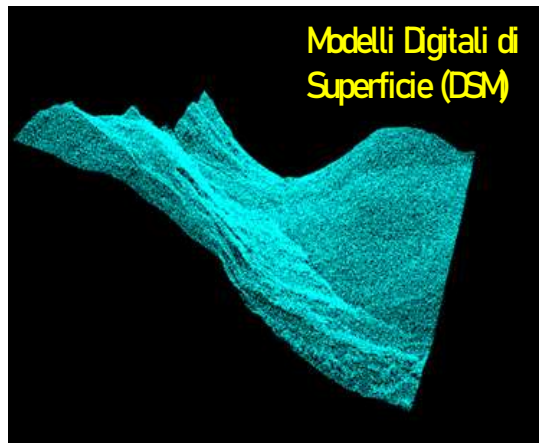
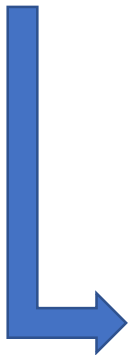
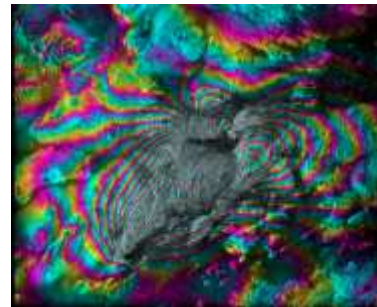
Immagini processate con GEE da Enrico Borgogno Mondino e Tommaso Orusa



Stereoscopia aerea/satellitare multitemporale
FOTOGRAMMETRIA

3D

Interferometria RADAR



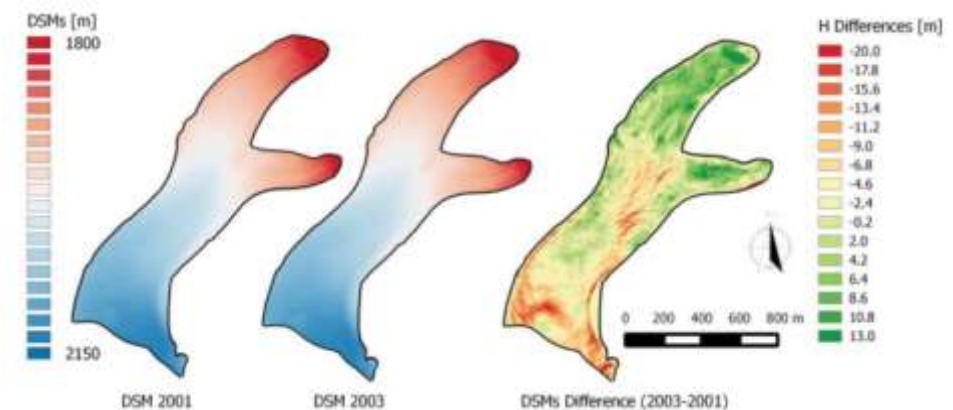
Modelli Digitali di
Superficie (DSM)



Se confronto nel
tempo DSM →
variazioni
volumetriche

Mappare la geometria dei
cambiamenti:
variazioni dimensionali
volumetriche (es. ghiacciai)

Ghiacciaio del Belvedere



MISURARE I CAMBIAMENTI (a terra) con IL TELERILEVAMENTO

Effetti IMPLICITI

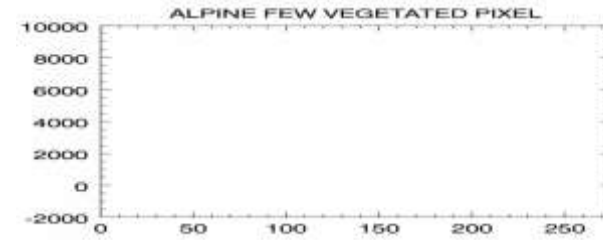
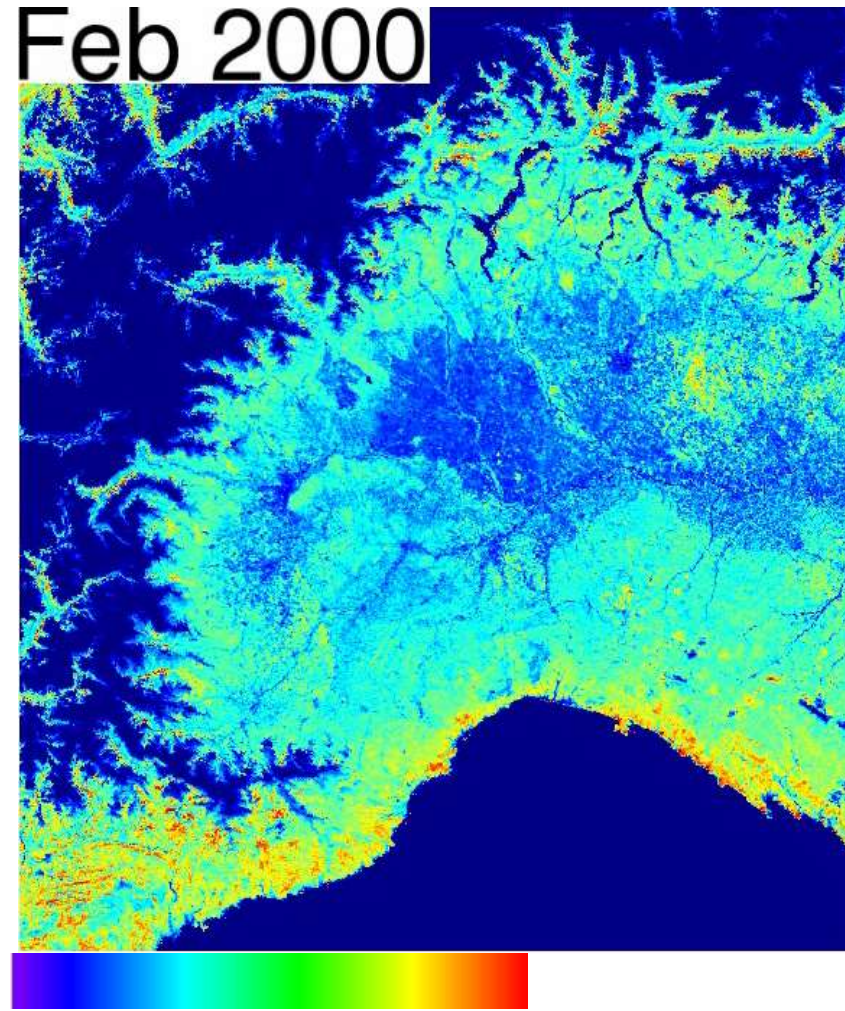
QUALI ?

- Alterazione dei cicli fenologici (vegetativi) dei sistemi vegetali **naturali**
- Condizionamento delle **pratiche agronomiche** finalizzata alla mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici → costi ambientali ed economici additivi (a volte sottrattivi)
- Costi assicurativi connessi alle mancate produzioni per eventi meteo calamitosi o variate condizioni climatiche (POLIZZE INDICIZZATE)

APPROCCIO OPERATIVO:

1. sintesi informativa del contenuto spettrale delle immagini attraverso l'utilizzo di INDICI (es. **NDM = Normalized Difference Vegetation Index**)
2. Strutturazione di serie multitemporali di mappe di INDICE
3. Ricostruzione dei profili temporali di INDICE (a base pixel) ed estrazione di metriche fenologiche annuali
4. Analisi pluriennale delle metriche fenologiche

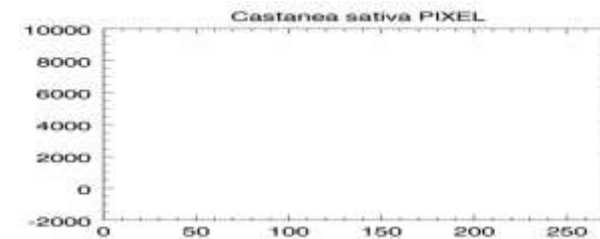
Successione temporale di mappe di NDM



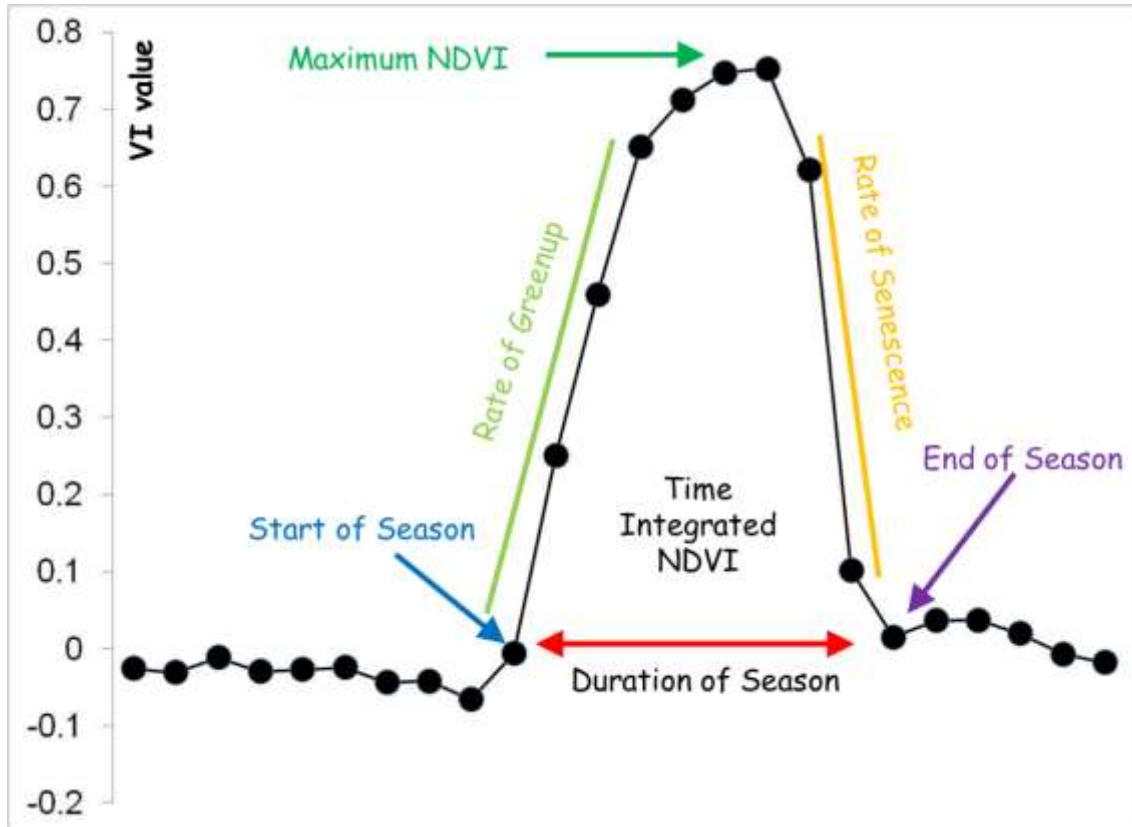
$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED}$$

Xaxis time (DOY)

Yaxis NDM(t)



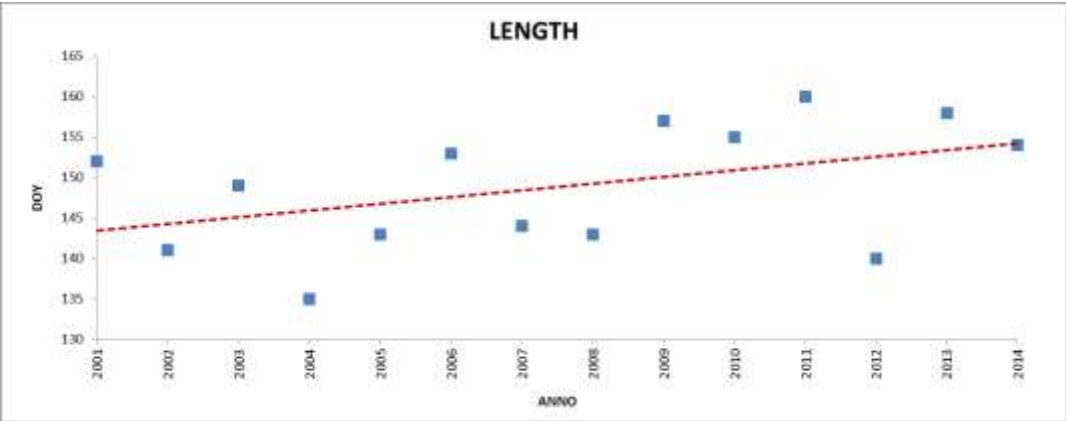
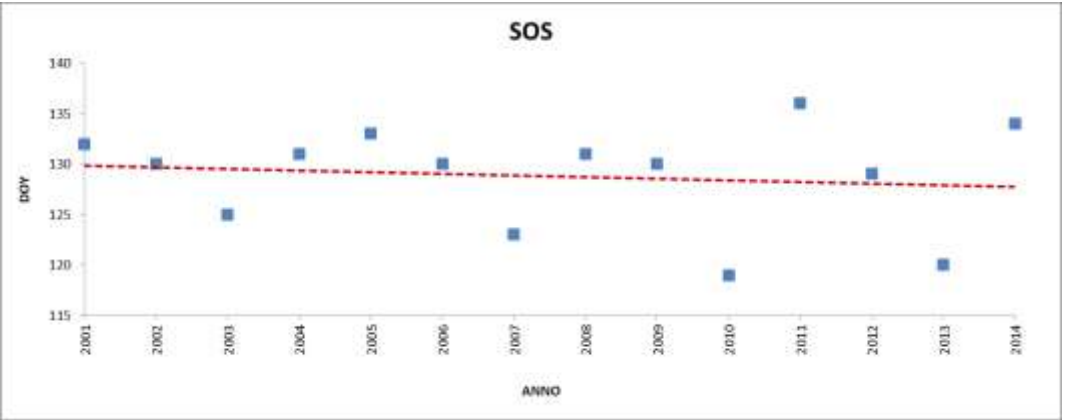
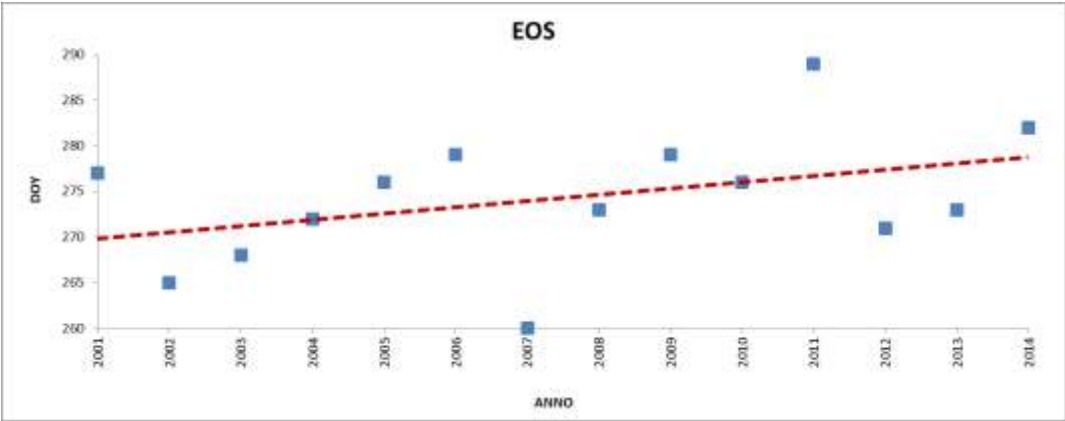
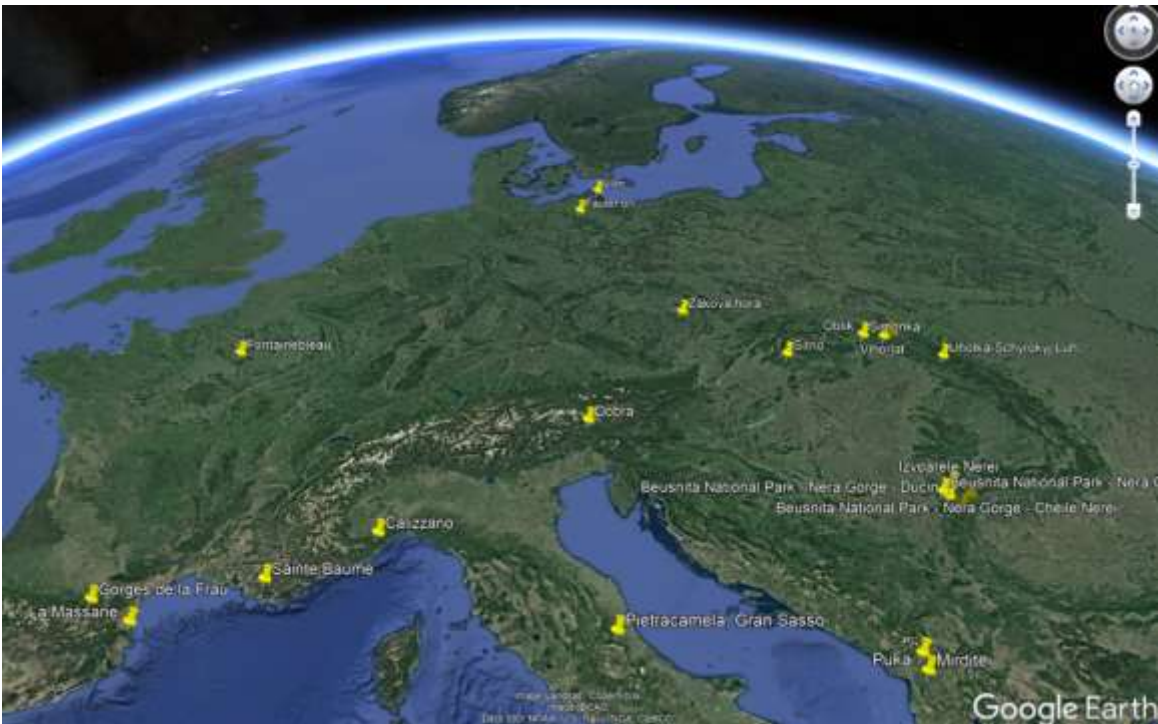
Metriche fenologiche (MF)



- **Data SOS/EOS**: giorno (DOY) di inizio/fine stagione (attività fotosintetica misurabile)
- **Durata della Stagione**: $LOS = EOS - SOS$
- **Data (DOY) dell'NDM massima**: momento del massimo vegetativo
- **NDM a inizio (SOS) e fine (EOS) stagione**: livello di attività fotosintetica a inizio e fine stagione.
- **NDM stagionale integrato**: attività vegetativa totale nel corso della stagione.
- **Grado di germogliamento e di senescenza**: rapidità di aumento e decrescita dell'attività fotosintetica.

