



**Associazione
per l'Insegnamento
della Fisica
Sezioni di Giarre–Riposto e di Catania**

Agenda 2030 O.N.U. Obiettivi 7 e 13

*Corso di formazione on line per docenti
di matematica, fisica e scienze naturali
della scuola secondaria*

**Perturbazioni atmosferiche: genesi,
previsioni e dipendenza dai cambiamenti
climatici.**

Definizioni da Oxford Languages

perturbazione

sostantivo femminile

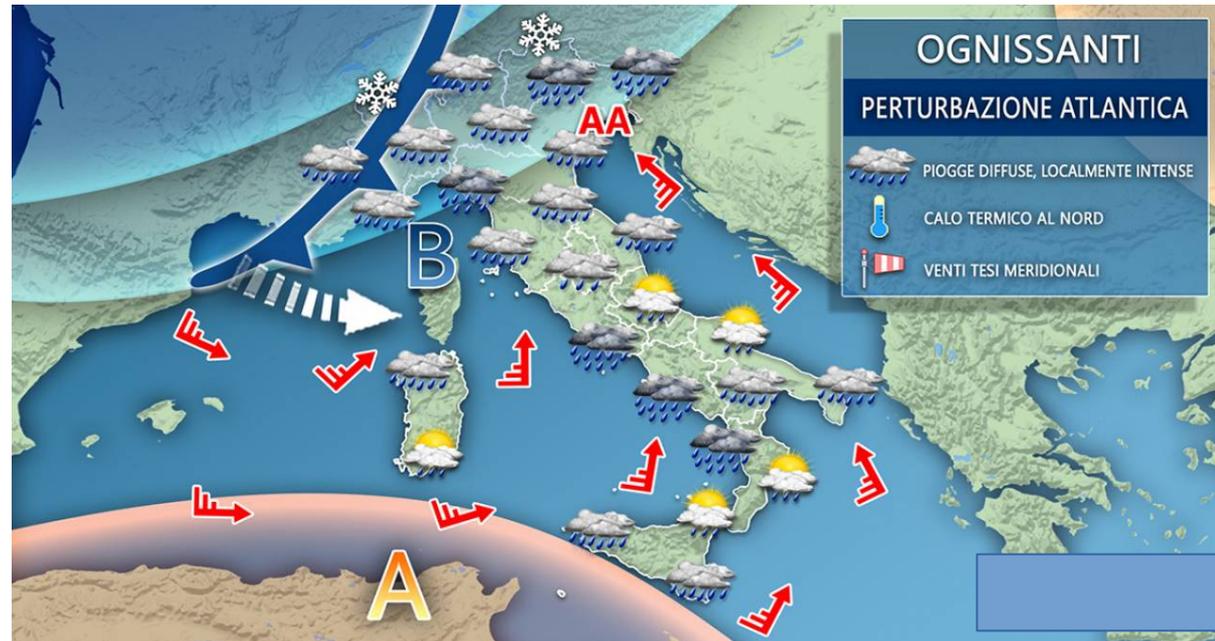


Modificazione di una condizione di quiete, di normalità, di ordine, per lo più con conseguenze dannose o pericolose.

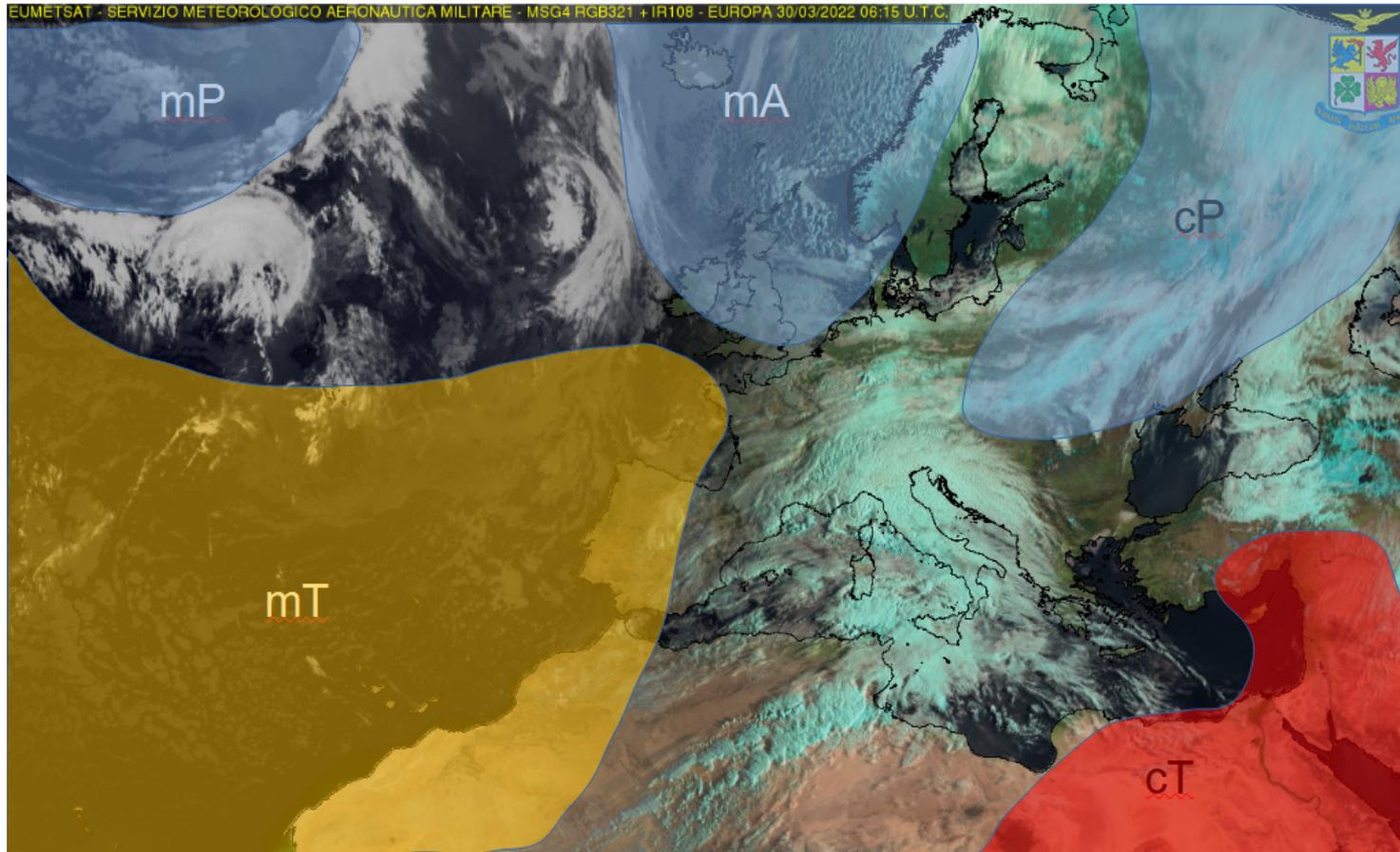
Nel linguaggio scientifico, variazione delle grandezze che caratterizzano un fenomeno, la quale modifica l'evoluzione del fenomeno stesso rispetto al comportamento considerato regolare o non perturbato.

Perturbazioni atmosferiche (o sempl. perturbazioni), i fenomeni atmosferici (quali i cicloni tropicali, i cicloni extratropicali, i temporali, i tornado) determinati da sensibili variazioni di temperatura, pressione, umidità.

In Meteorologia, con il termine **PERTURBAZIONE ATMOSFERICA**, si intende una generica fase di cattivo tempo, caratterizzata da estesa nuvolosità, precipitazioni sparse a carattere di rovescio o temporale, accompagnate spesso da forte vento e variazioni repentine delle temperature e dell'umidità.



Per poter comprendere pienamente il significato di PERTURBAZIONE ATMOSFERICA dobbiamo introdurre alcuni concetti fondamentali come “Massa d’aria” e “Fronte”



Le “masse d’aria” sono estesi volumi d’aria, caratterizzati dall’aver temperature e umidità omogenee.

Vengono classificate in funzione delle località dove hanno origine (regioni sorgente). Sono individuate e classificate con due lettere

c → continentale

m → marittima

T → Tropicale

P → Polare

A → Artica

Masse d'Aria

- Per potersi originare hanno bisogno di estese superfici le cui proprietà (temperatura e umidità) siano relativamente uniformi;
- Devono essere presenti dei flussi divergenti (aree di alte pressioni) tali da eliminare i contrasti e rendere omogenea la massa d'aria;
- Devono permanere a lungo sulla regione sorgente, in modo da acquisirne le caratteristiche termodinamiche. Temperatura e umidità determinano la densità della massa d'aria

c P = ur ↓ T ↓
 mP = ur ↑ T ↓
 c T = ur ↓ T ↑
 mT = ur ↑ T ↑

Density [kg/m³]

- Temperature
- Pressure
- Altitude (Pressure)
- Humidity

$$\rho = \frac{p_d}{R_{d,specific} \times T} + \frac{p_v}{R_{v,specific} \times T}$$

ρ = Density (kg/m³)

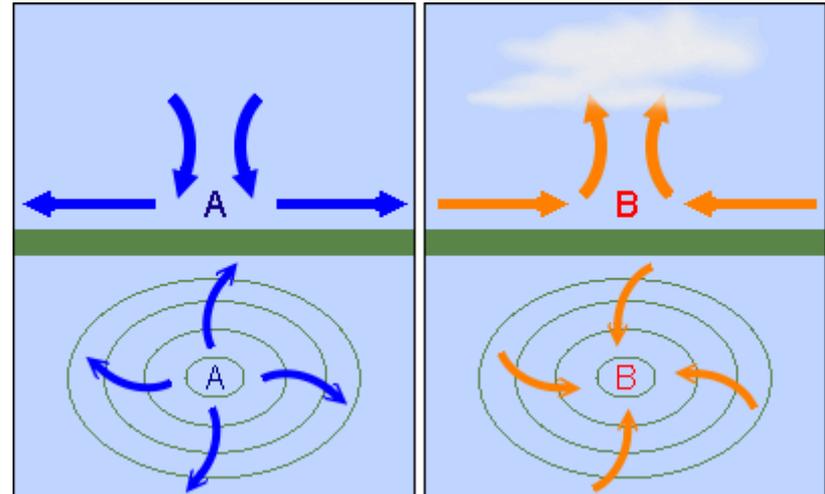
p_d = Partial pressure of dry air (Pa)

R_d = Specific gas constant for dry air, 287.058 J/(kg·K)

T = Temperature (K)

p_v = Pressure of water vapour (Pa)

R_v = Specific gas constant for water vapour, 461.495 J/(kg·K)



Tipi di Masse d'Aria

ARTICA (A)

– Si origina da un'area di alte pressioni permanenti in corrispondenza del Polo Nord. Un debole flusso di aria sul pack marino consente a questa massa d'aria di formarsi. Generalmente è asciutta in quota e fredda e stabile nei bassi strati.

CONTINENTALE POLARE (cP)

– Ha origine nei territori dominati dall'anticiclone Russo-Siberiano o Canadese. A causa dell'assenza di grandi bacini d'acqua, questa massa d'aria è molto secca.

MARITTIMA POLARE (mP)

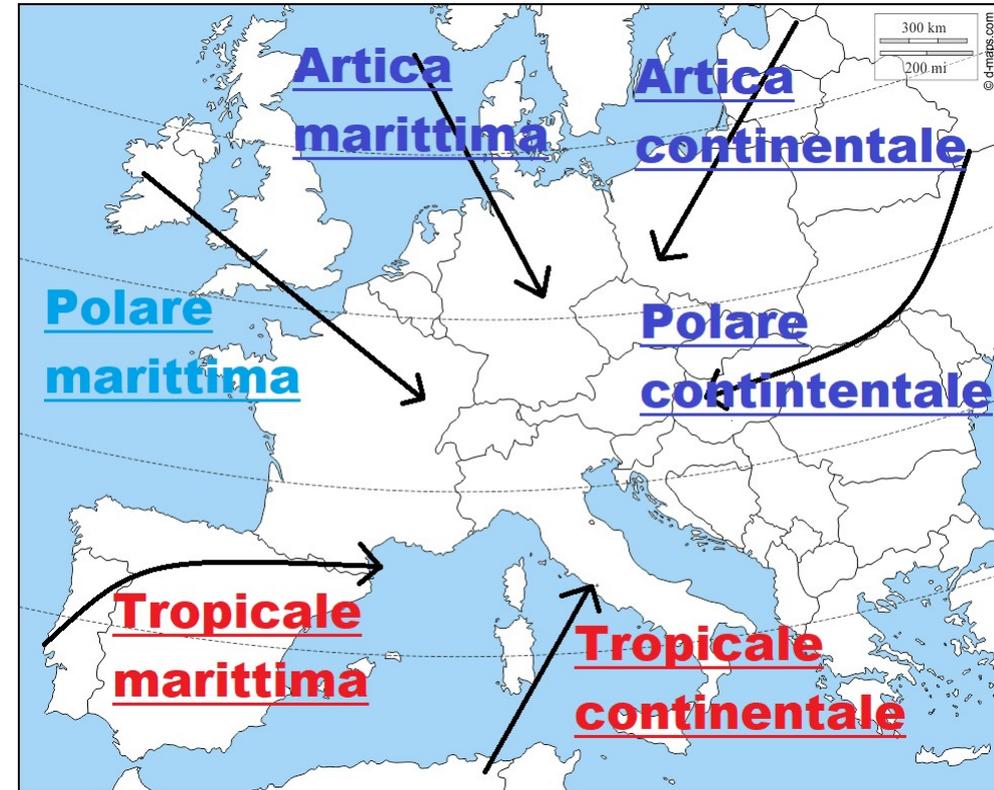
– Le aree di formazione di questa massa d'aria sono le aree polari deglaciato intorno ai 60° di latitudine, Nord e Sud. Queste masse d'aria sono fredde e umide anche se il contenuto in umidità è limitato a causa delle basse temperature.

CONTINENTALE TROPICALE (cT):

– Si forma su territori caldi e asciutti intorno ai 25° nord e sud tipo il deserto del Sahara o il deserto Arabico o le aree interne dell'Australia. Come le aree sulle quali essa si origina, l'aria sarà molto calda e asciutta.

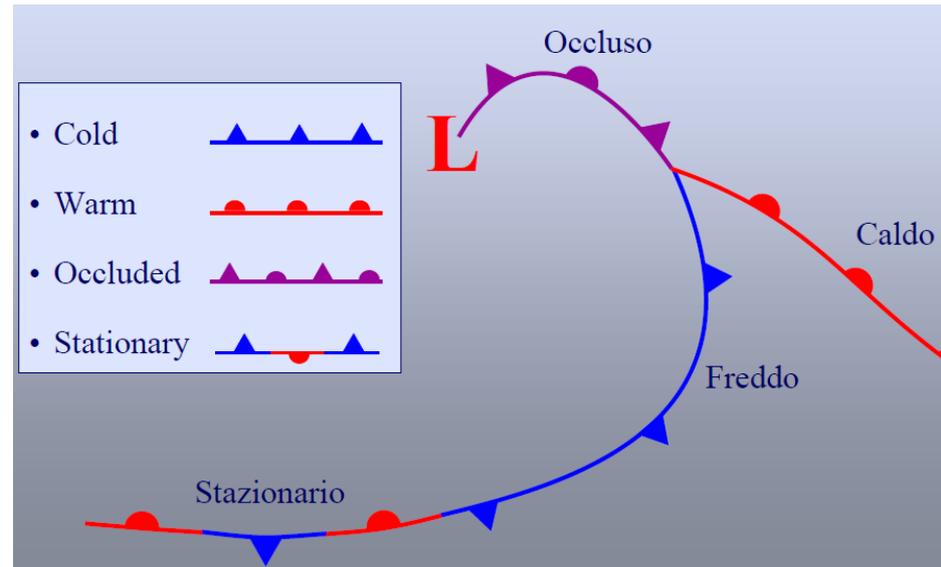
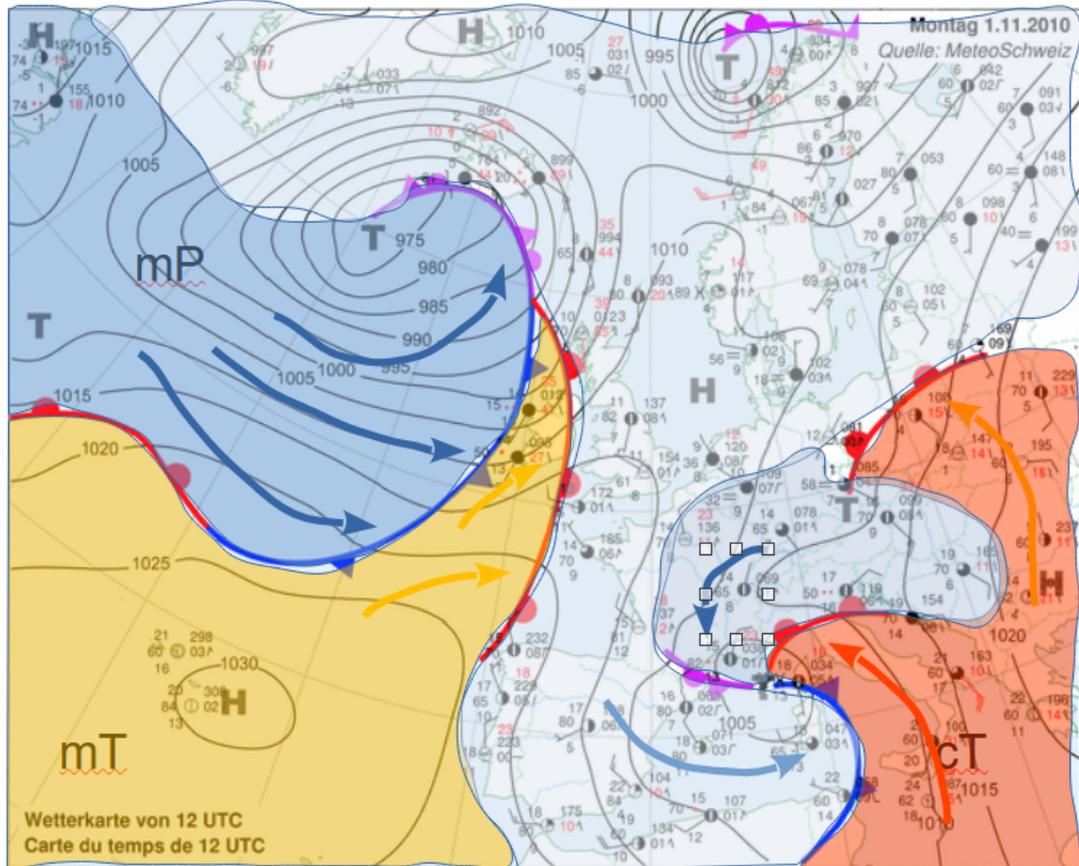
MARITTIMA TROPICALE (mT):

– Si origina nella grande fascia degli anticicloni subtropicali. L'alta pressione vi permane per gran parte dell'anno favorendo il ristagno e la formazione di grandi masse d'aria. L'aria è calda a causa delle basse latitudini e può contenere grandi quantità di vapore



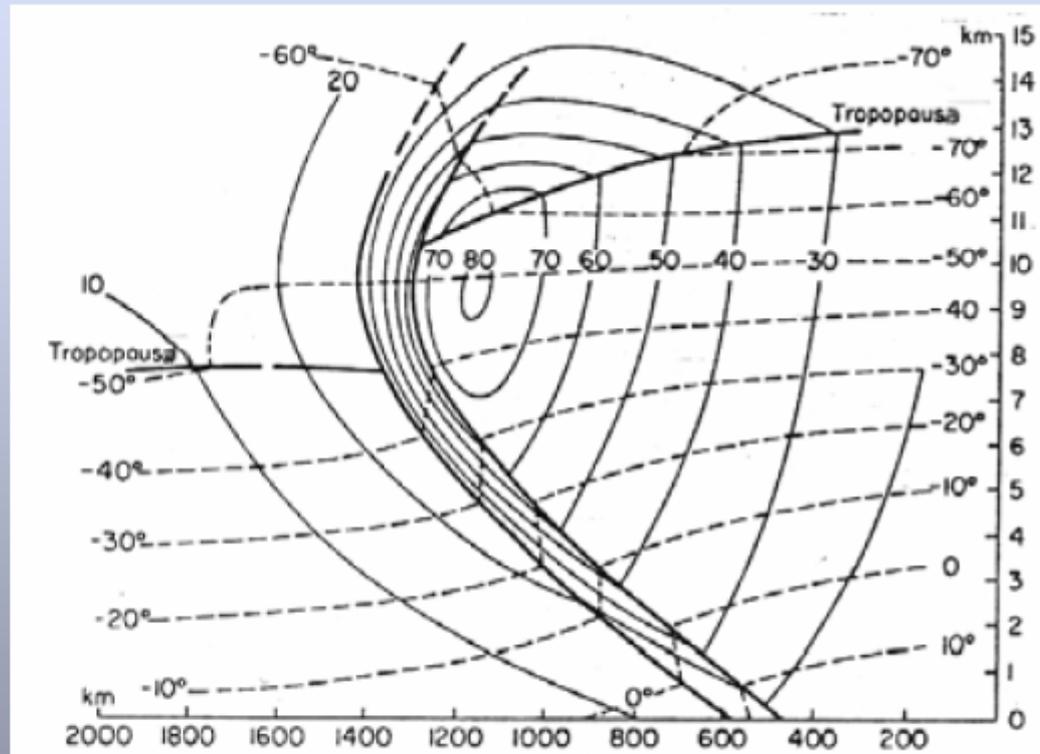
I Fronti

Si definisce fronte la proiezione al suolo della linea di contatto tra due masse d'aria aventi caratteristiche diverse



Fronte

- Fronte: sottile zona di transizione tra due masse d'aria, (non è però una superficie netta come quella degli oceani) estesa orizzontalmente per 100-200 Km e verticalmente per 1-3 Km.
- La zona di transizione presenta discontinuità nelle grandezze meteo, è molto sottile rispetto alla sua estensione (100m-1Km) ed è disposta obliquamente

