

METEOROLOGIA!



Davide Dalla Libera, ARPA Lombardia



LA METEOROLOGIA

Una scienza **interdisciplinare** (fisica, matematica, informatica, chimica) che si occupa **dell'atmosfera osservandone** il comportamento mediante **misure fisiche** e **prevedendo** la sua evoluzione nel breve termine mediante **simulazioni modellistiche**

100,000 km

100,000 km

Structure of the Atmosphere



Space Shuttle

Exosphere

600 km

600 km

Pressure

Mass

Temperature



Aurora Borealis

Thermosphere

.001 mb



-90 to 1500+ °C

85 km

85 km



Meteor Shower

Mesosphere

.01 mb

.1 mb



0 to -90 °C

50 km

50 km

Ozone Layer

Stratosphere

1 mb

10 mb.

100 mb

About 19% of mass is in stratosphere



-50 to 0 °C

10 km

10 km



Mt. Everest

Troposphere

1000 mb

80% of mass is in troposphere

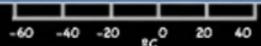


16 to -55 °C

1 km = .62 mile

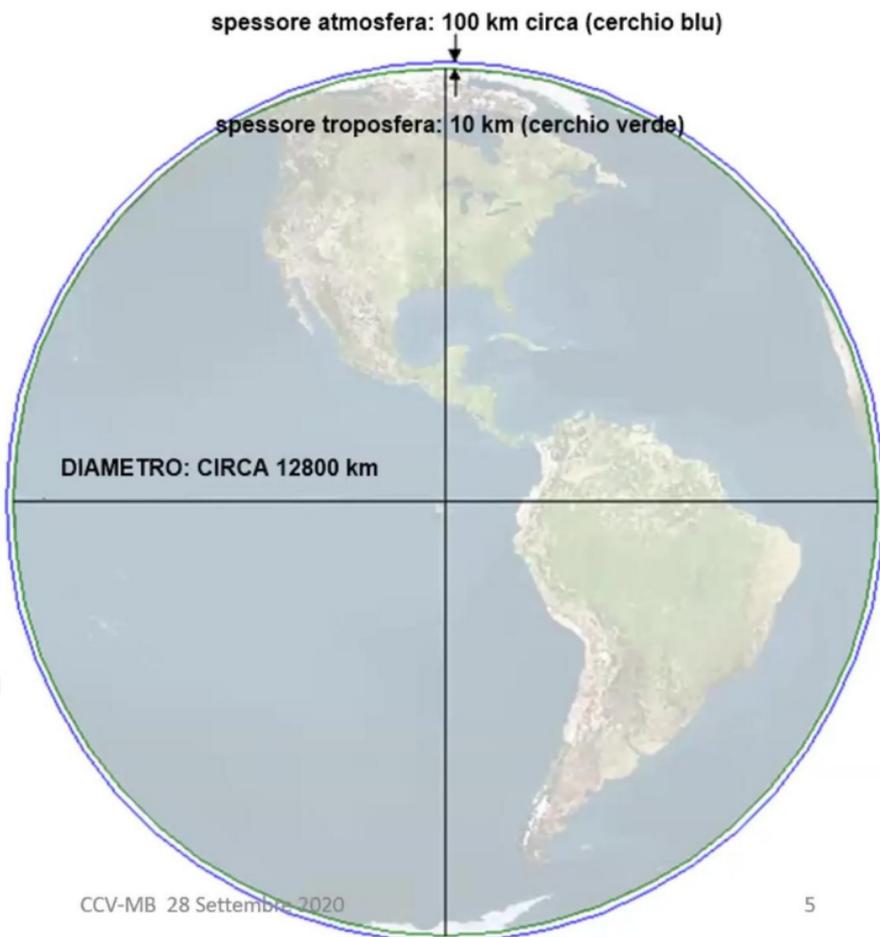
mb = millibar
1000 mb = 14.7 pounds/in²

Total mass = 5 quintillion kg
(5.1 × 10¹⁸ kg)



Terra-atmosfera

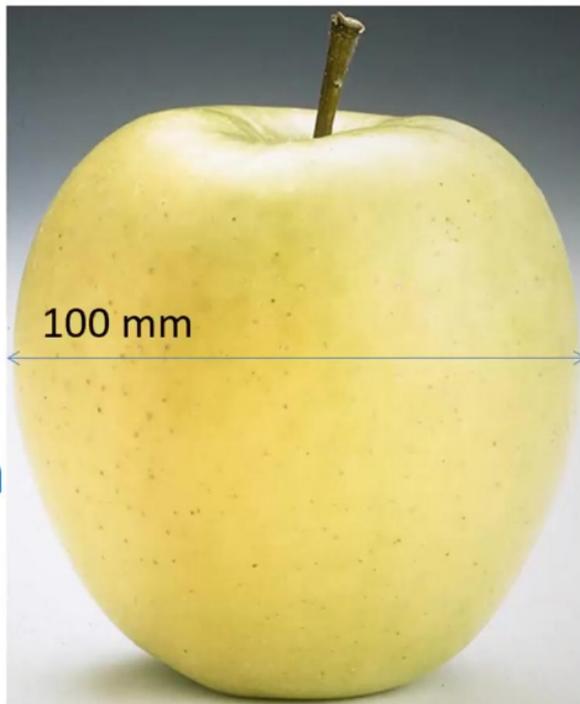
Ecco la terra con i primi 100 Km di atmosfera: la parte che ci interessa, ovvero dove accadono tutti i fenomeni meteorologici, praticamente non si vede, avendo uno spessore piccolissimo, circa 10 Km, e si chiama **TROPOSFERA**.



Dimensioni terra e troposfera

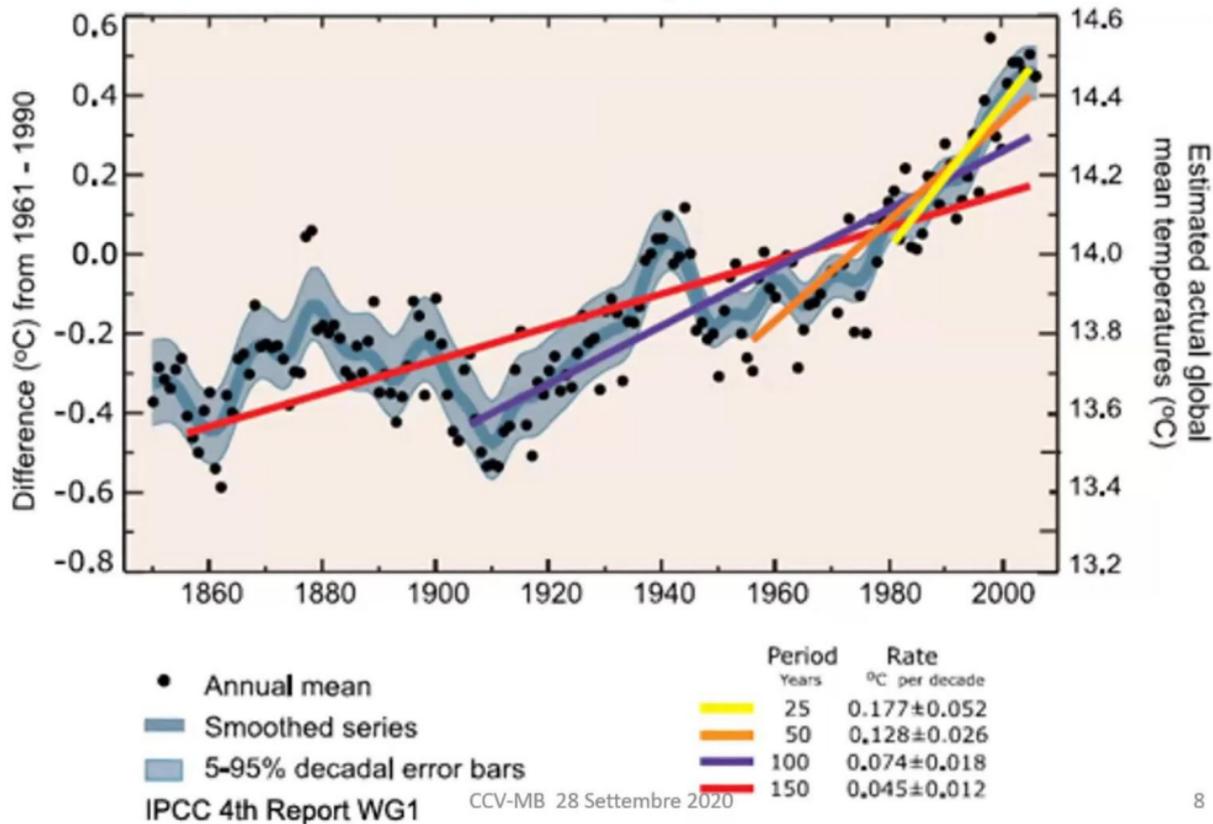
- Raggio mela: 50 mm
- Spessore buccia: 0.1 mm
- Rapporto: 0.002

- **Raggio terra: ≈ 6000 Km**
- **Spessore troposfera ≈ 10 Km**
- **Rapporto: 0.0017**

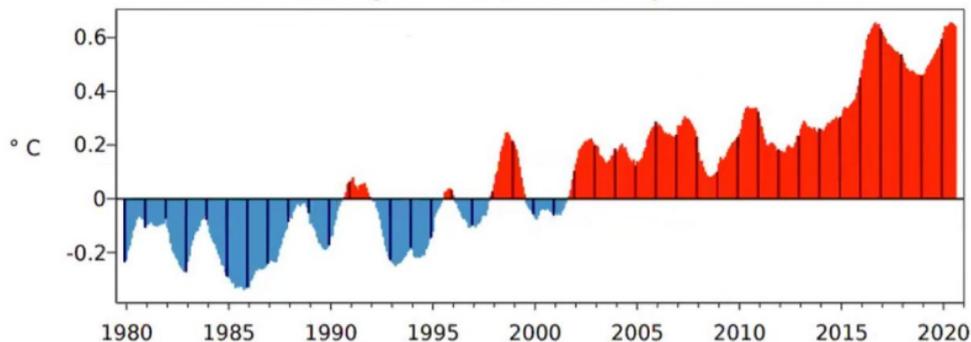


E si scalda facilmente!

