

# Cicloni Extra Tropicali [CET]

dott. Massimo Vascotto  
[massimo.vascotto@istruzione.it](mailto:massimo.vascotto@istruzione.it)

---

---

---

---

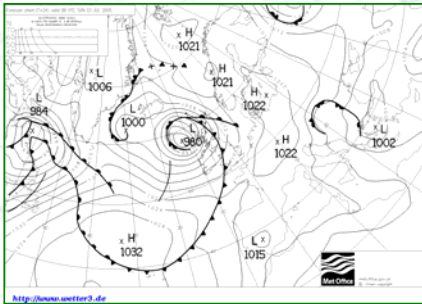
---

---

---

---

## Premessa



Attraverso lo studio della circolazione generale dell'atmosfera e, di seguito, delle masse d'aria, abbiamo introdotto un modello che rappresenta abbastanza bene la realtà. A questo punto, quando due masse d'aria aventi caratteristiche differenti si scontrano, si originano le perturbazioni...

---

---

---

---

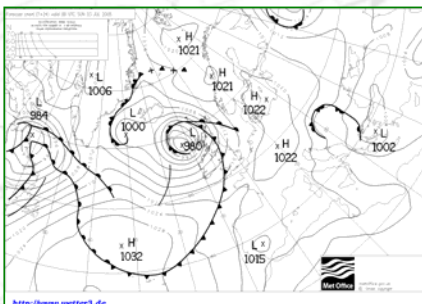
---

---

---

---

## Superficie frontale e fronti



...la superficie di contatto che si viene a creare definisce la **superficie frontale o superficie di discontinuità**. L'intersezione al suolo di quest'ultima, definisce il **fronte**.

---

---

---

---

---

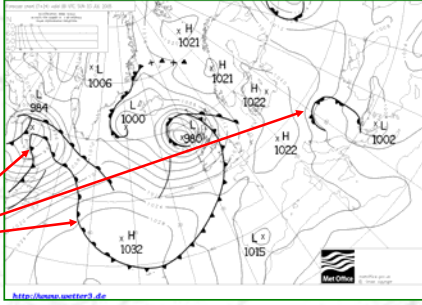
---

---

---

## Superficie frontale e fronti

...la superficie di contatto che si viene a creare tra due masse d'aria diverse definisce la **superficie frontale** o **superficie di discontinuità**. L'intersezione al suolo di quest'ultima, definisce il **fronte**.



---

---

---

---

---

---

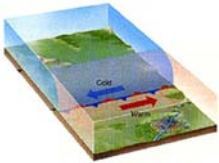
---

---

## Superficie frontale e fronti

I principali fronti dell'emisfero boreale sono:

- **Fronte Artico**: tra aria artica ed aria polare marittima.
- **Fronte Polare**: tra aria polare continentale/marittima e aria marittima tropicale (è importante nella formazione dei CET).
- **Fronte del Mediterraneo**: è un fronte invernale che separa l'aria fredda europea da quella tropicale africana.
- **Zona di Convergenza Intertropicale (ITCZ)**: è definito dalla fascia di convergenza degli alisei. Non è un fronte ben definito in quanto va a separare masse di aria aventi caratteristiche molto simili (è però importante nella formazione dei cicloni tropicali).



...a causa del continuo spostamento delle masse d'aria un fronte non è mai fermo, anche se stazionario, ma può permanere in tale condizione per parecchio tempo prima che una qualche causa lo modifichi...

---

---

---

---

---

---

---

---

## Tipi di fronti

Fronte Stazionario

Fronte Freddo

Fronte Caldo

Fronte Occluso

NB: la presenza di un fronte non è necessariamente abbinata alla presenza di un ciclone extra tropicale...

---

---

---

---

---

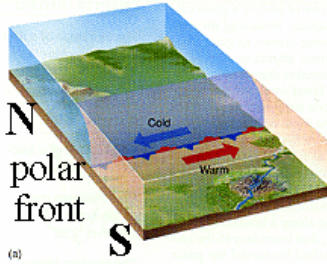
---

---

---

## Ciclo vitale di un CET

...la situazione iniziale...



(a)

Come abbiamo già visto, questa condizione può permanere per lungo tempo...

---

---

---

---

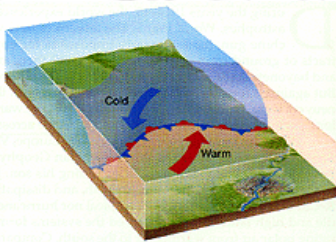
---

---

---

---

## Ciclo vitale di un CET: CICLOGENESI



La fase che caratterizza la nascita di un CET, prevede un **inarcamento** della **superficie di discontinuità** fino a determinare un'onda. Tale situazione si manifesta anche in altri campi di studio in corrispondenza delle zone di interfaccia tra mezzi differenti (si pensi per esempio nelle onde marine, alle dune nel deserto, ecc.). L'**estensione** di tali onde è solitamente compresa tra **1500+3000km**.

---

---

---

---

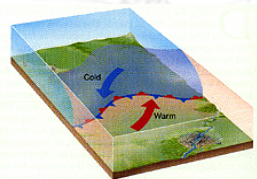
---

---

---

---

## Ciclo vitale di un CET: CICLOGENESI



(b)

Possibili cause:

1. Infiltramento delle isoterme (aumento del gradiente termico).
2. Relazioni tra vorticità assoluta massima e movimenti verticali dell'aria. Quando la vorticità massima si muove verso il fronte polare ed è possibile che questo aspetto aiuti il processo di formazione dell'onda ciclonica.
3. Fattori Barici.
4. Fattori Topografici.

---

---

---

---

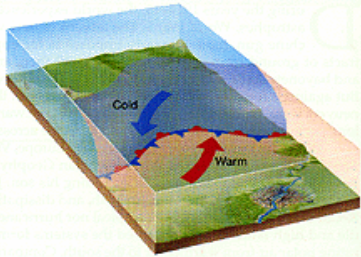
---

---

---

---

## Ciclo vitale di un CET: CICLOGENESI



(b)

...una volta creatasi l'onda (venuta meno la condizione di equilibrio), la tendenza, nelle ore successive, sarà quella per cui l'aria fredda tenderà ad aggirare l'aria calda, cosicché quest'ultima si troverà costretta a penetrare all'interno della massa di aria fredda. Nasce pertanto una depressione che nelle ore successive tende ad approfondirsi.

