



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΠΑΤΡΩΝ  
UNIVERSITY OF PATRAS

**ΑΝΟΙΚΤΑ** ακαδημαϊκά  
μαθήματα **ΠΠ**

ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ: ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ - ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

ΕΝΟΤΗΤΑ: **7β. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΕΣ ΔΙΑΤΑΡΑΧΕΣ: ΑΕΡΙΕΣ  
ΜΑΖΕΣ – ΜΕΤΩΠΑ – ΥΦΕΣΕΙΣ - ΑΝΤΙΚΥΚΛΩΝΕΣ**

ΟΝΟΜΑ ΚΑΘΗΓΗΤΗ: ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

ΤΜΗΜΑ: Τμήμα Διαχείρισης Περιβάλλοντος και Φυσικών  
Πόρων

ΑΓΡΙΝΙΟ

# Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «**Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Πανεπιστήμιο Πατρών**» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ & ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ, ΠΟΛΙΤΙΣΜΟΥ & ΑΘΛΗΤΙΣΜΟΥ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



# ΑΓΓΕΛΙΚΗ ΦΩΤΙΑΔΗ

Επίκουρος Καθηγήτρια

του Τμήματος Διαχείρισης

Περιβάλλοντος & Φυσικών Πόρων

 2641074156

 [afotiadi@upatras.gr](mailto:afotiadi@upatras.gr)

# Υφέσεις

- **Ύφεση ή βαρομετρικό χαμηλό (depression, Low):** περιοχή χαμηλών τιμών ατμοσφαιρικής πίεσης που απεικονίζεται πάνω στους χάρτες καιρού με κλειστές ισοβαρείς με την ατμοσφαιρική πίεση ελαττούμενη από την περιφέρεια προς το κέντρο
- Οι υφέσεις ονομάζονται και **εξωτροπικοί κυκλώνες** (extratropical cyclones) ή υφέσεις των μεσών γεωγραφικών πλατών (mid-latitude lows) ή sub-polar lows
- **Οι άνεμοι** κινούνται γύρω από το κέντρο της ύφεσης (**Κυκλωνική Ροή**) κατά την ορθή φορά στο Β. Ημισφαίριο δηλ. με φορά αντίθετη από τους δείκτες του ρολογιού

# Υφέσεις

■ Η συσσώρευση των αερίων μαζών στο κέντρο του χαμηλού οδηγεί σε **σύγκλιση τους** με αποτέλεσμα να εξαναγκάζονται σε **ανοδικές κινήσεις**, οι οποίες αυξάνονται από την περιφέρεια προς το κέντρο. Αντίθετα, οι αέριες μάζες σε κάποιο ύψος αποκλίνουν από το κέντρο



Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cyclone>

- **Μέγεθος υφέσεων:** μερικές εκατοντάδες Km - 3000 Km ή περισσότερο
- **Κίνηση υφέσεων (Βόρειο Ημισφαίριο):** μέσα γεωγραφικά πλάτη ( $\Rightarrow$  υφέσεις των μέσων γεωγραφικών πλατών ή εξωτροπικές υφέσεις ή υφέσεις του πολικού μετώπου), συνήθως κινούνται από δυτικά προς ανατολικά
- **Ταχύτητα υφέσεων:** διαφορετική από ύφεση σε ύφεση αλλά και στην ίδια ύφεση. Κυμαίνεται **10 – 50 km / h** (ή **1200 km / ημέρα**)

- Τροχιές των υφέσεων των μέσων γεωγραφικών πλατών

# Υφέσεις

- **Σημαντικές** διότι συμβάλουν **μεταφορά θερμότητας** πάνω στον πλανήτη
- Συμβάλουν στην **αναδιανομή** ή **μείωση** της **ενέργειας** μέσα στην ατμόσφαιρα
- Συνδέονται με την εκδήλωση **σημαντικών καιρικών φαινομένων**



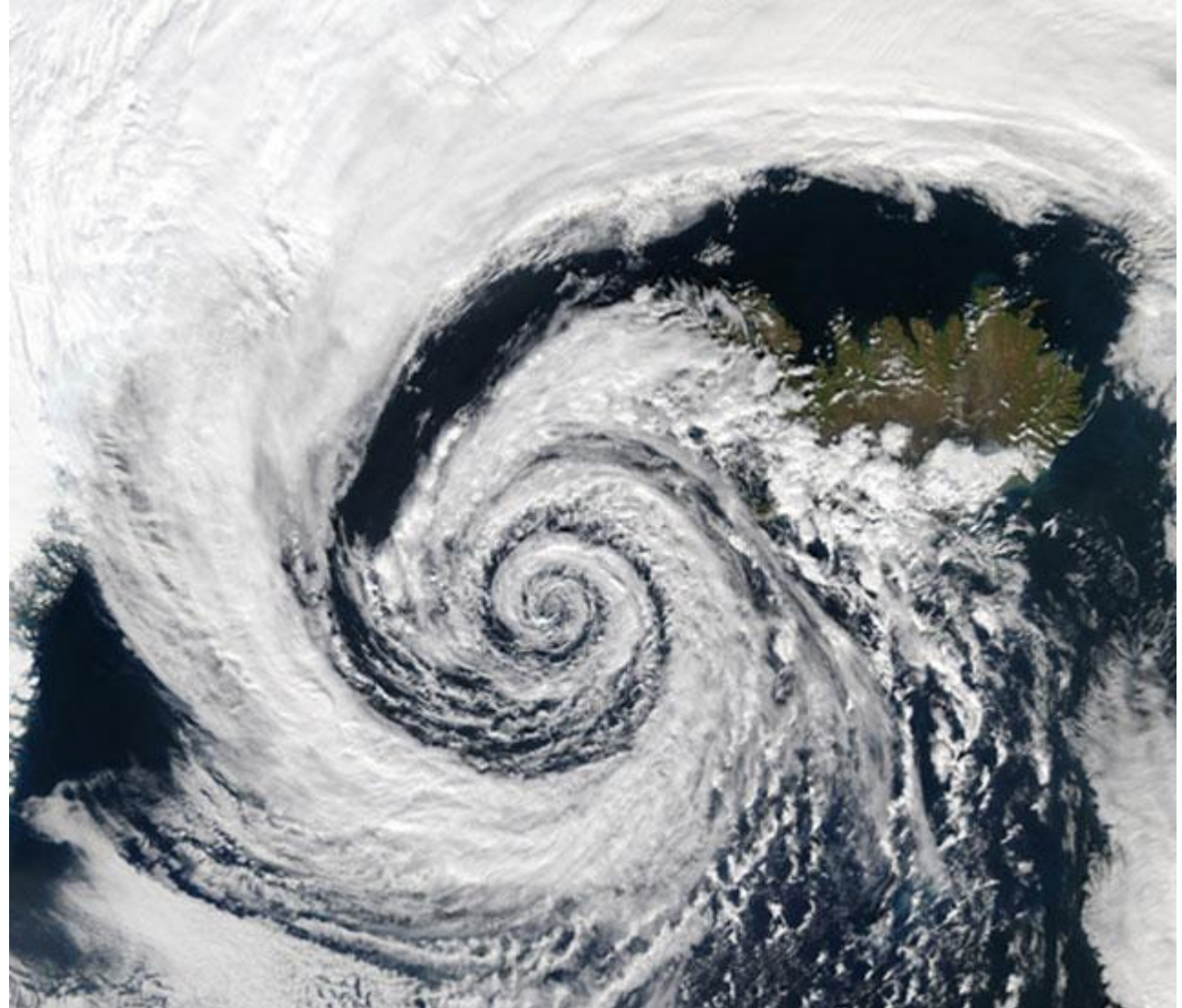
Πηγή: [https://en.wikipedia.org/wiki/Low-pressure\\_area](https://en.wikipedia.org/wiki/Low-pressure_area)

