



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΑΤΡΩΝ
UNIVERSITY OF PATRAS

ΑΝΟΙΚΤΑ ακαδημαϊκά
μαθήματα **ΠΠ**

ΤΙΤΛΟΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ: ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ - ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ

ΕΝΟΤΗΤΑ: **5. ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ - ΑΝΕΜΟΣ**

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

Τι γεννάει τους ανέμους ;

- Οι μεταβολές της πίεσης κατά την οριζόντιο
- Οι μεταβολές αυτές είναι της τάξης των 10 mb σε μια απόσταση 100-αδων χιλιομέτρων
- και είναι πολύ μικρότερες σε σχέση με τις κατακόρυφες
- κατά την κατακόρυφο η πίεση μεταβάλλεται (μειώνεται) κατά 1000 mb περίπου ανά 10-12 km

ΚΑΤΑΚΟΡΥΦΗ ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΠΙΕΣΗ ΤΟΥ ΑΕΡΑ

Πίεση

$$\text{πίεση} = \frac{\text{δύναμη}}{\text{επιφάνεια}}$$

ή

$$p = \frac{F}{S}$$

- Ατμοσφαιρική Πίεση:

Η δύναμη ανά μονάδα επιφάνειας που ασκείται σε μια επιφάνεια από το βάρος της υπερκείμενης στήλης ατμοσφαιρικού αέρα

- Πως μεταβάλλεται η Πίεση ;
- Θεωρούμε πως ο αέρας συμπεριφέρεται ως 'ιδανικό αέριο' \Rightarrow υπακούει στους νόμους των τελείων αερίων

$$P = C \rho T$$

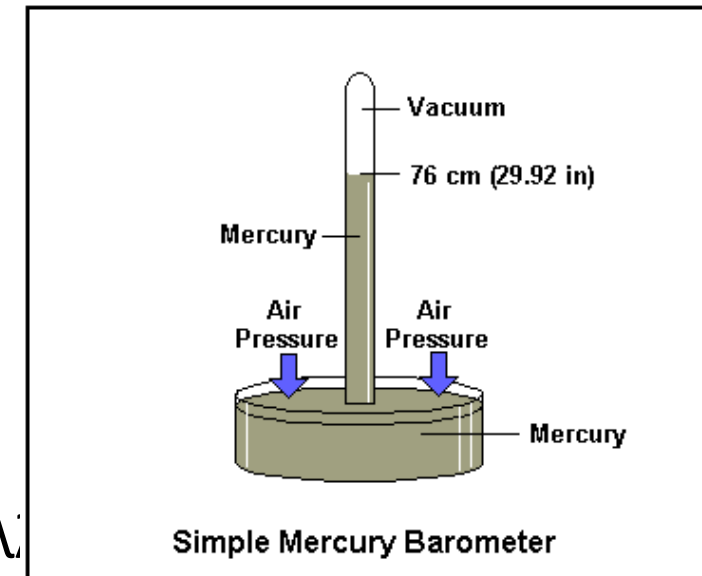
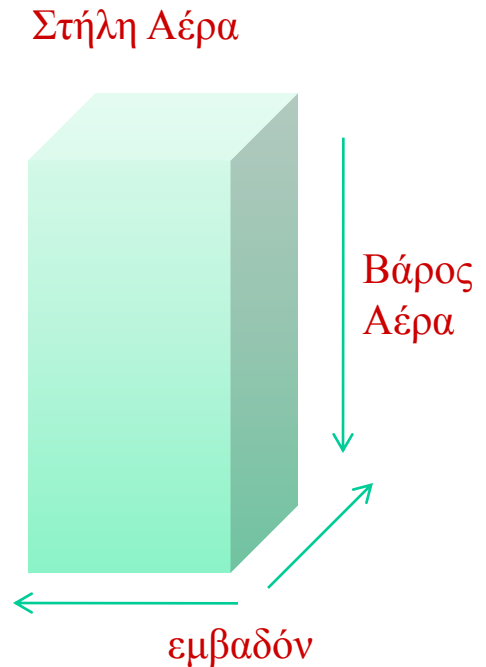
P = η πίεση

