



Croce Rossa Italiana

CROCE ROSSA ITALIANA

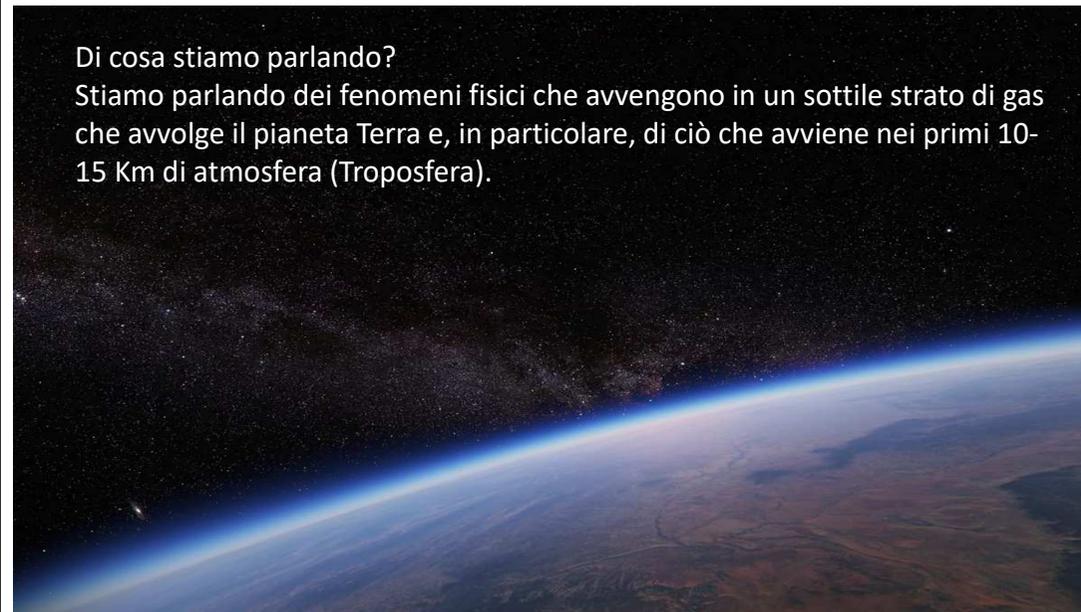
Corso di formazione
RISCHIO IDROGEOLOGICO E IDROLOGICO

Il clima e il ciclo dell'acqua

Giuseppe Bolzoni
Emergency Manager

Di cosa stiamo parlando?

Stiamo parlando dei fenomeni fisici che avvengono in un sottile strato di gas che avvolge il pianeta Terra e, in particolare, di ciò che avviene nei primi 10-15 Km di atmosfera (Troposfera).

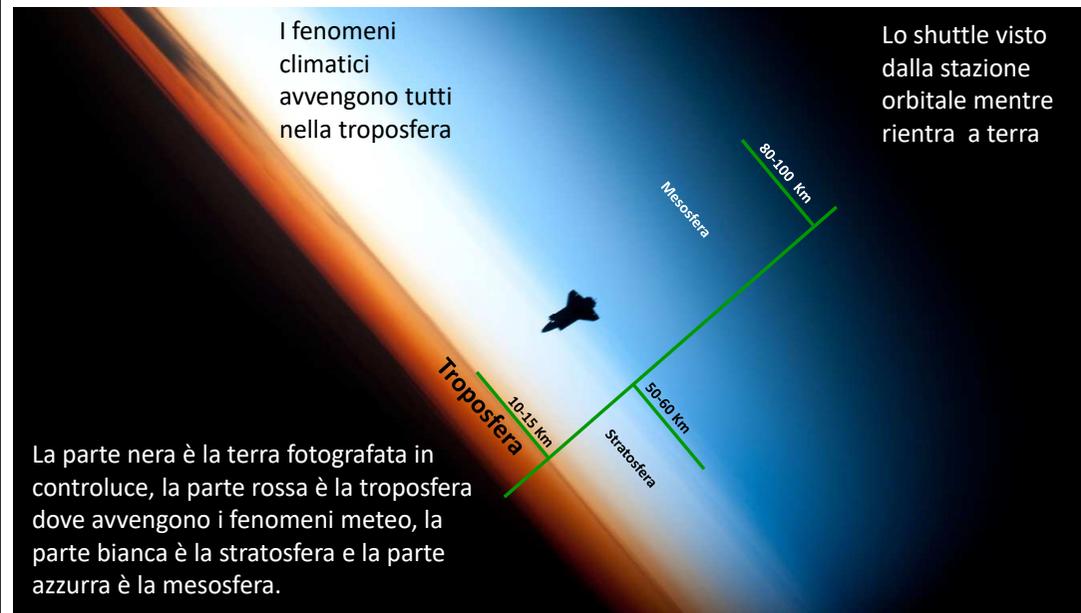


Tutti i fenomeni meteorologici che innescano gli eventi che portano alla creazione di un eventuale rischio idrologico avvengono nella troposfera.



I fenomeni climatici avvengono tutti nella troposfera

Lo shuttle visto dalla stazione orbitale mentre rientra a terra

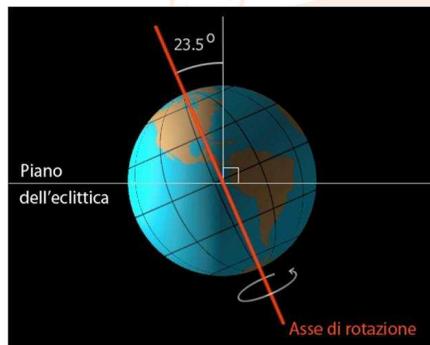


La parte nera è la terra fotografata in controluce, la parte rossa è la troposfera dove avvengono i fenomeni meteo, la parte bianca è la stratosfera e la parte azzurra è la mesosfera.

Il clima è lo stato medio del tempo atmosferico a varie scale spaziali (locale, regionale, nazionale, continentale, emisferico o globale) rilevato nell'arco di almeno 20-30 anni.

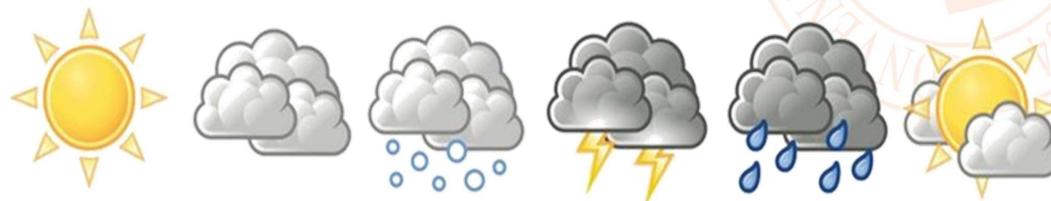
La parola **clima** deriva dal greco klima e significa "inclinato": il clima infatti è in massima parte una funzione dell'inclinazione dei raggi solari sulla superficie della terra al variare della latitudine.

L'inclinazione di 23.5° dell'asse terrestre determina l'alternarsi delle stagioni.



"Tempo meteorologico" e "clima" sono termini che nel linguaggio comune vengono spesso usati come sinonimi; dal punto di vista strettamente scientifico invece i loro significati sono distinti.

Quando si parla di "clima" ci si riferisce alle condizioni ambientali che persistono in una zona per periodi lunghi almeno qualche decina di anni (da **minimo 30 anni a migliaia di anni**) e condizioni atmosferiche che tendono a ripetersi stagionalmente, mentre variazioni meteo giornaliere, stagionali o annuali devono essere considerate variazioni **del tempo meteorologico di una zona**.



Per fare un esempio, il clima può essere paragonato ad un uomo che cammina sulla spiaggia accompagnato dal suo cane che gironzola in su e in giù seguendo il padrone. Il cane è il tempo meteorologico.

Elementi del clima

Gli elementi climatici sono delle **grandezze fisiche misurabili**, la cui misurazione viene effettuata per mezzo di opportuna strumentazione da parte delle stazioni meteorologiche e sono:

- ✓ temperatura;
- ✓ umidità dell'aria;
- ✓ pressione atmosferica;
- ✓ intensità e durata della radiazione solare (funzione della latitudine, della stagione e della durata del giorno);
- ✓ precipitazioni;
- ✓ nuvolosità;
- ✓ vento (velocità, direzione, raffiche).



Sono gli stessi elementi che caratterizzano il tempo atmosferico, ma coerentemente con la definizione di Clima di essi sono rilevanti solo i valori medi assunti su un lungo periodo di tempo.

Fattori climatici

I fattori climatici sono le condizioni che producono variazioni sugli elementi climatici. Si possono distinguere tra:

- ✓ **fattori zionali**, che agiscono regolarmente dall'equatore ai poli, e
- ✓ **fattori geografici**, che agiscono in modo diverso per ogni località.