---

---

---

---

---

---

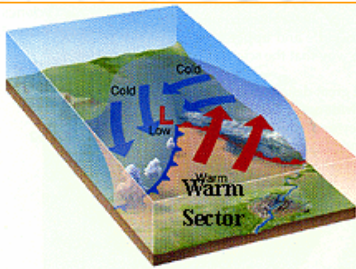
---

---

## Ciclo vitale di un CET: SVILUPPO

nel corso delle ore successive l'onda si approfondisce sempre di più.

Si consideri che la vita media di un CET è di solito compresa tra 4-7 giorni). Il tempo meteorologico, risulta ben definito e tipico in corrispondenza dei due fronti.



(c)

Nel frattempo si è formato in modo sempre più marcato un fronte caldo ed un fronte freddo, con l'aria fredda che insegue e si muove più velocemente dell'aria calda. Sono individuabili inoltre un settore caldo ed un settore freddo. Sono trascorse 12+24 ore dalla ciclogenesi.

---

---

---

---

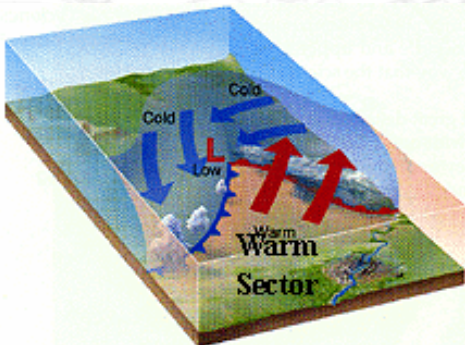
---

---

---

---

## Ciclo vitale di un CET: SVILUPPO



(c)

---

---

---

---

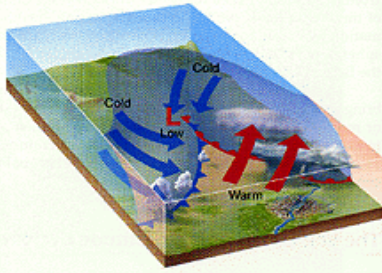
---

---

---

---

## Ciclo vitale di un CET: OCCLUSIONE



(d)

la fase successiva vede il **fronte freddo raggiungere il fronte caldo**, ad iniziare dal centro depressionario, per poi spostarsi verso la periferia. Di solito il centro depressionario raggiunge la massima profondità nelle successive 12+18 ore dall'inizio dell'occlusione. L'occlusione ha come principale effetto quello di **eliminare l'onda frontale dalla superficie**.

---

---

---

---

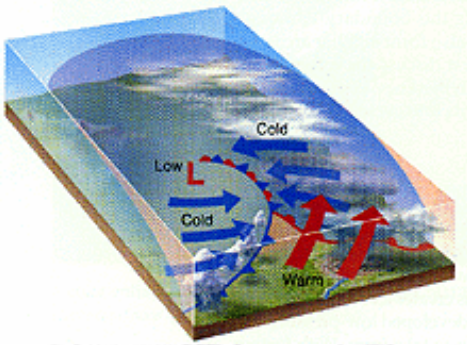
---

---

---

---

## Ciclo vitale di un CET: OCCLUSIONE



---

---

---

---

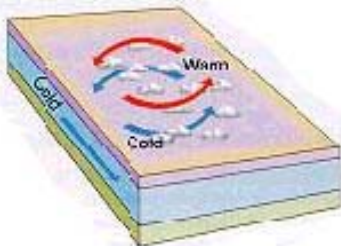
---

---

---

---

## Ciclo vitale di un CET: DISSOLVIMENTO



il completamento della fase di occlusione porta alla trasformazione del ciclone stesso in un blando "vortice" in quota, dove la pressione si colma al centro, determinando un progressivo calo dell'intensità dei venti fino all'estinzione completa degli stessi.

---

---

---

---

---

---

---

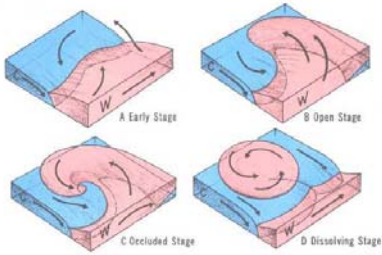
---

## Ciclo vitale di un CET

Riassumendo:

1. CICLOGENESI
2. SVILUPPO
3. OCCLUSIONE
4. DISSOLVIMENTO

DEVELOPMENT OF A MIDDLE-LATITUDE CYCLONE



© 2002 by Pearson Education, Inc.

© 2002 by Pearson Education, Inc.

---

---

---

---

---

---

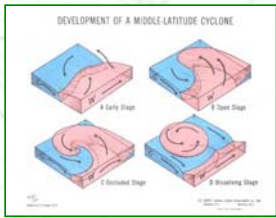
---

---

---

---

## Ciclo vitale di un CET



Si osservi che quanto fin qui descritto rappresenta il ciclo vitale di un ciclone extra tropicale ideale. Resta inteso che fattori legati alle caratteristiche dell'area interessata dal fenomeno, la presenza di altri elementi meteorologici combinati, possono far sì che vi siano delle differenze qualora si applichi alla realtà il modello introdotto. Per esempio a partire dalla fase di occlusione può accadere che il ciclone dia vita ad una famiglia di cicloni.

**Idea:** il tutto non è molto differente da ciò che si verifica quando si mescolano acqua ed olio ...e si attende un po'

---

---

---

---

---

---

---

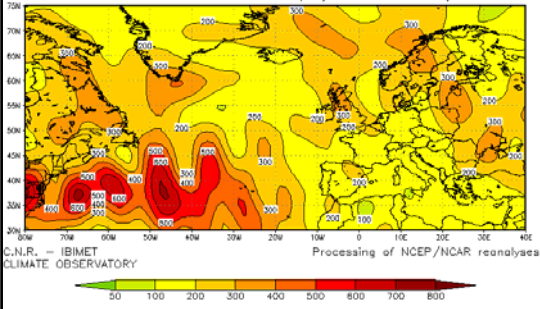
---

---

---

## Traiettorie medie dei CET

MONTHLY STORM TRACK (03/2005, 12 UTC)