Metriche fendologiche (MF) Comparto vegetale naturale

Analizzando i trend delle metriche fendologiche si intravedono gli effetti del cambiamento climatico (es. Foreste di faggio europee)



Metriche fenologiche (MF) Comparto vegetale gestito (agricolo)

Analizzando i trend delle metriche fenologiche non si riescono più a intravedere gli effetti del cambiamento climatico perchè spesso compensati da mutate condizioni di gestione agronomica



L'analisi multitemporale deve essere spostata sulle risorse impiegate (fabbisogni irrigui, aumento superfici coperte a rete, apporti di nutrienti, etc.) → **gli operatori di settore (agricoltori)** diventano un fattore chiave per tradurre monetariamente le variazioni osservate.

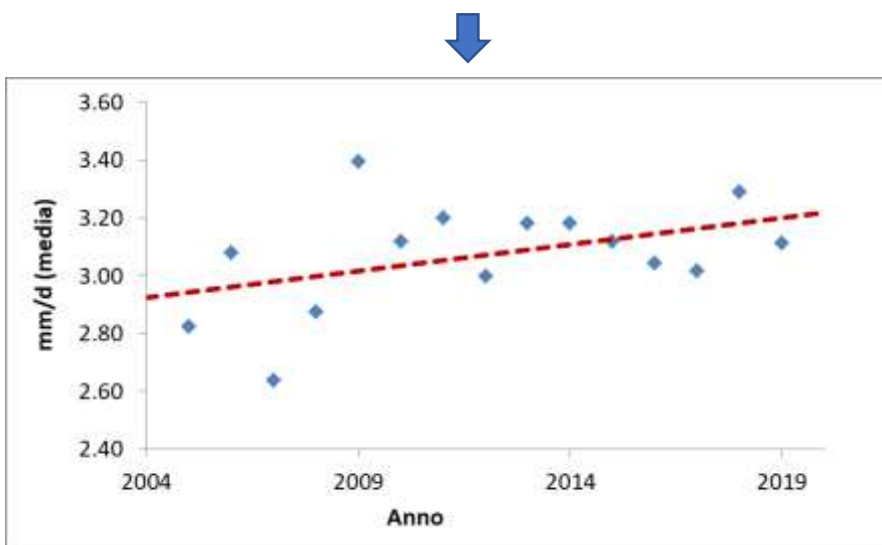
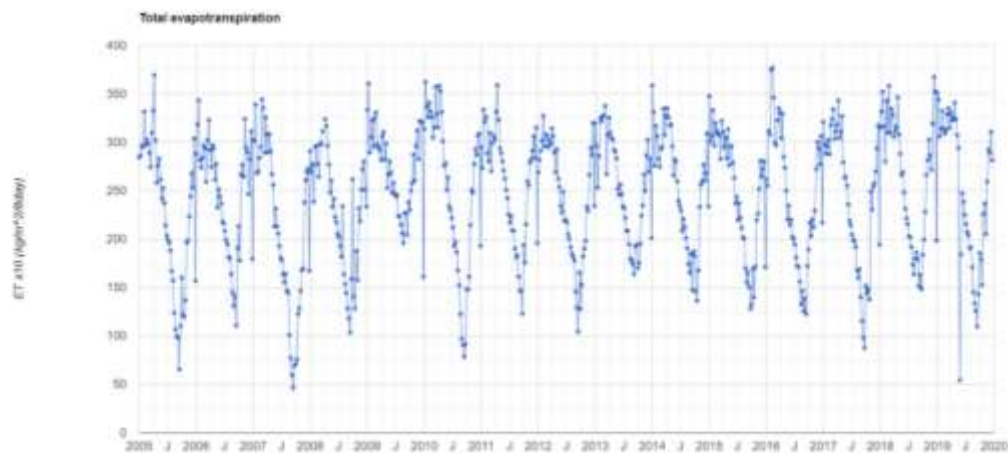
Un proxy intermedio deducibile da Telerilevamento, per quanto riguarda i fabbisogni irrigui, è rappresentato dalla misura/stima dell'evapotraspirazione delle colture → Esistono tecniche basate su dati telerilevati per ottenere stime a base spaziale dell'evapotraspirazione, nota che sia la natura della coltura presente.

ESISTONO GIÀ SERVIZI CHE FORNISCONO MAPPE di STIMA DI **ET** A BASE ANNUALE o a 8 gg → Prodotto MODIS - MOD16

MSURARE I CAMBIAMENTI con IL TELERILEVAMENTO

Effetti non direttamente misurabili (Evapotraspirazione)

Unito Green Office Cambiamenti climatici©
 Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it
 Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

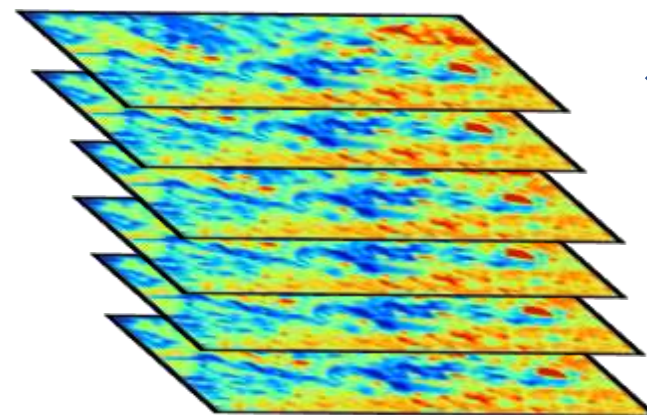


Sintesi a base annuale → trend?



tempo

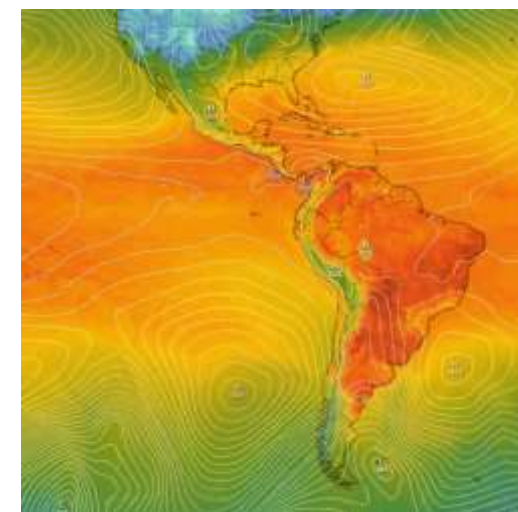
Mappe di ET da MOD16



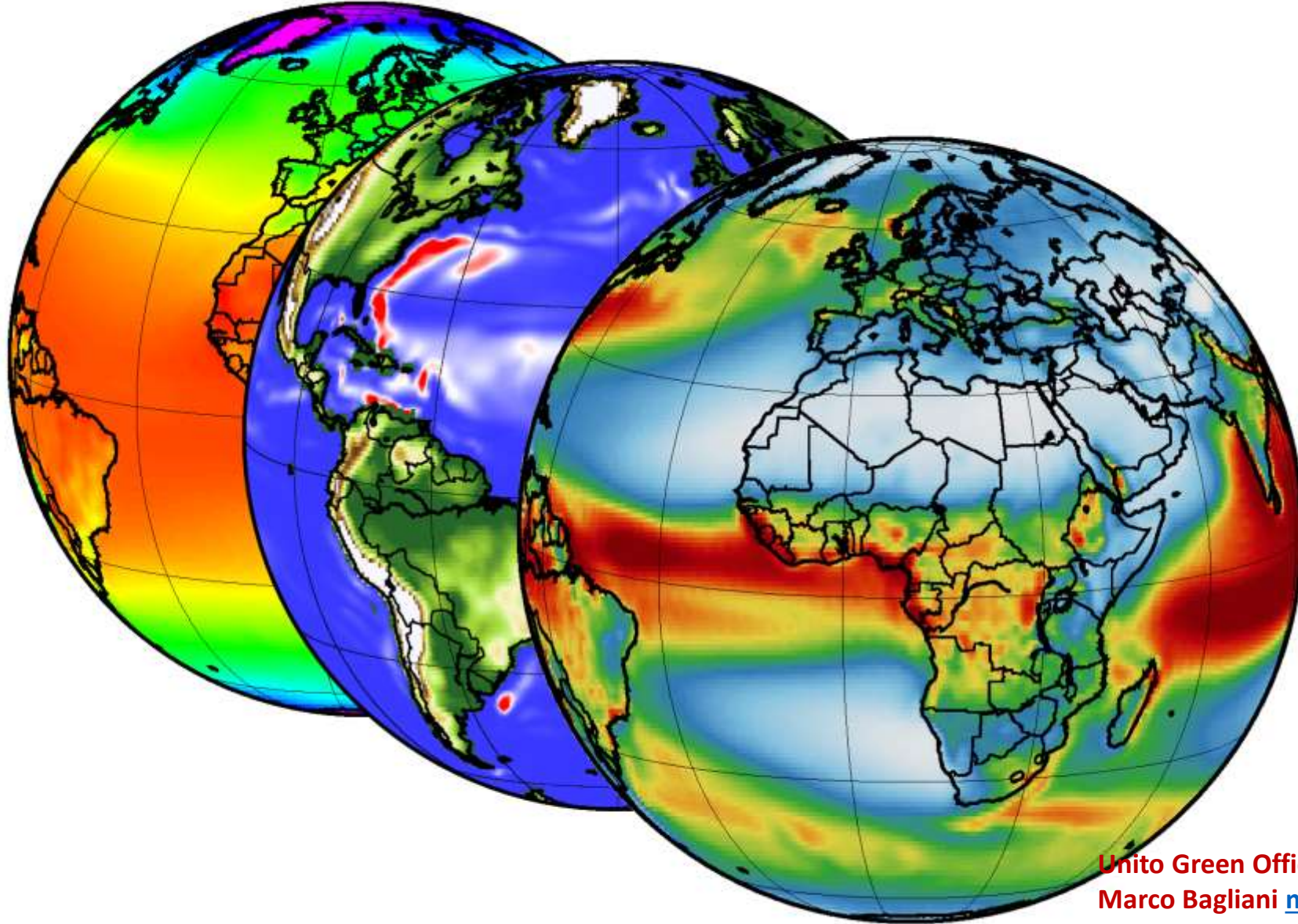
$$\lambda ET' = \frac{\Delta(R_n - G) + \rho_a \cdot c_p \cdot \frac{(z_a - z_0)}{\tau_a}}{\Delta + \gamma(1 + \frac{z_a}{z_0})}$$

+

Dati meteo



Il clima si studia anche con i modelli



Unito Green Office Cambiamenti climatici©
Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

Cosa sono i modelli climatici?

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

I modelli climatici sono una rappresentazione matematica dei **processi climatici**, allo scopo di **comprenderli** e simulare (**predire**) gli effetti di perturbazioni sul sistema, delle interazioni tra le varie componenti, etc.

Questo riguarda **stime più semplici** («come varierebbe la temperatura del pianeta se raddoppiassi la concentrazione di anidride carbonica?») alle **proiezioni del clima futuro** (in base agli scenari di emissione e uso del suolo)

Cosa sono i modelli climatici?

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

Una rappresentazione matematica del sistema
climatico in cui:

- **Alcune parti sono** descritte e da leggi note, basate sui principi primi della fisica, dinamica, termodinamica, chimica, biologia, etc., e quindi **descrivibili con equazioni note**
- **Altre parti** sono descritte a mezzo di leggi empiriche

Equazioni e grigliato

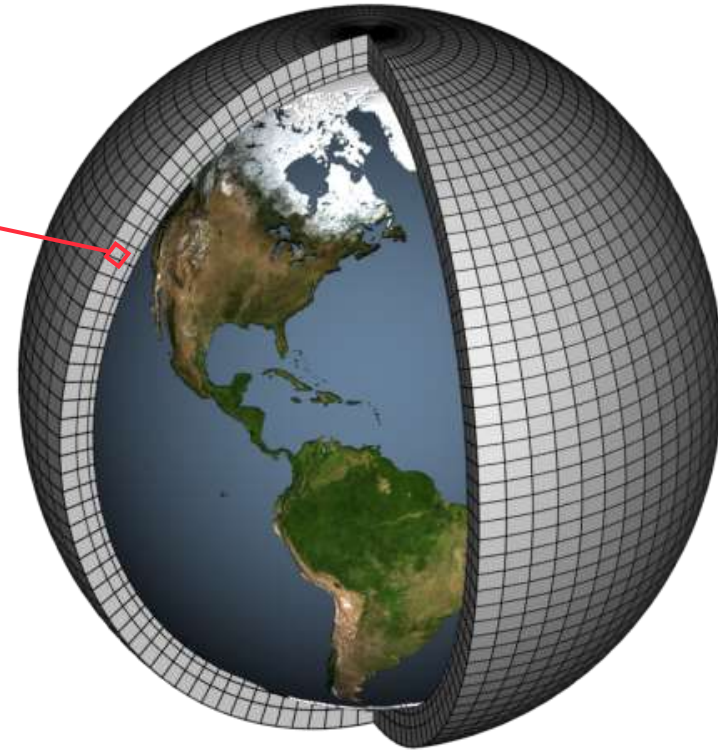
Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

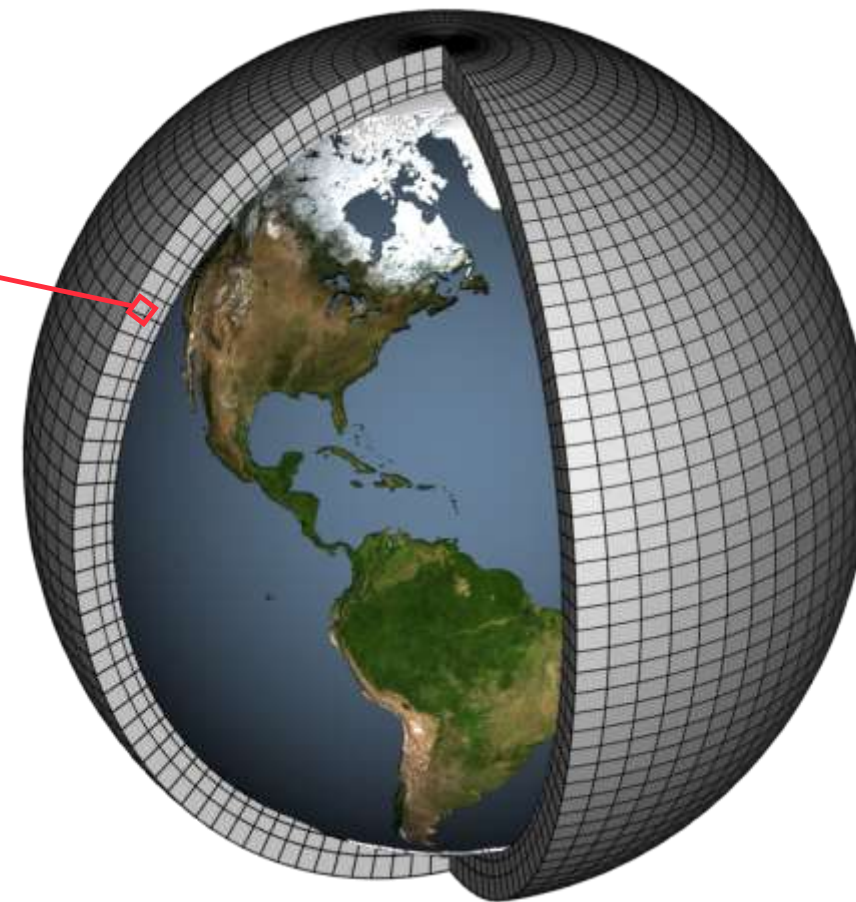
Per ogni box vengono risolte le equazioni matematiche che rappresentano la fisica e i processi in gioco

$$\begin{aligned}\frac{\partial u}{\partial t} &= \eta v - \frac{\partial \Phi}{\partial x} - c_p \theta \frac{\partial \pi}{\partial x} - z \frac{\partial u}{\partial \sigma} - \frac{\partial \left(\frac{u^2 + v^2}{2} \right)}{\partial x} \\ \frac{\partial v}{\partial t} &= -\eta \frac{u}{v} - \frac{\partial \Phi}{\partial y} - c_p \theta \frac{\partial \pi}{\partial y} - z \frac{\partial v}{\partial \sigma} - \frac{\partial \left(\frac{u^2 + v^2}{2} \right)}{\partial y} \\ \frac{\delta T}{\delta t} &= \frac{\partial T}{\partial t} + u \frac{\partial T}{\partial x} + v \frac{\partial T}{\partial y} + w \frac{\partial T}{\partial z} \\ \frac{\delta W}{\delta t} &= u \frac{\partial W}{\partial x} + v \frac{\partial W}{\partial y} + w \frac{\partial W}{\partial z} \\ \frac{\partial}{\partial t} \frac{\partial p}{\partial \sigma} &= u \frac{\partial}{\partial x} x \frac{\partial p}{\partial \sigma} + v \frac{\partial}{\partial y} y \frac{\partial p}{\partial \sigma} + w \frac{\partial}{\partial z} z \frac{\partial p}{\partial \sigma}\end{aligned}$$