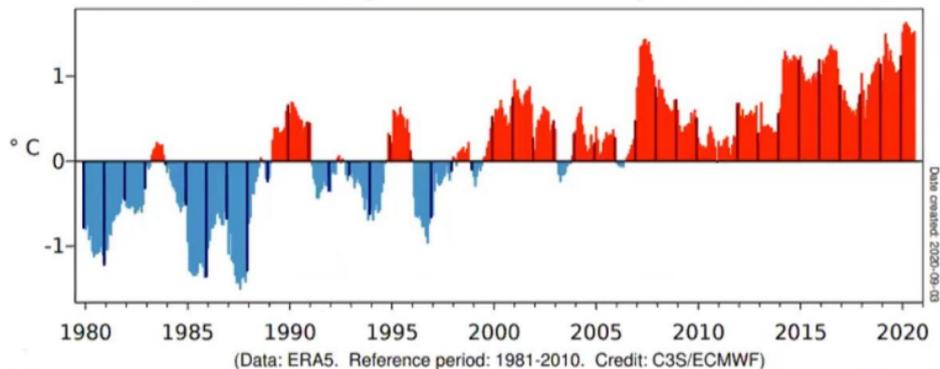
Global Mean Temperature



Twelve-month global surface air temperature anomalies

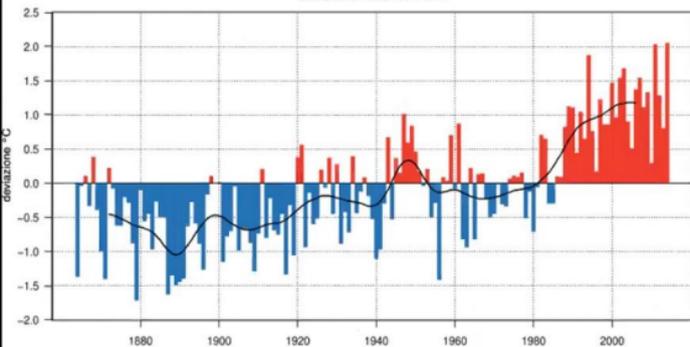


Twelve-month European surface air temperature anomalies



Temperatura annuale media(BAS,BER,CHD,CHM,DAV,ENG,GVE,LUG,SAE,SIA,SIO,SMA) 1864-2014

Scarto dalla media 1961-1990



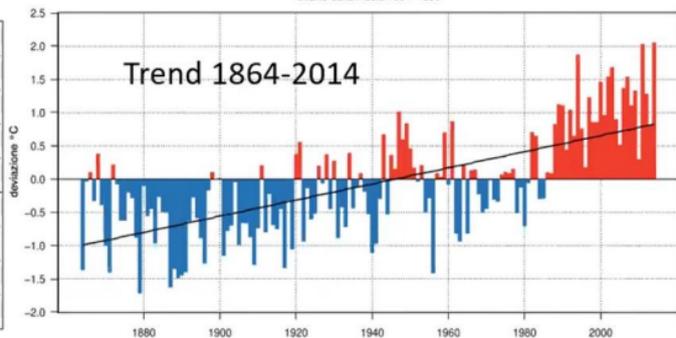
- Anni sopra la media 1961-1990
- Anni sotto la media 1961-1990
- Media ponderata su 20 anni (filtro gaussiano a banda passante bassa)

© MeteoSvizzera

homogueland 2.11.15 / 22.05.2015, 12:53

Temperatura annuale media(BAS,BER,CHD,CHM,DAV,ENG,GVE,LUG,SAE,SIA,SIO,SMA) 1864-2014

Scarto dalla media 1961-1990



Trend 1864-2014

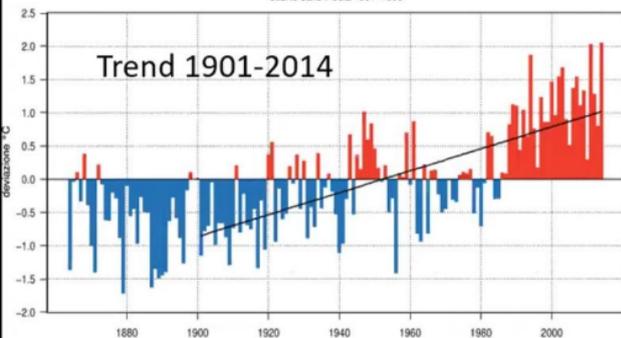
- Anni sopra la media 1961-1990
- Anni sotto la media 1961-1990
- Trend lineare 1864-2014 (least squares): 1.21 °C/100y (p-val: 0)

© MeteoSvizzera

homogueland 2.11.15 / 22.05.2015

Temperatura annuale media(BAS,BER,CHD,CHM,DAV,ENG,GVE,LUG,SAE,SIA,SIO,SMA) 1864-2014

Scarto dalla media 1961-1990



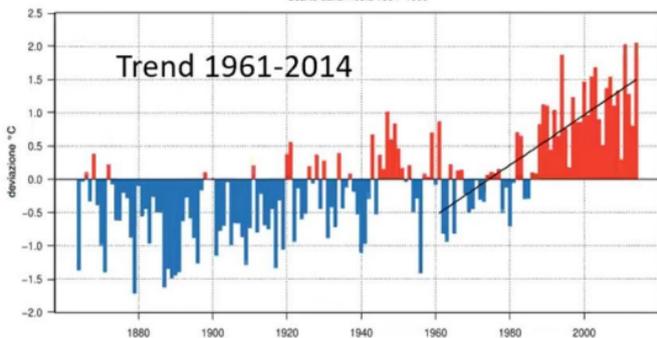
Trend 1901-2014

- Anni sopra la media 1961-1990
- Anni sotto la media 1961-1990
- Trend lineare 1901-2014 (least squares): 1.65 °C/100y (p-val: 0)

© MeteoSvizzera

Temperatura annuale media(BAS,BER,CHD,CHM,DAV,ENG,GVE,LUG,SAE,SIA,SIO,SMA) 1864-2014

Scarto dalla media 1961-1990



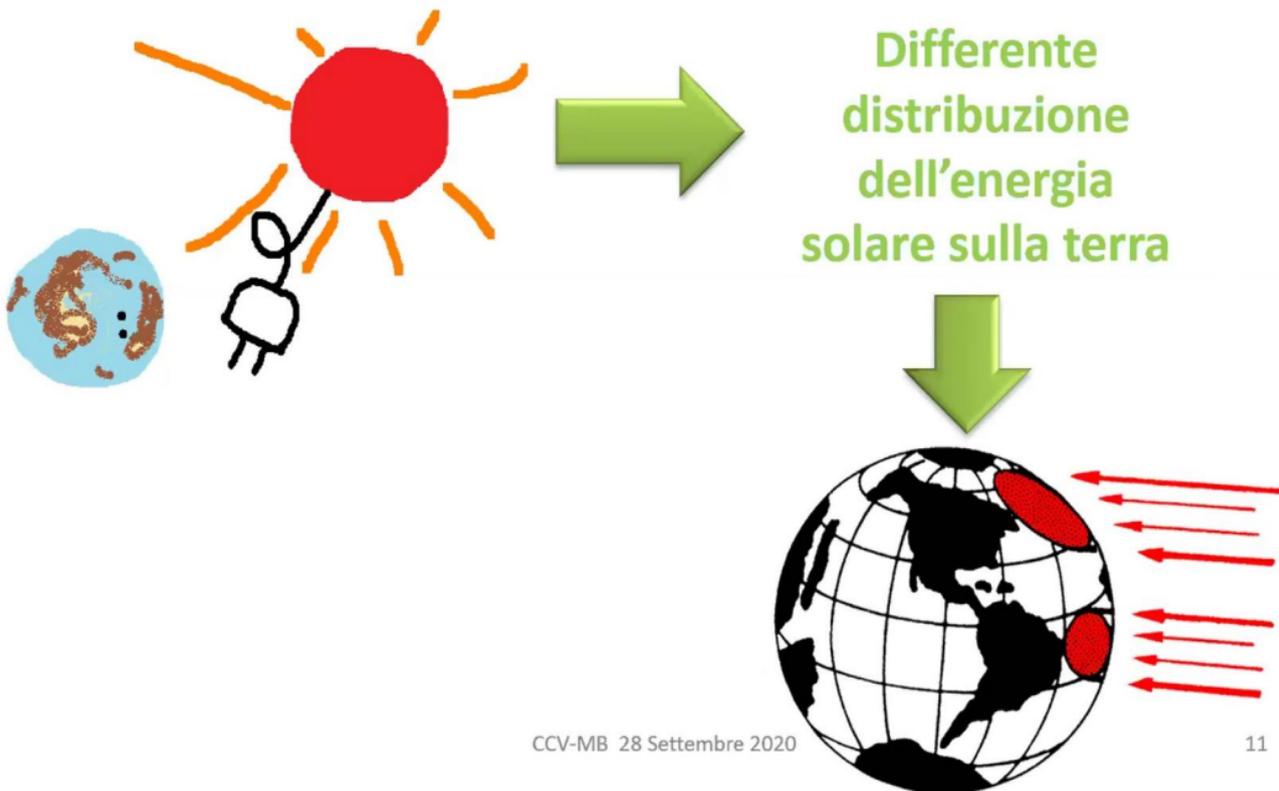
Trend 1961-2014

- Anni sopra la media 1961-1990
- Anni sotto la media 1961-1990
- Trend lineare 1961-2014 (least squares): 0.38 °C/10y (p-val: 0)

© MeteoSvizzera

Il sole

Energia per tutto, anche per il tempo meteorologico!