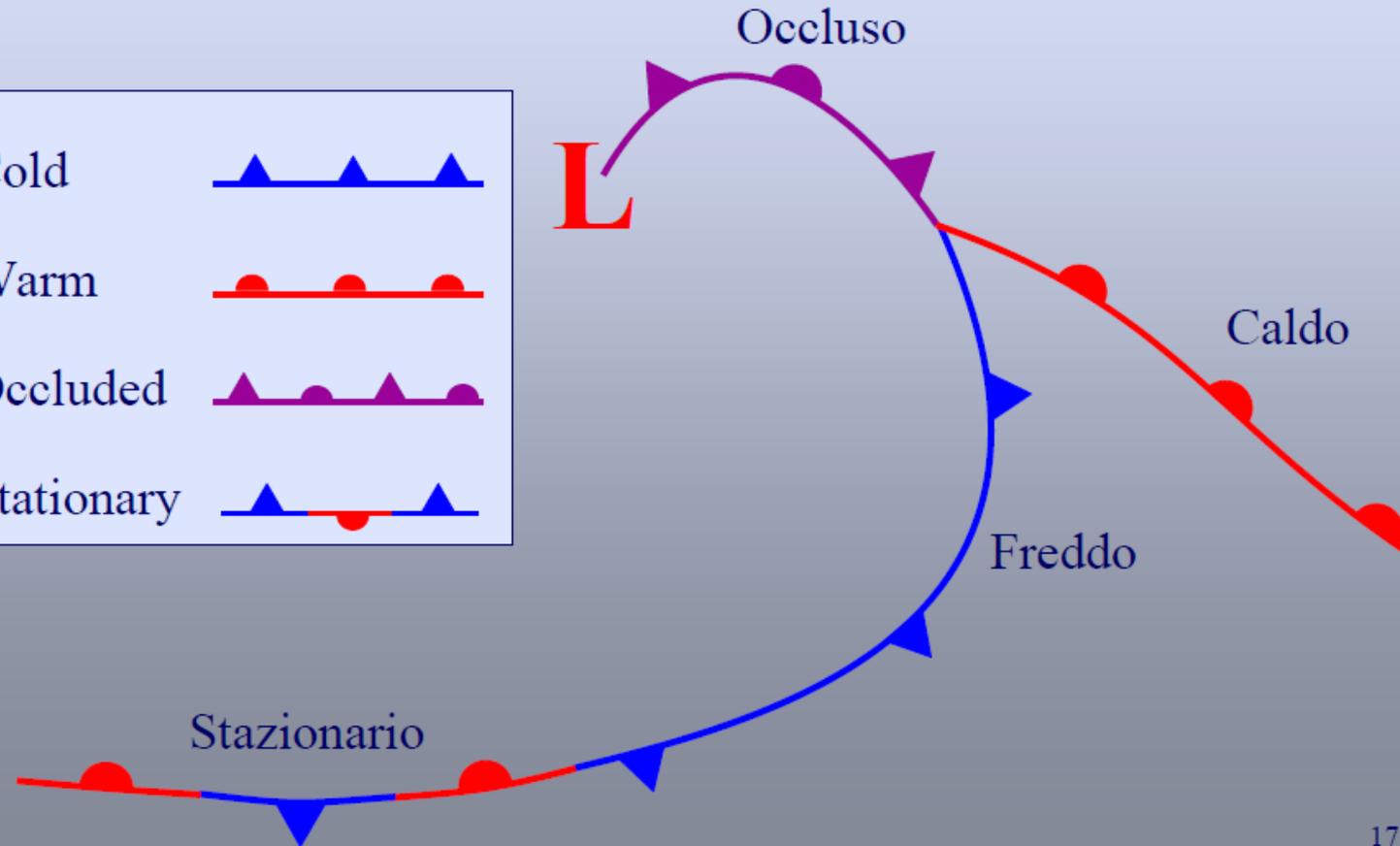


- Nelle mappe i fronti sono sempre disegnati come appaiono in superficie (= al suolo)
- Non è detto che la differenza tra le masse d'aria sia solo termica: possono anche esistere fronti dovuti a differenze di umidità (→ densità)

Fronti

Ci sono 4 tipi di fronte.

- Cold 
- Warm 
- Occluded 
- Stationary 

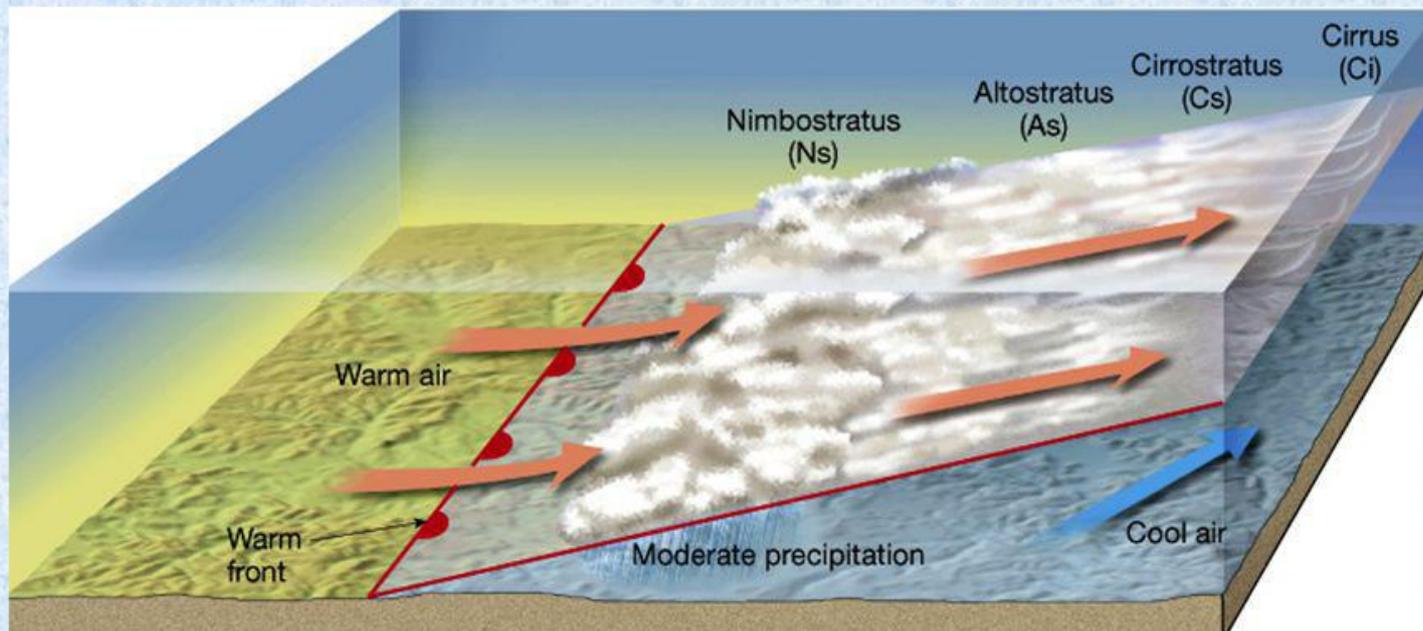


Fronte caldo

Zona di separazione tra
aria più calda umida ed
instabile ed aria più
fredda e secca
preesistente

Caratteristiche:

- * tendenza dell'aria calda a risalire la massa d'aria fredda
- * nubi prevalentemente stratiformi
- * precipitazioni persistenti e diffuse
- * velocità 20 km/h

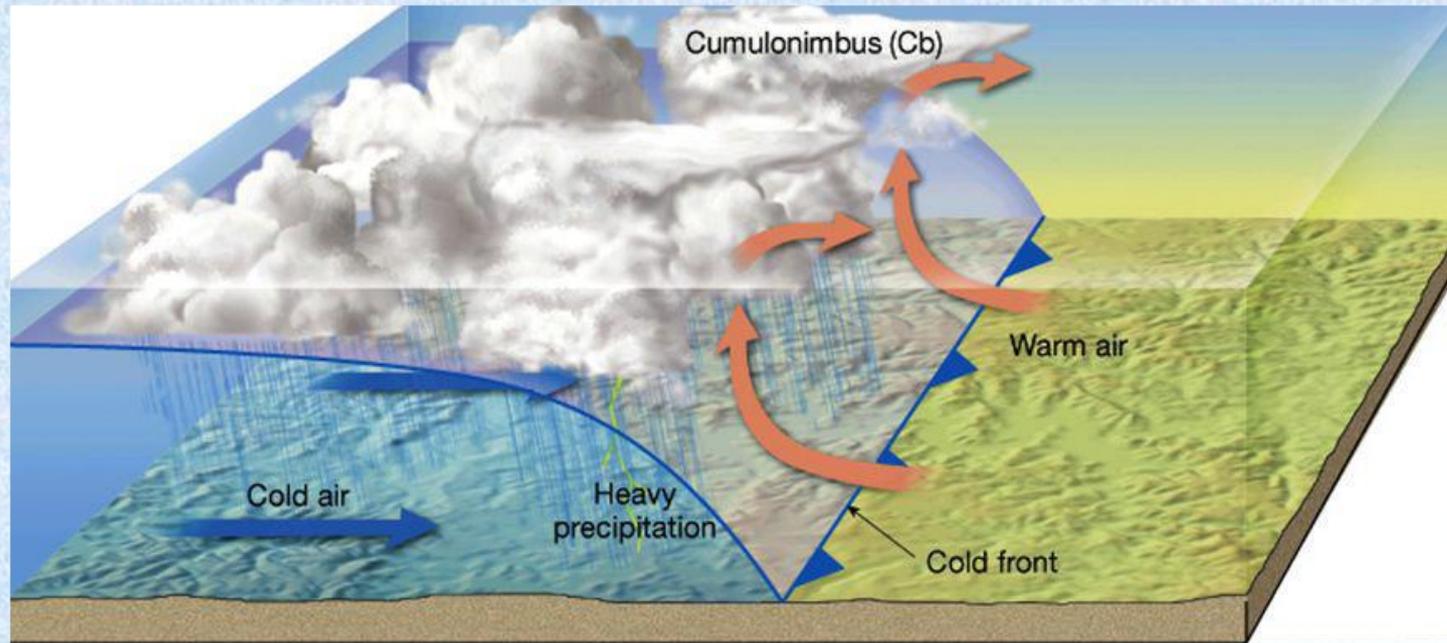


Fronte freddo

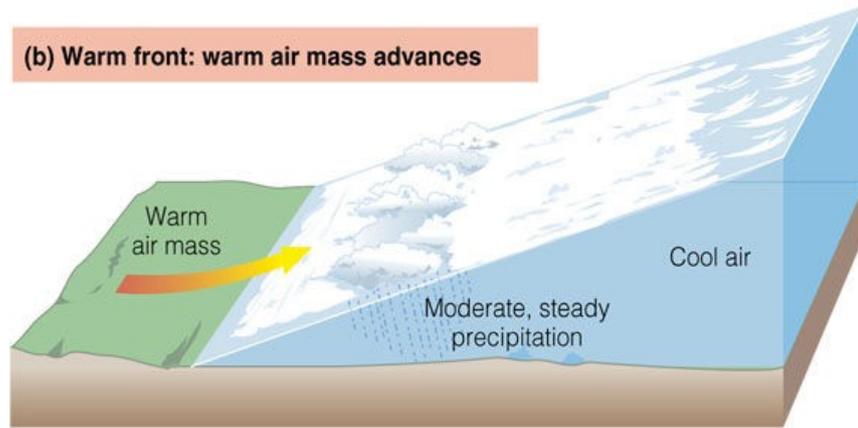
Zona di separazione tra aria più calda, umida ed instabile scalzata da aria più fredda, secca e stabile

Caratteristiche:

- * brusco calo della temperatura
- * la pressione è al minimo, poi in ripresa
- * rinforzo e rotazione dei venti da nord
- * aumento della nuvolosità e precipitazioni
- * velocità 30 - 50 km/h



(b) Warm front: warm air mass advances



(a) Cold front: cold air mass advances

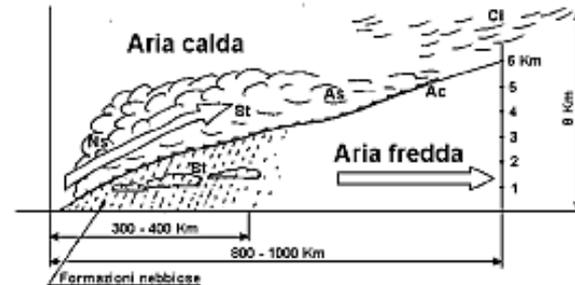
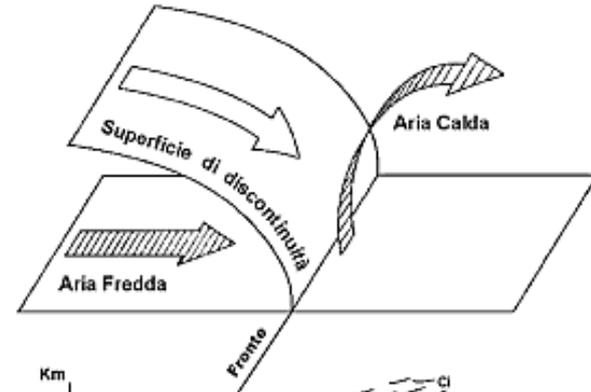
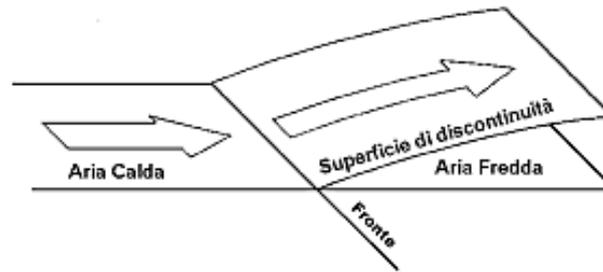
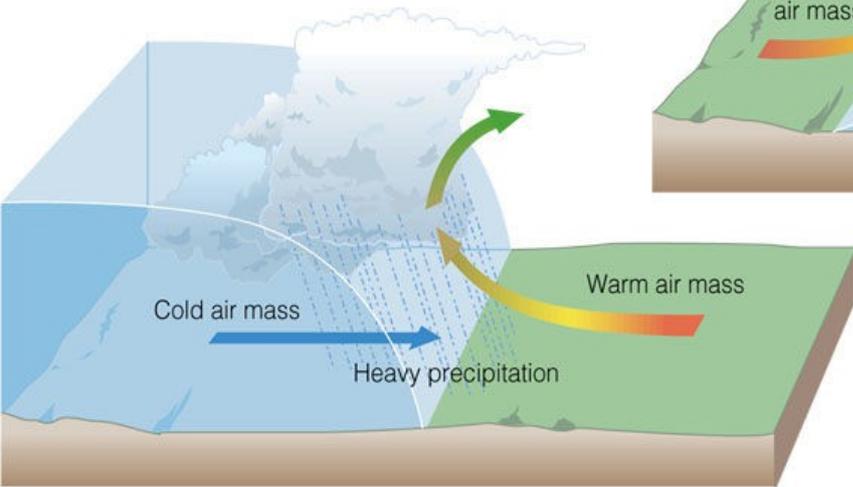
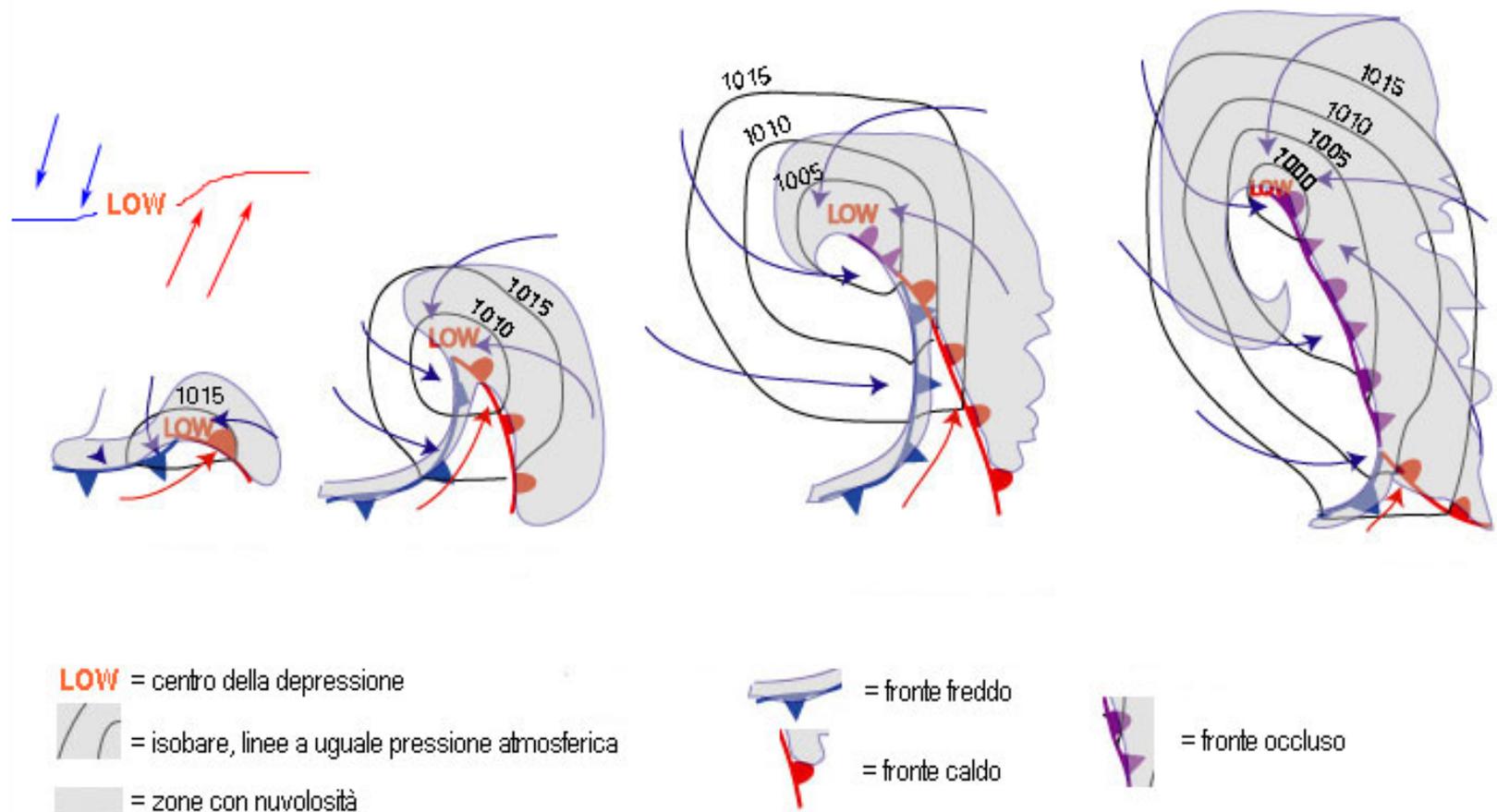


FIGURA 3

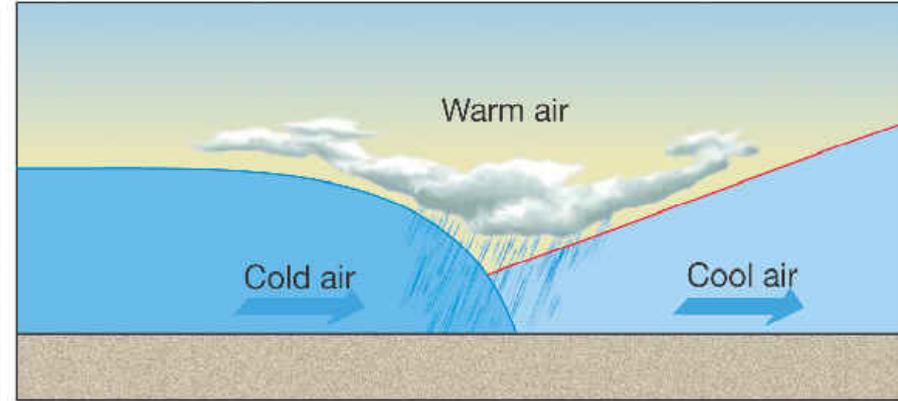
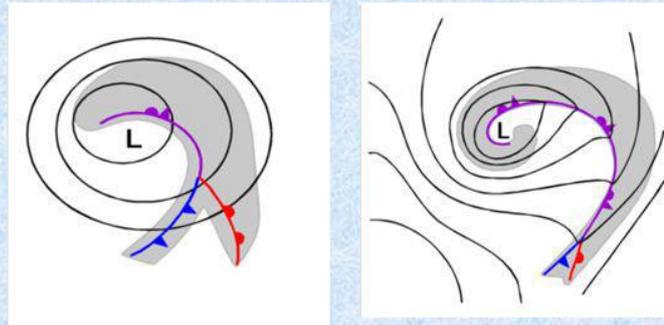
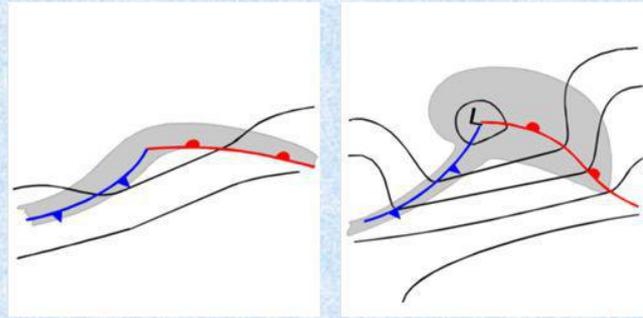
Sviluppo dei fronti a scala sinottica associati ad un sistema ciclonico extra-tropicale



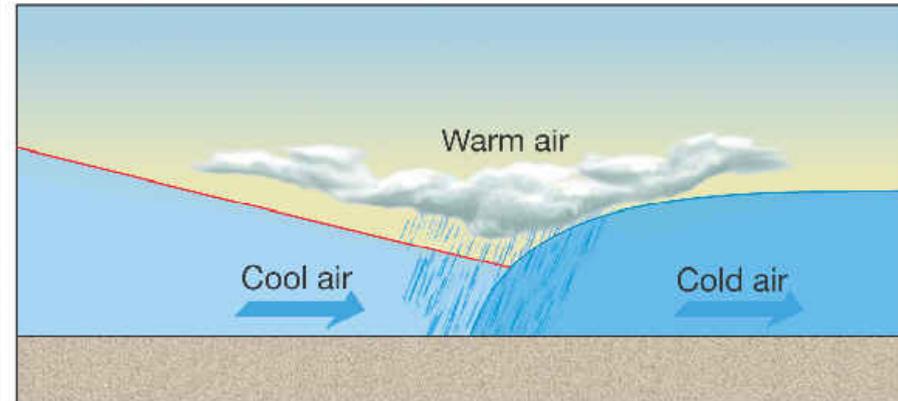
Fronte Occluso

Fronte occluso

il fronte **freddo** si muove più velocemente di quello **caldo** e quando lo raggiunge inizia la fase di **occlusione**



(a) Cold-type



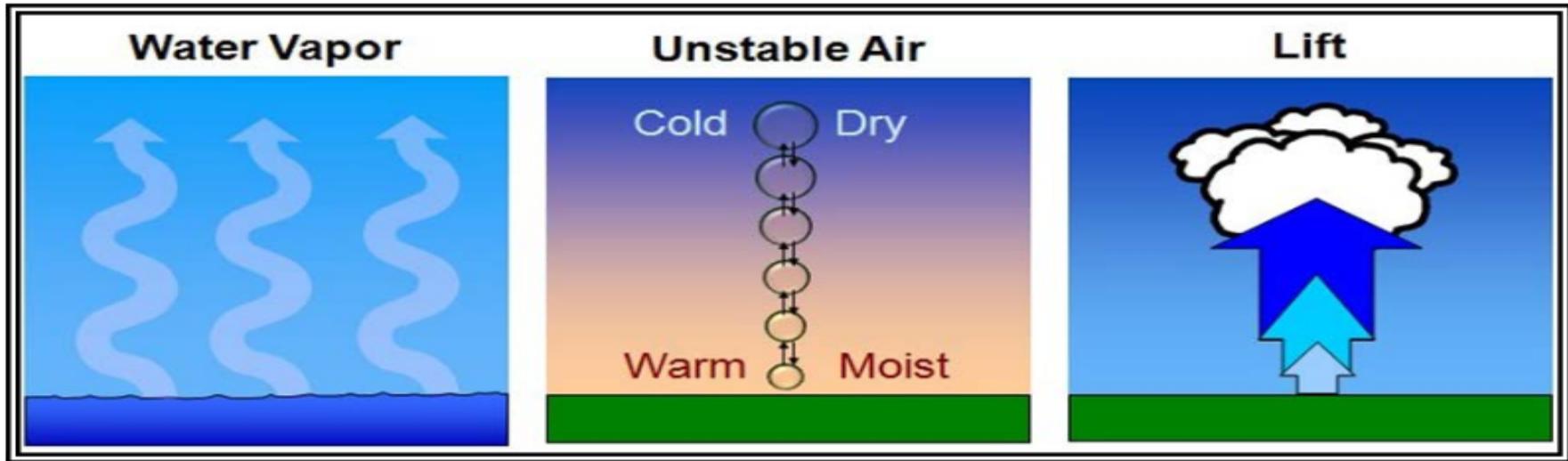
(b) Warm-type

IL TEMPORALE



Un temporale si sviluppa solo se si ha la concomitanza delle seguenti condizioni:

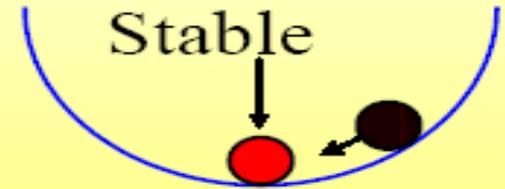
- adeguato contenuto di vapore nell'aria;
- aria instabile;
- presenza di una qualsiasi azione di sollevamento.



