

5^ο ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟ ΣΥΝΟΠΤΙΚΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ



ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ

Εθνικόν και Καποδιστριακόν
Πανεπιστήμιον Αθηνών

— ΙΔΡΥΘΕΝ ΤΟ 1837 —

Βασικές έννοιες 5^{ου} εργαστηρίου

- ☐ Χάρτης ανώτερης ατμόσφαιρας 500 hPa Upper level map at 500 hPa
- ☐ Βαροκλινικότητα ατμόσφαιρας Baroclinic atmosphere
- ☐ Μεταφορά στροβιλισμού Vorticity advection
- ☐ Κύματα Rossby Rossby waves
- ☐ Κατακόρυφη ταχύτητα Vertical velocity

□ Χάρτης ανώτερης ατμόσφαιρας 500 hPa

Upper level map of 500 hPa

Χρησιμότητα χάρτη 500 hPa

- Εξετάζεται η ατμοσφαιρική κυκλοφορία στη μέση τροπόσφαιρα με εντοπισμό των **trough/ridge** και των **κλειστών χαμηλών**
Direction and velocity of surface low based on geostrophic at 500hPa
- Εκτιμάται η **ταχύτητα και η διεύθυνση της κίνησης ενός επιφανειακού χαμηλού L** βάσει του γεωστροφικού ανέμου
Vorticity Vorticity advection
- Μελετάται **ο στροβιλισμός και η μεταφορά του** → πρόγνωση επιφανειακής κυκλογένεσης ή βλάθισης ενός επιφανειακού χαμηλού L
Prediction of surface low
- Εξετάζονται τα **κύματα Rossby** Rossby waves
- Εξετάζεται η **κατακόρυφη ταχύτητα** Vertical velocity
- Υπολογίζεται η **μεταφορά θερμοκρασίας για ανώτερα στρώματα** Thermal advection in upper levels

Χαρακτηριστικά χάρτη 500 hPa

- Μέσο ύψος: 5500 m
- Εύρος τιμών: ~5300-5800 gpm
- Χάραξη ισοϋψών: ανά 40, 60 ή 80 gpm
ξεκινώντας από 5400gpm
- Χάραξη ισοθέρμων: συνήθως ανά 5°C

❑ Κατά μέσο όρο, αυτό το επίπεδο είναι περίπου 5.5 km πάνω από τη στάθμη της θάλασσας και συχνά αναφέρεται ως **επίπεδο διεύθυνσης (steering level)**, επειδή τα καιρικά συστήματα από κάτω, κοντά στην επιφάνεια της Γης, **κινούνται περίπου στην ίδια κατεύθυνση με τους ανέμους στο επίπεδο 500 hPa.**

❑ Οι **ισοψείς** δείχνουν τα κύρια τροποσφαιρικά κύματα που "ελέγχουν" τον καιρό :

Low values of isoheights

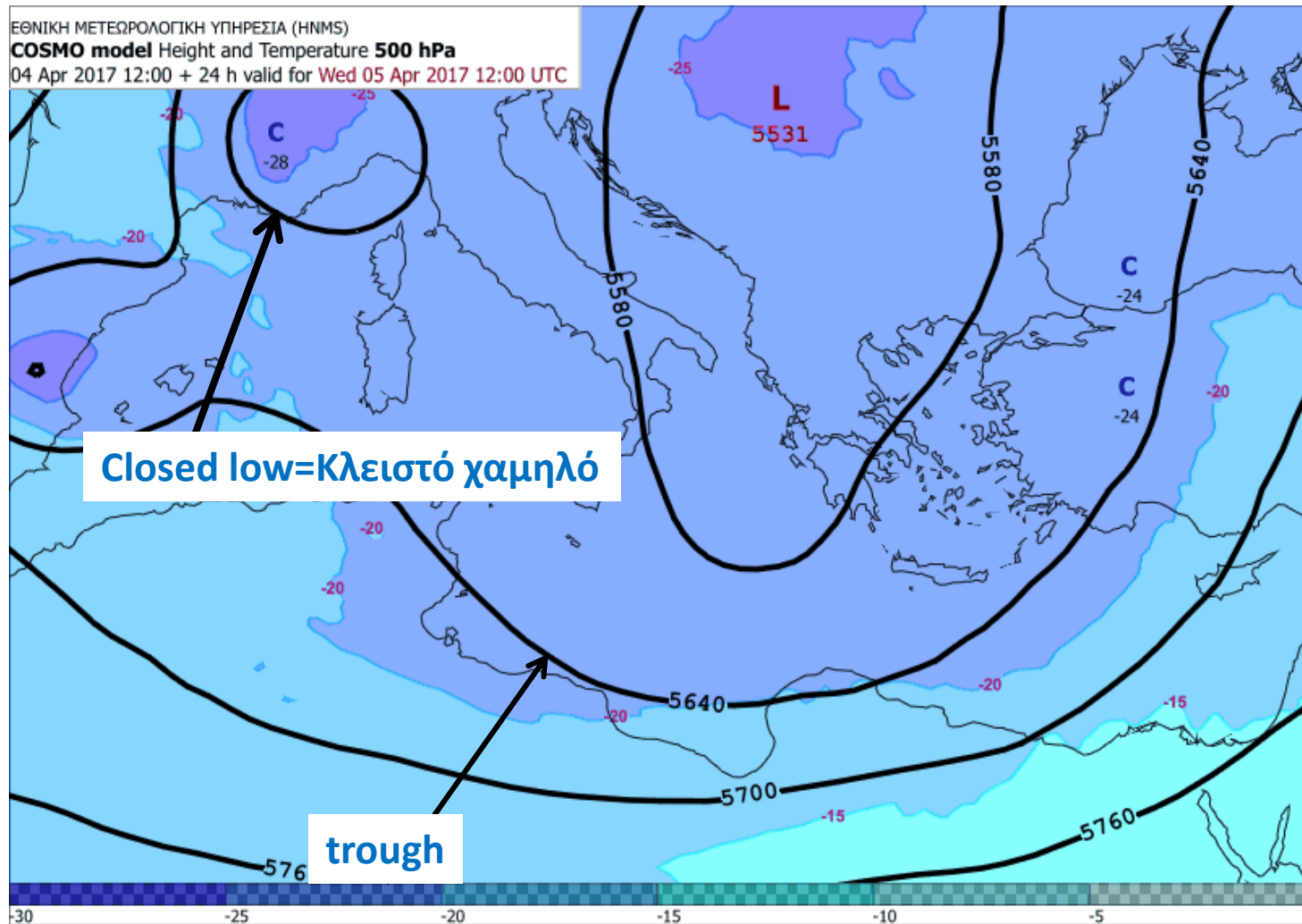
- τα **χαμηλά ύψη** υποδεικνύουν **troughs** και **υφέσεις** στη μέση τροπόσφαιρα

High values of isoheights

- τα **υψηλά ύψη** υποδηλώνουν **ridges** και **αντικυκλώνες**

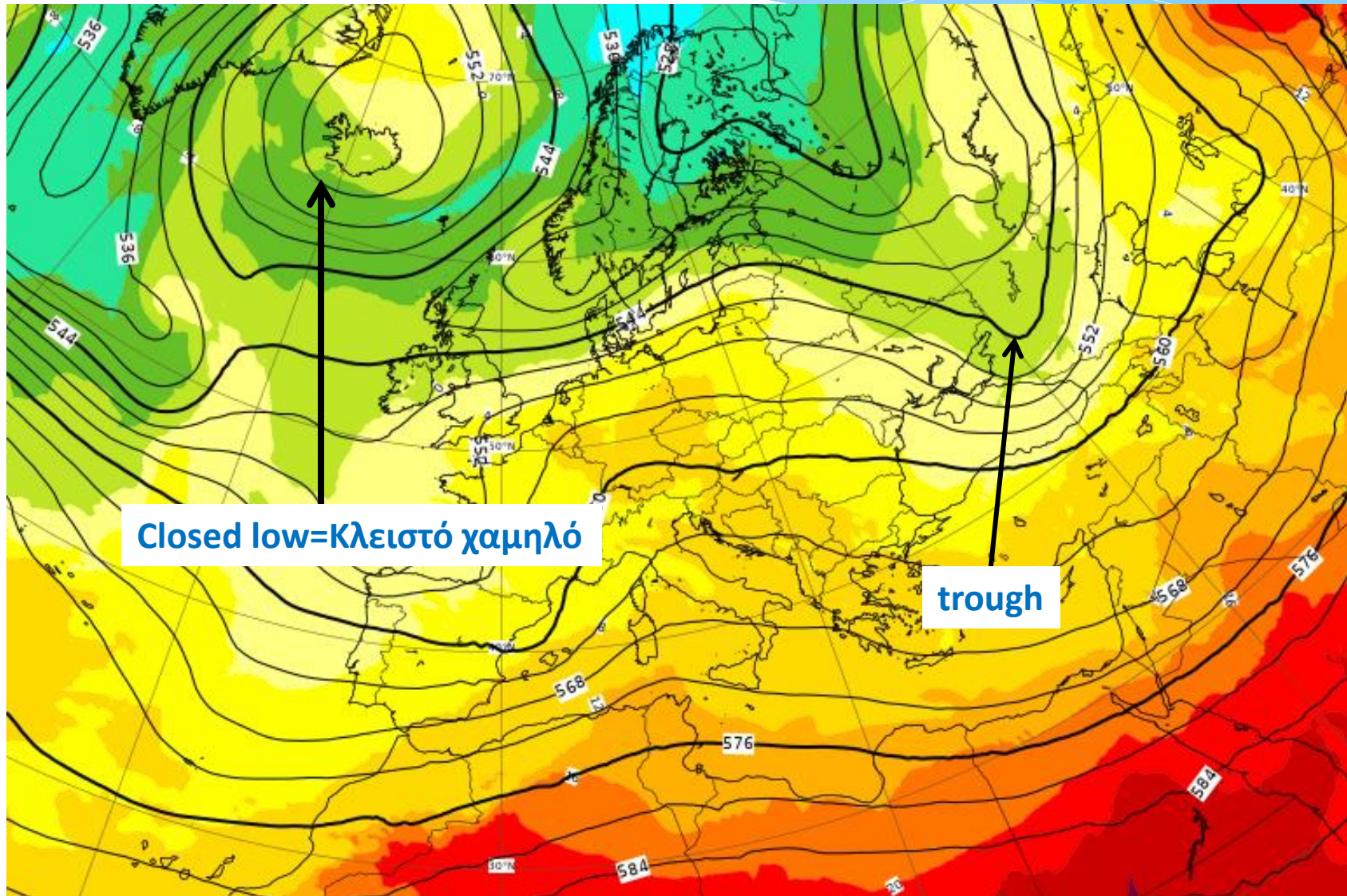
Παραδείγματα χάρτη 500 hPa

- Χάραξη ισοϋψών καμπύλων (ανά 60 gpm)
- Εντοπισμός trough/ridge, κλειστών χαμηλών



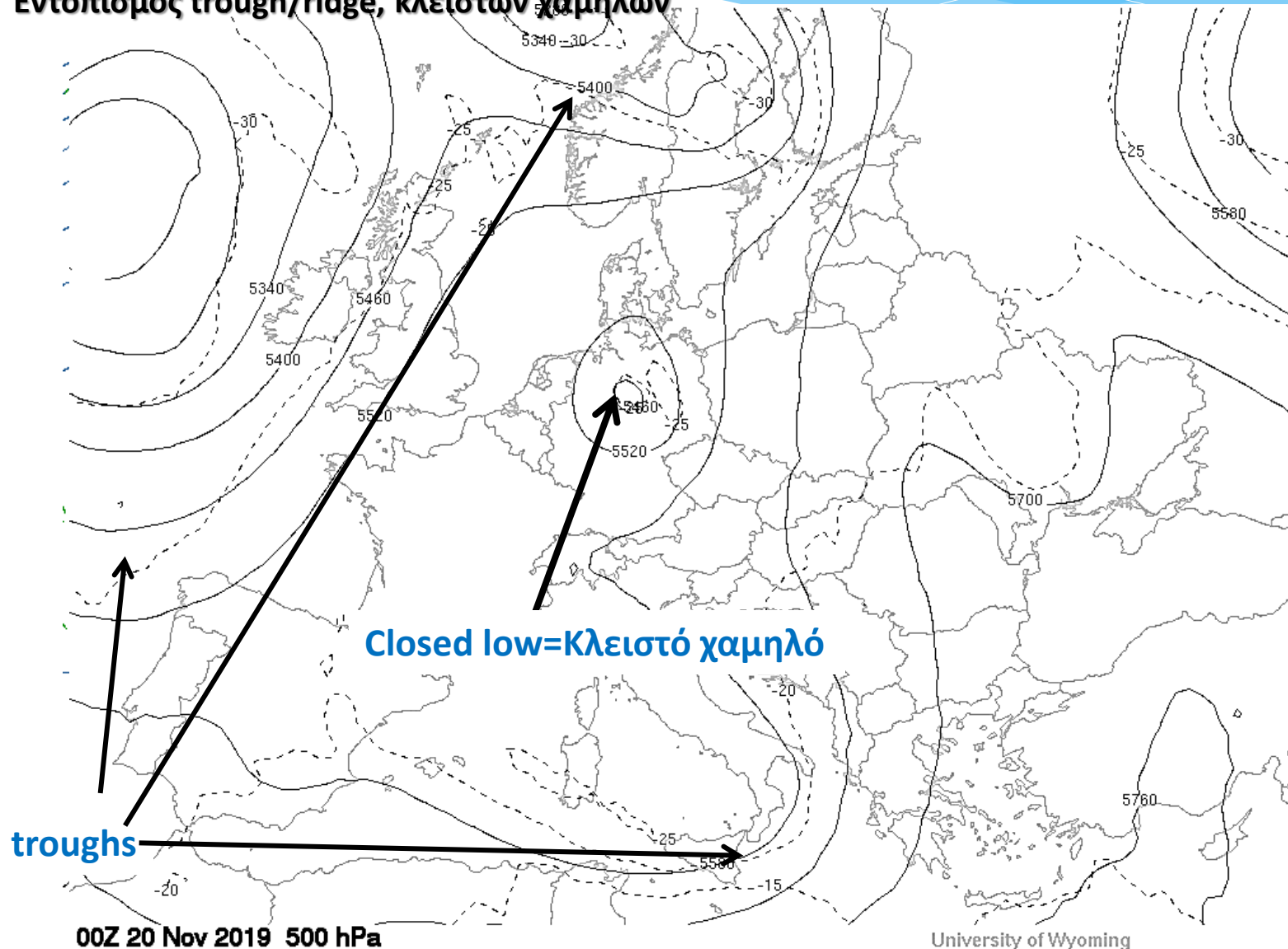
Παραδείγματα χάρτη 500 hPa

- Χάραξη ισοϋψών καμπύλων (ανά 8gpdam)
- Εντοπισμός trough/ridge, κλειστών χαμηλών



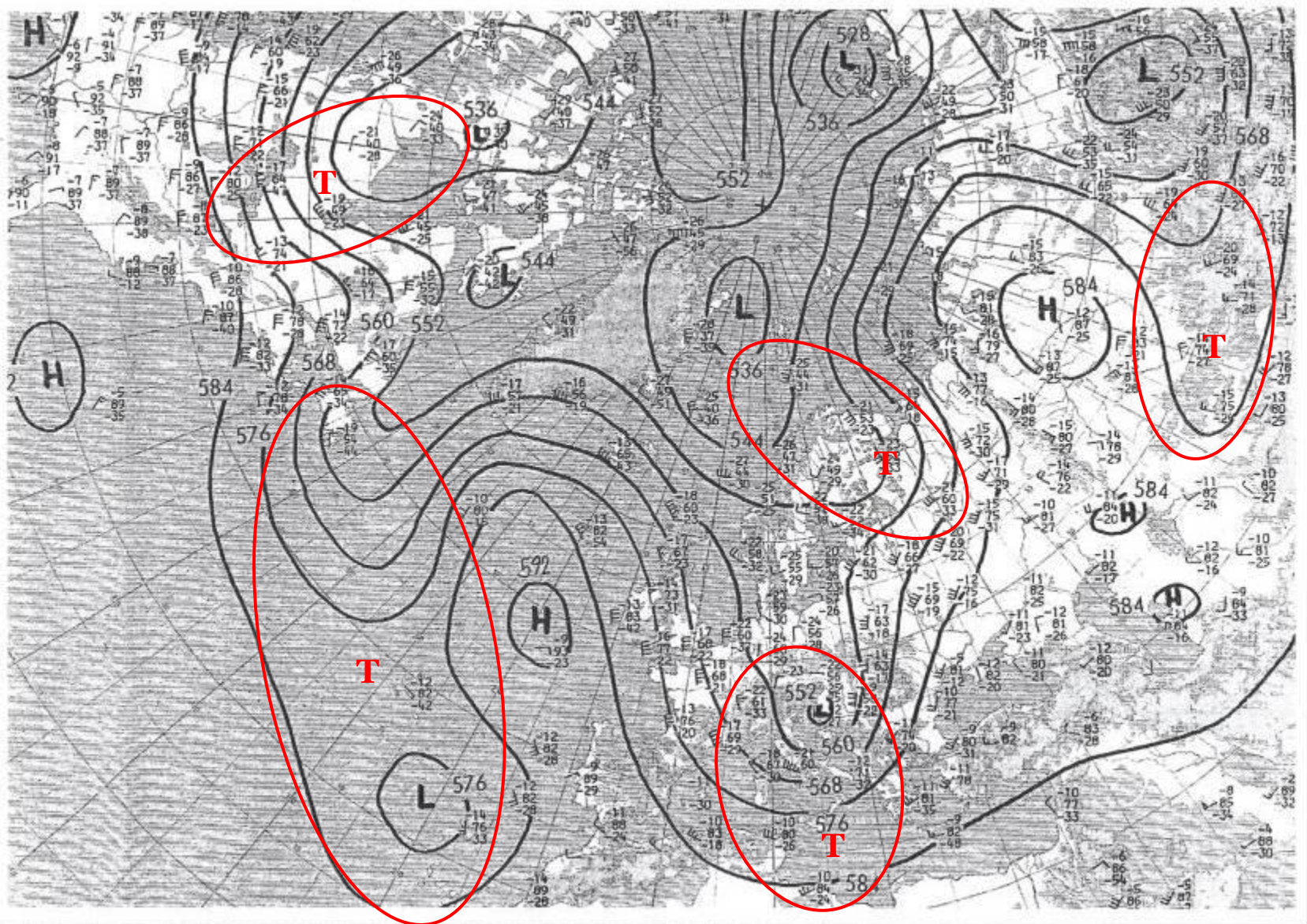
Παράδειγμα χάρτη 500 hPa

- Χάραξη ισοϋψών καμπύλων (gpm) και ισοθέρμων
- Εντοπισμός trough/ridge, κλειστών χαμηλών