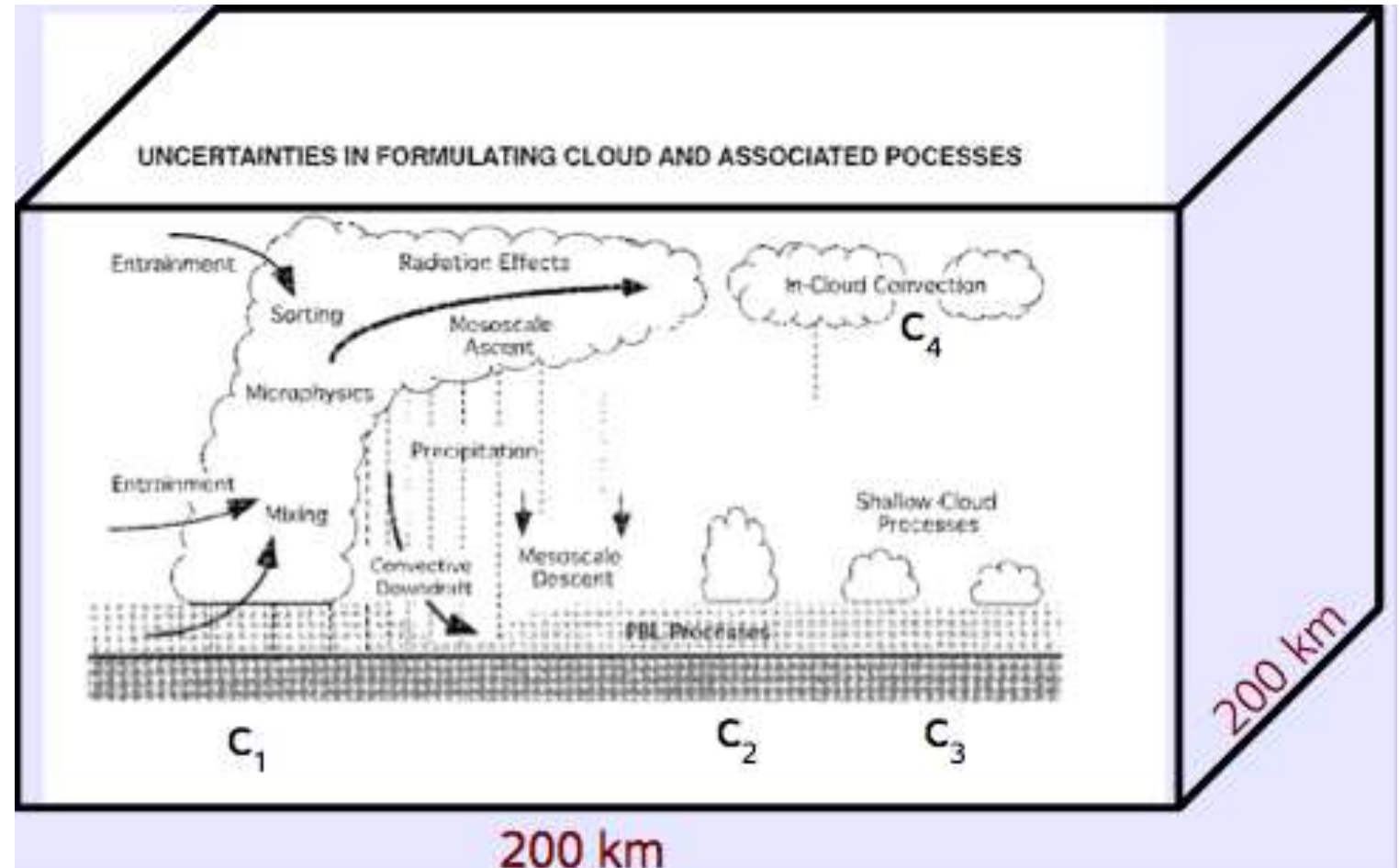
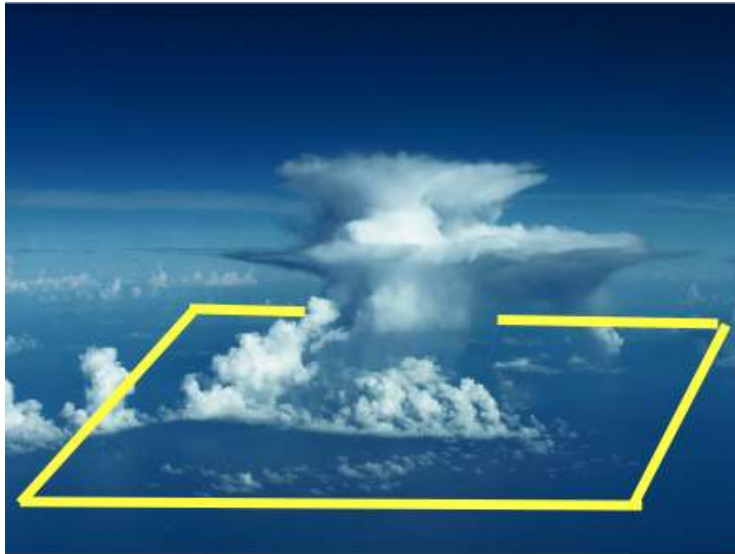


Le equazioni vengono convertite in codice numerico

```
if (diagts .and. eots) then
  do 1500 m=1,nt
    do 1490 k=1,km
      fx = cst(j)*dyt(j)*dzt(k)/(c2dttts*dtxccl(k))
      do 1480 i=2,intml
        boxfx          = fx*dxt(i)*fm(i,k,jc)
        sddt           = (ta(i,k,m)-t(i,k,jc,nm,m))*boxfx
        svar           = (ta(i,k,m)**2-t(i,k,jc,nm,m)**2)
                      *boxfx
        n              = 0
        termbt(k,1,m,n) = termbt(k,1,m,n) + sddt
        tvar(k,m,n)     = tvar(k,m,n)      + svar
        n              = nhreg*(mskvr(k)-1) + mskhr(i,j)
        if (n .gt. 0 .and. mskhr(i,j) .gt. 0) then
          termbt(k,1,m,n) = termbt(k,1,m,n) + sddt
          tvar(k,m,n)     = tvar(k,m,n)      + svar
```

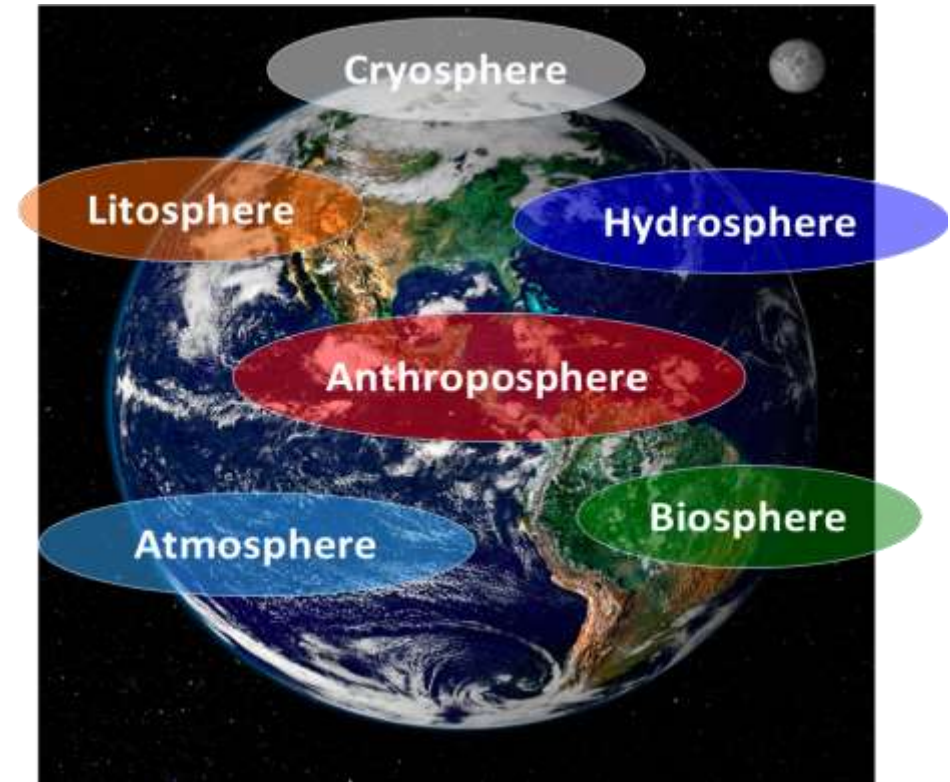
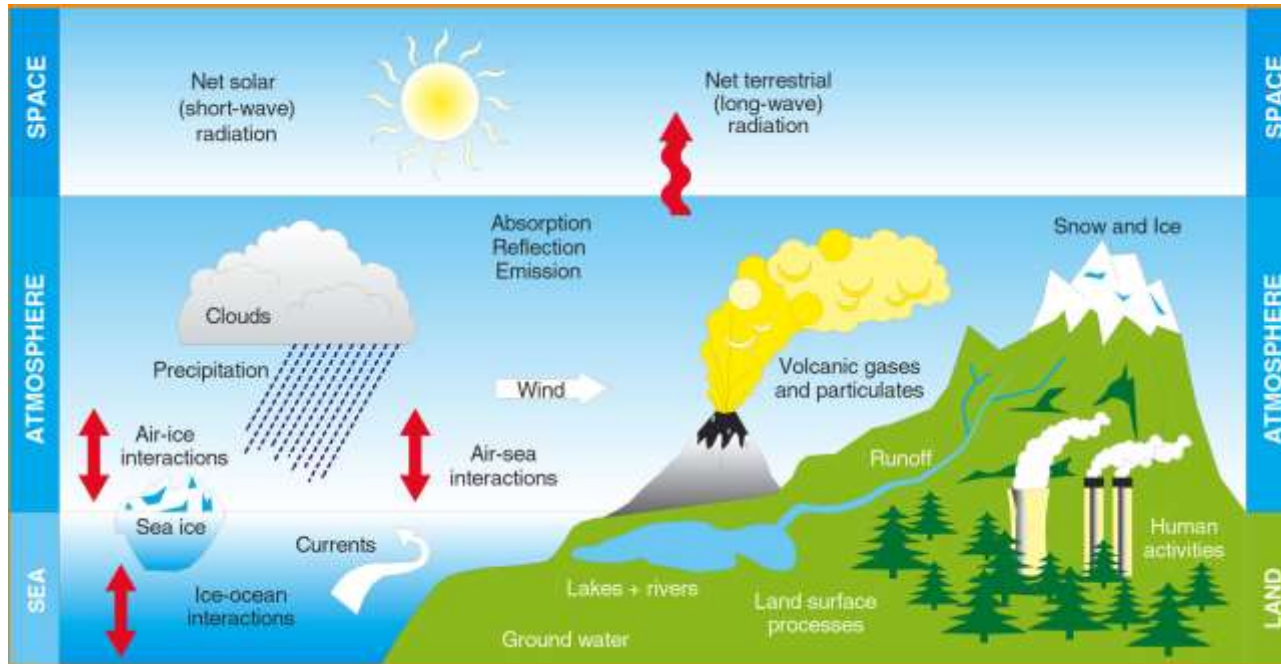


Per descrivere i processi «sotto-griglia»



La complessità richiede semplificazione

Il sistema climatico è un sistema dinamico e **complesso**, le cui tante **componenti** interagiscono tra loro in modo non-lineare

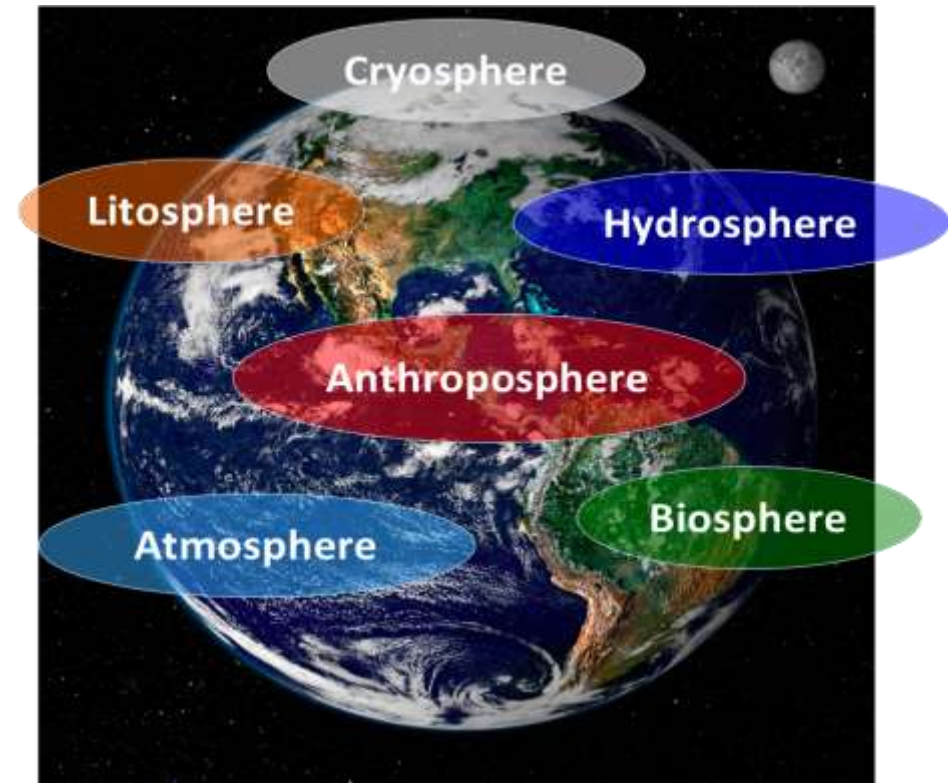


Il sistema climatico è generalmente trattato/simulato come un insieme di “blocchi”. Un modello è quindi un insieme di tanti modelli, uno per ogni componente. Le component vengono poi accoppiate per ricostruire l'insieme.

La complessità richiede semplificazione

I modelli si distinguono
a seconda di quante
componenti ci sono e
del grado di dettaglio
nella descrizione dei
vari processi, così da
formare una

gerarchia dei modelli



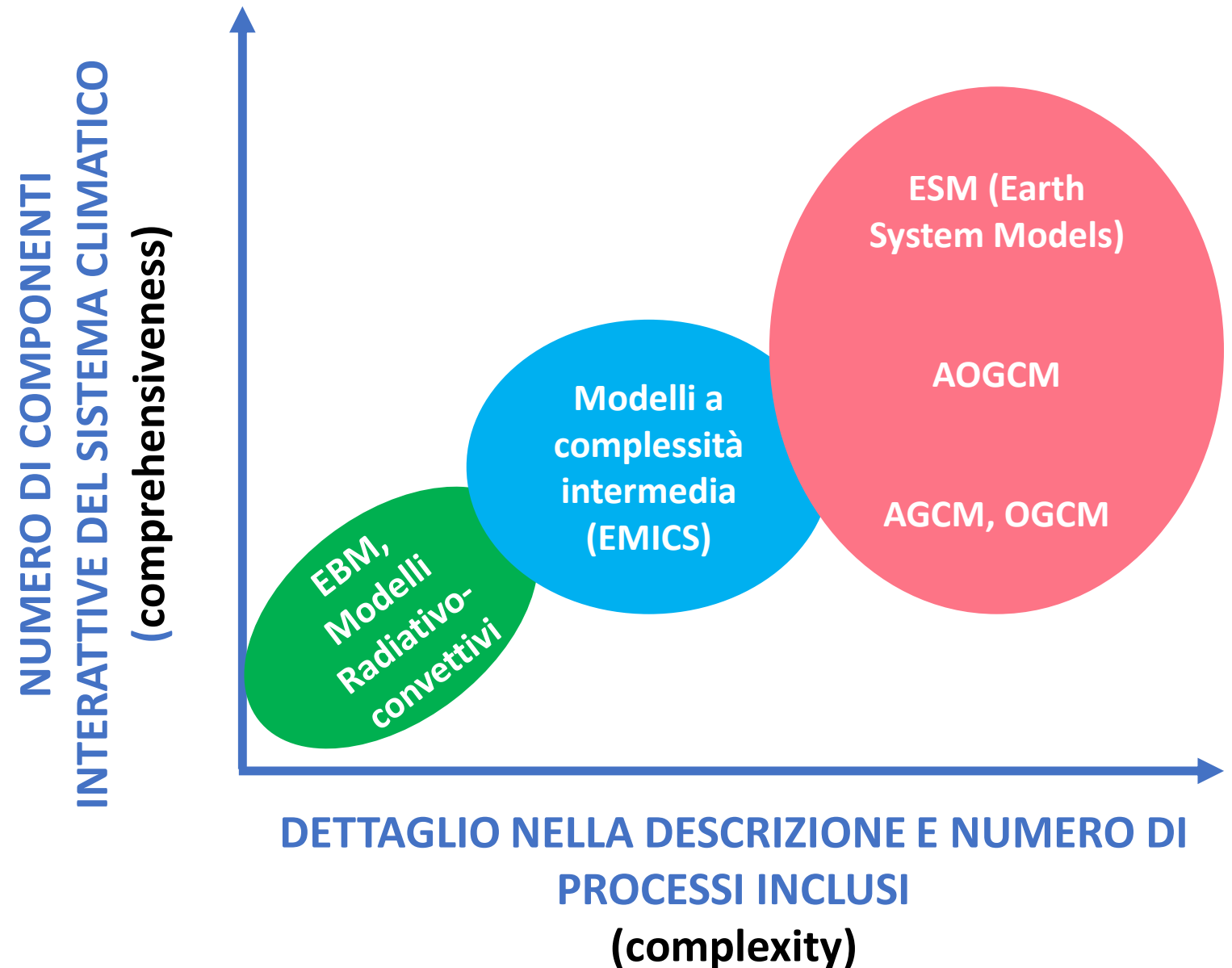
Il sistema climatico è generalmente
trattato/simulato come un insieme di
“blocchi”. Un modello è quindi un insieme di
tanti modelli, uno per ogni componente. Le
componenti vengono poi accoppiate per
ricostruire l'insieme.

Gerarchia dei modelli

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

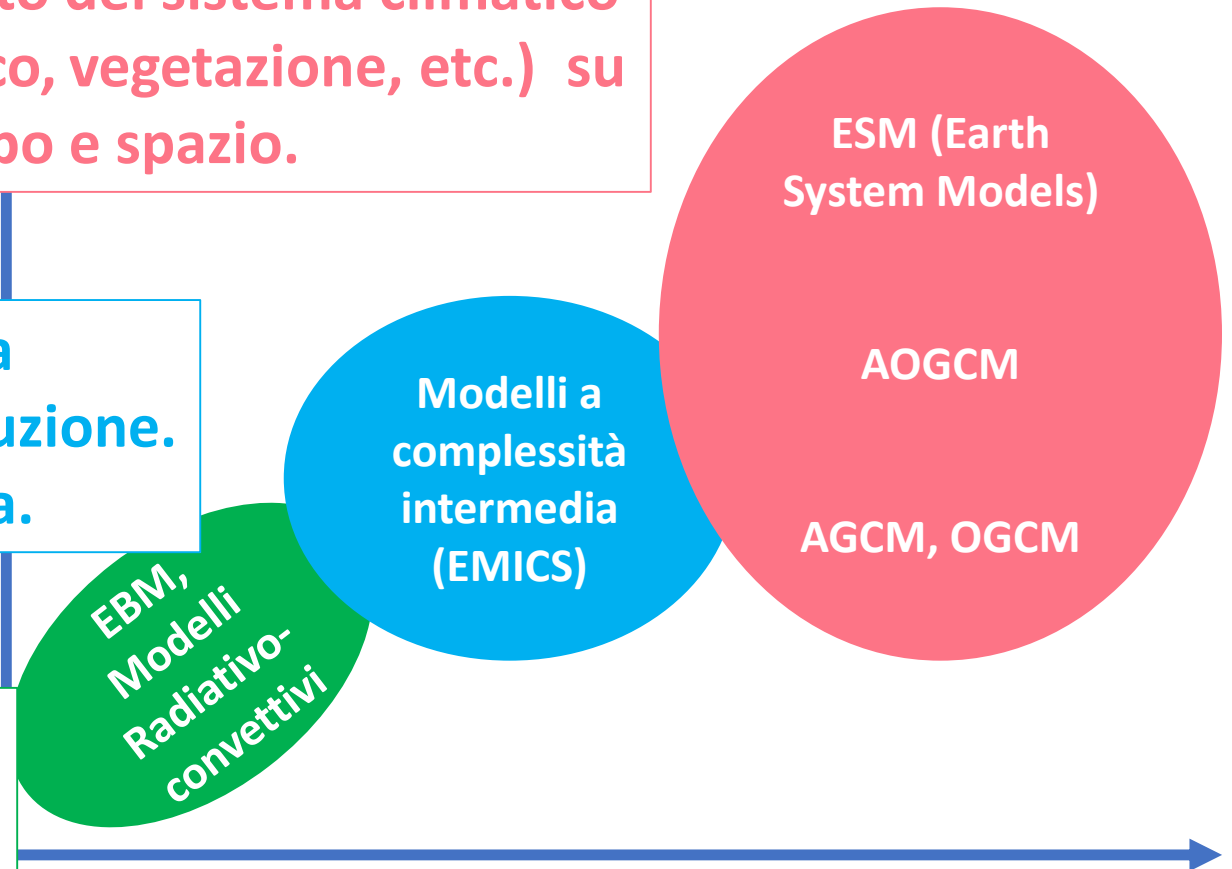


Ogni modello ha il suo uso e la sua utilità

Forniscono l'evoluzione temporale dello stato del sistema climatico (atmosfera, oceano, criosfera, ciclo idrologico, vegetazione, etc.) su una moltitudine di scale di tempo e spazio.