C = σταθερά

ρ = πυκνότητα

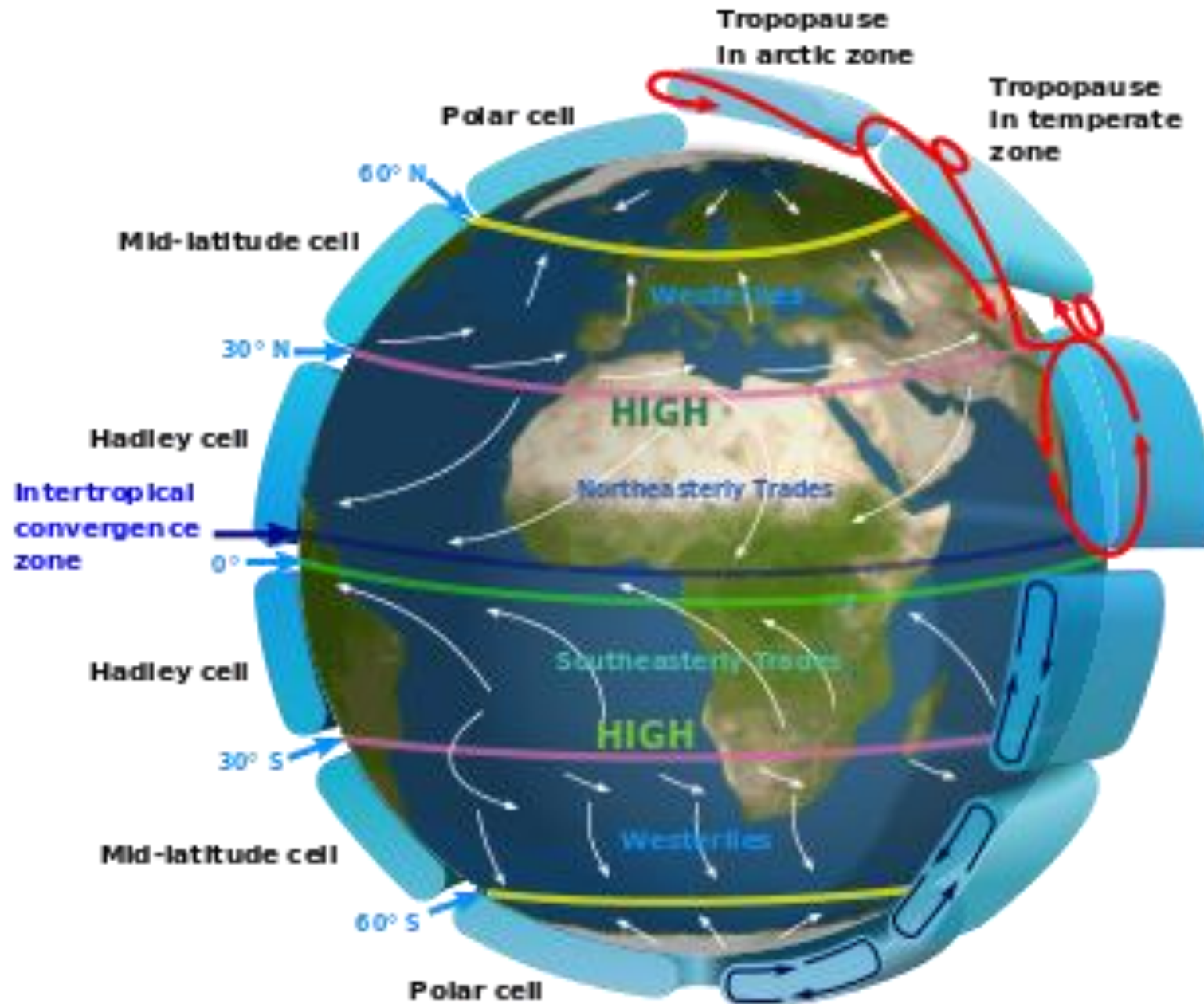
T = θερμοκρασία

\Rightarrow η πίεση μεταβάλλεται όταν μεταβάλει η πυκνότητα ή η θερμοκρασία



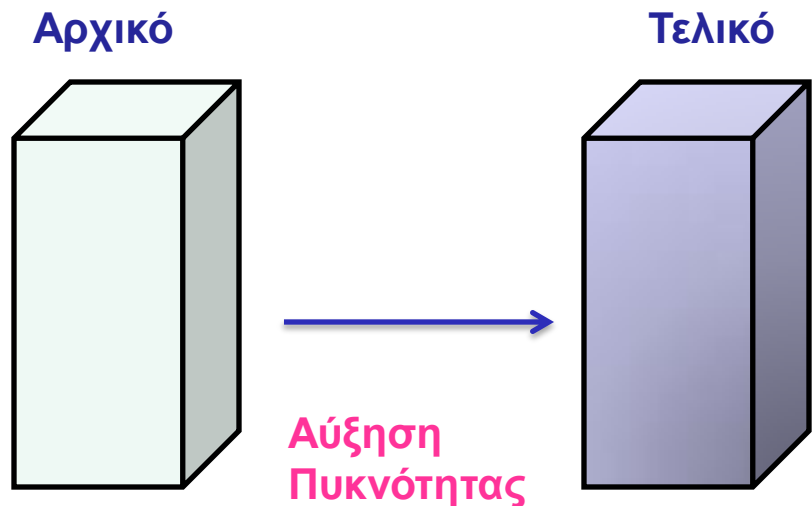
Πηγή: <http://uars.gsfc.nasa.gov/uars-science/BrochurePage1.html>

Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ



Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

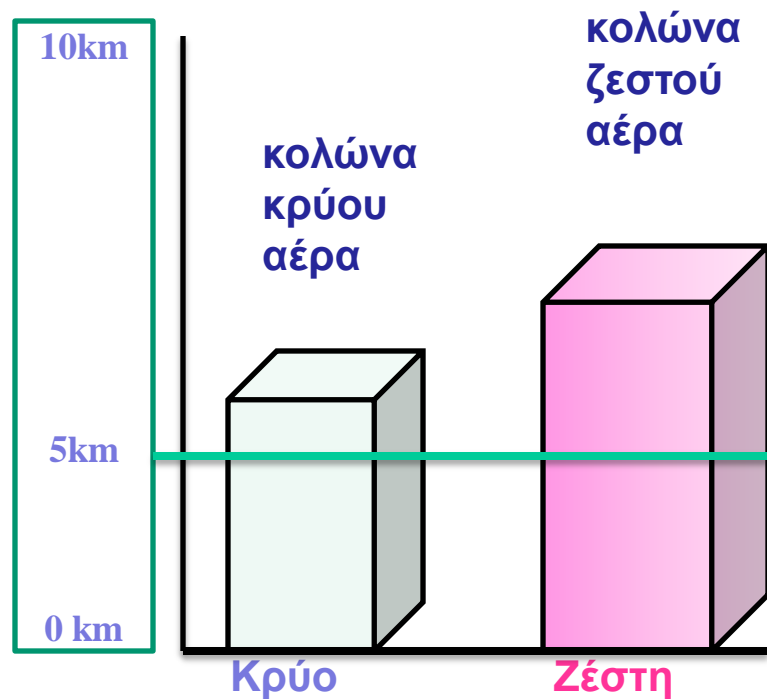
- Μεταβολή της Πίεσης με την Πυκνότητα



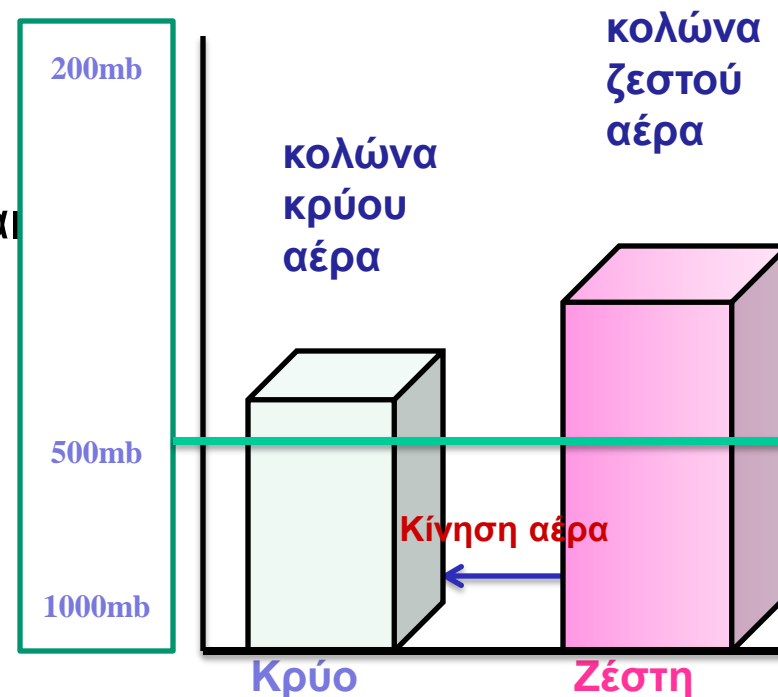
Θεωρώντας $T = \text{σταθερή}$

- Η πίεση αυξάνει με την αύξηση της πυκνότητας

- Μεταβολή της Πίεσης με την Θερμοκρασία



- Η πίεση στην επιφάνεια είναι η ίδια αλλά ...
- Η πίεση στο σημείο 2 είναι μεγαλύτερη από την πίεση στο σημείο 1
- στα 500 mb ο αέρας μετακινείται από τη θερμή κολώνα προς την ψυχρή



ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ - ΜΟΝΑΔΕΣ ΜΕΤΡΗΣΗΣ

- Μονάδες πίεσης

$$1 \text{ mb (Χιλιοστοβαρίδα) } = 10^{-3} \text{ bar} = 10^3 \text{ dyn/cm}^2 = 10^2 \text{ N/m}^2 = 0,750 \text{ mmHg}$$

$$1 \text{ At (Ατμόσφαιρα) } = 760 \text{ mmHg} = 1.013,25 \text{ mb}$$

$$1 \text{ Pa (Pascal) } = 1 \text{ N/m}^2 = 10^{-2} \text{ mb}$$

$$1 \text{ bar} = 1000 \text{ mb}$$

$$1 \text{ mb} = 100 \text{ N/m}^2 = 100 \text{ Pa} = 1 \text{ hPa}$$

$$1 \text{ atm}$$

$$\text{mm Hg}$$

- στην επιφάνεια της θάλασσας:
πίεση = 1013.25 mb = 76 cm Hg

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

- Η ατμοσφαιρική πίεση είναι από τις πλέον σημαντικές μετεωρολογικές παραμέτρους γιατί:
 - ✓ Η δημιουργία των **ανέμων** σχετίζεται άμεσα με την ατμοσφαιρική πίεση και τις οριζόντιες μεταβολές της
 - ✓ Οι **μεταβολές του καιρού** συνδέονται επίσης με την ατμοσφαιρική πίεση και τις οριζόντιες μεταβολές της. Για το λόγο αυτό οι χάρτες που παριστάνουν τη διανομή της πίεσης πάνω στην επιφάνεια της Γης είναι το εργαλείο ανάλυσης και πρόγνωσης του καιρού

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

- Δεχόμαστε ότι η ατμόσφαιρα βρίσκεται σε κατάσταση Υδροστατικής Ισορροπίας

Με τον όρο ισορροπία εννοούμε γενικά αντιστάθμιση των δυνάμεων που δρουν πάνω σε ένα σύστημα. Όταν λέμε ότι το σύστημα αυτό βρίσκεται σε ισορροπία, εννοούμε ειδικά τη στατική ισορροπία.