La stabilità atmosferica

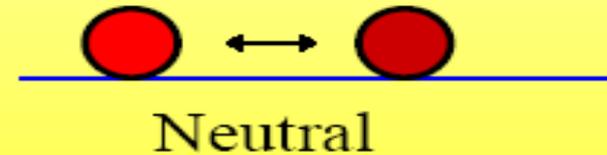
Stable situations

- a small change is resisted and the system returns to its previous state



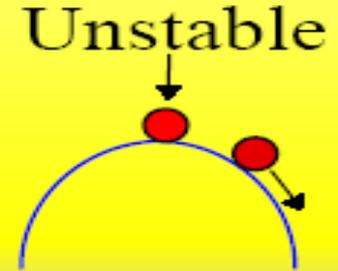
Neutral situations

- a small change is neither resisted nor enlarged



Unstable situations

- a small change initiates a bigger change, and hence a bigger still, and hence



La stabilità atmosferica

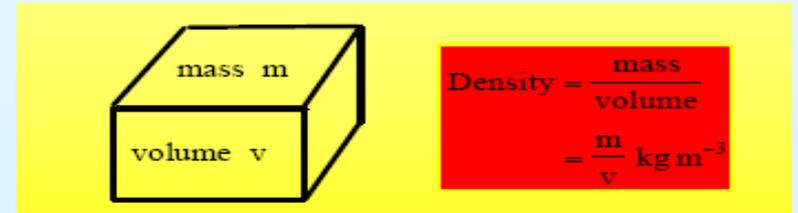
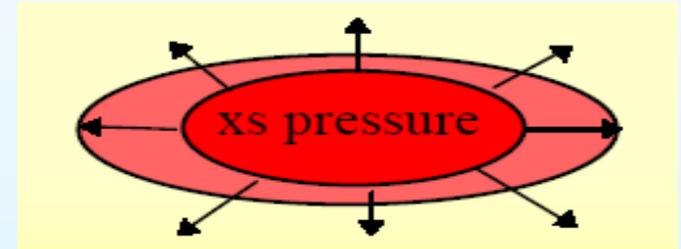
I principali “attori” che intervengono nella determinazione della stabilità atmosferica sono:

La pressione = forza/superficie. Se una particella d’aria ha una pressione maggiore dell’ambiente circostante, si espande

La densità = massa/volume

La temperatura

Il contenuto di umidità



$$\text{Relative humidity} = \frac{\text{actual vapour pressure}}{\text{saturation vapour pressure}} \times 100\%$$

La stabilità atmosferica

Pressione, Temperatura e Volume di una particella di gas sono legate dalla relazione :

Per un gas ideale:

$$PV = nRT$$

dove n è il numero di Moli del Gas e R è la costante dei gas

Se due particelle di gas hanno la stessa pressione, allora **il gas più caldo ha una densità minore**

Questo dipende dal fatto che la formula dei gas perfetti può essere scritta

$$P \propto \text{density} \times T$$

La stabilità atmosferica

Processo Adiabatico

In una particella d'aria che si espande, *senza scambi di calore con l'ambiente circostante*, **aumentano il suo volume, e diminuiscono la pressione e la temperatura**

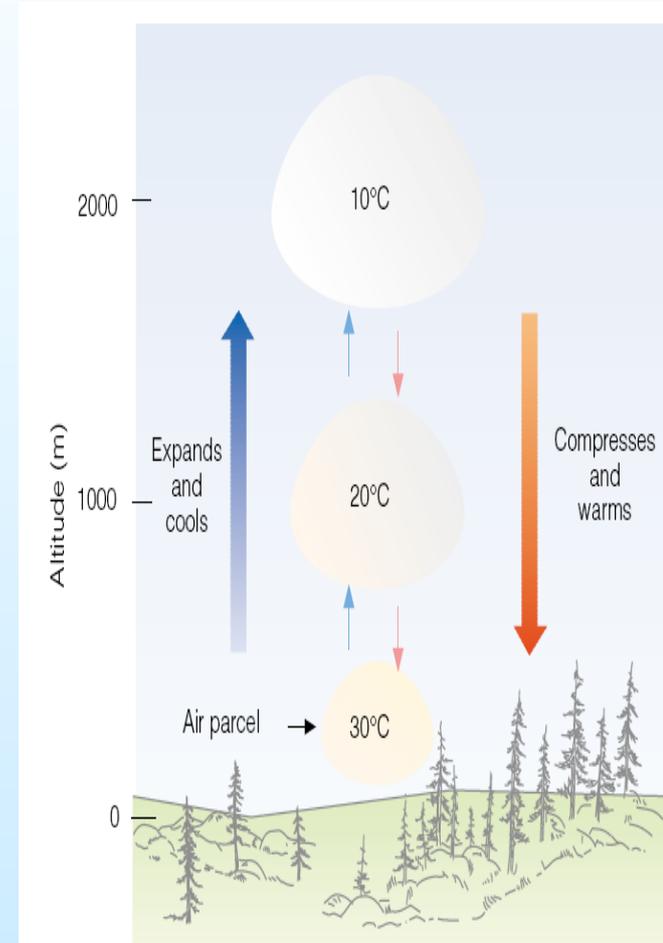
In meteorologia ci concentriamo sulle variazioni di temperatura

Un processo adiabatico è reversibile

Se la particella d'aria non raggiunge la saturazione, il raffreddamento o il riscaldamento avviene con un **gradiente adiabatico secco**

Costante nella nostra atmosfera **10 °C / km**

Se la particella d'aria raggiunge la condensazione il raffreddamento avviene con un gradiente minore: **Gradiente adiabatico umido = 6°C /Km** *Perche?*



La stabilità atmosferica

Se la particella d'aria raggiunge la condensazione

Condensazione (RH = 100%), Rilascio di calore latente

Calore Latente attenua in parte il raffreddamento

Il raffreddamento avviene con un gradiente minore: Gradiente adiabatico umido

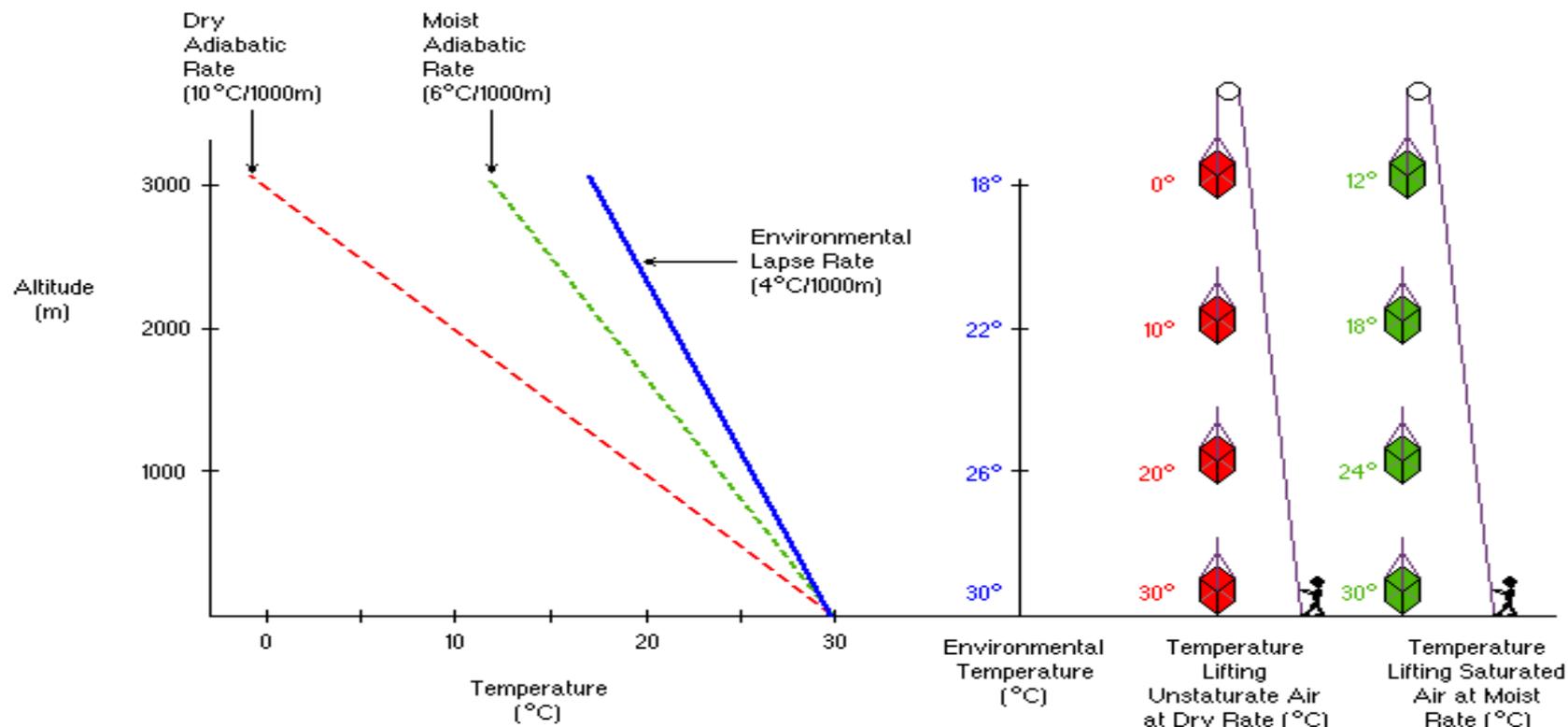
Non è costante, varia con la temperatura e l'umidità

Valore medio ~ 6 °C / km

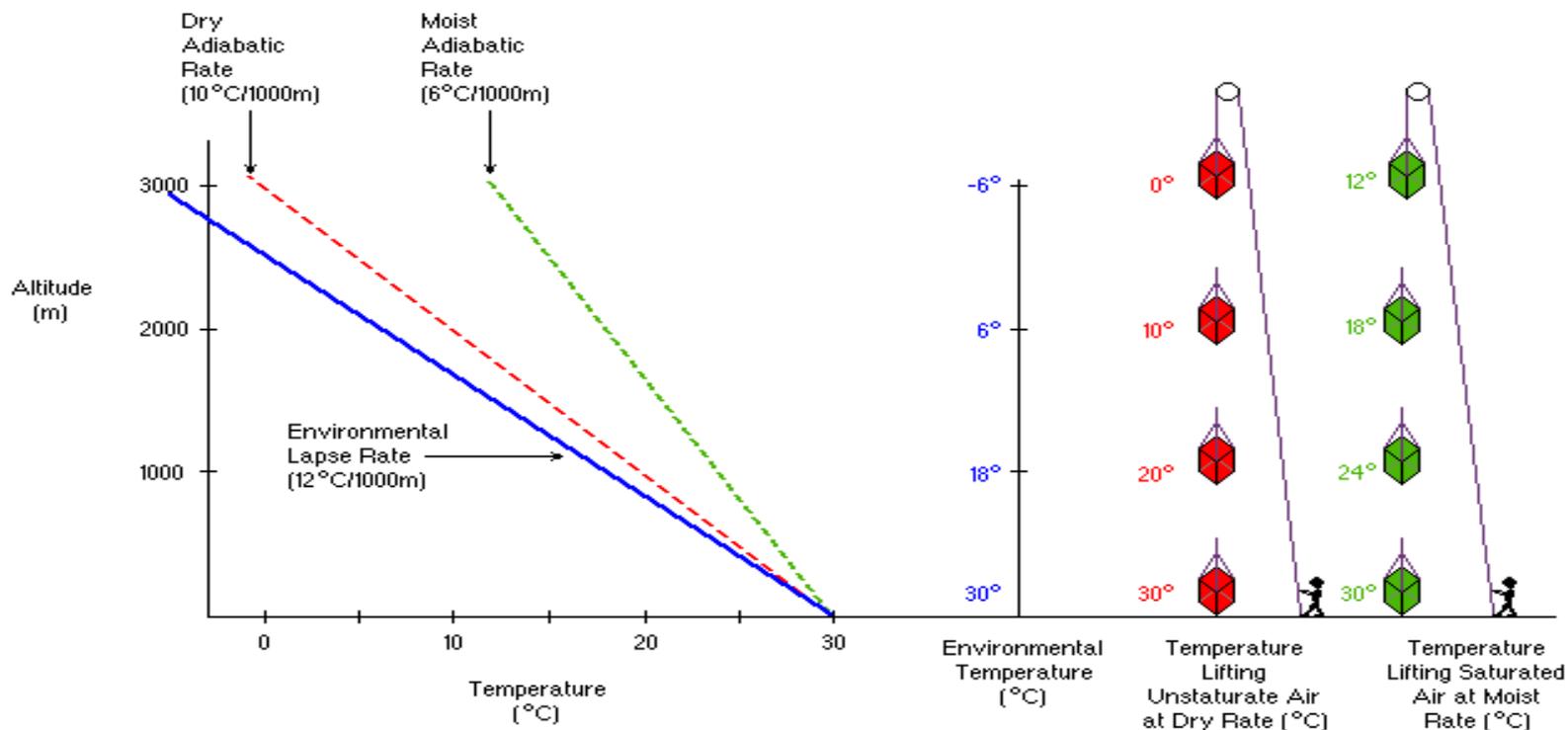
Non è reversibile (calore aggiunto, umidità rimossa)

- *Processo pseudo-adiabatico*

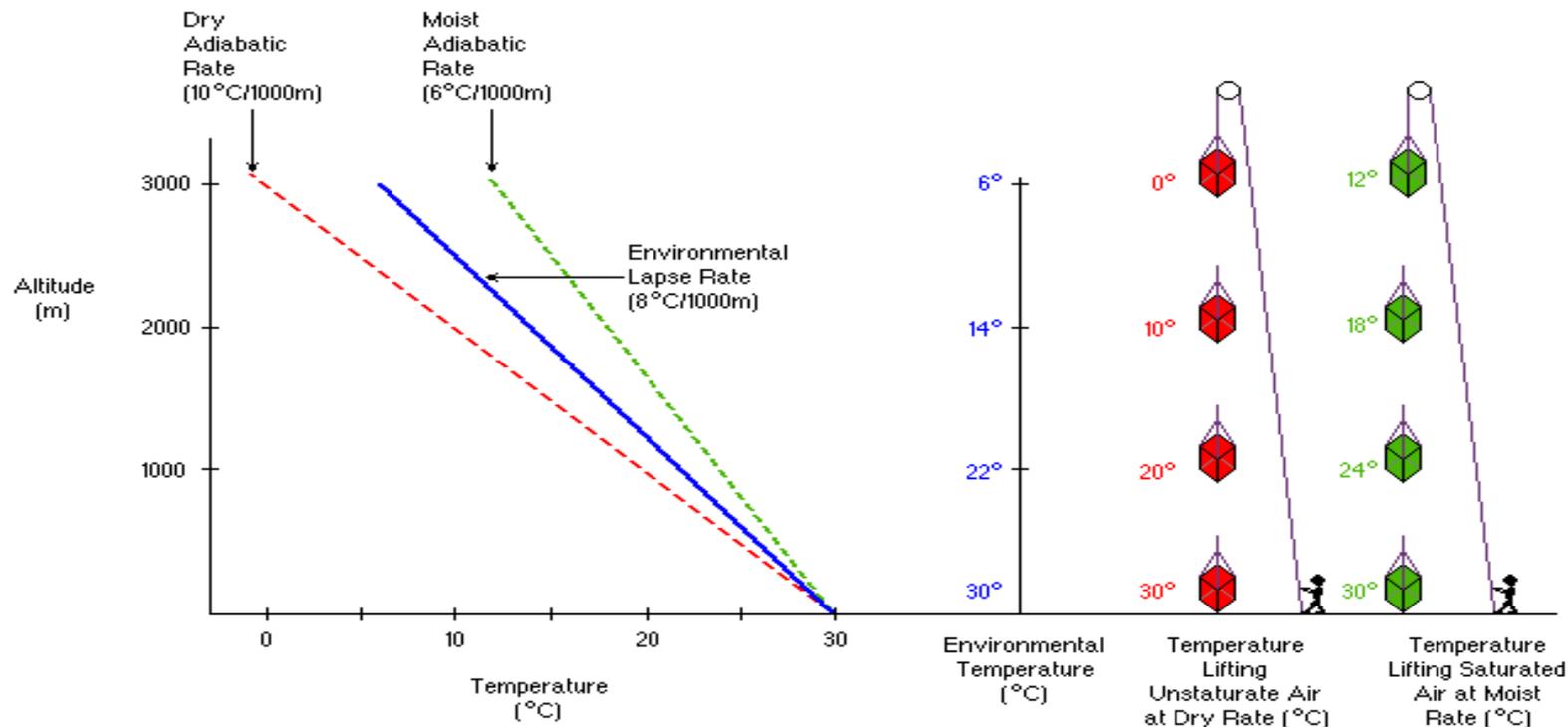
Assolutamente Stabile



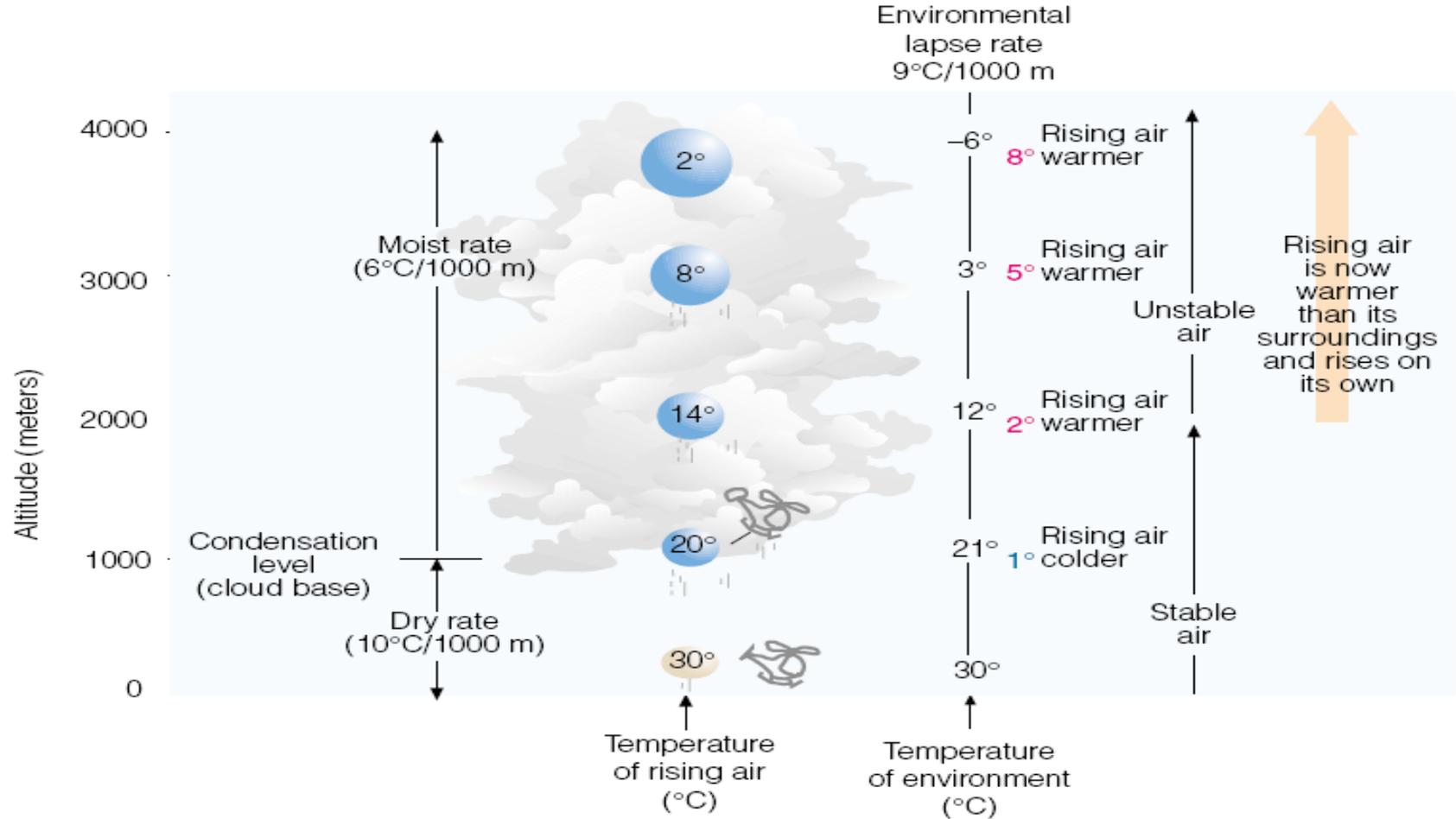
Assolutamente Instabile



Condizionatamente Instabile



Sviluppo di una nube temporalesca

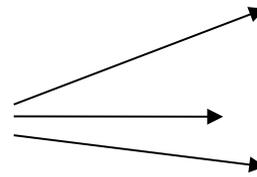


CLASSIFICAZIONE DEI TEMPORALI

In base all' **ORIGINE**

Temporali di masse d'aria;

Temporali frontali.