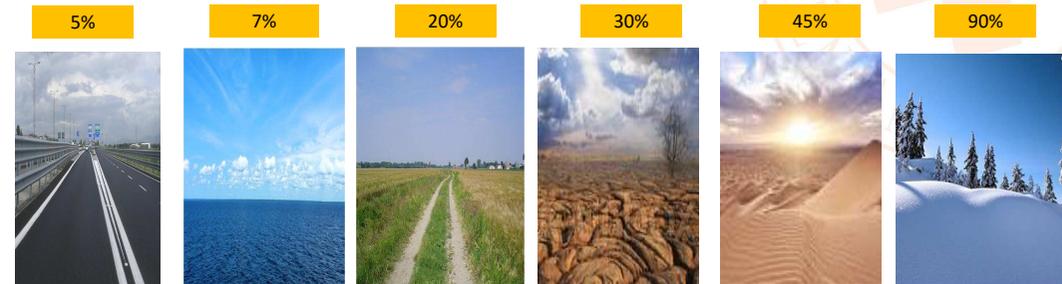


Manutenzione di una stazione meteorologica sull'isola di Grenada (Caraibi)

Sono fattori zionali:

- ✓ **La latitudine** (distanza di un punto dall'equatore);
- ✓ **La circolazione generale atmosferica**, che influisce attraverso gli scambi di calore tra le regioni calde e le regioni più fredde.
- ✓ **L'effetto serra**
- ✓ **L'albedo** (capacità delle superfici di riflettere la luce solare; quindi l'energia)

Albedo di superfici differenti. L'albedo medio della terra è del 31%

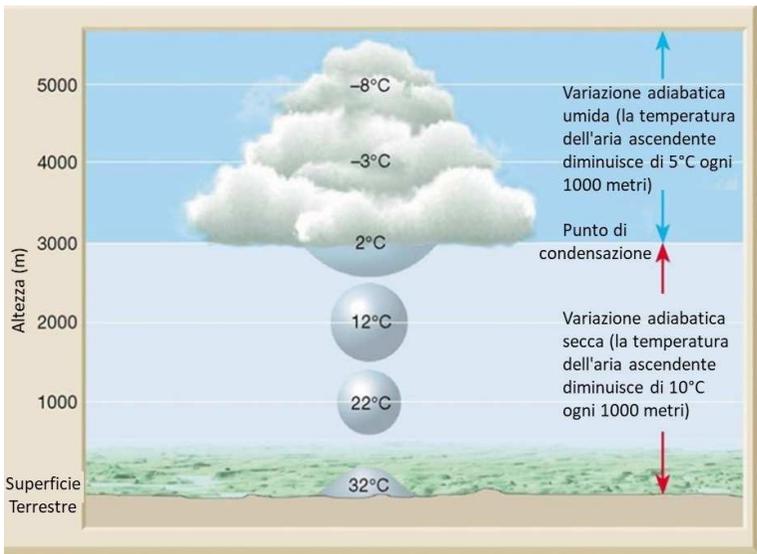


Sono fattori geografici:

- ✓ **L'altitudine** (con l'altezza diminuiscono la temperatura, la pressione e l'umidità, mentre aumentano l'irraggiamento solare e, fino a una certa quota, la piovosità);
- ✓ La presenza di **catene montuose** (che bloccano o deviano i venti);
- ✓ **L'esposizione** che modifica l'angolo di incidenza della luce solare;
- ✓ **La vicinanza al mare** (che mitiga il clima);
- ✓ **Le correnti marine** (che agiscono sul clima delle regioni costiere);
- ✓ **L'attività umana** (che agisce sul clima in quanto capace di modificare l'ambiente naturale e gli equilibri degli ecosistemi).
- ✓ **L'irradiazione** solare.
- ✓ La **vicinanza a grandi bacini d'acqua** (la funzione mitigatrice di questi bacini favorisce delle escursioni termiche meno accentuate rispetto ad una regione che ne è sprovvista, favorendo il caratteristico clima mite)
- ✓ **La vegetazione** (mitiga il clima grazie alla maggior presenza di vapore acqueo);

L'abbondanza di vegetazione mitiga il clima delle città grazie alla maggior presenza di vapore acqueo.



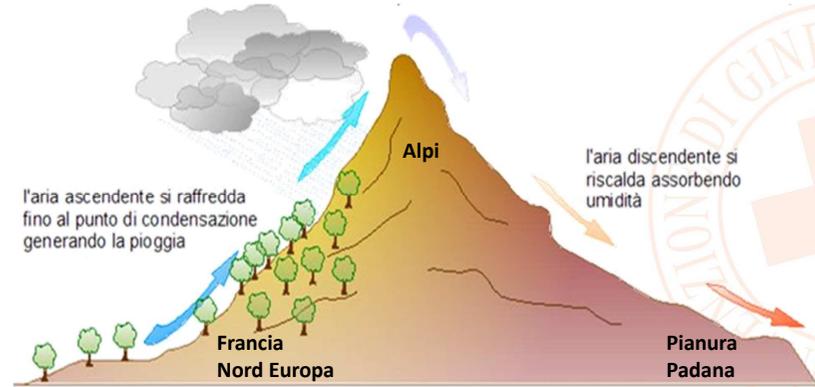


Raffreddamento adiabatico dell'aria in risalita

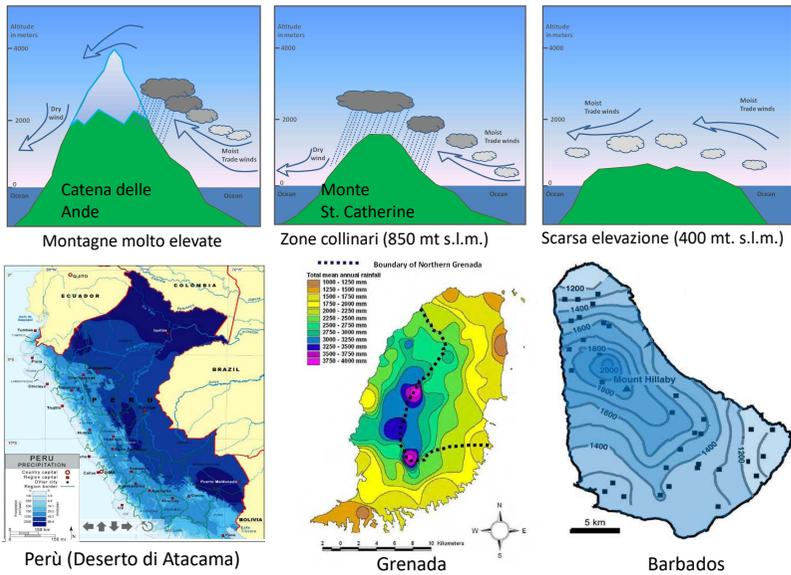
Significato di Adiabatico
 Impenetrabile al calore; in termodinamica, di una parete termicamente isolante, o di trasformazione che avvenga senza scambi di calore con l'esterno.

L'aria in risalita si espande raffreddandosi e l'umidità in essa contenuta condensa.

Effetto del vento Foehn sulla Pianura Padana

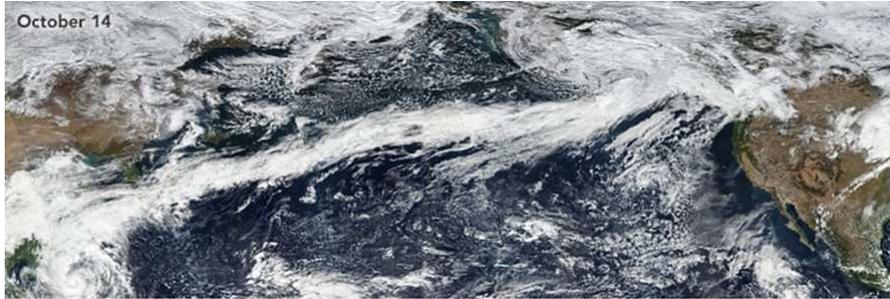


L'aria ascendente si espande e perde circa 10°C di temperatura ogni 1000 metri di altitudine. Raffreddandosi, l'umidità condensa in pioggia e cede il calore latente di condensazione all'aria che sale ulteriormente. Discendendo dalla parte opposta, l'aria si comprime, si riscalda e diventa secca.



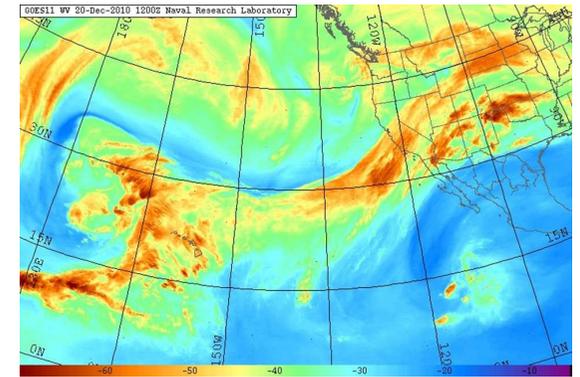
I fiumi atmosferici

Un fiume atmosferico (in inglese Atmospheric Rivers) è uno stretto corridoio o filamento di umidità concentrata nell'atmosfera. Altri nomi per questo fenomeno sono pennacchio tropicale, connessione tropicale, pennacchio di umidità, aumento di vapore acqueo e banda di nuvole. I fiumi atmosferici sono costituiti da strette bande di trasporto potenziato del vapore acqueo, tipicamente lungo i confini tra ampie aree di flusso d'aria superficiale divergente, comprese alcune zone frontali in associazione con cicloni extratropicali che si formano sugli oceani.



I fiumi atmosferici hanno un ruolo centrale nel ciclo idrico globale. In determinati giorni, i fiumi atmosferici rappresentano oltre il 90% del trasporto globale di vapore acqueo, eppure coprono meno del 10% della circonferenza della Terra.

Sono anche la principale causa di eventi di precipitazioni estreme che causano gravi inondazioni in molte regioni costiere di media latitudine e occidentali del mondo, compresa la costa dell'Europa occidentale, la costa occidentale del Nord Africa. Allo stesso modo, l'assenza di fiumi atmosferici è stata collegata al verificarsi di siccità in diverse parti del mondo, tra cui Sud Africa, Spagna e Portogallo.



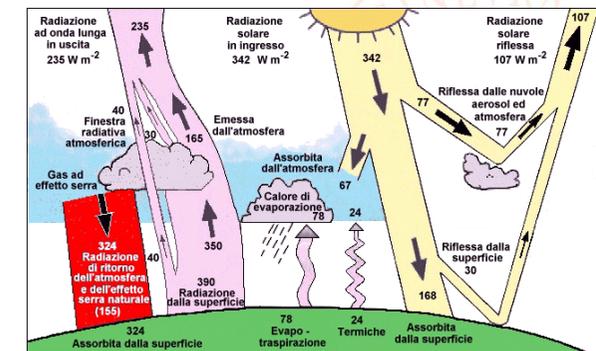
Da cosa sono generati i fenomeni che abbiamo citato fino ad ora?



