

Laurea in Ingegneria per l'Ambiente ed il Territorio

CAMBIAMENTI CLIMATICI E ADATTAMENTI NEGLI ECOSISTEMI E NELLE SOCIETÀ

Docenti

Salvatore Pappalardo

Daniele Codato

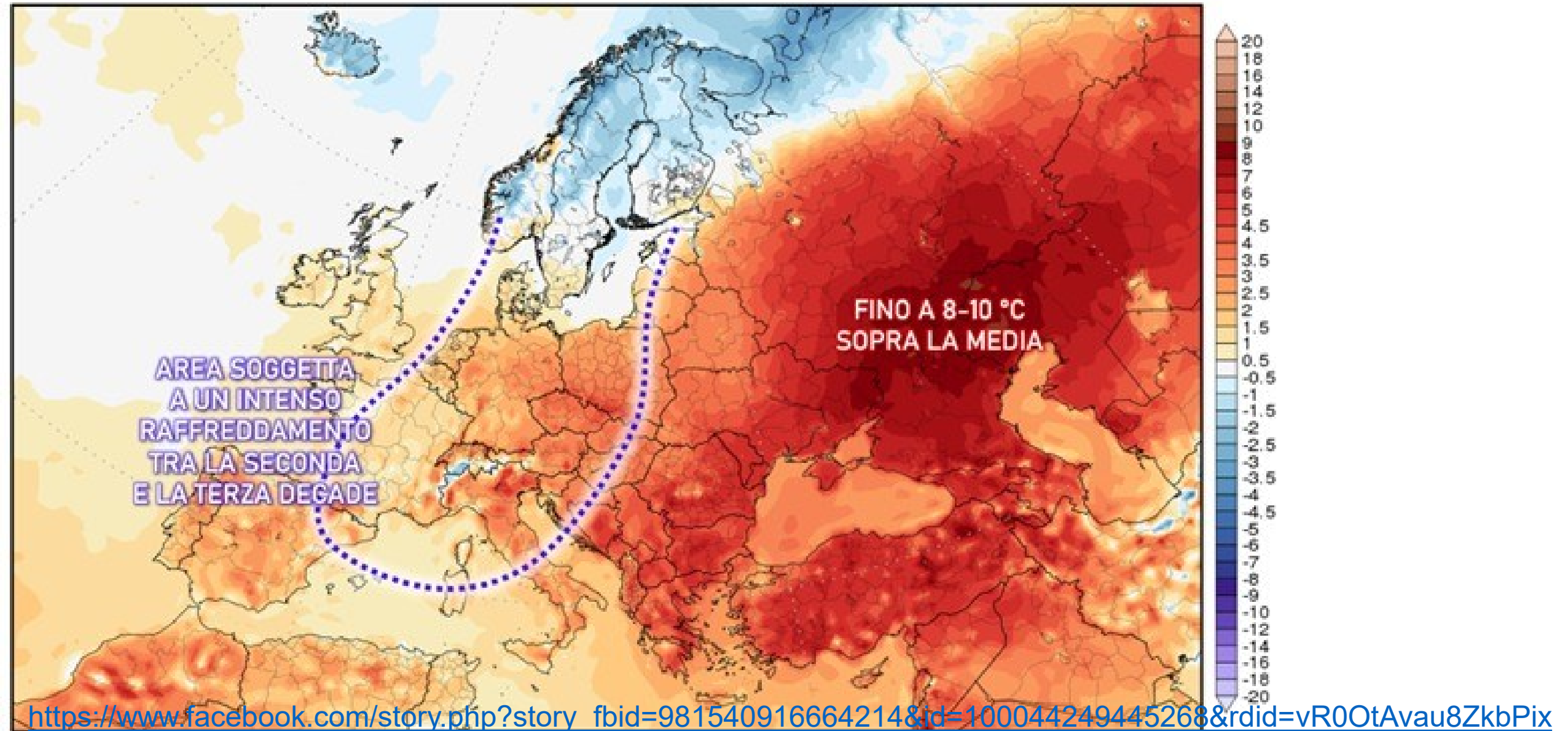
Alessandro Ceppi (Politecnico di Milano)

Supporto didattico

Edoardo Crescini

- 6 CFU
- 48 ore
- 102 ore di studio individuale

Temperature anomaly 2m (°C)





Environment

Heat wave in Southeast Asia closes schools, triggers health alerts

By Neil Jerome Morales

April 29, 2024 1:34 PM GMT+2 · Updated 7 days ago



WEATHER Extreme Weather Climate Capital Weather Gang Environment Climate Lab

The Washington Post
Democracy Dies in Darkness

Southeast Asia is enduring a brutal, record-setting heat wave

Temperatures have reached 100 to 120 degrees, closing schools, taxing power grids and increasing heat-related illnesses and deaths



By Ian Livingston

April 30, 2024 at 11:50 a.m. EDT

South and central Asia

Wave of exceptionally hot weather scorches south and south-east Asia

Warnings of dangerous temperatures across parts of Philippines, Thailand, Bangladesh and India as hottest months of the year are made worse by El Niño

Rebecca Ratcliffe, south-east Asia correspondent and agencies

Fri 26 Apr 2024 08.03 CEST

Share



MOST



1 D to th

Outline

- Forzanti esogeni
- Global Warming Potential
- I gas serra

- *Climate diplomacy*

2) Forzanti endogeni

Land Use Change

“Land use change is a process by which human activities transform the natural landscape, referring to **how land has been used**, usually **emphasizing the functional role** of land for economic activities.

Land use changes are often nonlinear and might trigger feedbacks to the system, stress living conditions, and threaten people with vulnerability” (Bimal & Harun 2017)

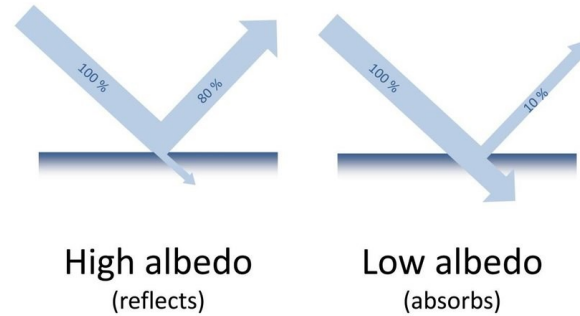
“*Land-use change*” è associato a variazioni di origine antropica

I cambiamenti dell'uso del suolo influenzano il bilancio radiativo in modo diretto ed indiretto

land-use change: influenza diretta sul forcing

LULC è responsabile della variazione la riflettività della superficie terrestre

Albedo: frazione della radiazione riflessa rispetto a quella incidente (da 1 a 0)



Black built-up roof	0.04 - 0.05
Built-up roof (white gravel)	0.30 - 0.50
Asphalt	0.04 - 0.15
Light gray asphalt	0.25 - 0.27
Dark concrete tiles	0.05 - 0.35
White concrete tiles	0.70
Metal roof unpainted, corrugated	0.30 - 0.50

Table Albedo values of different types of materials.