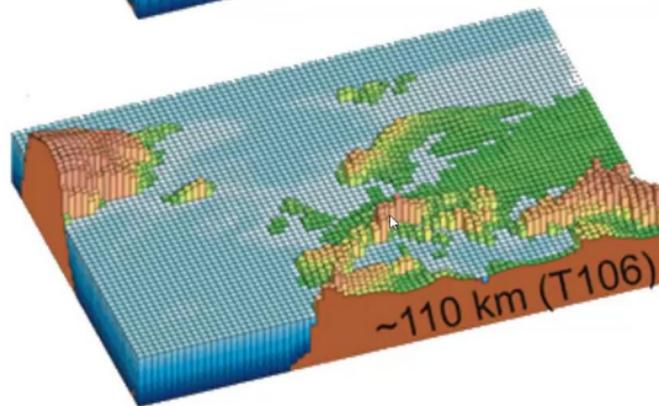
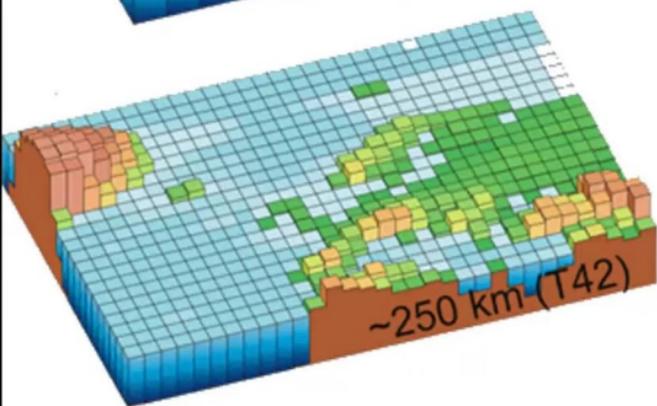
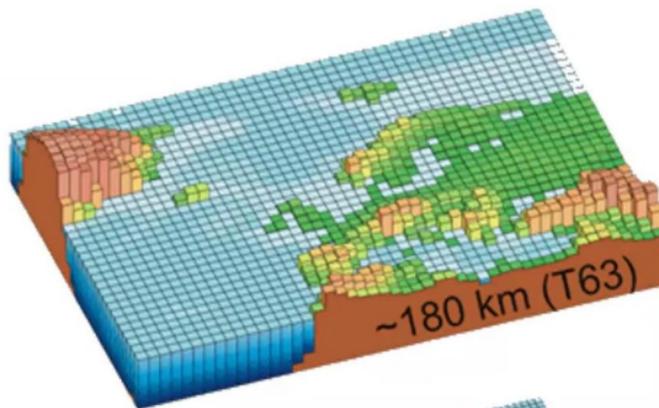
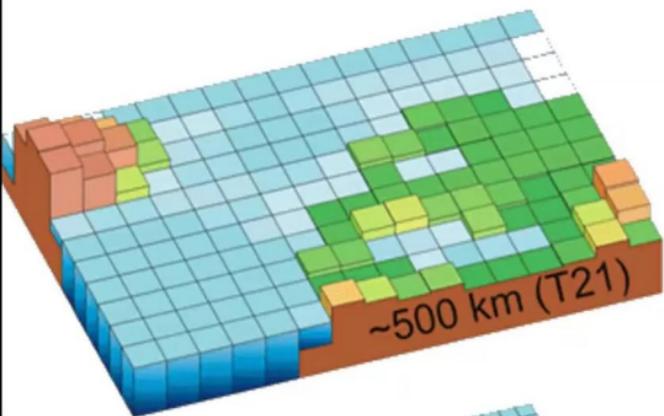


La circolazione generale dell'atmosfera

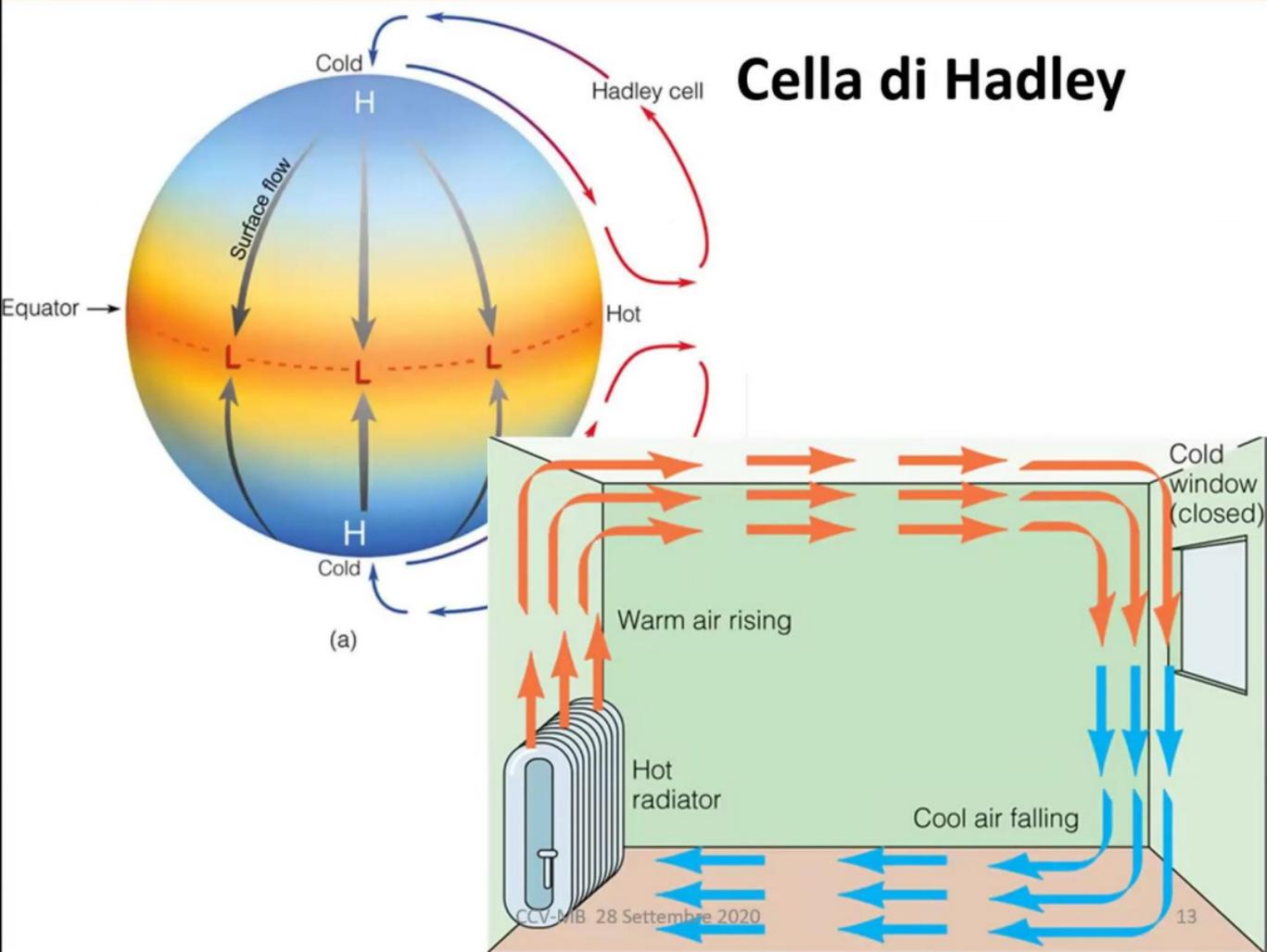
Perché esistono i fenomeni meteorologici?

Per poter distribuire in maniera uniforme l'energia che dal sole arriva sulla terra in maniera diseguale!

Chi ha tanta energia ne cede un po' a chi ne ha poca, rispettando così il principio dell'entropia!



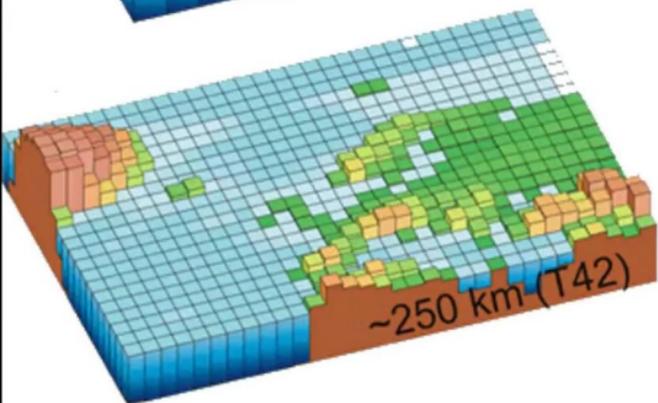
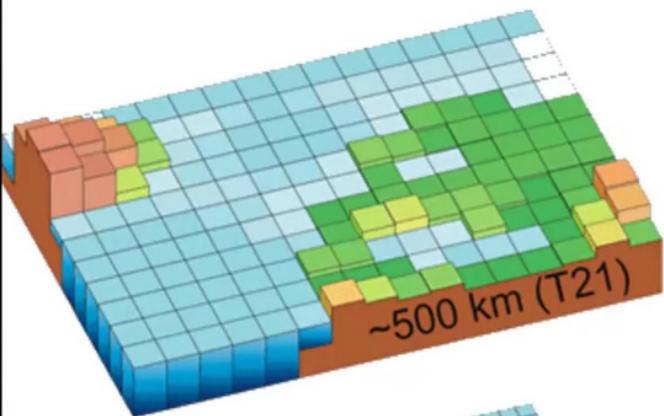
Cella di Hadley



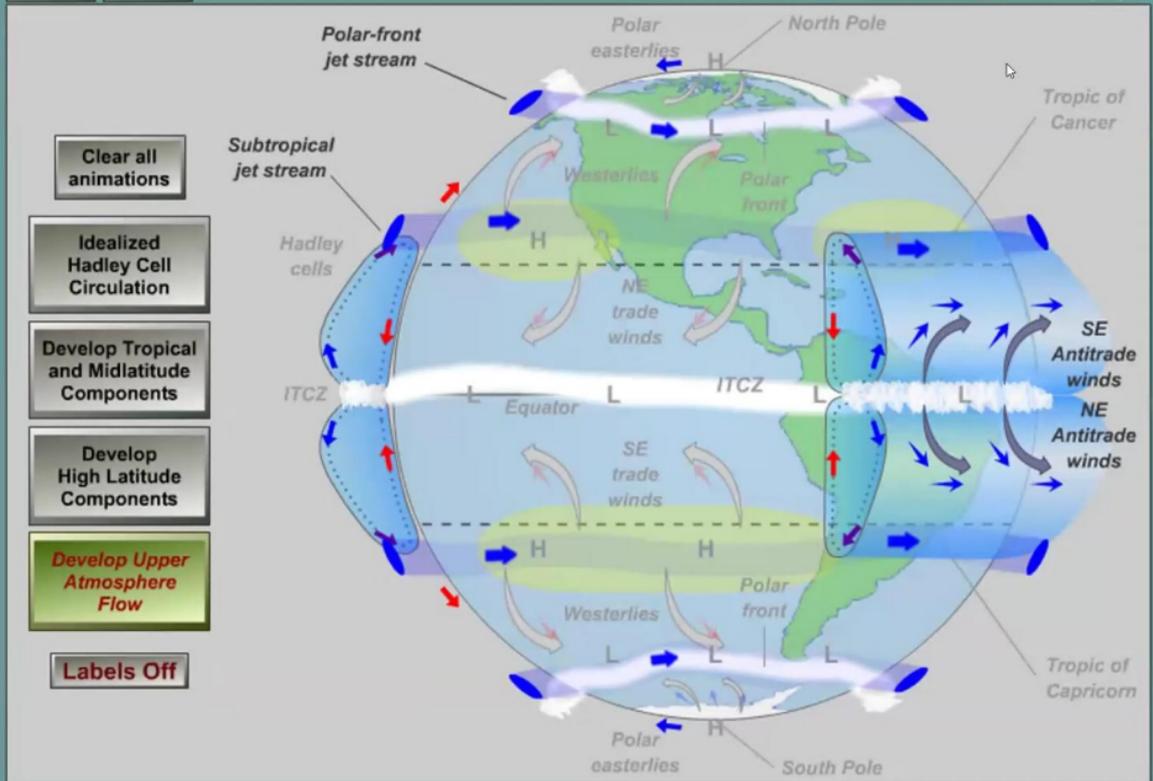
Ma ...