Δηλ. η ατμοσφαιρική πίεση σε κάποια στάθμη μιας ατμοσφαιρικής στήλης οφείλεται μόνο στο βάρος, ανά μονάδα επιφάνειας που εξασκεί ο ευρισκόμενος αέρας πάνω από τη στάθμη

$$Dp = - \rho(z) g dz \quad \text{Υδροστατική Εξίσωση}$$

$$\rho(z) = \frac{M_{\text{αέρα}} p(z)}{RT(z)}$$

Καταστατική Εξίσωση

$$p(z) = p_0 e^{-z/H}$$

$$H = \frac{R\bar{T}}{M_{\text{αέρα}} g} \quad \text{κλίμακα ύψους (σε km)}$$

Βαρομετρική Εξίσωση

Όπου:

P: η πίεση σε ύψος z

P₀: η πίεση σε ύψος z₀

T: Η μέση θερμοκρασία του στρώματος αέρα μεταξύ z₀ και z



ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

Η πίεση **μειώνεται εκθετικά** με το ύψος



Θέτοντας:

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$R = 287 \text{ J/Kg/K}$$

$$\bar{T} = 253\text{K} \quad \text{η μέση}$$

θερμοκρασία της τροπόσφαιρας

$$P(z) = P_o e^{-\frac{9.81z}{287 \cdot 253}} \Rightarrow P(z) = P_o e^{-\frac{z}{7413}} \quad z \text{ σε m}$$
$$P(z) = P_o e^{-\frac{z}{7.4}} \quad z \text{ σε Km}$$

ή

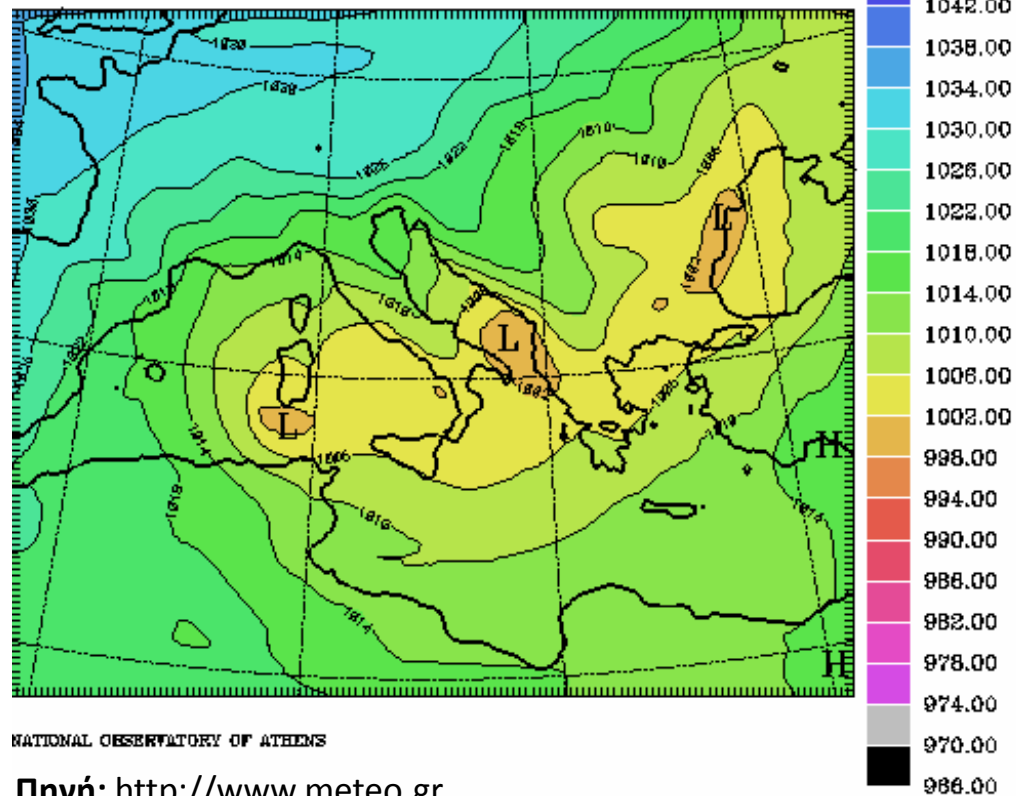
$$P(z) = P_o 10^{-\frac{z}{17}}$$

Για κάθε 17 Km η ατμοσφαιρική πίεση μειώνεται μία τάξη μεγέθους (10 φορές)

Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

M.S.L. PRESSURE (HPA)

INITIAL DATE 12/11/2004 0000 UTC FORECAST +72 VALID AT 15/11/2004 00 UTC



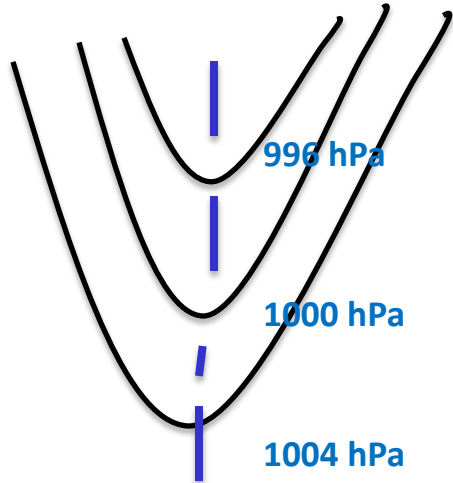
- **Ισοβαρείς καμπύλες:** καμπύλες σταθερής πίεσης, σχεδιάζονται ανά 4 mb
- **Ισοβαρικές επιφάνειες:** επιφάνειες στην ατμόσφαιρα, τα σημεία των οποίων έχουν την ίδια ατμοσφαιρική πίεση σε μια ορισμένη χρονική στιγμή
- **Χάρτης Πίεσης Επιφανείας:** πολύ σημαντικός γιατί
 - δίνει τη θέση των Συστημάτων πίεσης: υφέσεων (χαμηλών) και των αντικυκλώνων (υψηλών)
 - Δίνει πληροφορίες σχετικά με τη διεύθυνση και την ένταση των ανέμων επιφανείας

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ - ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΙΕΣΗΣ

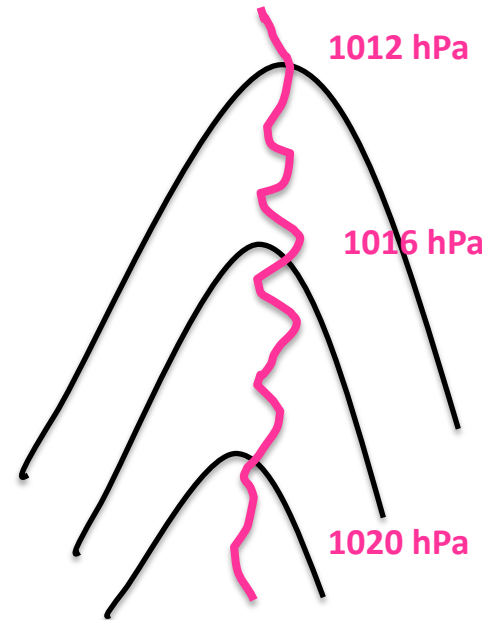
- **ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΟ ΧΑΜΗΛΟ ή ΥΦΕΣΗ (Depression ή Low)**
 - ✓ Η Ατμ. πίεση ελαττώνεται από την περιφέρεια προς το κέντρο. Στους χάρτες επιφανείας συμβολίζεται με το γράμμα X (Χαμηλό) ή το L (Low) σε κόκκινο χρώμα.
- **ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΟ ΥΨΗΛΟ ή ΑΝΤΙΚΥΚΛΩΝΑΣ (Anticyclone ή High)**
 - ✓ Η Ατμοσφαιρική πίεση αυξάνεται από την περιφέρεια προς το κέντρο. Στους χάρτες επιφανείας συμβολίζεται με το γράμμα Y (Υψηλό) ή το H (High) σε μπλε χρώμα.
- **ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΛΑΙΜΟΣ (Col)**
 - ✓ Περιοχή που βρίσκεται ανάμεσα σε δύο Βαρομετρικά Χαμηλά και δύο Υψηλά τα οποία έχουν διαταχθεί σταυρωτά. Συμβολίζεται με το γράμμα Λ ή COL
- **ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΦΗΝΑ (ή Σφήνα Υψηλών Πιέσεων - Ridge)**
 - ✓ Αντικυκλωνική προεξοχή (ωσάν σφήνα) που εισχωρεί συνήθως ανάμεσα σε δύο Βαρομετρικά Χαμηλά.
- **ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΘΥΛΑΚΑΣ (ή Σκάφη Χαμηλών Πιέσεων - Trough)**
 - ✓ Οι ισοβαρείς σε σχήμα V εισχωρούν συνήθως ανάμεσα σε δύο περιοχές Υψηλών πιέσεων.

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ - ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΙΕΣΗΣ

Άξονας Ύψους



- **Σφήνα Ύψους (Trough):** περιοχή χαμηλών πιέσεων όπου οι ισοβαρείς έχουν τη μορφή επιμηκών γλωσσών και η πίεση ελαττώνεται απ' έξω προς τα μέσα. Συχνά η trough εισχωρεί ανάμεσα σε δύο αντικυκλώνες.

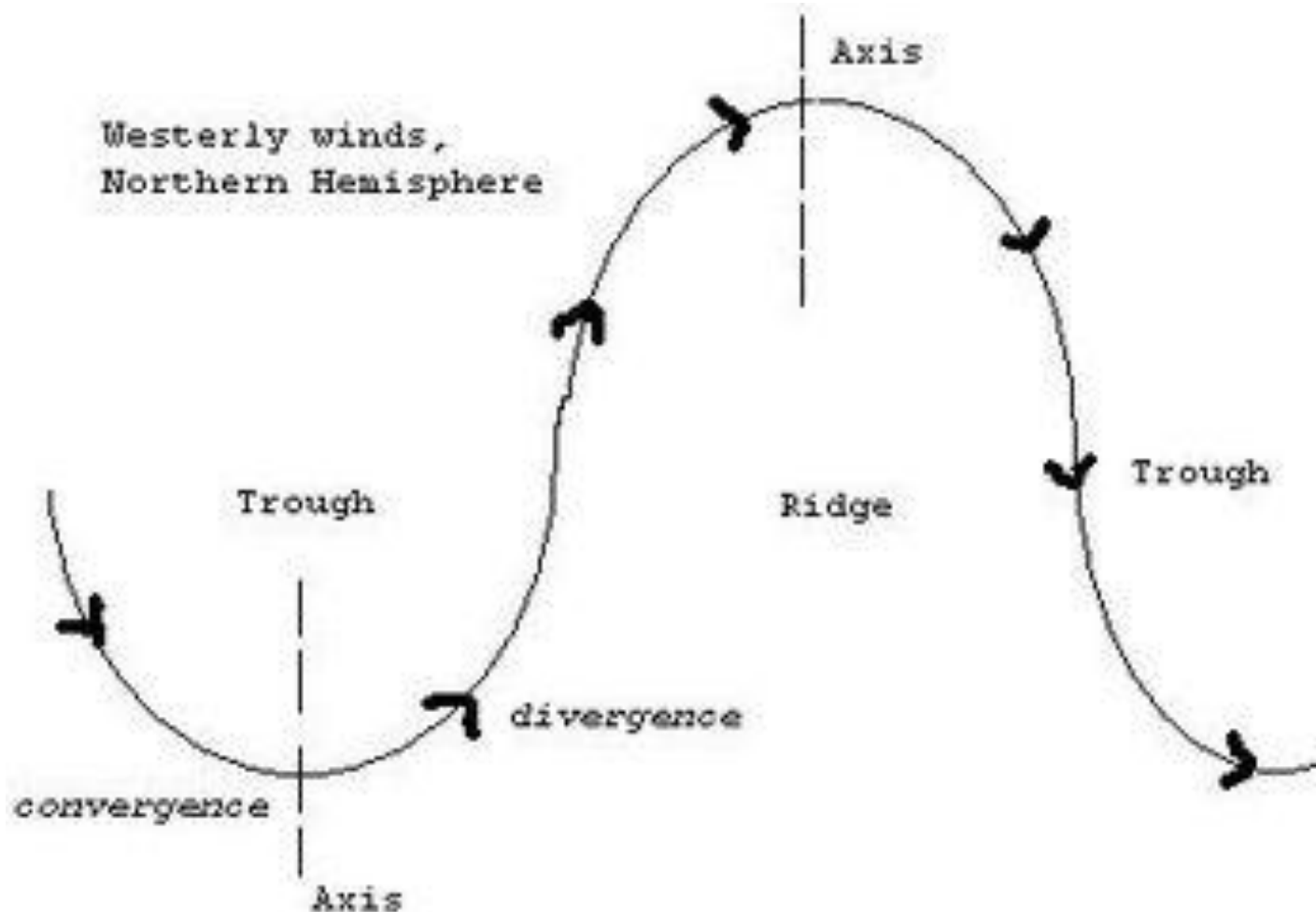


Άξονας Έξαρσης

- **Σφήνα Έξαρσης (Ridge):** περιοχή υψηλών πιέσεων όπου οι ισοβαρείς έχουν τη μορφή επιμηκών γλωσσών και η πίεση αυξάνει απ' έξω προς τα μέσα. Συχνά το ridge εισχωρεί ανάμεσα σε δύο υφέσεις.

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ - ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΙΕΣΗΣ

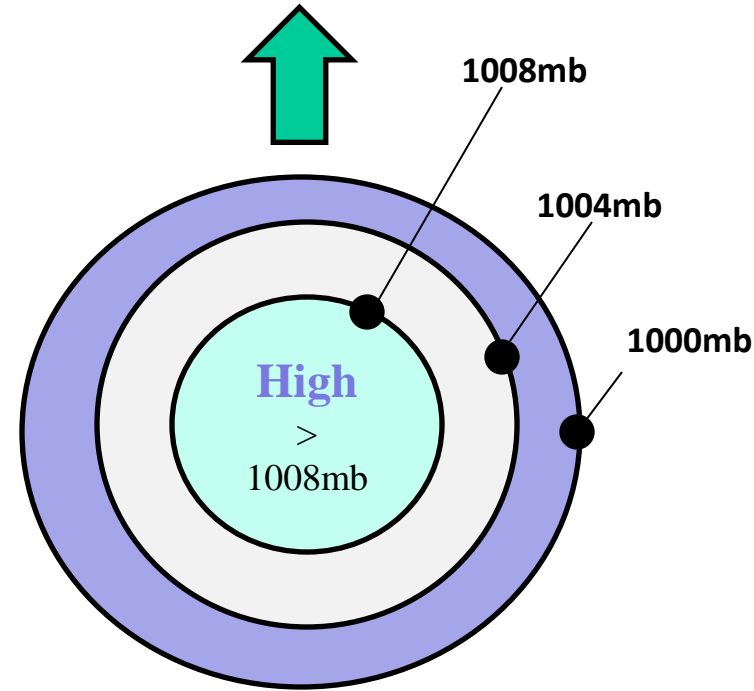
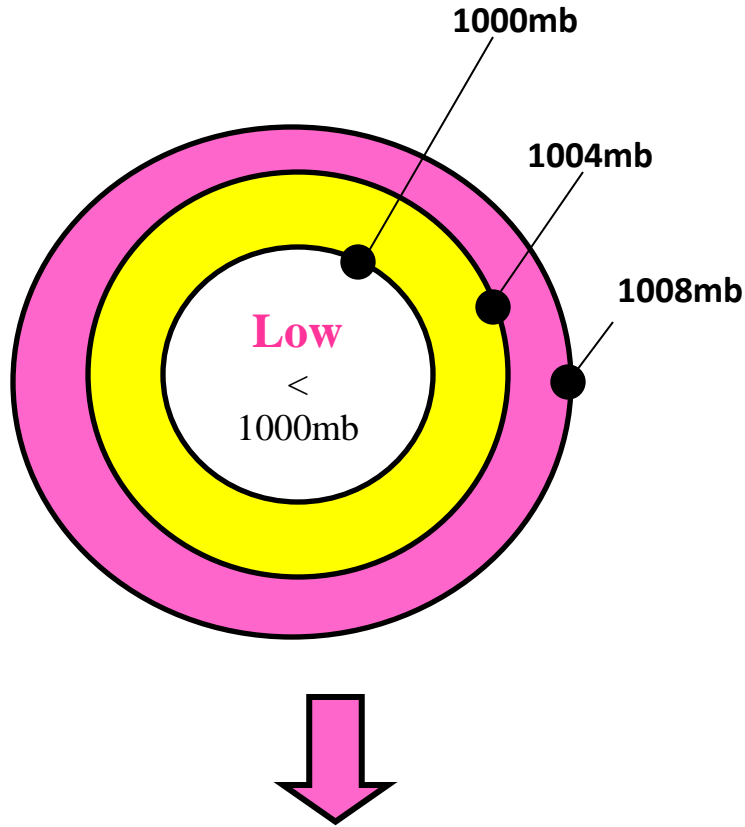
- Τα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά (troughs & ridge) εμφανίζονται σε χάρτες καιρού που αναφέρονται σε ανώτερες στάθμες της ατμόσφαιρας από τα 850 hPa και πάνω



Πηγή: https://en.m.wikipedia.org/wiki/Inverted_trough#Inverted_trough

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ - ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΙΕΣΗΣ

Βαρομετρικό υψηλό (High, H): Κλειστές ισοβαρείς καμπύλες (κυκλικές ή ελλειπτικές) με την ατμοσφαιρική πίεση αυξανόμενη από την περιφέρεια προς το κέντρο (**αντικυκλώνας**). Αν οι ισοβαρείς επιμηκύνονται προς ορισμένη κατεύθυνση σαν σφήνες ή γλώσσες, τότε το τμήμα αυτό της βαρομετρικής διάταξης ονομάζεται σφήνα έξαρσης (**ridge**)



Βαρομετρικό χαμηλό (Low, L): Κλειστές ισοβαρείς καμπύλες (κυκλικές ή ελλειπτικές) με την ατμοσφαιρική πίεση ελαττούμενη από την περιφέρεια προς το κέντρο (**ύφεση, κυκλώνας, κυκλώνας τροπικών**). Αν οι ισοβαρείς εμφανίζουν μορφή επιμήκων γλωσσών, η διαταραχή ονομάζεται σφήνα ύφεσης ή αυλώνας (**trough**)

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ - ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΙΕΣΗΣ

ΑΝΤΙΚΥΚΛΩΝΑΣ	ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΗ ΣΦΗΝΑ
ΥΦΕΣΗ	ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΘΥΛΑΚΑΣ
ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΟΣ ΛΑΙΜΟΣ	ΔΕΥΤΕΡΕΥΟΥΣΑ ΥΦΕΣΗ

Η ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ

- Πολλοί σταθμοί βρίσκονται σε μεγάλο υψόμετρο και έτσι συμφωνήσαμε να ανάγουμε την πίεση στην επιφάνεια της θάλασσας

- Ακολουθούμε τον εξής κανόνα:

Στο κατώτερο κομμάτι της ατμόσφαιρας η πίεση μειώνεται κατά 10 mb / 100 m ή η αναγωγή γίνεται βάσει της σχέσης

$$P(z) = P_0 10^{-\frac{z}{17}}$$

- Έτσι, αποτυπώνεται η πραγματική οριζόντια μεταβολή της σε μια ευρεία περιοχή ανεξάρτητα από το ανάγλυφο της

- Στους χάρτες καιρού επιφανείας η πίεση είναι ανηγμένη στην επιφάνεια της θάλασσας **sea-level pressure (SLP)**

ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΩΤΕΡΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

Η πίεση θα πρέπει να μειώνεται καθώς κινούμαστε προς τα βόρεια (ψυχρότερα)

Η ισοβαρής καμπύλη των 500 mb βρίσκεται σε διαφορετικά ύψη (σε μεγαλύτερα στα νότια και σε μικρότερα στα βόρεια)



Αντί των ισοβαρών καμπυλών σε ένα ύψος χαράσσουμε τις ισοπληθείς καμπύλες του ύψους (**ισοϋψείς** ή **contour lines**) σε μια επιφάνεια σταθερής πίεσης π.χ. στα 500 mb

ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΩΤΕΡΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

Η πίεση θα πρέπει να μειώνεται καθώς κινούμαστε προς τα βόρεια (ψυχρότερα)

Η ισοβαρής καμπύλη των 500 mb βρίσκεται σε διαφορετικά ύψη (σε μεγαλύτερα στα νότια και σε μικρότερα στα βόρεια)



Αντί των ισοβαρών καμπυλών σε ένα ύψος χαράσσουμε τις ισοπληθείς καμπύλες του ύψους (**ισοϋψείς** ή **contour lines**) σε μια επιφάνεια σταθερής πίεσης π.χ. στα 500 mb

ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΩΤΕΡΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

- **Ισοϋψείς ή contour lines:** οι καμπύλες που ενώνουν όλους τους τόπους (σημεία) πάνω από τους οποίους μια ορισμένη ισοβαρική επιφάνεια βρίσκεται στο ίδιο ύψος
- **Χάρτες καιρού ανώτερης ατμόσφαιρας:** προκύπτει από τη χάραξη ισοϋψών σε μια ισοβαρική επιφάνεια
Γενικά, οι χάρτες καιρού καθ' ύψος χαράσσονται πάνω σε ισοβαρικές επιφάνειες
- Τα μεγαλύτερα ύψη συναντώνται στις νότιες περιοχές που είναι θερμότερες
- Τα μικρότερα ύψη συναντώνται βόρεια που είναι ψυχρότερα
- Σε μια ισοβαρική επιφάνεια γενικά ο άνεμος πνέει παράλληλα με τις ισοϋψείς με τα χαμηλά ύψη στα αριστερά

ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΩΤΕΡΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

Τα ύψη είναι μεγαλύτερα στα Νότια όπου είναι πιο θερμά

Ενώ είναι μικρότερα στα Βόρεια που είναι ψυχρά

1000 mb → 0 – 100 m

850 mb → ~ 1500 m

500 mb → 5000-5500 m

300 mb → ~ 9000 m

100 mb → ~ 16000 m

ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΩΤΕΡΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