BILANCIO ENERGETICO DELLA TERRA

La terra si trova in una situazione di equilibrio energetico. L'energia solare che la raggiunge viene dispersa nello spazio esterno come segue:

- 1.- Un terzo viene dispersa immediatamente nello spazio esterno per riflessione (circa il 31%).
- 2.- Circa la metà raggiunge la terraferma e gli oceani
- 3.- Il restante 20% viene assorbita dalla "Troposfera", la parte più bassa dell'atmosfera.





Al termine di questo processo, tutta l'energia che raggiunge la terra deve essere riemessa nello spazio per evitare l'effetto serra con il conseguente aumento della temperatura media terrestre.

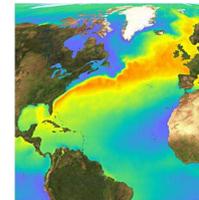
Due fluidi presenti sulla superficie terrestre ridistribuiscono l'energia incidente su tutto il pianeta prima che venga riemessa nello spazio mantenendone la temperatura pressoché uniforme e compatibile con la vita. Essi sono: **l'atmosfera e l'acqua dei mari e degli oceani.**



La luna, che non possiede fluidi (venti e oceani) per il trasporto dell'energia che arriva dal sole, si ritrova con temperature che variano da 95 a 120°C di giorno e -170 a -200 la notte

Come vento e oceani distribuiscono l'energia sul pianeta?

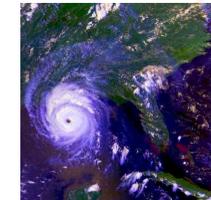
Spostamenti dall'equatore ai poli



Correnti oceaniche



Vento



Interazioni tra mare e atmosfera

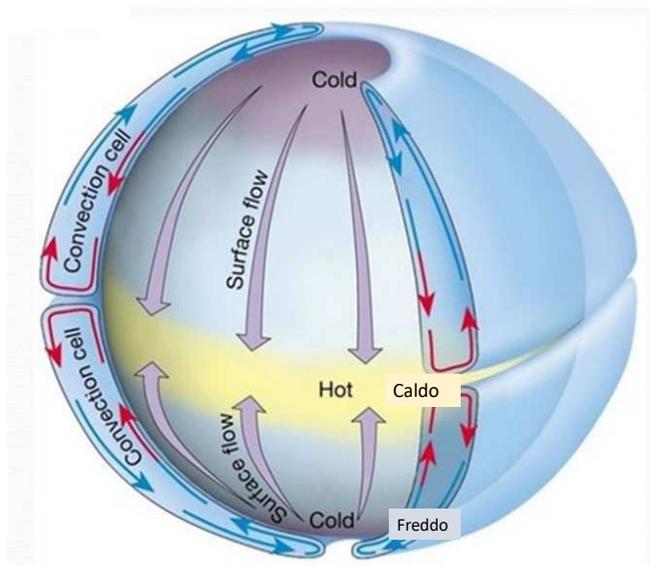


Attraverso il tempo

Dall'estate all'inverno
Dal giorno alla notte

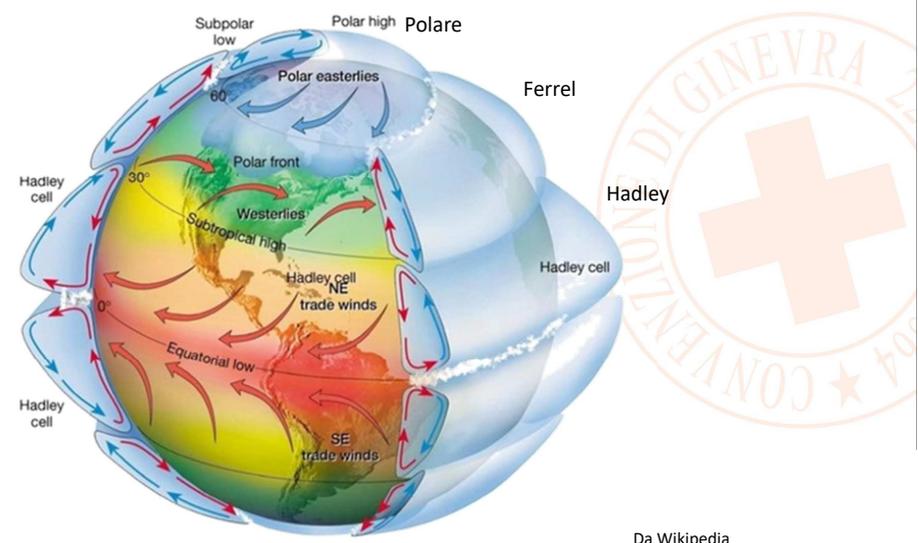


Lo spostamento delle masse d'aria attorno al pianeta è casuale o c'è una logica che le dirige?



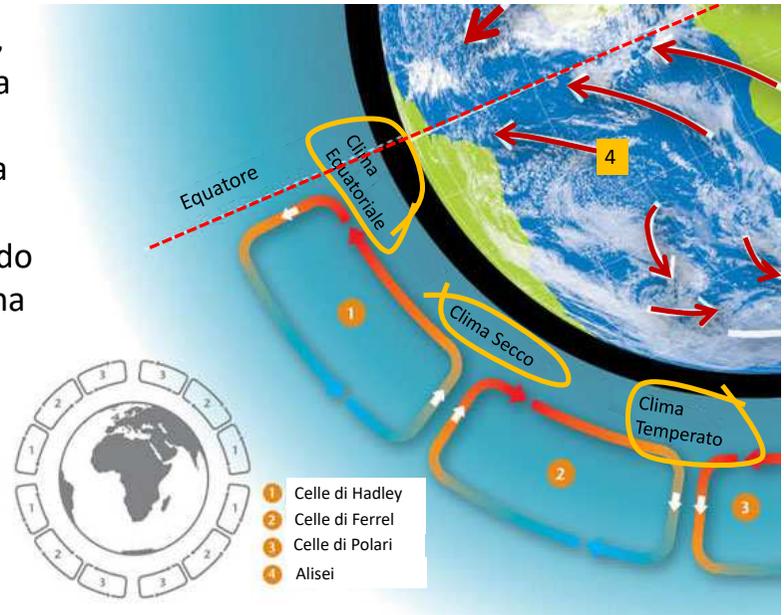
Con il forte irraggiamento solare l'equatore si riscalda mentre i poli sono più freddi per cui l'aria dovrebbe spostarsi dai poli verso l'equatore dove l'aria calda in risalita richiama aria più fredda da nord e da sud. In realtà, a causa della rotazione terrestre questo non avviene linearmente come si potrebbe supporre dal disegno.

Visione globale delle celle di Hadley, Ferrel e Polari



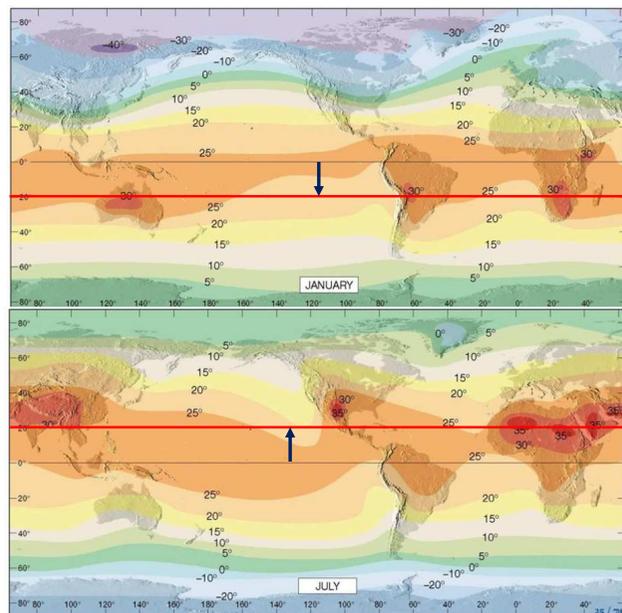
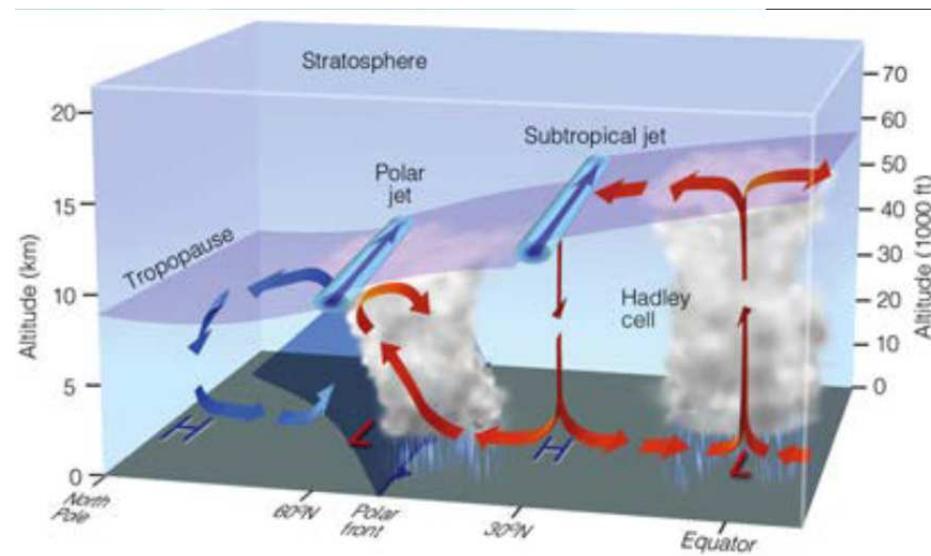
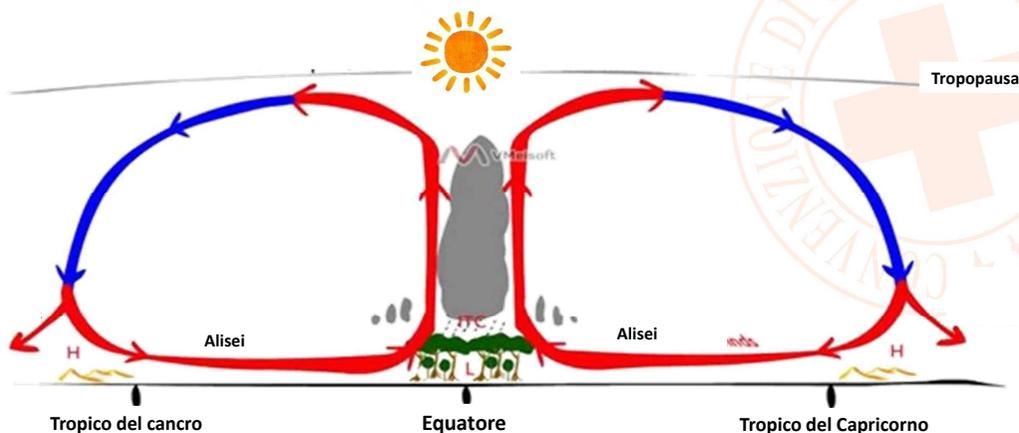
Da Wikipedia