la realtà è sempre molto più complessa di una idea

- La terra gira: dunque ci sono altre forze in gioco, tra cui la famosa forza di Coriolis, che tende a far deviare verso destra tutto quello su cui agisce.
- Oltre a girare, è inclinata sul suo asse di circa 23 gradi.
- Inoltre la superficie terrestre è rugosa, ovvero crea attrito.



4

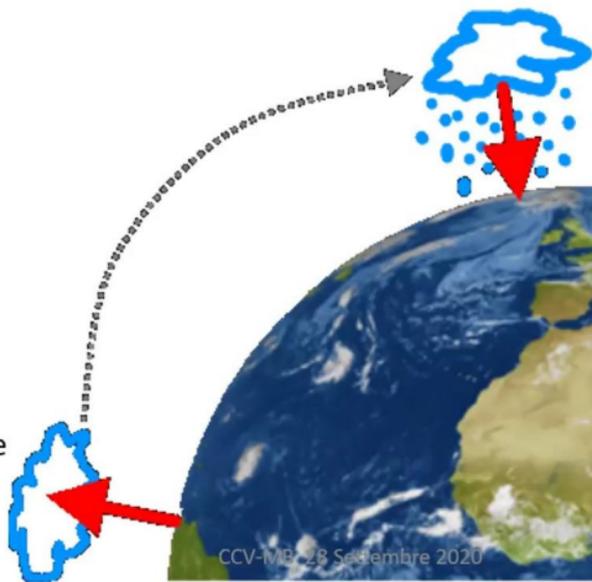


Lo scopo della circolazione a grande scala: RAFFREDDARE E RISCALDARE!

l'evaporazione sottrae calore all'ambiente
la condensazione cede calore all'ambiente

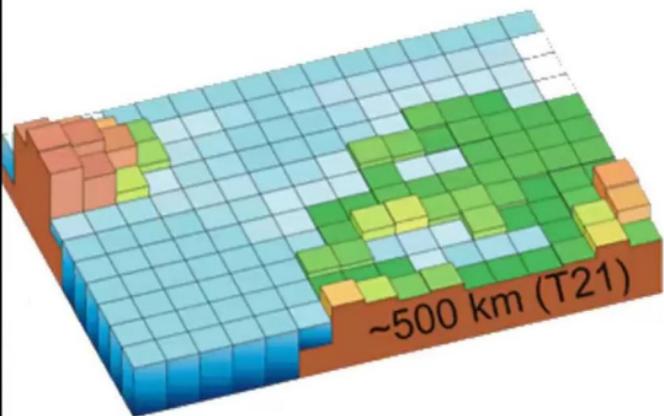
- calore

Mediante evaporazione
le nubi sottraggono
calore
alle basse latitudini



+ calore

Mediante condensazione
le nubi cedono calore alle
alte latitudini



LE PREVISIONI DEL TEMPO: COME?

Cercando di **riprodurre**, ovvero simulare, quello che accade per davvero nell'atmosfera, **osservandola** con strumenti di misura rigorosi e condivisi.

Quando l'uomo vuole conoscere qualcosa, prima studia il comportamento del fenomeno, ovvero **misura**. Poi cerca di riprodurre tale fenomeno con un modello matematico.

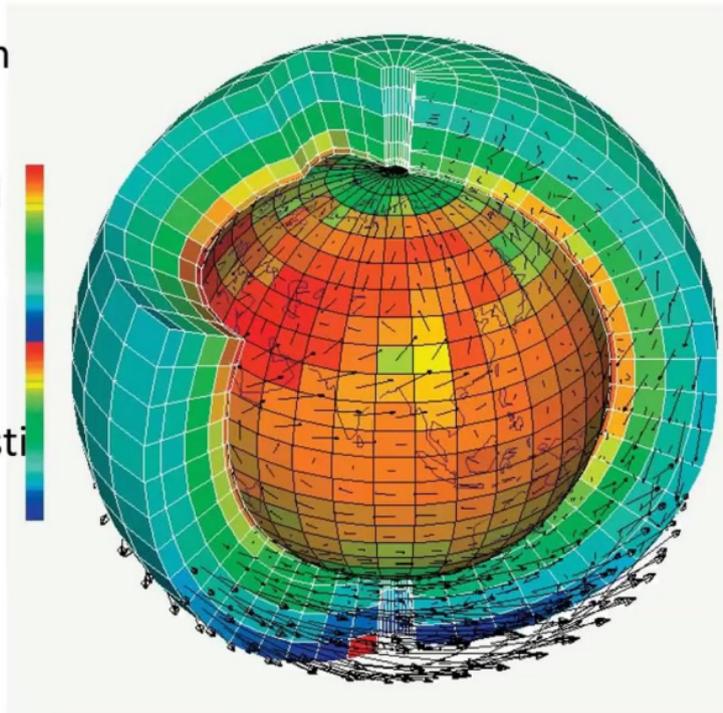
La buona previsione

Quali sono gli ingredienti per una buona previsione?

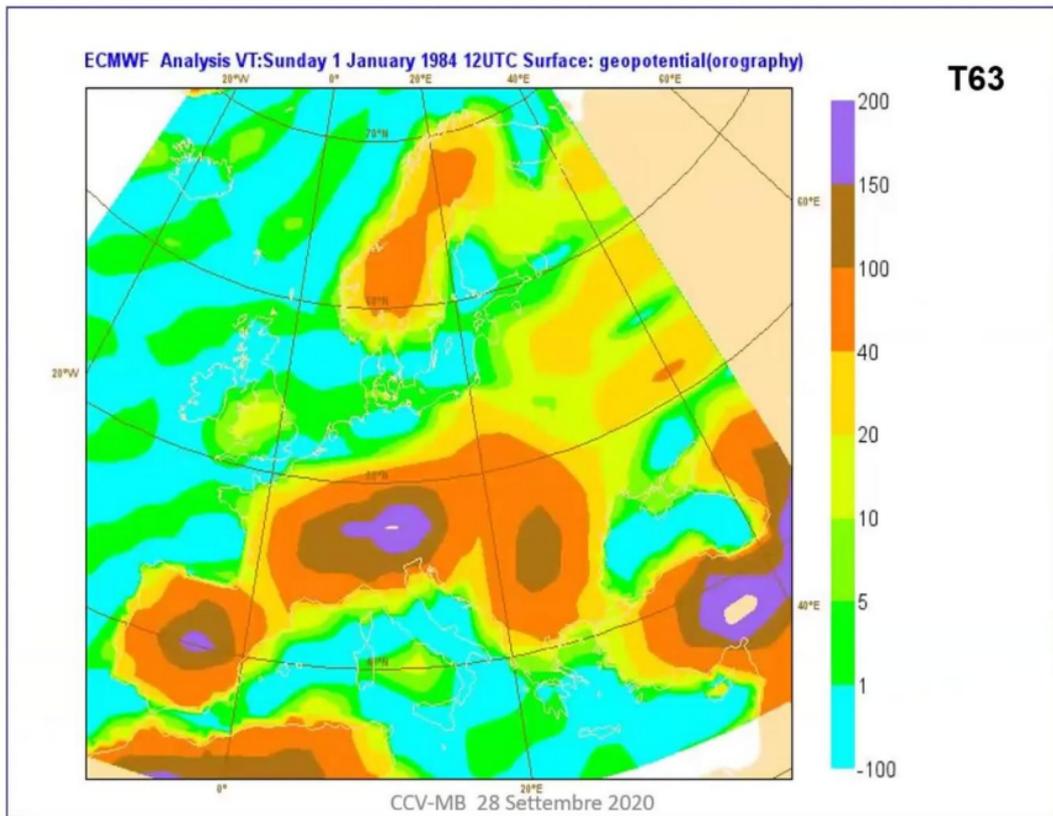
1. Un buon **modello** che rappresenti la fisica dell'atmosfera nella maniera più corretta possibile
2. Una buona qualità e quantità di **dati** assimilati da dare "in pasto" al modello
3. Un ottimo **calcolatore** che sappia fare calcoli in maniera efficace ed in un periodo di tempo contenuto
4. Un buon **previsore** che sappia armonizzare tutti gli strumenti che gli sono dati aggiungendo la conoscenza del territorio e la sua esperienza