Includono molti processi, ma in forma semplificata e parametrizzata, a bassa risoluzione. Sono usati per lo studio del paleoclima.

Descrivono l'evoluzione nel tempo della Temperatura superficiale (media globale o per fasce di latitudine), in seguito a variazioni nel bilancio radiativo globale.



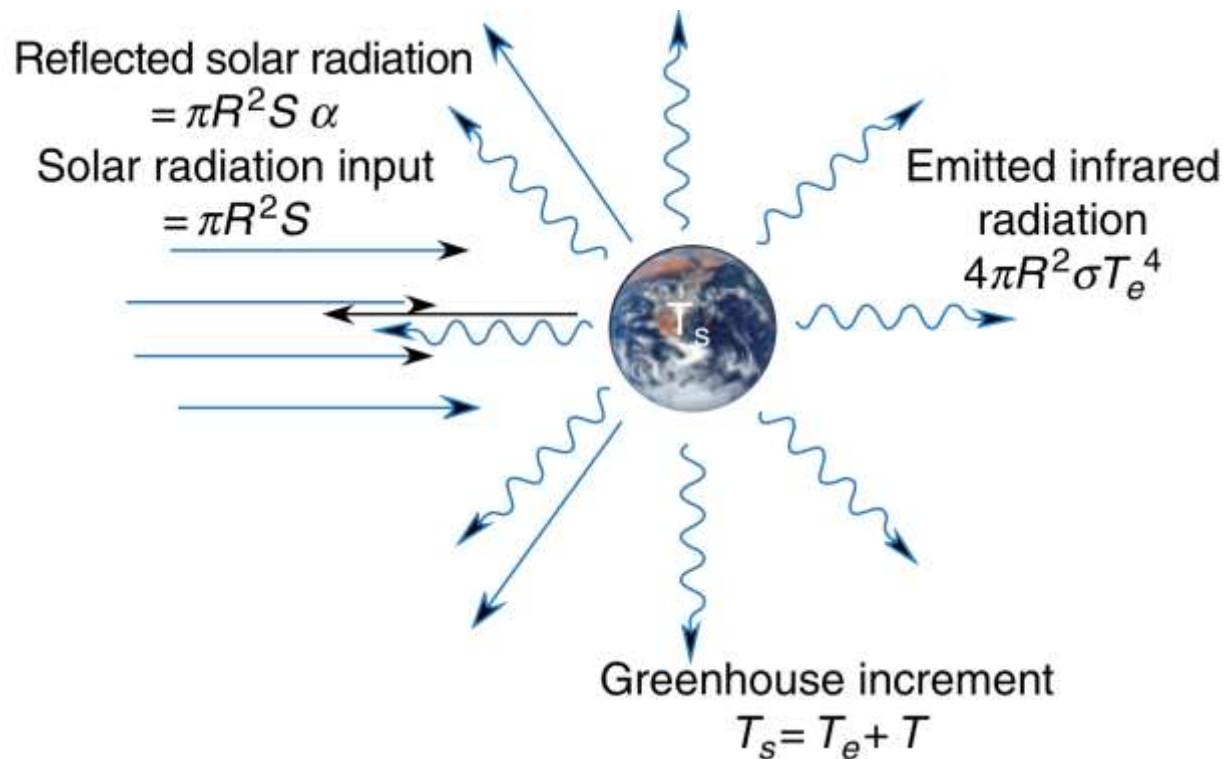
Modelli a bilancio di energia

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

La terra è un punto nello spazio, senza dimensioni. La temperatura superficiale di questo punto è T_s , ma la temperatura che “vedo” dallo spazio è T_e



$$\sigma T_e^4 = \frac{(1 - \alpha) S}{4}$$

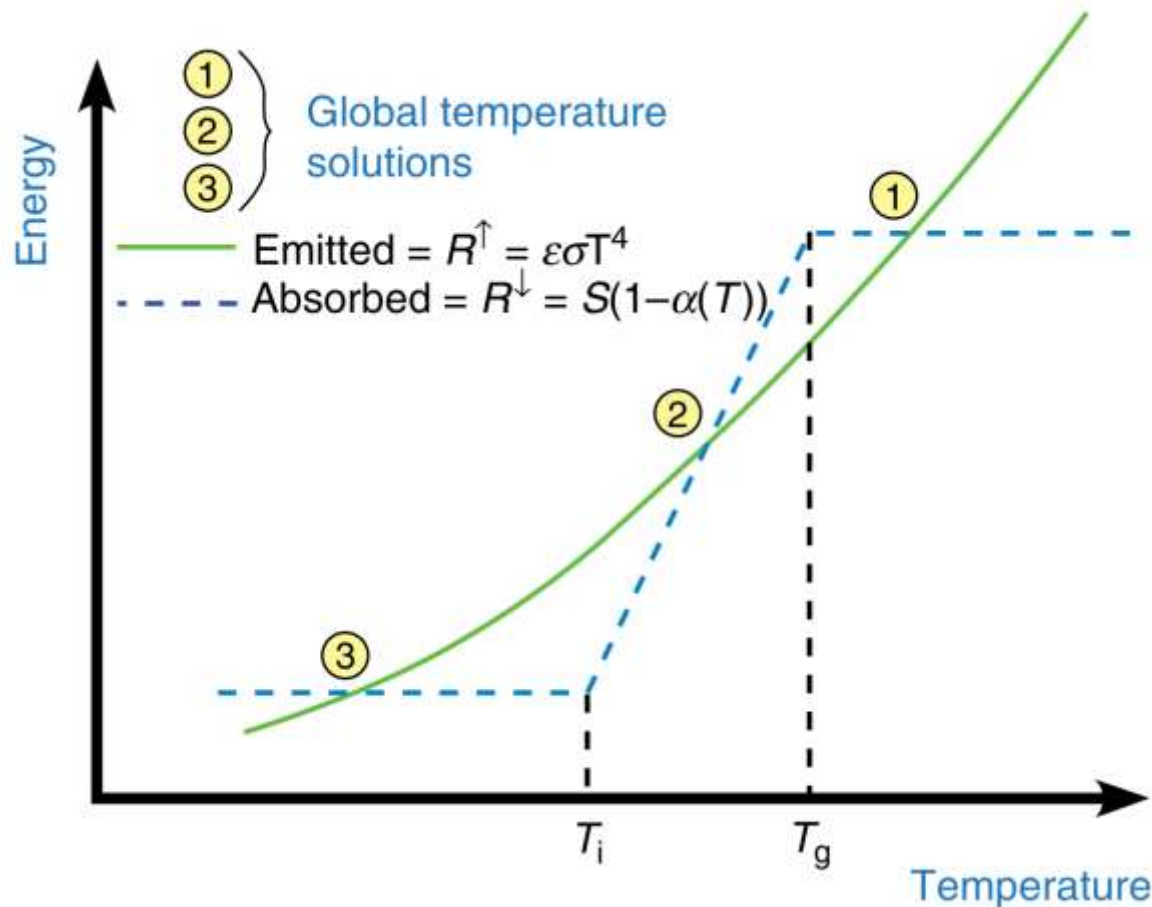
$T_s = T_e + \Delta T$

Temperatura superficiale

Temperatura strato emissione

Effetto serra

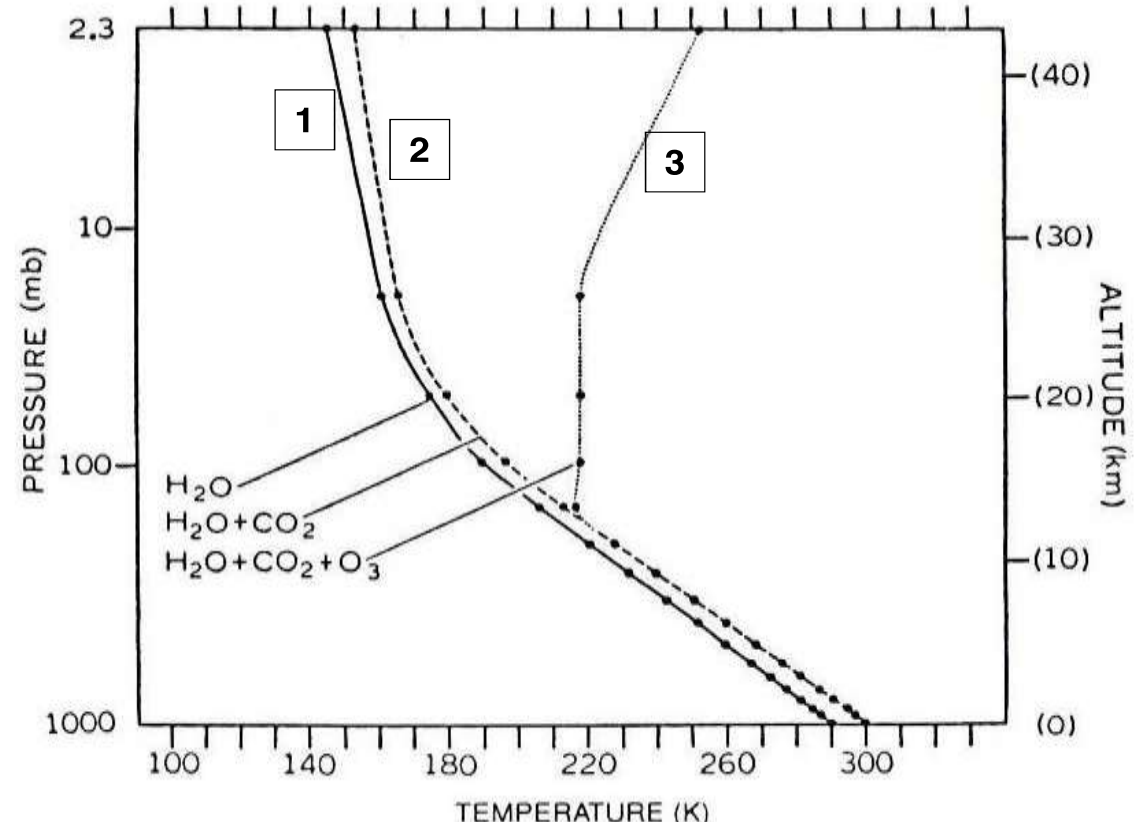
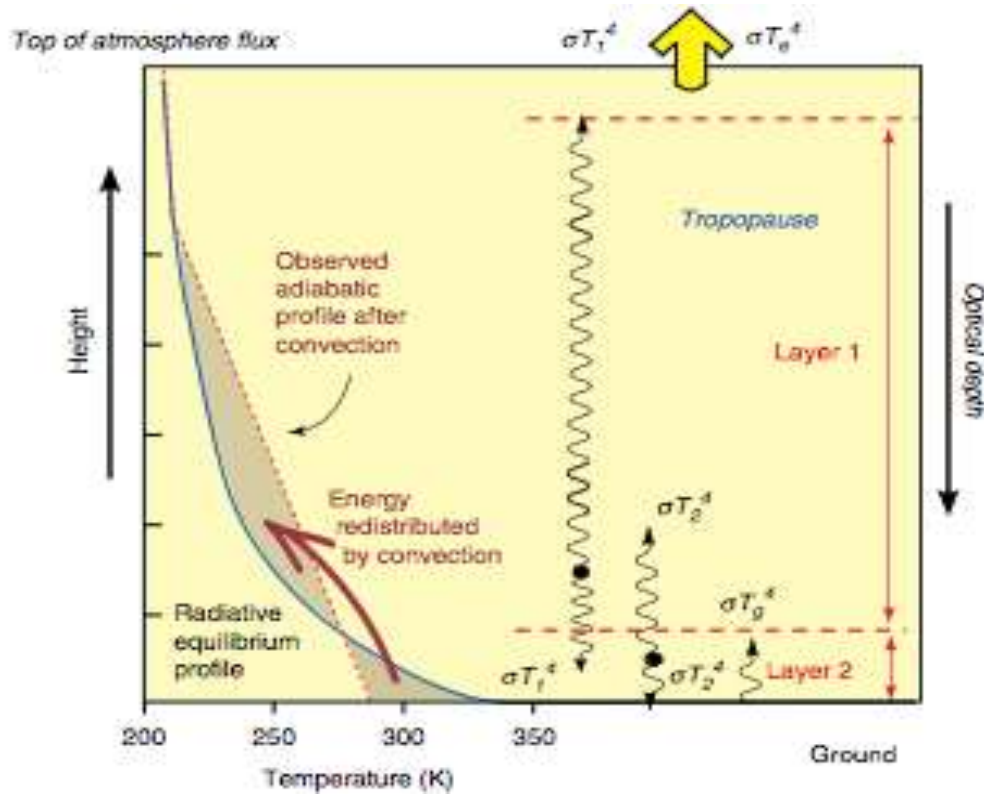
Modelli a bilancio di energia e una applicazione



Il **bilancio energetico del sistema climatico**, tra la radiazione entrante (dominata dalle onde corte) e la radiazione uscente (dominata dalle onde lunghe), è **compatibile con l'esistenza di equilibri multipli della temperatura superficiale** → **alternanza tra periodo glaciali e interglaciali**)

La dimensione verticale (modelli radiativo-convettivi)

Unito Green Office Cambiamenti climatici@
Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it
Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it



Analisi degli **effetti radiativi** prodotti dalla presenza di gas assorbitori in atmosfera, di aerosol (stratosferici e troposferici), nubi, e gli effetti dell'albedo
Calcolo della **Temperatura all'equilibrio** (radiativo-convettivo) per la colonna di aria e la superficie