C.N.R. - IBIMET CLIMATE OBSERVATORY Processing of NCEP/NCAR reanalyses

---

---

---

---

---

---

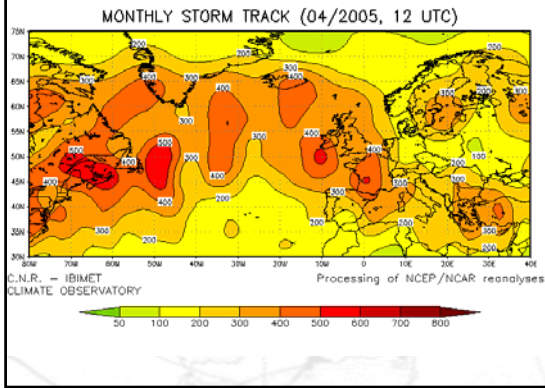
---

---

---

---

## Traiettorie medie dei CET



---

---

---

---

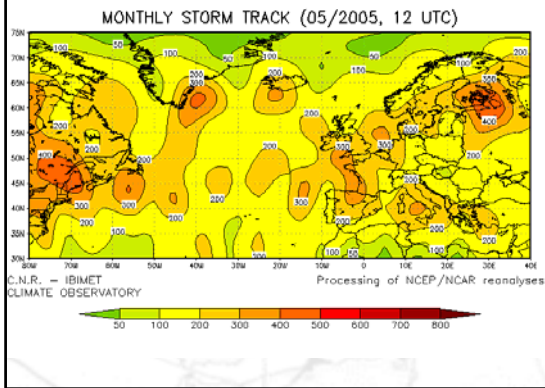
---

---

---

---

## Traiettorie medie dei CET



---

---

---

---

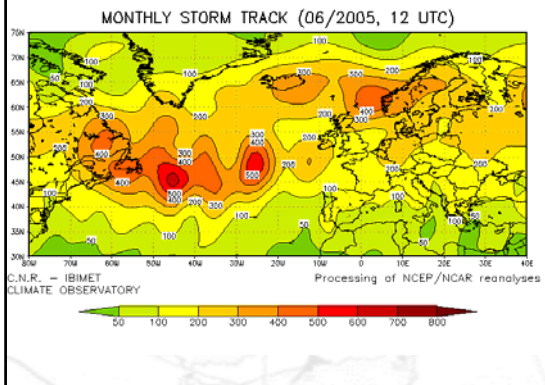
---

---

---

---

## Traiettorie medie dei CET



---

---

---

---

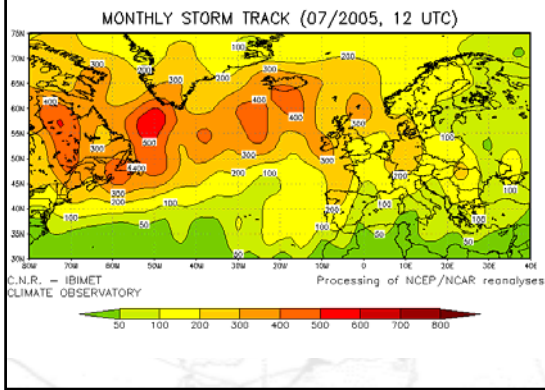
---

---

---

---

## Traiettorie medie dei CET



---

---

---

---

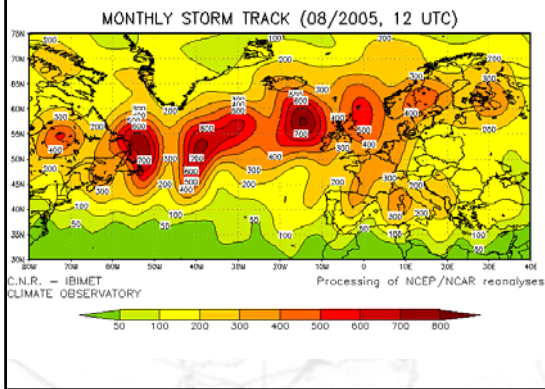
---

---

---

---

## Traiettorie medie dei CET



---

---

---

---

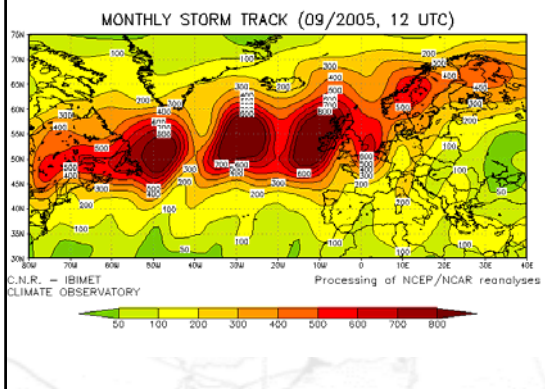
---

---

---

---

## Traiettorie medie dei CET



---

---

---

---

---

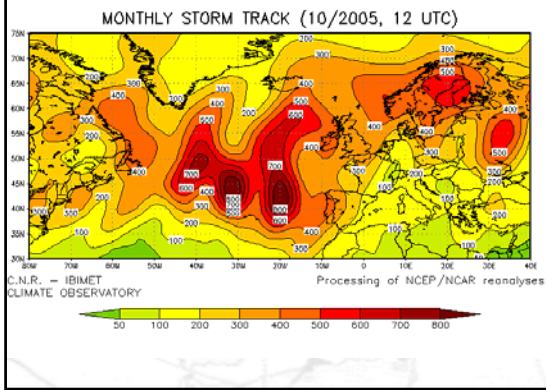
---

---

---



## Traiettorie medie dei CET



---

---

---

---

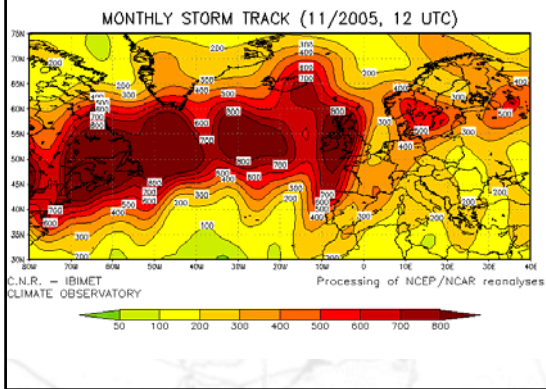
---

---

---

---

## Traiettorie medie dei CET



---

---

---

---

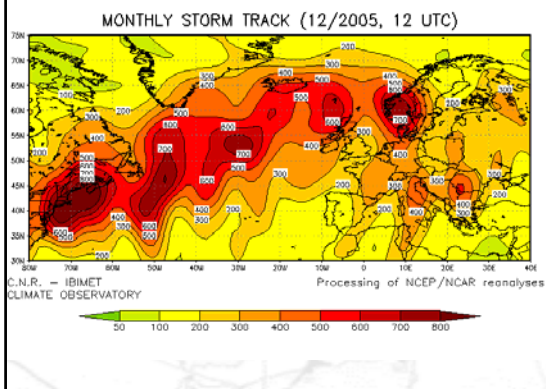
---

---

---

---

## Traiettorie medie dei CET



---

---

---

---

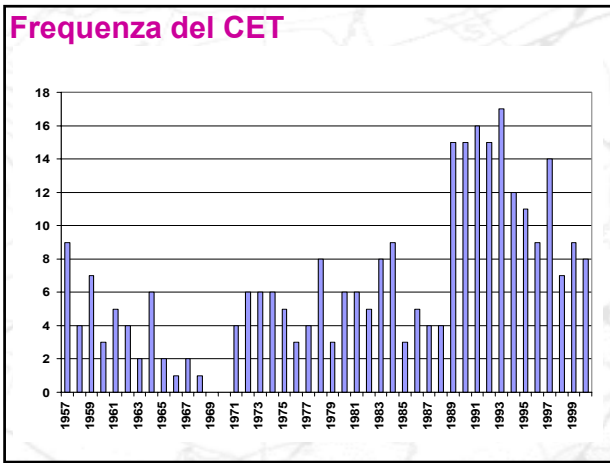
---

---

---

---

## Frequenza del CET



---

---

---

---

---

---

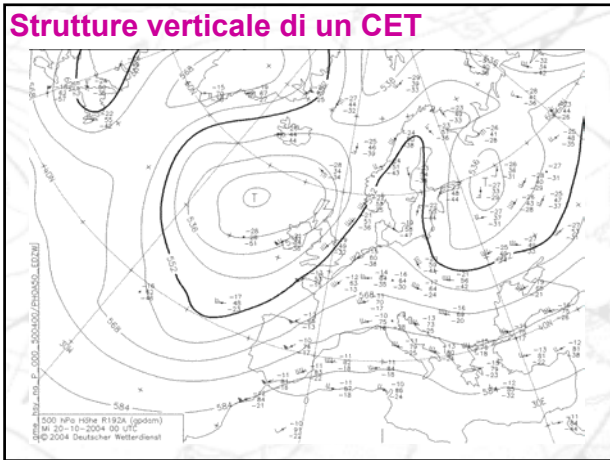
---

---

---

---

## Strutture verticali di un CET



---

---

---

---

---

---

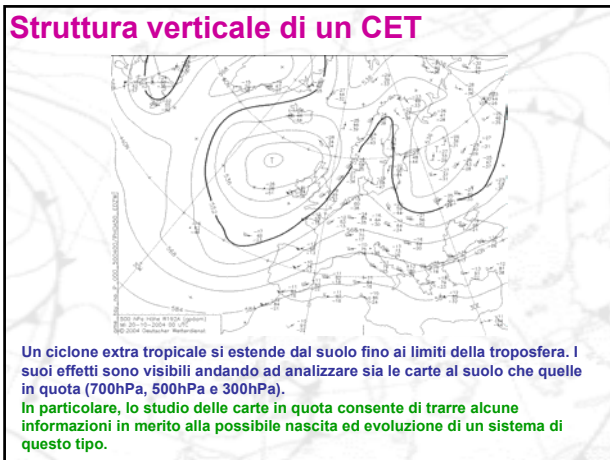
---

---

---

---

## Struttura verticale di un CET



---

---

---

---

---

---

---

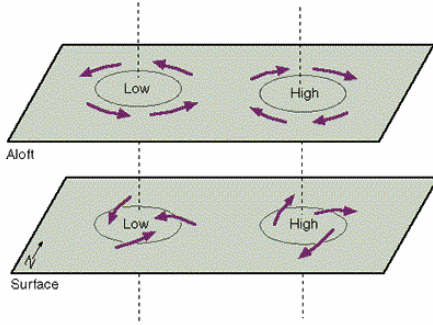
---

---

---