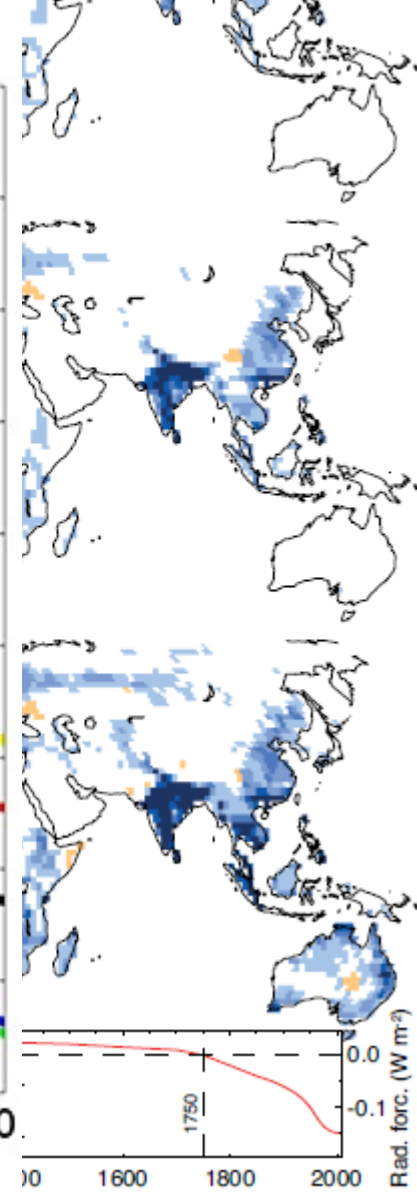
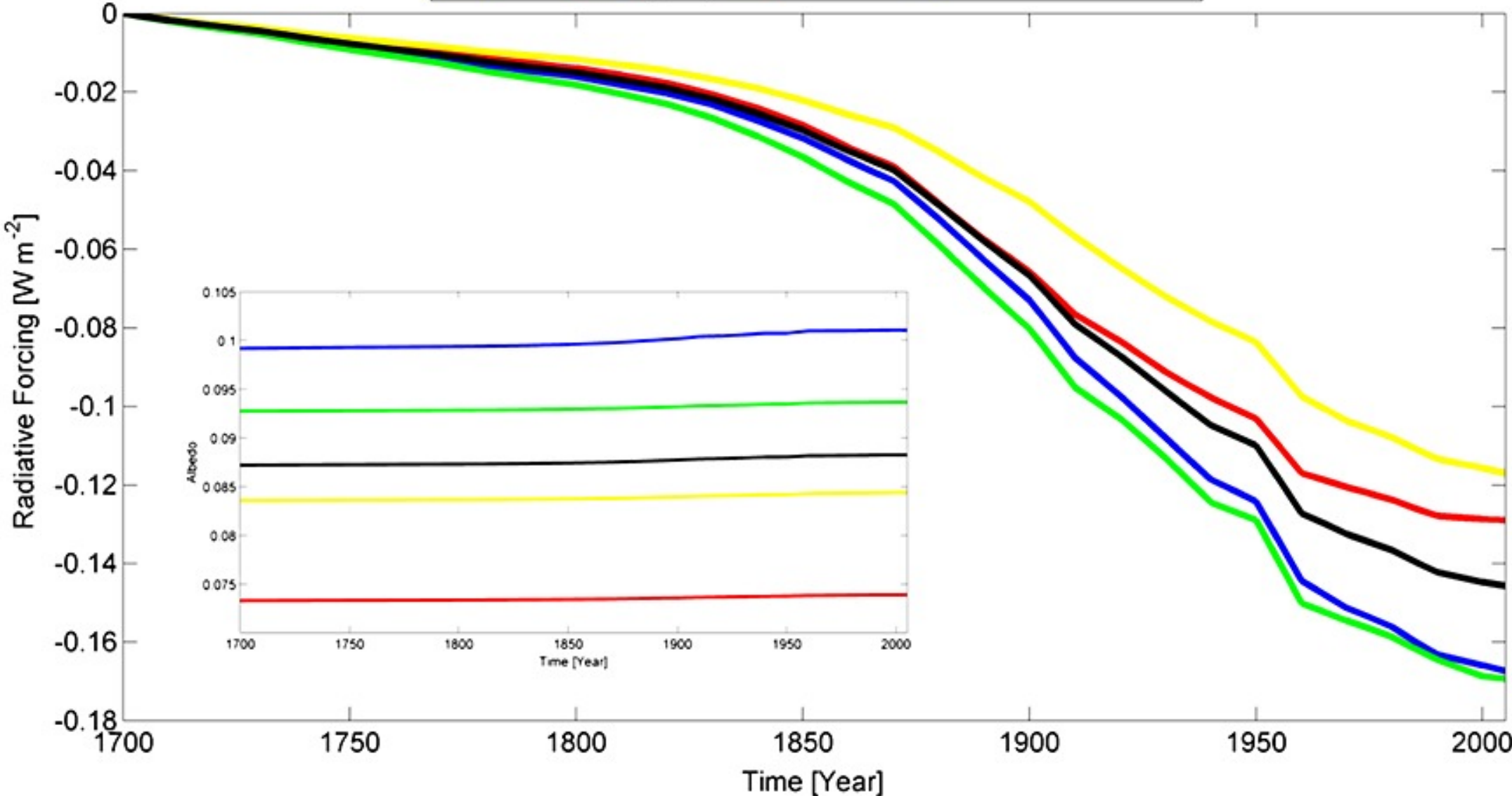
Table 1 Reflectivity Values of Various Surfaces

Surface	Details	Albedo
Soil	Dark and wet	0.05
	Light and dry	0.40
Sand		0.15–0.45
Grass	Long	0.16
	Short	0.26
Crops		0.18–0.25
Tundra		0.18–0.25
Forests	Deciduous	0.15–0.20
	Coniferous	0.05–0.15
Water	Small zenith angle	0.03–0.10
	Large zenith angle	0.10–1.0
Snow	Old	0.40
	Fresh	0.95
Ice	Sea	0.30–0.45
	Glacier	0.20–0.40
Clouds	Thick	0.60–0.90
	Thin	0.30–0.50