Quando l'aria sale, l'umidità condensa e si formano le nuvole con pioggia (equatore e aree temperate). Quando l'aria scende il clima secco forma i deserti nelle zone tropicali.



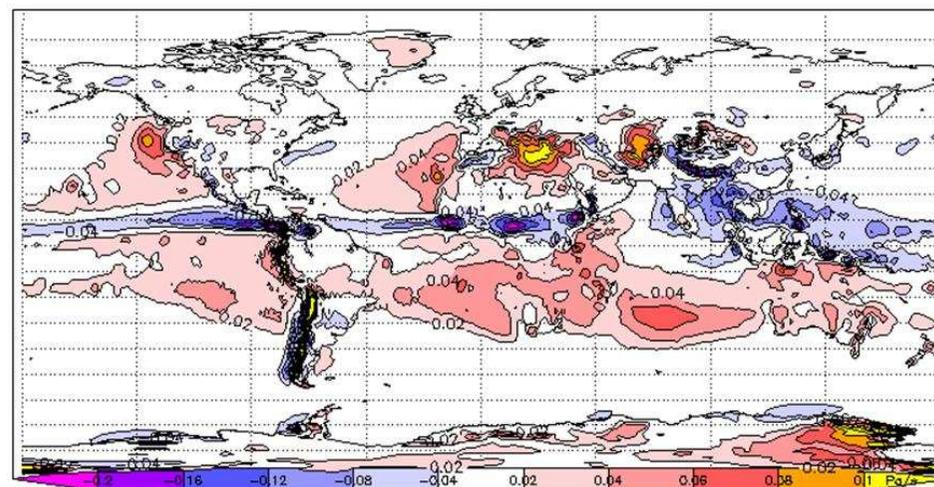
Come funzionano le celle di Hadley

Le celle di Hadley sono parte della circolazione atmosferica della terra. Interessano un'area della superficie terrestre compresa tra i 30° di latitudine Nord e i 30° Sud. L'aria si alza nei pressi dell'equatore e attrae altra aria dalle zone tropicali.

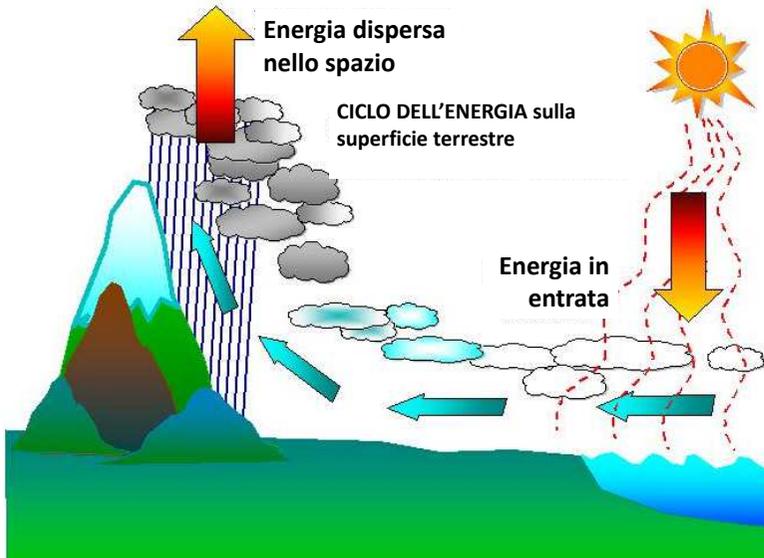


Durante l'inverno la linea dell'equatore reale si sposta verso sud di 23° rispetto all'equatore geografico riscaldando l'emisfero boreale mentre, durante l'estate, l'equatore reale si sposta verso nord di 23° scaldando l'emisfero settentrionale. Oltre al variare delle stagioni che percepiamo personalmente, il fenomeno è evidente anche sulle cartine a fianco con indicate le temperature medie stagionali.

In giallo-rosa i venti prevalentemente discendenti e in blu-viola i venti prevalentemente ascendenti sulla superficie terrestre.



Ruolo dell'umidità nell'atmosfera



L'acqua assorbe l'energia solare trasformandosi in vapore che, a sua volta, condensandosi sotto forma di pioggia o neve cede l'energia accumulata all'atmosfera nelle zone più fredde della terra. L'energia liberata viene irradiata nello spazio.



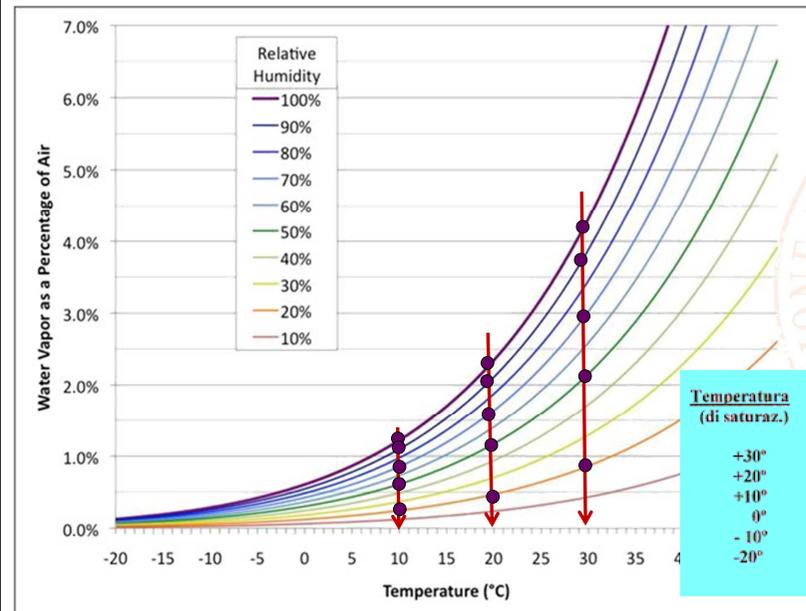
Dallo spazio, i movimenti atmosferici sono visibili con l'andamento delle nubi

Composizione dell'atmosfera

Azoto	78% circa
Ossigeno	21% circa
Gas rari	1% circa
Anidride Carbonica	0.0411% (dato di Settembre 2021)

E umidità a basse concentrazioni (estremamente variabili).

La concentrazione di quest'ultima nell'atmosfera e i fenomeni da essa indotti, costituiscono l'argomento principale di questa presentazione.



Più elevata è la temperatura dell'aria e più acqua vi può rimanere sospesa come vapore

Comparazione visiva del contenuto di acqua in 1 m³ d'aria a diverse temperature e umidità relative