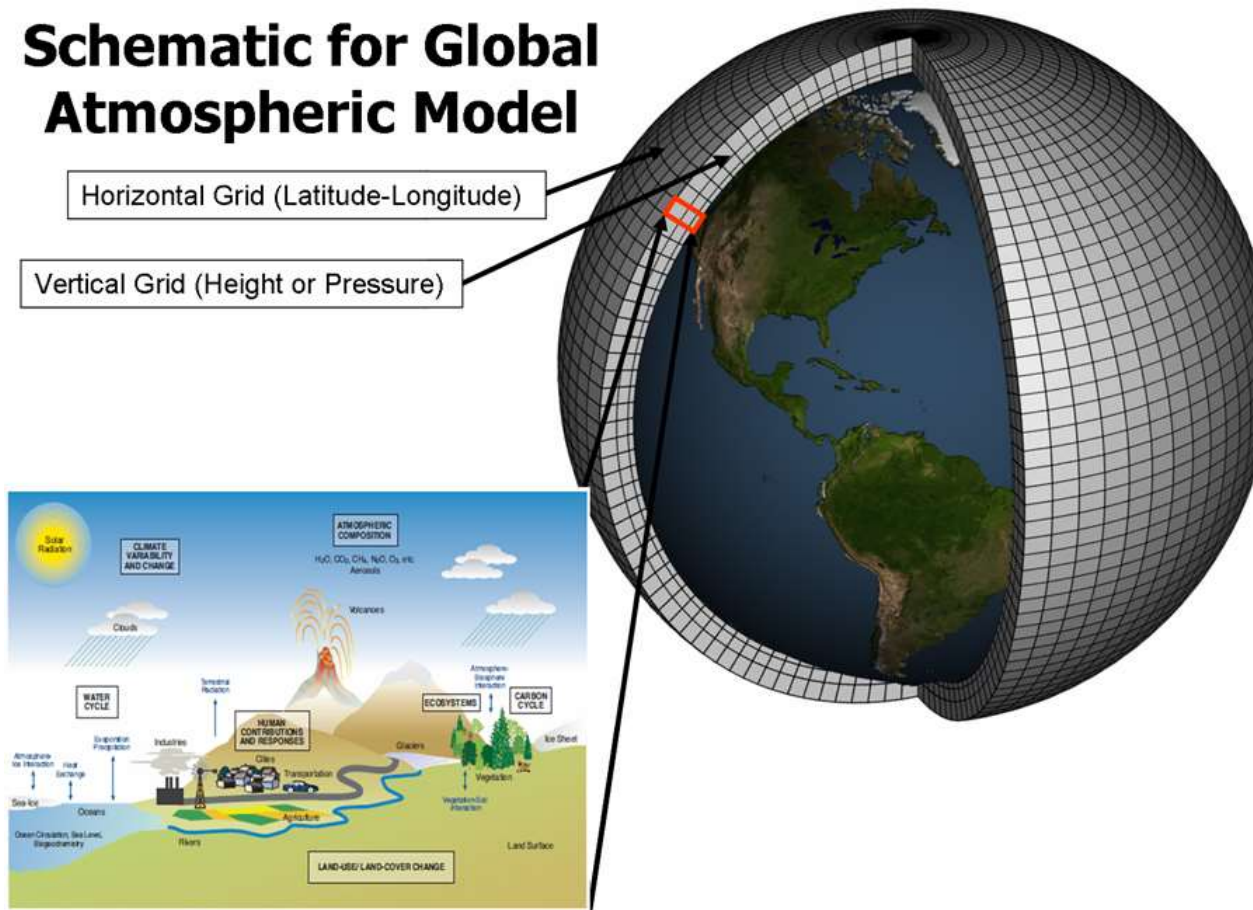
Modelli globali di clima

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

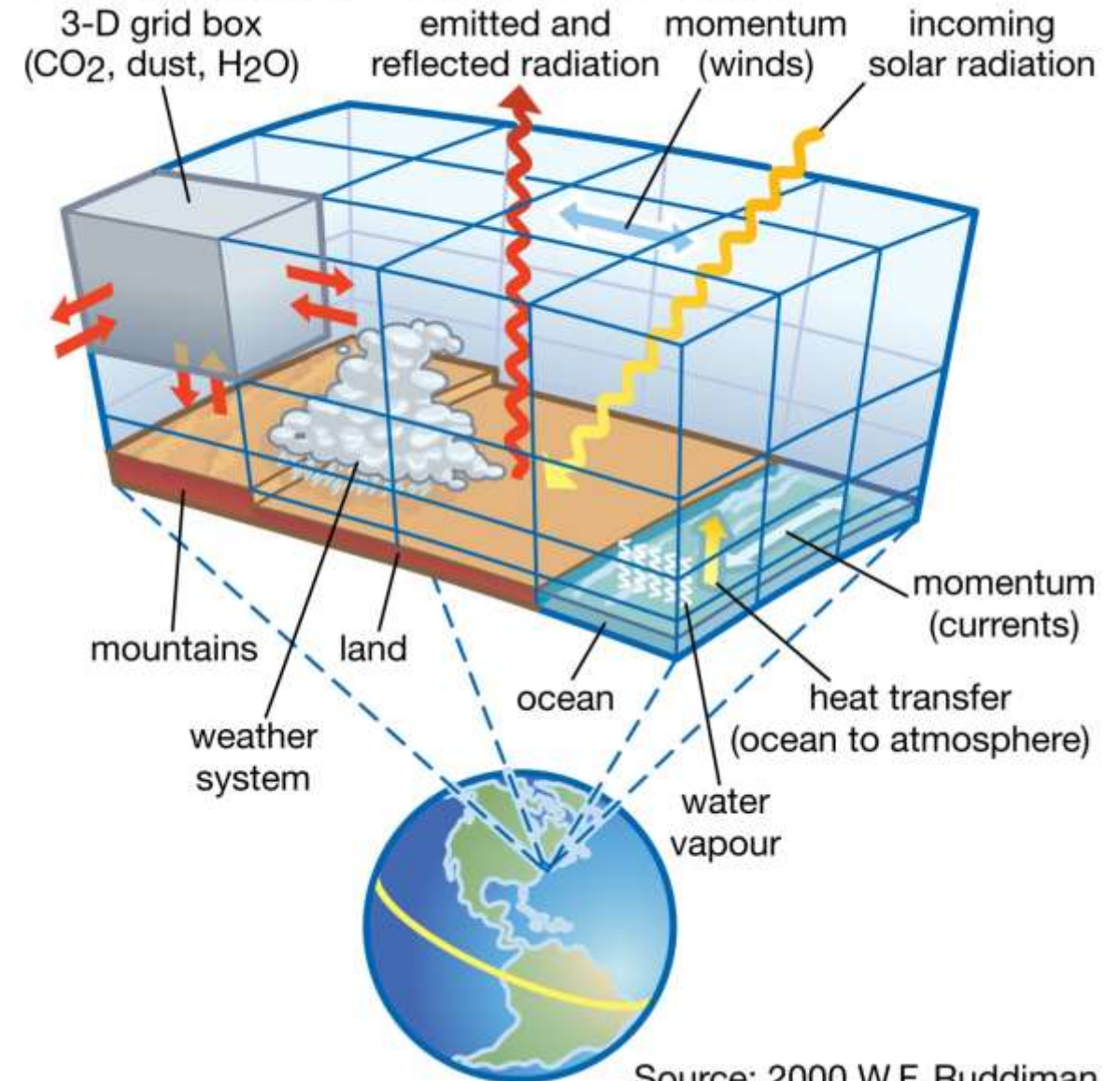
Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

Schematic for Global Atmospheric Model



Source: [NOAA GFDL](https://www.noaa.gov/gfdl)

Concept diagram of climate modeling



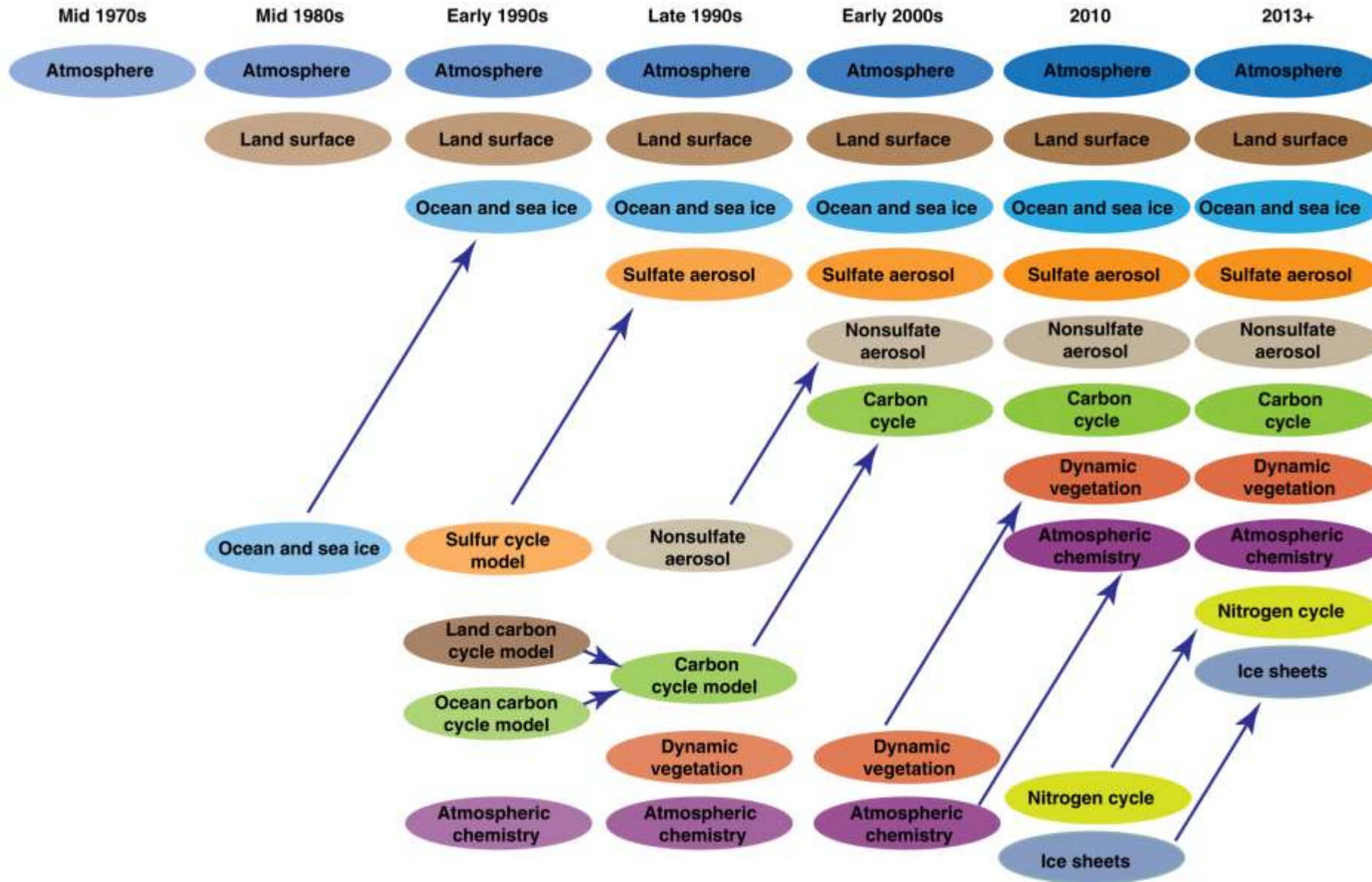
Source: 2000 W.F. Ruddiman

Evoluzione dei modelli globali

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

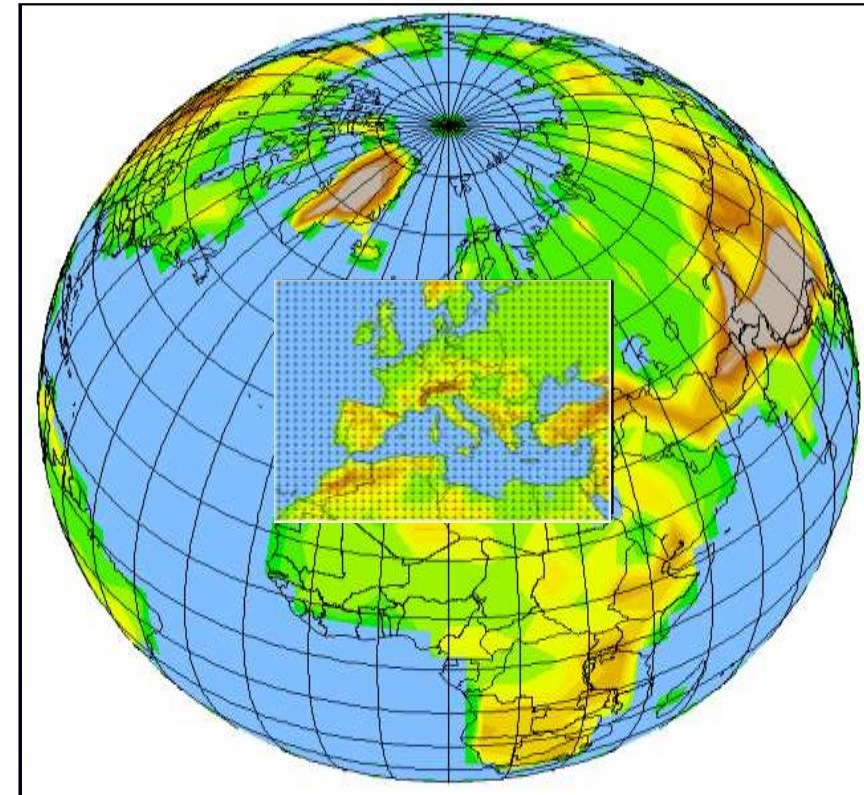
Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it



Evoluzione della risoluzione nei modelli globali di clima

Dai modelli climatici globali ai modelli regionali

→ **DOWNSCALING DINAMICO**



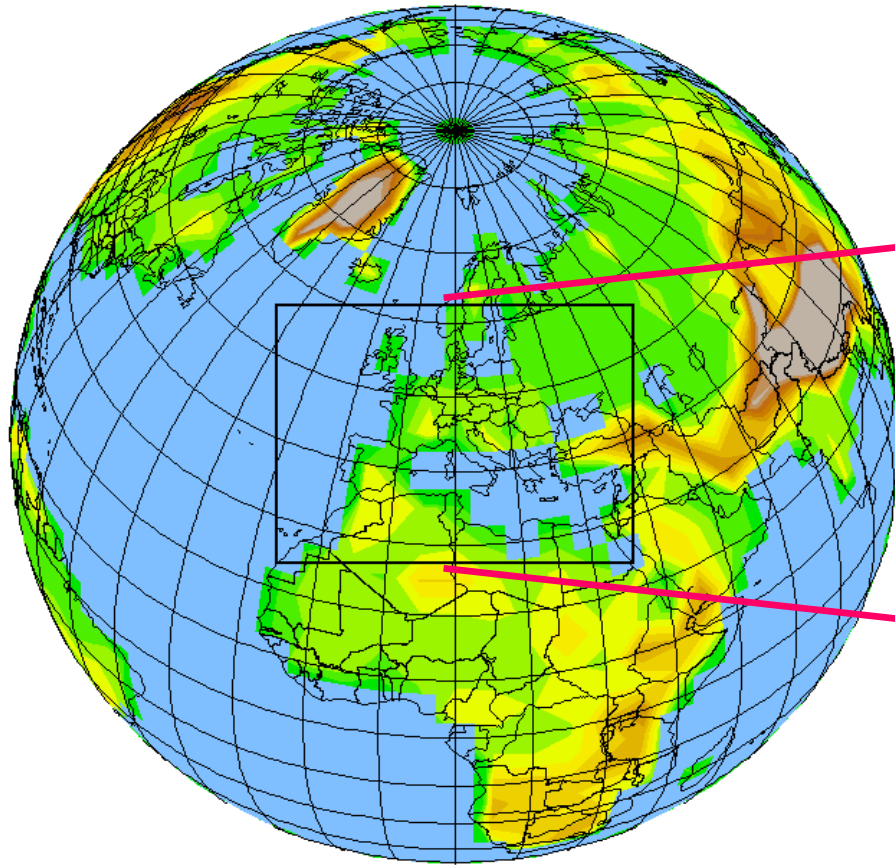
Catena di downscaling

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

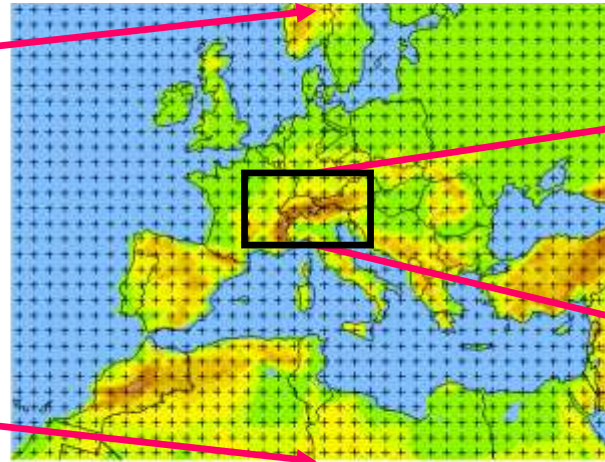
Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

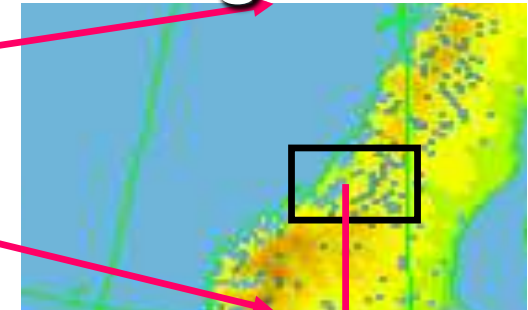
Global



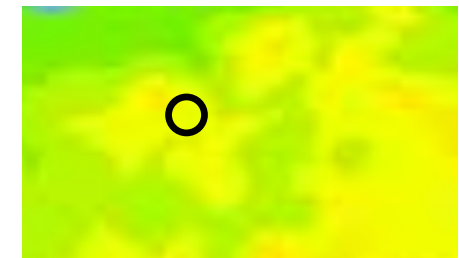
Continental



Regional



Local

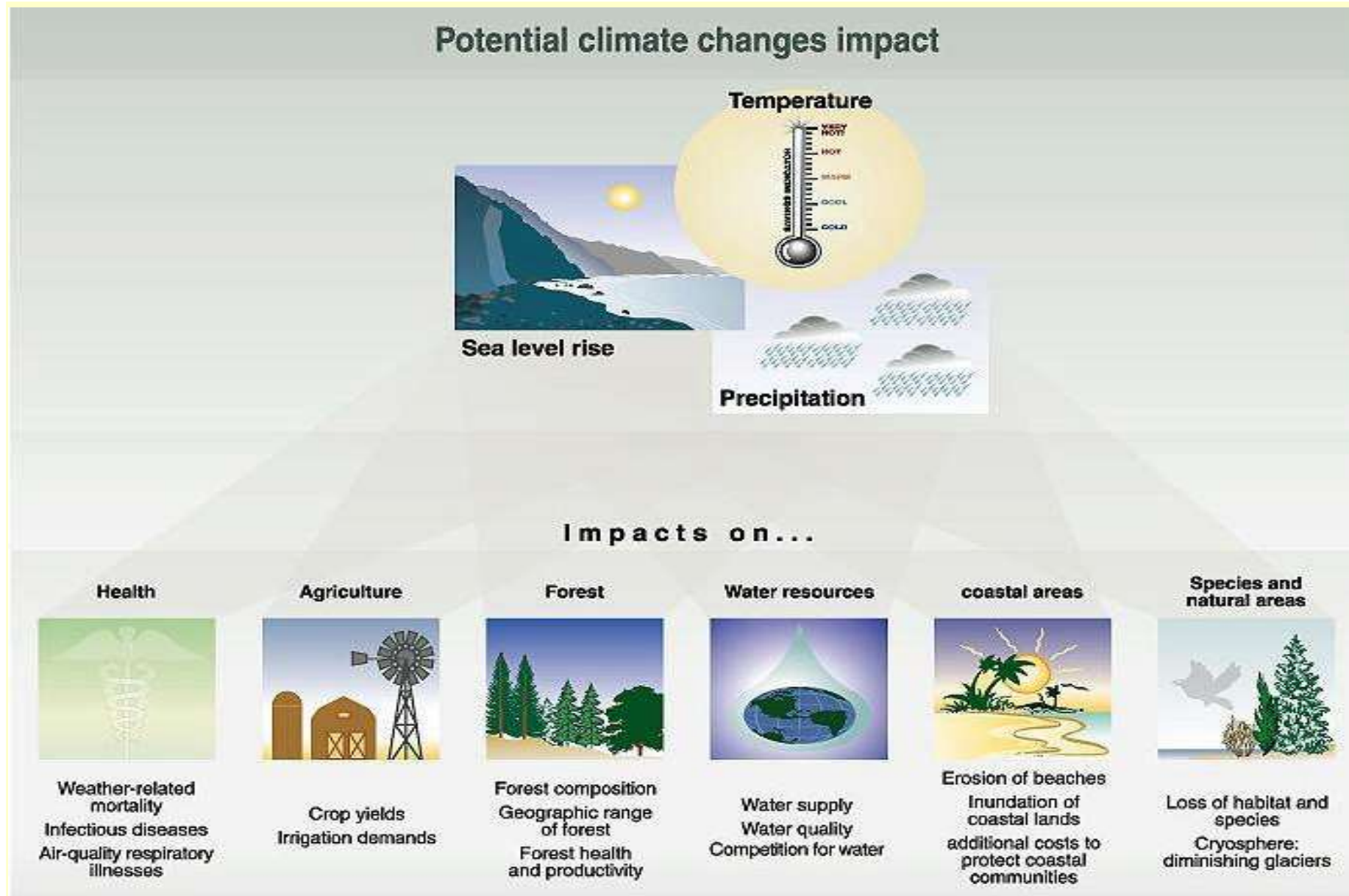


Catena di downscaling

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

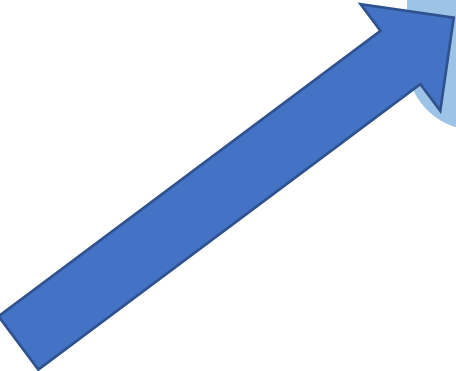


A cosa servono i modelli climatici?