- Μελετήθηκαν εκτενώς από τη ‘μεγάλη’ σχολή των Σκανδιναυών Μετεωρολόγων (Vilhelm and Jakob Bjerknes, Halvor Solberg, and Tor Bergeron), οι οποίοι θεμελίωσαν τη **θεωρία του πολικού μετώπου (Polar Front Theory)** για το σχηματισμό & εξέλιξη των υφέσεων των μέσων γεωγραφικών πλατών



# Υφέσεις

- Οι υφέσεις διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες:
  - ✓ **Μετωπικές**
  - ✓ **Θερμικές**



Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/Cyclone>

## Υφέσεις - Μετωπικές υφέσεις

- **Δημιουργία:** δημιουργούνται κατά μήκος των μετωπικών επιφανειών, όταν συναντώνται δύο μετωπικές επιφάνειες μια θερμή και μία ψυχρή
- **Δομή:** αποτελούνται από δύο διαφορετικές αέριες μάζες, **θερμή** & **ψυχρή**. Συνήθως η ψυχρή είναι πολικής προέλευσης & η θερμή τροπικής. Χωρίζονται μεταξύ τους από μετωπική επιφάνεια που η τομή της με την επιφάνεια δίνει ένα **θερμό** & ένα **ψυχρό** μέτωπο. **Το θερμό μέτωπο προπορεύεται του ψυχρού.** Η θερμή αέρια μάζα εκτείνεται σαν γλώσσα προς το κέντρο της ύφεσης, στο οποίο η πίεση είναι μικρή, ενώ το υπόλοιπο τμήμα της καταλαμβάνεται από ψυχρότερη αέρια μάζα. Η γλώσσα του θερμού αέρα ονομάζεται **θερμός τομέας της ύφεσης**

## Υφέσεις - Μετωπικές υφέσεις

- **Ισοβαρείς καμπύλες:** κάμπτονται όταν περνούν από τον ψυχρό προς τον θερμό αέρα ή αντίστροφα, ενώ μέσα στον θερμό τομέα είναι σχεδόν παράλληλες
- **Άνεμοι:** κινούνται με φορά αντίθετη από αυτή των δεικτών του ωρολογιού στο Β. Ημισφαίριο συγκλίνοντες προς το κέντρο προς το οποίο η ένταση τους αυξάνει. Κατά μήκος κάθε μετώπου παρατηρείται αλλαγή της διεύθυνσης & της έντασης του ανέμου

## Υφέσεις - Μετωπικές υφέσεις

- **Νέφη - Βροχή:** εκτείνονται κατά μήκος των μετώπων & εντοπίζονται στην ψυχρή πλευρά τους αλλά και γύρω από το κέντρο του συστήματος. Συνήθως ο θερμός τομέας είναι ανέφελος αλλά μερικές φορές εμφανίζει ομίχλη ή χαμηλή νέφωση

## Υφέσεις - Μετωπικές υφέσεις

- **Καιρικές καταστάσεις:** νότια του κέντρου της ύφεσης είναι **όμοιες** με εκείνες που συνοδεύουν τη **διέλευση αρχικά ενός θερμού και μετά ενός ψυχρού μετώπου**

# Υφέσεις - Μετωπικές συνεσφιγμένες υφέσεις

- **Συνεσφιγμένη ύφεση (occluded low):** επειδή το ψυχρό μέτωπο κινείται ταχύτερα από το προπορευόμενο θερμό, ο θερμός τομέας της ύφεσης περιορίζεται προοδευτικά και τελικά ο θερμός αέρας εκτοπίζεται από την επιφάνεια προς τα επάνω. Όταν το ψυχρό μέτωπο φτάσει το θερμό, τότε δημιουργείται **συνεσφιγμένο μέτωπο** και η ύφεση λέγεται **συνεσφιγμένη ύφεση**

Στο μεγαλύτερο μέρος της ζωής του οι υφέσεις είναι συνεσφιγμένες

Οι υφέσεις εμφανίζουν τη **μεγαλύτερη** τους **ένταση 12 – 24 ώρες** μετά τη σύσφιξή τους

# Υφέσεις - Μετωπικές συνεσφιγμένες υφέσεις

- **Κατακόρυφη δομή συνεσφιγμένης ύφεσης:** διαφορετική βόρεια & νότια του κέντρου της συνεσφιγμένης ύφεσης

**Βόρεια του κέντρου  
της ύφεσης**

**Νότια του κέντρου της  
ύφεσης**

# Δημιουργία & Εξέλιξη των Υφέσεων

- **Δημιουργία:** στο Β. Ημισφαίριο οι μετωπικές υφέσεις δημιουργούνται στην επιφάνεια κατά μήκος του πολικού μετώπου (**polar front**)

**Κύματα Rossby** στην ανώτερη ατμόσφαιρα



# Δημιουργία & Εξέλιξη των Υφέσεων

■ **Δημιουργία:** στο Β. Ημισφαίριο οι μετωπικές υφέσεις δημιουργούνται κατά μήκος του πολικού μετώπου (**jet stream**) & στην επιφάνεια της Γης γιατί εκεί βρίσκεται όλη η διαθέσιμη ενέργεια (ηλιακή, αισθητή, λανθάνουσα) αλλά και η πηγή της κατακόρυφης αστάθειας

**Βήμα 1:** όταν κατά μήκος του πολικού μετώπου υπάρχει έντονη βαθμίδα της θερμοκρασίας τότε η ατμόσφαιρα περιέχει μεγάλα ποσά διαθέσιμης δυναμικής ενέργειας

# Δημιουργία & Εξέλιξη των Υφέσεων

**Βήμα 2:** μια διαταραχή (αστάθεια) δημιουργείται στην επιφάνεια κατά μήκος του πολικού μετώπου

Η διαταραχή αυτή αποτελεί το αρχικό κύμα που θα δημιουργήσει την ύφεση

# Δημιουργία & Εξέλιξη των Υφέσεων

**Βήμα 3: 12 – 24 ώρες** μετά την έναρξη δημιουργίας της έχουμε μια πλήρως δημιουργημένη (ώριμη) **ύφεση** η οποία συνίσταται από:

- ✓ ένα θερμό μέτωπο που κινείται ΒΑ
- ✓ ένα ψυχρό μέτωπο που κινείται ΝΑ
- ✓ την περιοχή μεταξύ θερμού & ψυχρού μετώπου που λέγεται **θερμός τομέας**
- ✓ ένα κέντρο χαμηλής πίεσης (**low**) το οποίο βαθαίνει με την πάροδο του χρόνου
- ✓ θερμό αέρα που ανέρχεται πάνω από το θερμό μέτωπο
- ✓ Ψυχρό αέρα που ξεχύνεται πίσω από το ψυχρό μέτωπο
- ✓ εκτεταμένες βροχοπτώσεις μπροστά από το θερμό μέτωπο
- ✓ μια στενή ζώνη βροχοπτώσεων πίσω από το ψυχρό μέτωπο
- ✓ ταχύτητες ανέμου που γίνονται πιο έντονες καθώς βαθαίνει το χαμηλό (η διαθέσιμη Δυναμική Ενέργεια μετατρέπεται σε Κινητική)

✓ δημιουργία νεφών & βροχής => απελευθερώνει επιπλέον ενέργεια (λανθάνουσα θερμότητα) η οποία χρησιμοποιείται για τη δημιουργία καταιγίδων

# Δημιουργία & Εξέλιξη των Υφέσεων

**Βήμα 4:** καθώς το ψυχρό μέτωπο κινείται ταχύτερα ανατολικά από το προπορευόμενο θερμό αρχίζει η σύσφιξη του συστήματος με την ύφεση να μετατρέπεται σε συνεσφιγμένη

- **Χαρακτηρίζεται από:**

- ✓ καταιγίδες περισσότερο έντονες σ' αυτό το στάδιο
- ✓ δημιουργία ενός συνεσφιγμένου μετώπου στο κέντρο της ύφεσης
- ✓ **τριπλό σημείο / σύσφιξη** = σημείο τομή του θερμού, ψυχρού & συνεσφιγμένου μετώπου

# Δημιουργία & Εξέλιξη των Υφέσεων

**Βήμα 5:** η έκταση του θερμού τομέα μειώνεται συνεχώς καθώς το σύστημα συνεχίζει τη σύσφιξη

- ✓ η καταιγίδα έχει χρησιμοποιήσει το μεγαλύτερο μέρος της ενέργειας της & εξασθενεί
- ✓ η δυναμική ενέργεια έχει χρησιμοποιηθεί στο σύνολο της & η κινητική μειώνεται καθώς καταναλίσκεται στη δημιουργία νεφών, βροχής & τυρβώδους ροής
- ✓ ο θερμός αέρας του θερμού τομέα έχει ανέλθει στην ανώτερη τροπόσφαιρα
- ✓ ο ψυχρός αέρας βρίσκεται στην επιφάνεια όπου δημιουργούνται ευσταθείς συνθήκες