Termoconvettivi

Orografici

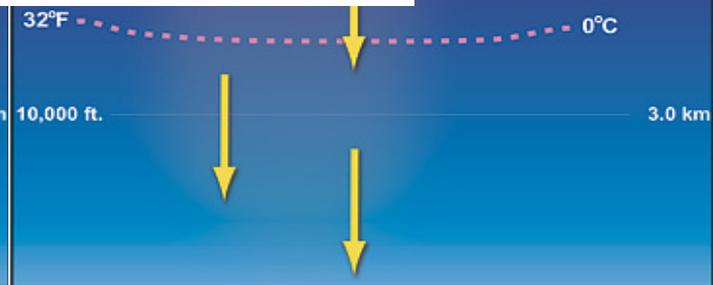
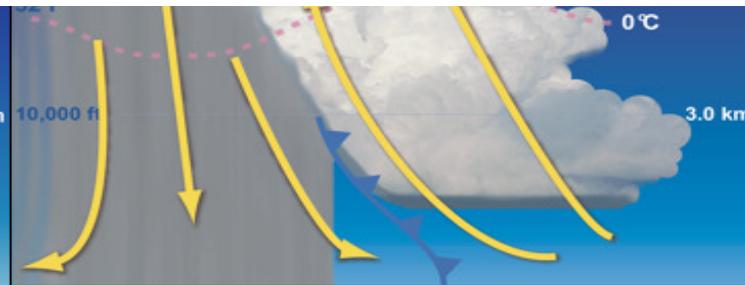
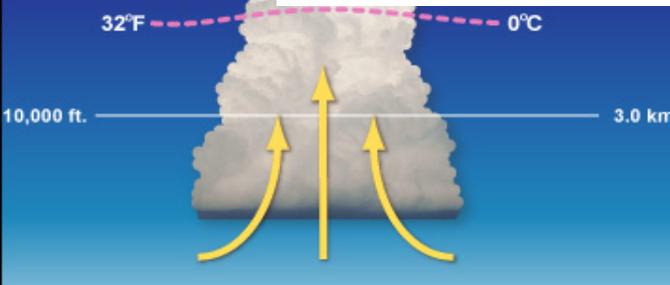
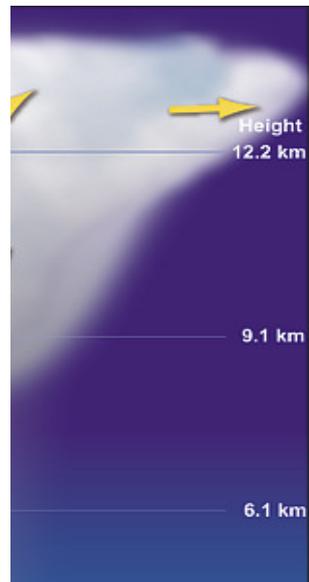
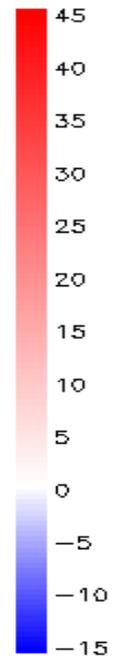
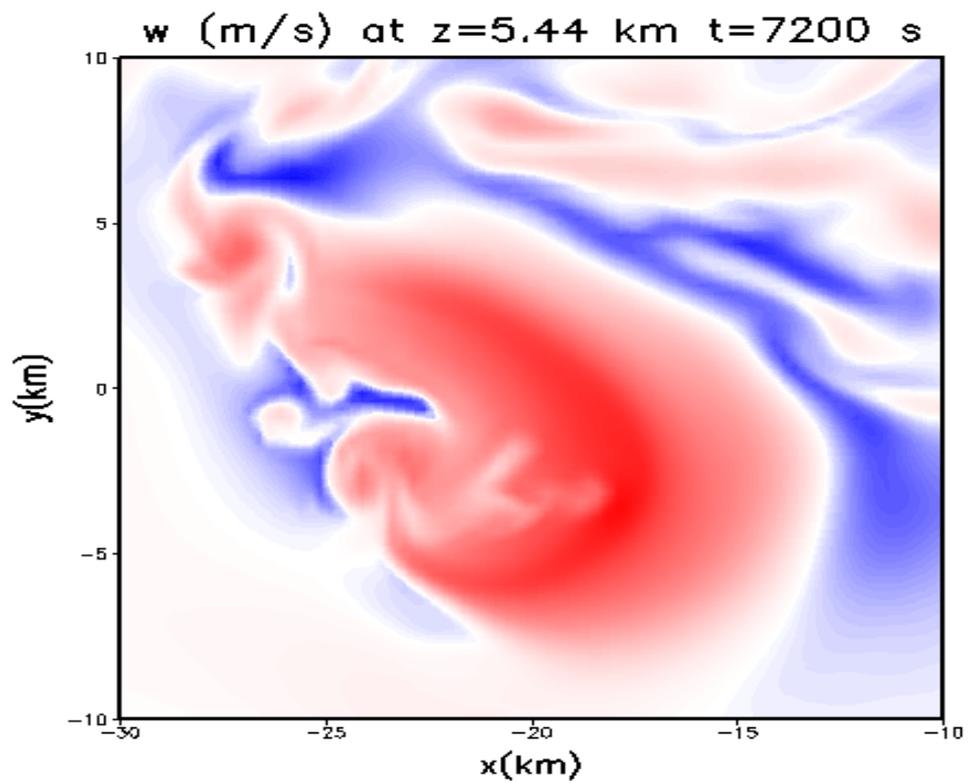
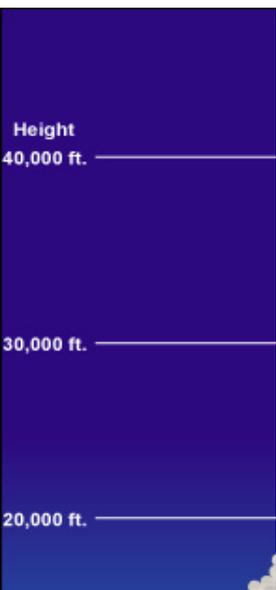
Convergenza

In base alla **STRUTTURA**

Temporali a cella singola;

Temporali multicella;

Temporali supercella.



Towering Cumulus Stage

Mature Stage

Dissipating Stage

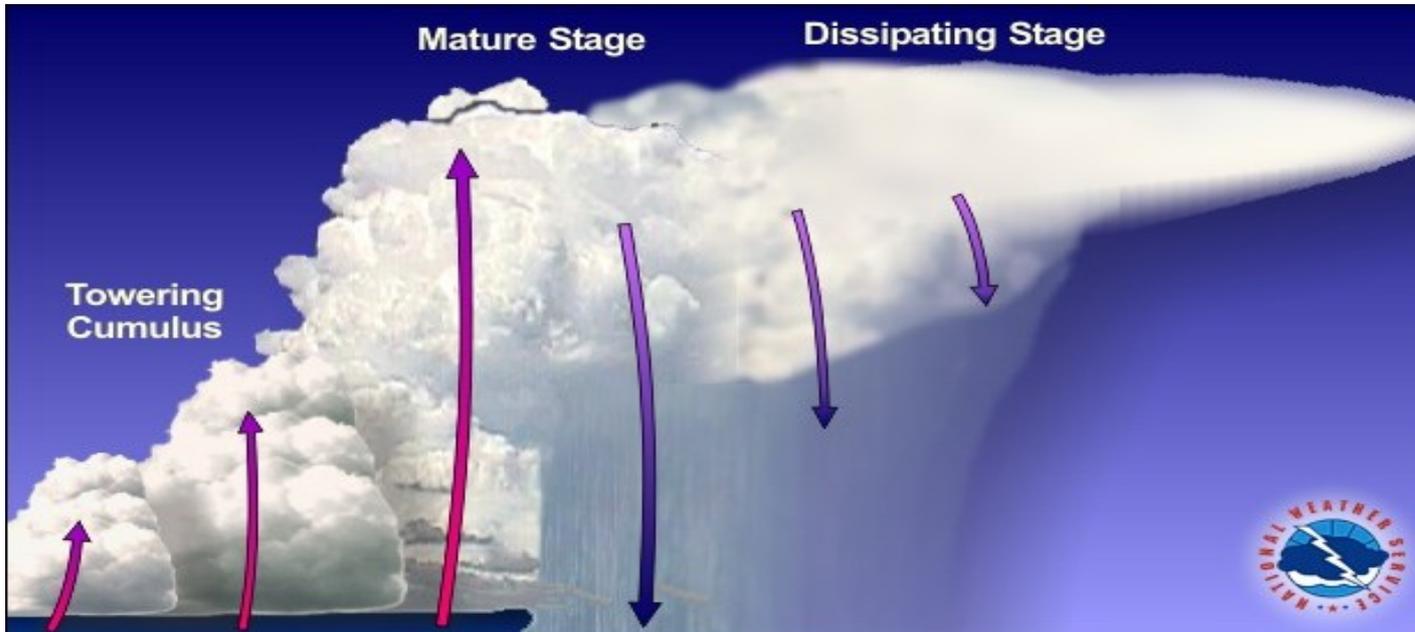
TEMPORALE A CELLA SINGOLA

La cella singola è la forma più semplice di temporale e si sviluppa indipendentemente da altri Cb. Si nota ad occhio nudo come un singolo cumulonembo dotato di un'unica e grossa protuberanza. La durata media è di circa 2 ore e il raggio della cella non supera di solito i 30km.



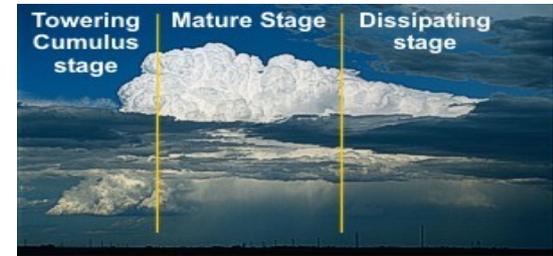
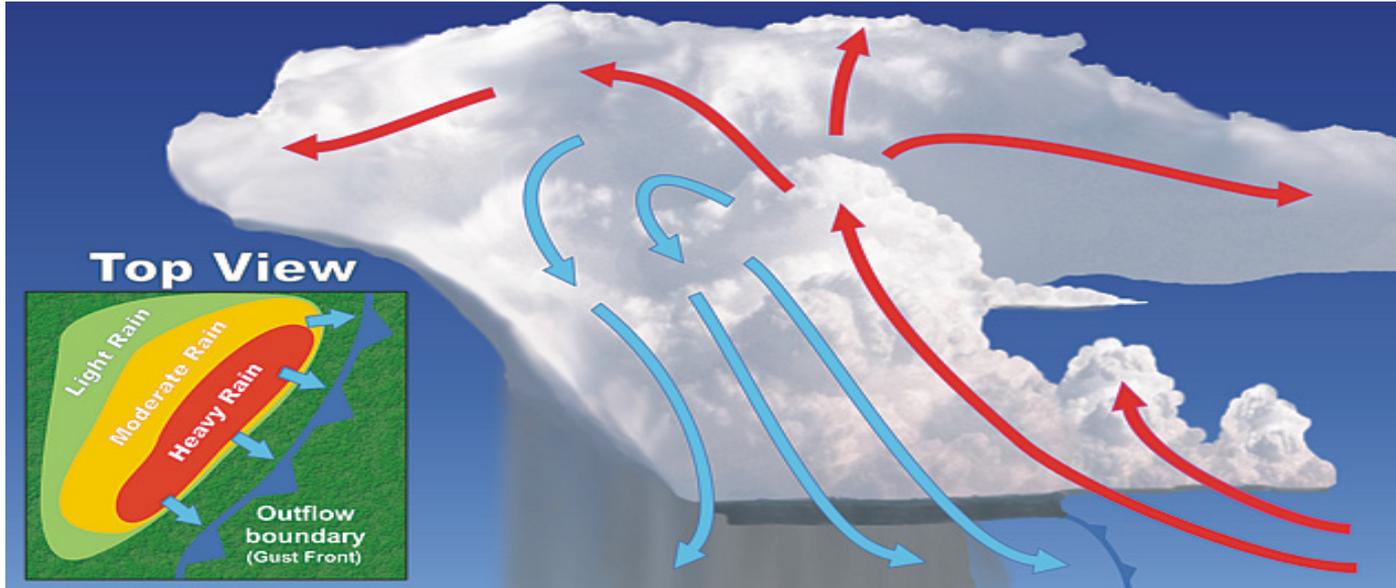
TEMPORALE MULTICELLA (1)

I temporali a multicella differiscono dal tipo a cella singola per la presenza di una serie di correnti ascendenti pulsanti e separate (updraft) che mantengono in uno stato più o meno stazionario la forza e la struttura globale della nube temporalesca. Queste pulsazioni possono variare dalle decine di secondi alle decine di minuti ed essere osservate come nubi torreggianti separate ed in



TEMPORALE MULTICELLA (2)

La caratteristica del temporale a Multicelle è che la nuova cella in formazione nasce dalla cella che l'ha preceduta durante il suo stadio di dissolvimento. Ciascuna cella nasce dall'updraft dominante che per tutta la durata del suo stadio di maturità sarà anche la parte più attiva e vitale del temporale. Questo sistema temporalesco rimane in vita grazie ad un processo ininterrotto le cui componenti sono le singole celle temporalesche che passano attraverso il proprio ciclo evolutivo. Il temporale a Multicella può sopravvivere anche per molte ore grazie al bilancio quasi stazionario fra gli updraft ed i downdraft



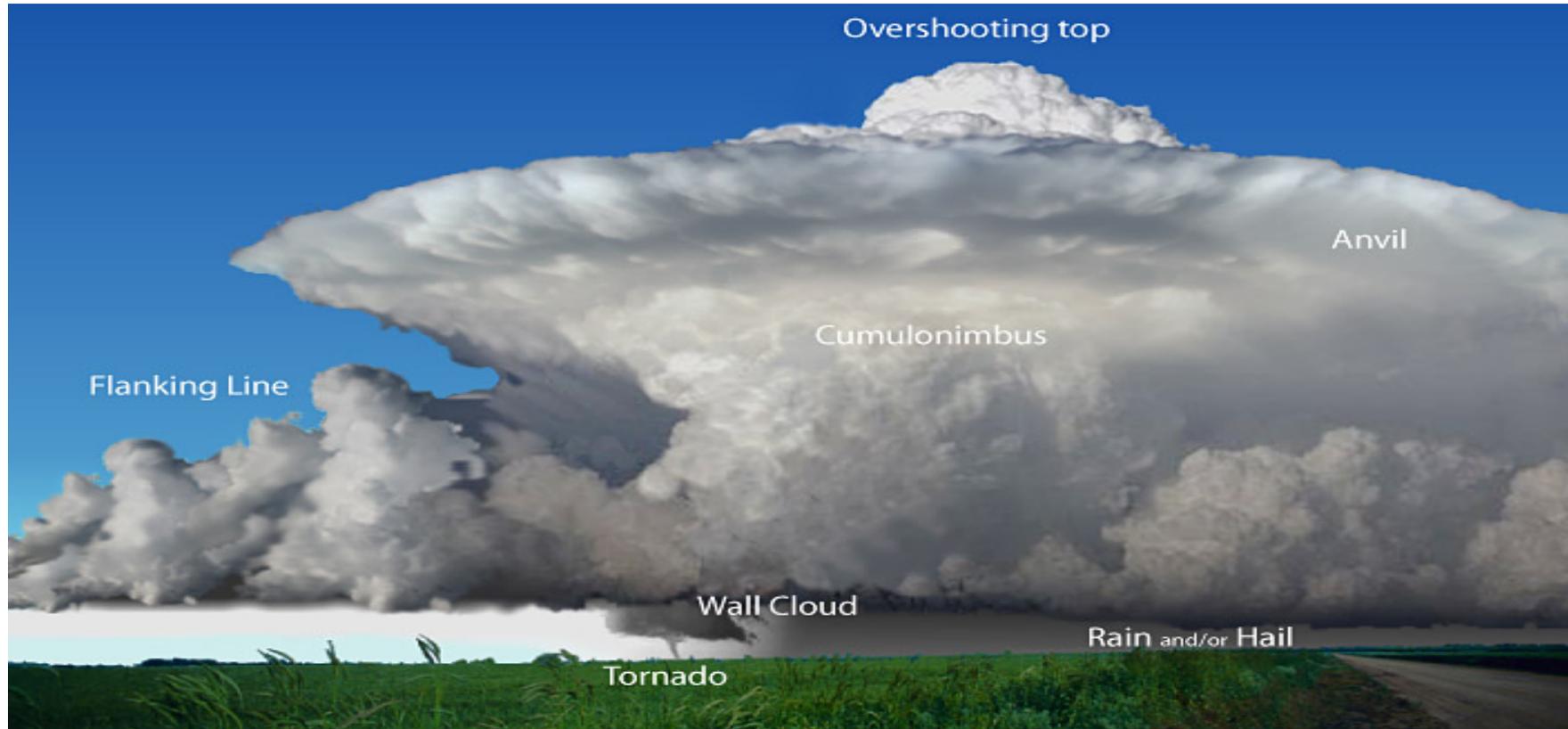
TEMPORALE SUPERCELLA (1)

La Supercella è in assoluto il più pericoloso ed il più potente fra tutti i tipi di temporale e si distingue dagli altri per la presenza di un updraft rotante ovvero di un mesociclone. E' causa di fenomeni meteorologici estremi come pioggia intensa o nubifragi, alluvioni lampo, grandine di grandi dimensioni, venti forti ed a volte trombe d'aria. La formazione di una Supercella richiede la concomitanza di numerosi eventi ed è per questo motivo che in Italia è (era) un fenomeno relativamente raro che spesso viene scambiato con temporali particolarmente violenti

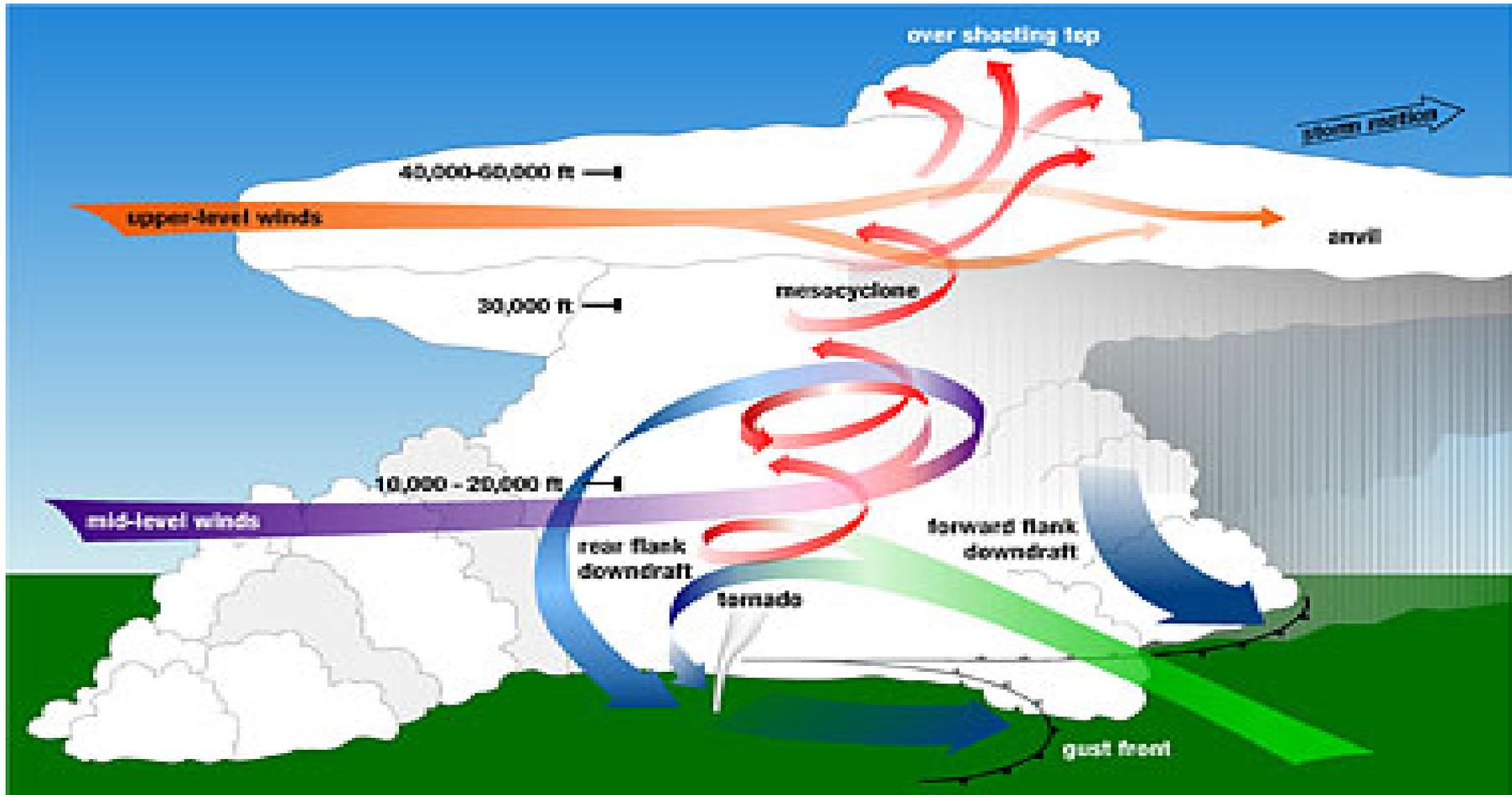


TEMPORALE SUPERCELLA (2)

All'interno delle celle temporalesche il sistema delle correnti spesso non è ordinato secondo il classico schema della cella convettiva (correnti calde ascendenti e correnti fredde discendenti) a tal punto che ogni cella temporalesca tende ad interferire con le correnti di una cella adiacente. In questo caso si può dire che si disturbano a vicenda, impedendo così lo sviluppo di una singola cella o cella altamente organizzata. Ma se si dovessero creare le condizioni per lo sviluppo di una sola singola cella, allora il discorso cambierebbe completamente. In questo caso il cumulonembo che si sviluppa prende il nome scientifico di Supercella ed è costituito solo da due sistemi di correnti su vasta scala.