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it



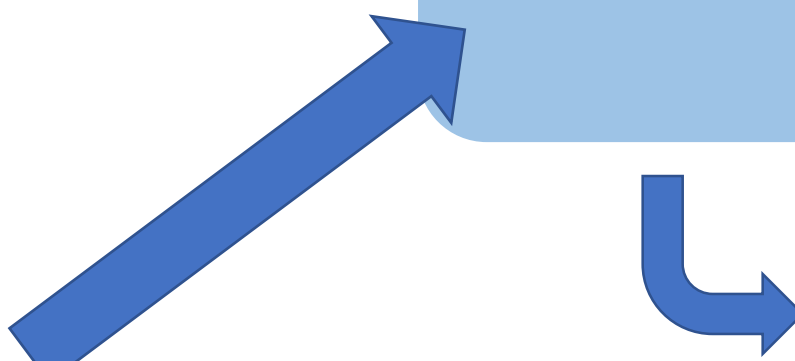
Comprendere i meccanismi in atto nel sistema climatico, come se fossimo in un laboratorio e avessimo a disposizione tante Terre di riserva

A cosa servono i modelli climatici?

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it



Comprendere i meccanismi in atto nel sistema climatico, come se fossimo in un laboratorio e avessimo a disposizione tante Terre di riserva

Ad esempio: fare esercizi di attribuzione = capire le cause di quanto osserviamo

A cosa servono i modelli climatici?

Comprendere i meccanismi in atto nel sistema climatico, come se fossimo in un laboratorio e avessimo a disposizione tante Terre di riserva