Land-use change: influenza diretta sul forcing

— winter — spring — summer — autumn — annual



Cambiamento dell'uso del suolo: effetto forzante indiretto

- LULC (deforestazione e la riforestazione) come forzante radiativo **indiretto** (emissione o sequestro di CO₂)
- **Forcing indiretto ha un segno opposto** (deforestazione) rispetto a quello causato da variazioni dell'albedo
- **l'effetto di forcing diretto dell'albedo domina alle alte latitudini mentre l'effetto indiretto, dovuto all'emissione di CO₂, prevale a latitudini più basse**
- A scala globale, il cambiamento storico *land-use*, ha portato ad un forzante radiativo complessivo di riscaldamento

2) Forzanti endogeni

Coltivazione intensiva ed estensiva di
Palma africana (*Elaeis guineensis*)
Regione Amazzonica Ecuadoriana

LULC change

ecosistema foresta pluviale
(bosco umido tropicale)



monocoltura
agricoltura convenzionale



2) Forzanti endogeni

Aerosol

- Tipo di colloide liquido o solido in sospensione in atmosfera
- Da agglomerati di molecole a piccole particelle visibili (polveri, fumo, foschia, le nubi)
- Sono 'microscopici' (da 10^{-4} a $10 \mu\text{m}$)

Origine naturale

- Nuvole, nebbia, pulviscolo atmosferico
- Sabbia dei deserti (aerosol minerale)
- Solfati e diossidi di zolfo (vulcani)
- Solfuro di dimetile (fitoplancton)

Origine antropogenica

- Solfati, nitrati
- Black carbon e organic carbon da combustioni fossili
- *Wildfires*
- Combustione di biomasse agricole

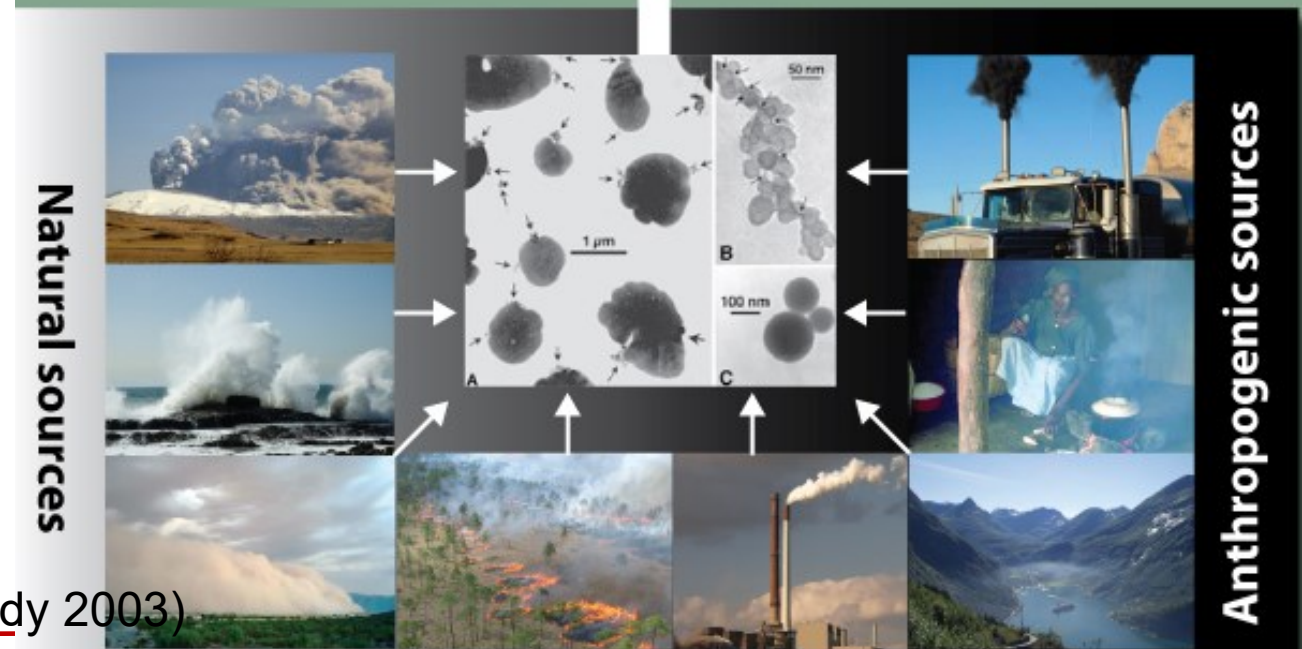
Type	Size (nanometers)	Scaled Size
Smog (small)	8	8 mm
Atmospheric aerosol	15	15 mm
Gasolene engine ash	20	20 mm
Common cold virus	30	30 mm
Diesel ash (small)	50	50 mm
Smog (large)	200	20 cm
Smallpox virus	300	30 cm
Diesel ash (large)	400	40 cm
Volcanic aerosol	500	50 cm
E Coli bacterium	2000	2 meters

TABLE I. Recent Estimates of Rate (Tg/yr) at which Aerosol Particles of Radius Less than about 20–30 μm are Produced in, or Emitted into, the Atmosphere

Source	"Best" estimate	Range
Natural particles		
Soil and rock debris	1500	60–2000
Forest fires and slash burning debris	50	50–1500
Sea salt	1300	1000–10,000
Volcanic debris	33	15–90
Gas-to-particle conversion in the atmosphere		
Sulfate from sulfur gases	102	130–300
Ammonium salts from ammonia	—	80–270
Nitrate from nitrogen oxides	22	22–300
Organic carbon from plant VOC exhalation	55	55–1000
Subtotal	3062	1410–15,500
Anthropogenic particles		
Particles from direct emissions (combustion, industry, etc.)	120	10–120
Gas-to-particle conversion in the atmosphere		
Sulfate from sulfur dioxide	140	130–200
Nitrate from nitrogen oxides	36	30–36
Organic carbon from VOC emissions	90	15–90
Subtotal	386	185–446
Total	3450	1600–15,900