I modelli

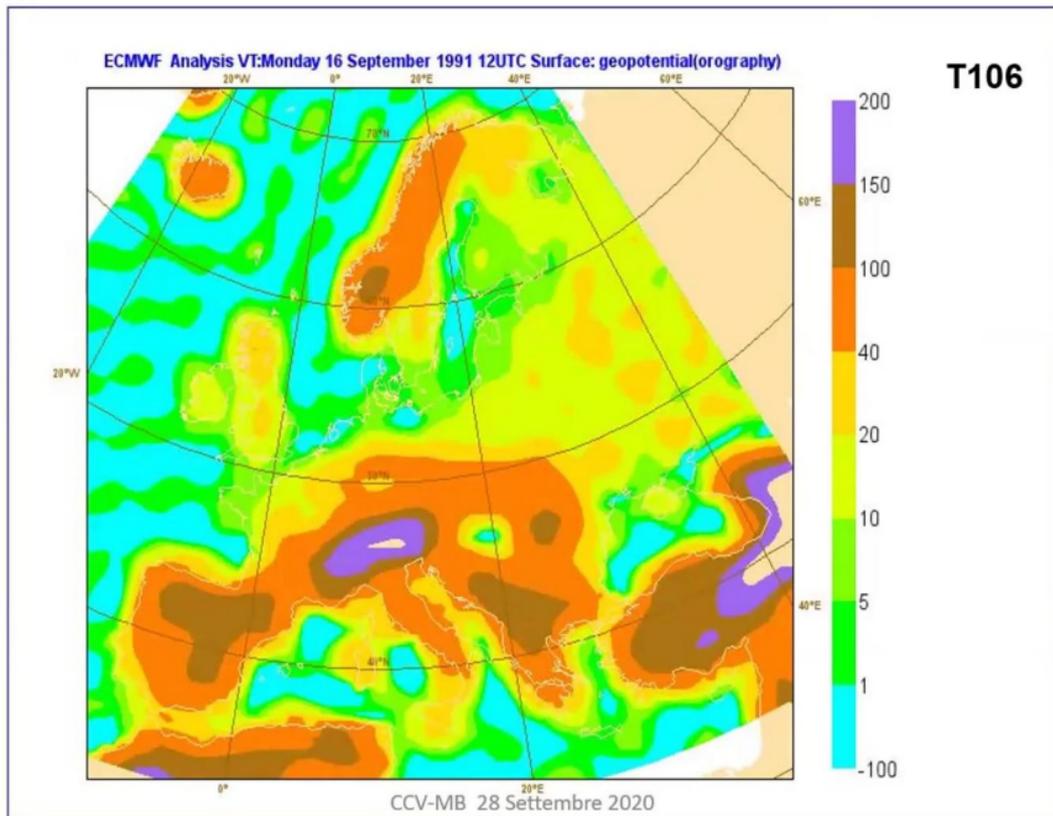
- Suddividono l'atmosfera con un grigliato tridimensionale
- Calcolano i valori medi di tutti i parametri atmosferici in ciascuna cella ad un certo istante
- Prevedono l'evoluzione di questi valori medi nel tempo (**la previsione!**)



Aumento risoluzione spaziale



Aumento risoluzione spaziale

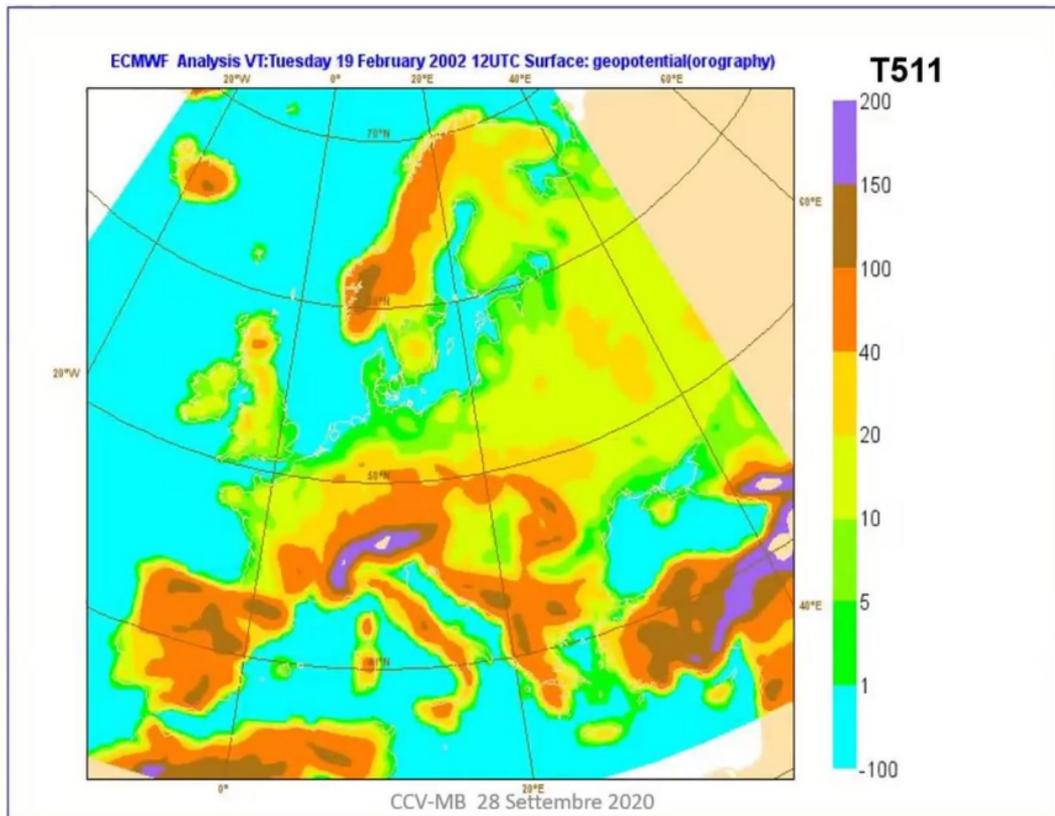


I dati

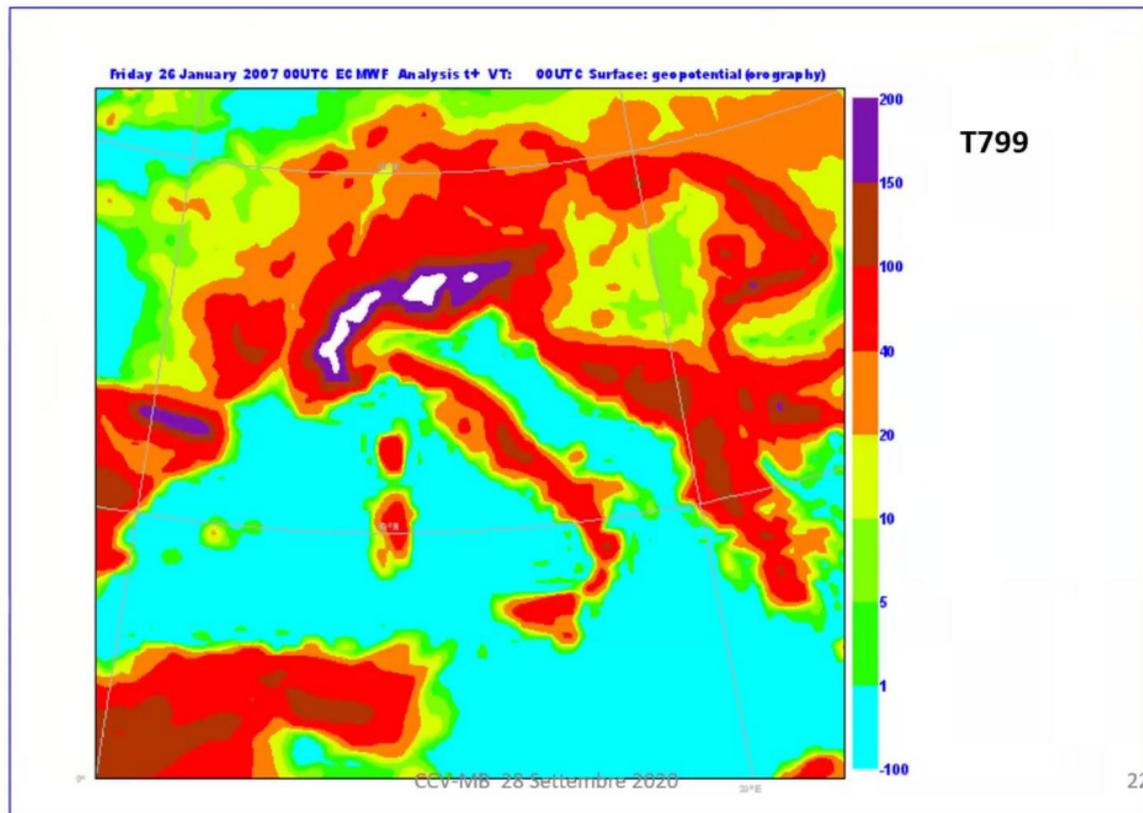
Per far funzionare i modelli matematici servono dati

Servono osservazioni meteorologiche che il modello utilizzerà per la prima sua “idea” del mondo fisico, lo stato iniziale, ovvero ***la migliore approssimazione della realtà ottenuto con dati veri***