## Struttura verticale di un CET

...ad esempio la situazione in figura non favorisce né la nascita né lo sviluppo del ciclone...



© 1998 Wadsworth Publishing Company/ITP

---

---

---

---

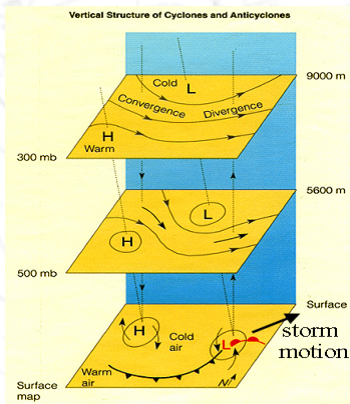
---

---

---

---

## Struttura verticale di un CET




---

---

---

---

---

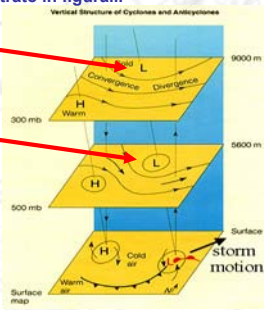
---

---

---

## Struttura verticale di un CET

...affinché accada qualcosa è necessario che il centro depressionario in quota si trovi spostato verso Nord e verso Ovest rispetto al centro depressionario al suolo. In sostanza l'area di bassa pressione deve spostarsi verso NW, man mano che ci si allontana dalla superficie, come peraltro illustrato in figura...




---

---

---

---

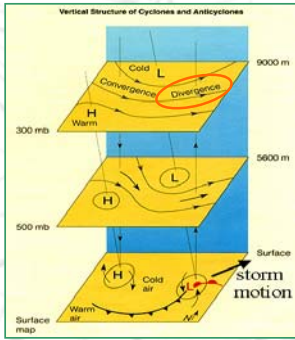
---

---

---

---

## Struttura verticale di un CET



... inoltre, in quota, al di sopra del centro depressionario al suolo, deve esserci un'area di divergenza.

Infatti se ho divergenza in quota, avrò necessariamente convergenza al suolo il che porterà ad un approfondimento della depressione ed ad un intensificarsi del ciclone, a condizione che l'effetto di divergenza sia superiore a quello di convergenza. Nel caso opposto la depressione non potrà alimentarsi e decadrà....

---

---

---

---

---

---

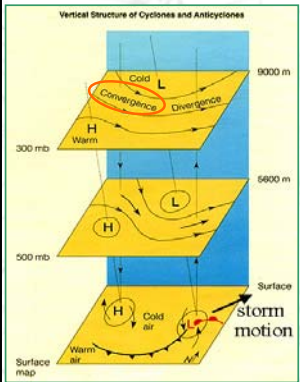
---

---

---

---

## Struttura verticale di un CET



... Si nota inoltre la presenza sia al suolo che in quota di un anticiclone. L'alta in quota risulta situata a SW rispetto l'alta in superficie. L'area di convergenza, in quota, deve trovarsi al di sopra dell'anticiclone di superficie.