Aerosol antropogenici 13% del totale



(Hidy 2003)

r l'Am

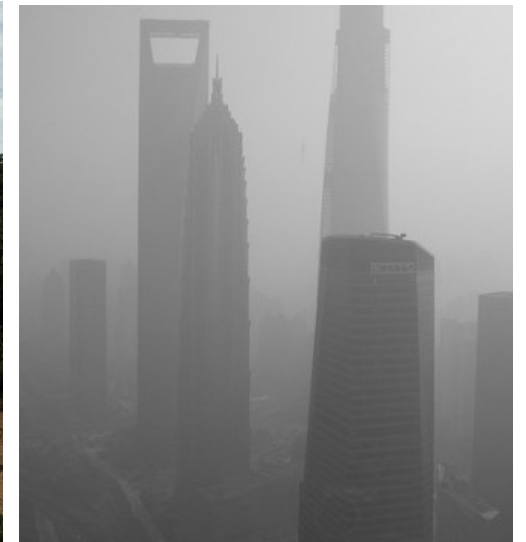
2) Forzanti endogeni

Aerosol e cambiamenti climatici

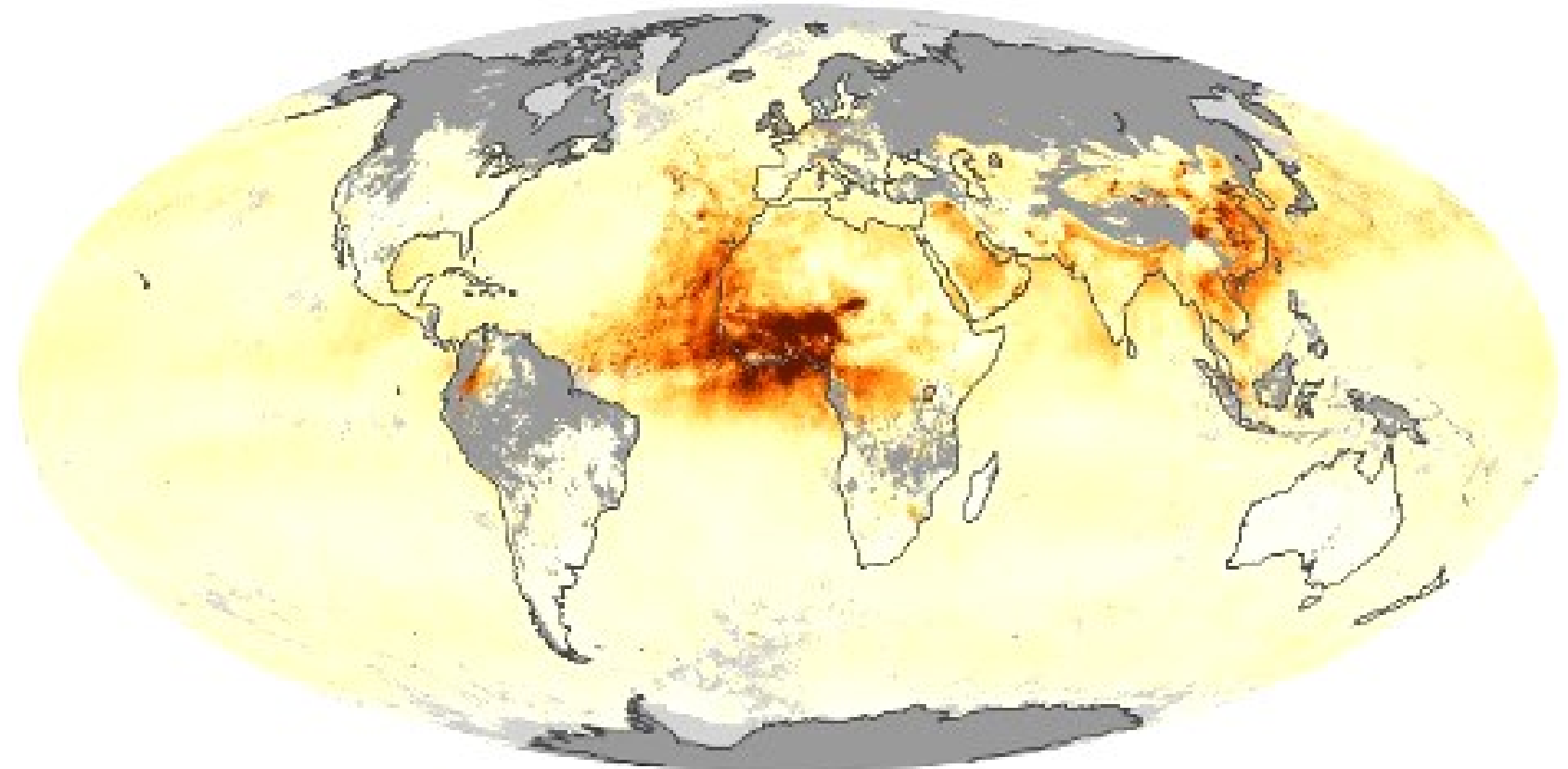
Meccanismi di forcing complesso, possono alterare il bilancio radiativo in diverse modalità:

1. **Direttamente** (interazione aerosol-radiazione)
2. **Indirettamente** (interazione aerosol-nuvole, in grado di influenzare i **processi di formazione** delle nuvole)
3. **Variazione di albedo** indotta dalla deposizione, sulle superfici innevate, di **blackcarbon** e formato da residui di carbone (combustione incompleta di combustibili fossili, biocarburanti e biomasse)