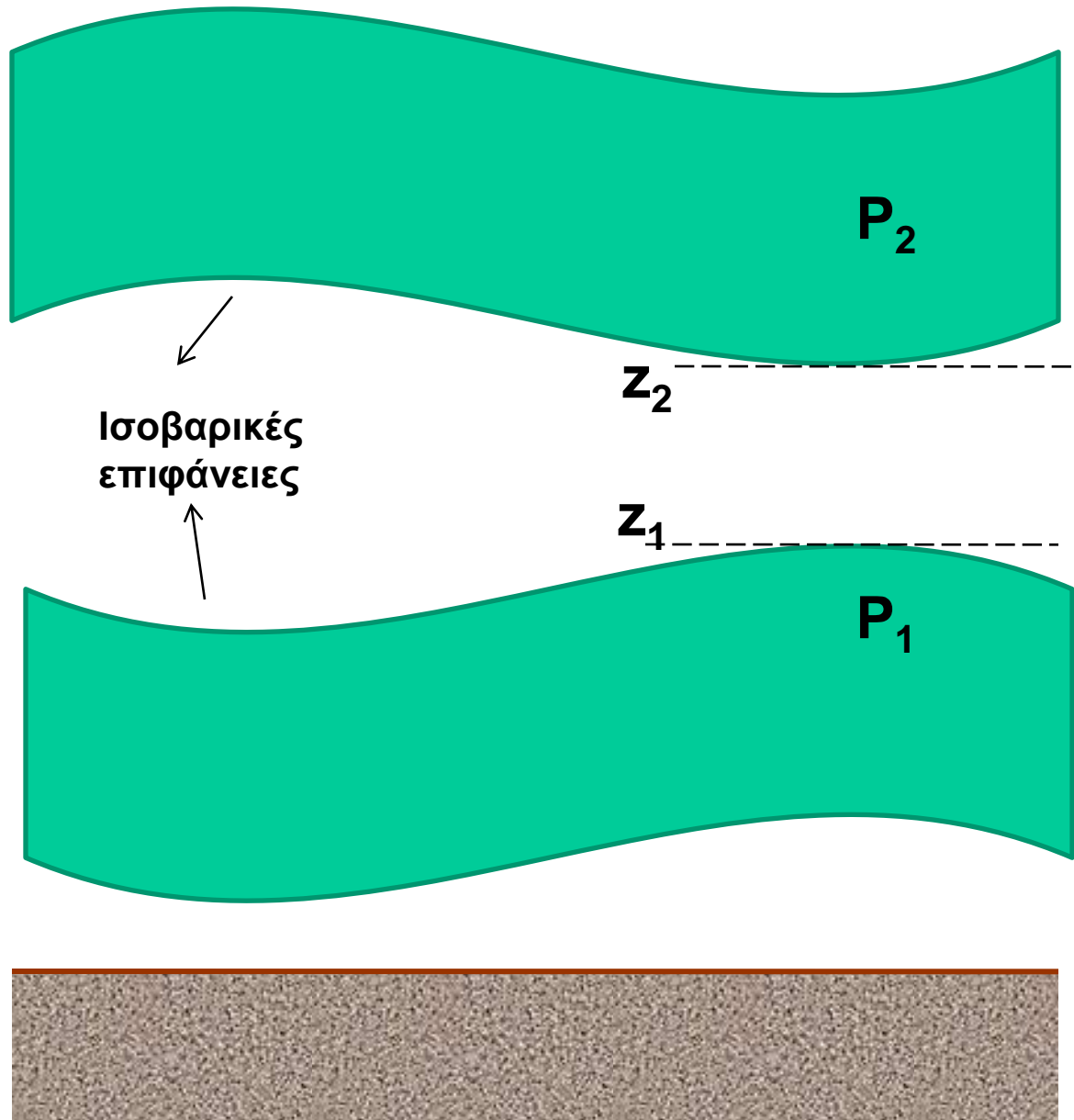
500 hPa

Επιφάνεια (1000 hPa)

- Ridge στην ανώτερη ατμόσφαιρα συνδέεται με εμφάνιση χαμηλού στην επιφάνεια
 - Trough στην ανώτερη ατμόσφαιρα συνδέεται με την εμφάνιση υψηλών πιέσεων (αντικυκλώνα) στην επιφάνεια
- Τα συστήματα πίεσης στην ανώτερη ατμόσφαιρα καθορίζουν τον καιρό στην επιφάνεια
- Οι **χάρτες καιρού ανώτερης ατμόσφαιρας** σε συνδυασμό με τους **χάρτες καιρού επιφανείας** αποτελούν το σημαντικότερο εργαλείο πρόγνωσης καιρού

ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΩΤΕΡΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ - ΙΣΟΠΑΧΕΙΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

- Κατά την εξαγωγή της Βαρομετρικής Εξίσωσης έχουμε



Υδροστατική Εξίσωση: $dp = -\rho(z) \cdot g \cdot dz$

Καταστατική Εξίσωση: $\rho(z) = \frac{M_{\text{αέρα}} p(z)}{RT(z)}$

$$\Rightarrow \int_{P_1}^{P_2} d(\ln P) = -\frac{\bar{g}}{R \cdot \bar{T}} \int_{z_1}^{z_2} dz \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \ln \frac{P_2}{P_1} = -\frac{\bar{g}}{R \cdot \bar{T}} (z_2 - z_1) \Rightarrow$$

$$\Rightarrow (z_2 - z_1) = \Delta z = \frac{R \cdot \bar{T}}{\bar{g}} \ln \frac{P_1}{P_2}$$

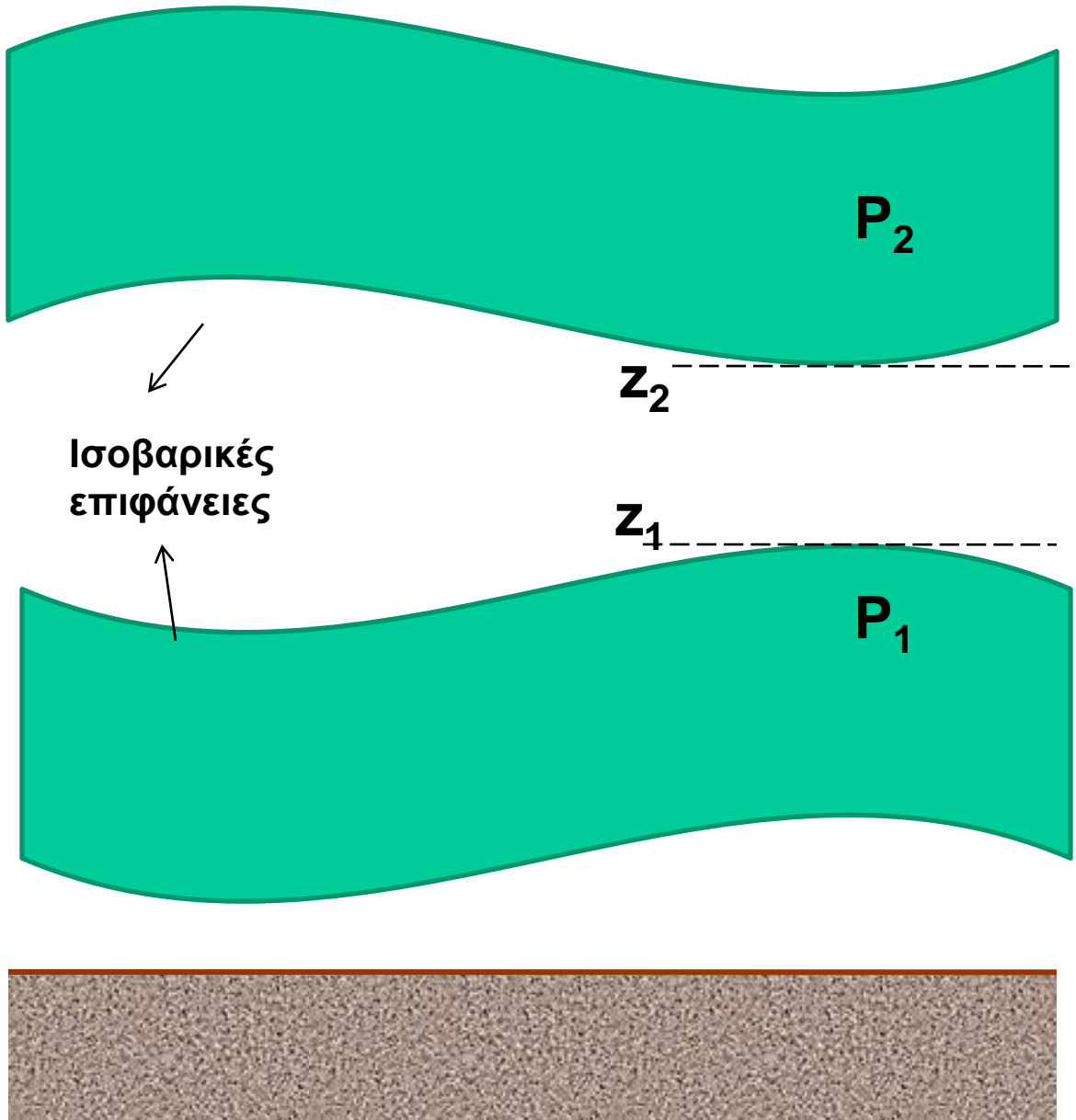
ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΩΤΕΡΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ - ΙΣΟΠΑΧΕΙΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