Ad esempio: fare esercizi di attribuzione =
capire le cause di quanto osserviamo

Fare proiezioni del clima futuro

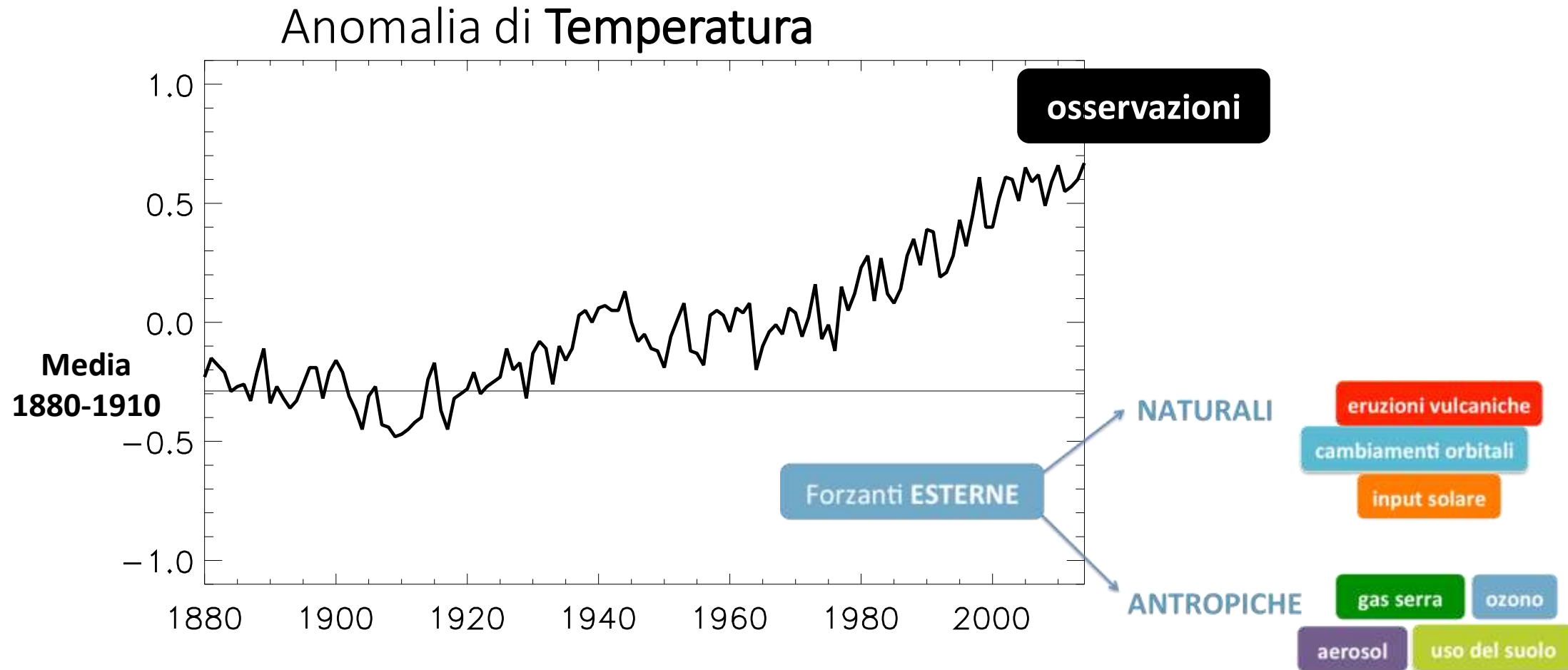
Attribuzione

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

Cause del riscaldamento globale osservato negli ultimi 150 anni



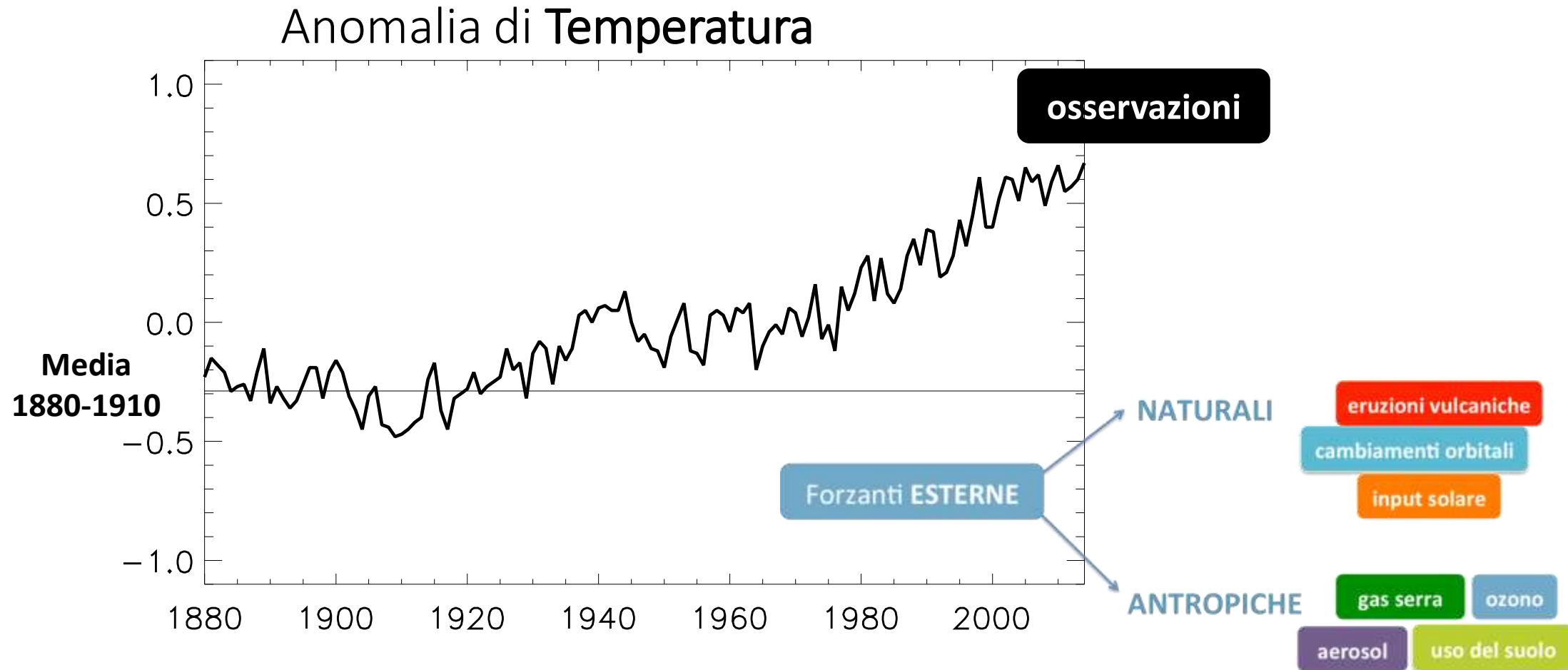
Attribuzione

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

Cause del riscaldamento globale osservato negli ultimi 150 anni



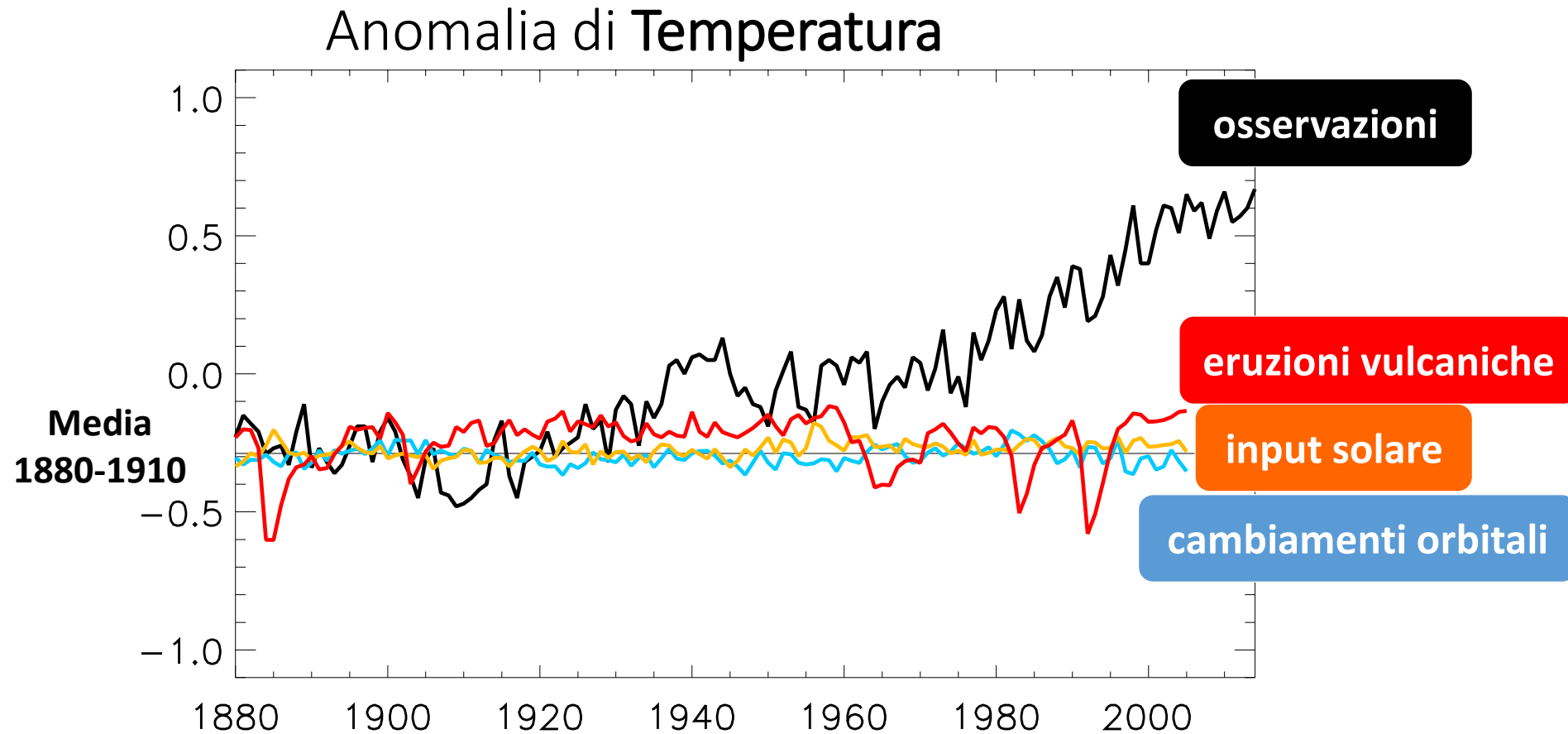
Attribuzione

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

Cause del riscaldamento globale osservato negli ultimi 150 anni



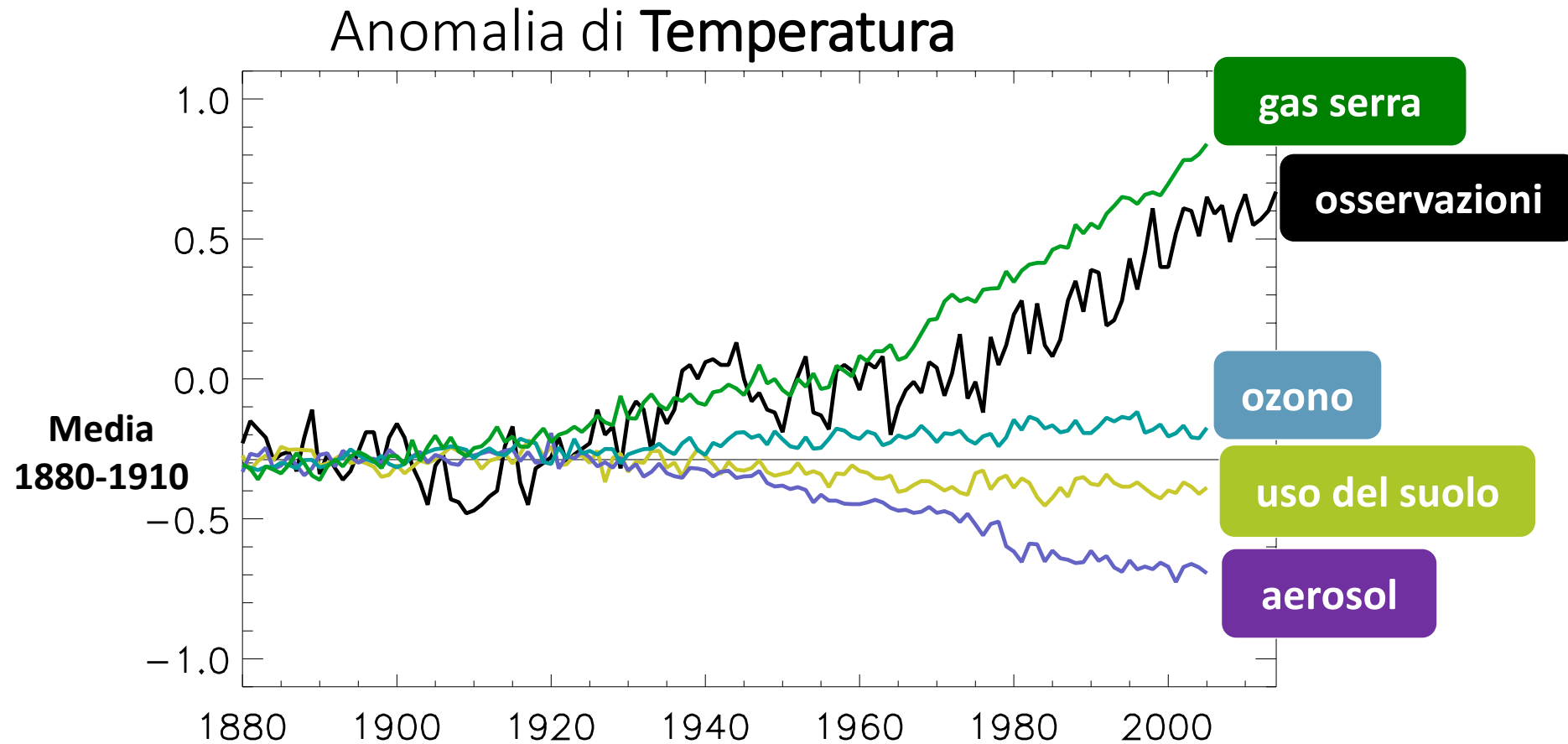
Attribuzione

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

Cause del riscaldamento globale osservato negli ultimi 150 anni



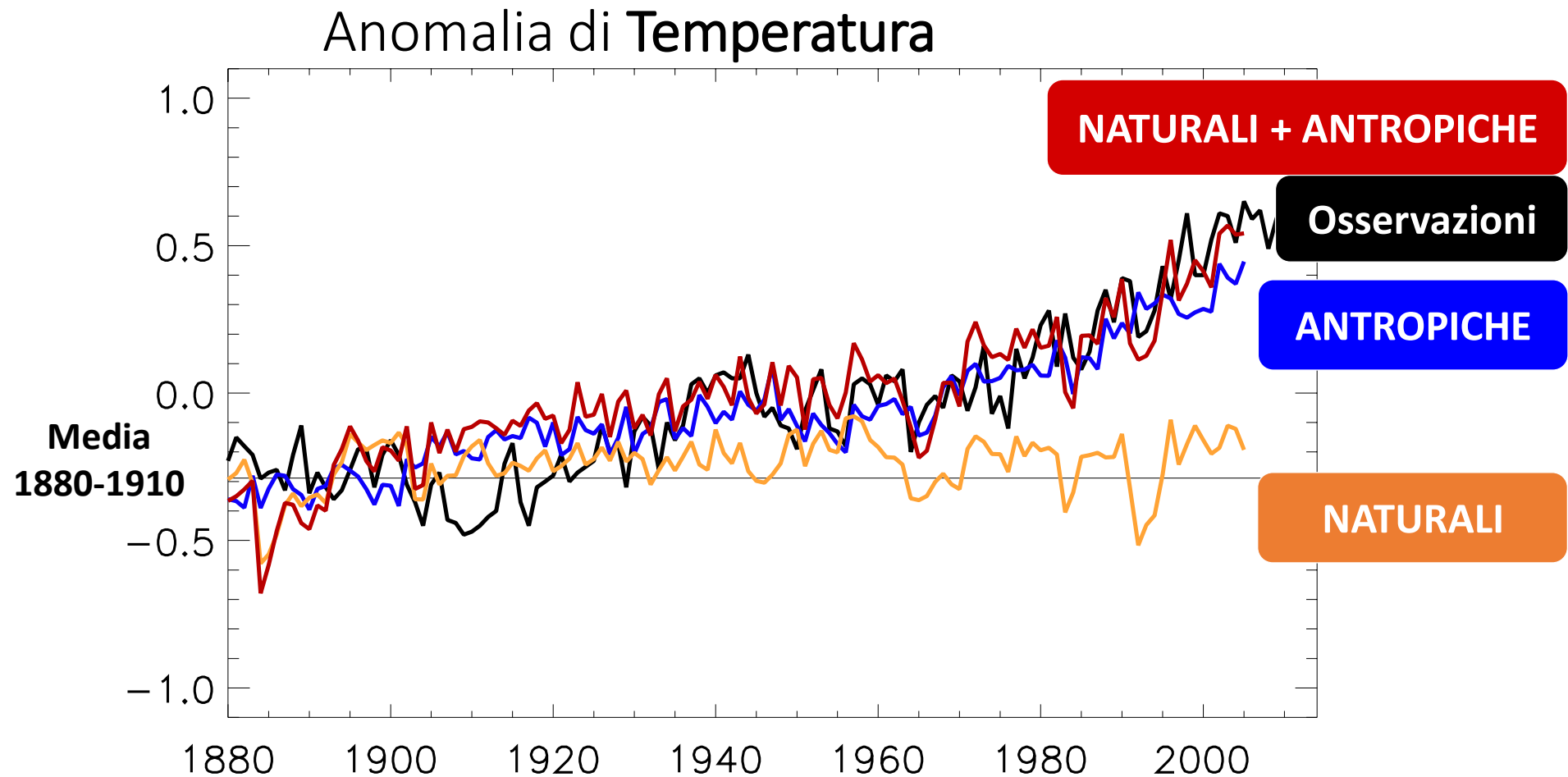
Attribuzione

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

Cause del riscaldamento globale osservato negli ultimi 150 anni

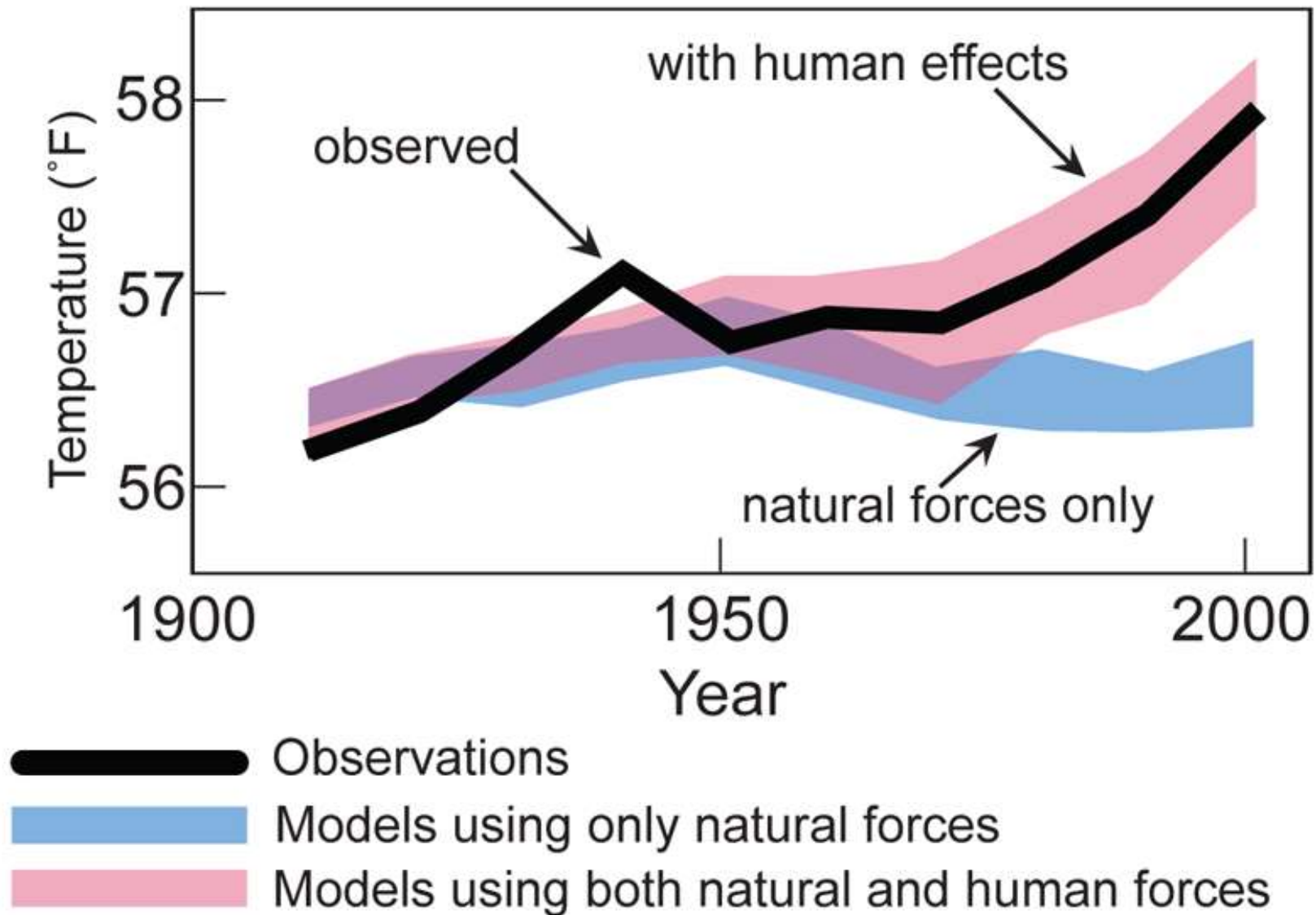


Attribuzione

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

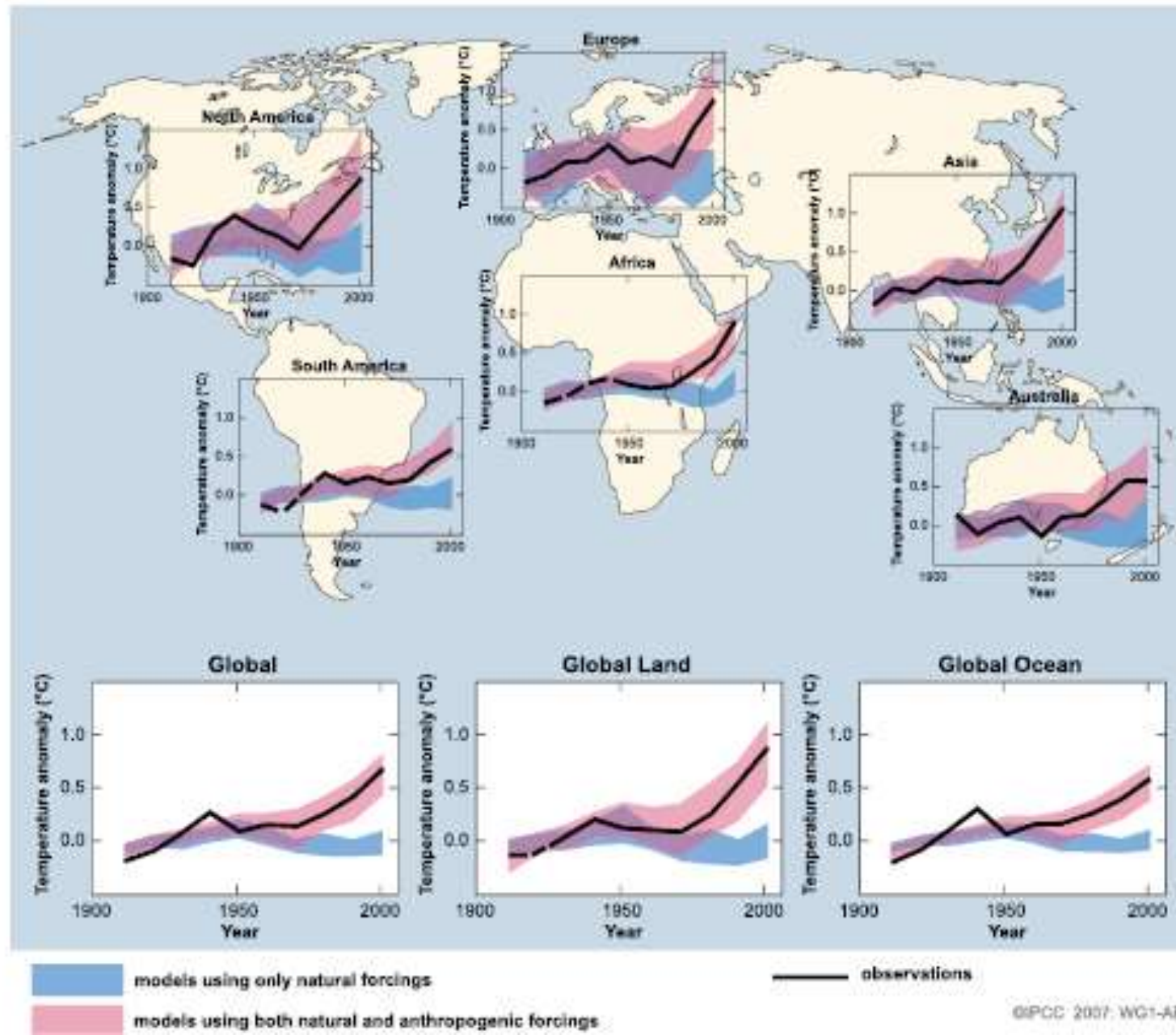


Attribuzione

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it



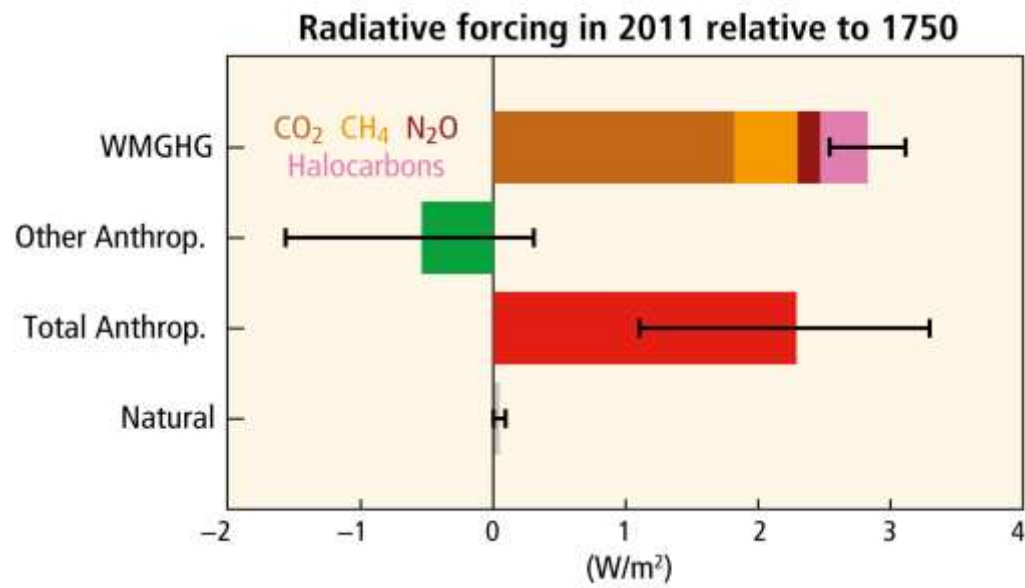
Attribuzione

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

FORZANTI



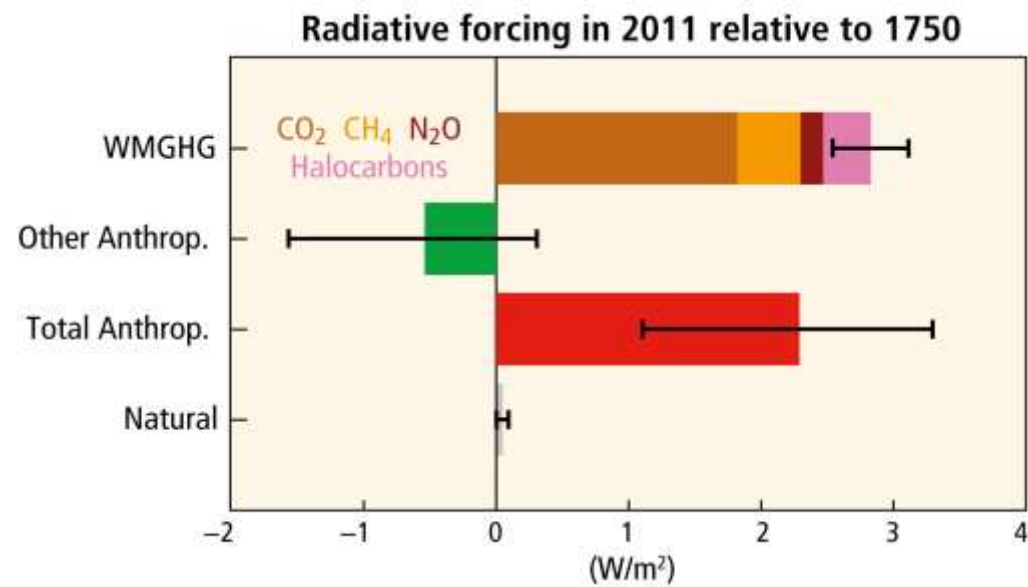
Attribuzione

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

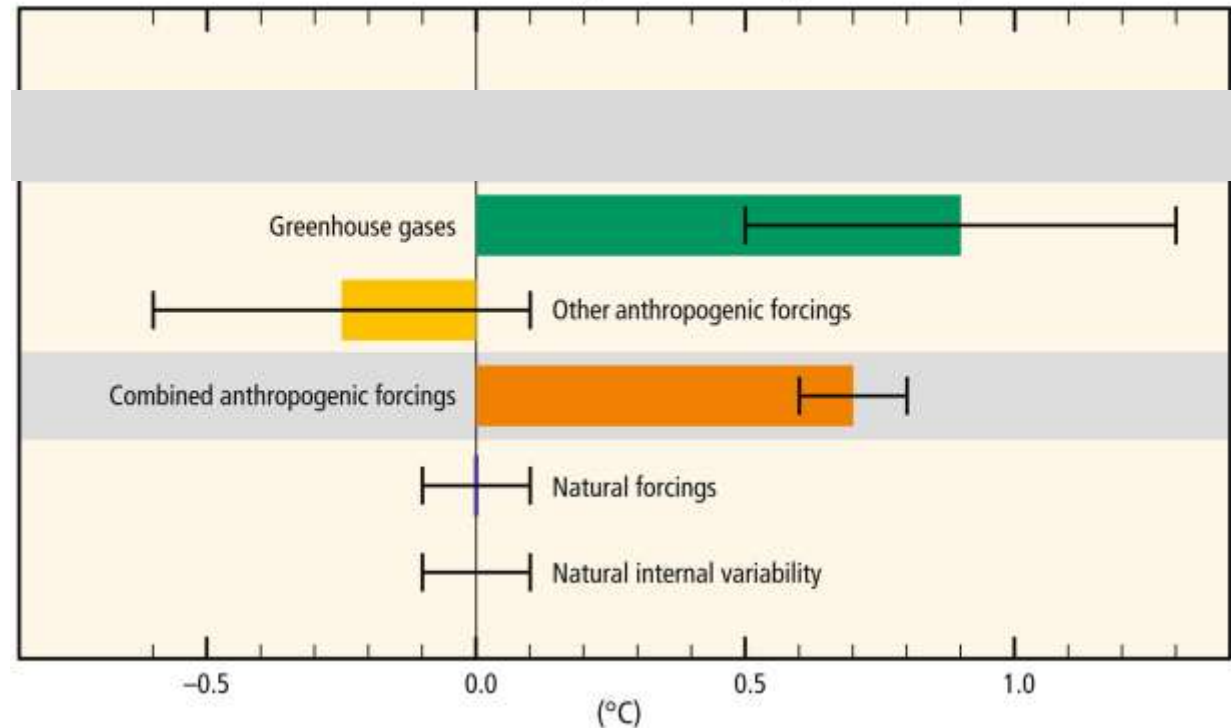
Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

FORZANTI



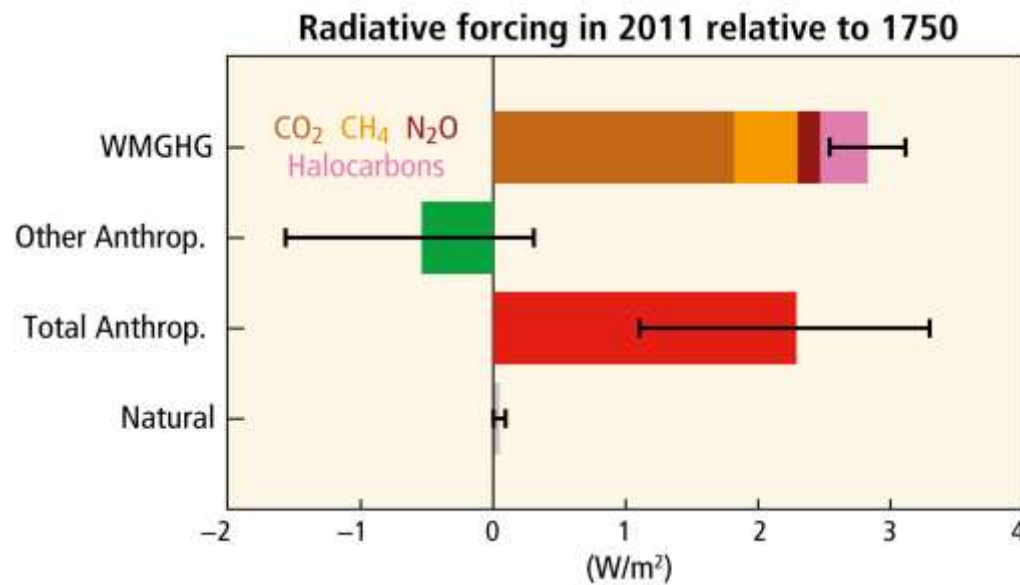
Riscaldamento

Contributions to observed surface temperature change over the period 1951–2010

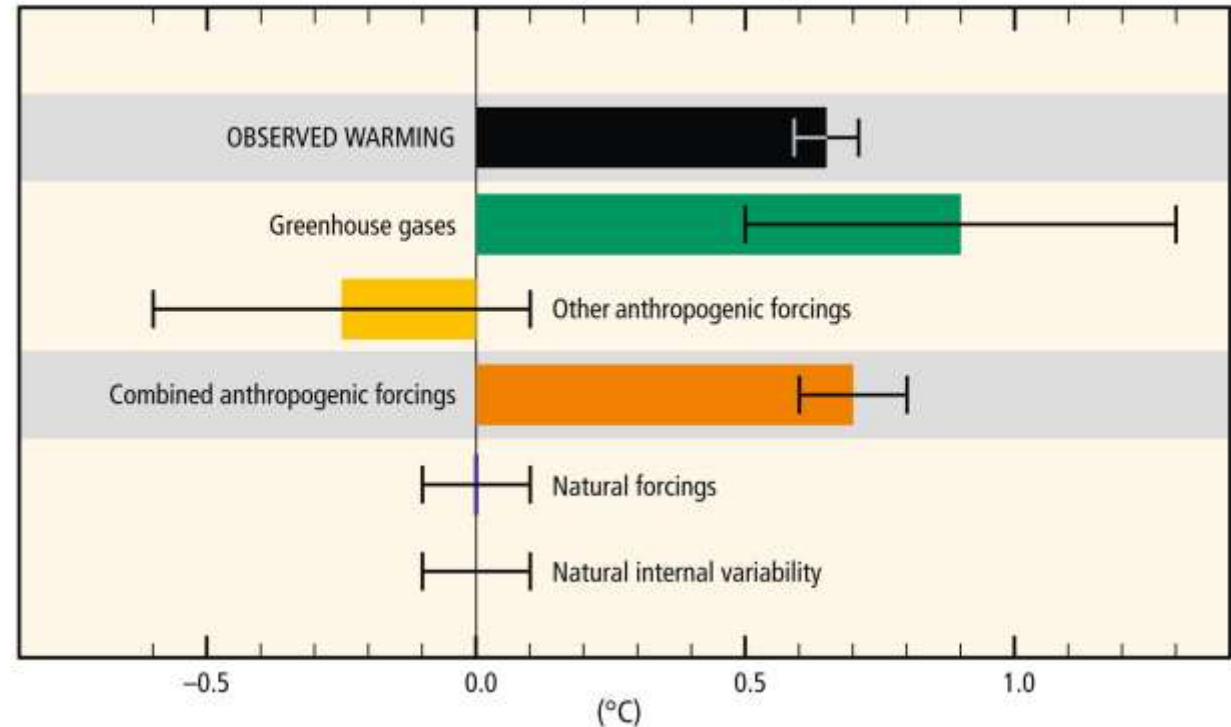


Riscaldamento

FORZANTI



Contributions to observed surface temperature change over the period 1951–2010



E' estremamente probabile che le emissioni dei gas serra in atmosfera insieme ad altre forzanti di origine antropica siano la causa dominante del riscaldamento osservato dalla seconda metà del XX secolo [IPCC, 2013]