TEMPORALE SUPERCELLA (3)



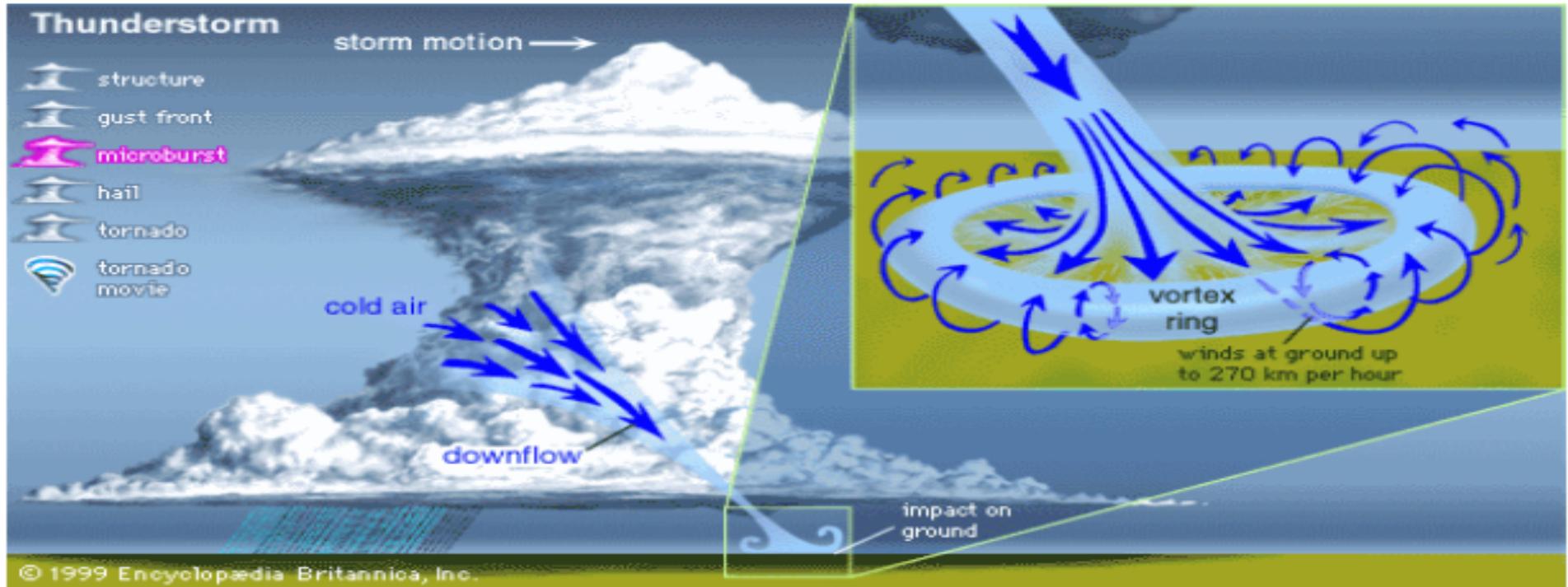


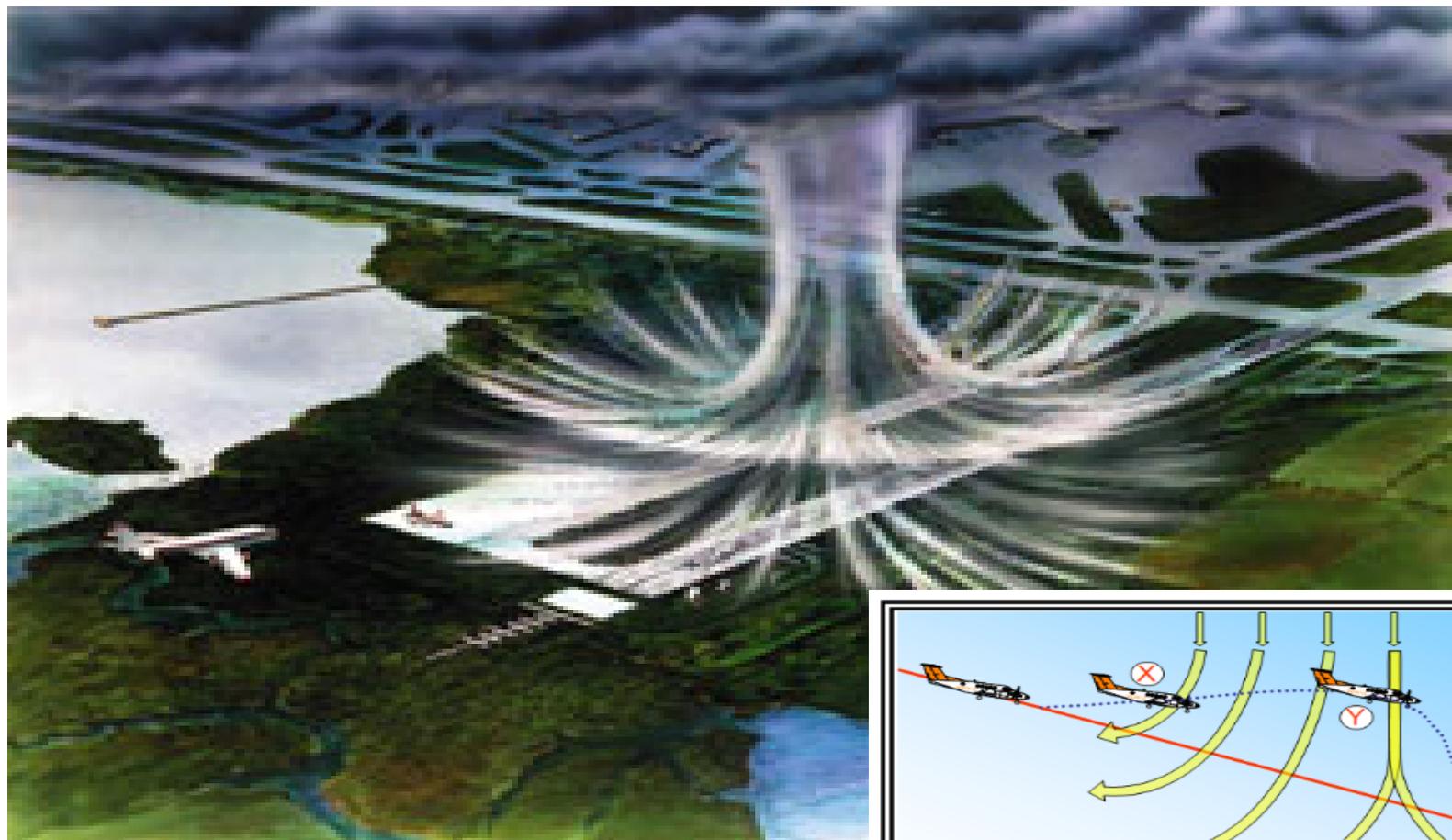
Navigating through thunderstorms © Chris Brady

The incredible scale of convective activity. This image was shot by Chris Brady en route, capturing an aircraft safely skirting a thunderstorm cell.

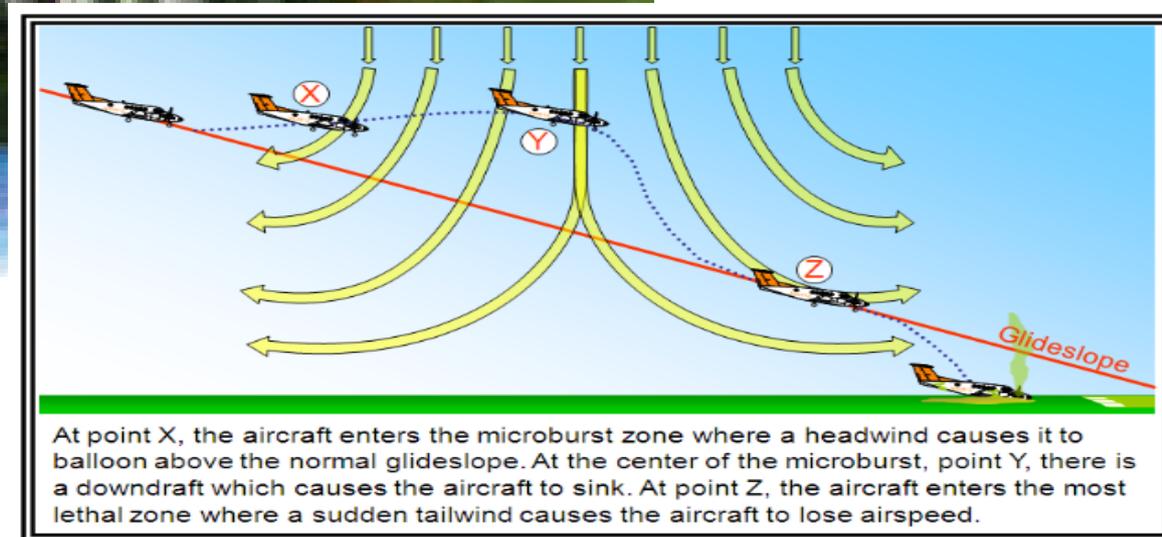
FENOMENI ASSOCIATI AL TEMPORALE: 1. TURBOLENZA

MICROBURST

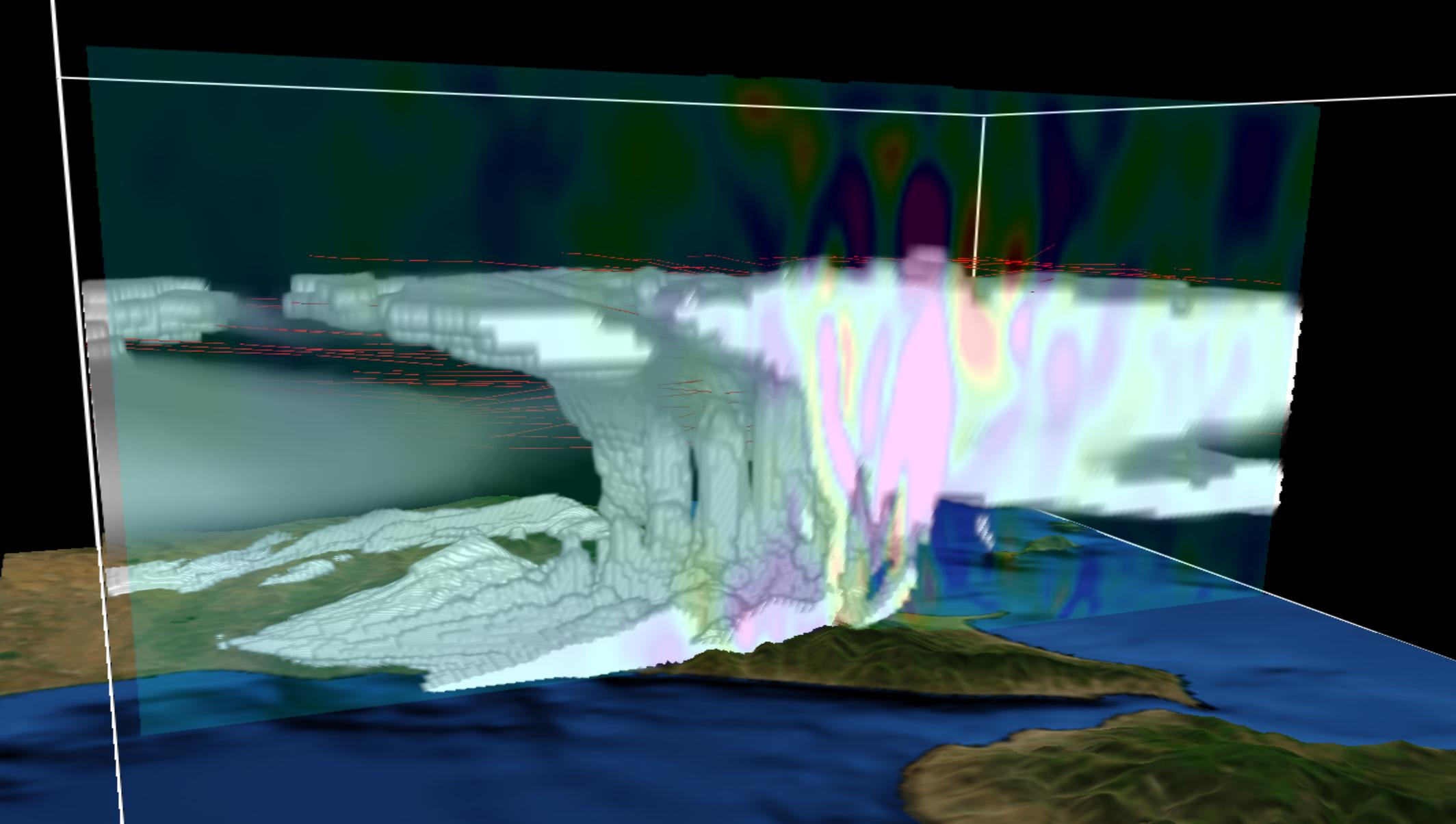


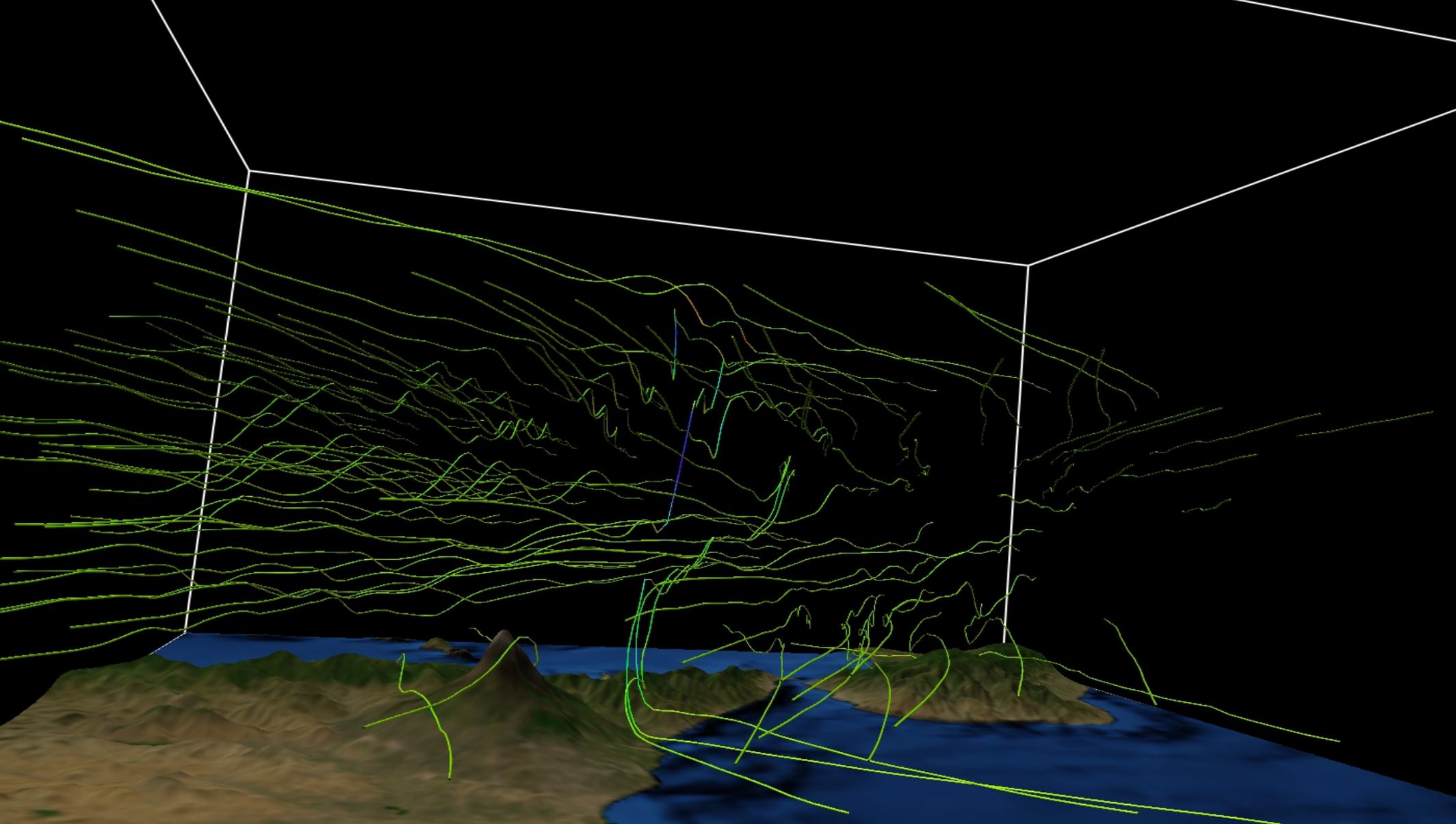


Landing in a microburst



At point X, the aircraft enters the microburst zone where a headwind causes it to balloon above the normal glideslope. At the center of the microburst, point Y, there is a downdraft which causes the aircraft to sink. At point Z, the aircraft enters the most lethal zone where a sudden tailwind causes the aircraft to lose airspeed.





W component



-10 0 10 20 30 42 m/s

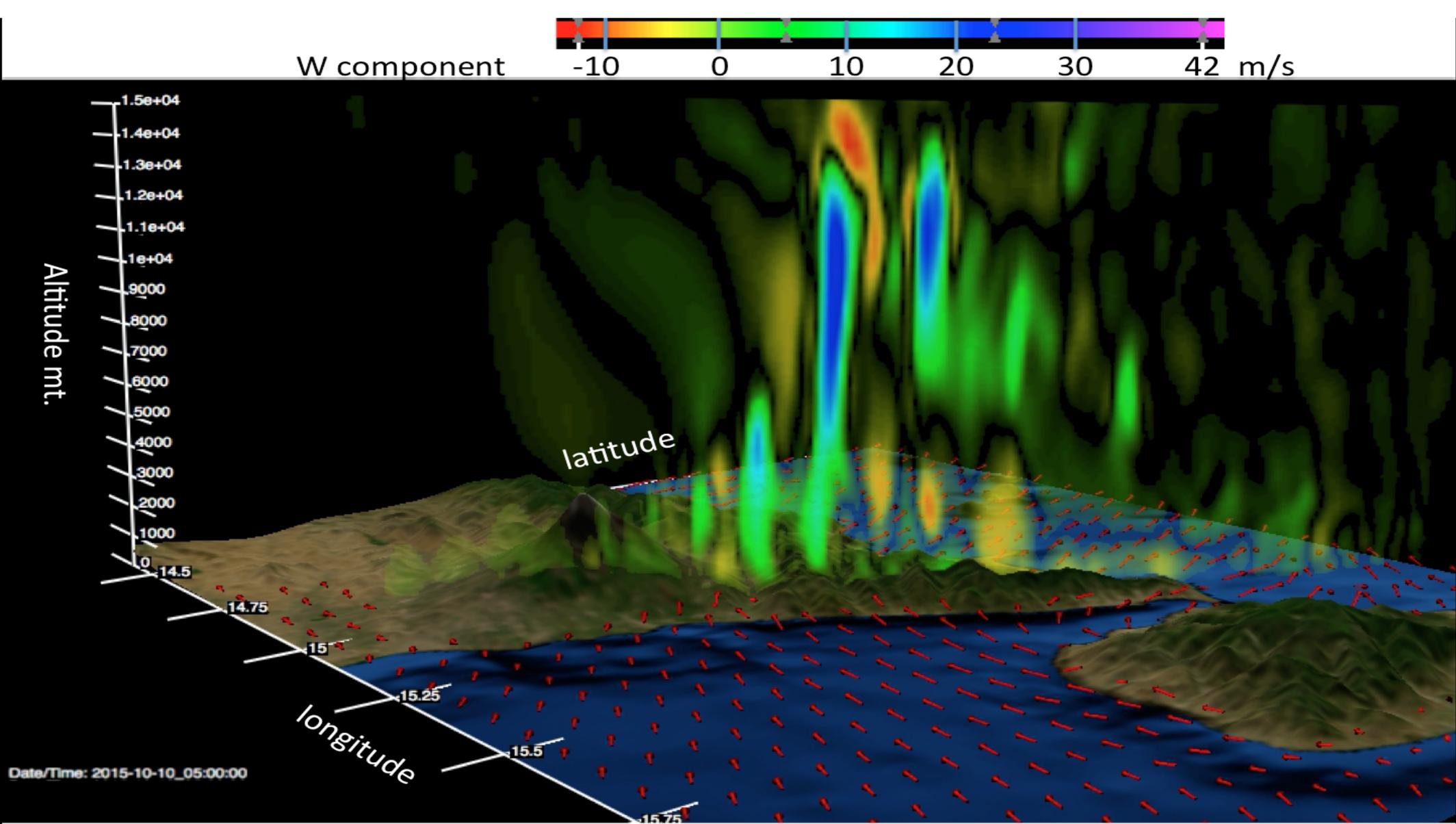
Altitude mt.