Anche in questo caso il fenomeno potrà essere alimentato solo se la convergenza in quota sarà superiore alla divergenza al suolo. In questo modo la pressione al suolo andrà ad aumentare e l'alta si intensificherà. Se invece la convergenza in quota risulterà inferiore alla divergenza al suolo, l'alta pressione diminuirà di intensità....

---

---

---

---

---

---

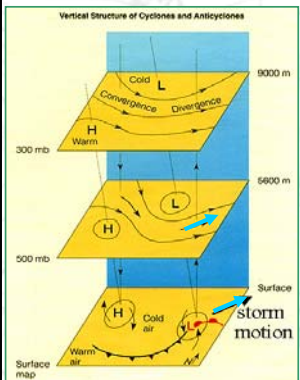
---

---

---

---

## Difrezione di spostamento di un CET



...la direzione di spostamento e la velocità dei CET, in prima approssimazione, si può definire attraverso lo studio del flusso nella carta a 500hPa. Il ciclone tende infatti a muoversi nella direzione dei venti a 500hPa, con una velocità dell'ordine della metà di quella dei venti a questa quota. Se si dispone unicamente della carta al suolo, sempre in prima approssimazione, prima che il CET inizi la fase di occlusione, si può ammettere che si sposti nella direzione delle isobare del settore caldo...

---

---

---

---

---

---

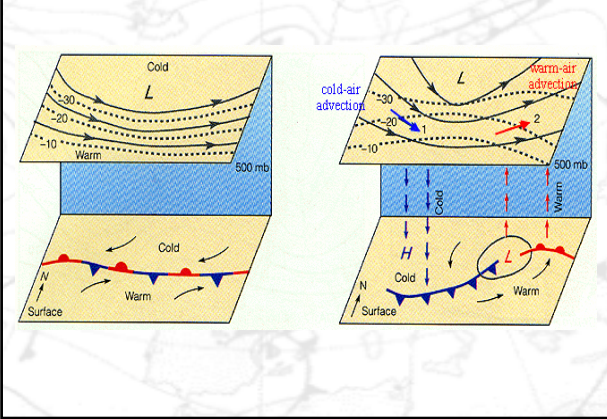
---

---

---

---

## Instabilità baroclinica




---

---

---

---

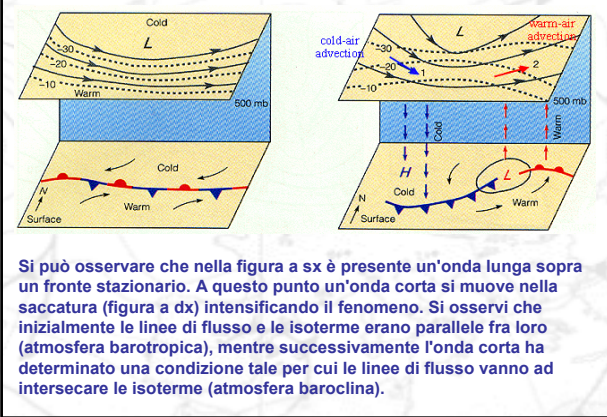
---

---

---

---

## Instabilità baroclinica



Si può osservare che nella figura a sx è presente un'onda lunga sopra un fronte stazionario. A questo punto un'onda corta si muove nella saccatura (figura a dx) intensificando il fenomeno. Si osservi che inizialmente le linee di flusso e le isoterme erano parallele fra loro (atmosfera barotropica), mentre successivamente l'onda corta ha determinato una condizione tale per cui le linee di flusso vanno ad intersecare le isoterme (atmosfera baroclinica).

---

---

---

---

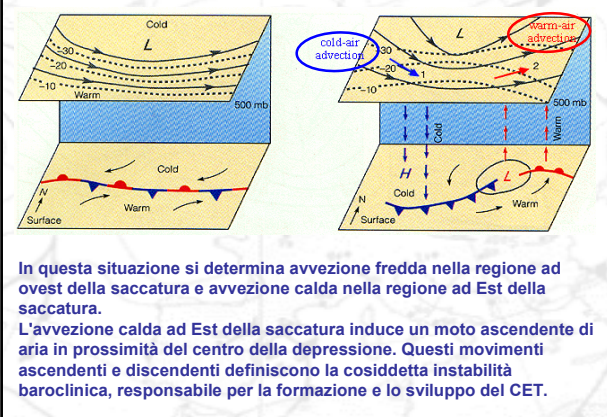
---

---

---

---

## Instabilità baroclinica



In questa situazione si determina avvezione fredda nella regione ad ovest della saccatura e avvezione calda nella regione ad Est della saccatura. L'avvezione calda ad Est della saccatura induce un moto ascendente di aria in prossimità del centro della depressione. Questi movimenti ascendenti e discendenti definiscono la cosiddetta instabilità baroclinica, responsabile per la formazione e lo sviluppo del CET.

---

---

---

---

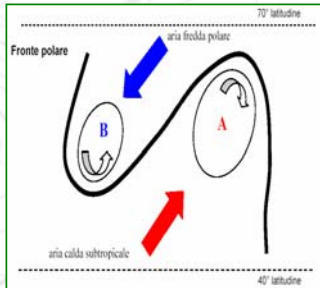
---

---

---

---

## Il ruolo dei Jet Stream



Nell'ambito della circolazione generale dell'atmosfera, abbiamo visto che, la deviazione dovuta a Coriolis, porta alla formazione dei **Jet Stream**. Il progressivo incremento della differenza di temperatura lungo i paralleli, provoca infatti l'aumento del gradiente di pressione e quindi della velocità delle correnti. La direzione e l'intensità delle correnti a getto viene generalmente indicata sulle carte a 300hPa.

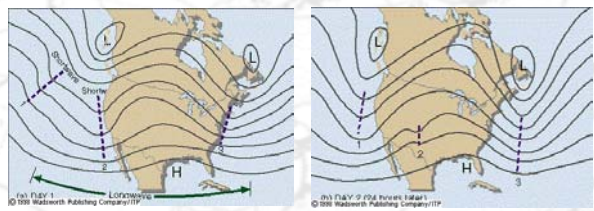
A causa di forzati ed improvvisi rallentamenti, la corrente a getto modifica bruscamente la sua traiettoria cominciando ad oscillare lungo i meridiani, andando a definire delle onde, dette **Onde di Rossby**. Questi rallentamenti della corrente a getto sono principalmente legati alla presenza di ostacoli orografici o all'alternanza tra oceano e continente, capaci di modificare il gradiente orizzontale di pressione...