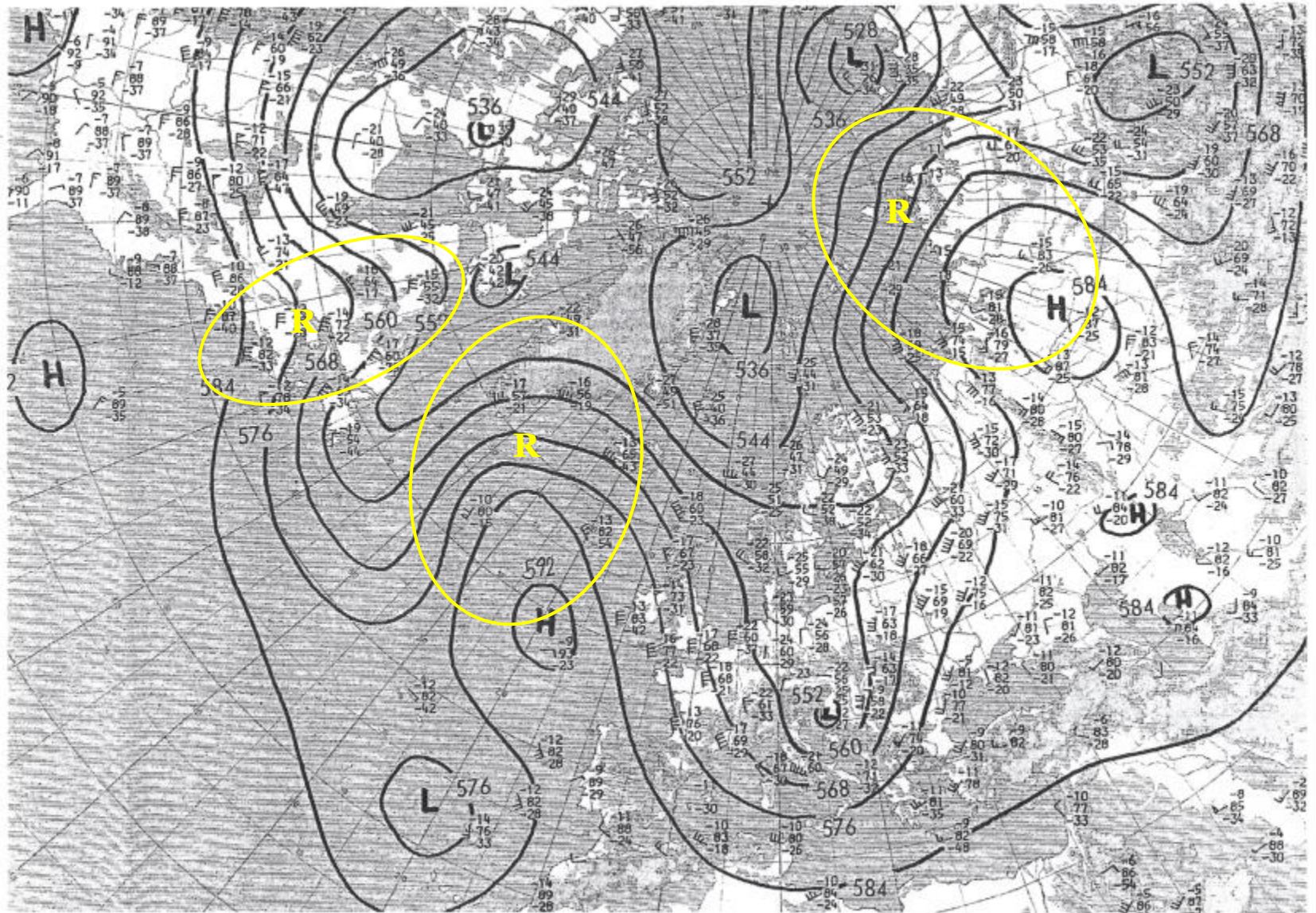
Χάρτης Α Αναγνώριση χάρτη - Συστημάτων

T - trough



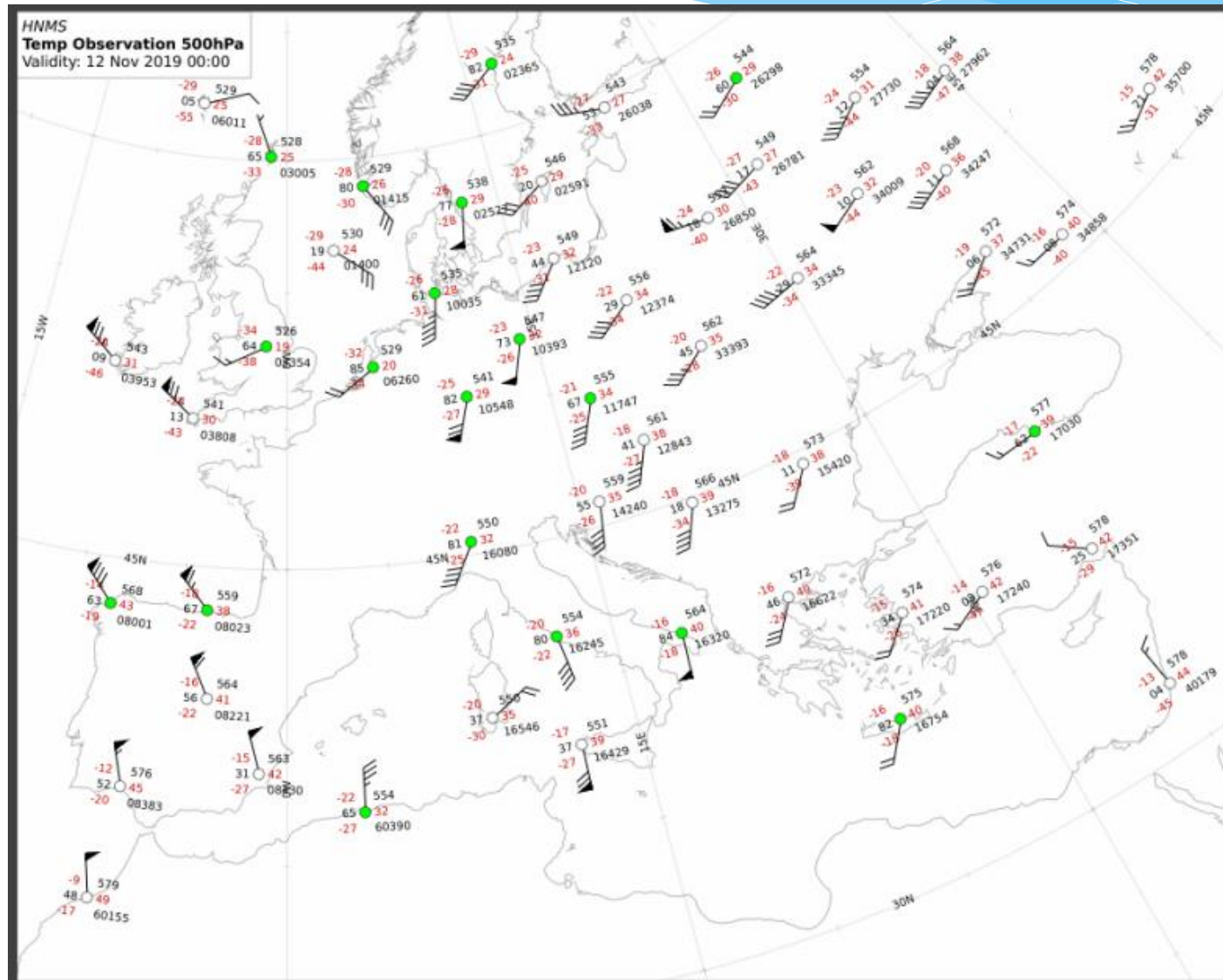
Αναγνώριση χάρτη - Συστημάτων

R - ridge

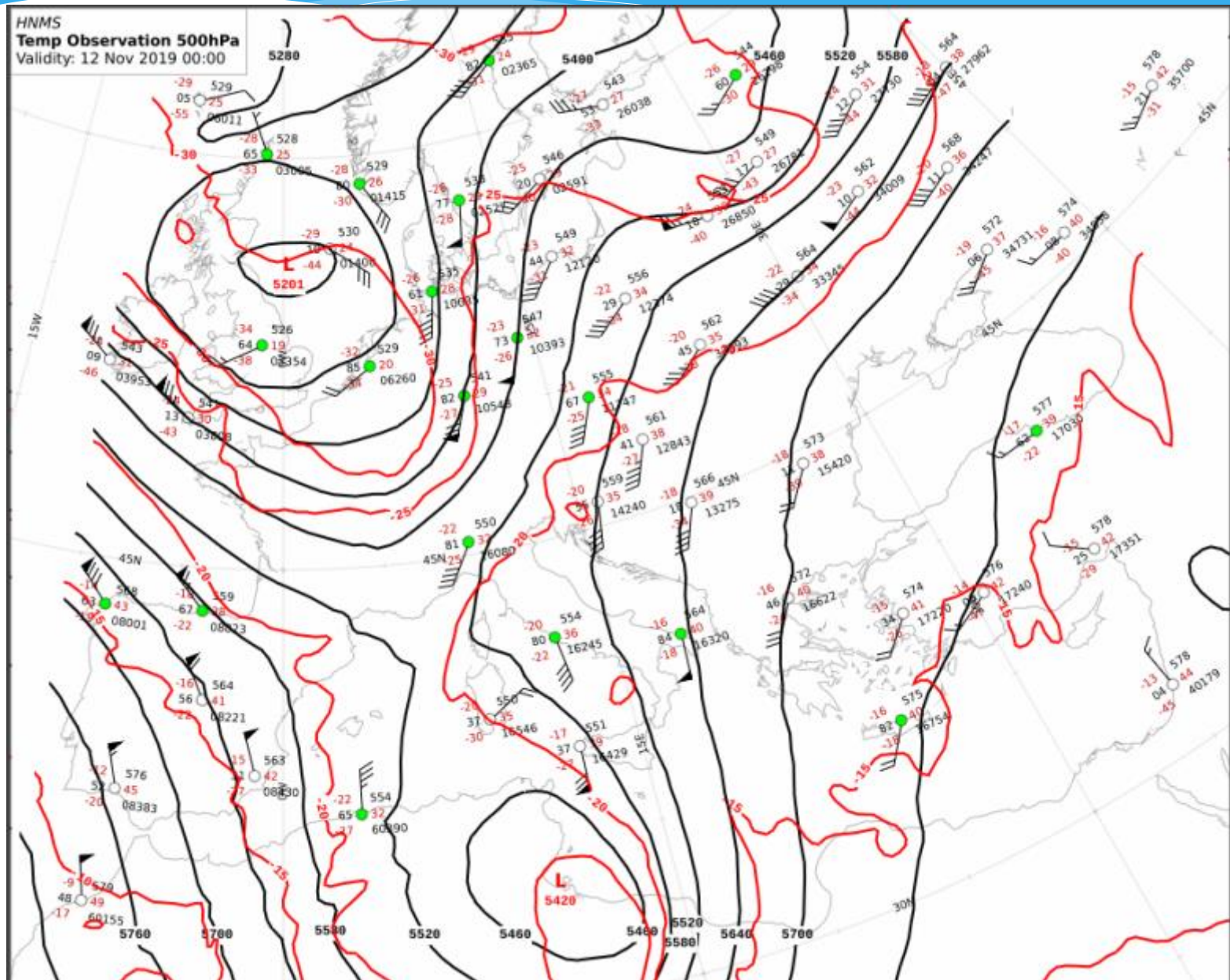


Εξάσκηση σε χάραξη ισοϋψών και ισοθέρμων σε χάρτη 500hPa

Χαράξτε ισοϋψείς ανά 60gpm (6gpdam) και ισοθέρμες ανά 5°C



Χάραξη ισοϋψών/ισοθέρμων στον προηγούμενο χάρτη 500hPa



Στροβιλισμός*

*vorticity

Στην ατμόσφαιρα διακρίνονται δύο είδη στροβιλισμού:

Relative vorticity

1. Ο σχετικός στροβιλισμός “**j**”

Absolute vorticity

2. Ο απόλυτος στροβιλισμός “**n**”

Relative vorticity measures spin relative to the ground, while absolute vorticity includes the rotation of the Earth

1. Σχετικός στροβιλισμός

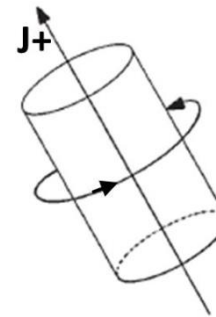
Relative vorticity

- Είναι το μέτρο της περιστροφής μιας αέριας μάζας γύρω από ένα κατακόρυφο άξονα σχετικά με την επιφάνεια Γης

- Διακρίνεται σε:

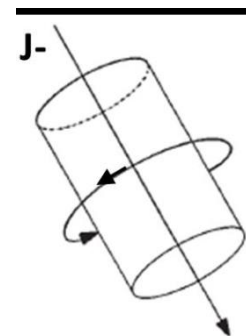
Positive relative vorticity

Θετικό σχετικό στροβιλισμό →
για κυκλωνική περιστροφή



Negative relative vorticity

Αρνητικό σχετικό στροβιλισμό →
για αντικυκλωνική περιστροφή



1.Σχετικός στροβιλισμός συνέχεια..

Vertical coordinate/component of relative vorticity

- Στη μετεωρολογία, μας ενδιαφέρει κυρίως η κατακόρυφη συνιστώσα του σχετικού στροβιλισμού ζ

$$\vec{\zeta} = \vec{\nabla} \times \vec{V} = \left(\frac{\partial v}{\partial y} - \frac{\partial u}{\partial x} \right) \hat{i} + \left(\frac{\partial w}{\partial z} - \frac{\partial v}{\partial x} \right) \hat{j} + \left(\frac{\partial u}{\partial y} - \frac{\partial v}{\partial x} \right) \hat{k}$$

$$\zeta = \hat{k} \cdot \vec{\zeta} = \hat{k} \cdot \nabla \times \vec{V} = \frac{\partial v}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y}$$

- Πλοτάρεται στην επιφάνεια των **500 hPa** →
επίπεδο μηδενικής απόκλισης & μέγιστης κατακόρυφης ταχύτητας
- Μονάδα: sec^{-1}
- Τυπική κλίμακα του σχετικού στροβιλισμού:
 $\zeta \sim 10^{-5} \text{ sec}^{-1}$

2.Απόλυτος Στροβιλισμός

Absolute vorticity

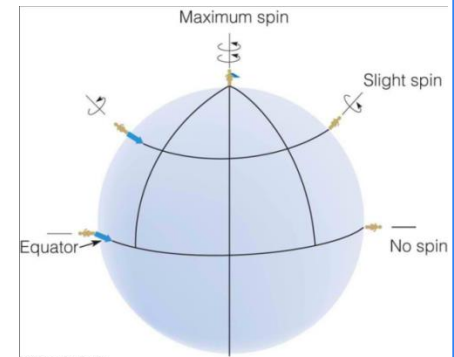
- Εκφράζει την περιστροφή μιας αέριας μάζας γύρω από κάποιον άξονα που παρατηρείται από παρατηρητή έξω από τη ΓΗ (για μεγάλες περιοχές)

- Δίνεται από τον τύπο :

$$n = J + f$$

J: σχετικός στροβιλισμός

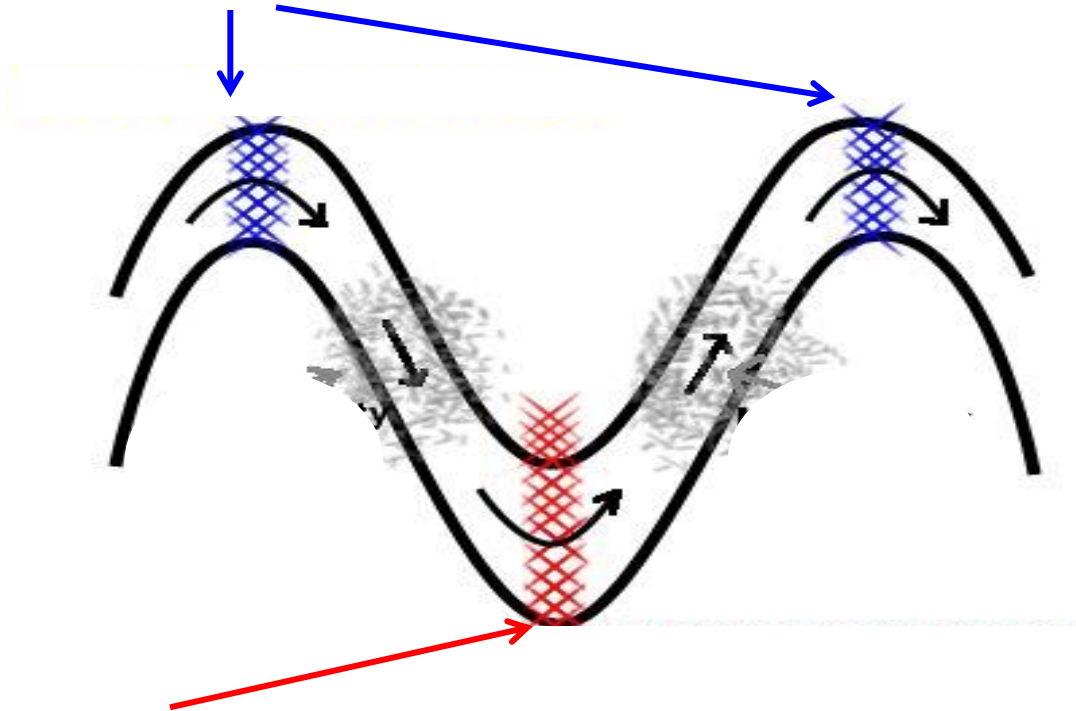
f = $2\Omega \sin \phi$: παράμετρος Coriolis $\rightarrow$ τυπική κλίμακα $\sim 10^{-4} \text{ s}^{-1}$



παράμετρος Coriolis

Min/max τιμές απόλυτου στροβιλισμού

Κεντρικός άξονας Ridge → Ελάχιστες τιμές στροβιλισμού



Κεντρικός άξονας Trough → Μέγιστες τιμές στροβιλισμού

Μεταφορά στροβιλισμού*

*vorticity advection

Θετική μεταφορά στροβιλισμού PVA

(Positive Vorticity Advection)

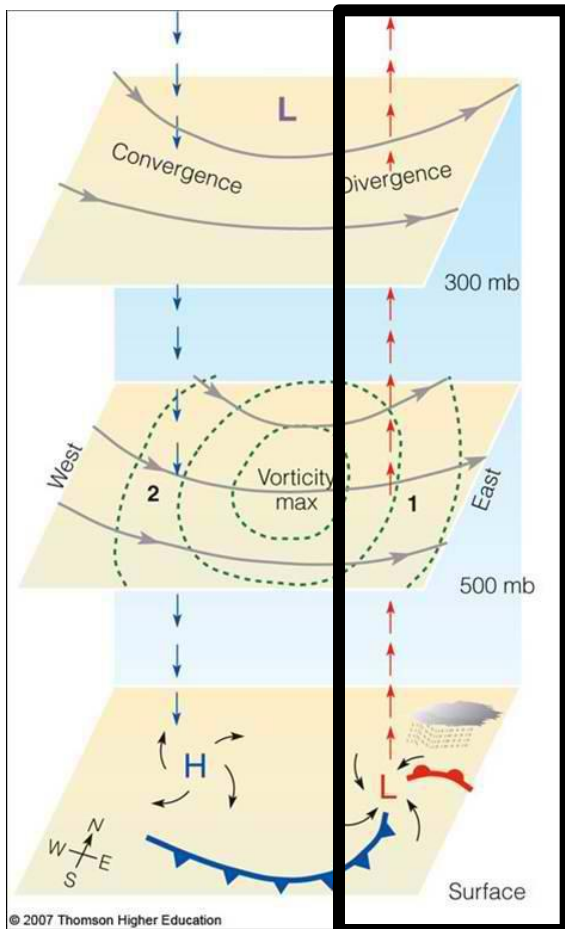
- Εμφανίζεται μπροστά από μία ^{Σφήνα ψυχρού αέρα} ανώτερη trough
Δηλαδή εκεί που υπάρχει απόκλιση ^{divergence} και ανοδικές
κινήσεις στα ανώτερα ύψη
- Στην επιφάνεια παρατηρείται ^{convergence} σύγκλιση και πτώση
της πίεσης, άρα εμφανίζεται ένα χαμηλό ^{Low system}
Δηλαδή τα βαρομετρικά χαμηλά σχηματίζονται
και ενισχύονται δεξιά του άξονα μιας trough
(βαροκλινική..)