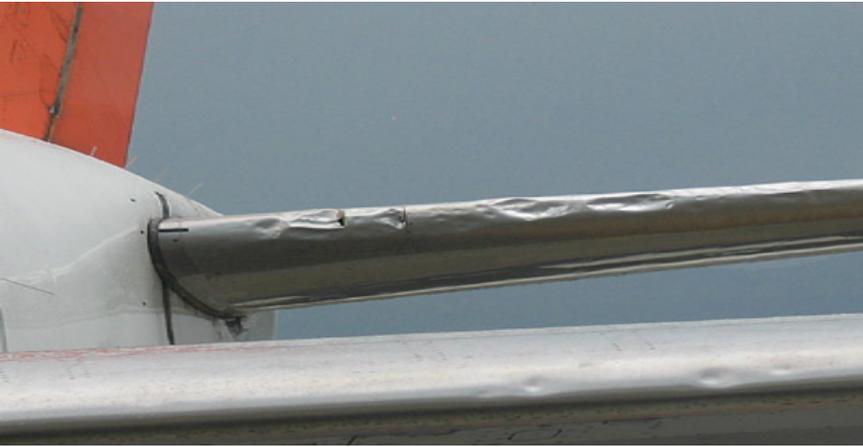
latitude

longitude

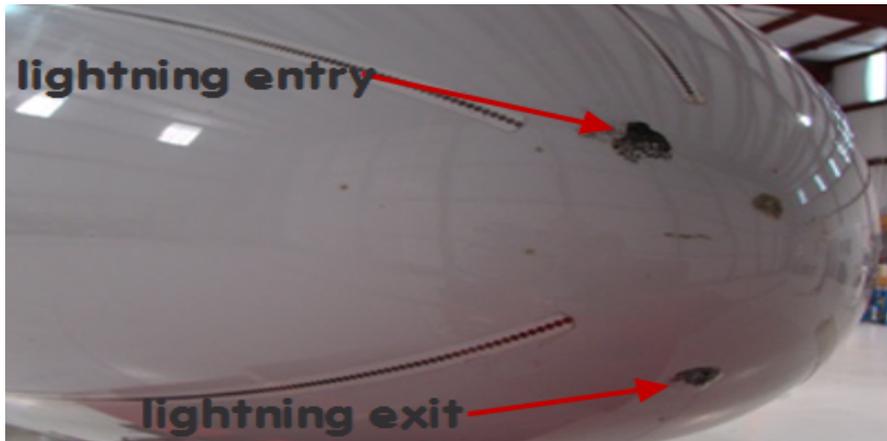
Date/Time: 2015-10-10_05:00:00



FENOMENI ASSOCIATI AL TEMPORALE: 3. GRANDINE



FENOMENI ASSOCIATI AL TEMPORALE: 4. FULMINI



Climate Change

"Ho visto molti rapporti, ma niente come il nuovo rapporto sul clima dell'Intergovernmental panel on climate change (IPCC), un atlante della sofferenza umana e un atto d'accusa schiacciante contro il fallimento delle politiche climatiche".

Antonio Guterres
Segretario generale delle Nazioni Unite
28 Febbraio 2022





Nel 2014, Isaac Cordal ha offerto una nuova prospettiva sul riscaldamento globale, attraverso le sue serie di installazioni di cemento sommerse. La sua opera, nota come *Waiting For The Climate Change* rimanda a scene apocalittiche cariche di umorismo nero. Il lavoro, inoltre, è un chiaro riferimento ad una società che affonda.



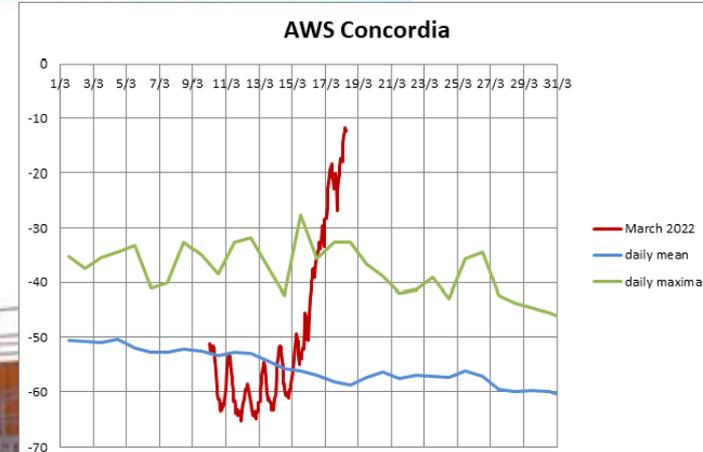
**Art, 2014: "Politicians
discussing
global warming"**



Reality, 2021

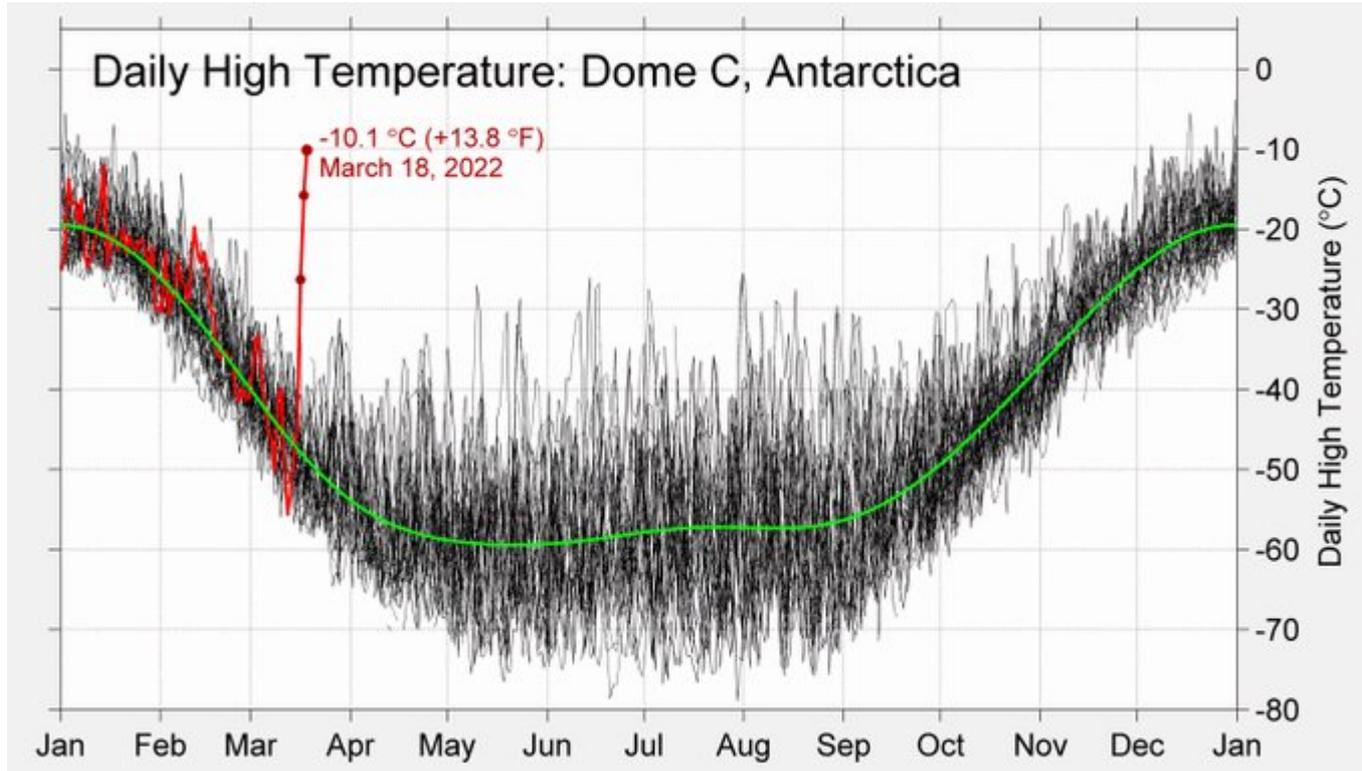
Concordia Station, 18 marzo 2022 ore 13:04
Raggiunta la più alta temperatura mai registrata dalla
stazione meteorologica

-11.8 °C



ANTARTIDE – BASE DI RICERCA SCIENTIFICA CONCORDIA



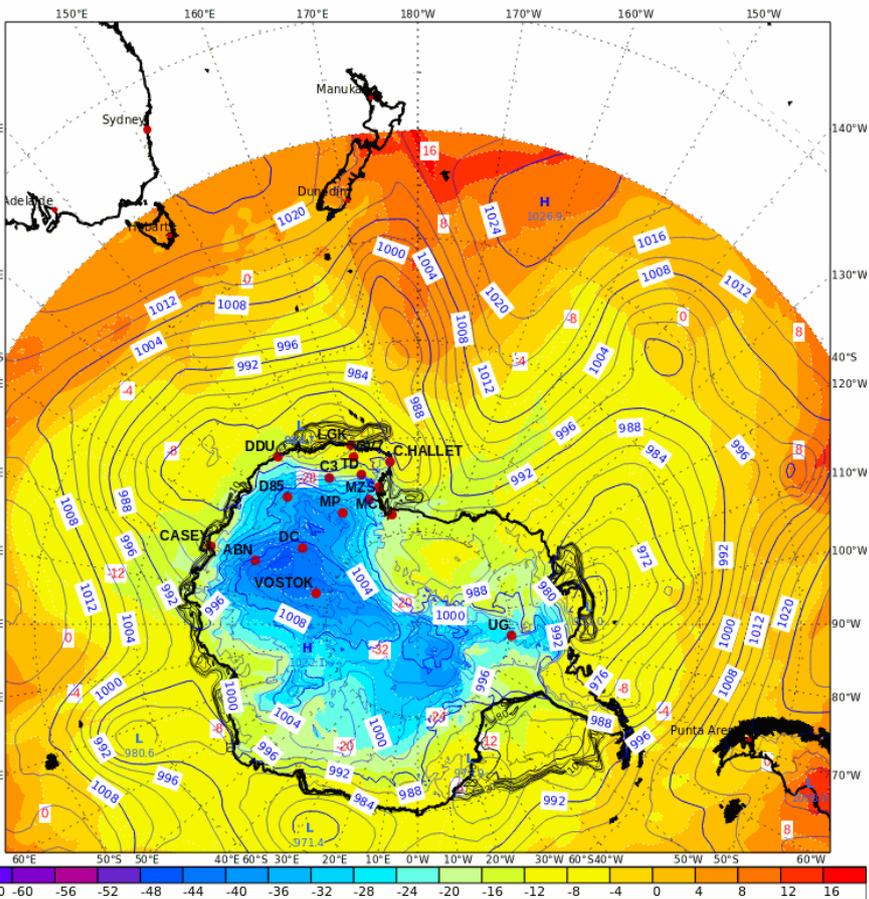




ECMWF 12 March 2022 00UTC

Forecast T+00 VT: Saturday 12 March 2022 00UTC

MSLP (hPa) + Temperature at 850 hPa (°C)



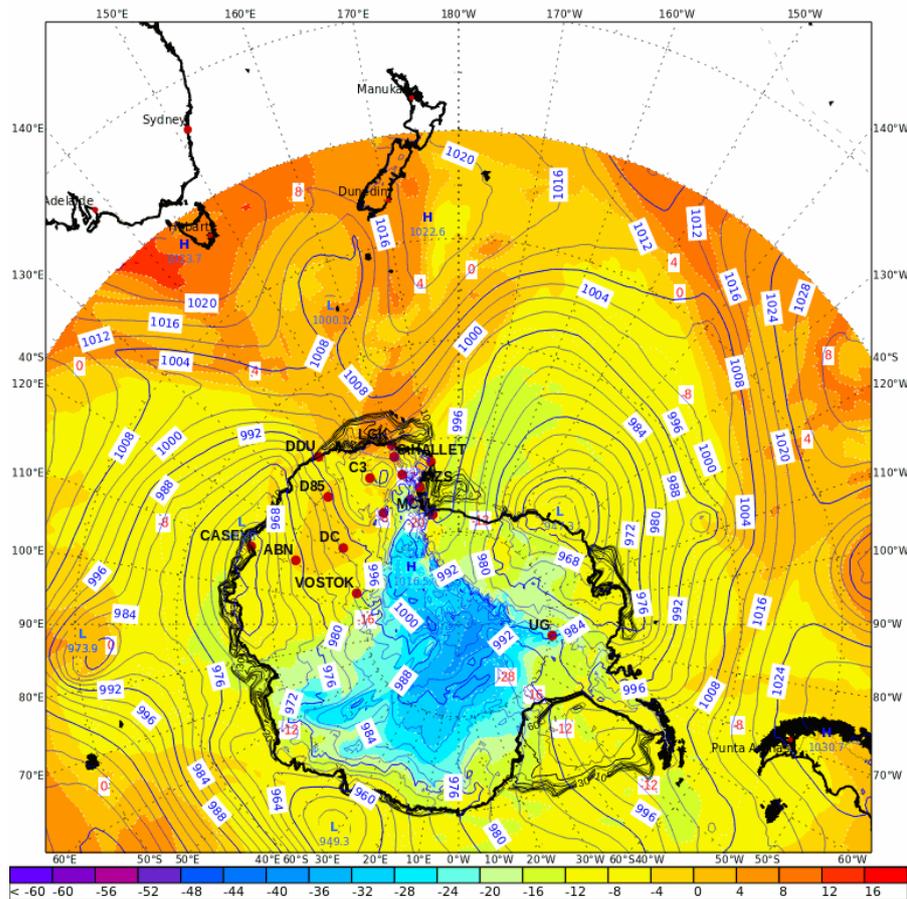
NORMALITA'



ECMWF 12 March 2022 00UTC

Forecast T+162 VT: Friday 18 March 2022 18UTC

MSLP (hPa) + Temperature at 850 hPa (°C)



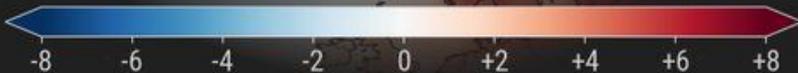
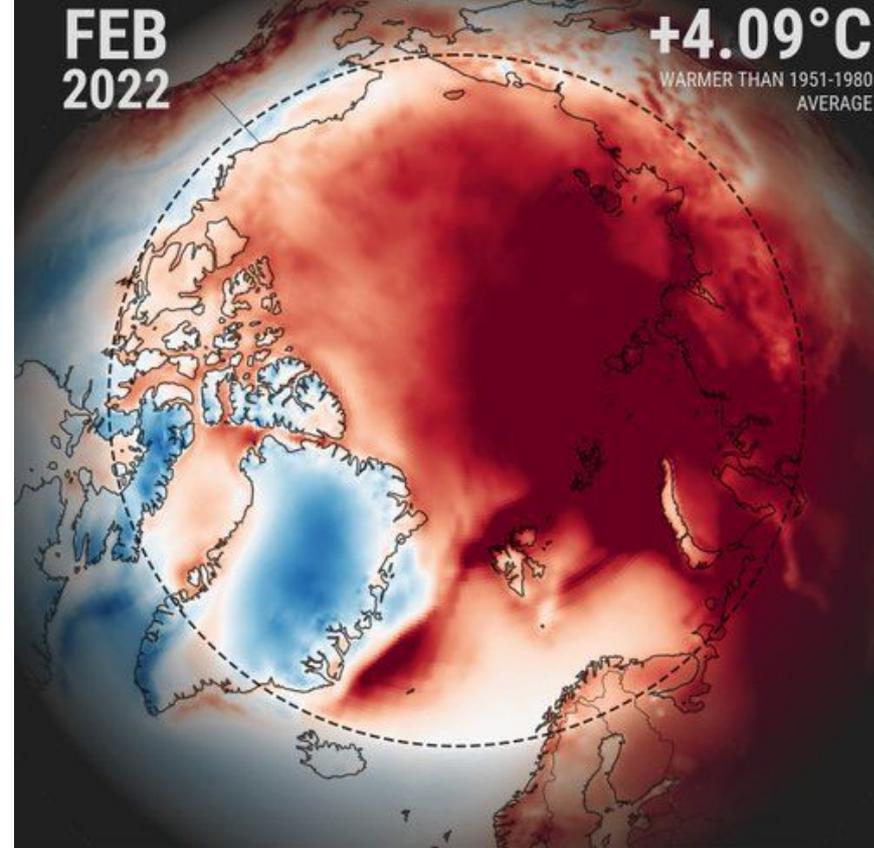
ECCEZIONALITA'

ARCTIC

FEB
2022

+4.09°C

WARMER THAN 1951-1980
AVERAGE



Monthly Temperature Anomaly (°C)

Data source: ERA5 near-surface air temperature. Base period 1951-1980.
Contains modified Copernicus Climate Change Service Information 2022

CC BY 4.0
Antti Lipponen (@anttilip)

Taiga siberiana – foreste ubriache

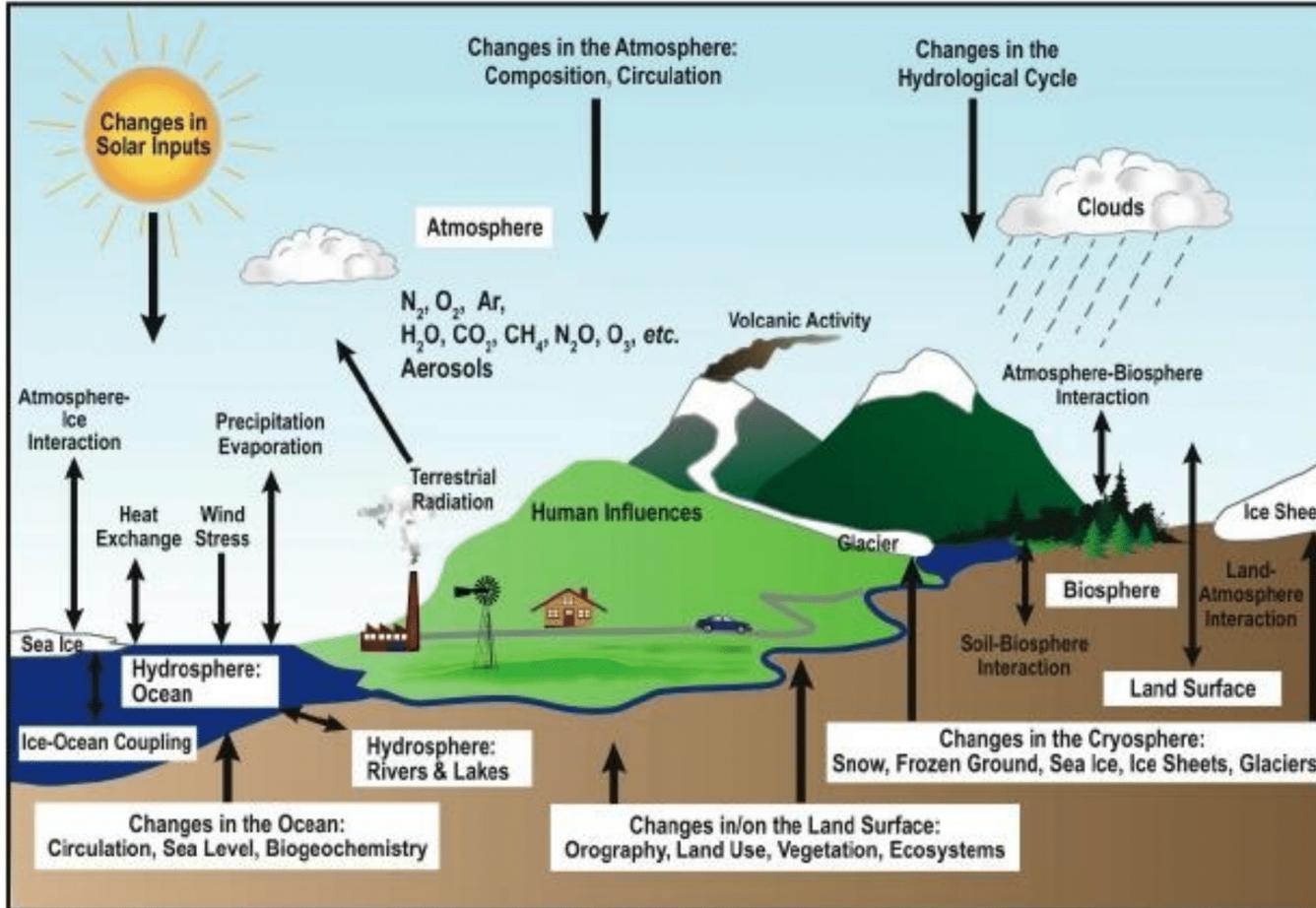


Circolo polare artico - Minima estensione dei ghiacci



Come siamo arrivati a questo punto?