Aerosol



https://earthobservatory.nasa.gov/global-maps/MODAL2_M_AER_OD/MOD14A1_M_FIRE



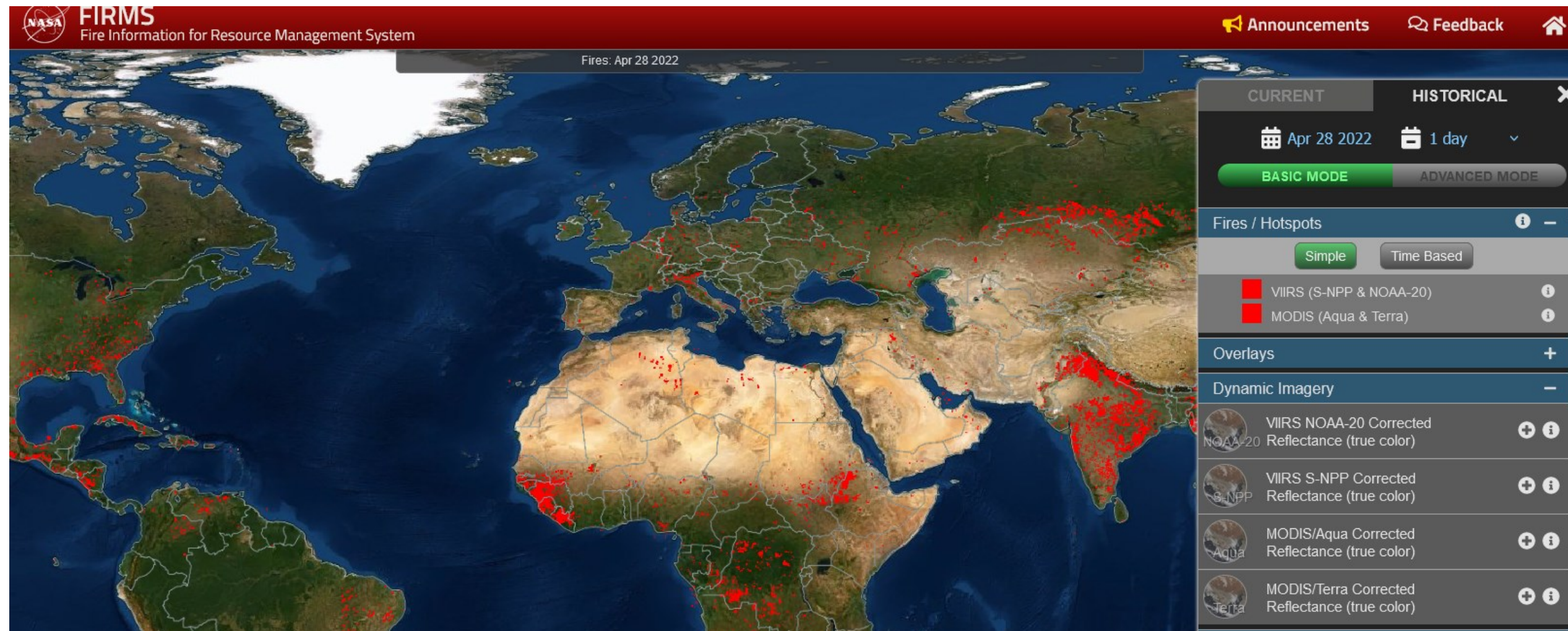
Aerosol Optical Depth



March 2000

Approfondimenti:

- <https://earthobservatory.nasa.gov/feature/aerosols>
- <https://www.nationalgeographic.com/environment/article/aerosols>
- <https://climate.nasa.gov/news/215/just-5-questions-aerosols/>



<https://firms.modaps.eosdis.nasa.gov/map/>
<https://worldview.earthdata.nasa.gov/>

https://effis.jrc.ec.europa.eu/apps/effis_current_situation/index.html

Le scie di condensazione

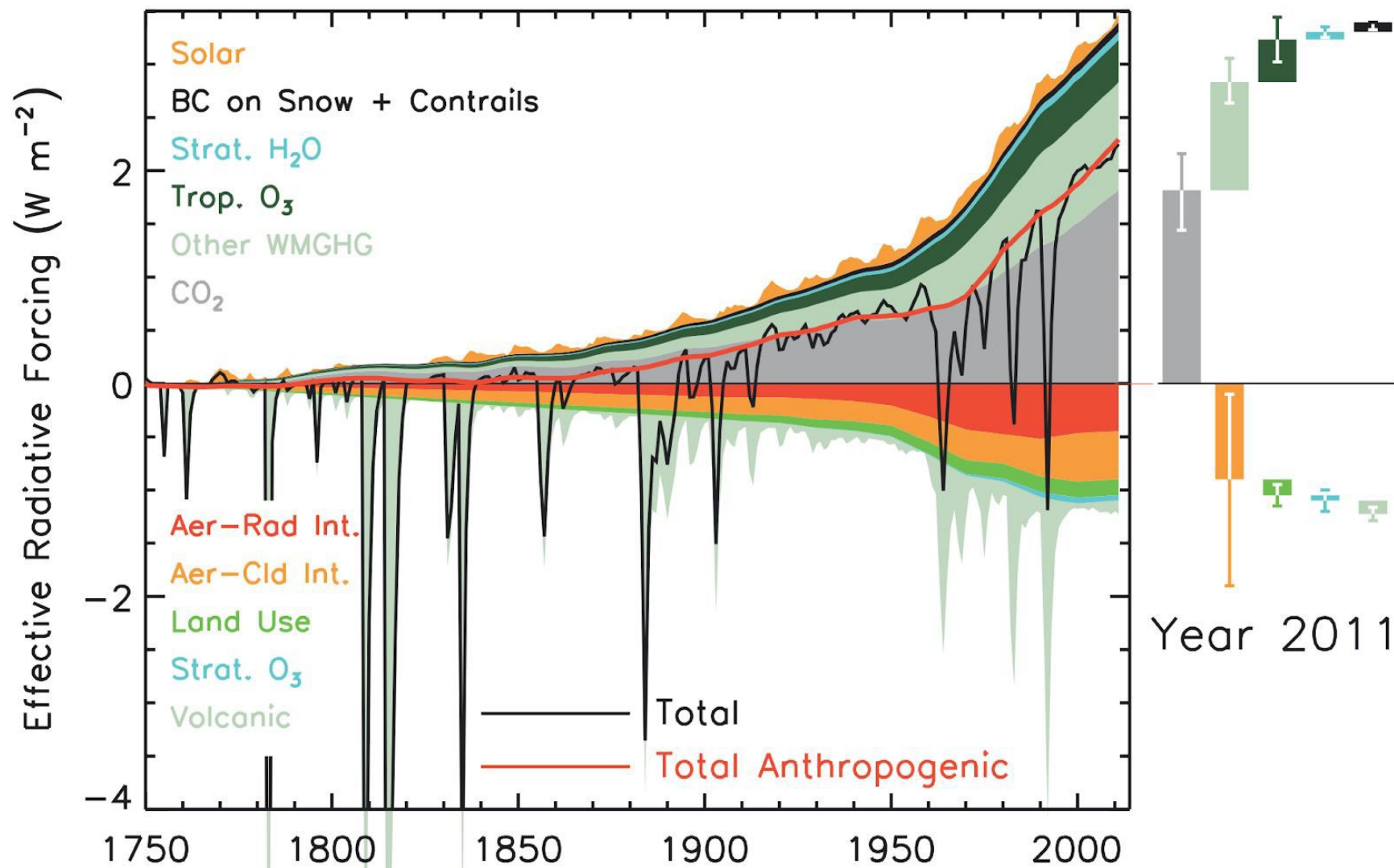
Nubi di forma tubolare ed allungata che si formano dai **gas esausti** in uscita dai motori degli aerei (**voli al di sopra degli 8.000 m**) dove la temperatura è minore di **-40 °C**

- vapore acqueo ghiacciato
- residui di combustione (CO_2 , CO , CH_4 , NO_x , SO_x , particolato)