Αν ωστόσο ένα βαρομετρικό χαμηλό βρεθεί πίσω (αριστερά) από τον άξονα της trough → τότε εξασθενεί

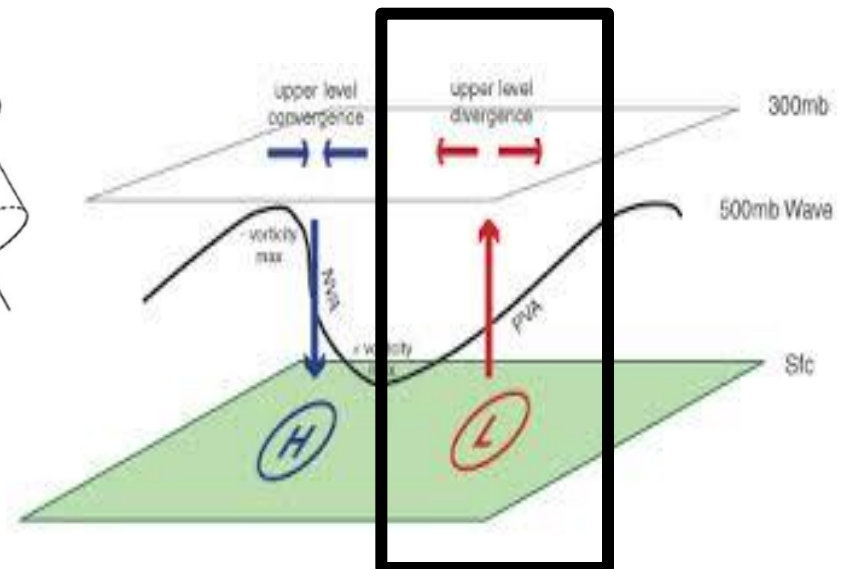
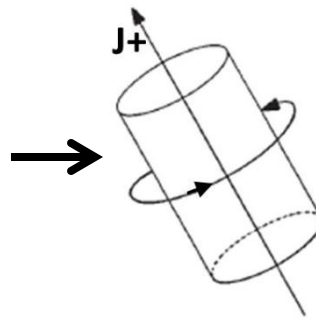
PVA → Κυκλογένεση

- Στην περιοχή με PVA ο αέρας πρέπει να χάσει spin!
- Αυτό γίνεται με απόκλιση στα ανώτερα ύψη και χαμηλή πίεση στην επιφάνεια

Positive Vorticity Advection (PVA) drives cyclogenesis by causing upper-level divergence, which reduces surface pressure and forces upward motion in the atmosphere



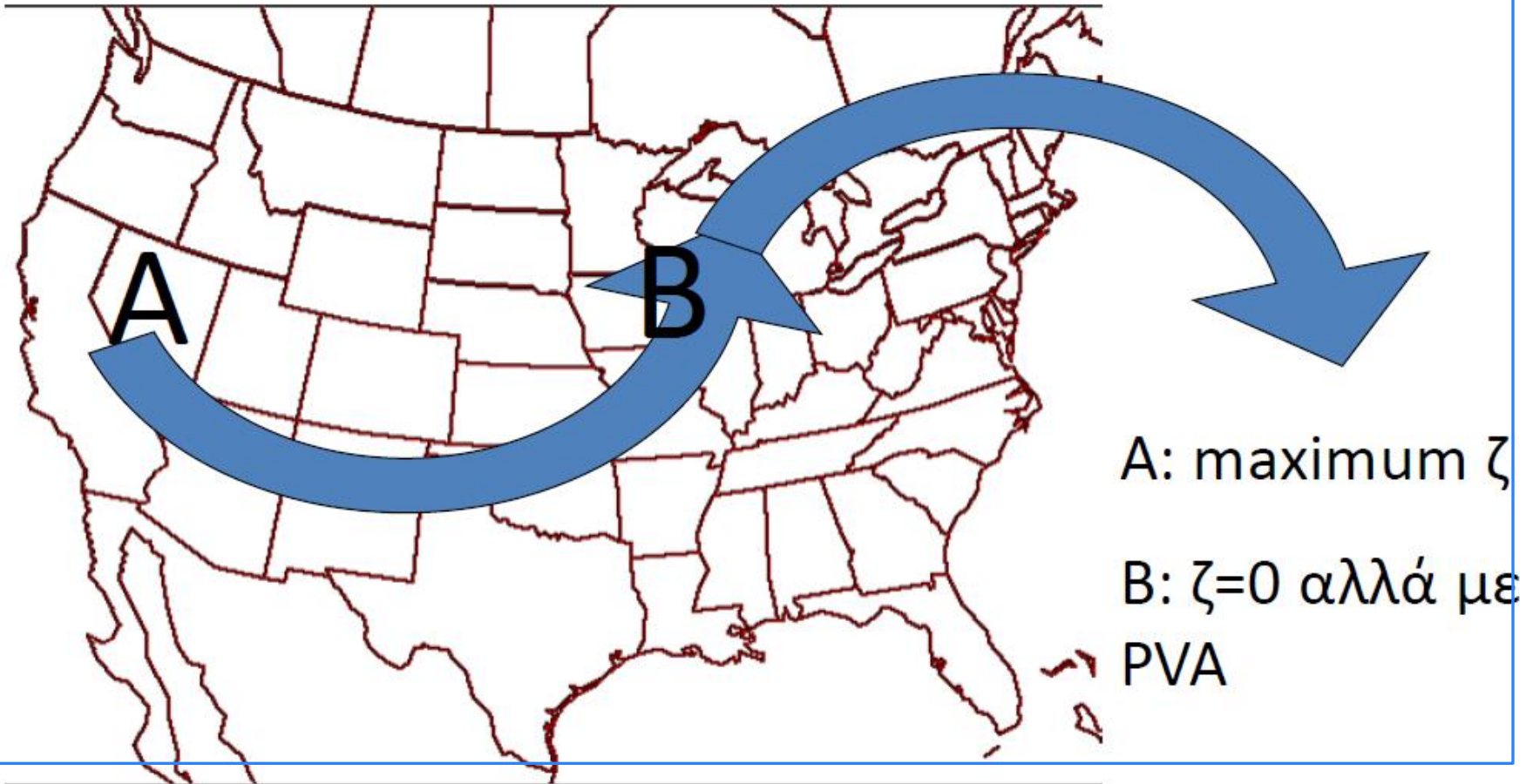
- Ενισχύονται οι ανοδικές κινήσεις!
- Η πίεση στην επιφάνεια ελαττώνεται
- Δημιουργείται το χαμηλό στην επιφάνεια!



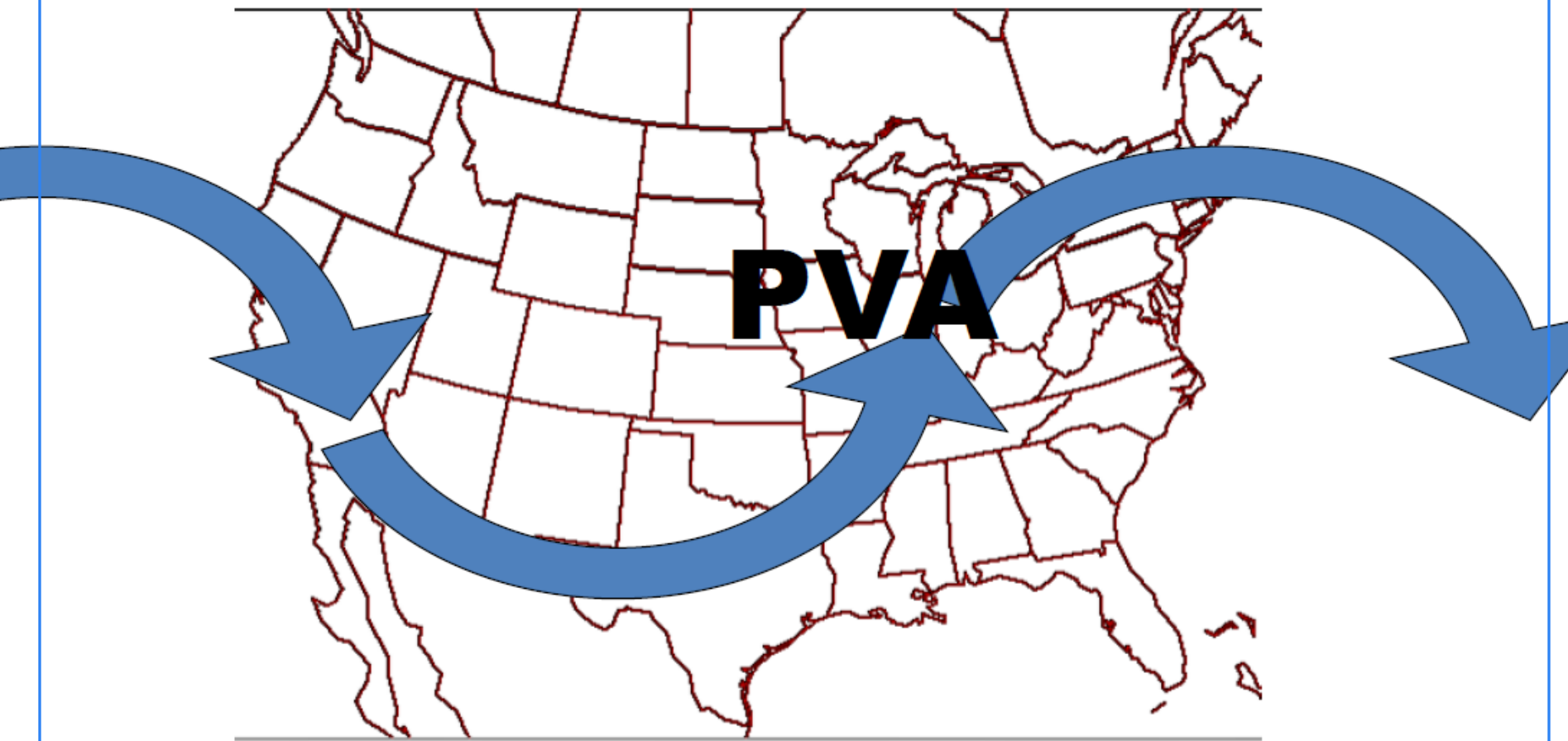
Συνοψίζοντας:

Πως δημιουργείται το PVA?

- Μεταφορά αέρα με μεγαλύτερο στροβιλισμό

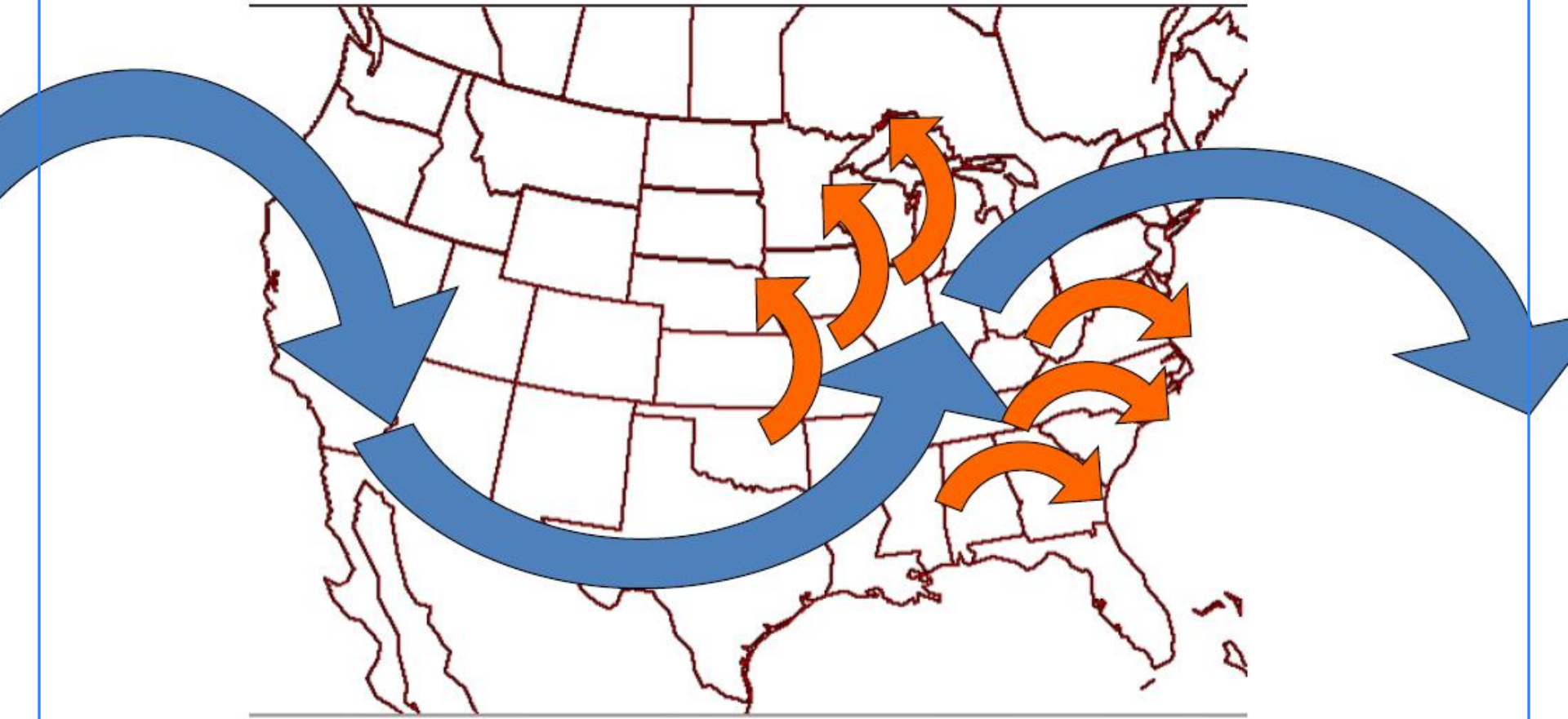


Στην περιοχή με PVA ο αέρας πρέπει να
χάσει spin!



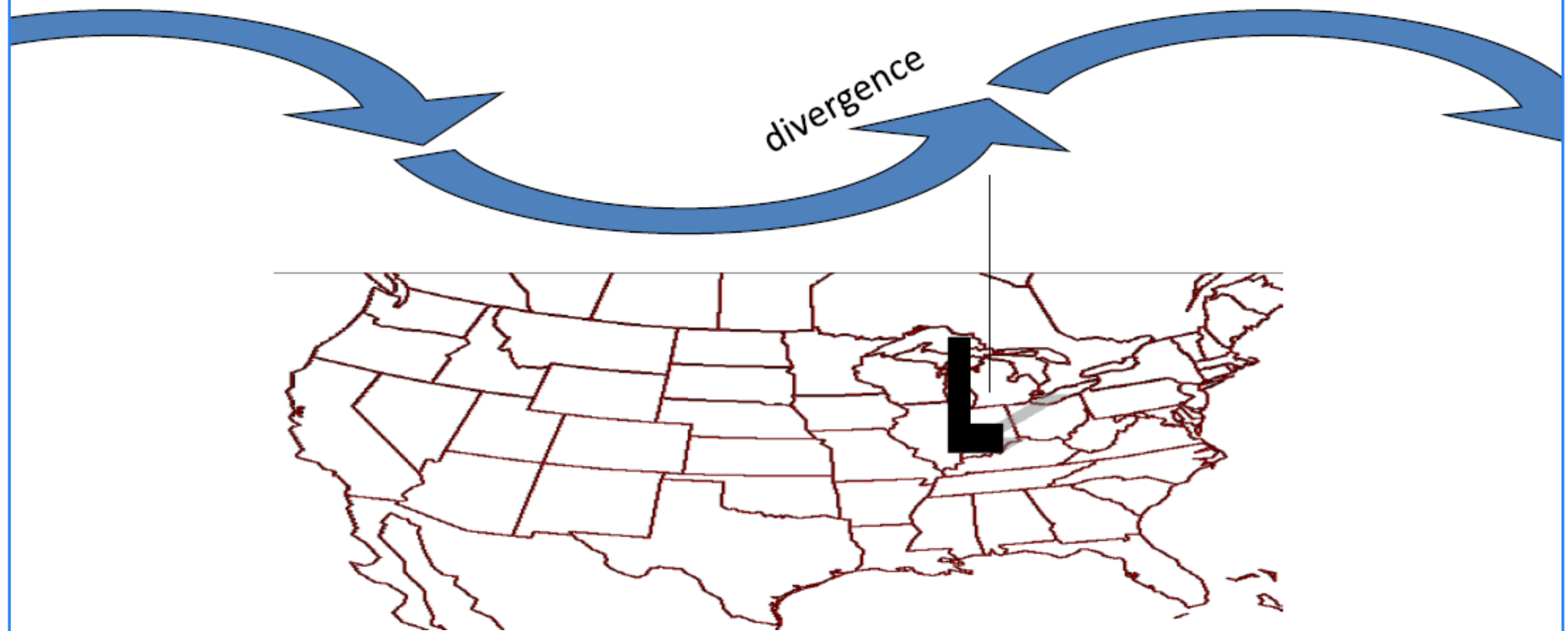
upper-level divergence

Αυτό γίνεται με απόκλιση!!!



...και χαμηλή πίεση στην επιφάνεια!

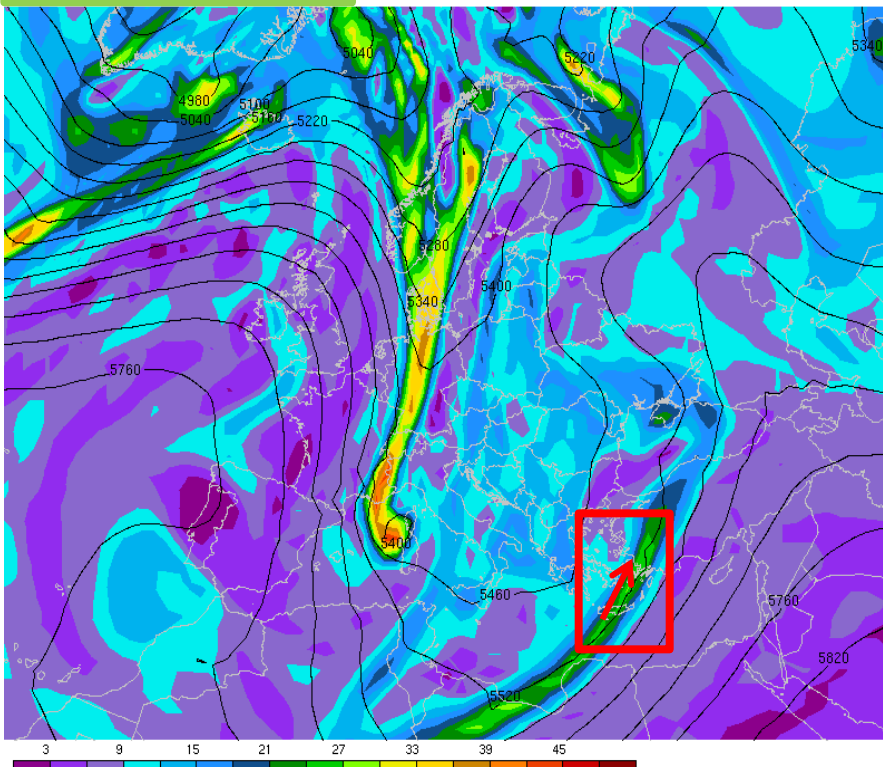
reduces surface pressure



Παράδειγμα PVA και επιφανειακού χαμηλού

PVA

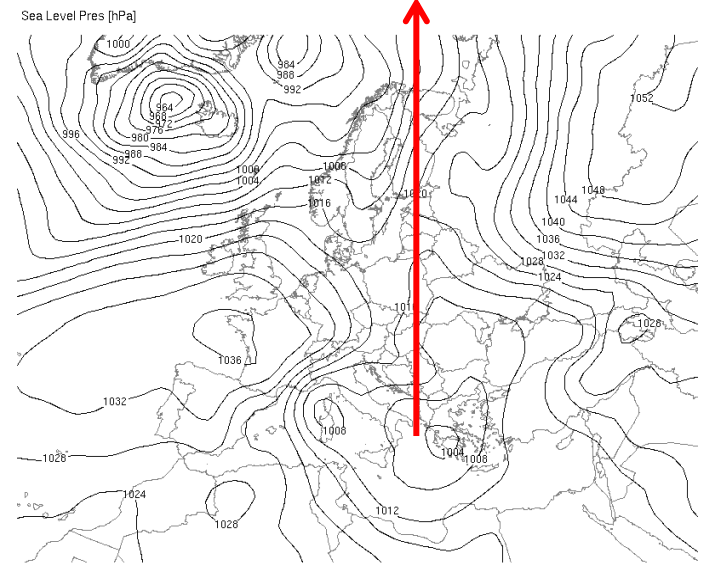
Absolute Vorticity [10^{-5} s^{-1}] | Height [m]



University of Wyoming

72 Hour 500 hPa Forecast Valid 00Z Sun 25 Jan 2015

Επιφανειακό
χαμηλό



University of Wyoming

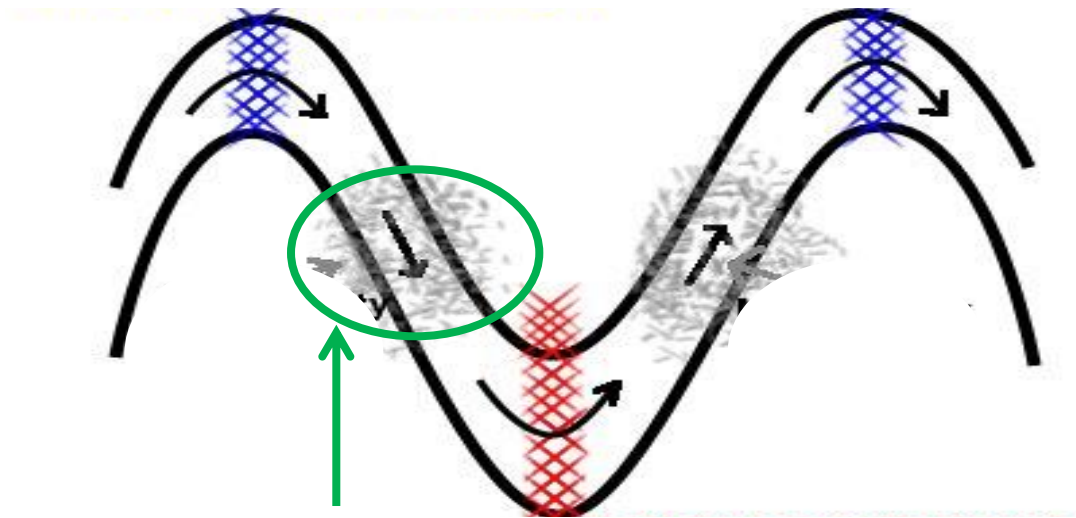
72 Hour 500 hPa Forecast Valid 00Z Sun 25 Jan 2015

Αρνητική μεταφορά στροβιλισμού NVA (Negative Vorticity Advection)

- Εμφανίζεται ^{Σφήνα θερμού αέρα} μπροστά από ανώτερη ridge, εκεί που υπάρχει σύγκλιση και καθοδικές κινήσεις
- Στην επιφάνεια λαμβάνει χώρα απόκλιση και ^{High system} άνοδος της πίεσης κι εμφανίζεται ένα υψηλό
Δηλαδή οι αντικυκλώνες σχηματίζονται δεξιά του άξονα μιας ridge

Αν ωστόσο ένας αντικυκλώνας βρεθεί πίσω (αριστερά) από τον άξονα της ridge → τότε εξασθενεί