Umidità relativa → 20% 50% 70% 90% 100%

a 10 °C

a 20 °C

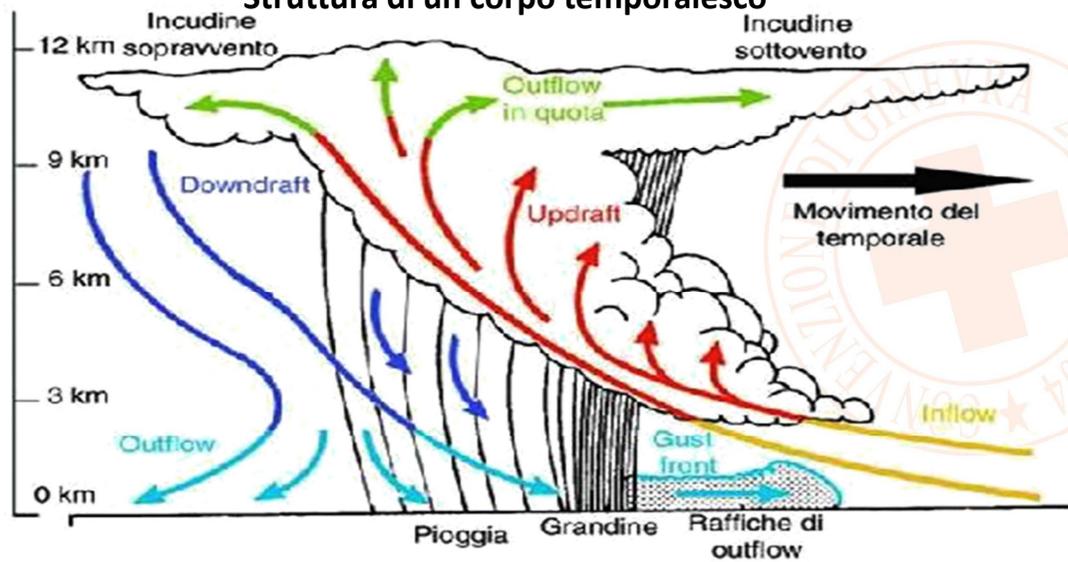
a 30 °C



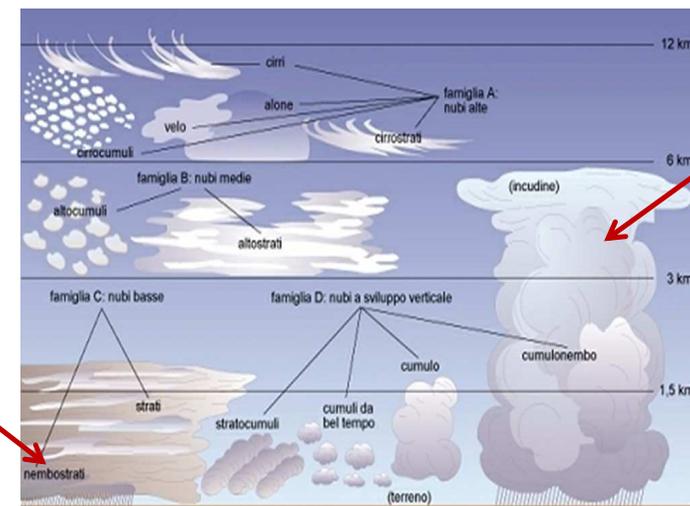
Fenomeni meteorologici

<https://pecoshank.com/>

Struttura di un corpo temporalesco



Classificazione delle nuvole



Inondazioni da fiumi a lunga percorrenza (Po, Adda, Ticino, Tevere, Arno)

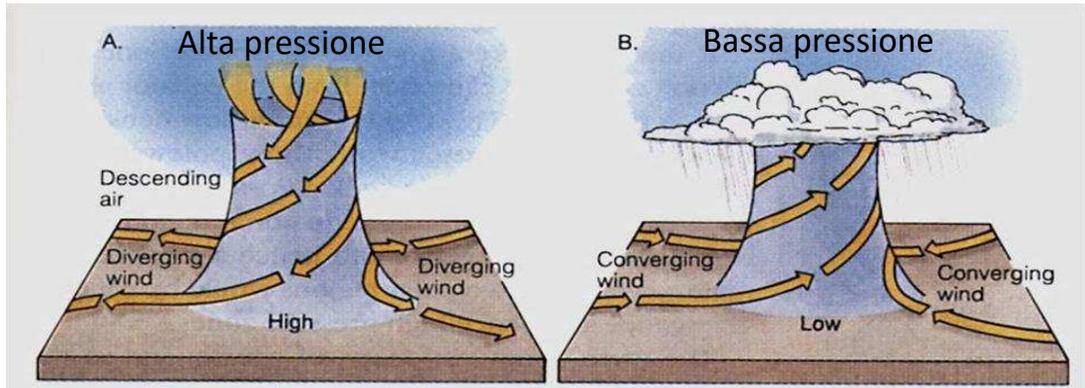
Inondazioni improvvise (Flash Floods)



Nembrostrati - Maltempo caratteristico della pianura Padana nei mesi autunnali. Può durare giorni con precipitazioni abbondanti e continue che fanno alzare il livello del Po e dei maggiori affluenti.



Cumulonembi - Fenomeni caratteristici dei temporali estivi con precipitazioni violente e di breve durata con allagamenti improvvisi di aree circoscritte.



Con l'alta pressione l'aria scende dall'alto con movimento circolare in senso orario e i venti a terra sono divergenti. L'aria proveniente dall'alto possiede una bassa umidità per cui si ha bel tempo.

Con la bassa pressione l'aria sale verso l'alto con movimento circolare in senso anti-orario e i venti a terra sono convergenti. Alzandosi, l'umidità dell'aria condensa formando le nubi.

Un semplice esercizio per verificare che l'aria calda sale perché è più leggera si può fare con i sacchi neri delle immondizie. Il gioco funziona solamente se viene fatto durante una calda giornata estiva con forte insolazione.



D'estate, quando si prevede la formazione di un temporale, per capire dove si formerà la depressione temporalesca, quindi il cumulonembo, basterà volgere la schiena al vento. Il temporale si formerà alla vostra sinistra, a ore 10, come indicato in figura. Se percepite la formazione di un temporale ma non c'è vento, significa che vi trovate nell'occhio del ciclone e il temporale si sta formando sopra la vostra testa.



Direzione del vento

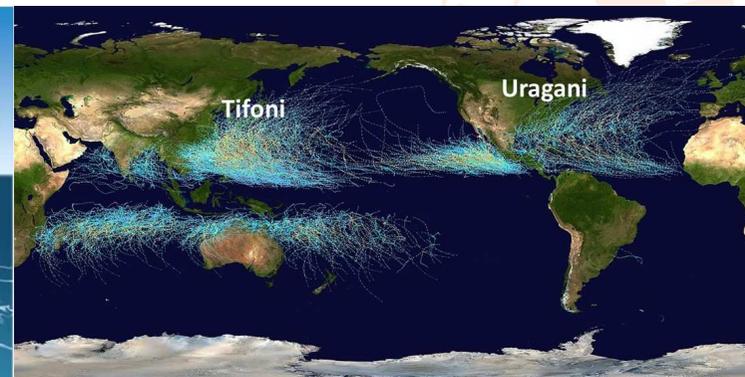
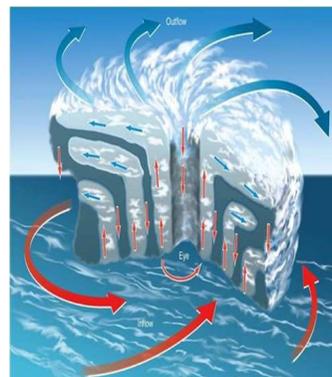
Ai tropici, a causa delle temperature più elevate, sia dell'aria che dell'acqua di mare, i fenomeni sono più violenti e generano gli uragani



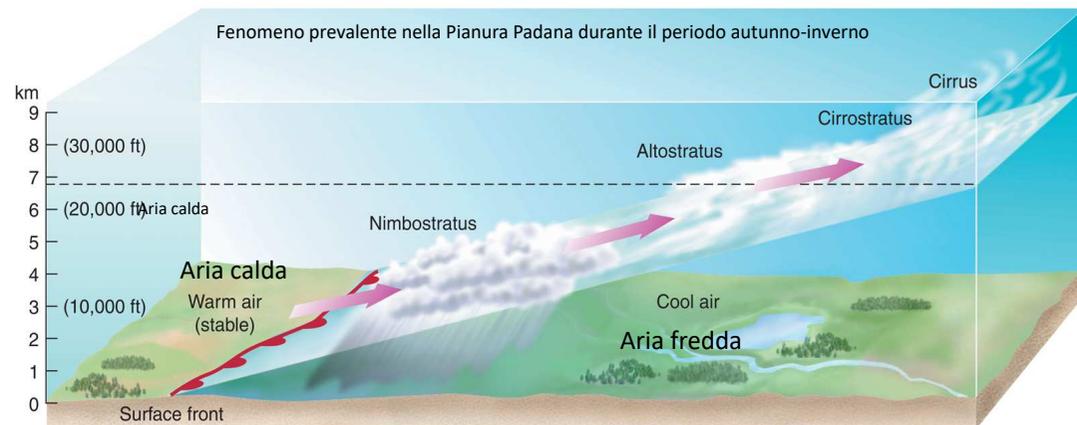
La stagione delle piogge nelle aree tropicali dell'emisfero nord inizia a fine maggio/inizio giugno con un massimo di precipitazioni a settembre/ottobre.

A novembre inizia la stagione secca. Durante la stagione delle piogge, non piove in continuazione ma è un susseguirsi di acquazzoni, soprattutto nelle ore pomeridiane.

Gli uragani/tifoni si formano sulla superficie degli oceani e si alimentano con il calore dell'acqua del mare. Quando arrivano sulla terra si esauriscono.



Preparazione alla stagione delle piogge in una favela nei pressi della città di Panamá.



FRONTE CALDO

Il fronte caldo è una perturbazione lenta che genera precipitazioni continue, anche di 36-48 ore. L'aria calda sale lentamente su per il piano del fronte freddo e produce nubi stratiformi. A livello del fronte caldo, l'aria calda sale sopra l'aria fredda, gradualmente. L'umidità nell'aria che sale si condensa, producendo nuvole e precipitazioni, di tipo dipendente dalla rapidità con cui l'aria sale.

Alta pressione

Quando l'aria fredda scende, comprimendosi, diventa più calda, creando un'area di alta pressione in superficie e portando tempo stabile con cieli tersi. Solitamente è caldo e asciutto in estate e freddo e gelido in inverno.



Tuttavia, se l'aria discendente intrappola aria più calda sotto di essa, si può formare la nebbia.