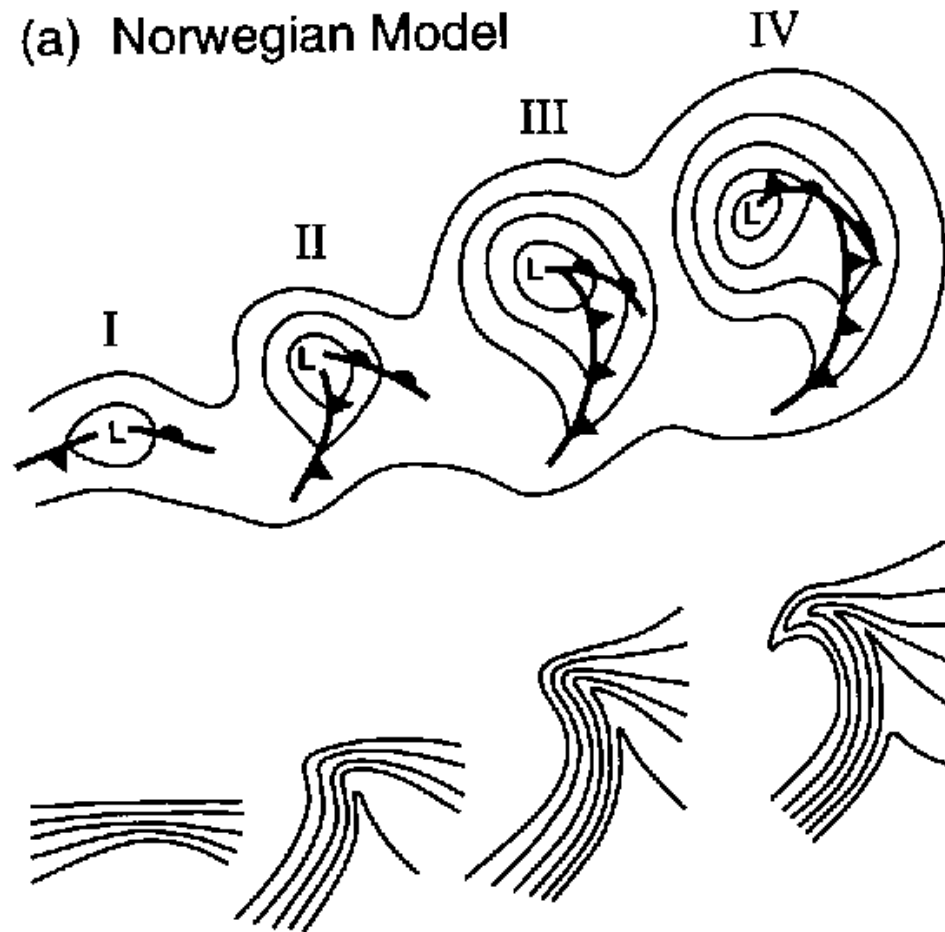
# Δημιουργία & Εξέλιξη των Υφέσεων

**Βήμα 6:** διάλυση της ύφεσης. Για να επέλθει το στάδιο διάλυσης της ύφεσης απαιτείται 3 ή περισσότερες μέρες

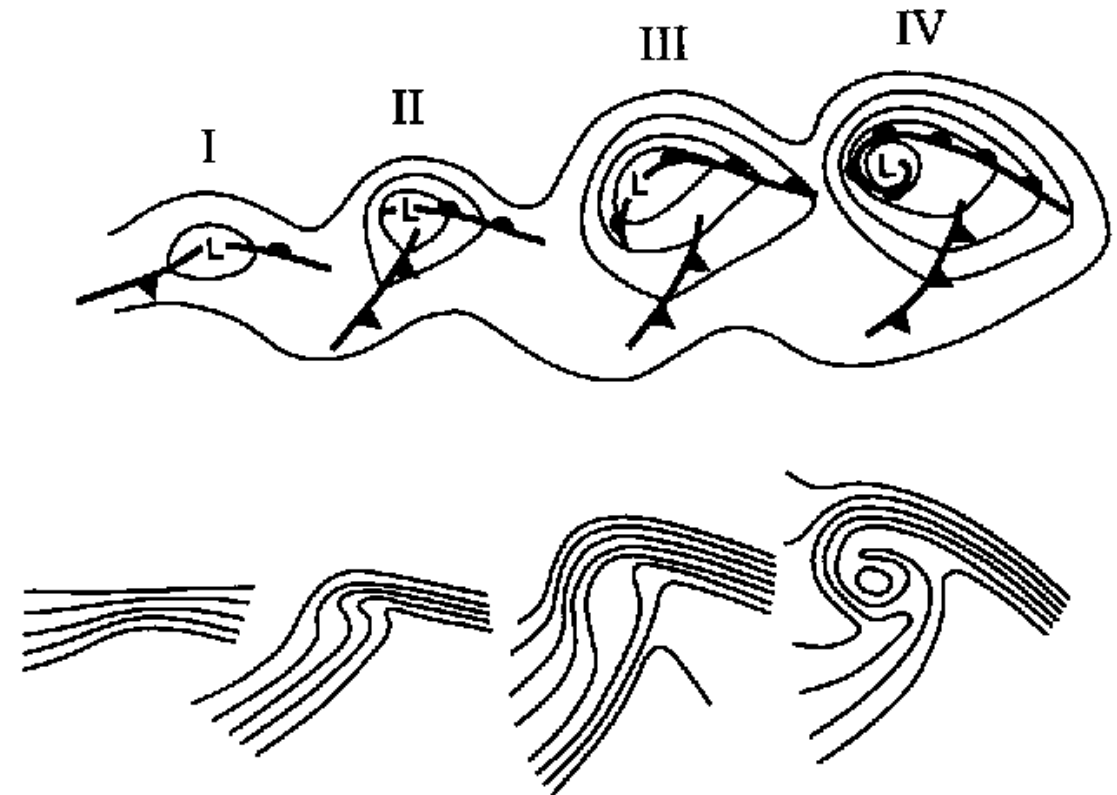
# Δημιουργία & Εξέλιξη των Υφέσεων

- **Σύνοψη:** τα δύο μοντέλα που περιγράφουν τα στάδια δημιουργίας – εξέλιξης – διάλυσης μιας ύφεσης των μέσων γεωγραφικών πλατών

(a) Norwegian Model



(b) Shapiro–Keyser Model



# Οικογένειες Υφέσεων

- **Έντονη κυκλογένεση:** συχνά κατά μήκος του πολικού μετώπου παρατηρούνται περισσότερες υφέσεις σε διάφορα στάδια της εξελιξής τους
- **Εκρηκτική κυκλογένεση:** ορισμένες φορές οι υφέσεις βαθαίνουν ταχύτατα
  - Αν ο ρυθμός με τον οποίο βαθαίνουν  $> 24 \text{ hPa (mb) σε } 24 \text{ h} \Rightarrow$  το φαινόμενο αναφέρεται ως εκρηκτική κυκλογένεση & τα καιρικά φαινόμενα που το συνοδεύουν (καταιγίδα) καλείται μετεωρολογική βόμβα
  - Εκρηκτική κυκλογένεση εμφανίζεται συνήθως κατά τους χειμερινούς μήνες



## Δευτερεύουσες Υφέσεις

- **Δευτερεύουσες υφέσεις:** όταν μία ύφεση αποτελεί ένα εκτεταμένο σύστημα χαμηλών πιέσεων μπορεί να δημιουργηθούν επιμέρους κέντρα χαμηλών πιέσεων

## Κατακόρυφη δομή υφέσεων

- Οι υφέσεις των μέσων γεωγραφικών πλατών είναι ‘βαθιά’ συστήματα χαμηλών πιέσεων τα οποία εκτείνονται από την επιφάνεια μέχρι την ανώτερη τροπόσφαιρα (τροπόπαυση)
- Για την περαιτέρω ανάπτυξη της ίδιας της ύφεσης αλλά και των καιρικών φαινομένων που συνδέονται με αυτή, η κατακόρυφη δομή της **δεν μπορεί να είναι κάθετη** όπως φαίνεται στο σχήμα
- Στην επιφάνεια, ο αέρας συγκλίνει προς το κέντρο των χαμηλών πιέσεων. Όταν ο αέρας αυτός φτάσει στο κέντρο καθώς δεν έχει που αλλού να πάει **ανέρχεται** ⇒

# Κατακόρυφη δομή υφέςων

...  $\Rightarrow$  με αποτέλεσμα στην ανώτερη τροπόσφαιρα, ακριβώς πάνω από το επιφανειακό χαμηλό, ο αέρας να **αποκλίνει &**

να σχηματίζεται εκεί μια **περιοχή απόκλισης**

- Στην ανώτερη ατμόσφαιρα το **χαμηλό βρίσκεται τοποθετημένο βόρεια & δυτικά (ΒΔ) του επιφανειακού χαμηλού**
- Η περιοχή χαμηλών πιέσεων μέσα στην ατμόσφαιρα **παρουσιάζει κλίση (είναι κεκλιμένη)** με το ύψος
- Αν **απόκλιση ψηλά  $>$  σύγκλιση επιφάνειας**  $\Rightarrow$  το χαμηλό συνεχίζει να βαθαίνει & η ύφεση να **αναπτύσσεται**
- Αν **απόκλιση ψηλά  $<$  σύγκλιση επιφάνειας**  $\Rightarrow$  η ύφεση **εξασθενεί**

# Κατακόρυφη δομή υφέσεων

- Είναι η ροή στην ανώτερη ατμόσφαιρα (500 mb) η οποία καθορίζει την κατεύθυνση & την ταχύτητα κίνησης των υφέσεων στην επιφάνεια ⇒ **steering level**
- Η **ύφεση κινείται** προς τη **διεύθυνση** των **ανέμων** της στάθμης των **500 mb** με **ταχύτητα** περίπου **το μισό** της ταχύτητας των **ανέμων** της στάθμης των **500 mb**

⇒ η ροή στην ανώτερη τροπόσφαιρα είναι σημαντική για την ανάπτυξη & διάδοση κυκλωνικών αλλά & αντικυκλωνικών συστημάτων στην επιφάνεια

# Κατακόρυφη δομή υφέσεων - ροή στην ανώτερη ατμόσφαιρα

- **Ροή στην ανώτερη τροπόσφαιρα:** είναι μεγάλου μήκους κύματος που καλύπτει ολόκληρο τον πλανήτη, θεμελιώδες χαρακτηριστικό του ανομοιόμορφα θερμαινόμενου 'σφαιρικού' & περιστρεφόμενου πλανήτη μας, γνωστή σαν **κύματα Rossby** (**Rossby waves**)

Συνήθως, κάθε χρονική στιγμή υπάρχουν **4 – 6** από αυτά στον πλανήτη, με μήκη κύματος **4000-8000 km**