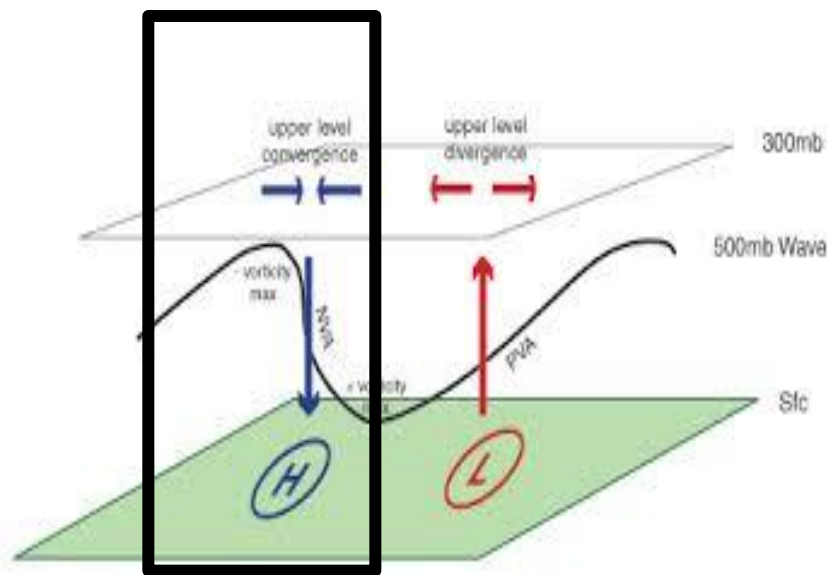
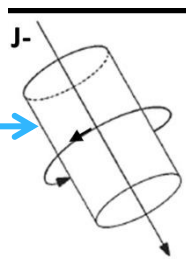
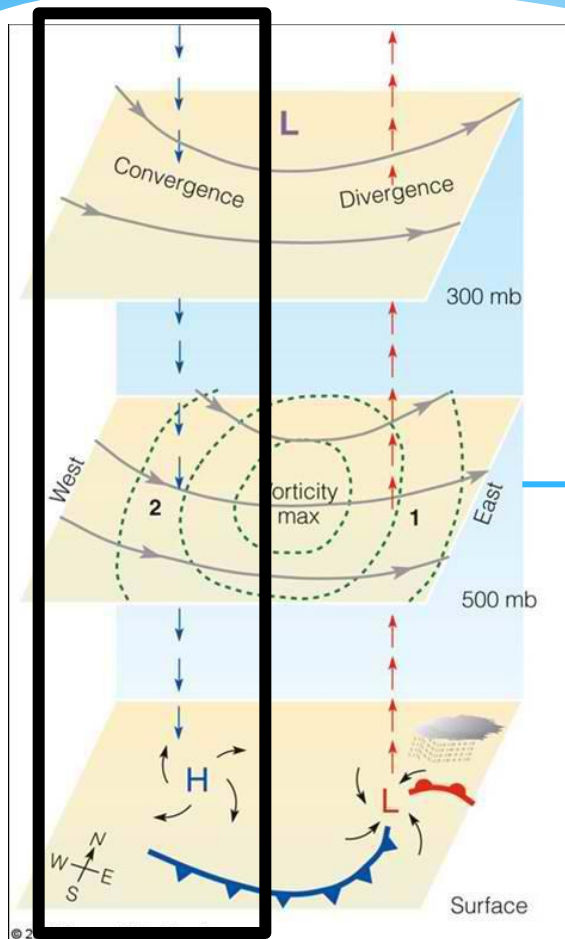
Θέση NVA



Μπροστά από Ridge →
NVA = Αρνητική μεταφορά στροβιλισμού

NVA → Αντικυκλώνας

- Η περιστροφή **αυξάνει την πίεση!**
- Ενισχύονται οι **καθοδικές κινήσεις!**
- Δημιουργείται **το υψηλό στην επιφάνεια!**

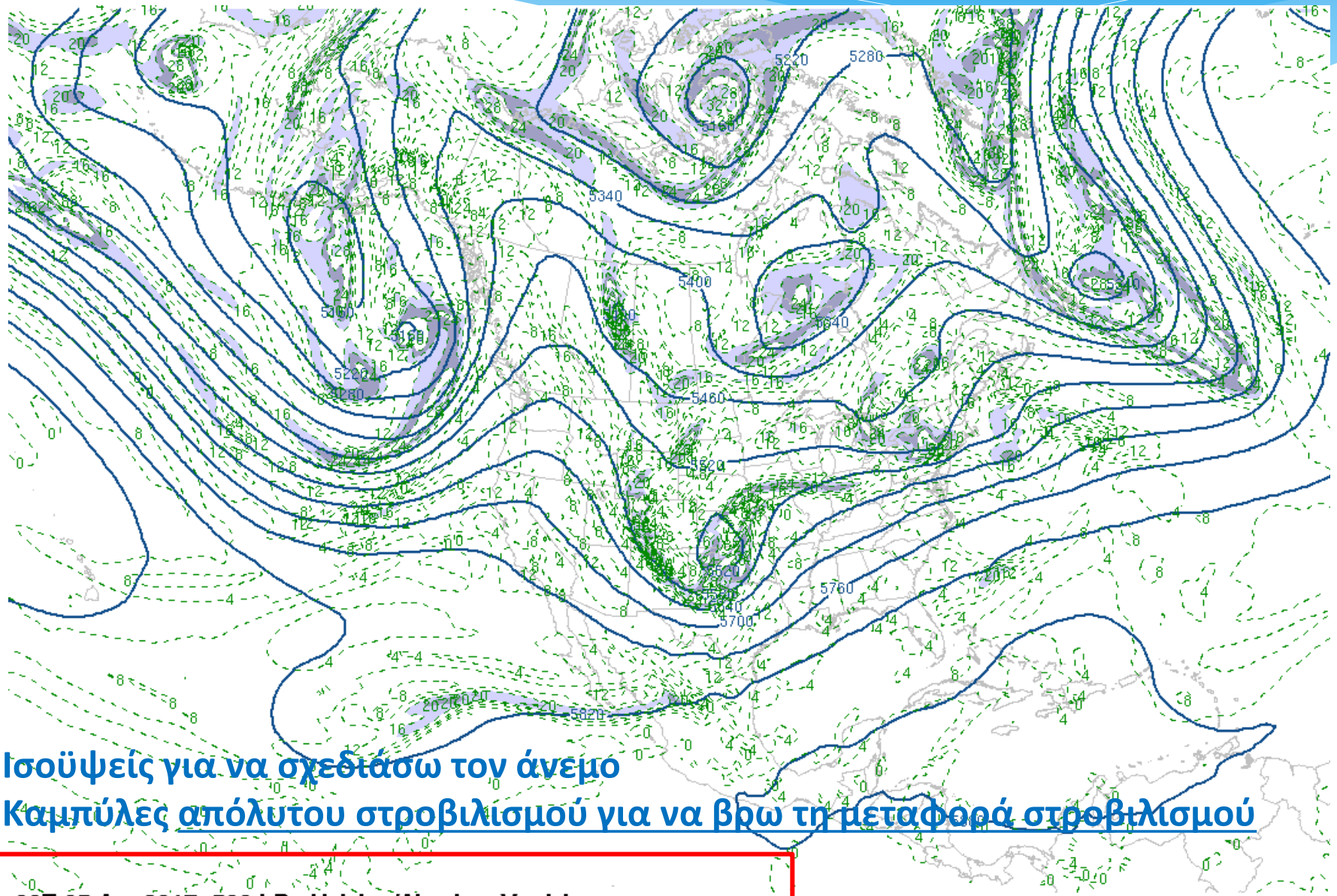


Συνοψίζοντας

- Η θέση της επιφανειακής ύφεσης σε σχέση με τα ανώτερα στρώματα καθορίζει την ανάπτυξή της
- Μια επιφανειακή ύφεση ενισχύεται αν βρίσκεται κάτω από μια περιοχή ισχυρής θετικής μεταφοράς στροβιλισμού (PVA), και εξασθενεί όταν βρίσκεται κάτω από μια περιοχή αρνητικής μεταφοράς στροβιλισμού (NVA)
- Μια ύφεση συνεχίζει να ενισχύεται όσο επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες στα ανώτερα στρώματα

Χάρτης 500 hPa

Ισοϋψείς/Καμπύλες απόλυτου στροβιλισμού



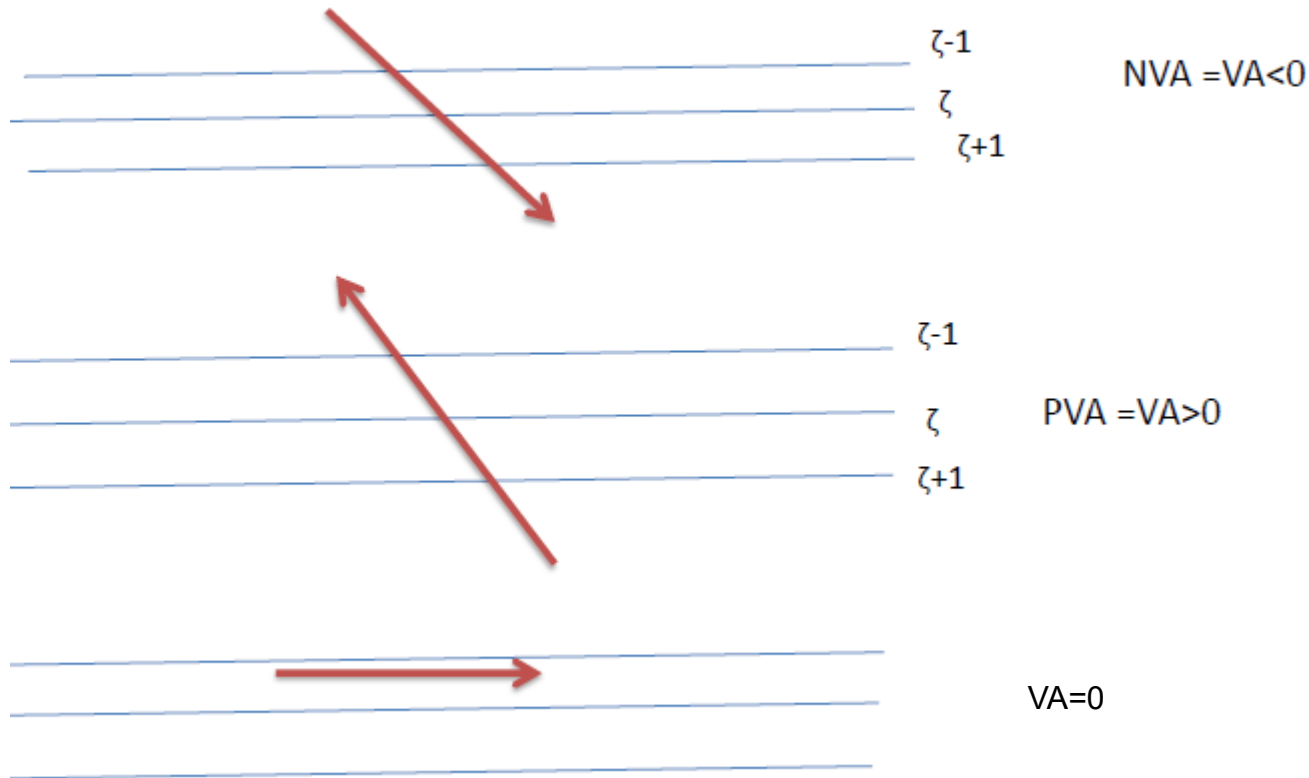
Ισοϋψείς για να σχεδιάσω τον άνεμο

Καμπύλες απόλυτου στροβιλισμού για να βρω τη μεταφορά στροβιλισμού

Μεταφορά στροβιλισμού και άνεμος

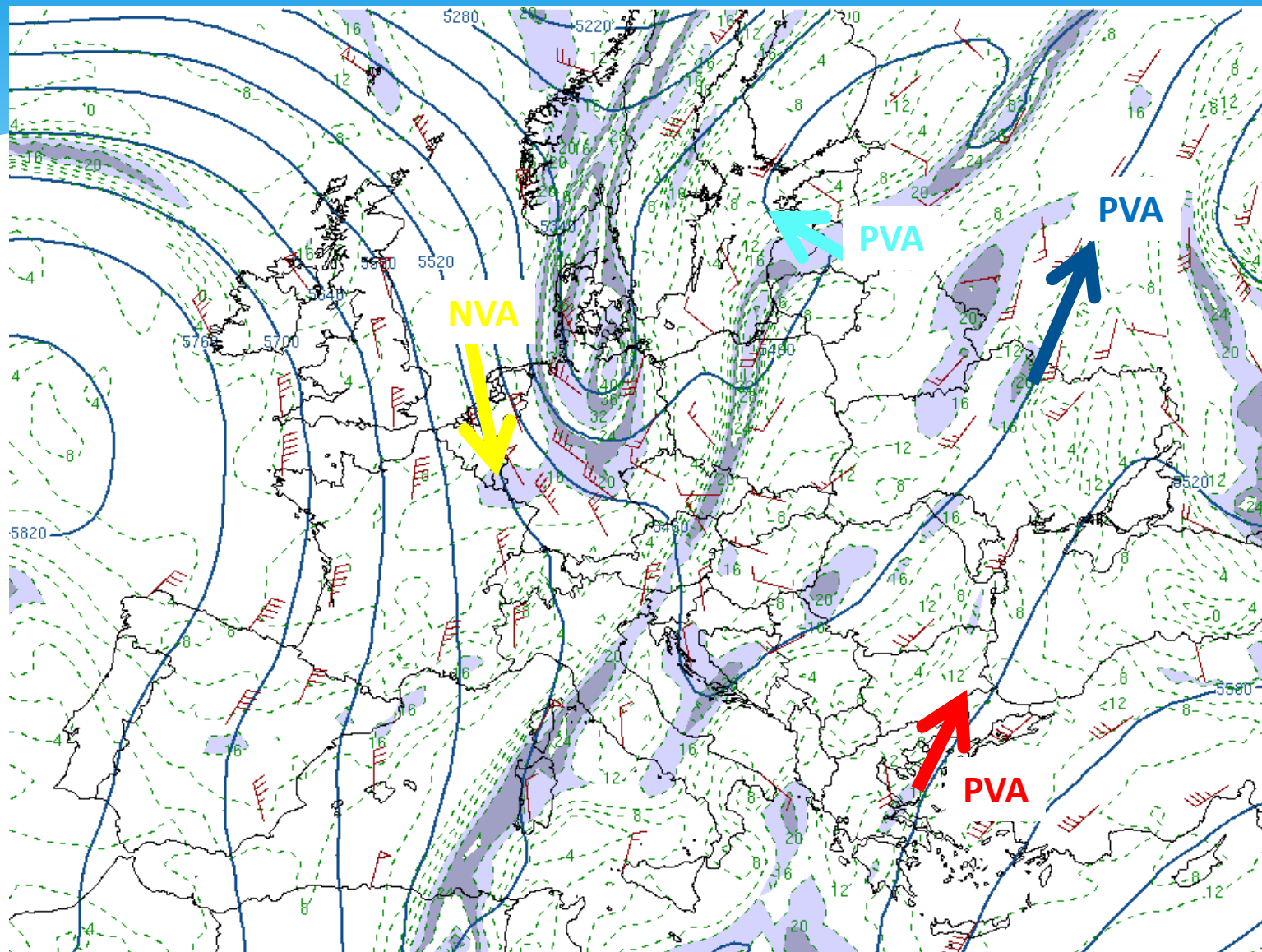
Vorticity Advection
based on wind direction

Μεταφορά στροβιλισμού



Εξάσκηση στη μεταφορά στροβιλισμού PVA/NVA και στη θέση χαμηλού στην επιφάνεια

PVA/NVA

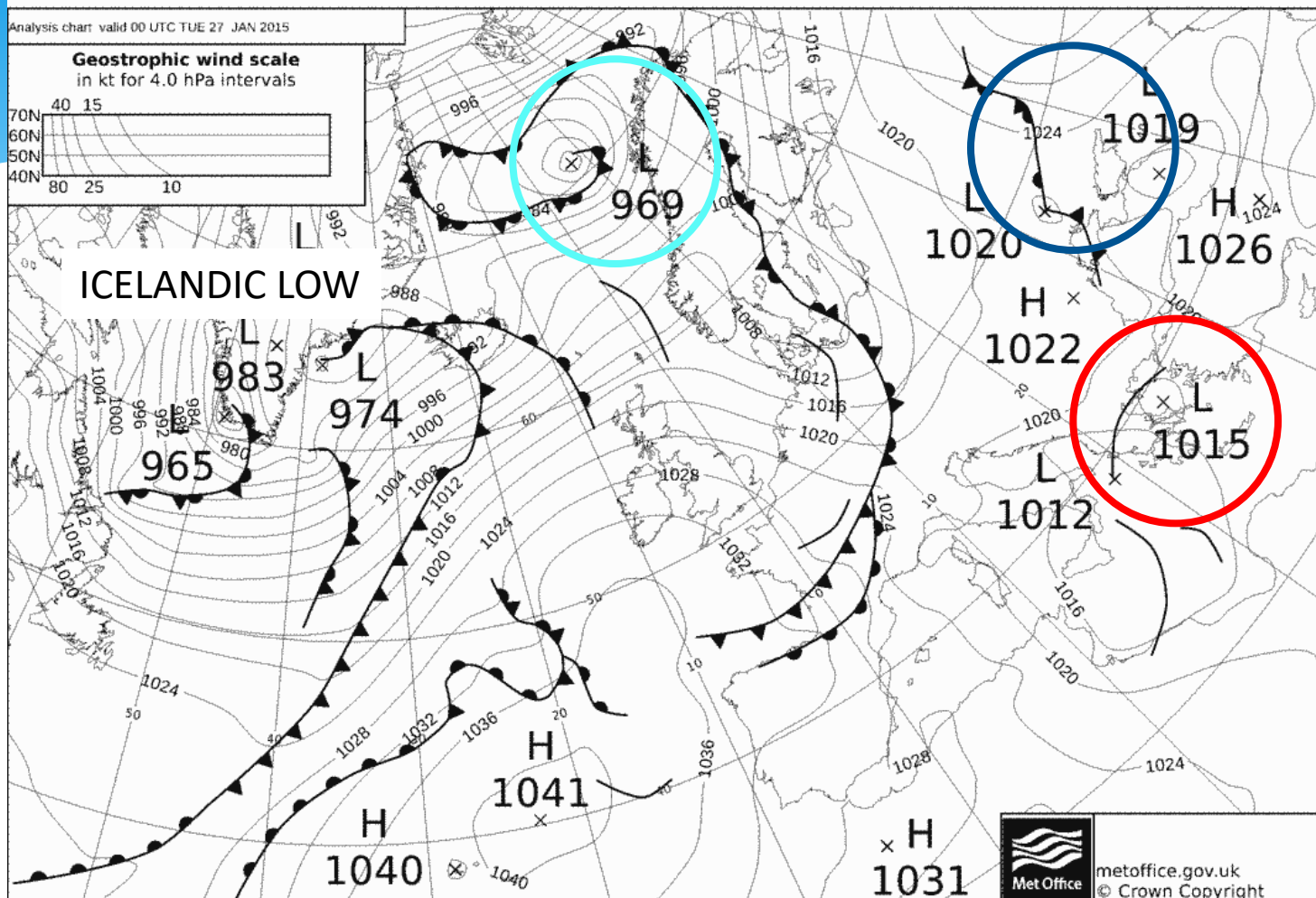
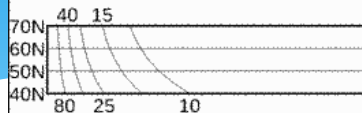