- Κατά την εξαγωγή της Βαρομετρικής Εξίσωσης έχουμε

$$(z_2 - z_1) = \Delta z = \frac{R \cdot \bar{T}}{\bar{g}} \ln \frac{P_1}{P_2}$$



Ισοβαρικές
επιφάνειες



- Δίνει την **υψομετρική διαφορά** δύο ισοβαρικών επιφανειών ή το **πάχος** του ατμοσφαιρικού στρώματος μεταξύ δύο ισοβαρικών επιφανειών, τα οποία
 - τα οποία είναι ανάλογα της μέσης θερμοκρασίας (T) του στρώματος
 - Αν σε μία στάθμη μέσα στην ατμόσφαιρα ενώσουμε όλους τους τόπους που έχουν το **ίδιο πάχος του αερίου στρώματος** μεταξύ των ισοβαρικών επιφανειών P_1 και P_2 προκύπτει ένας χάρτης του οποίου οι καμπύλες καλούνται **ισοπαχείς (thickness contours)** που επίσης είναι προγνωστικός

ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙΡΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΩΤΕΡΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ - ΙΣΟΠΑΧΕΙΣ ΚΑΜΠΥΛΕΣ

- Αν η πρώτη ισοβαρική επιφάνεια βρίσκεται στη μέση στάθμη της θάλασσας (P_0 , ~ 1000 hPa) τότε η προηγούμενη εξίσωση δίνει το ύψος z της ισοβαρικής επιφάνειας πίεσης P
- Συνήθως στην πρόγνωση καιρού χρησιμοποιούνται χάρτες ισοπαχών (thickness) για τα στρώματα:

1000 hPa – 850 hPa

1000 hPa – 700 hPa

1000 hPa – 500 hPa

- Μια άλλη κατηγορία χαρτών που χρησιμοποιούνται στην πρόγνωση καιρού είναι αυτοί των ισοπληθών καμπυλών **γεωδυναμικού ύψους (geopotential height)**
- Χρησιμοποιούνται αντί των ισουψών καθώς εκφράζουν το γεωμετρικό ύψος διορθωμένο ως προς της μεταβολές της βαρύτητας με το ύψος και το γεωγραφικό πλάτος

ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

- Οι χρονικές μεταβολές της πίεσης χαρακτηρίζονται από μικρό εύρος

Ημερήσια μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης

- Κατά τη διάρκεια μιας κανονικής μέρας η ατμοσφαιρική πίεση εμφανίζει διπλό μέγιστο

○ Πρωτεύον μέγιστο **9:00 – 10:00**

○ Δευτερεύον μέγιστο **21:00 – 22:00**

○ Πρωτεύον ελάχιστο **15:00 – 16:00**

○ Δευτερεύον ελάχιστο **3:00 – 4:00**

Ημερήσιο εύρος →

Νυχτερινό εύρος →

Μεγαλύτερο το
θέρος παρά το
χειμώνα

Μεγαλύτερο το
χειμώνα παρά
το θέρος

=> Κατά μέσο όρο για τον ίδιο σταθμό το άθροισμα του ημερήσιου & νυχτερινού εύρους παραμένει

- Η **μεγαλύτερη** τιμή του **εύρους της ημερήσιας κύμανσης** της ατμοσφαιρικής πίεσης **δεν υπερβαίνει τα 4 hPa** και σημειώνεται πάνω από τον **Ισημερινό**

- Η τιμή του ημερήσιου εύρους μειώνεται με την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους

- Στα μέσα γεωγραφικά πλάτη κατά τη διάρκεια της ψυχρής περιόδου εμφανίζεται και μια **τρίτη κύμανση** γνωστή ως **κύμανση Rykatchef** με πολύ **μικρό εύρος** της τάξης των **0.1 – 0.2 hPa** και **μέγιστο** μεταξύ **1 – 5 τοπική ώρα**

ΧΡΟΝΙΚΕΣ ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

- Οι χρονικές μεταβολές της πίεσης χαρακτηρίζονται από μικρό εύρος

Ετήσια μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης

- Η ετήσια μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης παρουσιάζει μεγαλύτερο εύρος σε σχέση με την ημερήσια. Αυτό είναι της τάξης των 10 hPa στα γεωγραφικά πλάτη των εύκρατων περιοχών

- Πάνω από τις ηπείρους εμφανίζει **χειμερινό μέγιστο** και **θερινό ελάχιστο**. Το **αντίθετο** συμβαίνει πάνω από τους **ωκεανούς**

- Το **εύρος της ετήσιας μεταβολής** της ατμοσφαιρικής πίεσης εμφανίζει τις **μεγαλύτερες τιμές** του στο **εσωτερικό των ηπείρων** (π.χ. στη Σιβηρία είναι της τάξης των 20 – 30 hPa) και **μειώνεται** καθώς μετακινούμαστε προς τις **ακτές** για να γίνει **ελάχιστο** σε **κεντρικές περιοχές των ωκεανών**

- Η **τιμή του ετήσιου εύρους** είναι **μικρή** στον **ισημερινό** και **αυξάνει** με την **αύξηση του γεωγραφικού πλάτους**

- Η ετήσια πορεία της πίεσης είναι ανιχνεύσιμη και σε διάφορα ύψη μέσα στην ατμόσφαιρα. Από ένα ορισμένο ύψος και πάνω η πορεία αυτή αντιστρέφεται. Έτσι, π.χ. κατά το χειμώνα πάνω από τα συστήματα υψηλών πιέσεων όπως στη Σιβηρία και τον Καναδά στην ανώτερη ατμόσφαιρα (π.χ. 300 hPa) συναντώνται συστήματα χαμηλών πιέσεων

Βαρομετρική τάση ονομάζεται η μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης μέσα σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα.

❖ Πρακτικά, το διάστημα αυτό είναι το χρονικό διάστημα των τριών ωρών που μεσολαβούν μεταξύ δύο διαδοχικών μετεωρολογικών παρατηρήσεων.