Είναι **στάσιμα** ή **κινούνται πολύ αργά** ανατολικά ή δυτικά

# Κατακόρυφη δομή υφέσεων - ροή στην ανώτερη ατμόσφαιρα

- Μικρού μήκους κύματος διαταραχές (π.χ. troughs) είναι συνήθως ενσωματωμένες στη μεγάλη μήκους κύματος ροή και
  - ✓ κινούνται γρήγορα προς τα ανατολικά
  - ✓ εξασθενούν όταν κινούνται προς ένα μεγάλο μήκους κύματος ridge
  - ✓ ενισχύονται όταν κινούνται προς μία μεγάλο μήκους κύματος trough
  - ✓ γίνονται άμεσα αντιληπτά στο μέσο επίπεδο της ατμόσφαιρας
  - ✓ αποτελούν σημαντικό συστατικό στην ανάπτυξη & ενίσχυση των υφέσεων των μέσων γεωγρ. Πλατών μέσω της βαροκλιτικής αστάθειας

# Κατακόρυφη δομή υφέσεων - ροή στην ανώτερη ατμόσφαιρα

- Θεωρούμε μία trough μεγάλου μήκους κύματος πάνω από ένα στάσιμο μέτωπο στην επιφάνεια (α)
- Μία μικρού μήκους κύματος διαταραχή κινείται μέσα στην trough ενισχύοντας την ύφεση στην επιφάνεια (b)
- Αρχικά (a), οι ρευματογραμμές & οι ισόθερμες είναι παράλληλες μεταξύ τους  $\Rightarrow$  η ατμόσφαιρα είναι **βαροπτροπική**
- Στην περίπτωση b η δράση της διαταραχή έχει σαν αποτέλεσμα οι ρευματογραμμές να τέμνουν τις ισόθερμες τόσο στα δεξιά όσο & ανατολικά της trough  $\Rightarrow$  η ατμόσφαιρα τώρα είναι **βαροκλιτική**
- Στη **βαροκλιτική** περιοχή **δυτικά** της trough λαμβάνει χώρα **μεταφορά ψυχρού αέρα**
- Στη **βαροκλιτική** περιοχή **ανατολικά** της trough λαμβάνει χώρα **μεταφορά θερμού αέρα**

# Κατακόρυφη δομή υφέσεων – ροή στην ανώτερη ατμόσφαιρα

- Η μεταφορά του ψυχρού αέρα δυτικά της trough προκαλεί καθοδικές κινήσεις καθώς ο ψυχρός αέρας όντας πυκνότερος & βαρύτερος κατέρχεται στην επιφάνεια πίσω από το ψυχρό μέτωπο
- Η μεταφορά θερμού αέρα ανατολικά της trough προκαλεί ανοδικές κινήσεις κοντά στο κέντρο του χαμηλού καθώς ο θερμός αέρας ανέρχεται
- Οι ανοδικές & καθοδικές κινήσεις του θερμού & του ψυχρού αέρα λόγω της οριζόντιας μεταφοράς θερμού & ψυχρού αέρα στην ανώτερη τροπόσφαιρα καλείται **βαροκλιτική αστάθεια**
- Η **βαροκλιτική αστάθεια** είναι απαραίτητο συστατικό για την ανάπτυξη των υφέσεων των μέσων γεωγραφικών πλατών

**Μοντέλο cold- & warm- conveyor belt**



# Κατακόρυφη δομή υφέσεων - ροή στην ανώτερη ατμόσφαιρα

- **Warm conveyor belt:** δημιουργείται στα χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας στο θερμό τομέα της ύφεσης
- **Cold conveyor belt:** δημιουργείται ΒΑ του χαμηλού, στροβιλίζεται μέσα σε αυτό & μετά ανέρχεται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας
- **Dry conveyor belt:** δημιουργείται στα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας & κατέρχεται στην επιφάνεια. Συχνά προκαλεί ανοιχτό αίθριο ουρανό πίσω από το ψυχρό μέτωπο

# Κατακόρυφη δομή υφέσεων - ροή στην ανώτερη ατμόσφαιρα

- Στην βάση της trough του Jet stream παρατηρείται μια περιοχή με μέγιστο της έντασης του ανέμου (**Jet streaks**)
- **Σύγκλιση** των αερίων μαζών παρατηρείται στην περιοχή εισόδου της ζώνης μεγίστου ανέμου και μεγιστοποιείται στην αριστερή της πλευρά (σημείο C)
- **Απόκλιση** παρατηρείται στην περιοχή εξόδου & μεγιστοποιείται στη δεξιά πλευρά (σημείο D)

⇒ Το σημείο D πρέπει να βρίσκεται ακριβώς πάνω από το επιφανειακό χαμηλό ώστε να αφαιρεί αέρα από αυτό, ενώ το σημείο C πρέπει να βρίσκεται ακριβώς πάνω από το επιφανειακό κέντρο υψηλών πιέσεων ώστε να το εφοδιάζει με αέρα

# Κατακόρυφη δομή υφέσεων - ροή στην ανώτερη ατμόσφαιρα

- **Δημιουργία υφέσεων:** συνήθως χρειάζεται μια διαταραχή στην επιφάνεια (περιοχή χαμηλών πιέσεων) συνήθως αυτή αναπτύσσεται κατά μήκος του πολικού μετώπου
- Για να αναπτυχθεί & εξελιχθεί η ύφεση χρειάζεται υποστήριξη από τα ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας - μια μικρού μήκους κύματος διαταραχή η οποία σχετίζεται με ένα χαμηλό ή trough στην ανώτερη τροπόσφαιρα. Η trough στην ανώτερη ατμόσφαιρα βρίσκεται τοποθετημένη ΒΔ του επιφανειακού χαμηλού
- Η μικρού μήκους κύματος διαταραχή δημιουργεί οριζόντια μεταφορά θερμού & ψυχρού αέρα στα μεσαία & ανώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας, λόγω διαφορικής θέρμανσης
- Αυτή με τη σειρά της δημιουργεί ανοδικές & καθοδικές κινήσεις μέσα στην ατμόσφαιρα
- Στο επίπεδο του Jet stream η περιοχή μέγιστης έντασης του ανέμου, στη βάση της trough, δημιουργεί σύγκλιση των αερίων μαζών δυτικά της trough & απόκλιση ανατολικά της

**Χωρίς αυτή την ενίσχυση από την ανώτερη ατμόσφαιρα  
οι επιφανειακές διαταραχές δεν θα αναπτύσσονταν**

# Κατακόρυφη δομή υφέσεων - Στροβιλισμός

- Οι μικρού μήκους κύματος διαταραχές στην ανώτερη ατμόσφαιρα συχνά ανιχνεύονται ως **μέγιστα στροβιλισμού** της ροής της ανώτερης ατμόσφαιρας