00Z 27 Jan 2015 500 hPa Heights/Absolute Vorticity

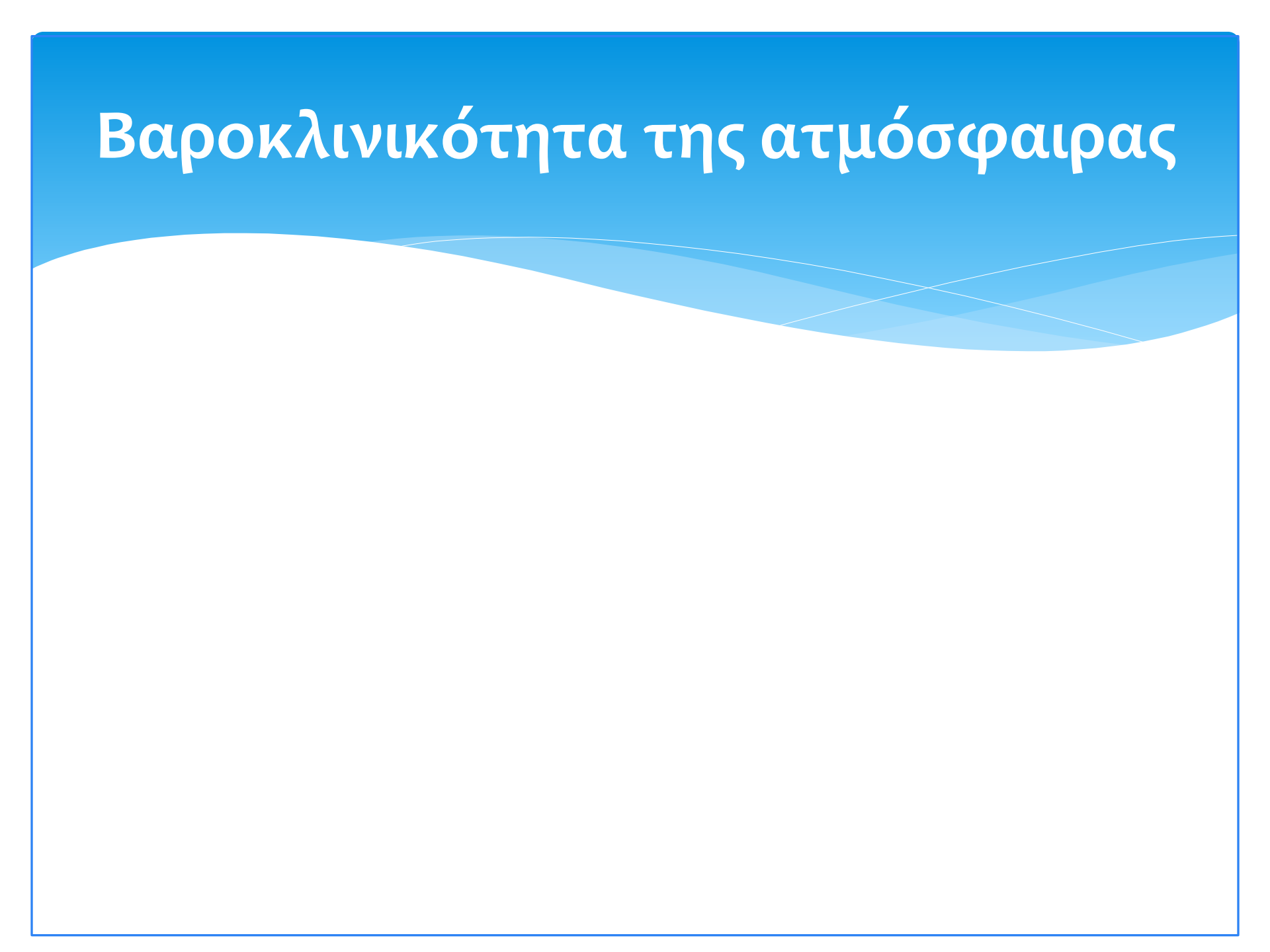
University of Wyoming

Analysis chart valid 00 UTC TUE 27 JAN 2015

Geostrophic wind scale
in kt for 4.0 hPa intervals



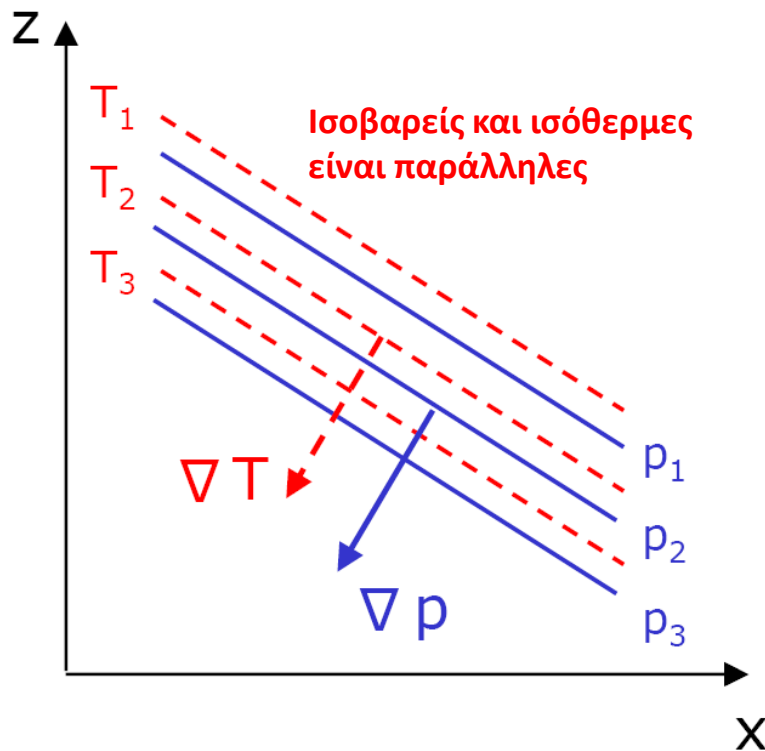
Βαροκλινικότητα της ατμόσφαιρας



1.Βαροτροπική ατμόσφαιρα

Barotropic atmosphere

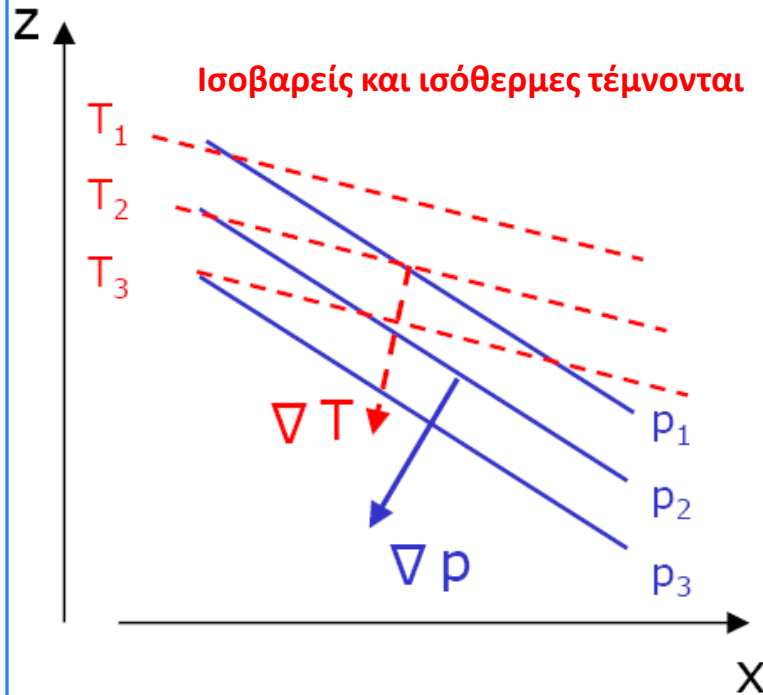
It is an idealized state where air density depends solely on pressure, causing isobaric lines to coincide with isothermal



- Η πυκνότητα εξαρτάται μόνο από την πίεση
- Οι ισοβαρικές επιφάνειες είναι και επιφάνειες σταθερής πυκνότητας και ισόθερμες
- Δεν υπάρχει οριζόντια βαθμίδα θερμοκρασίας
- Ο γεωστροφικός άνεμος δεν μεταβάλλεται με το ύψος
- Τα βαροτροπικά συστήματα δεν παρουσιάζουν κλίση με το ύψος
- Απουσία μετώπων, παράδειγμα οι τροπικοί

2.Βαροκλινική ατμόσφαιρα

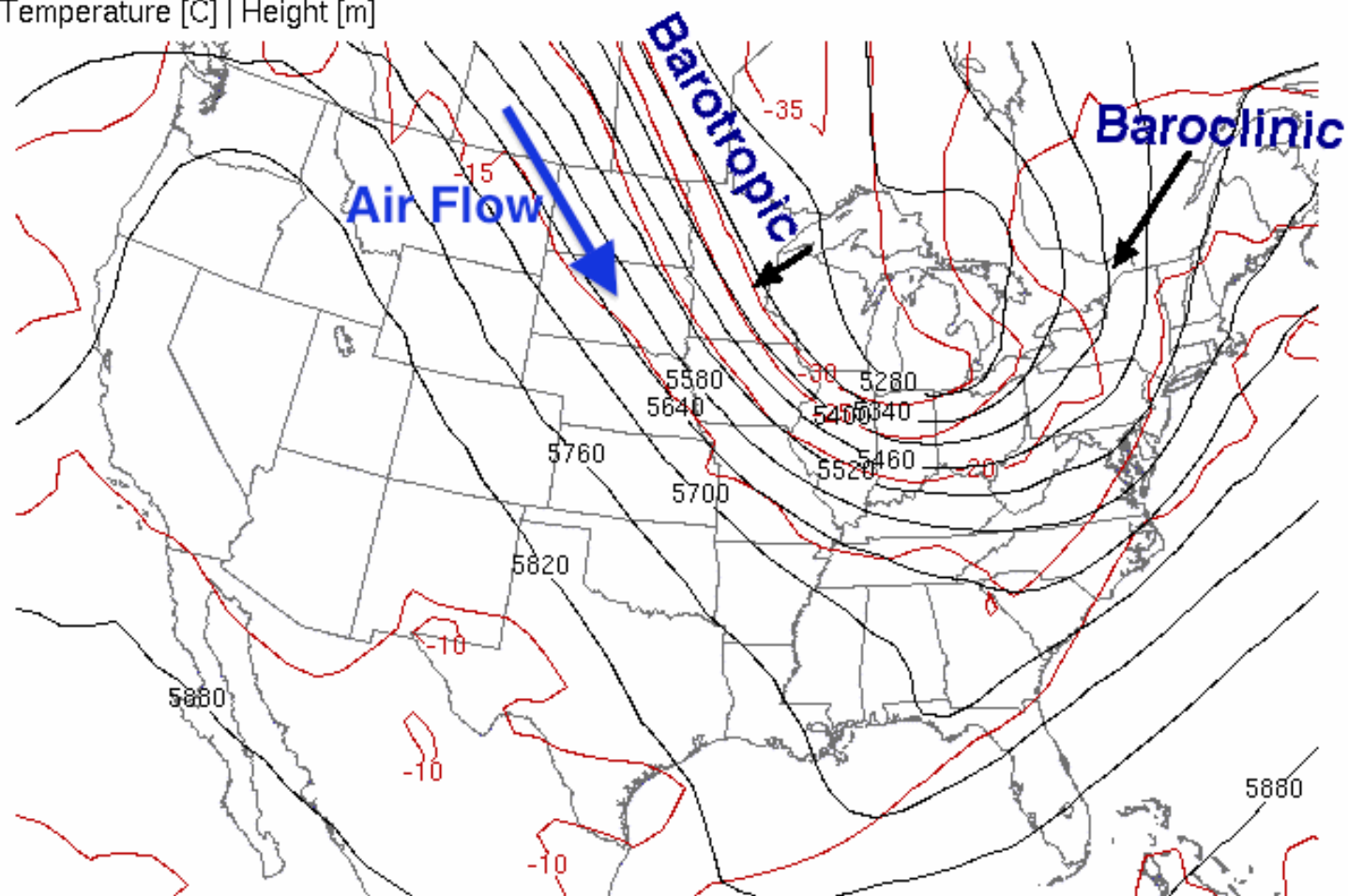
Baroclinic atmosphere is a state where atmospheric density depends on both temperature and pressure, causing isobars and isotherms to intersect.



- Η πυκνότητα εξαρτάται από θερμοκρασία και πίεση
- Η κλίση των ισοβαρικών επιπέδων μεταβάλλεται με το ύψος
- Ο γεωστροφικός άνεμος μεταβάλλεται με το ύψος (θερμικός άνεμος)
- Οριζόντια μεταβολή της θερμοκρασίας
- Τα βαροκλινικά συστήματα παρουσιάζουν κλίση με το ύψος προς τα βορειοδυτικά (αρνητική κλίση)
- Παρουσία μετώπων, παράδειγμα οι υφέσεις των μέσων γεωγραφικών πλατών

Παράδειγμα βαροκλινικής και βαροτροπικής ατμόσφαιρας

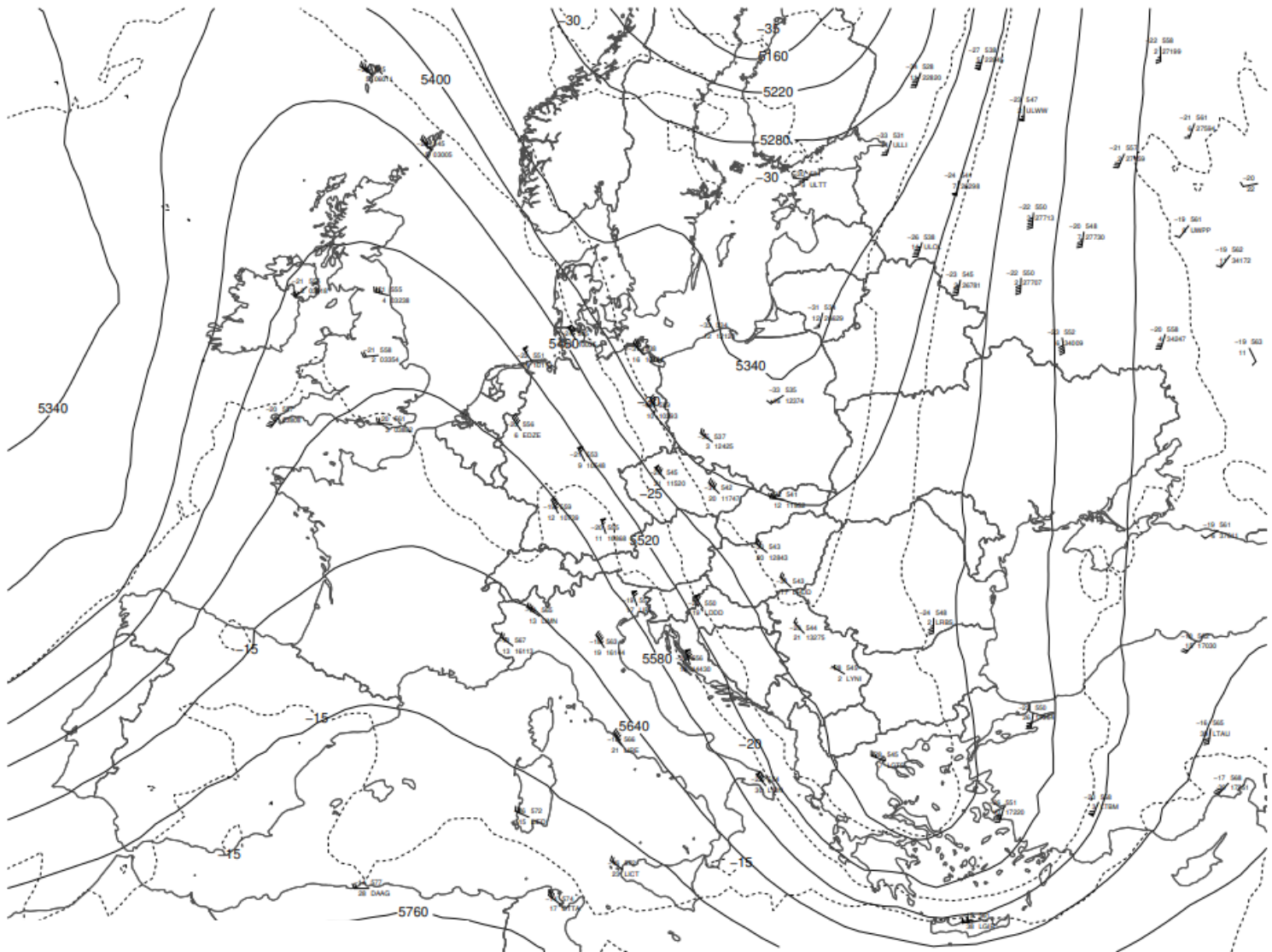
Temperature [C] | Height [m]



University of Wyoming

84 Hour 500 hPa Forecast Valid 18Z Sat 28 Oct 2006

Εντοπίστε περιοχές βαροκλινικής και βαροτροπικής ατμόσφαιρας

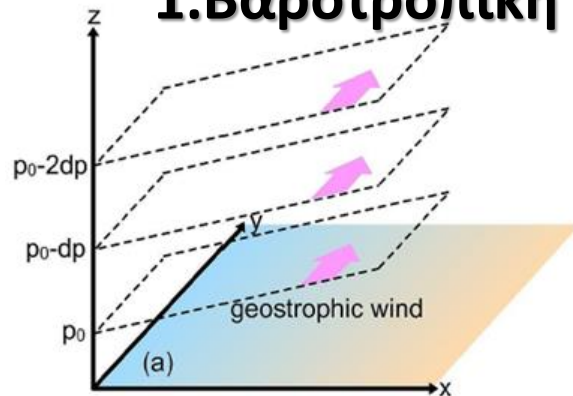


Γεωστροφικός άνεμος

σε βαροτροπική και βαροκλινική ατμόσφαιρα

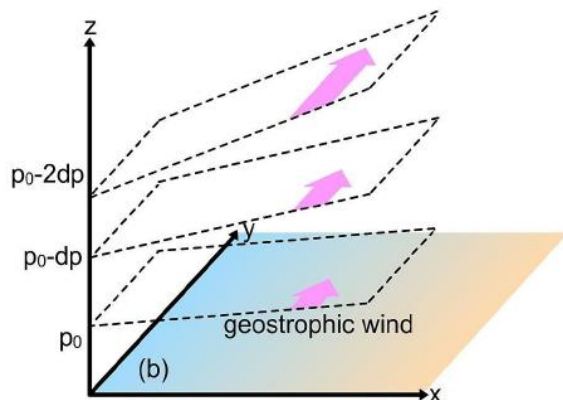
Geostrophic wind

1. Βαροτροπική



1. Αν στην ατμόσφαιρα δεν υπήρχε οριζόντια θερμοβαθμίδα, τότε η διεύθυνση και η ταχύτητα του γεωστροφικού ανέμου θα ήταν ανεξάρτητες του ύψους, δηλαδή δεν θα υπήρχε κατακόρυφη μεταβολή του γεωστροφικού ανέμου

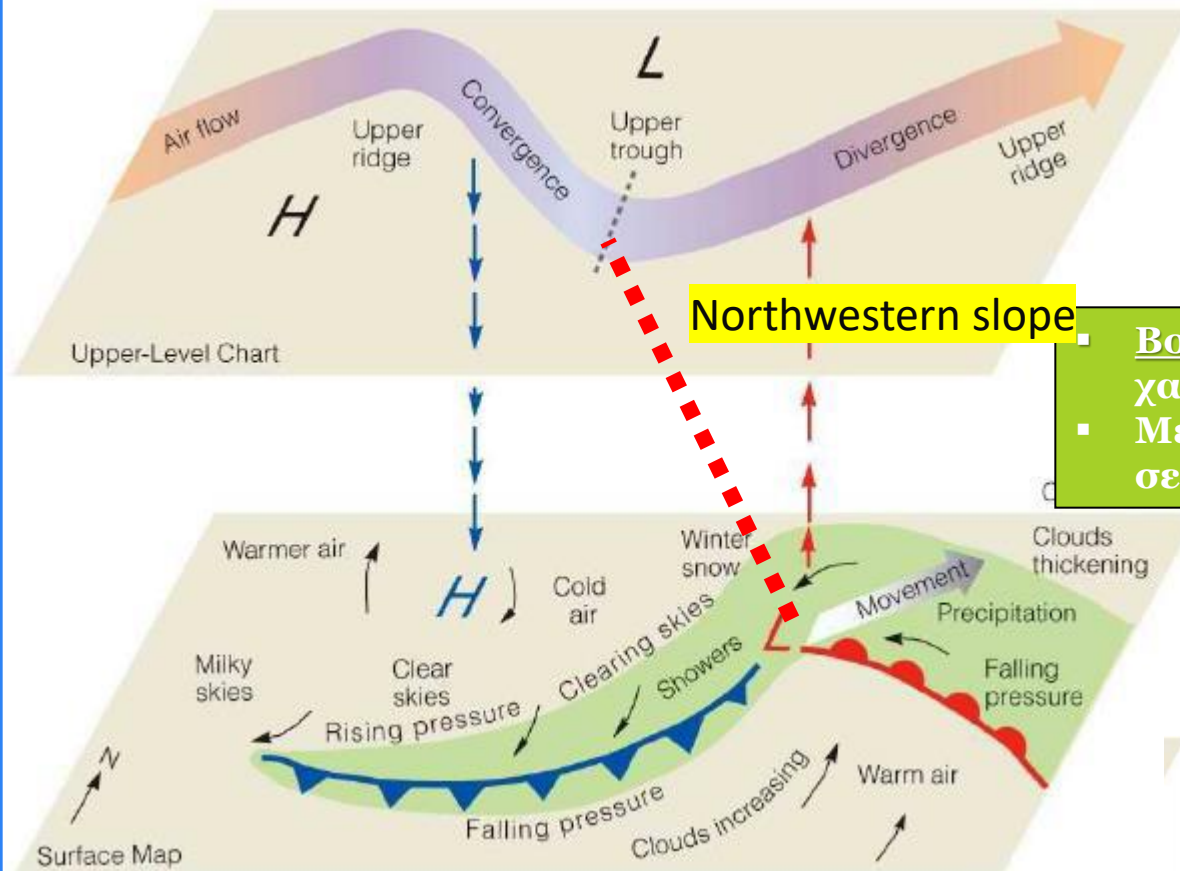
2. Βαροκλινική



2. Αν υπάρχει οριζόντια θερμοβαθμίδα, τότε η κλίση των ισοβαρικών επιφανειών αλλάζει με το ύψος και έτσι αλλάζει και η ταχύτητα (και η διεύθυνση) του γεωστροφικού ανέμου.