Aumento risoluzione spaziale



Aumento risoluzione spaziale

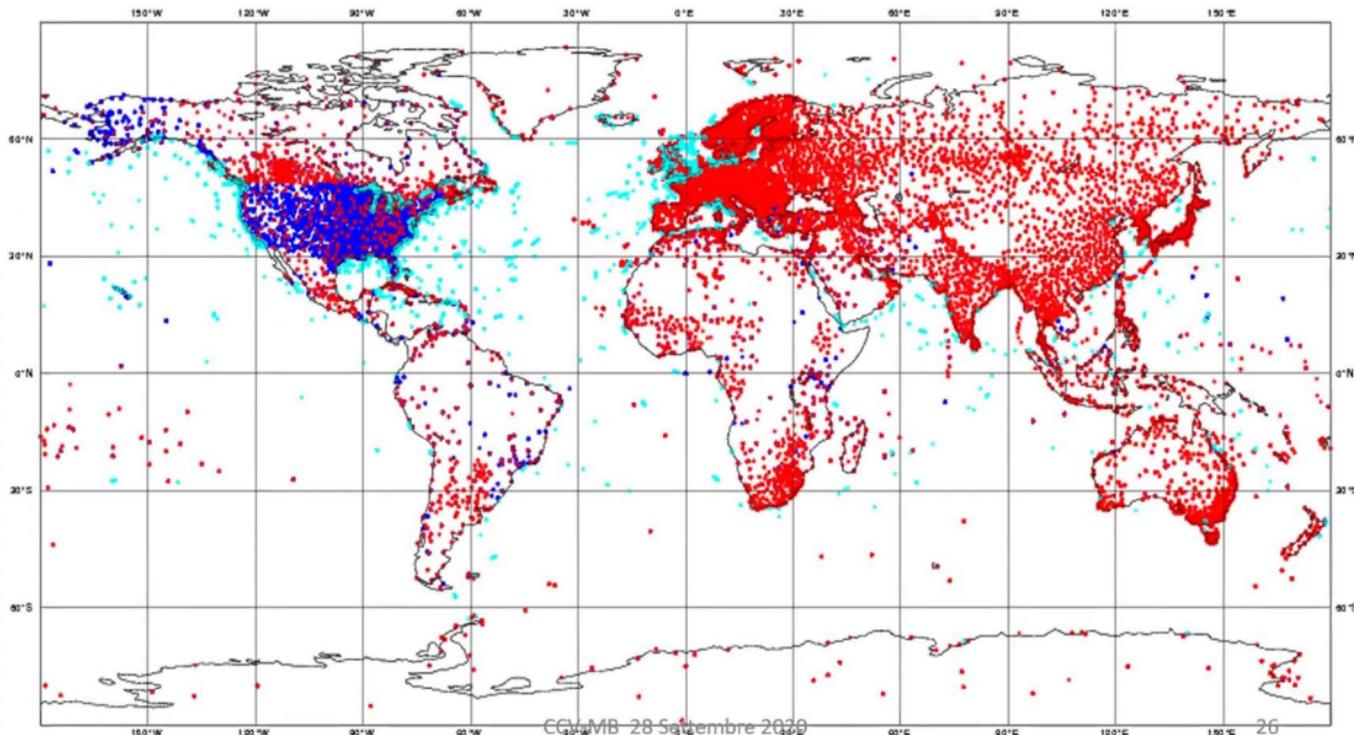


ECMWF Data Coverage (All obs DA) - Synop-Ship-Metar

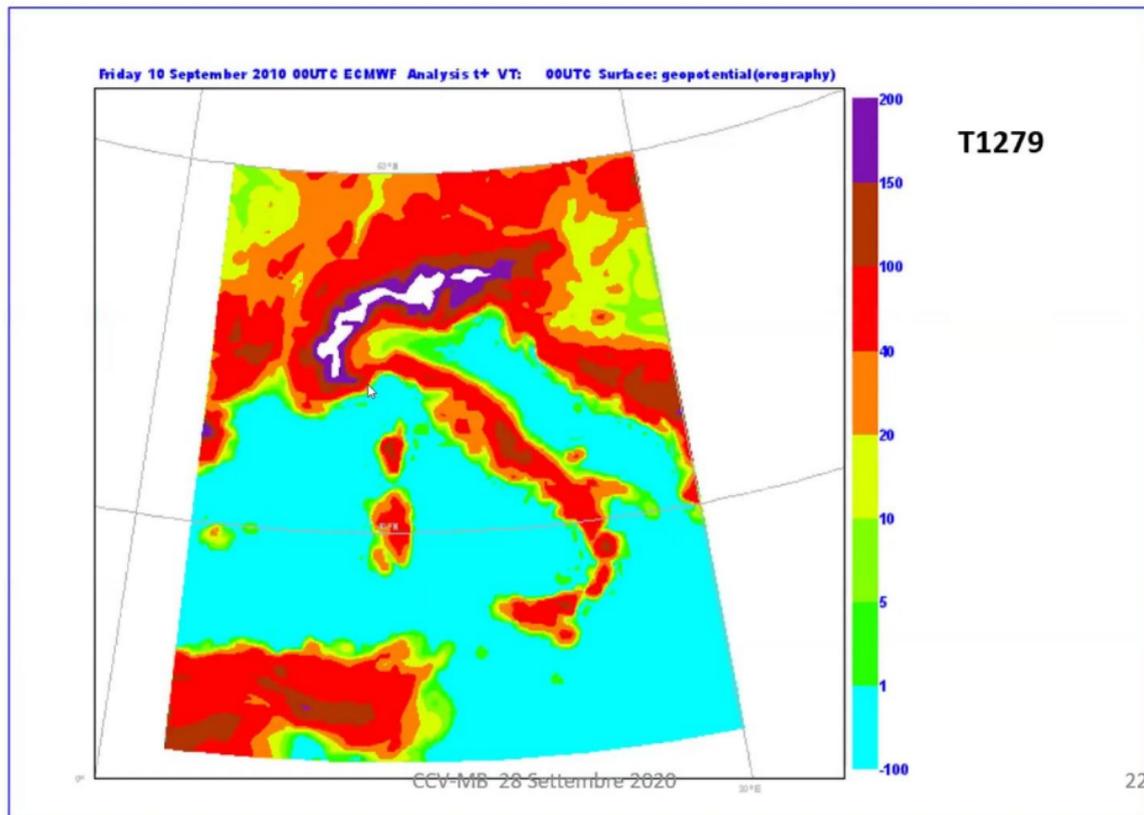
11/Nov/2015; 06 UTC

Total number of obs = 76518

32194 SYNOP 5243 SHIP 39081 METAR

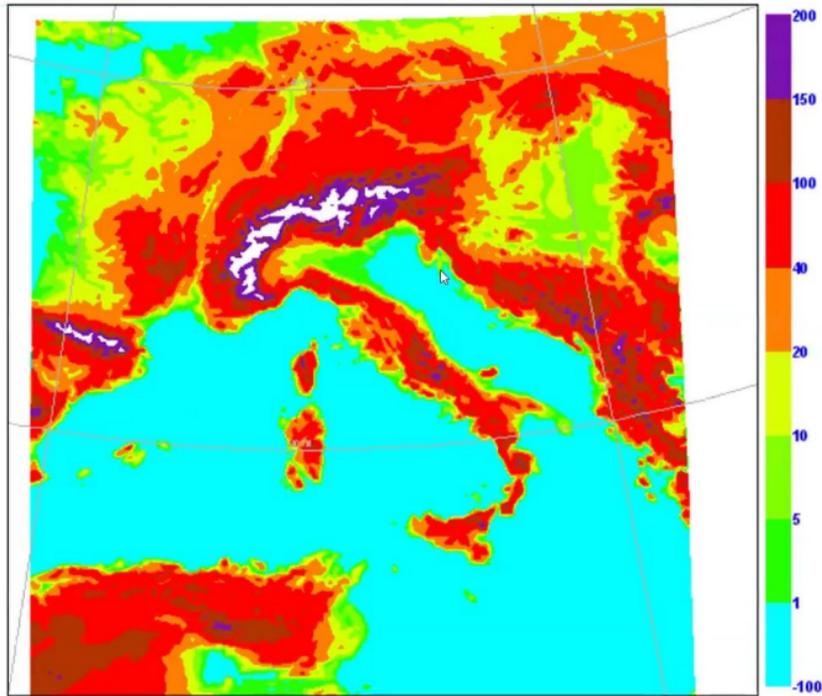


Aumento risoluzione spaziale



Aumento risoluzione spaziale

Monday 14 September 2009 00UTC VAR G Analysis+ VT: 00UTC Surface: 'geometric height