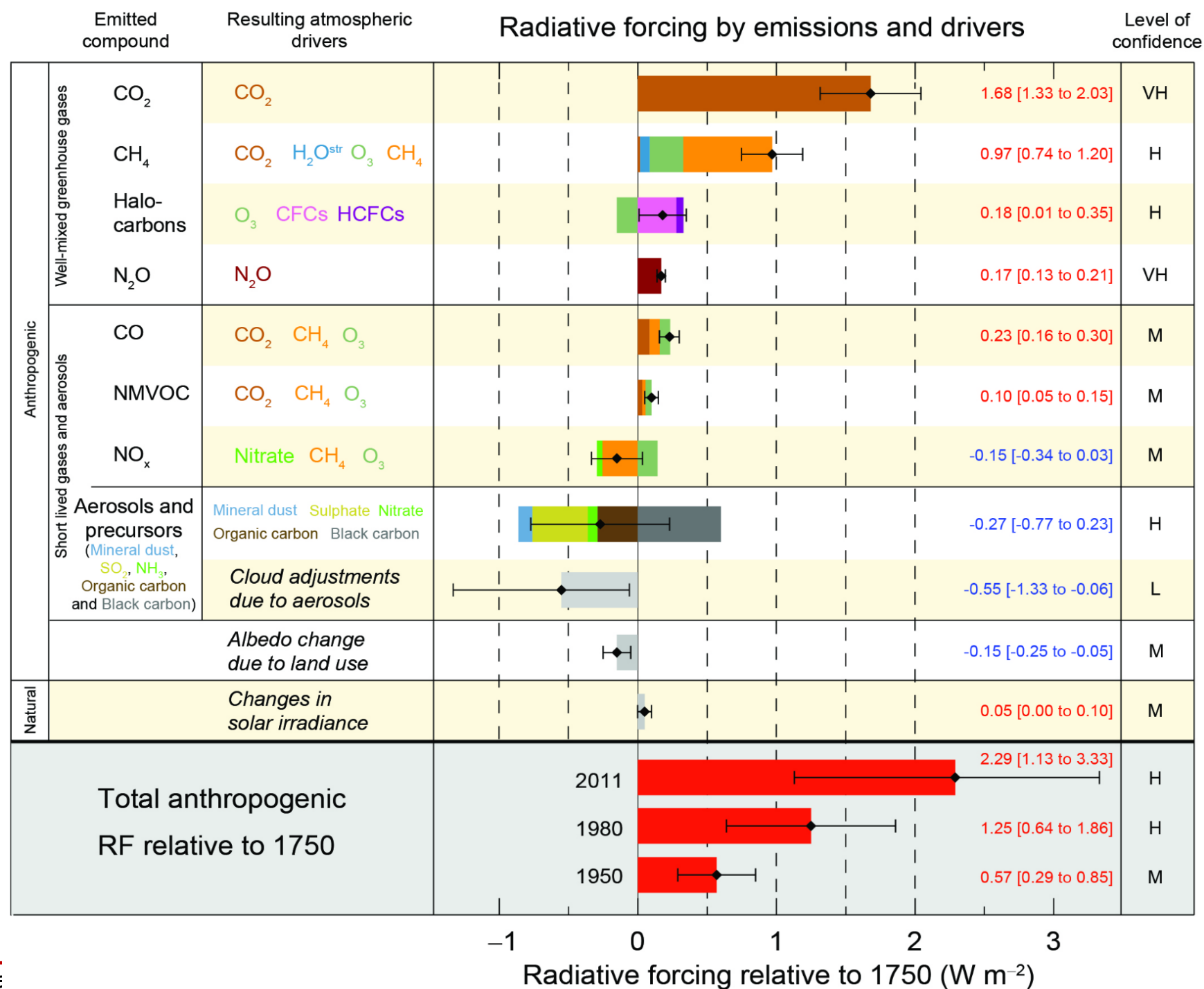


Radiative forcing stimato in $0,01 \text{ W m}^{-2}$.

Evoluzione temporale dal 1750 al 2011 dei diversi forzanti naturali e antropogenici



(IPCC, AR5, Myhre et al.; 2013)



Radiative forcing relative to 1750 (W m⁻²)



2) Forzanti endogeni

GreenHouse Gases (GHG) – i gas ad effetto serra

Effetto serra

- Scoperto da J. Fourier (1824),
- Primo studio quantitativo S. Arrhenius (1896)
- È il processo per cui l'assorbimento di radiazione infrarossa da parte dell'atmosfera provoca un riscaldamento del pianeta
- l'atmosfera è relativamente trasparente alla luce visibile ma assorbe quasi del tutto la radiazione infrarossa
- la luce visibile , non assorbita dall'atmosfera riesce a raggiungere e riscaldare la superficie
- la radiazione infrarossa emessa dalla superficie è assorbita dall'atmosfera e riemessa sia verso lo spazio sia verso il pianeta
- Senza gas serra (nelle loro concentrazioni naturali), la superficie terrestre sarebbe circa 30 °C più fredda (da +14 °C a -16 °C)

(Bagliani, 2019)

Effetto serra (storia)

- Arrhenius 1895 fu tra i primi a lanciarsi in una predizione climatica, suggerendo che un aumento/decremento del 40% di CO₂ in atmosfera avrebbe innescato anticipi di era glaciale/interglaciale
- Callendar 1938 gettò le basi matematiche per stabilire e dimostrare la relazione causale tra l'incremento di particolari gas come la CO₂ e il conseguente incremento di temperatura media globale Rilevò ancora il nesso causa effetto tra l'aumento di utilizzo dei combustibili fossili e l'aumento di CO₂ in atmosfera
- Nel XXI sec nasce una branca della scienza atmosferica la chimica atmosferica

(Bagliani, 2019)

Cosa sono i gas serra?

- I gas serra sono dei gas presenti in piccole dosi nell'atmosfera ma dalla grandissima importanza termoregolatrice per la loro capacità di trattenere le radiazioni che intercorrono lungo le lunghezze d'onda infrarosse, o termiche (di lunghezza compresa tra 700 nm e 1 mm).
- I principali gas serra di origine naturale e antropica sono il vapore acqueo (H_2O), il biossido di carbonio (CO_2), il perossido di azoto (N_2O), il metano (CH_4) e altri gas in concentrazione minore.
- Molti di questi gas hanno concentrazione massima nella parte inferiore della troposfera
- Esistono però dei gas rilasciati unicamente dall'attività antropica grazie alle scoperte chimiche applicate nell'industria si tratta degli alocarburi, tra i quali i più conosciuti sono i clorofluorocarburi e gli idrofluorocarburi

2) Forzanti endogeni *GreenHouse Gases (GHG)* – i gas ad effetto serra

1. Vapore acqueo (H_2O)
2. Biossido di carbonio (CO_2)
3. Perossido di azoto (N_2O)
4. Metano (CH_4)

Composti 'nuovi' inventati dall'industria chimica:

gli alocarburi

- CFC (clorofluorocarburi)
- HFC (idrofluorocarburi)

2) Forzanti endogeni

GreenHouse Gases (GHG) – i gas ad effetto serra

Gas	Pre-1750 tropospheric concentration	Recent tropospheric concentration	Absolute increase since 1750	Percentage increase since 1750	Increased radiative forcing (W/m ²)
Biossido di carbonio (CO ₂)	280 ppm	395.4 ppm	115.4 ppm	41.2%	1.88
Metano (CH ₄)	700 ppb	1893 ppb / 1762 ppb	1193 ppb / 1062 ppb	170.4% / 151.7%	0.49
Protossido di azoto (N ₂ O)	270 ppb	326 ppb / 324 ppb	56 ppb / 54 ppb	20.7% / 20.0%	0.17
Ozono troposferico (O ₃)	237 ppb	337 ppb	100 ppb	42%	0.4