Βαροκλινική ατμόσφαιρα και προσδιορισμός θέσης επιφανειακού συστήματος

Baroclinic atmosphere and location of Low pressure surface system

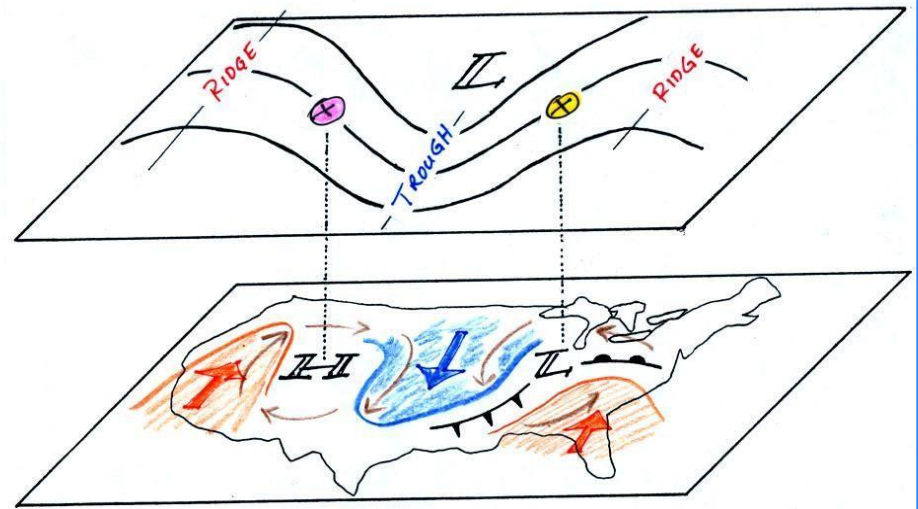
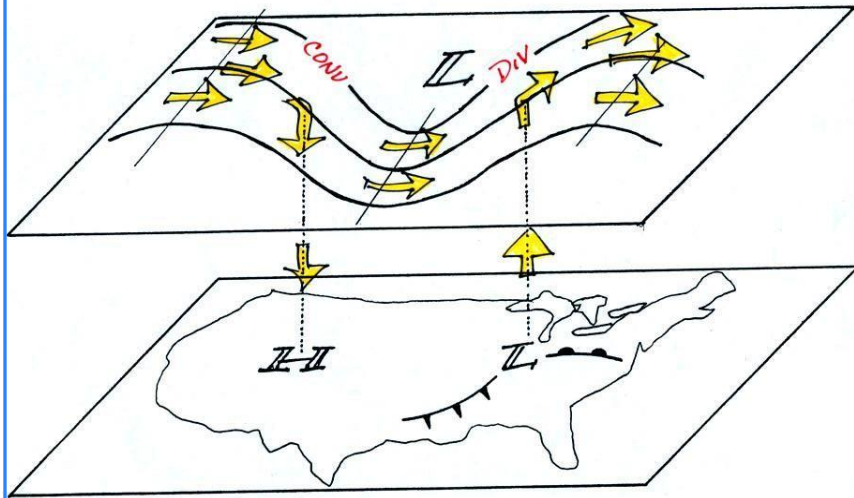


Βασική προϋπόθεση για την **ενίσχυση ενός χαμηλού** → Βαροκλινική ατμόσφαιρα !

- Βορειοδυτική (ΒΔ) κλίση του χαμηλού **L** με το ύψος
- Μεγαλύτερη κλίση στις υφέσεις **L** σε σχέση με τους αντικυκλώνες **H**

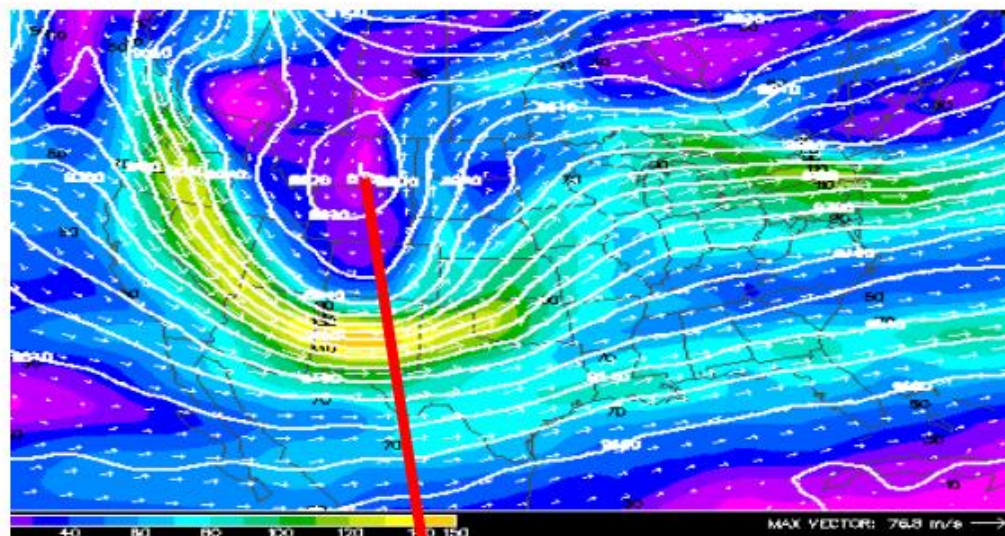
Το επιφανειακό σύστημα χαμηλών πιέσεων βρίσκεται κάτω-δεξιά από την trough

Βαροκλινική ατμόσφαιρα και προσδιορισμός θέσης επιφανειακού συστήματος

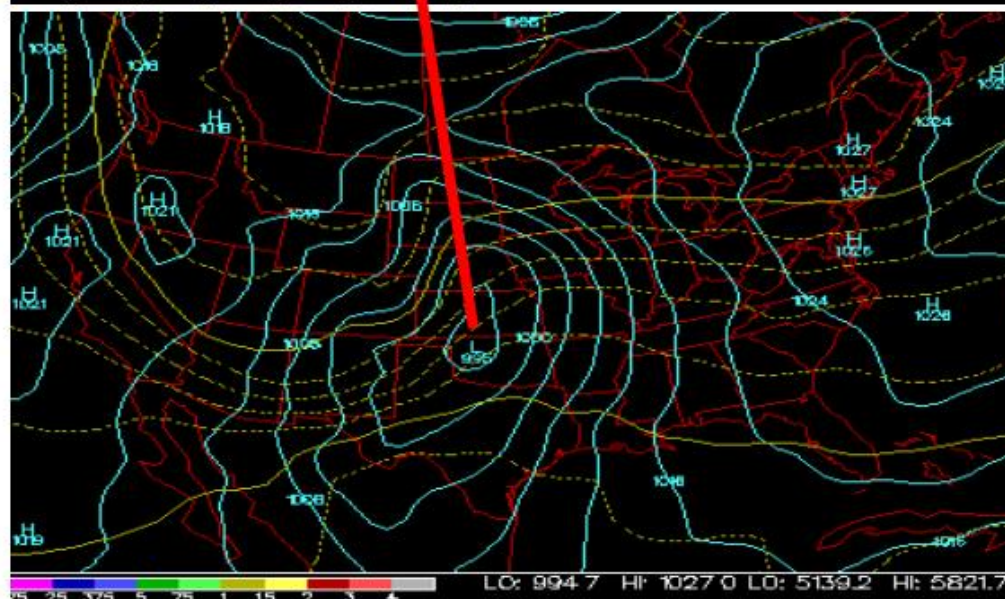


Το επιφανειακό χαμηλό ενισχύεται λόγω της αρνητικής κλίσης με το ύψος (βαροκλιτική φάση)

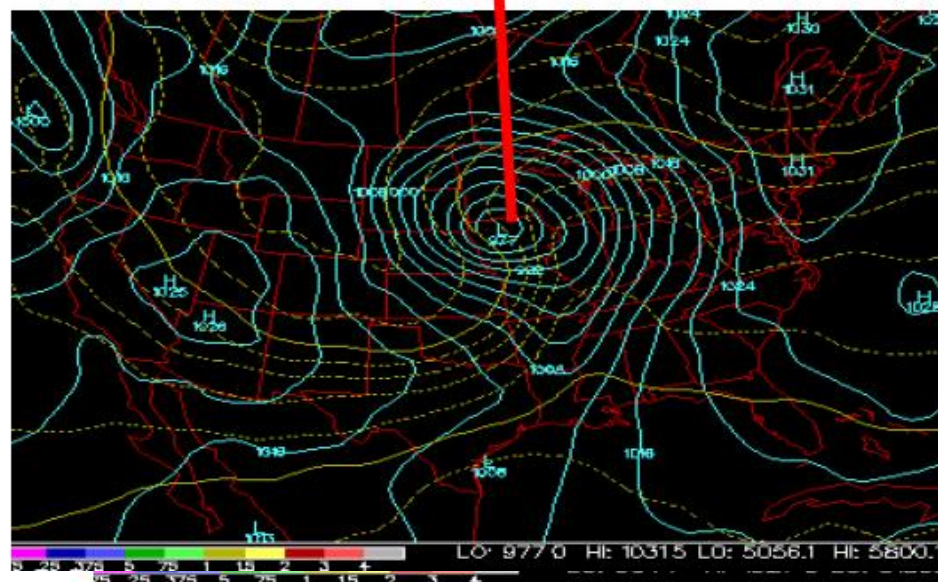
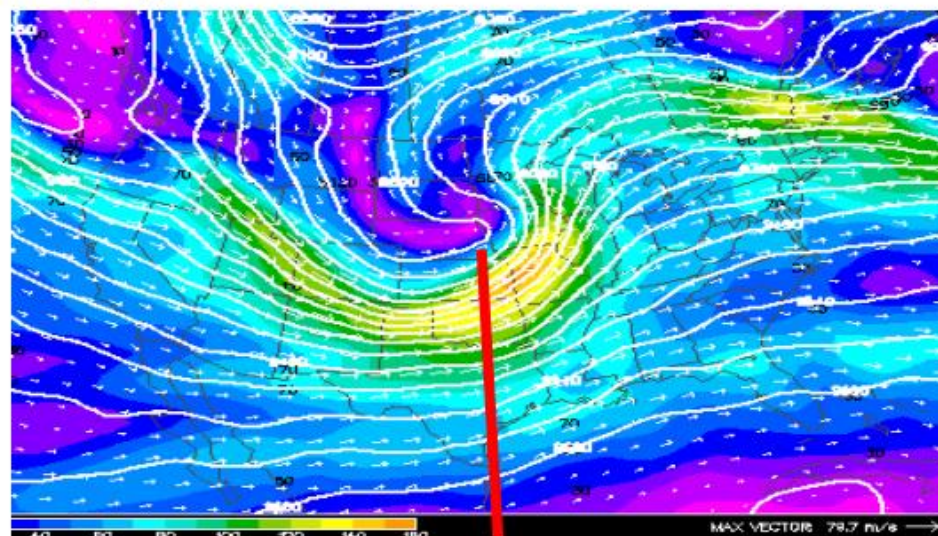
500 hPa



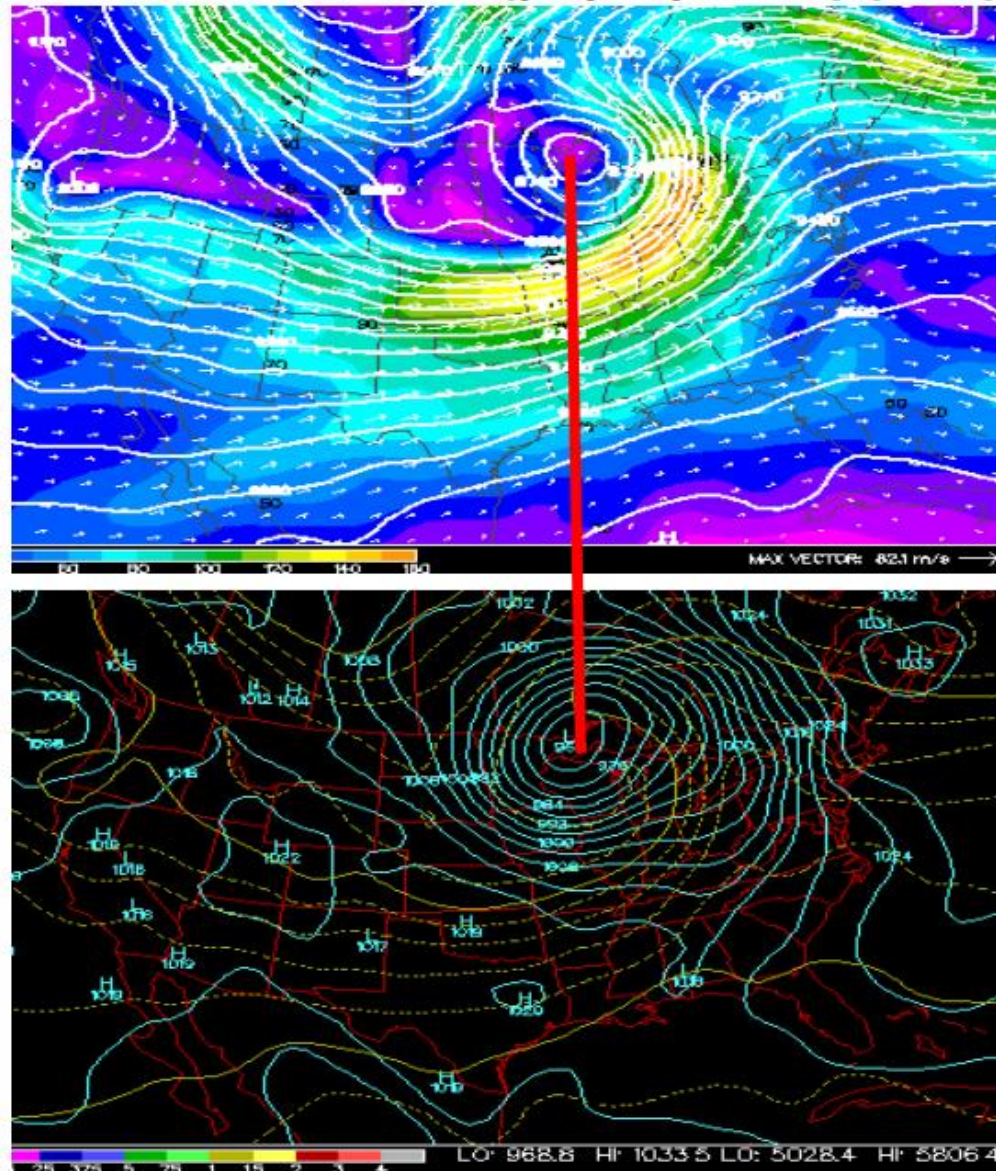
επιφάνεια



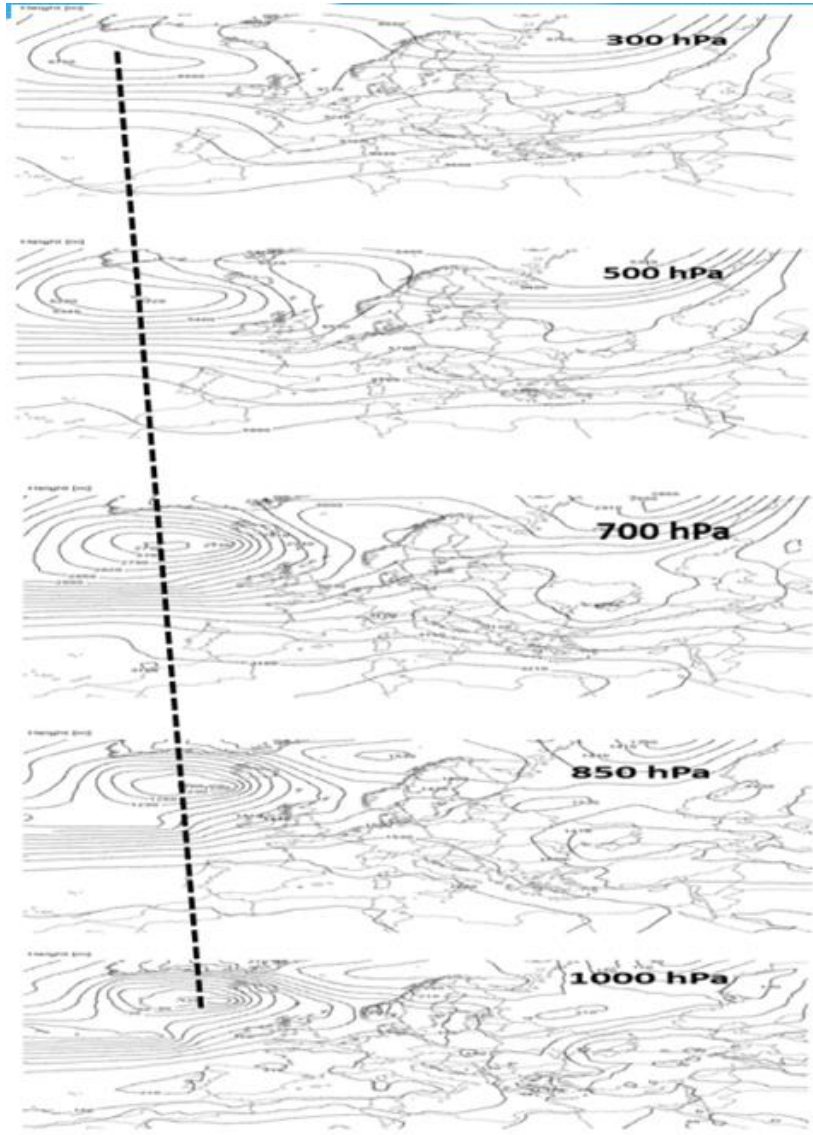
Το επιφανειακό χαμηλό ενισχυεται σε μικρότερο βαθμό, καθώς η αρνητική κλίση εξασθενεί



Το επιφανειακό χαμηλό διαλύεται καθώς τα δύο συστήματα βρίσκονται το ένα κάτω από το άλλο (βαροτροπική φάση)



Βαροκλινικός χαρακτήρας ατμόσφαιρας σε διάφορα ισοβαρικά επίπεδα



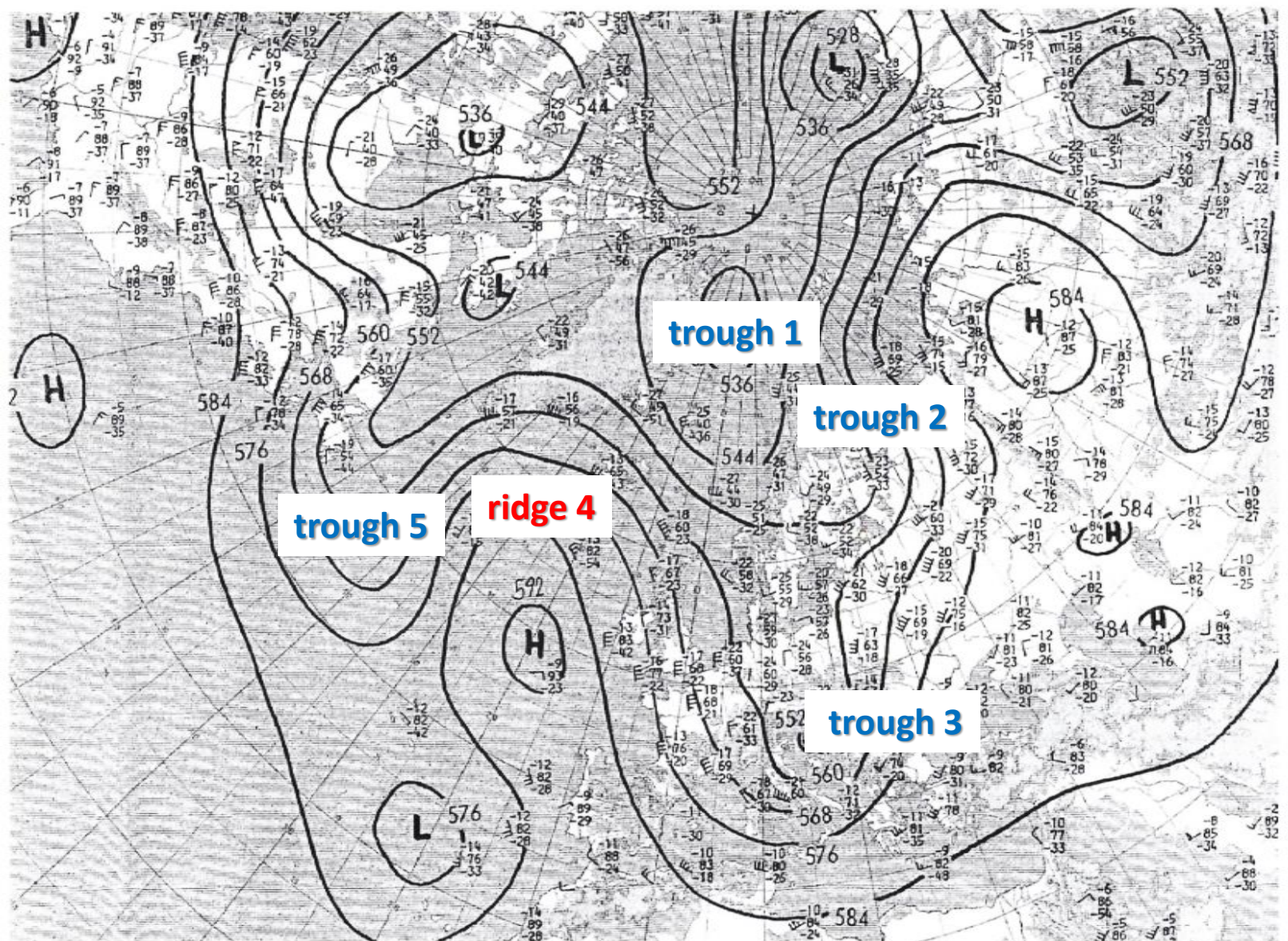
- **ΒΔ** κλίση με το ύψος σε όλη την τροπόσφαιρα
- Μεγαλύτερη κλίση στις υφέσεις (**L**) σε σχέση με τους αντικυκλώνες (**H**)