- **Στροβιλισμός:**

- ✓ Μέτρο της επιτάχυνσης (γωνιακής) ενός σώματος που εκτελεί κυκλική κίνηση

- ✓ θετικός στροβιλισμός: όταν η κίνηση γίνεται με φορά αντίθετη των δεικτών του ρολογιού

- ✓ αρνητικός στροβιλισμός: κίνηση κατά τη φορά των δεικτών του ρολογιού

- **Κατακόρυφος Στροβιλισμός:** ο στροβιλισμός γύρω από κατακόρυφο άξονα

- ✓ Έχει δύο πηγές:

- **πλανητικό στροβιλισμό**

- **σχετικό στροβιλισμό**

# Κατακόρυφη δομή υφέσεων - Στροβιλισμός

■ **Πλανητικός Στροβιλισμός:** κάθε αντικείμενο πάνω στη Γη χαρακτηρίζεται από πλανητικό στροβιλισμό

• Ωφείλεται στην περιστροφή της Γης

✓ είναι μηδέν στον Ισημερινό

✓ είναι μέγιστος στους πόλους (μία περιστροφή / ημέρα)

✓ είναι πάντοτε θετικός

• Οπότε, μία αέρια μάζα η οποία είναι στάσιμη ως προς την επιφάνεια της Γης θα έχει πάντοτε πλανητικό στροβιλισμό

# Κατακόρυφη δομή υφέσεων - Στροβιλισμός

■ **Σχετικός Στροβιλισμός (Relative Vorticity):** είναι αποτέλεσμα δύο επιδράσεων:

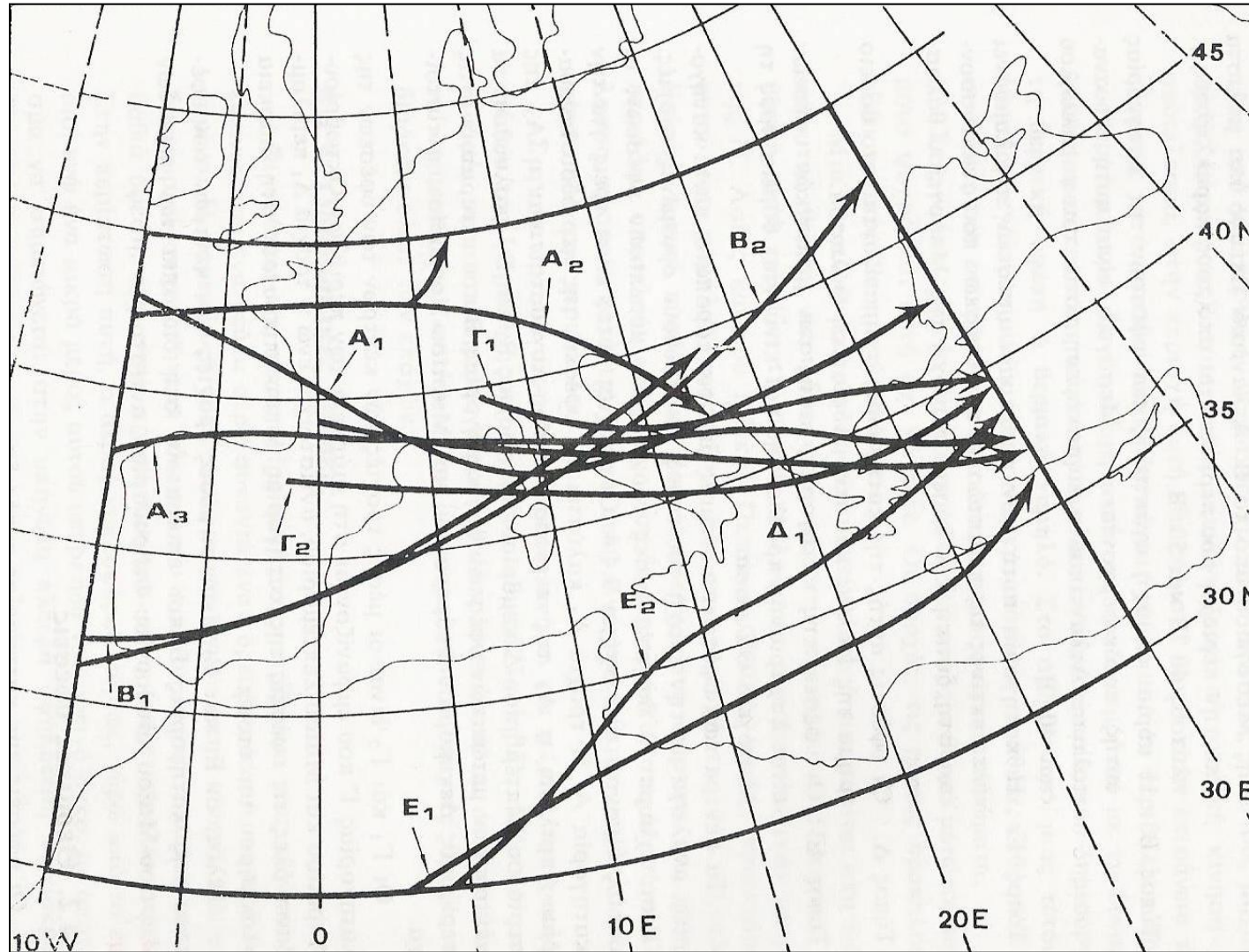
- ✓ **καμπυλότητας**
- ✓ **διάτμησης**

**Απόλυτος Στροβιλισμός = Πλανητικού Στροβιλισμού + Σχετικού Στροβιλισμού**

## ■ Περιοχή Μέγιστου Στροβιλισμού:

- ✓ Ανατολικά της παρατηρείται απόκλιση στην ανώτερη ατμόσφαιρα & ανοδικές κινήσεις
- ✓ Δυτικά της παρατηρείται σύγκλιση στην ανώτερη ατμόσφαιρα & καθοδικές κινήσεις
- Όταν το μέγιστο του στροβιλισμού κινείται προς το πολικό μέτωπο τότε είναι πιθανό να συμβάλει στη δημιουργία ύφεσης ακόμη και αν δεν υπάρχει στην επιφάνεια μέτωπο
- Η δημιουργούμενη διαταραχή μπορεί να δώσει μια περιοχή νέφωσης & ορισμένες φορές βροχή

# Τροχιές των Υφέσεων στη Μεσόγειο



Πηγή: Α.Α. Φλόκας, Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, 1997

✓ **Τύπος Α:** υφέσεις που εισέρχονται στη λεκάνη της Μεσογείου από το **Β. Ατλαντικό** μεταξύ των παραλλήλων γεωγραφικού πλάτους **40° & 50° Β**

✓ **Τύπος Β:** υφέσεις που εισέρχονται στη Μεσόγειο από περιοχές του **Ατλαντικού** οι οποίες βρίσκονται νότια του παράλληλου των **40°**