(Bagliani, 2019)

2) Forzanti endogeni

Global Warming Potential (GWP)

- Introdotto nel I Rapporto IPCC (Houghton et al. 1990)
- Un indice che restituisce la capacità specifica di trattenere calore per ogni sostanza, paragonata a quella della CO₂ (GWP di CO₂=1)
- Compara l'effetto forzante esercitato da un **gas serra X** con quello della CO₂ su un dato intervallo temporale

$$\text{GWP}(x) = \frac{\int_0^{TH} a_x \cdot [x(t)] dt}{\int_0^{TH} a_r \cdot [r(t)] dt}$$

TH= *temporal horizon*

ax= efficienza radiativa dovuta all'aumento di un'unità della sostanza x in atmosfera

x(t)= decadimento dipendente dal tempo di decadimento (emivita)

ar= efficienza radiativa dovuta all'aumento di una unità della sostanza di riferimento

r(t)=decadimento (emivita), o tempo di residenza, della sostanza di riferimento

(Bagliani, 2019)

2) Forzanti endogeni

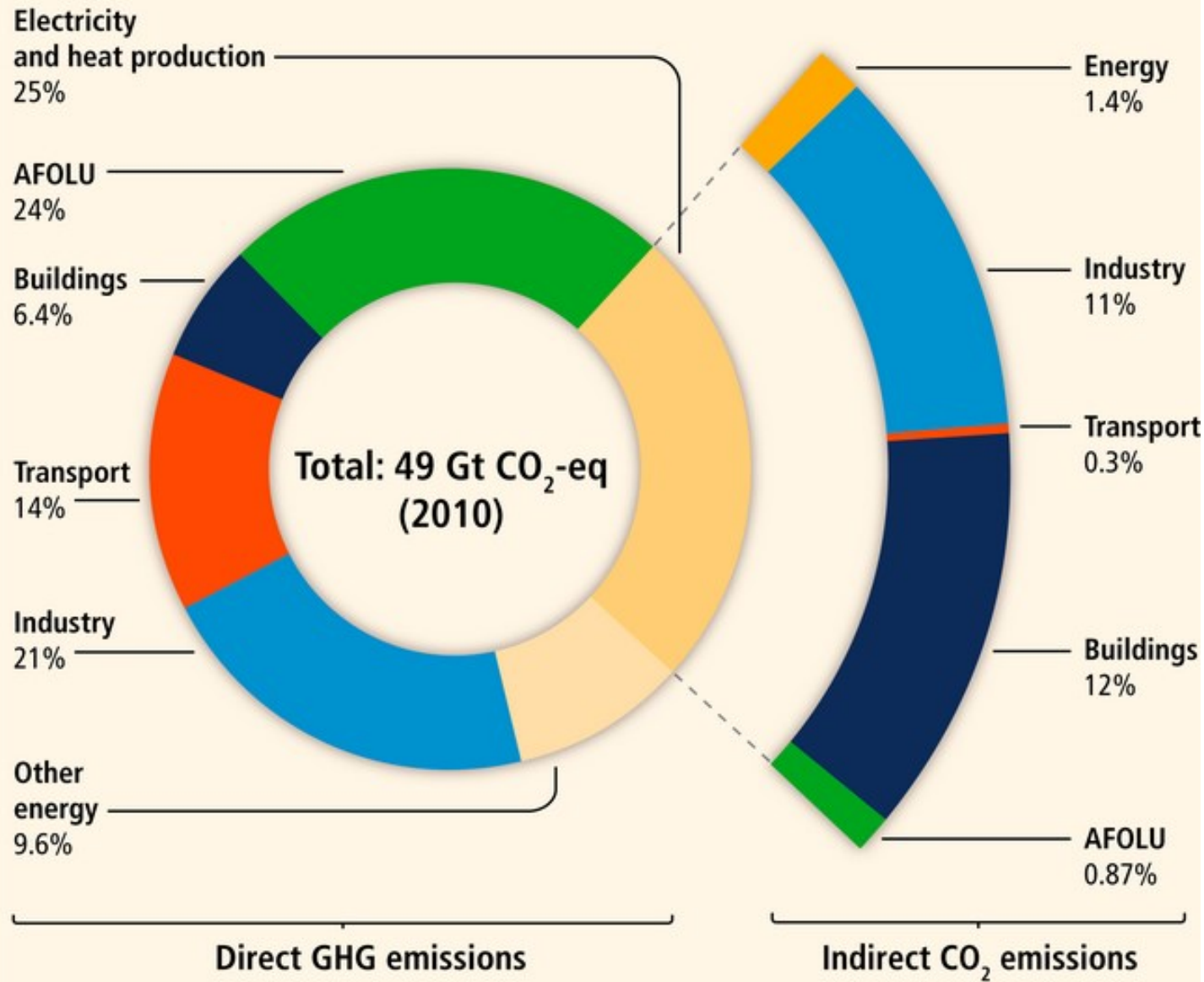
Global Warming Potential (GWP)

Gas name	Chemical formula	Lifetime (years)	Global warming potential (GWP) for given time horizon		
			20-yr	100-yr	500-yr
Carbon dioxide	CO ₂	30–95	1	1	1
Methane	CH ₄	12	72	25	7,6
Nitrous oxide	N ₂ O	114	289	298	153
CFC-12	CCl ₂ F ₂	100	11.000	10.900	5.200
HCFC-22	CHClF ₂	12	5.160	1.810	549
Tetrafluoromethane	CF ₄	50.000	5.210	7.390	11.200
Hexafluoroethane	C ₂ F ₆	10.000	8.630	12.200	18.200
Sulfur hexafluoride	SF ₆	3.200	16.300	22.800	32.600
Nitrogen trifluoride	NF ₃	740	12.300	17.200	20.700