Εξάσκηση σε βαροκλινική ατμόσφαιρα

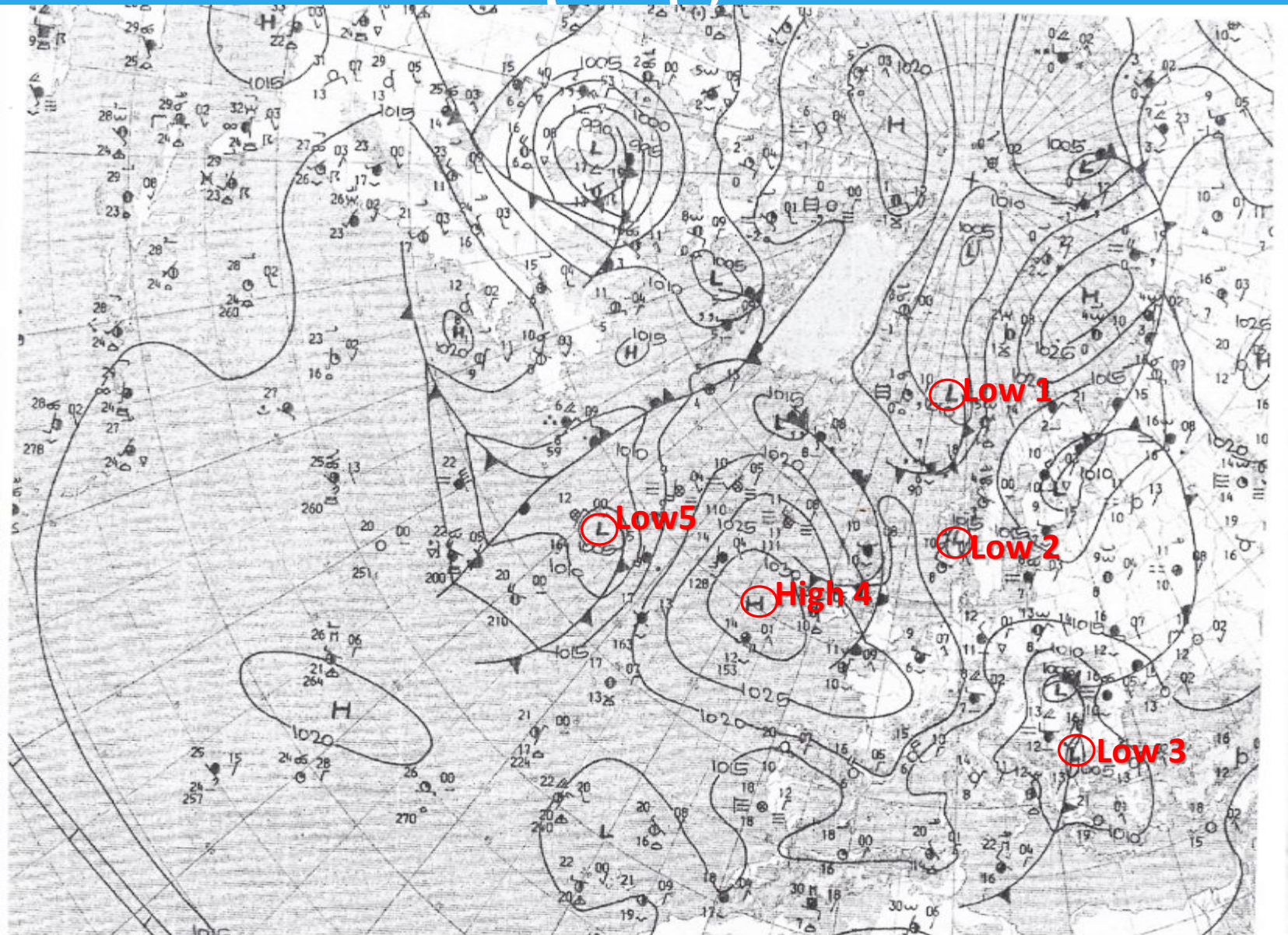
Excercise on baroclinic

Χάρτης Α και Α'

Χάρτης Α



Χάρτης Α΄



Βαροκλινική ατμόσφαιρα και κίνηση επιφανειακού συστήματος

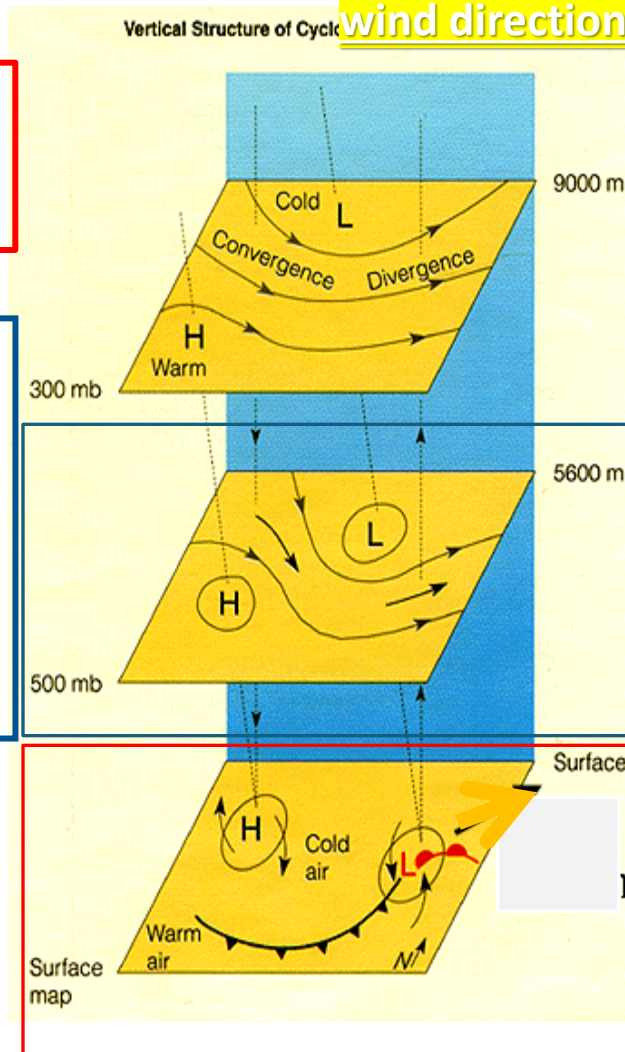
Example on direction of a surface low based on
wind direction in baroclinic atmosphere

Κίνηση ενός
επιφανειακού χαμηλού **L**

Με βάση το γεωστροφικό
άνεμο στα 500 hPa →

κατά τη διεύθυνση του
ανέμου στα 500 hPa με
ταχύτητα μετακίνησης ίση
με:

$$V_{surf} = \frac{1}{2} V_{500}$$



Παράδειγμα

α) Διεύθυνση

Αν ο άνεμος στα 500 hPa
είναι **NΔ** →

το σύστημα θα κινηθεί **ΒΑ**

β) Ταχύτητα

Αν $v_{500} = 50 \text{ m/s}$ →
 $v_{surf} = 25 \text{ m/s}$

γ) Απόσταση

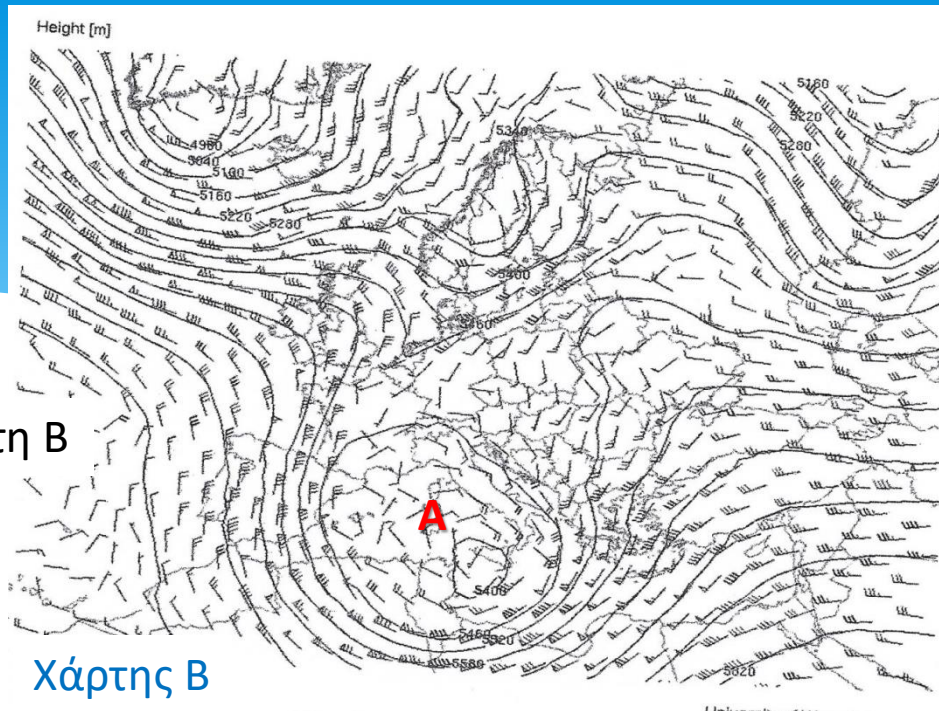
Το επιφανειακό χαμηλό
διανύει σε 12 h την
απόσταση:

$$S = v_{surf} \cdot t = 25 \cdot 12 \cdot 3600 \text{ m} \\ = 1080 \text{ km}$$

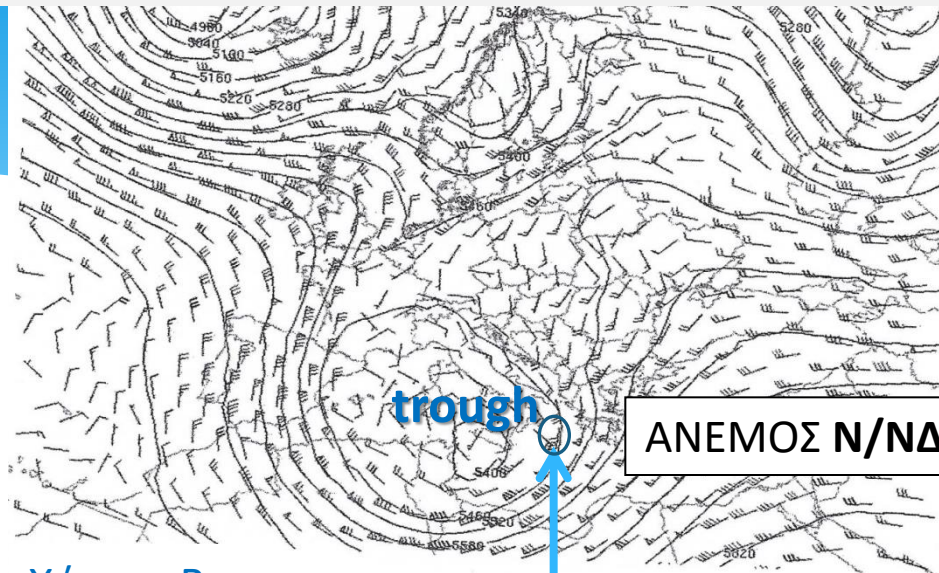
Εξάσκηση σε βαροκλινική ατμόσφαιρα και κίνηση επιφανειακού χαμηλού

Exercise on direction of a surface low system
based based on wind direction at 599hPa

Χάρτες Β κ Β'

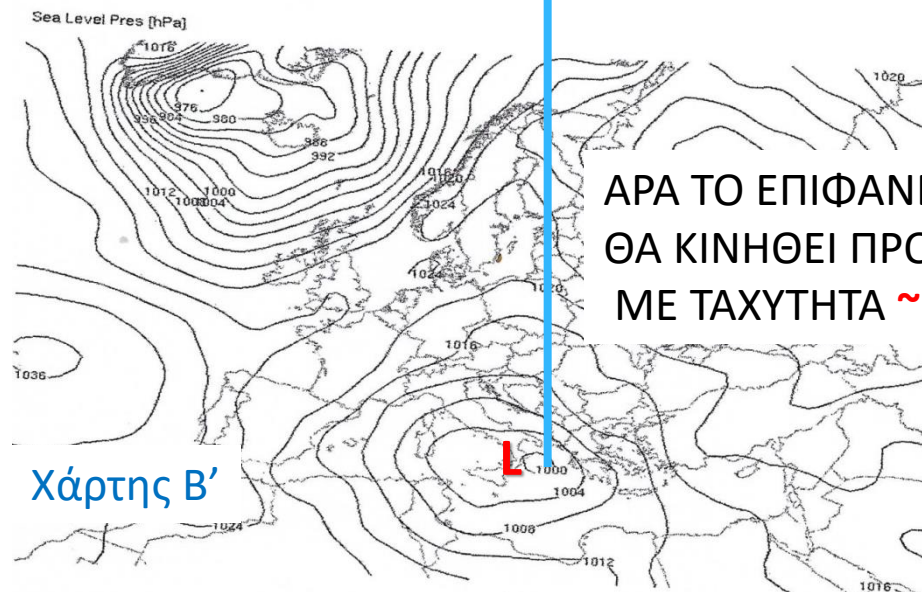


Προς ποια διεύθυνση θα κινηθεί το επιφανειακό χαμηλό **L**
και με ποια ταχύτητα



ΑΝΕΜΟΣ **N/NA** 30kts

Χάρτης Β



ΑΡΑ ΤΟ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟ ΧΑΜΗΛΟ
ΘΑ ΚΙΝΗΘΕΙ ΠΡΟΣ **B/BA**
ΜΕ ΤΑΧΥΤΗΤΑ **~15kts**

Χάρτης Β'

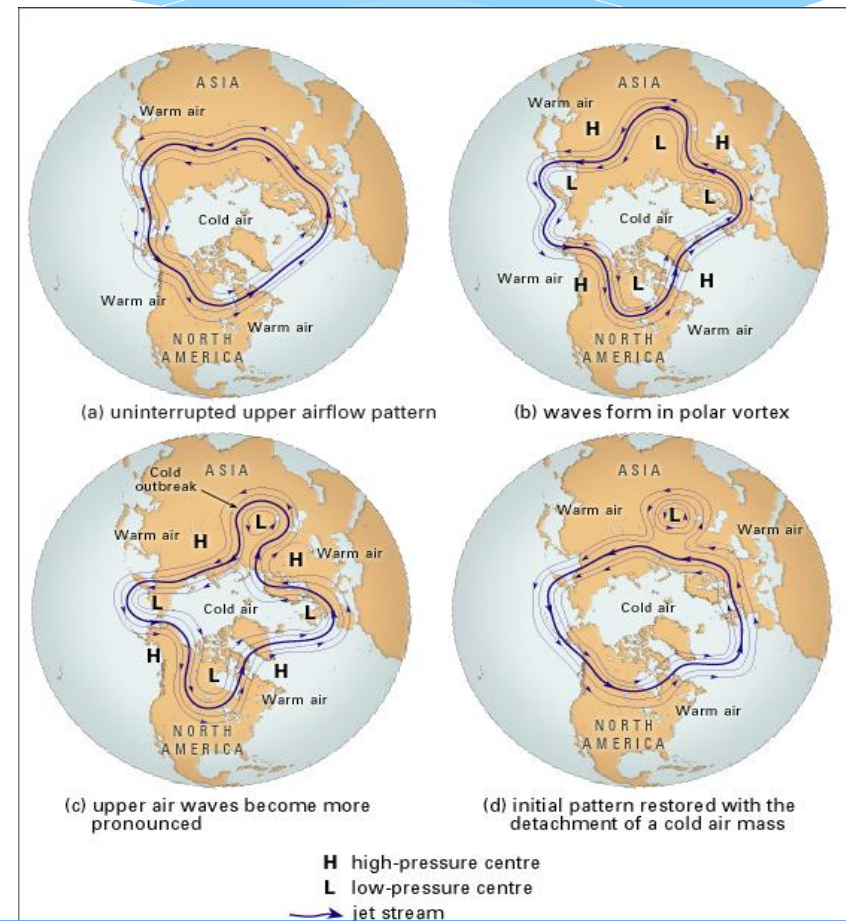
Κύματα Rossby*

*Long wave - Rossby waves

Κύματα Rossby

Long wave - Rossby waves (planetary waves) are large-scale meanders in high-altitude westerly winds, spanning up to 5,000 miles, that dominate hemispheric weather patterns.

- Κύματα πλανητικής κλίμακας στην ανώτερη τροπόσφαιρα που διαδίδονται στα μέσα γεωγραφικά πλάτη
- Καθοδηγητές
- Ύψος: 5000 km (500 hPa)
- Μήκος κύματος: 6000-13000 m
- Αριθμός κυμάτων: 3-7



Κύματα Rossby

Μόλις η μεσημβρινή θερμοβαθμίδα φτάσει σε μια κρίσιμη τιμή η ροή ξαφνικά “σπάει” και εμφανίζονται τα βαροκλινικά κύματα Rossby στα μέσα γεωγραφικά πλάτη (45°).