Nebbia in Valpadana

Bassa pressione

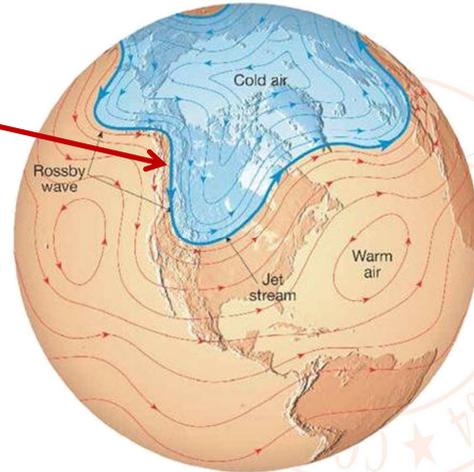
Il calore in superficie fa salire l'aria, producendo una bassa pressione in superficie. L'umidità si condensa nell'aria che sale, producendo nubi e precipitazioni, di tipo dipendente dalla rapidità con cui l'aria sale. Il tempo ciclonico (di bassa pressione) è, solitamente, cupo con nuvole grigie, spesso accompagnate da piogge leggere e persistenti.



Depressioni delle medie latitudini

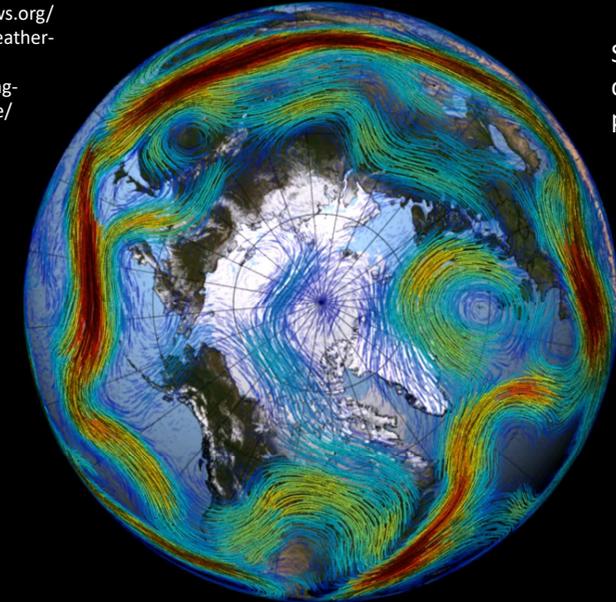
Tra le regioni polari e tropicali, si formano aree di bassa pressione, chiamate depressioni delle medie latitudini. Esse, viaggiano da ovest ad est, solitamente una depressione dietro l'altra. Sono causate da onde orizzontali della corrente a getto, chiamate onde di Rossby, alla sommità del fronte tra l'aria polare e tropicale. Le onde di Rossby producono onde simili a livello della superficie. Una cresta di un'onda di Rossby, che si proietta nell'aria fredda sul lato polare della corrente a getto, produce un cuneo di alta pressione. Un avvallamento della corrente a getto, che si proietta nell'aria calda sul lato equatoriale, produce una bassa pressione.

Corrente polare a getto

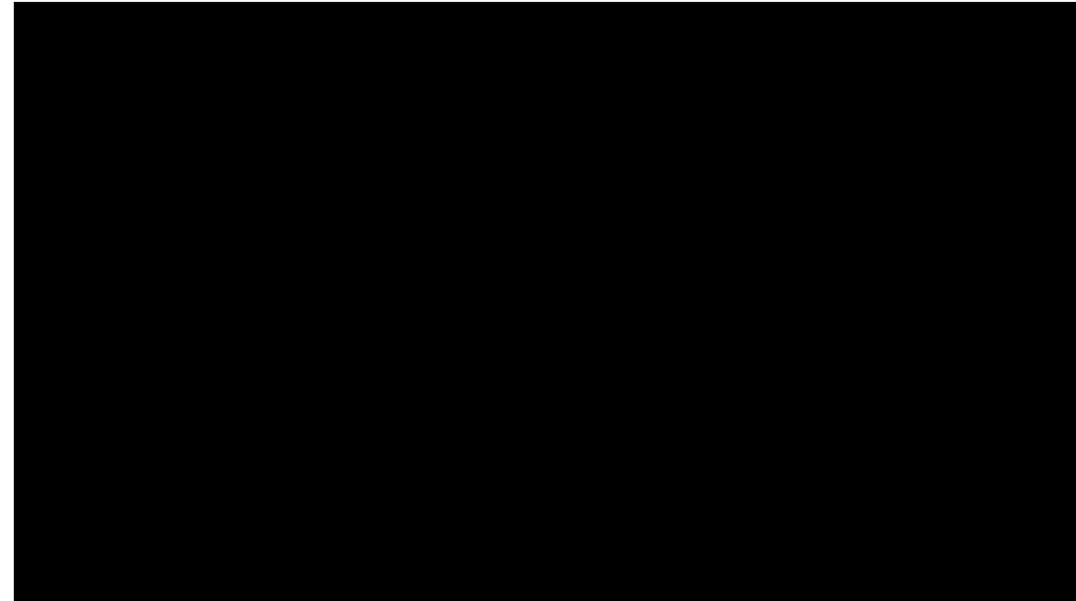
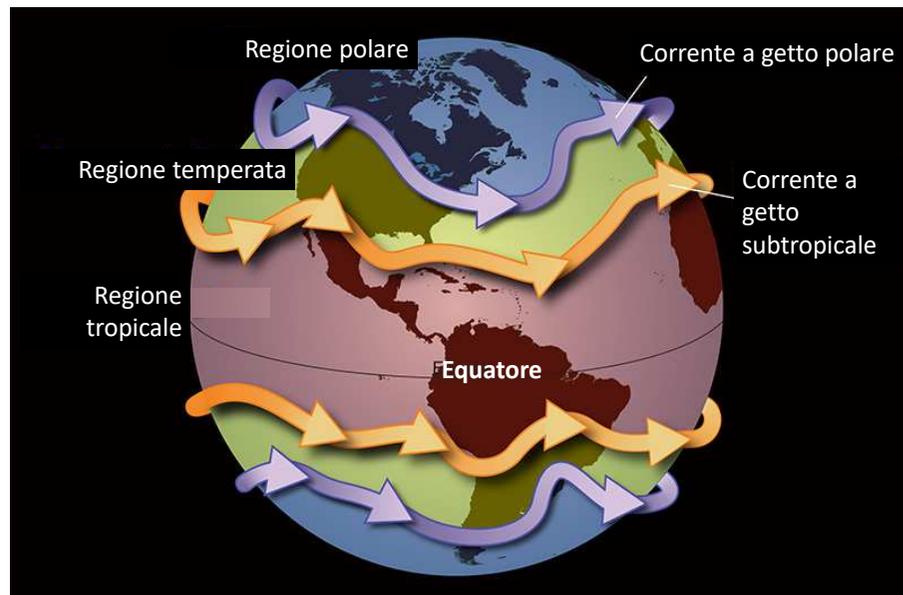


Le onde di Rossby sono fluttuazioni dell'aria al confine tra l'aria polare e l'aria tropicale

<https://insideclimatenews.org/news/02022018/cold-weather-polar-vortex-jet-stream-explained-global-warming-arctic-ice-climate-change/>

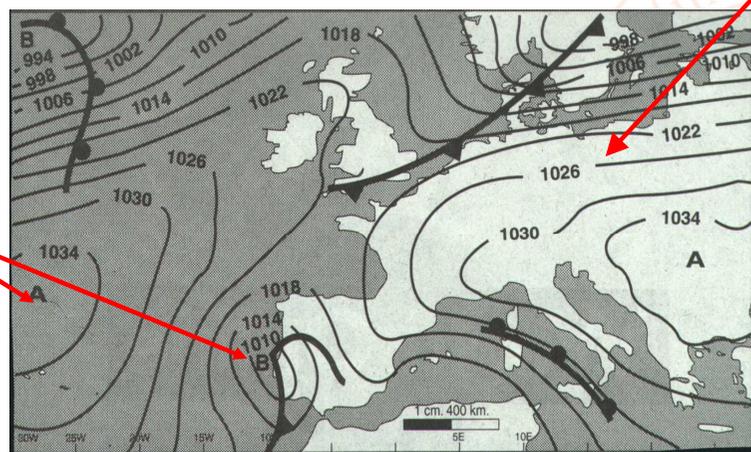


Simulazione della corrente a getto polare



Carta del tempo con i centri di alta e bassa pressione

Centri di
alta e
bassa
pressione



«Medicane»: gli uragani del Mediterraneo

La parola **Medicane** deriva dall'unione di due parole: **Mediterranean** e **Hurricane**: che significa «Uragano che si sviluppa nel mar Mediterraneo».

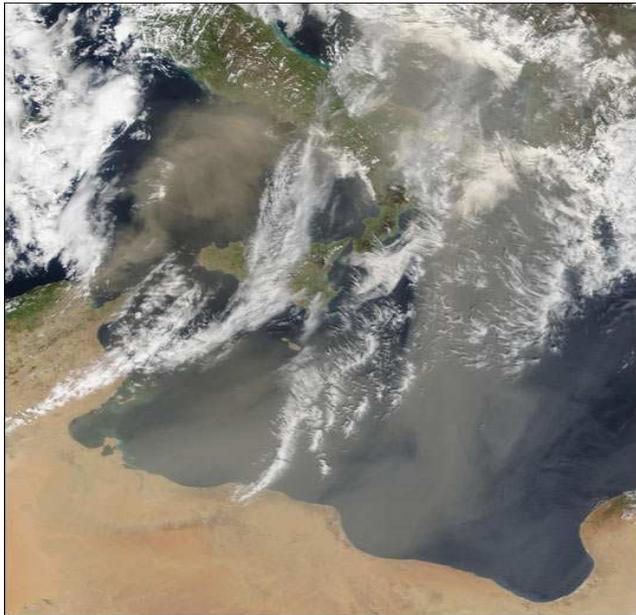
Tale terminologia è piuttosto recente, con i primi studi scientifici su questi fenomeni che risalgono agli inizi degli anni '80.