The Earth's Climate System



Source: IPCC

Atmosphere + Hydrosphere + Cryosphere + Biosphere + Geosphere

Climate change

Causes of Climate change

Internal Natural

Volcanic eruptions

Ocean Currents

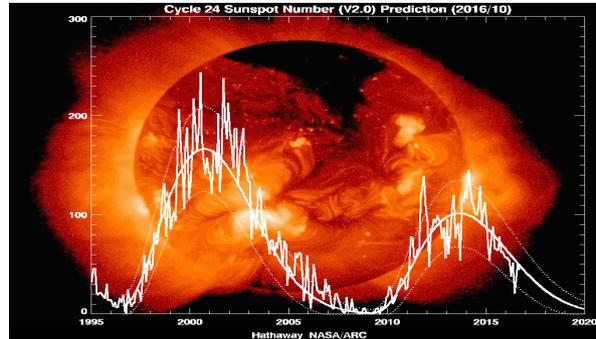


External Natural

Astronomic Cycles

Sunspot and solar cycle

Meteorites



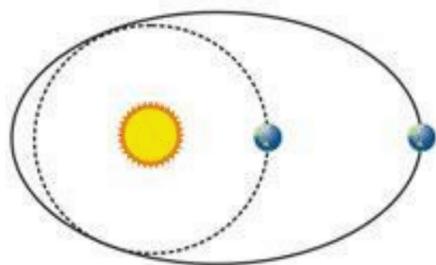
Anthropogenic

Greenhouse gases

Deforestation



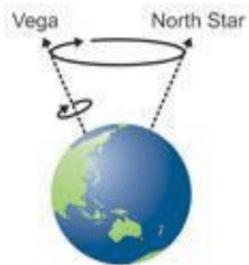
Milankovitch Cycles



Eccentricity

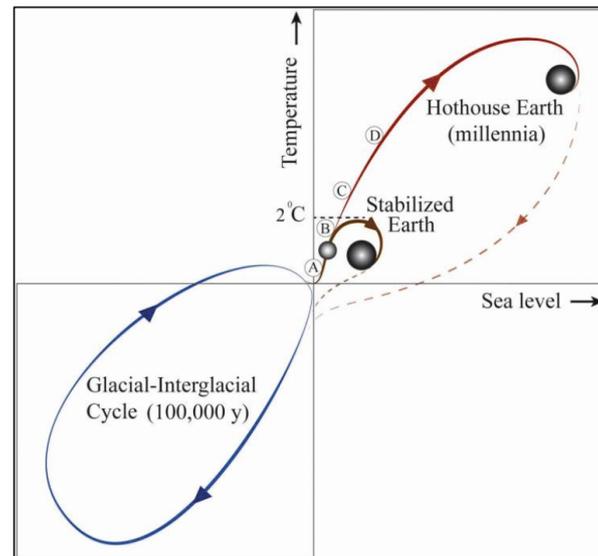
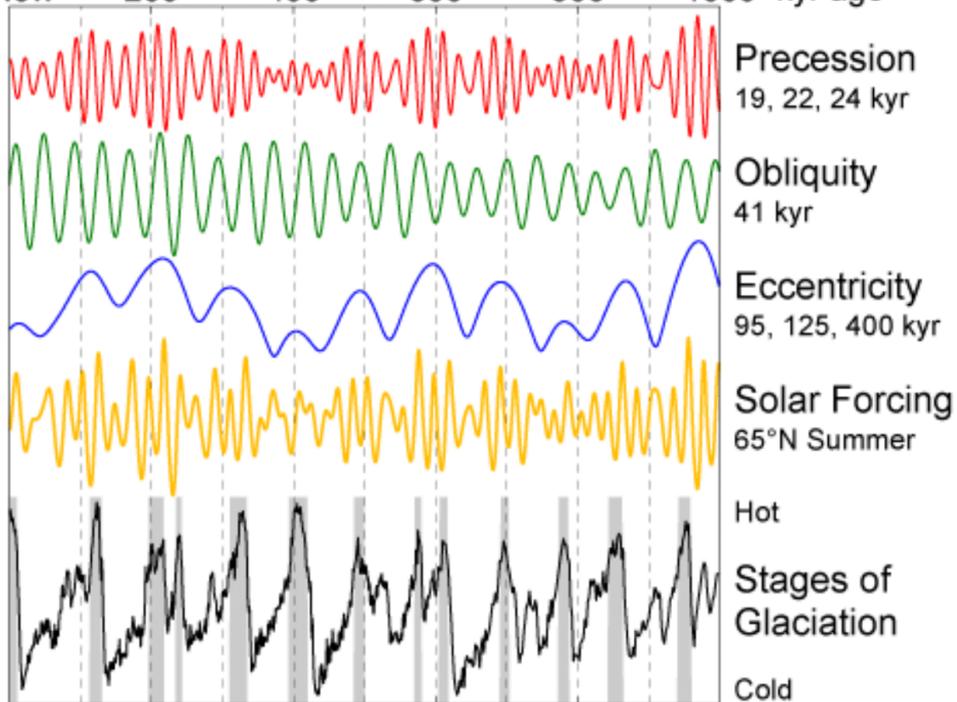


Obliquity



Precession

Now 200 400 600 800 1000 kyr ago

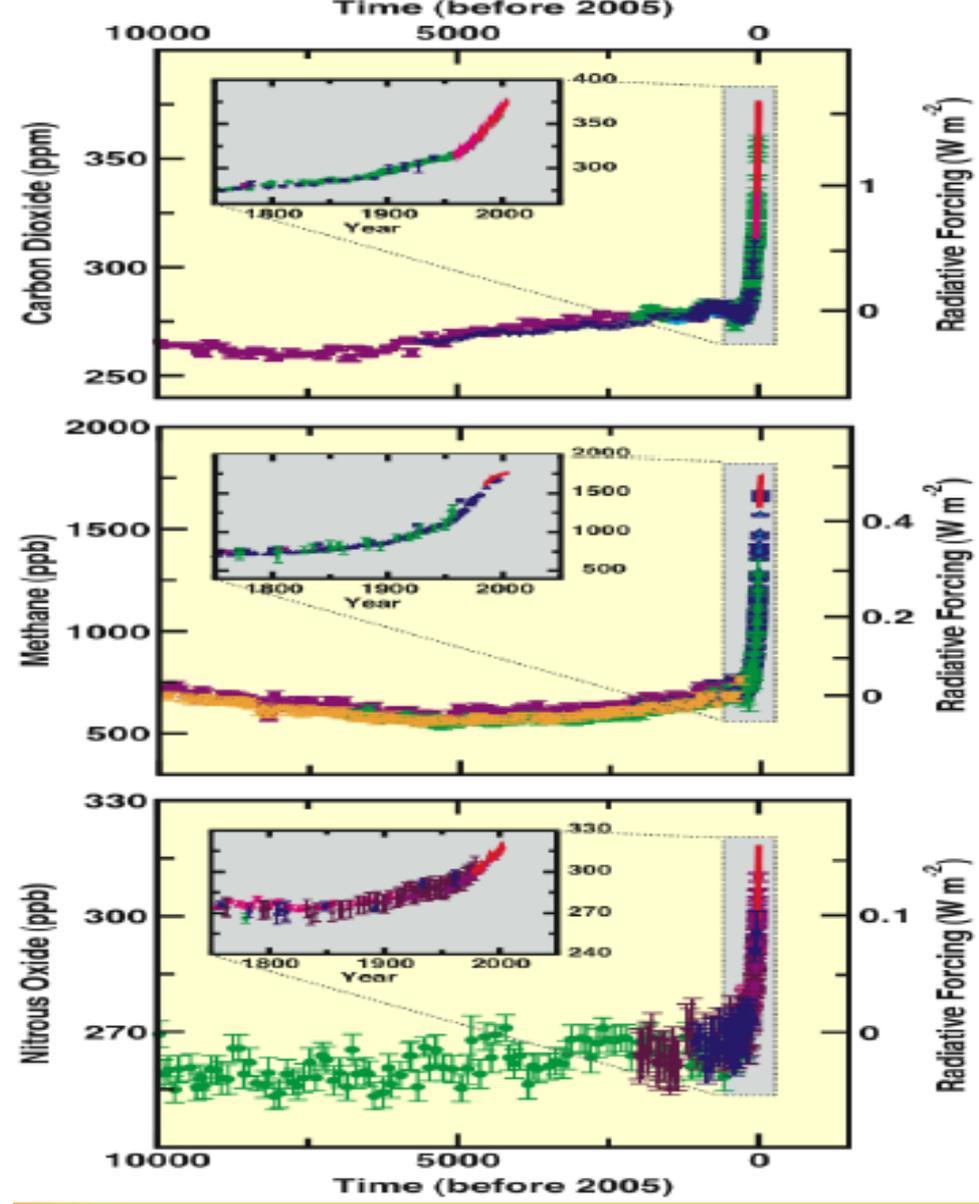


Modificazione della composizione dell'Atmosfera per cause "umane"

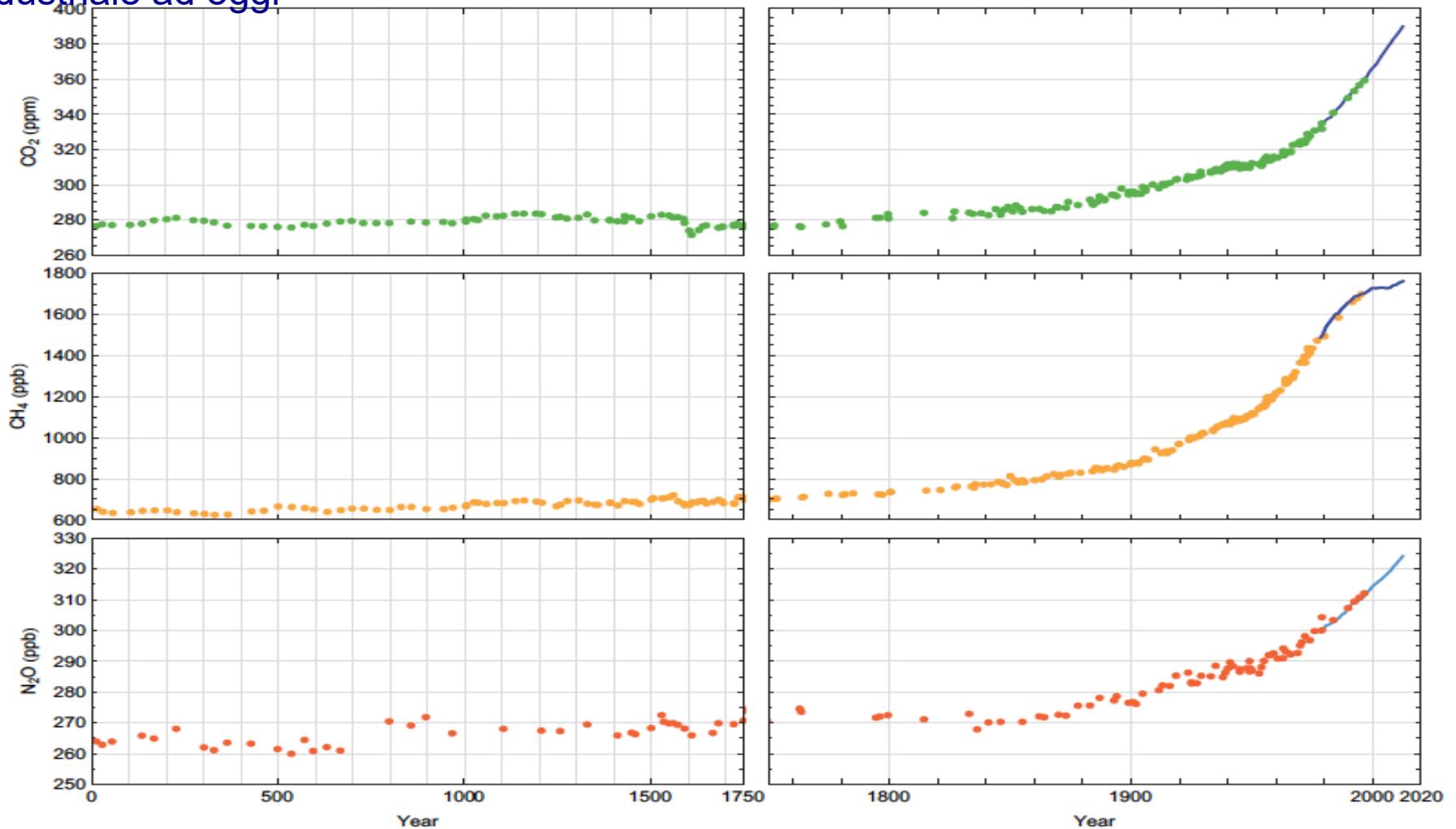
Le concentrazioni di CO₂, CH₄ e N₂O:
-mostrano valori molto superiori a quelli pre-industriali
-aumentano notevolmente dal 1750 a causa delle attività umane

Variazioni relativamente piccole prima della rivoluzione industriale

06/04/22



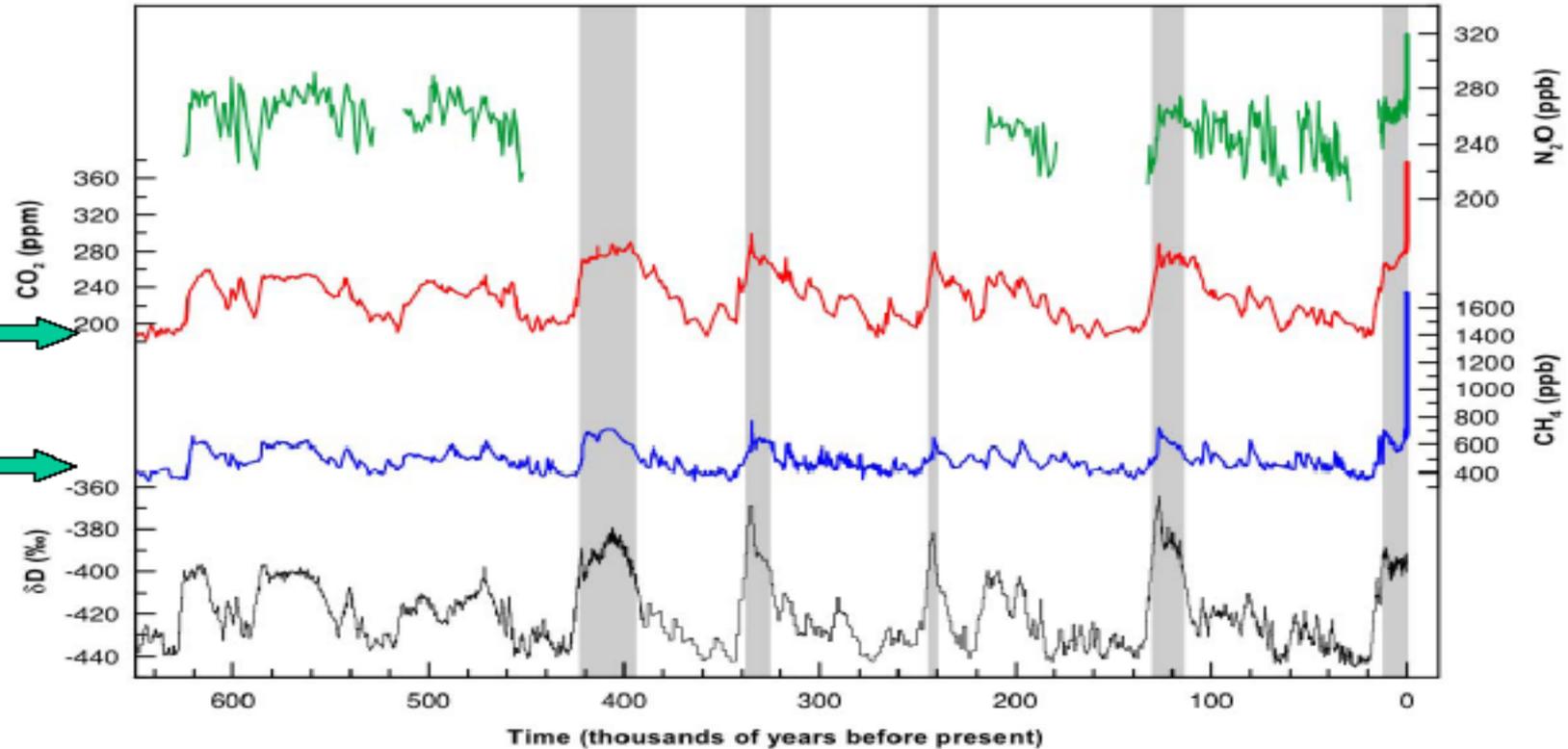
Concentrazioni di CO₂, CH₄ e N₂O dall'anno zero al 1750 e dalla Rivoluzione Industriale ad oggi



Ancora più indietro



Glacial-Interglacial Ice Core Data

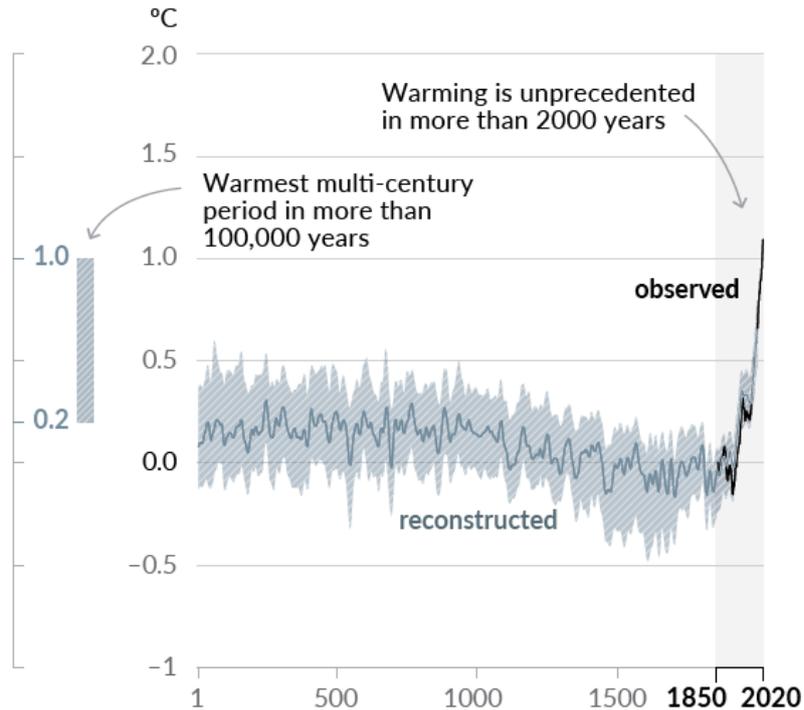


La concentrazione atmosferica di CO₂ e CH₄ misurata nel 2018, supera di molto il range di naturale variabilità degli ultimi 650.000 anni ed ha raggiunto 410 ppm

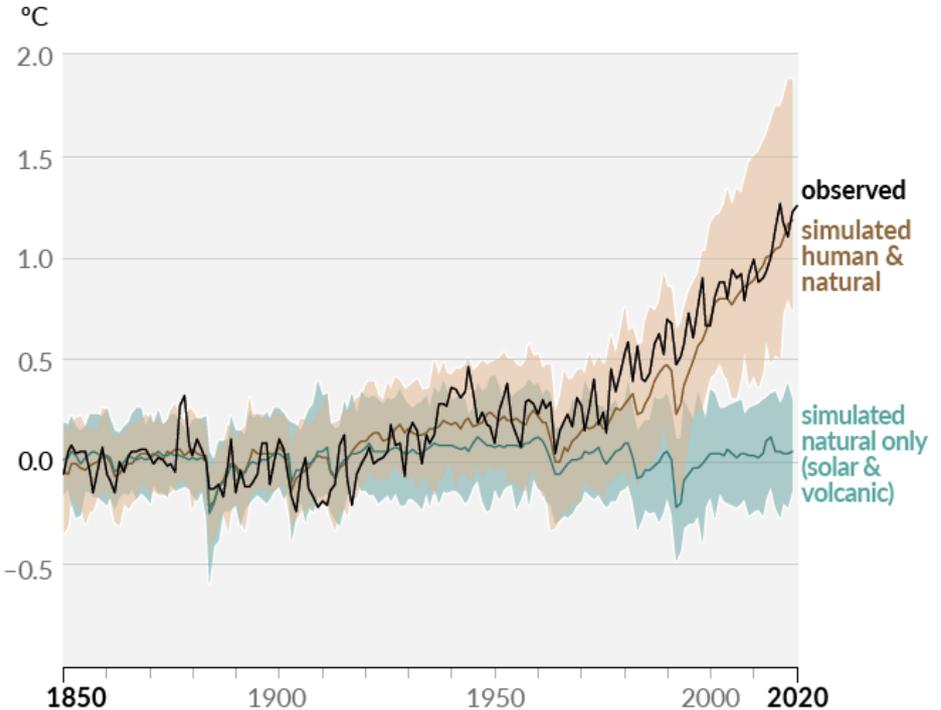
Human influence has warmed the climate at a rate that is unprecedented in at least the last 2000 years

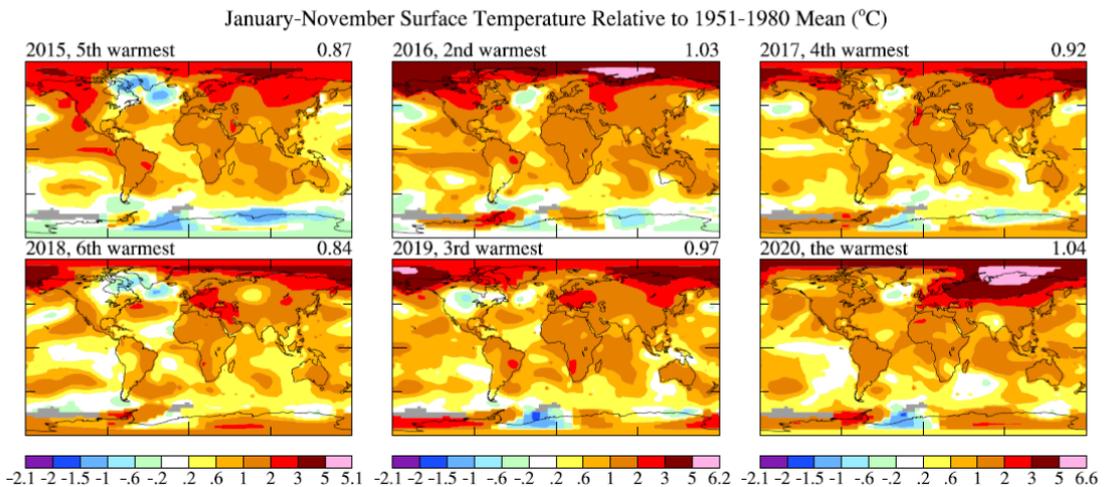
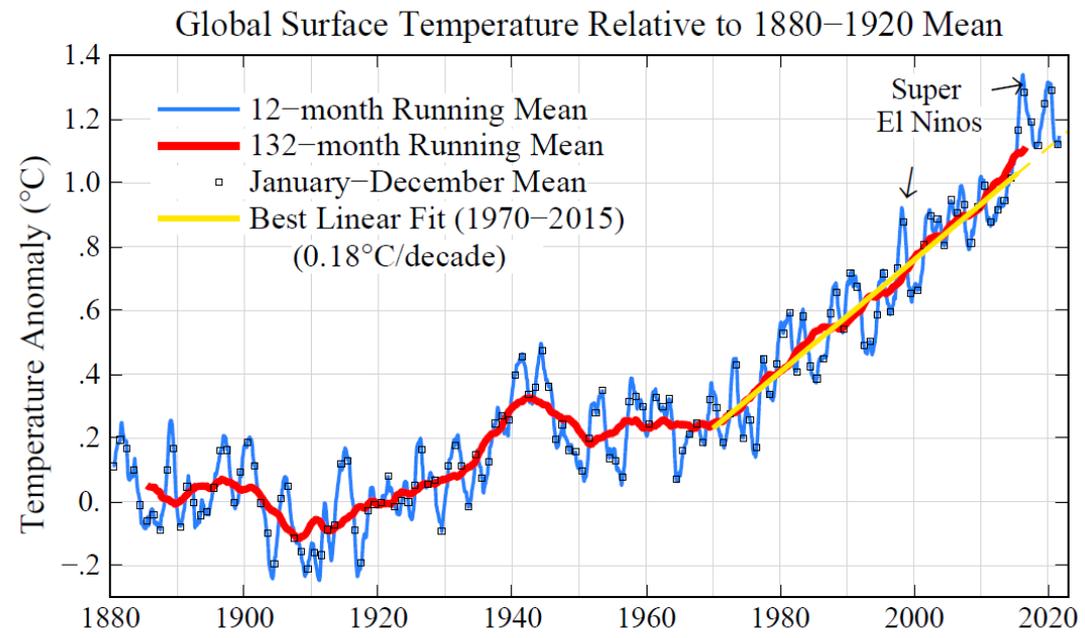
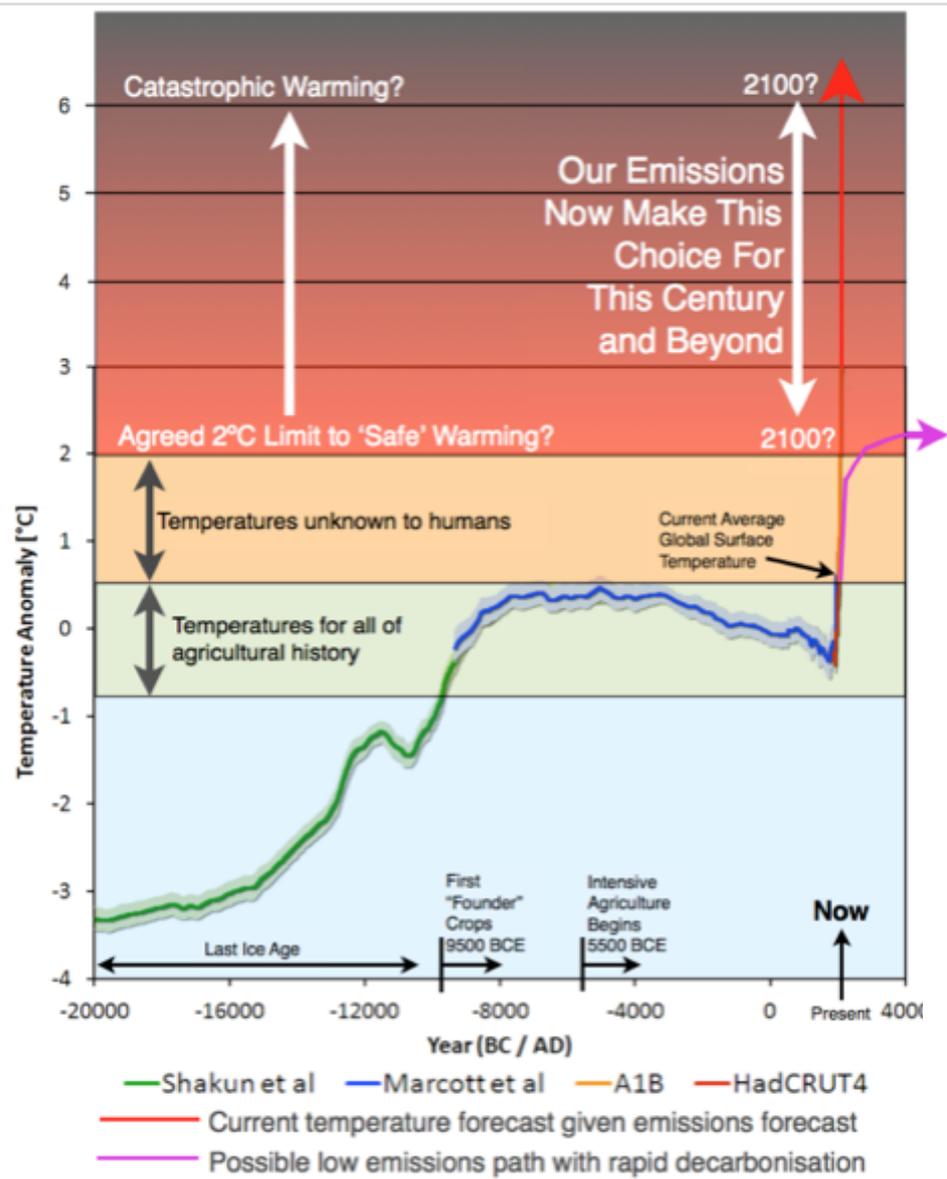
Changes in global surface temperature relative to 1850–1900