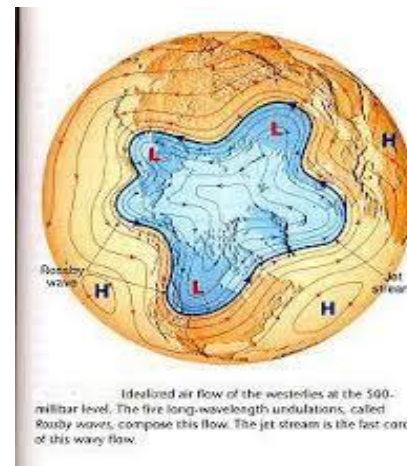
Οι μαιανδρισμοί της ροής επιτρέπουν σε ψυχρές πολικές αέριες μάζες να κατέβουν σε νοτιότερα γεωγραφικά πλάτη και σε θερμές ισημερινές να ανέλθουν σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη

Αιτίες δημιουργίας:

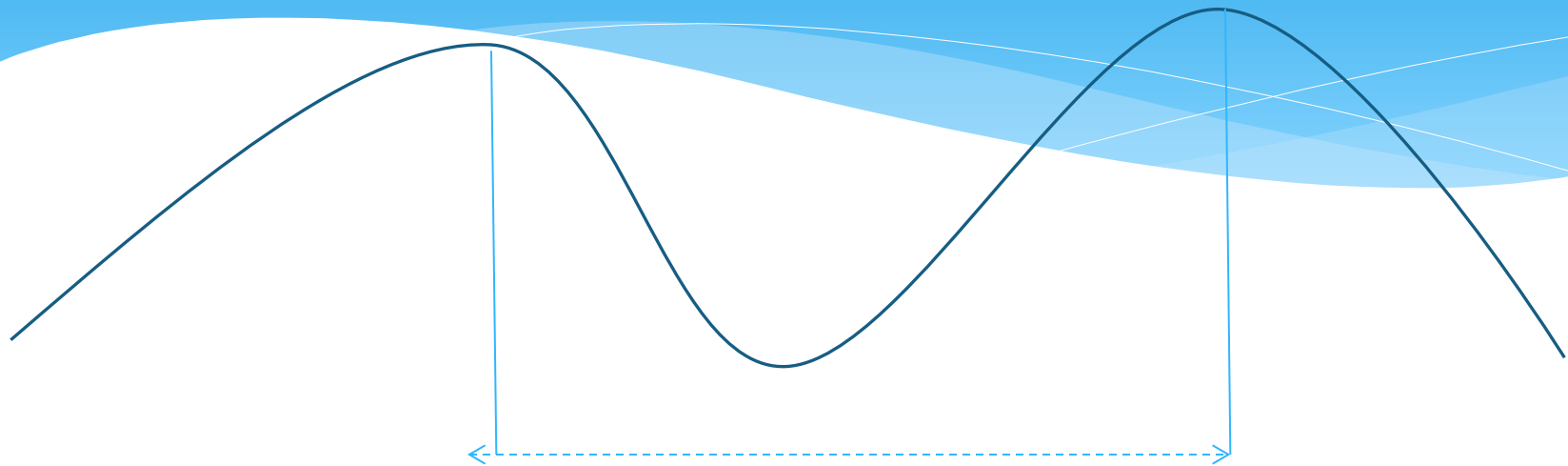
1.Υπαρξη μεγάλων ορεινών όγκων

2.Ανισοκατανομή ξηράς θάλασσας

3.Έντονες θερμοβαθμίδες στην ανώτερη ατμόσφαιρα ειδικά στα μέσα γ. πλάτη



Κύματα Rossby



Μήκος κύματος L
Κυματάριθμος 1

Η ταχύτητα διαδοσης τους συνδέεται με

- το γεωγραφικό πλάτος
- το μήκος κύματος
- την ταχύτητα των δυτικών ανέμων στα μέσα γεωγραφικά πλάτη

Εξίσωση των κυμάτων Rossby

$$C = U - \frac{\beta L^2}{4\pi^2}$$

C= ζωνική ταχύτητα διάδοσης κύματος

U= ταχύτητα του ανέμου

L= μήκος κύματος

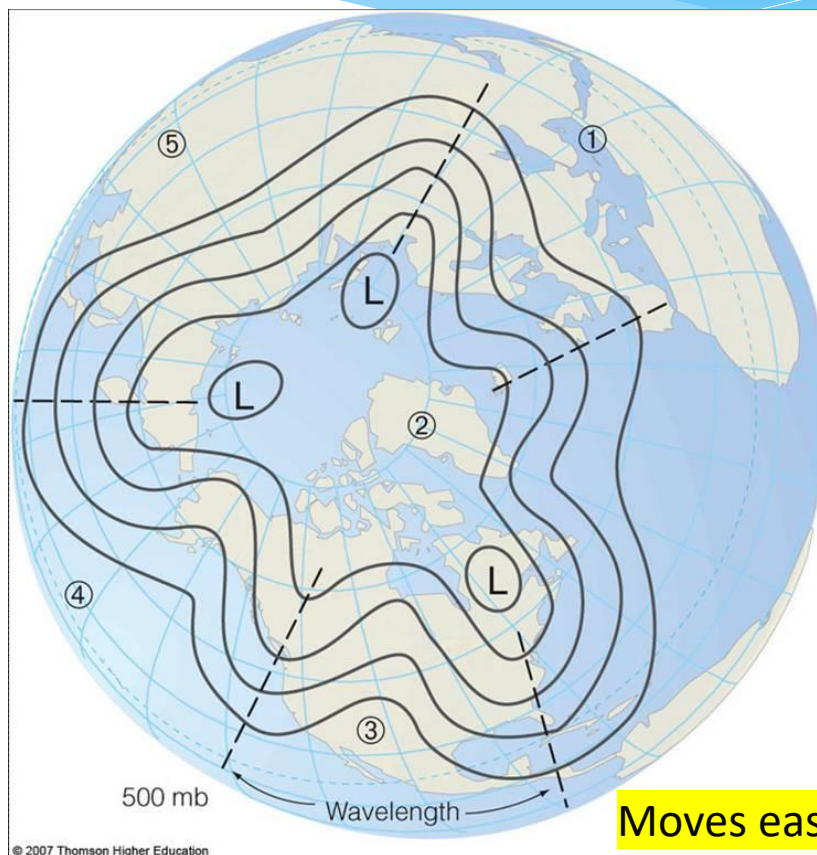
$$\beta = \frac{2\omega \cos \varphi}{R}$$

1. Αν L μικρό τότε $c > 0$ το κύμα διαδίδεται προς τα ανατολικά
Κυματάριθμος > 4

2. Αν L μεγάλο τότε $c < 0$ το κύμα διαδίδεται προς τα δυτικά
(οπισθοδρόμηση)
Κυματάριθμος < 4

3. Αν $L = L_c$ τότε $c = 0$ το κύμα παραμένει στάσιμο
Κυματάριθμος $= 4$

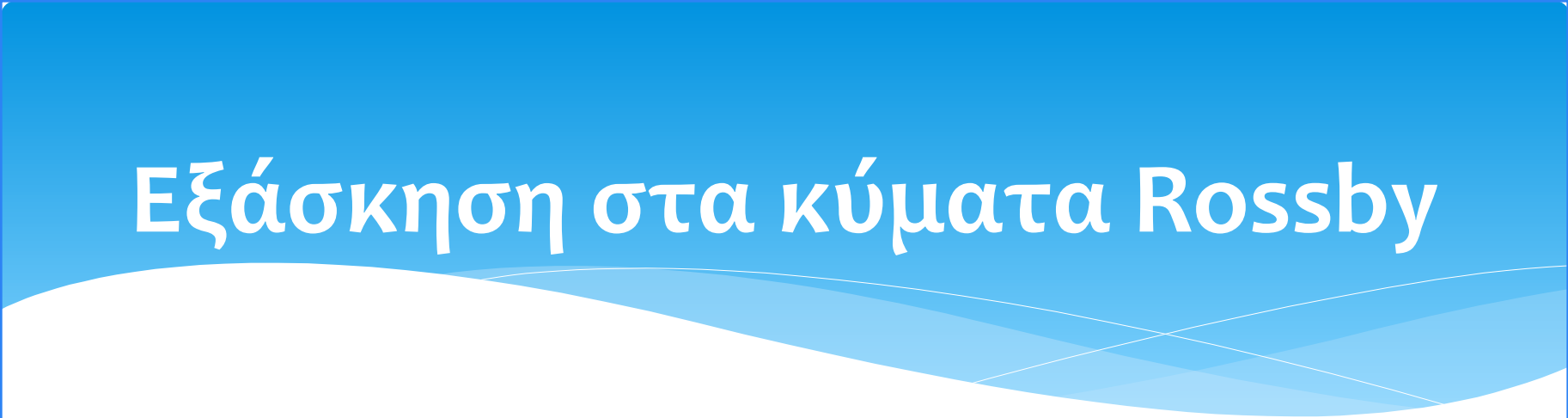
Παράδειγμα για κύματα Rossby

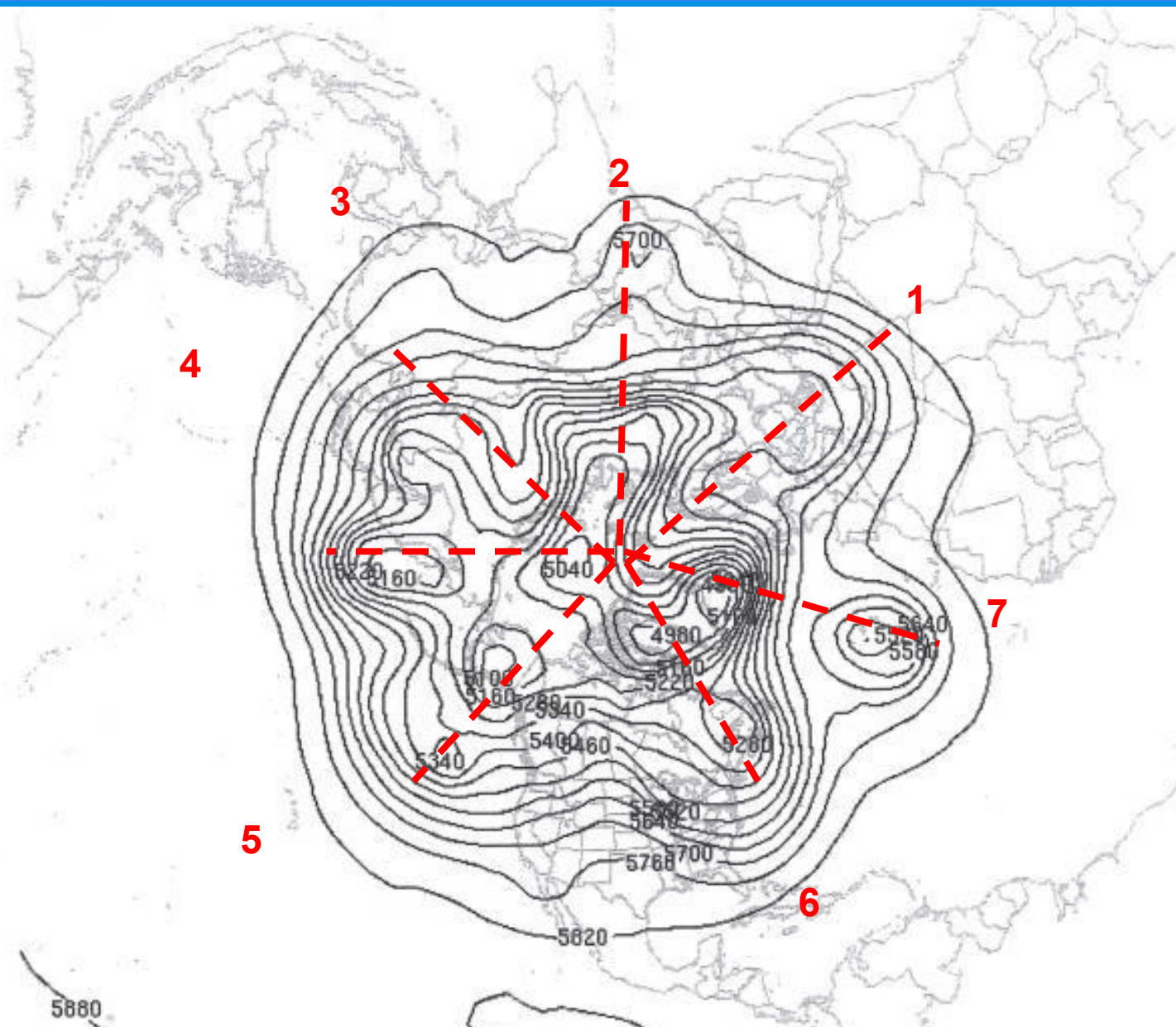


wavenumber

Κυματάριθμος 5 → θα κινηθεί ανατολικά

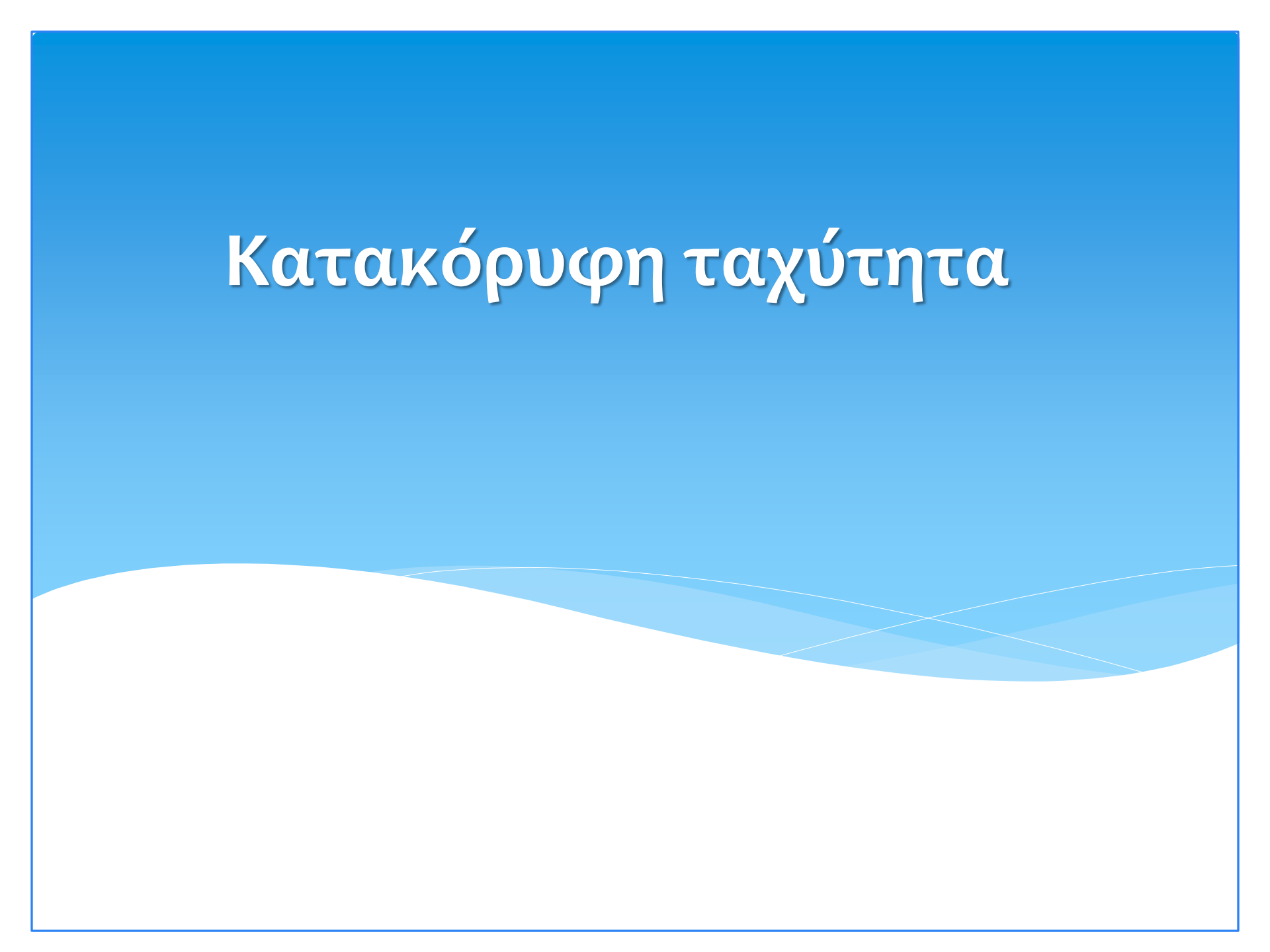
Εξάσκηση στα κύματα Rossby





$K=7$, άρα τα συστήματα στην επιφάνεια θα κινηθούν ανατολικά

Κατακόρυφη ταχύτητα

The background of the slide features a solid blue upper half and a white lower half separated by a wavy line. Below this line, there are several overlapping, semi-transparent blue wavy shapes that create a sense of depth and movement, resembling stylized waves or clouds.

Αποτύπωση της κατακόρυφης ταχύτητας

Κατακόρυφη ταχύτητα w σε χάρτη ίσου ύψους

$W > 0$ άνοδος...αδιαβατική εκτόνωση...ψύξη...συμπύκνωση υδρατμών...νέφη και βροχή

$W < 0$ κάθοδος...αδιαβατική συμπίεση..θέρμανση..νεφοδιάλυση και αίθριος καιρός

Κατακόρυφη ταχύτητα ω σε χάρτη ισοβαρικό

Omega

Πχ 500hPa

Σχέση w και ω : $w \approx -\omega$

$\omega > 0$ κάθοδος

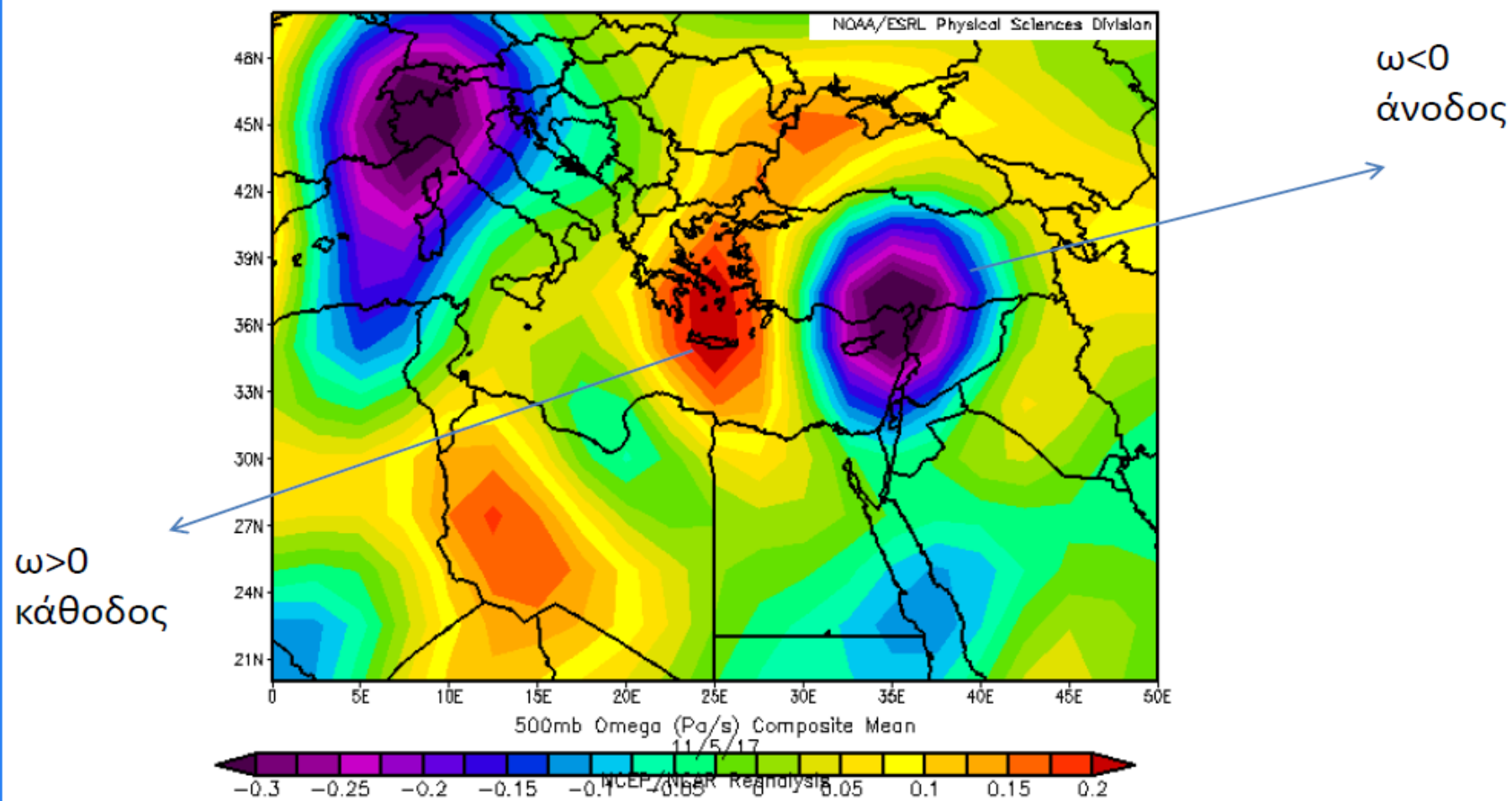
$\omega < 0$ άνοδος

Στο επίπεδο όπου η απόκλιση είναι μηδενική η κατακόρυφη ταχύτητα μεγιστοποιείται

Η επιφάνεια των 500 hPa αντιπροσωπεύει κατα προσέγγιση την επιφάνεια της μηδενικής απόκλισης

Για το λόγο αυτό η κατακόρυφη ταχύτητα και ο στροβιλισμός προτιμάται να αποτυπώνεται στα 500 hPa

Κατακόρυφη ταχύτητα ω στο χάρτη των 500 hPa



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- ❑ Εργαστηριακές Ασκήσεις Συνοπτικής Μετεωρολογίας, Χαρά Μιχαλοπούλου, Δέσποινα Δεληγιώργη (2016-2017)
- ❑ Παραδόσεις Συνοπτικής Μετεωρολογίας, Τμ. Φυσικής, καθ. Έλενα Φλόκα
- ❑ Παραδόσεις Δυναμικής και Συνοπτικής Μετεωρολογίας, Τμ. Μαθηματικών Σ. Σολωμός
- ❑ Met Link, Royal Meteorological Society – Weather for teachers in England, Scotland, Wales and N. Ireland
- ❑ ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ <http://www.hnms.gr/emy/el/>
- ❑ Μαθήματα Δυναμικής-Συνοπτικής Μετεωρολογίας, 1988, Γ. Κάλλος, Δ. Δεληγιώργη
- ❑ Εισαγωγή στη Φυσική της Ατμόσφαιρας και την Κλιματική Αλλαγή, Πέτρος Κατσαφάδος, Ηλίας Μαυροματίδης (2015)
- ❑ Ατμοσφαιρικές διαταράξεις, Τμήμα Γεωλογίας ΑΠΘ
(http://www.geo.auth.gr/courses/gmc/gmc318y/xf/pdf/Geo_Systems.pdf)
- ❑ Συνοπτική και δυναμική μετεωρολογία, Ι. Πυθαρούλης
- ❑ ΤΟ ΕΓΧΕΙΡΙΔΙΟ ΤΟΥ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΟΥ - ΠΡΟΓΝΩΣΤΗ. Δημήτρης Ζιακόπουλος και Παρασκευή - Βιβιάννα Φραγκούλη. ISBN 978-618-82094-0-4.
http://www.emy.gr/emy/en/meteorology/components/HNMS_MeteorologistBook.pdf