Scientificamente sono conosciuti anche come **TLC**, ovvero **Tropical-Like Cyclone**. Ciò significa che queste tempeste hanno caratteristiche simili ai cicloni tropicali pur sviluppandosi nel mar Mediterraneo.



Un ciclone mediterraneo è caratterizzato dall'incontro di aria fresca con la superficie calda del mare. Il fenomeno si verifica soprattutto sul finire dell'estate e fino ad inizio inverno; quando l'acqua superficiale del mare Mediterraneo è particolarmente calda. Esso è caratterizzato da forti venti ciclonici (con circolazione antioraria) con velocità elevata e scarica enormi quantità di pioggia specialmente sulle coste della Grecia, della Sicilia e della Calabria. I venti possono arrivare e superare i 120 Km/ora. Caratteristiche che lo assimilano ad uragani di categoria 1 caratteristici del Mar dei Caraibi.





La foto satellitare rende chiaramente visibile il vento di scirocco che soffia dall'Africa verso l'Italia a causa della grande quantità di sabbia che trasporta.

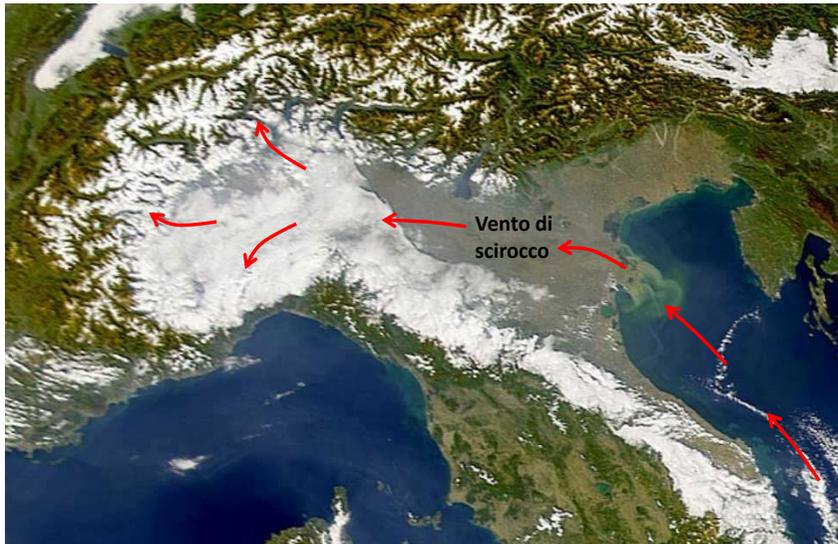


Lo scirocco è la concausa di quanto succede a Venezia quando si verifica il fenomeno dell'acqua alta



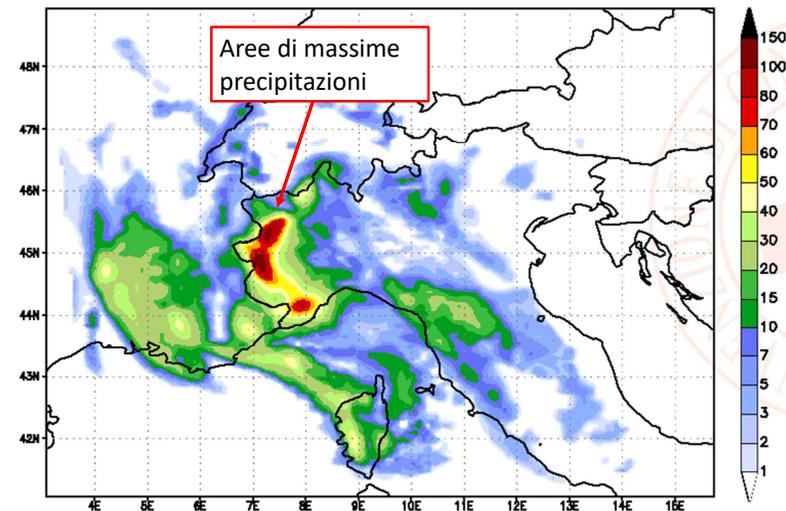
Notizia del 3 ottobre 2020: il MOSE funziona e, per la prima volta, è stata evitata l'acqua alta a San Marco.

PIANURA PADANA VISTA DALLO SPAZIO

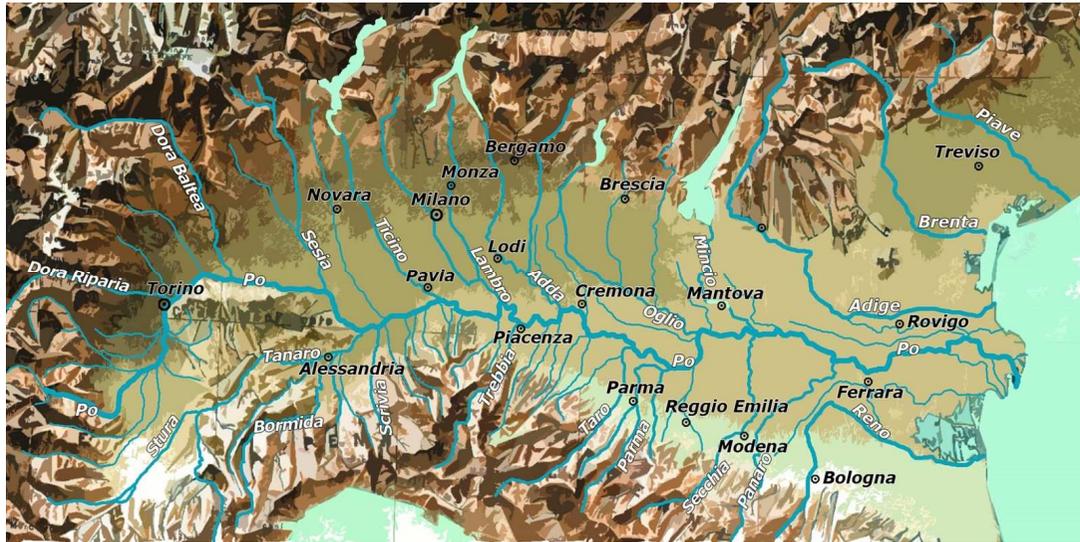


Piena del Po
21 Ottobre 2000
al termine dei fenomeni meteorologici che hanno determinato l'alluvione in Piemonte/Valle d'Aosta

ARPAL (Genoa - Italy) - DIP1 (Genoa - Italy) - ISAC-CNR (Bologna - Italy)
Total precipitation cumulated on previous 12h [mm (12h)⁻¹]
00Z Fri 30 MAY $\tau = 36h$