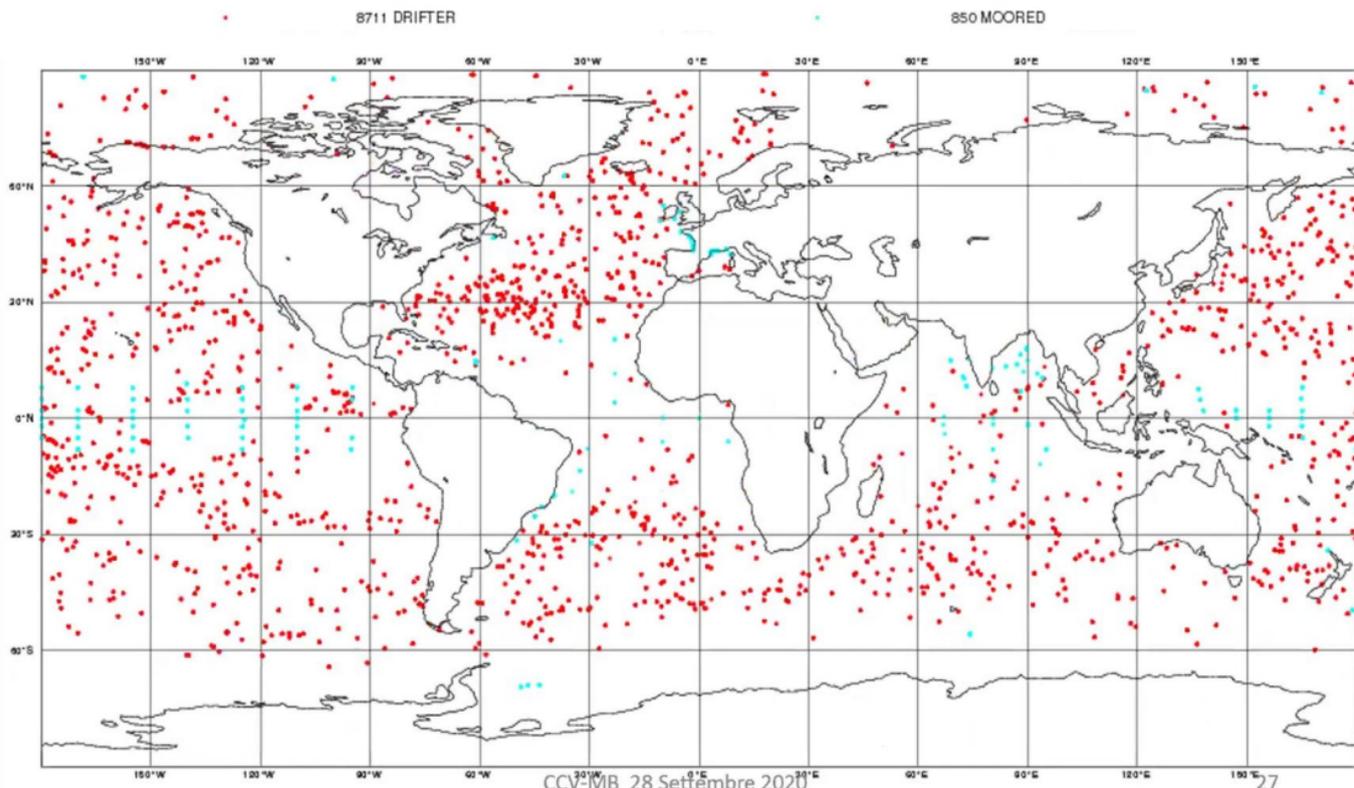


COSMO17

ECMWF Data Coverage (All obs DA) - Buoy

11/Nov/2015; 06 UTC

Total number of obs = 9561

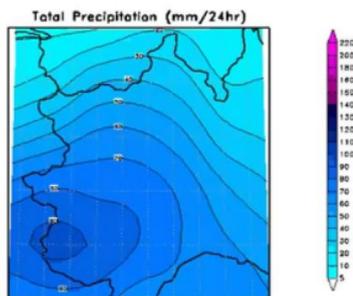


Aumento sulla risoluzione dei campi

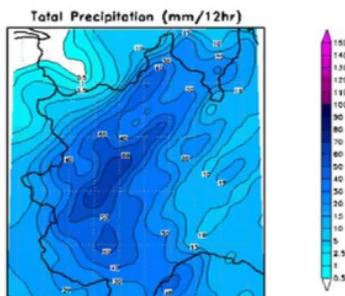
- ECMWF
- Modello globale
- 60 km

- Lambo
- LAM idrostatico
- 18 km

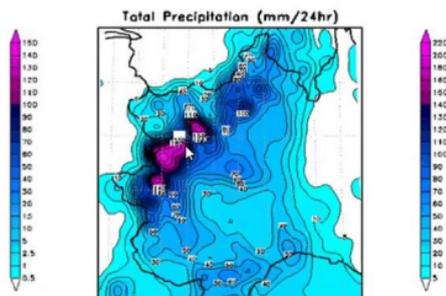
- *Lokal*
- *LAM non idrostatico*
- *7 km*



AWF - Mon 16 OCT 2000 00:00 UTC 36 HR FC



'H01 - Sun 15 OCT 2000 18:00 UTC 42 HR FC



M - Sun 15 OCT 2000 00:00 UTC 24 HR FC

I calcolatori

E' necessario avere la maggior potenza di calcolo disponibile per:

- elaborare i dati osservati**
- produrre le previsioni in tempo utile!**

Il previsore

- Utilizza tutti gli strumenti tecnologicamente più avanzati (modelli, dati regionali, dati europei)
- Utilizza tutti gli strumenti informatici più moderni (supercalcolatori)
- Sintetizza tutte queste informazioni in formato testuale aggiungendo la propria esperienza mediante processi analogici (valore aggiunto)
- Fornisce queste informazioni sotto forma di “previsione” (che non è “certificazione”)

Perché la previsione è scorretta?

1. I dati elaborati non sono “buoni”: troppo pochi oppure sbagliati
2. La fisica utilizzata nel modello di rappresentazione dell’atmosfera non è corretta
3. **L’atmosfera è un sistema caotico e la bontà delle previsioni dipende dallo stato atmosferico**
4. L’interpretazione del modello da parte del previsore non è corretta

Affidabilità delle previsioni

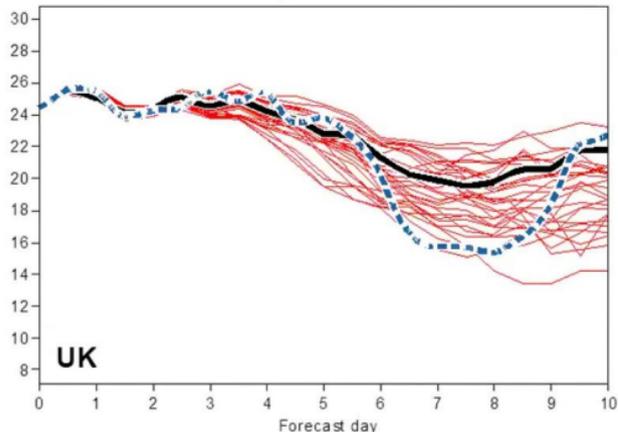
L'affidabilità di una previsione dipende, ad esempio, dal tipo di flusso atmosferico

26th June 1995

ECMWF ensemble forecast - Air temperature

Date: 26/06/1995 London Lat: 51.5 Long: 0

— Control —••• Analysis — Ensemble

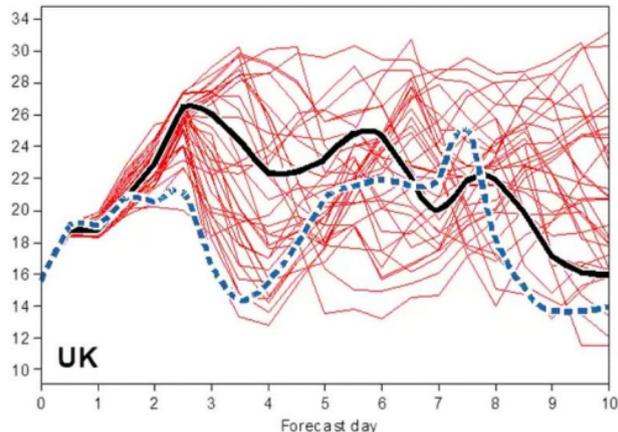


26th June 1994

ECMWF ensemble forecast - Air temperature

Date: 26/06/1994 London Lat: 51.5 Long: 0

— Control —••• Analysis — Ensemble

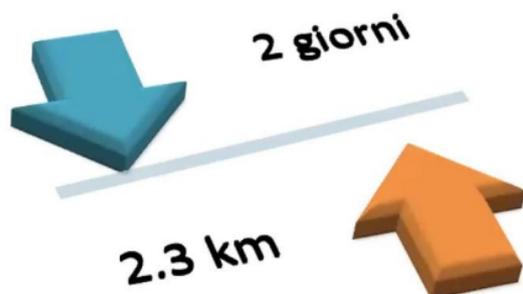
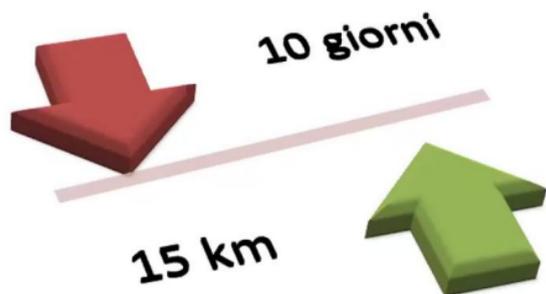


Come si misura il tempo?

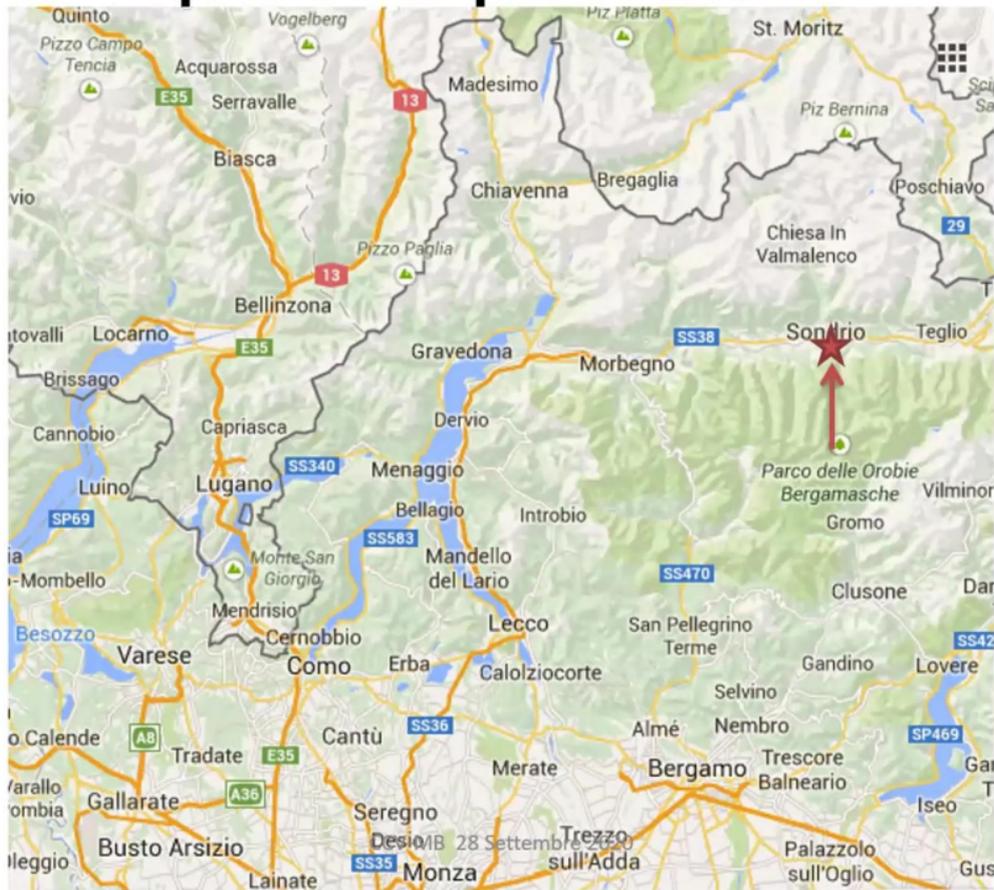


Validità previsioni

Le previsioni meteorologiche deterministiche hanno una scala di validità temporale nota che dipende fortemente dalla scala spaziale del modello.



Cosa succede, dunque, quando chiedete le previsioni per Caiolo ...



Come si misura il tempo?



... e poi controllate la temperatura di Caiolo...