**Sarà oggetto del prossimo incontro, ma è bene subito chiarire che
prima di essere usati per fare le proiezioni future i modelli
vengono messi alla prova sul passato.**

- **I modelli sono capaci di riprodurre specifici aspetti del clima presente?**
- **Sanno riprodurre il clima osservato nel periodo strumentale?**
 - **Sanno riprodurre gli effetti di intense perturbazioni?**

Se i modelli falliscono sul passato, si lavora sulla causa del problema per correggerlo. E solo allora li si usa per le proiezioni future!

Lo scenario è una valutazione dei cambiamenti futuri relativi alle emissioni di gas serra, aerosol, uso del suolo sulla base di determinati assunti.

Poiché non possiamo sapere cosa succederà nel prossimo futuro in ambito politico, sociale, tecnologico ed economico, siamo costretti a tenere in considerazione diverse opzioni

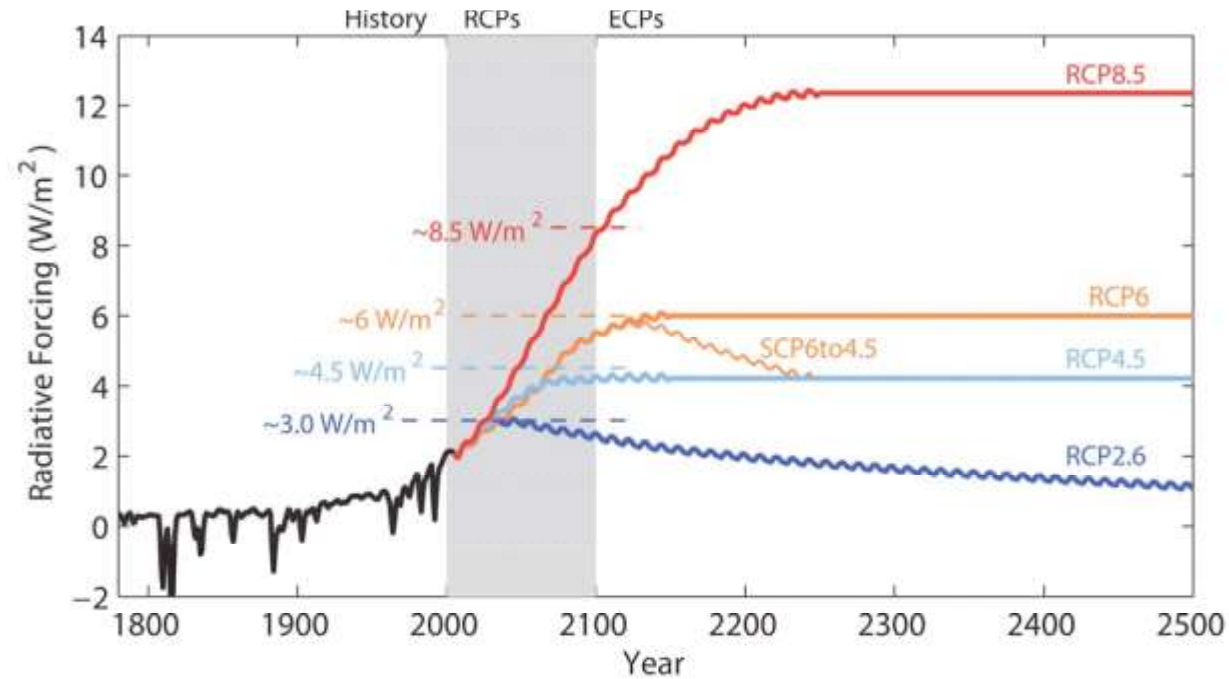
Il risultato della simulazione di un modello climatico per il futuro (proiezione climatica) dipende dallo scenario

SCENARI

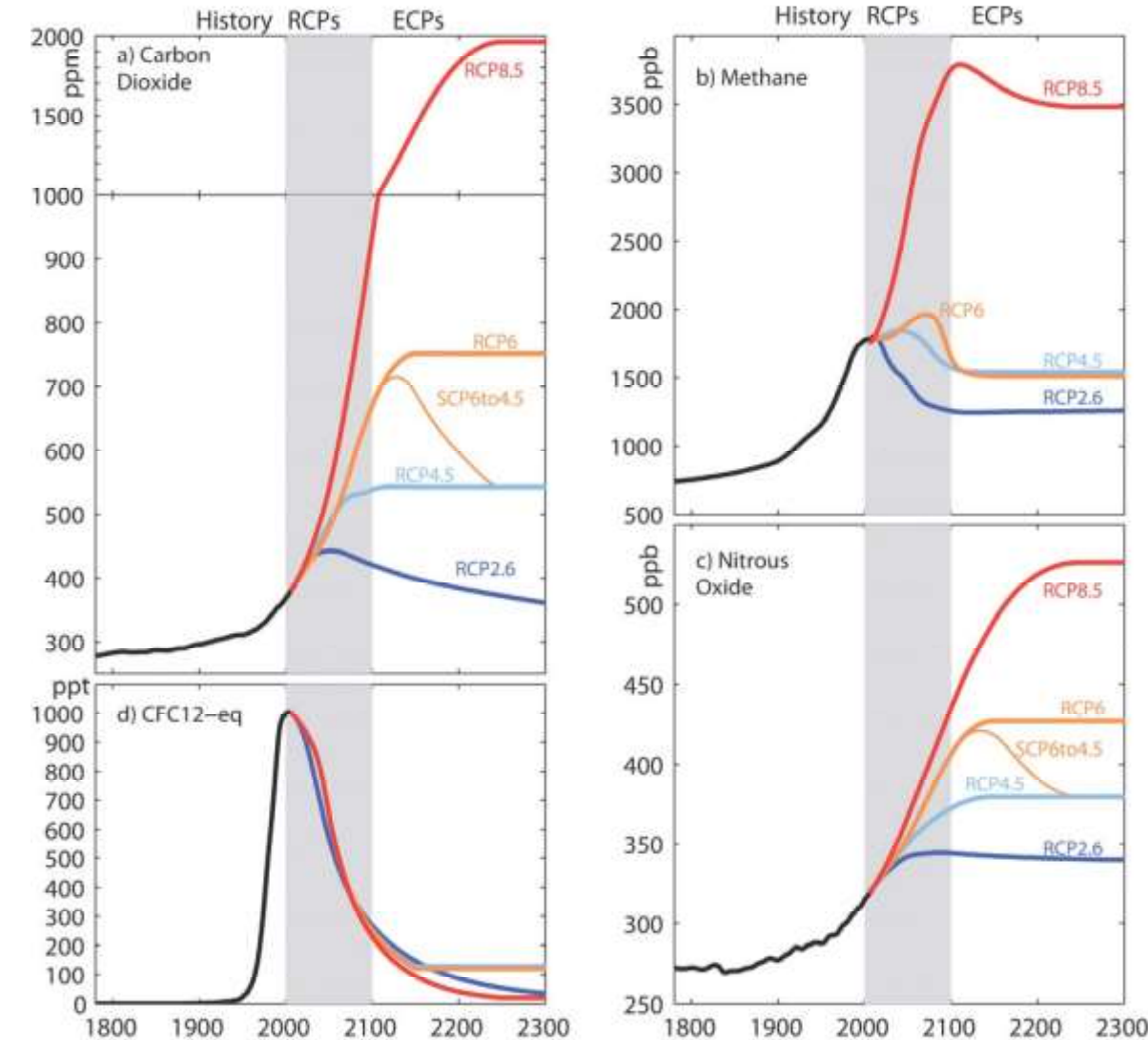
Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it



Box 1.1, Figure 1: Total RF (anthropogenic plus natural) for RCPs and extended concentration pathways (ECP) – for RCP2.6, RCP4.5, and RCP6, RCP8.5, as well as a supplementary extension SCP6to4.5 with an adjustment of emissions after 2100 to reach RCP 4.5 concentration levels in 2250 and thereafter. Note that the stated RF levels refer to the illustrative default median estimates only. There is substantial uncertainty in current and future RF levels for any given scenario. Short-term variations in RF are due to both volcanic forcings in the past (1800–2000) and cyclical solar forcing assuming a constant 11-year solar cycle (following the CMIP5 recommendation), except at times of stabilization (reproduced from Figure 4 in Meinshausen et al., 2011).



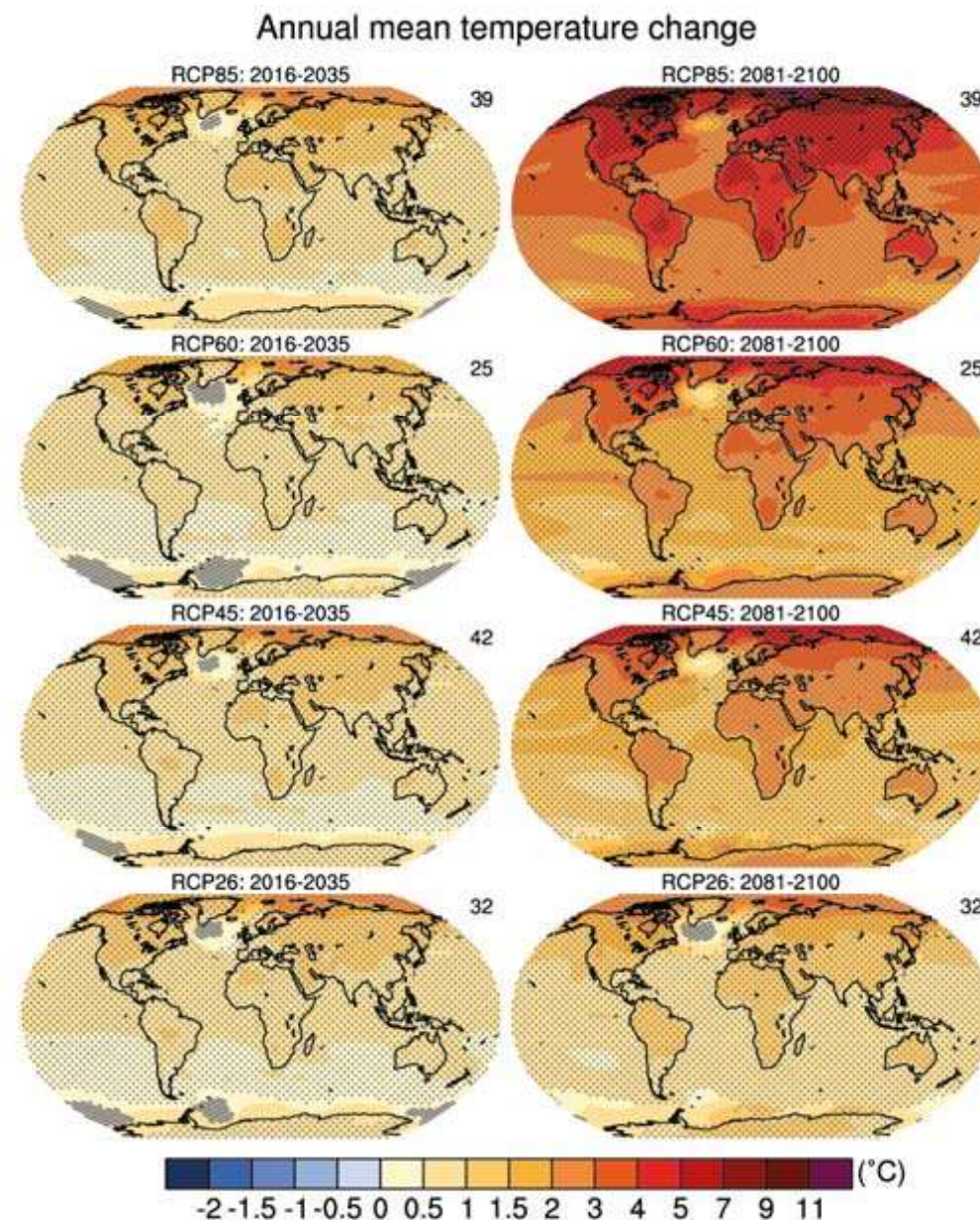
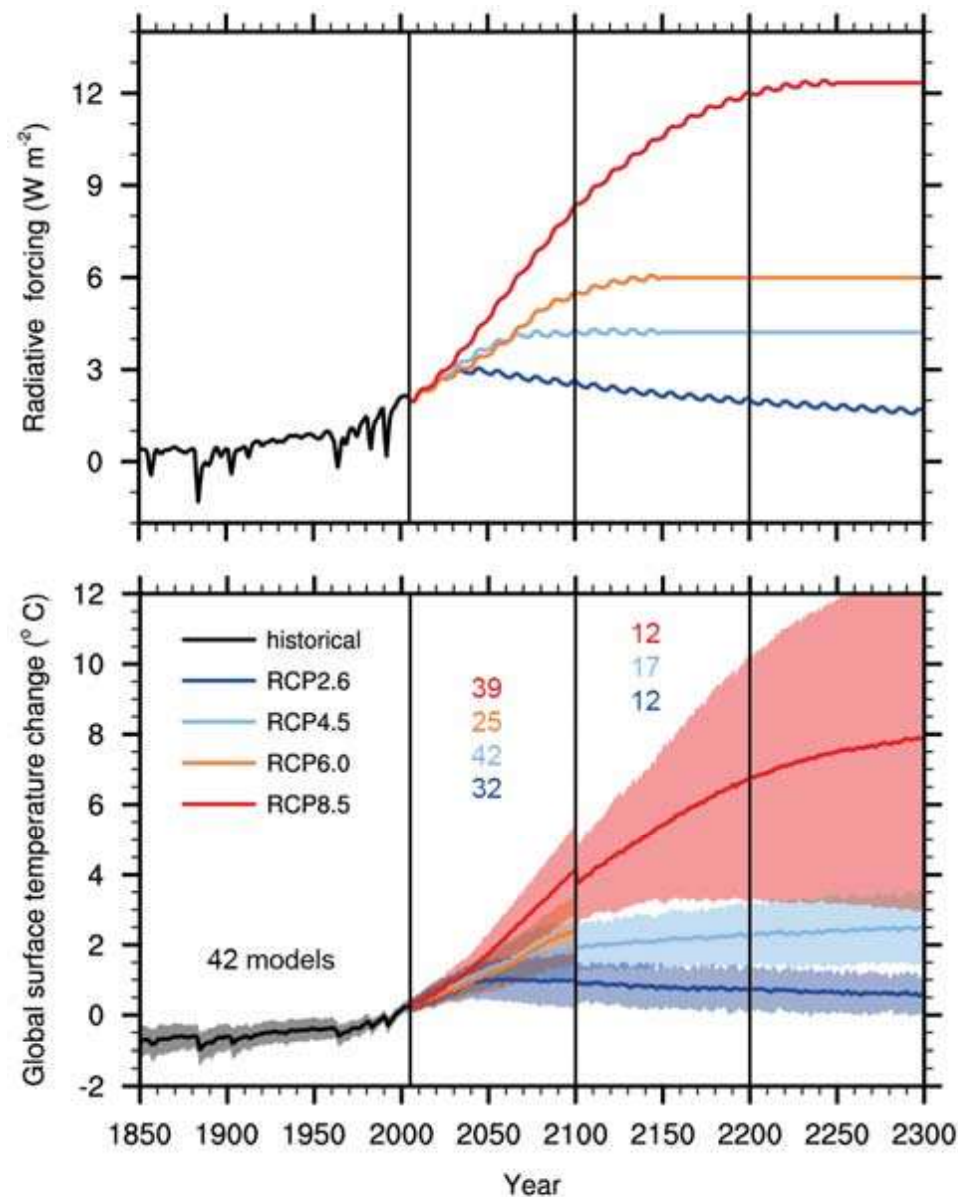
Box 1.1, Figure 2: Concentrations of GHG following the 4 RCPs and their extensions (ECP) to 2300. (Reproduced from Figure 5 in Meinshausen et al., 2011). Also see Annex II Table AII.4.1 for CO₂, Table AII.4.2 for CH₄, Table AII.4.3 for N₂O.

Proiezioni (al prossimo incontro!)

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it



Punti di non ritorno (al prossimo incontro!)

Unito Green Office Cambiamenti climatici©

Marco Bagliani marco.bagliani@unito.it

Tommaso Orusa tommaso.orusa@unito.it