Greenhouse gas emissions by economic sectors



Climate Justice
Centre of Excellence



Global anthropogenic GHG emissions by economic sectors (IPCC, 2014, pg. 47)

a. Trends in global GHG emissions by sector

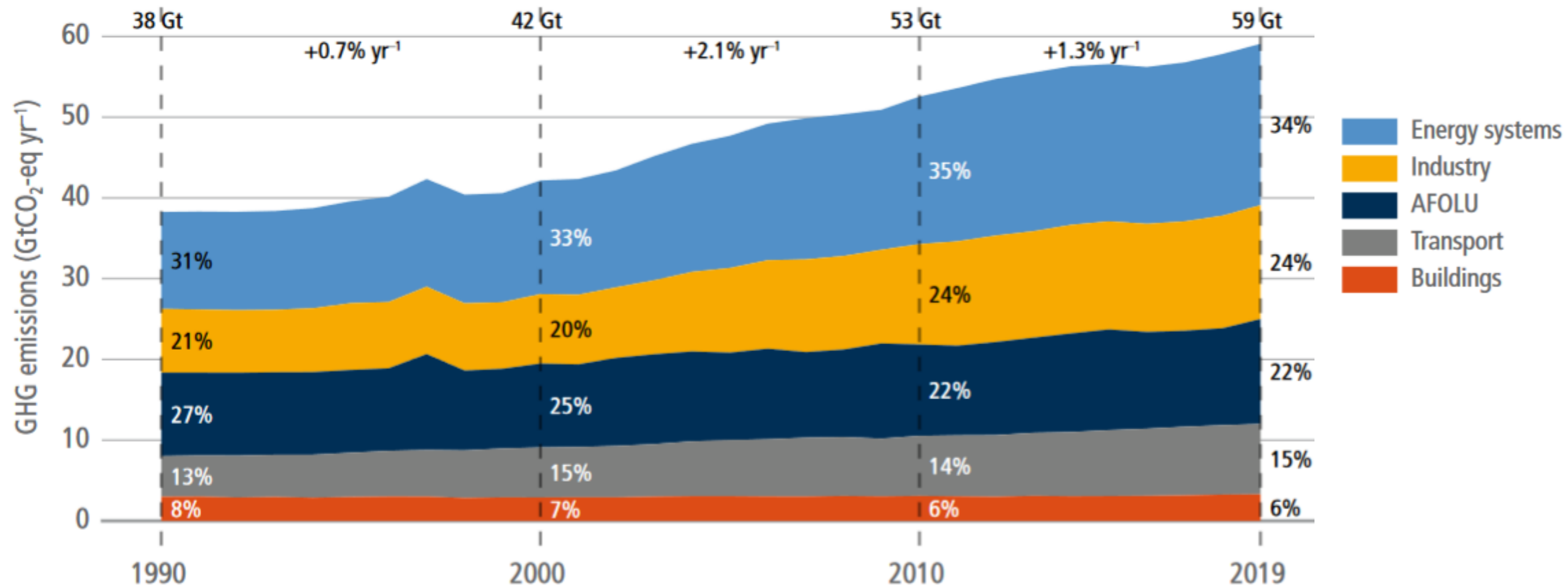


Figure 2.13 | Total annual anthropogenic GHG emissions by major economic sector (IPCC, AR6, WGIII, Chapt. 2)

(a) Long term trend of anthropogenic CO₂ emissions sources

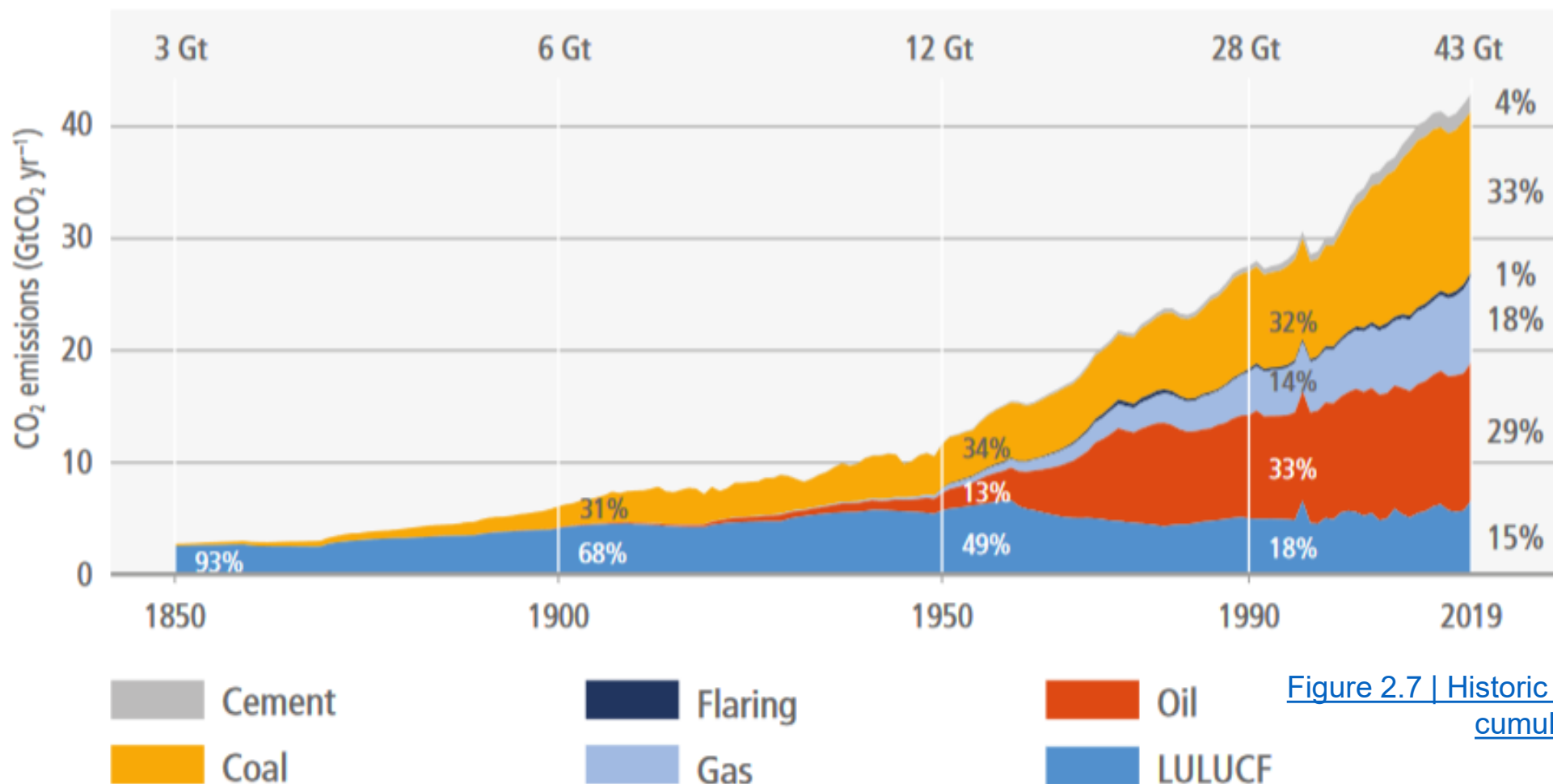


Figure 2.7 | Historic anthropogenic CO₂ emission and cumulative CO₂ emissions (1850–2019) (IPCC, AR6, WGIII, Chapt. 2)