PREVISTA PER LA NOTTE: 8 °C
OSSERVATA NELLA NOTTE: -5.7 °C



temperature medie orarie minime piu' fredde [C]

temperature medie orarie minime piu' fredde [C]						
1	Caiolo	274m	SO	-5.7	15-01-09 01	1
2	Varano Borghi	241m	VA	-4.9	15-01-09 07	2
3	Lonate Pozzolo	204m	VA	-3.3	15-01-09 06	3
4	Arconate (shake Up)	182m	MI	-3.2	15-01-09 07	4
5	Samolaco (ersaf)	206m	SO	-3.2	15-01-09 02	5
6	Ferno	215m	VA	-3	15-01-09 07	6
7	Cantu - Asnago *	244m	CO	-2.5	15-01-09 06	7
8	Samolaco (C.Adda)	206m	SO	-2.5	15-01-09 05	8
9	Mariano Comense	251m	CO	-2.3	15-01-09 07	9
10	Castello d' Agogna (ersaf) *	106m	PV	-2.3	15-01-09 07	10

**PREVISTA PER LA
NOTTE: 8 °C**

BOLLETTINO METEO CAIOLO

Aggiornamento del 9 Gennaio 2015, 8:18

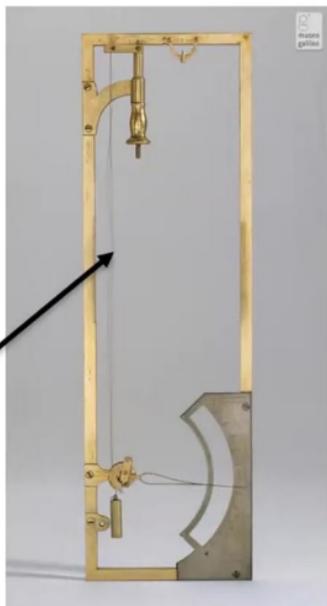
	NOTTE	MATTINA	POMERIGGIO	SERA
Venerdì 9 GENNAIO				
	Poco nuvoloso	Nubi sparse	Poco nuvoloso	Sereno
Temperatura	8 °C	10 °C	14 °C	10 °C
Umidità	72 %	50 %	41 %	62 %
Precipitazioni	assenti	assenti	assenti	assenti
Vento	NW 14 km/h moderato	NW 10 km/h moderato	WNW 17 km/h moderato	NW 21 km/h moderato
Pressione	1032 mb	1032 mb	1029 mb	1026 mb
Zero termico	1560 m	2020 m	2270 m	2480 m

Poco nuvoloso o velato. I venti saranno prevalentemente moderati e soffieranno da Ovest-Nord-Ovest con intensità di 15 km/h. Possibili raffiche fino a 42 km/h. Temperature: 6°C la minima e 14°C la massima. Quota 0°C a 2000 metri.

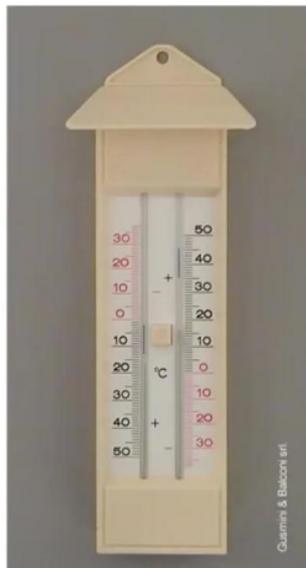
Come si misura il tempo?

Stazione meteorologica

I vecchi strumenti



Capelli



Come si misura il tempo?



Come si misura il tempo?

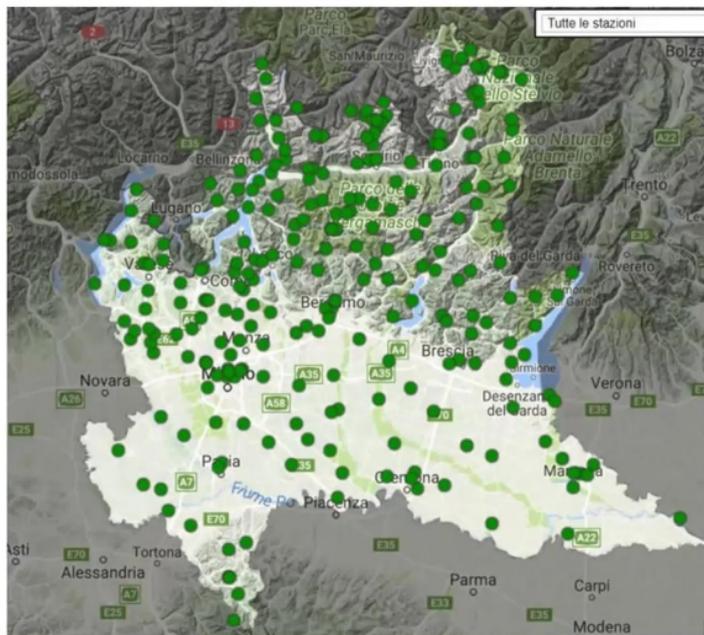
La capannina meteo



2

Come si misura il tempo?

Le stazioni di arpa lombardia
www.arpalombardia.it



Pallone sonda



<https://youtu.be/u2dlXzCvzfk>

<https://youtu.be/xH0sUEP-sCs>



Precipitazioni cumulate annue Stazione di Milano Brera

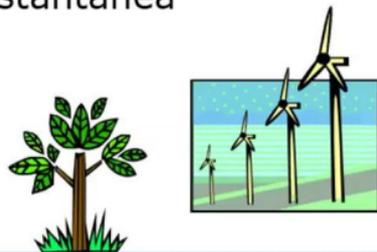


Il Clima e il Tempo



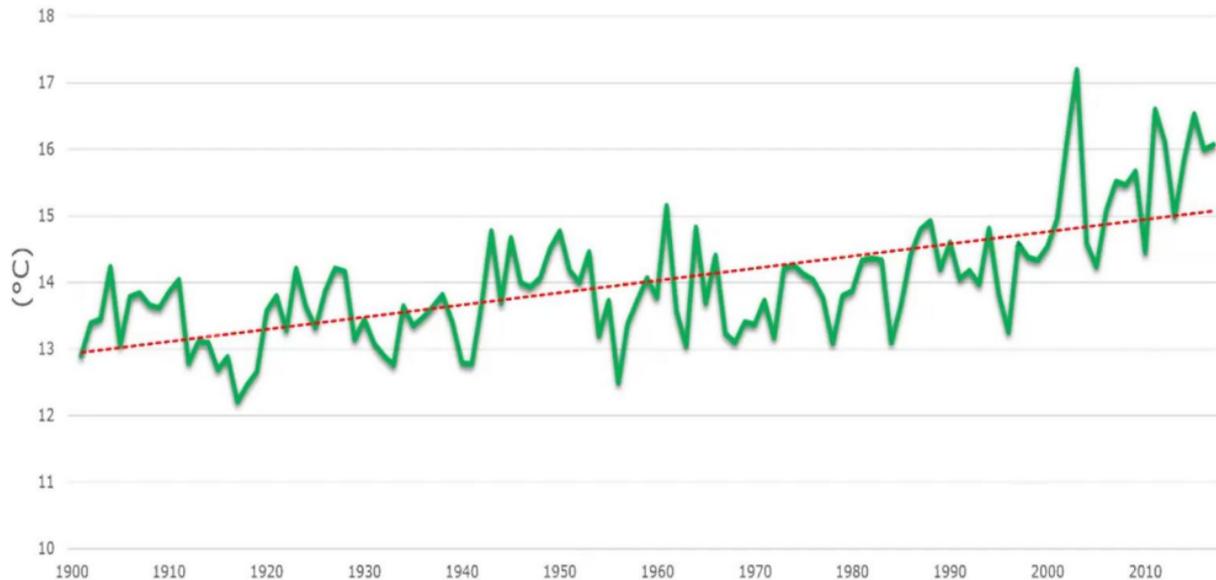
Il **clima** è ciò che riguarda le osservazioni su lungo periodo, le tendenze e le medie; il **tempo** è ciò che sperimentiamo giorno per giorno.

Più precisamente, il **clima** è la somma o la sintesi di tutte le condizioni di tempo registrate su un lungo intervallo di tempo; ci dice quali sono le condizioni medie o quelle più frequenti, o quelle estreme, o il numero di eventi accaduti o le frequenze di accadimento. Il **tempo** è la descrizione delle condizioni in un periodo di tempo breve, è “un’istantanea” dell’atmosfera in un particolare momento.



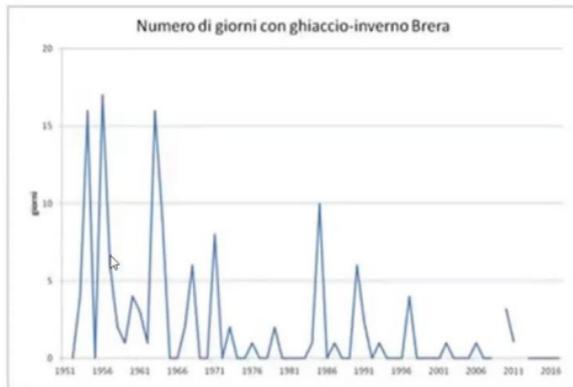
Il Clima..

Temperatura media annua 1901 - 2017
Stazione di Milano Brera



Numero giorni di gelo: numero dei giorni in un anno nei quali la temperatura **minima** è risultata $<0^{\circ}\text{C}$.

Numero giorni di ghiaccio: numero dei giorni in un anno nei quali la temperatura **massima** è risultata $<0^{\circ}\text{C}$.



Progetto Città Resilienti – Accordo di collaborazione tra Comune di Milano, ARPA Lombardia e ARPAE Emilia Romagna
Fonte dati: Arpa Lombardia Elaborazione: Arpa Emilia-Romagna

Le stazioni meteo di Arpa Lombardia

ARPA LOMBARDIA:

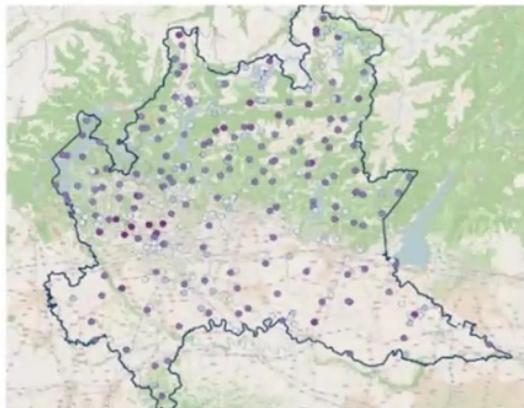
Rete di monitoraggio meteorologico in tempo reale: 318 stazioni automatiche, 70 stazioni idrometriche



Tutte le stazioni sono online su:

<https://www.arpalombardia.it/Pages/Meteorologia/Osservazioni-e-Dati/Dati-in-tempo-reale.aspx>

http://iris.arpalombardia.it/common/webgis_central.php?TYPE=guest



Arretramento del ghiacciaio di Alpe Sud - M.te Sobretta (Valfurva - SO)