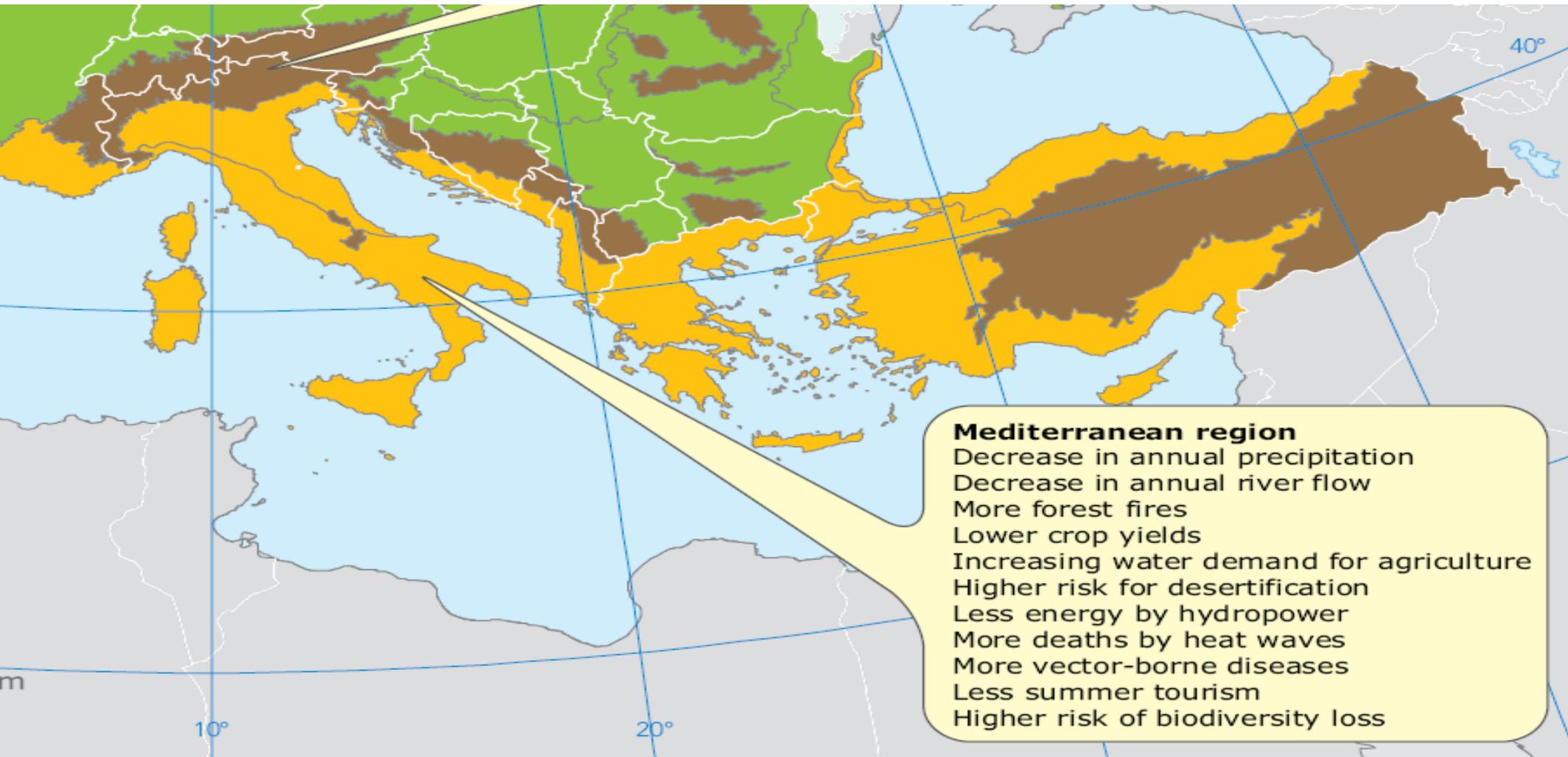
(a) Change in global surface temperature (decadal average) as **reconstructed** (1–2000) and **observed** (1850–2020)



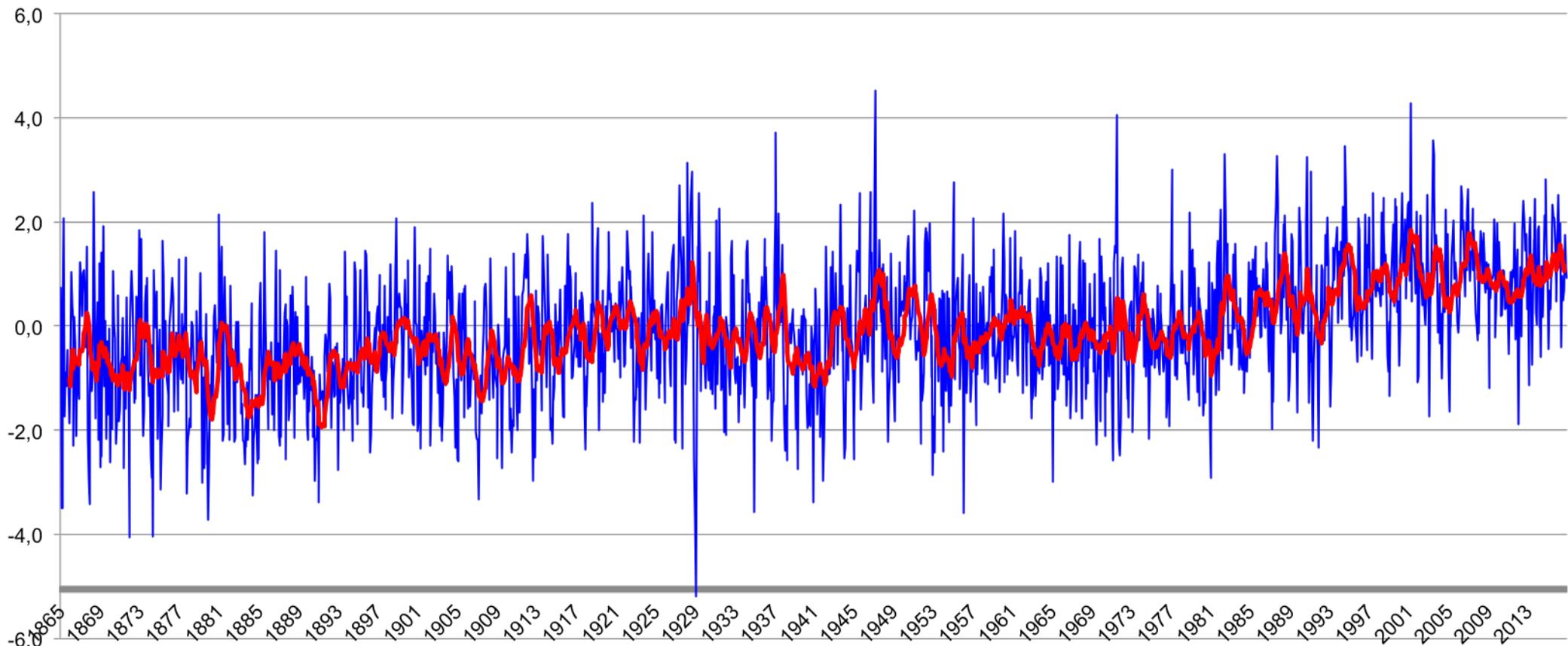
(b) Change in global surface temperature (annual average) as **observed** and simulated using **human & natural** and **only natural** factors (both 1850–2020)



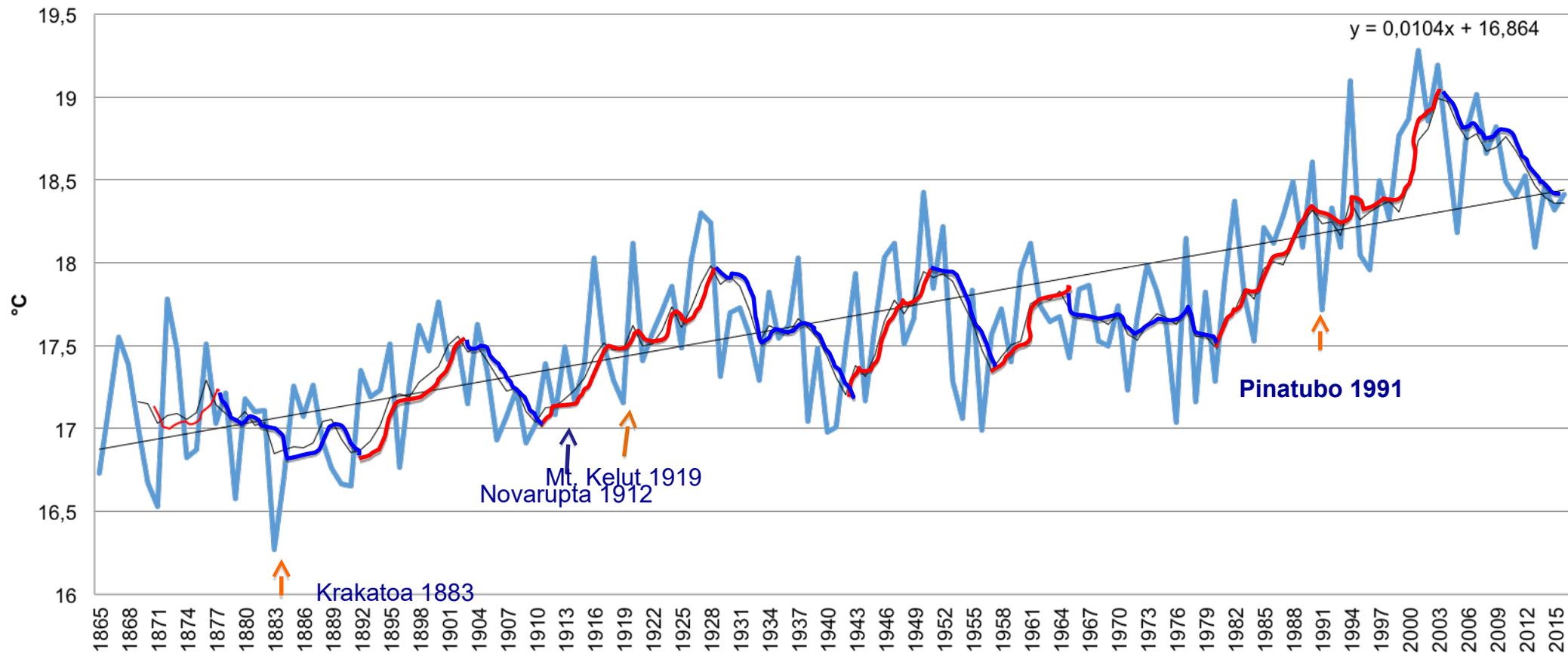




Palermo Temp. anomaly 1865-2014

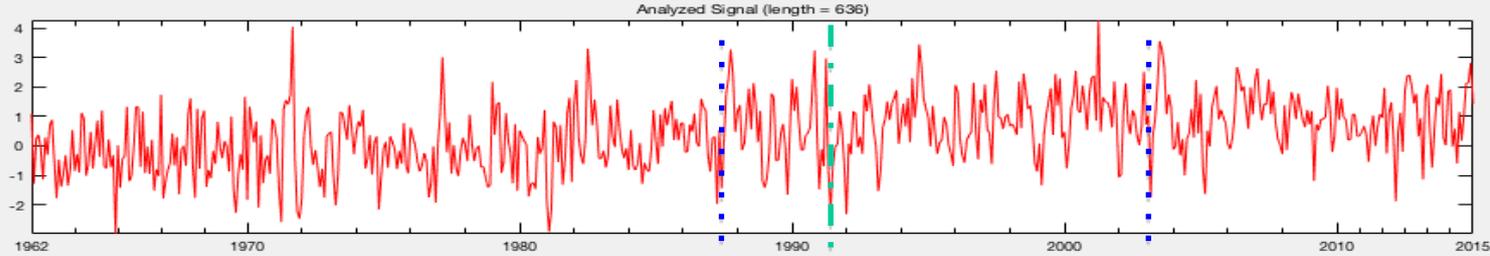


Palermo mean annual temperature 1865-2015



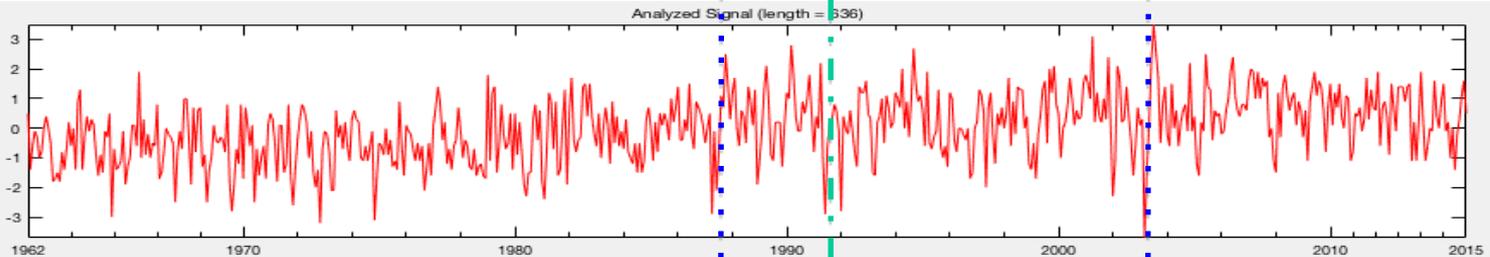
Aumento delle temperature su alcune località della Sicilia

Palermo



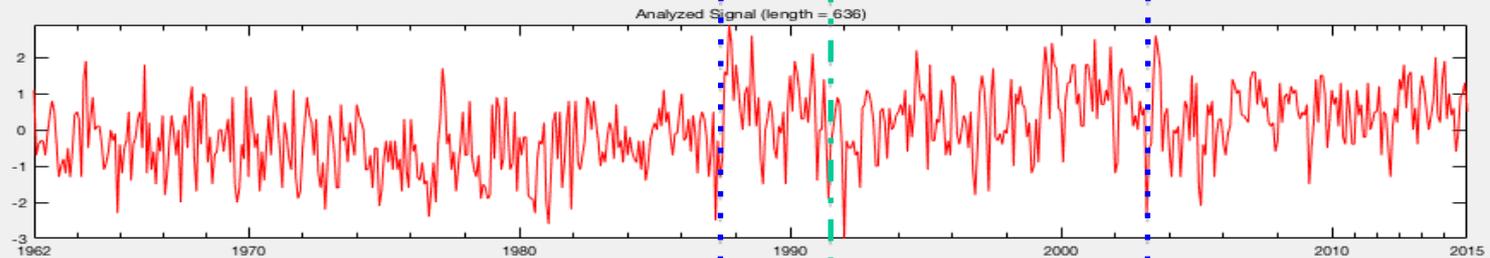
Increasing.Temp
+ 1,78°C

Messina



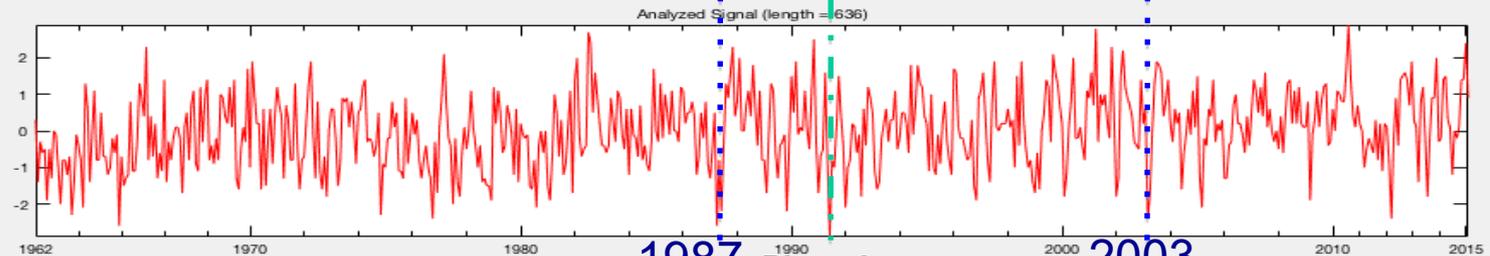
Increasing.Temp
+ 1,72°C

C.Spadaro



Increasing.Temp
+ 1,46°C

Trapani



Increasing.Temp
+ 0,95°C

1987 Pinatubo 2003



2 spunti di riflessione

Il principio della rana bollita è un principio metaforico raccontato dal filosofo, e anarchico statunitense **Noam Chomsky**, per descrivere una pessima capacità dell'essere umano (zombie) moderno: ovvero la capacità di adattarsi a situazioni spiacevoli e deleterie senza reagire, se non quando ormai è troppo tardi. Viviamo, infatti, in una società nella quale il popolo è letteralmente schiacciato dall'economia, dalla politica, dai media, e **accetta passivamente** il degrado, le vessazioni, la scomparsa dei valori e dell'etica che derivano da questo continuo subire, in silenzio, senza mai reagire.

Questo principio può essere, tuttavia, calato in realtà diverse tra loro e ad esempio può essere usato per descrivere il comportamento delle **persone inerti**, immobili, remissive, rinunciatricie, noncuranti, che si deresponsabilizzano di fronte alle scelte quotidiane di vita. Ma vediamo cosa racconta questo principio della rana bollita:



“Immaginate un pentolone pieno d'acqua fredda nel quale nuota tranquillamente una rana. Il fuoco è acceso sotto la pentola, l'acqua si riscalda pian piano. Presto diventa tiepida. La rana la trova piuttosto gradevole e continua a nuotare. La temperatura sale. Adesso l'acqua è calda. Un po' più di quanto la rana non apprezzi. Si stanca un po', tuttavia non si spaventa. L'acqua adesso è davvero troppo calda. La rana la trova molto sgradevole, ma si è indebolita, non ha la forza di reagire. Allora sopporta e non fa nulla. Intanto la temperatura sale ancora, fino al momento in cui la rana finisce – semplicemente – morta bollita. Se la stessa rana fosse stata immersa direttamente nell'acqua a 50° avrebbe dato un forte colpo di zampa, sarebbe balzata subito fuori dal pentolone.” Tratto dal libro **“Media e Potere”** di Noam Chomsky

2 spunti di riflessione



professore di storia e filosofia Pietro Carmina

“...usate le parole che vi ho insegnato per difendervi e per difendere chi quelle parole non le ha;
non siate spettatori ma protagonisti della storia che vivete oggi: infilatevi dentro, sporcatevi le mani, mordetela la vita, non “adattatevi”, impegnatevi, non rinunciate mai a perseguire le vostre mete, anche le più ambiziose, caricatevi sulle spalle chi non ce la fa: voi non siete il futuro, siete il presente.

Vi prego: non siate mai indifferenti, non abbiate paura di rischiare per non sbagliare...”