## Le onde di Rossby

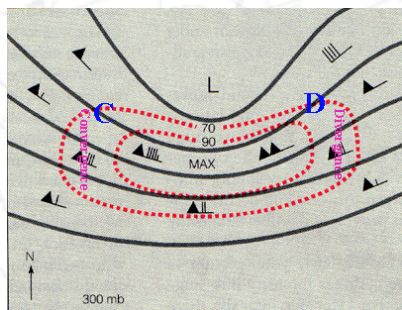
Le **Onde di Rossby** sono delle onde, quasi stazionarie, con movimento verso W, di lunghezza compresa tra 4000÷10.000km, che, in numero di 4-6, periodicamente avvolgono interamente il pianeta, per una periodo di 2+3 settimane. Le onde tendono ad allungarsi progressivamente lungo i meridiani, formando nelle parti terminali, dei vortici che possono essere di due tipi:

1. Vortici pieni di aria calda a circolazione anticiclonica in corrispondenza delle alte latitudini: (anticicloni di blocco);
2. Vortici pieni di aria fredda (gocce fredde) in corrispondenza delle basse  $\phi$ .

In questo modo la natura ristabilisce l'equilibrio termico a livello planetario. In figura ne vediamo lo spostamento nell'arco di 24 ore.



## Il ruolo dei Jet Stream



Nel processo di sviluppo dei CET anche i **Jet Stream** hanno quindi un ruolo. I massimi di velocità si trovano infatti in prossimità dell'asse della saccatura. In figura si può osservare convergenza nella regione di ingresso (C) e divergenza in quella di uscita (D).

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

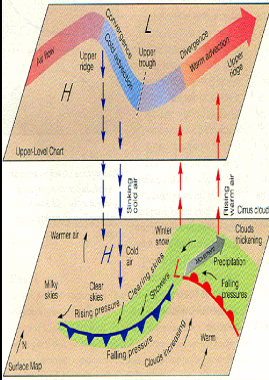
---

---

---

---

## Riassumendo...



1. Affinché possa svilupparsi un CET è necessario vi sia un'azione di disturbo, in superficie, lungo il fronte polare.
2. Tale disturbo deve essere associato in quota, alla presenza di un'onda corta a sua volta associata alla presenza di una saccatura, opportunamente disposta, capace di generare un'avvezione fredda ed una calda a quote intermedie.
3. Il gradiente di temperatura così generato è quindi capace di generare movimenti di ascesa e discesa.
4. Alle quote delle correnti a getto, sulla base della saccatura, si generano aree di convergenza ad Est della saccatura e di divergenza ad ovest.
5. In assenza di queste condizioni in quota, difficilmente il processo può svilupparsi ed intensificarsi.
6. Il processo è infine connesso al concetto di vorticità...

---

---

---

---

---

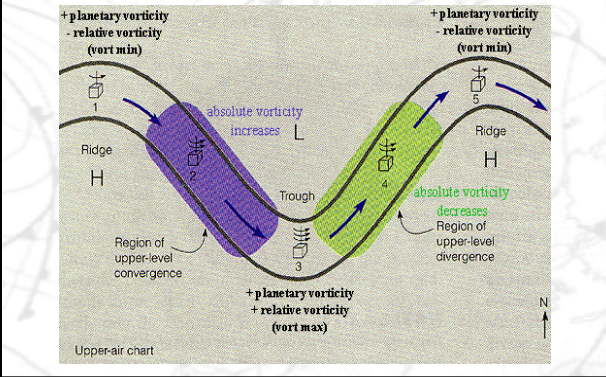
---

---

---

## Il ruolo della vorticità...

...ma di questo ne parleremo in una presentazione ad hoc....



---

---

---

---

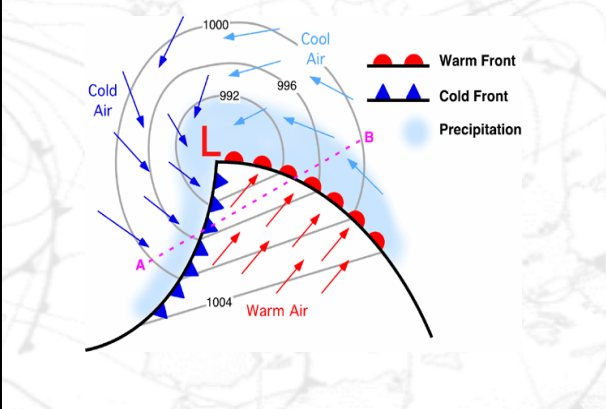
---

---

---

---

## La situazione al suolo



---

---

---

---

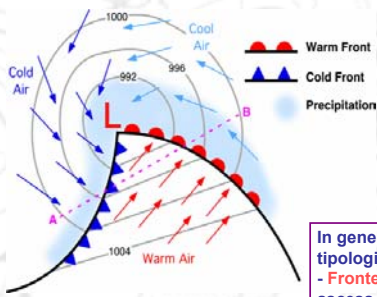
---

---

---

---

## La situazione al suolo



In generale si distinguono due tipologie di situazioni:  
 - **Fronte Anabatico** se ho aria in ascensione. Si parla anche di fronte ascendente passivo.  
 - **Fronte Catabatico** se invece ho aria in discesa. Si parla di fronte discendente attivo.

---

---

---

---

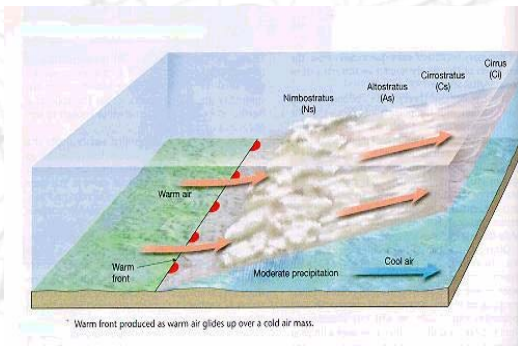
---

---

---

---

## La situazione sul fronte caldo




---

---

---

---

---

---

---

---

## La situazione sul fronte caldo

IL TEMPO SUL FRONTE CALDO			
Elemento	Prima del fronte	Al passaggio del fronte	Dopo il fronte
<b>PRESSIONE</b>	In diminuzione costante	Rapida diminuzione	Poco variabile in diminuzione
<b>TEMPERATURA</b>	Stazionaria o in lento aumento	Aumenta lentamente	Cambia poco
<b>VENTO</b>	Aumenta o rinforza poco	Cambia direzione e talvolta decresce	Direzione costante SW
<b>NUVOLOSITÀ</b>	Cirri, Cirrostrati, Altostrati, Nemostrati	Nuvolosità sotto gli Altostrati e Nemostrati	Bassi Nemostrati e nuvolosità - Strati e Stratocumuli
<b>TEMPO</b>	Pioggia o neve continua	Precipitazioni parzialmente o completamente interrotte	Principalmente nuvoloso, o schiarite o piogge intermittenti
<b>VISIBILITÀ</b>	Molto buona tranne durante le precipitazioni	Scarsa. Spesso nebbia e foschia	Scarsa foschia e nebbia possono persistere