Model: BOLAM99_006x006
Time 0: 12Z28MAY2008 Resolution: 0.0849°x0.0600°

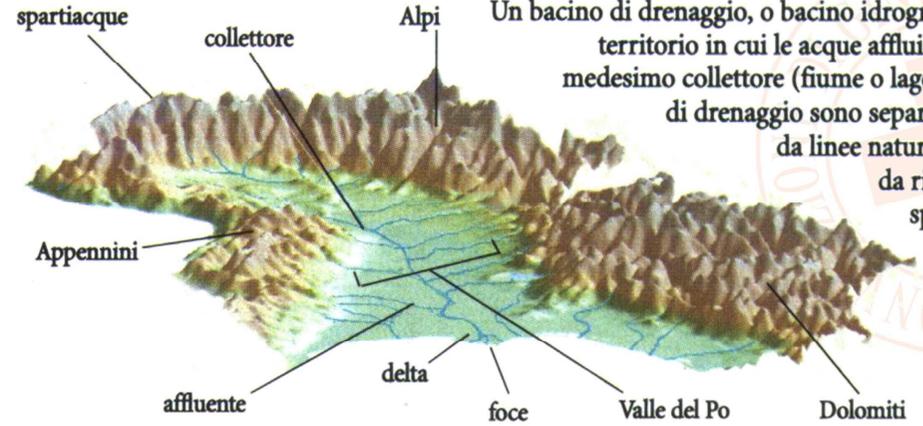


Pianura Padana – Mappa dei fiumi affluenti del Po

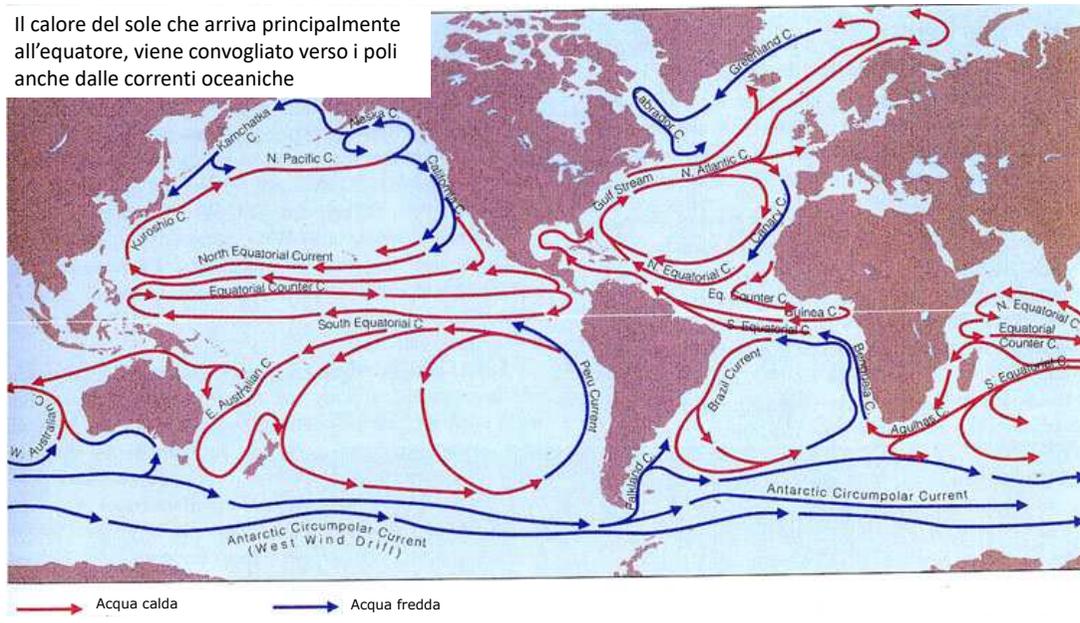
IL BACINO DEL PO

BACINI DI DRENAGGIO

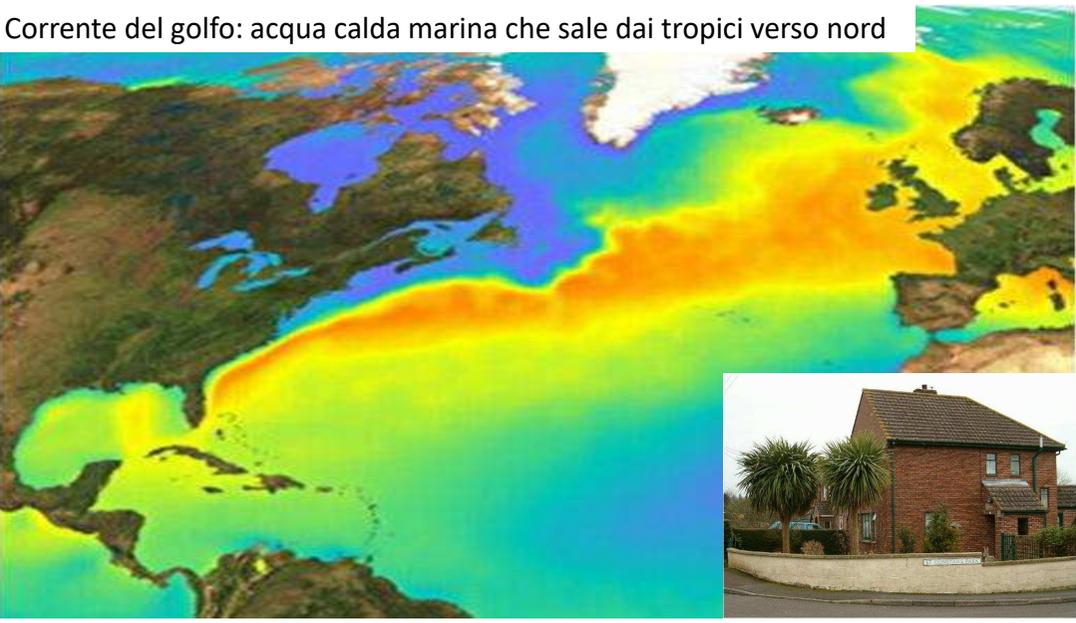
Un bacino di drenaggio, o bacino idrografico, è un territorio in cui le acque affluiscono a un medesimo collettore (fiume o lago). I bacini di drenaggio sono separati tra loro da linee naturali definite da rilievi, dette spartiacque.



Bacino di drenaggio del fiume Po, Italia settentrionale.



Il calore del sole che arriva principalmente all'equatore, viene convogliato verso i poli anche dalle correnti oceaniche



Corrente del golfo: acqua calda marina che sale dai tropici verso nord

New York City e Napoli sono alla stessa latitudine eppure, a gennaio, hanno temperature medie decisamente diverse.

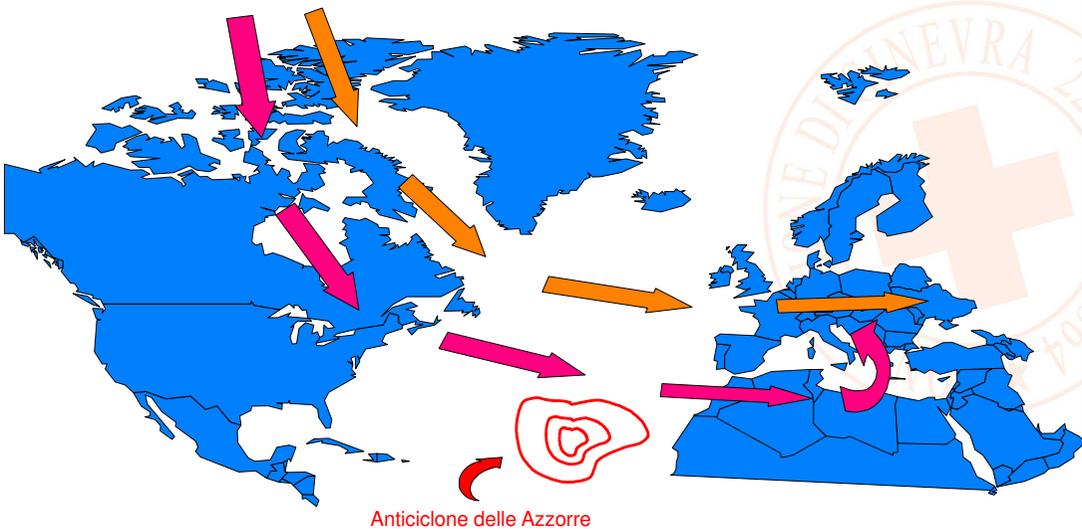


DUST FORECAST **FRI 9:00 AM EDT**

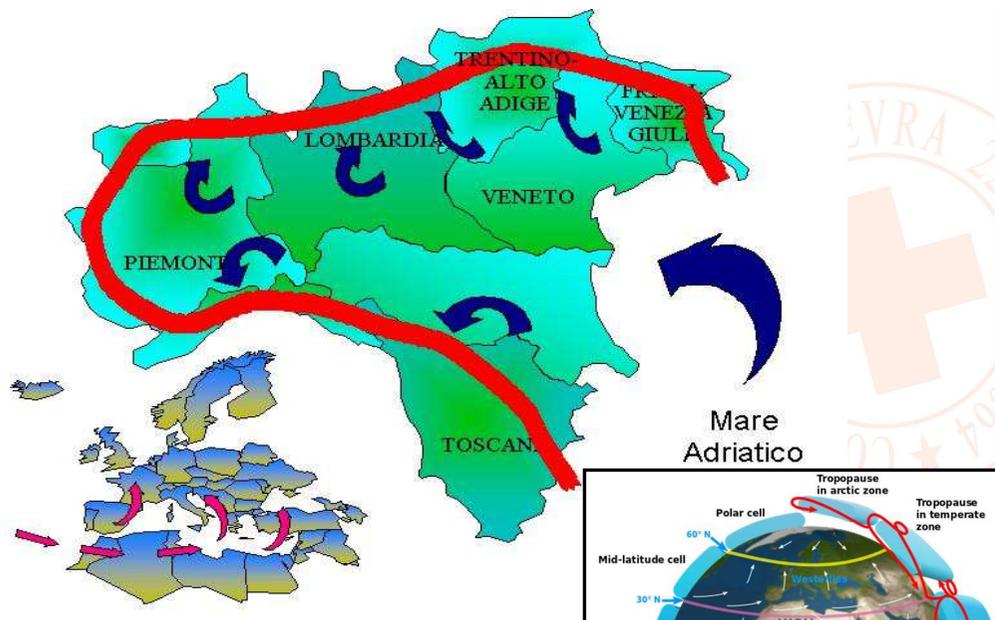
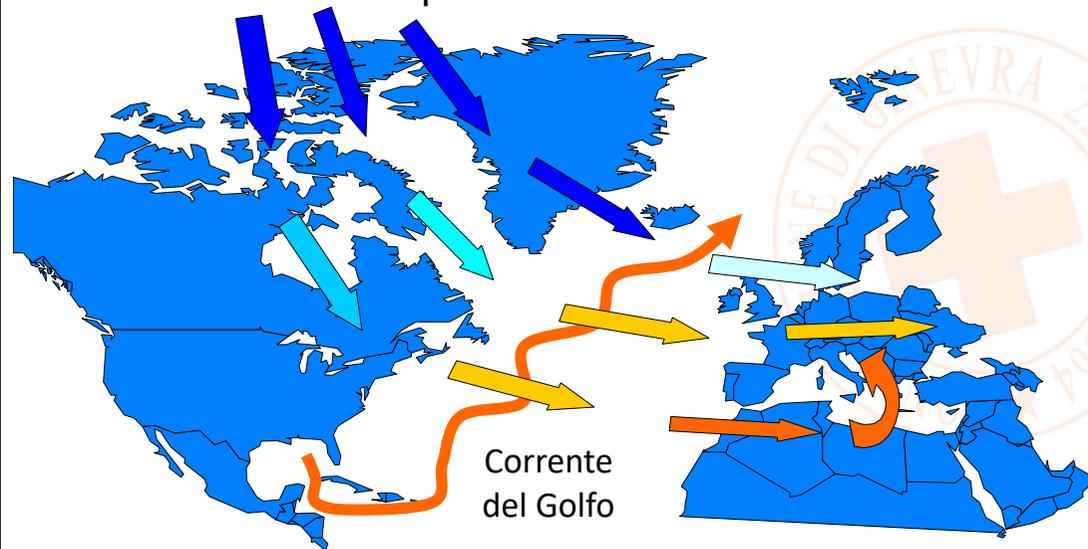
Monitoraggio satellitare delle polveri del Sahara.
Venerdì 2 ottobre 2020 ore 9.00
Indicano chiaramente la direzione degli Alisei.



Andamento delle perturbazioni durante il periodo invernale



Andamento delle perturbazioni nell'emisfero nord





Esondazione a Borgo Ticino (Pavia)



Grazie per l'attenzione