✓ **Τύπος Γ:** υφέσεις που αναπτύσσονται στη Δυτική & Βόρεια περιοχή της Μεσογείου

✓ **Τύπος Δ:** υφέσεις που αναπτύσσονται στη Βόρεια Ιταλία & στην Αδριατική Θάλασσα

✓ **Τύπος Ε:** υφέσεις που προέρχονται από τη Σαχάρα & κινούνται βόρεια προς τη Μέσογειο



# Θερμικές Υφέσεις

- **Θερμικό χαμηλό (thermal low):** οι υφέσεις αυτού του τύπου δημιουργούνται κατά τη θερμή εποχή του έτους πάνω από ηπειρωτικές περιοχές οι οποίες θερμαίνονται ισχυρότερα απ' ότι οι θαλάσσιες
- Η ισχυρή αυτή θέρμανση έχει σαν αποτέλεσμα την ελάττωση της ατμοσφαιρικής πίεσης στα επιφανειακά στρώματα, τη δημιουργία αστάθειας, την εμφάνιση ανοδικών κινήσεων  $\Rightarrow$  τη σύγκλιση αέρα στη θερμαινόμενη περιοχή
- Η σύγκλιση αυτή σε συνδυασμό με τη δύναμη Coriolis μετατρέπεται τελικά σε **κυκλωνική κυκλοφορία**
- Στις θερμικές υφέσεις **δεν υπάρχει θερμό μέτωπο**, παρά μόνο ψυχρό και αυτό όχι πάντα
- Οι **βροχές** που προκαλούν είναι **τοπικές & μικρής διάρκειας**

## ■ Παραδείγματα Θερμικών υφέσεων:

- ✓ το χαμηλό που δημιουργείται τη θερμή εποχή στη χερσόνησο της Ινδίας (θερμικό χαμηλό του Πακισταν)
- ✓ οι υφέσεις που δημιουργούνται στη Μεσόγειο Θάλασσα κατά την ψυχρή περίοδο οπότε η θάλασσα είναι πολύ θερμή σε σχέση με την ξηρά που την περιβάλλει
- ✓ η ζώνη των χαμηλών πιέσεων της Ισημερινής περιοχής που περιβάλλει τη Γη. Μέσα σ' αυτήν οι κατακόρυφες θερμοβαθμίδες ισχυρές  $\Rightarrow$  σημαντική αστάθεια & συχνές βροχές όλες τις εποχές

- **Αντικυκλώνας ή Σύστημα υψηλών πιέσεων (High):** περιοχή υψηλών τιμών ατμοσφαιρικής πίεσης που απεικονίζεται πάνω στους χάρτες καιρού με κλειστές ισοβαρείς, με την ατμοσφαιρική πίεση ελαττούμενη από την περιφέρεια προς το κέντρο
- **Οι άνεμοι** κινούνται γύρω από το κέντρο του αντικυκλώνα κατά την ανάδρομη φορά στο Β. Ημισφαίριο δηλ. με φορά ίδια με αυτή των δεικτών του ρολογιού & η ένταση τους αυξάνει από το κέντρο προς την περιφέρεια

# ΑΝΤΙΚΥΚΛΩΝΕΣ

- Η κλίση των ανέμων ως προς τις ισοβαρείς είναι από το κέντρο προς τα έξω  $\Rightarrow$  με αποτέλεσμα οι άνεμοι κοντά στην επιφάνεια να μεταφέρουν αέριες μάζες από το κέντρο προς τα έξω
  - Η αναπλήρωση του αέρα στο κέντρο γίνεται από **καθοδικά ρεύματα (κατολίσθηση, subsidence)** που μεταφέρουν αέριες μάζες από την ανώτερη τροπόσφαιρα στην επιφάνεια  $\Rightarrow$
  - Ο κατερχόμενος αέρας θερμαίνεται αδιαβατικά, απομακρύνεται από το σημείο κόρου  $\Rightarrow$  επέρχεται **νεφοδιάλυση & επικρατεί αίθριος καιρός & καλοκαιρία**
- **Καιρικά φαινόμενα:**
- ✓ Γενικά χαρακτηρίζονται από **καλό & αίθριο καιρό**
  - ✓ **Άνεμοι:** στα κράσπεδα (περιφέρεια του αντικυκλώνα) οι άνεμοι μπορεί να είναι ισχυροί, ειδικά αν κοντά στον αντικυκλώνα υπάρχει ύφεση. Γενικώς είναι μέτριοι, ενώ στο κέντρο του αντικυκλώνα είναι ασθενείς ή επικρατεί νηνεμία
  - ✓ Στο κέντρο των αντικυκλώνων την ψυχρή εποχή δημιουργούνται **αναστροφές (αναστροφές ακτινοβολίας στην επιφάνεια & ύψους λόγω κατολίσθησης)**

Στην περιοχή μας (Ελλάδα): ο ψυχρός αίθριος καιρός χωρίς έκδήλωση υετού είναι αποτέλεσμα αντικυκλωνικής κυκλοφορίας

# ΑΝΤΙΚΥΚΛΩΝΕΣ

■ Οι αντικυκλώνες διακρίνονται σε:

- ✓ Μόνιμους
- ✓ Εποχικούς
- ✓ Κινητούς

# ΑΝΤΙΚΥΚΛΩΝΕΣ

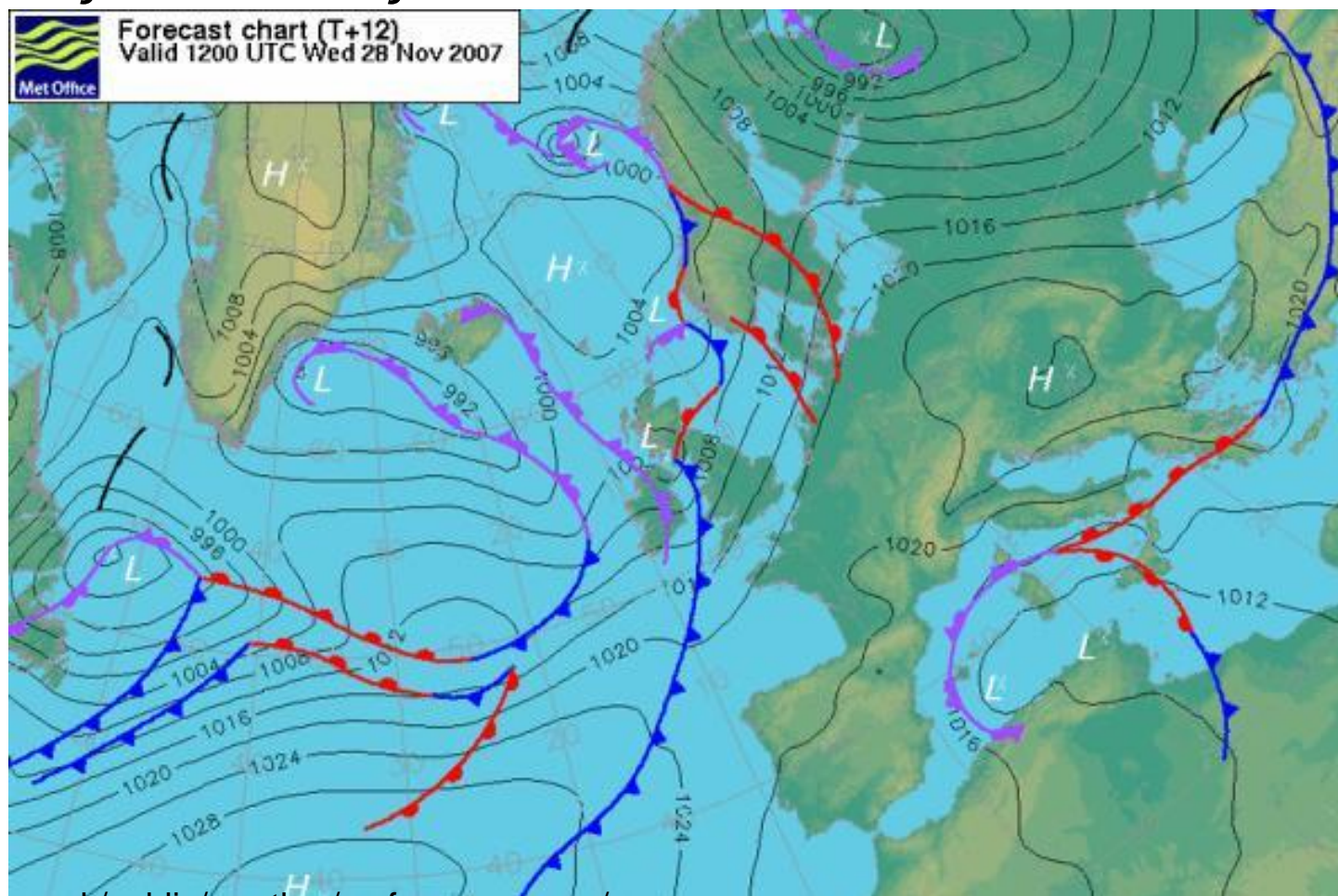
- **Μόνιμοι αντικυκλώνες:** Παρατηρούνται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους στις υποτροπικές περιοχές & τα κέντρα τους βρίσκονται πάνω από τους ωκεανούς
- ✓ **Αντικυκλώνας των Αζορών (Β. Ημισφαίριο) ή Υποτροπικός αντικυκλώνας**
- ✓ **Αντικυκλώνας του Β. Ειρηνικού**
- ✓ **Αντικυκλώνας του Ν Ειρηνικού (ακτές Περού & Χιλής)**
- ✓ **Αντικυκλώνας του Ν. Ατλαντικού**
- ✓ **Αντικυκλώνας του Ινδικού ωκεανού (μεταξύ Αφρικής & Αυστραλίας)**

# ΑΝΤΙΚΥΚΛΩΝΕΣ

- **Εποχικοί αντικυκλώνες:** σχηματίζονται πάνω από μεγάλες ηπειρωτικές εκτάσεις κατά την ψυχρή περίοδο. Σπάνια δίνουν βροχές, όταν όμως η σχετική υγρασία είναι υψηλή δίνουν ομίχλες & νέφη stratus εκτός του κέντρου τους
- ✓ **Σιβηρικός Αντικυκλώνας (καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της Ασίας & εκτείνεται ως τη ΝΑ Ευρώπη)**
- ✓ **Αντικυκλώνας του Καναδά**

# ΑΝΤΙΚΥΚΛΩΝΕΣ

- **Κινητοί αντικυκλώνες:** σχηματίζονται πάνω από περιοχές των μεγάλων γεωγραφικών πλατών όπου εναλλάσσονται με υφέσεις
  - Είναι μικρότερης έκτασης από τους μόνιμους & τους εποχικούς
  - Μετακινούνται γρήγορα προς περιοχές μικρότερων γεωγραφικών πλατών μεταφέροντας εκεί πολύ ψυχρές αέριες μάζες
  - Στις εύκρατες ζώνες οι μεγάλες πτώσεις της θερμοκρασίας & οι χιονοπτώσεις οφείλονται κυρίως σ' αυτούς τους αντικυκλώνες





# ΑΝΤΙΚΥΚΛΩΝΕΣ

■ Οι **αντικυκλώνες** διακρίνονται επίσης σε:

✓ **Ψυχρούς**

✓ **Θερμούς**

■ **Ψυχροί αντικυκλώνες:** είναι εκείνοι οι αντικυκλώνες στους οποίους ο αέρας κοντά στο έδαφος & γενικά στα κατώτερα στρώματα της ατμόσφαιρας είναι ψυχρότερος απ' ό τι στις γειτονικές περιοχές

• Η θερμοκρασία & η πίεση ελαττώνεται γρήγορα με το ύψος  $\Rightarrow$  η κατακόρυφη εκτασή τους είναι μικρή (2-3 km)

• Ψυχροί είναι οι αντικυκλώνες της Σιβηρίας & του Καναδά

■ **Θερμοί αντικυκλώνες:** είναι εκείνοι οι αντικυκλώνες στους οποίους ο αέρας σε όλες τις στάθμες είναι πιο θερμός από τον αέρα που βρίσκεται γύρω από τον αντικυκλώνα

• Εκτείνονται σε μεγαλύτερο ύψος απ' ό τι οι ψυχροί αντικυκλώνες

• Οι αντικυκλώνες είναι κατεξοχήν θερμοί

# Αναφορές

- Φλόκας Α.,: Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, 1997, ISBN: 960-431-288-X

## Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την 1<sup>η</sup> έκδοση.

## Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Πανεπιστήμιο Πατρών, Αγγελική Φωτιάδη, 2015.

Αγγελική Φωτιάδη. «**ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ - ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ**». Έκδοση: 1.0. Αγρίνιο 2015.

Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:

[https://eclass.upatras.gr/modules/document/document.php?course=ENV\\_109](https://eclass.upatras.gr/modules/document/document.php?course=ENV_109)

## Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά Δημιουργού, Απαγόρευση Εμπορικής Χρήσης και Όχι Παράγωγα Έργα. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».

**«Το υλικό της παρουσίασης προέρχεται από τις πανεπιστημιακές παραδόσεις της καθηγήτριας Α. Φωτιάδη».**



**Το Έργο αυτό κάνει χρήση των ακόλουθων έργων:**

**Διαφάνεια 6:** <https://en.wikipedia.org/wiki/Cyclone>

**Διαφάνεια 23:** [https://en.wikipedia.org/wiki/Extratropical\\_cyclone](https://en.wikipedia.org/wiki/Extratropical_cyclone)

**Διαφάνεια 40:** Α.Α. Φλόκας, Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, 1997

**Διαφάνεια 48:** <http://www.metoffice.gov.uk/public/weather/surface-pressure/>