---

---

---

---

---

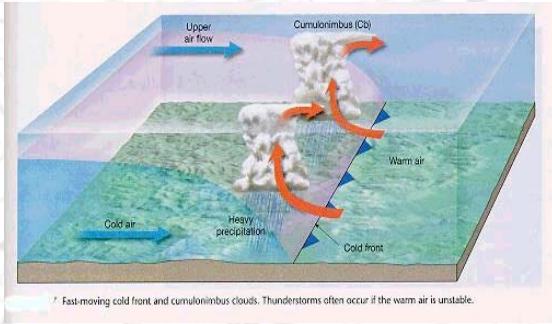
---

---

---



## La situazione sul fronte freddo




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## La situazione sul fronte freddo

IL TEMPO SUL FRONTE FREDDO			
Elemento	Prima del fronte	Al passaggio del fronte	Dopo il fronte
<b>PRESSIONE</b>	In diminuzione	Aumento brusco	Aumento più lento
<b>TEMPERATURA</b>	Stazionaria ma diminuisce nella pioggia prefrontale	Diminuisce bruscamente	Varia poco in particolare nelle schiarite
<b>VENTO</b>	Rinforza e spesso diventa tempestoso	Ruota improvvisamente e talvolta è tempestoso	Rinforza un po', poi a raffiche e può ruotare ancora
<b>NUVOLOSITÀ</b>	Altostrati o Cumulonembi	Cumulonembi con Cumuli e Altostrati	Rasserenamento rapido poi Altostrati, Altostrati, Cumuli o Cumulonembi
<b>TEMPO</b>	Pioggia o temporali	Precipitazioni intense con temporali e lampi	Pioggia intensa per brevi periodi, poi più persistente con acquazzoni occasionali
<b>VISIBILITÀ</b>	Di solito scarsa	Temporaneamente in peggioramento, poi rapido miglioramento	Di solito molto buona tranne durante i rovesci

---

---

---

---

---

---

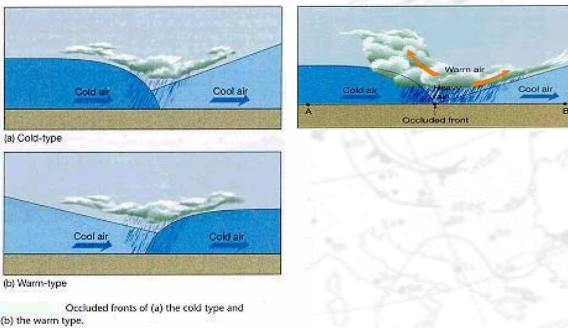
---

---

---

---

## La situazione sul fronte occluso




---

---

---

---

---

---

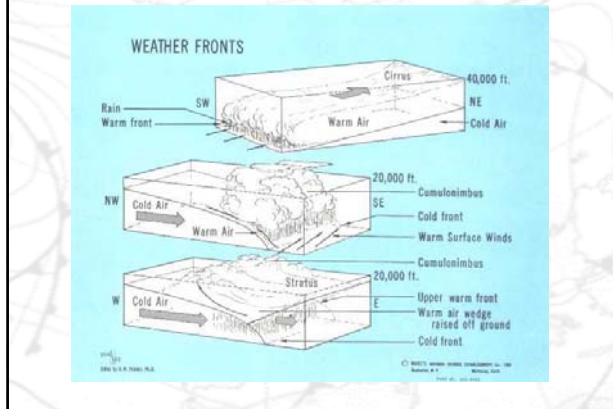
---

---

---

---

## La situazione su fronte caldo e freddo




---

---

---

---

---

---

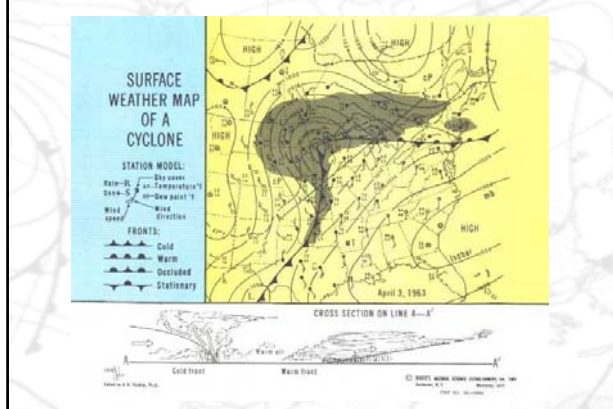
---

---

---

---

## La copertura nuvolosa e le precipitazioni




---

---

---

---

---

---

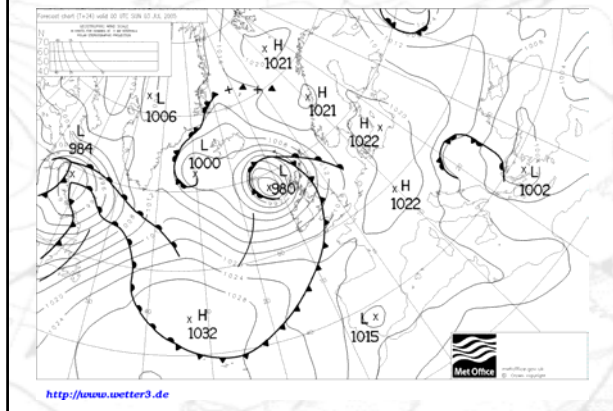
---

---

---

---

## La situazione sulle carte




---

---

---

---

---

---

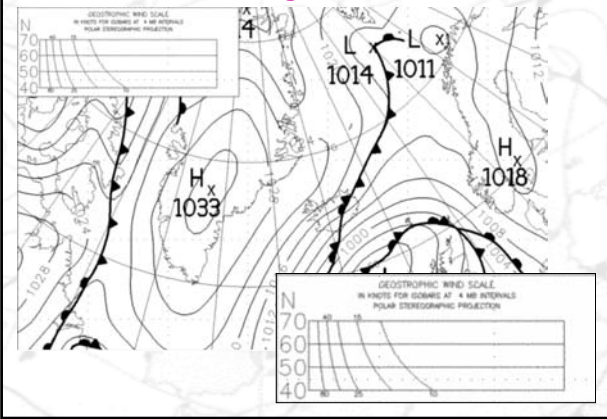
---

---

---

---

# La stima del vento geostrofico




---

---

---

---

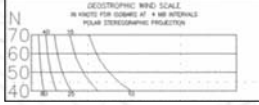
---

---

---

---

# La stima del vento geostrofico



Il vento geostrofico può essere utilizzato per stimare l'intensità del vento in un ciclone extra tropicale. Si parte dalla relazione che definisce l'intensità del vento:

$$V_g = (G/\rho) / 2\omega \sin \phi$$

dove G è il gradiente barico orizzontale,  $\rho$  è la densità dell'aria,  $\omega = 729 \cdot 10^{-7} \text{ rad/s}$  è la velocità angolare della terra e  $\phi$  è infine la latitudine dell'osservatore. In particolare si può verificare che:

- Fronte caldo (W/C)  $v \approx 60\% V_g$
- Fronte freddo anabatico (C/W)  $v \approx 100\% V_g$
- Fronte freddo catabatico (C/W)  $v \approx 80\% V_g$
- Fronte occluso caldo (C/W/CC)  $v \approx 60\% V_g$
- Fronte occluso freddo (CC/W/C)  $v \approx 80\% V_g$

---

---

---

---

---

---

---

---

	CH			
TTT 17	CM	PPPP 089		
VV 49	CL	02	PPP	a ✓
16	18/2	RRR/1h		

**Common Weather Symbols**

•• Light rain	☁ Rain shower
☂ Moderate rain	☁☂ Shower shower
☃ Heavy rain	☁☃ Showers of hail
••• Light snow	☁☄ Drifting snow
••• Moderate snow	☁☄☄ Dust storms
☃ Heavy snow	☁☄☄☄ Fog
☂ Light Drizzle	☁☄☄☄ Haze
☂☂ Ice pellets (sleet)	☁☄☄☄☄ Smoke
☂☂☂ Freezing rain	☁☄☄☄☄☄ Thunderstorms
☂☂☂☂ Freezing drizzle	☁☄☄☄☄☄☄ Haze/ice

**Cloud cover (in eighths)**

○	clear
◐	1
◑	2
◒	3
◓	4
◔	5
◕	6
◖	7
◗	overcast
⊗	sky obscured

TTT = temperatura approssimata al grado - TdTdTd = temperatura di rugiada approssimata al grado - CL = tipo nube media - CM = tipo nube media - CH = tipo nube alta - VV = visibilità secondo tabella WMO - ww = Tempo presente - W1W2= tempo passato - ppp = tendenza della pressione tri oraria - a = caratteristica della tendenza tri oraria della pressione - PPPP = pressione al livello del mare, approssimata al hPa e senza le migliaia - ( ps 999 = 999 hPa ; 012 = 1012 hPa) - RRR/IR pioggia cumulata nell'intervallo temporale espresso da IR (tempo di Rilevamento)

---

---

---

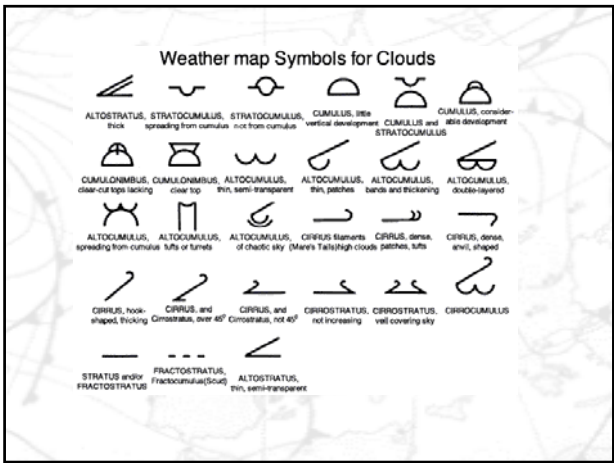
---

---

---

---

---




---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

### Riferimenti

- ❑ Ahrens, "Meteorology Today: An Introduction to Weather, Climate, and the Environment" Brooks & Cole Pub Co.
- ❑ Barry, Chorley "Atmosphere, weather & climate" Ed. Routledge, Londra
- ❑ Di Bugno "Lezioni di Meteorologia Generale e Marittima" Accademia Navale di Livorno, A.N. 1-24.
- ❑ <http://apollo.lsc.vsc.edu/>
- ❑ <http://earth.usc.edu/~stott/Catalina/WeatherPatterns.html>
- ❑ <http://physics.uwstout.edu>
- ❑ <http://www.geog.ouc.bc.ca/physgeog/contents/7s.html>
- ❑ <http://www.ibimet.cnr.it>
- ❑ <http://www.meteovarese.net>
- ❑ <http://www.wetter3.de>
- ❑ Sannino "Meteorologia Nautica" Ed. Italibri

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

❑ **NOTA INFORMATIVA**  
 Il contenuto della presentazione comprensivo di tutti i dati, informazioni, comunicazioni, software, foto, grafici, disegni e in generale qualsiasi materiale e servizio ivi presente, ove non diversamente indicato sono di proprietà dei rispettivi autori. Il materiale è stato tratto dalla consultazione di siti web con finalità esclusivamente didattiche o di ricerca scientifica, indicando la fonte, in osservanza a quanto stabilito dalla Legge n° 633/41 e dal D.Lvo n° 169/1999.

❑ **ESCLUSIONE DI RESPONSABILITÀ:**  
 Il presente materiale serve per consentire al pubblico un più ampio accesso all'informazione. L'obiettivo perseguito è quello di fornire un'informazione aggiornata e precisa. Qualora dovessero essere segnalati degli errori, si provvederà a correggerli. Non si assume alcuna responsabilità per quanto riguarda il materiale contenuto. Tale materiale è costituito da informazioni di carattere esclusivamente generale che non riguardano fatti specifici relativi ad una persona o un organismo determinati. Non è sempre necessariamente esauriente, completo, preciso o aggiornato. E' talvolta collegato con siti esterni sui quali non si dispone di alcun controllo e per i quali non assume alcuna responsabilità. Non costituisce un parere di tipo professionale o legale. Va ricordato che non si può garantire che un documento disponibile in linea riproduca esattamente un testo adottato ufficialmente. Parte dei dati o delle informazioni presenti nel sito sono stati inseriti o strutturati in archivi o formati che possono non essere esenti da errori. Non si può pertanto garantire che il servizio non sia influenzato da tali problemi. La presente clausola di esclusione della responsabilità non ha lo scopo di limitare le responsabilità in violazione di disposizioni della legge nazionale applicabile, né di escluderla nei casi in cui non può essere esclusa in forza di detta legge.

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---