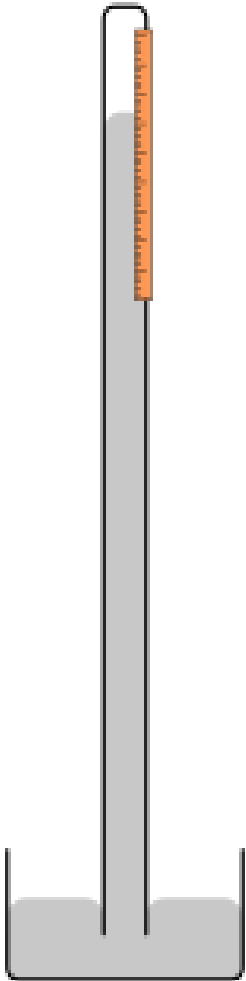
❖ Η εκτίμηση της βαρομετρικής τάσης βοηθά στον καθορισμό των κινήσεων των βαρομετρικών συστημάτων.

ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

- Η πίεση μετράται με τα **βαρόμετρα**

Υδραργυρικό Βαρόμετρο

Η λειτουργία του στηρίζεται στο πείραμα του Torricelli



Μετρήσεις με Υδραργυρικό Βαρόμετρο:

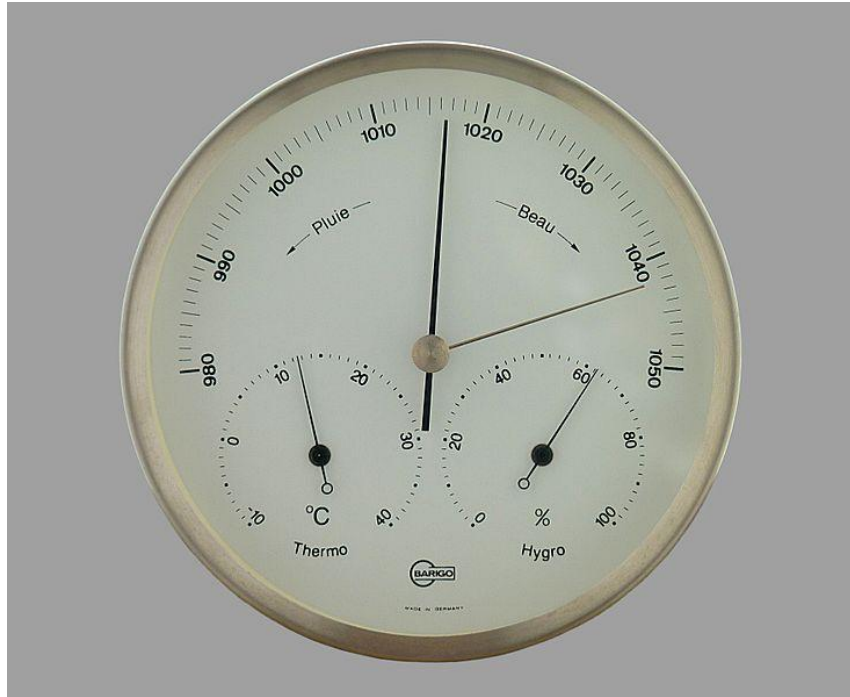
- Τοποθετείται σε χώρο χωρίς τεχνητή θέρμανση και έτσι ώστε να μη δέχεται την επίδραση των ηλιακών ακτίνων
- Ο προσδιορισμός της ατμοσφαιρικής πίεσης πραγματοποιείται ως εξής:
 - ✓ Ευθυγράμμιση του βαρομέτρου
 - ✓ Ανάγνωση της ένδειξης του βαρομέτρου
 - ✓ Ανάγνωση της ένδειξης του θερμομέτρου
 - ✓ Πρόσθεση του σταθερού σφάλματος του οργάνου
 - ✓ Αναγωγή της μέτρησης στην κανονική βαρύτητα
 - ✓ Αναγωγή στους 0 °C
 - ✓ Αναγωγή στη μέση στάθμη της θάλασσας



ΜΕΤΡΗΣΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΚΗΣ ΠΙΕΣΗΣ

Μεταλλικά βαρόμετρα (Aneroid Barometers)

Είναι το βαρόμετρο που χρησιμοποιούμε συνήθως στα σπίτια



Πηγή:

https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aneroid_barometer_J2.jpg

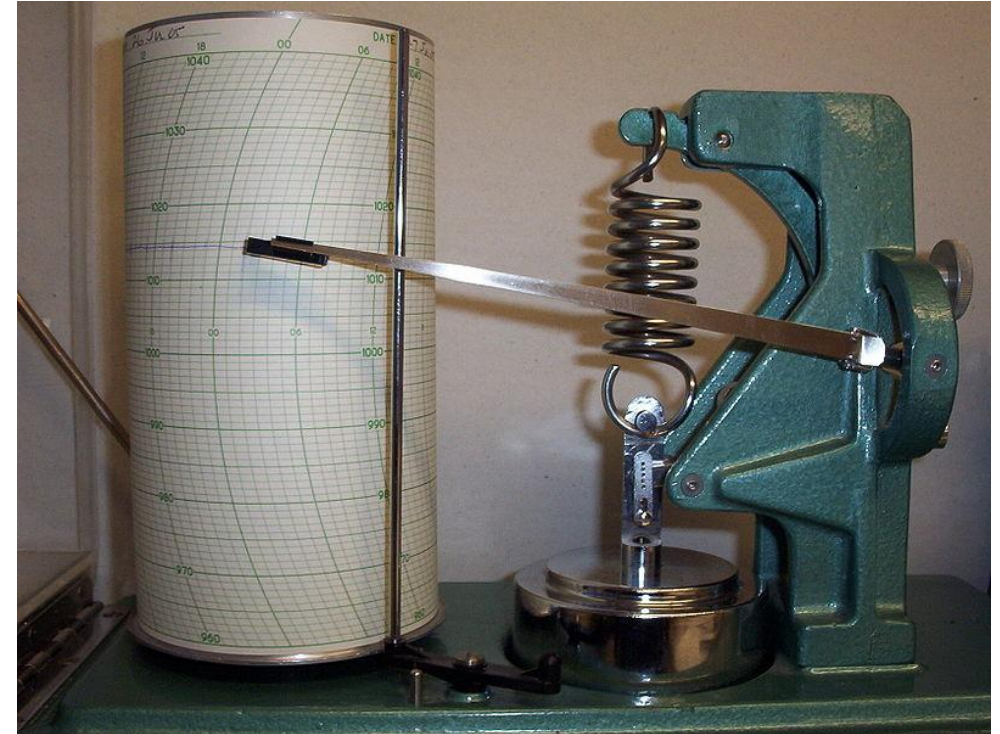
- Ο όγκος της κυψελίδας είναι πολύ ευαίσθητος στις μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης: π.χ. μειώνεται με την αύξηση της
- Δεν είναι τόσο ακριβή όσο τα υδραργυρικά αλλά είναι εύχρηστα και φθηνά



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

Βαρογράφος

- Εξασφαλίζει τη συνεχή καταγραφή της ατμοσφαιρικής πίεσης



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

Αλτίμετρο (Altimeter)

- Είναι aneroid βαρόμετρο αλλά δείχνει ύψος
- Χρησιμοποιείται στα αεροσκάφη



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

Άνεμος

Πως δημιουργείται ο Άνεμος ;

- Λόγω της ανομοιόμορφης κατανομής της ατμοσφαιρικής πίεση στην επιφάνεια της Γης προκαλούνται κινήσεις του αέρα οι οποίες υπόκεινται σε συνεχείς μεταβολές κατά διεύθυνση και ένταση

Διαφορές της πίεσης (Δp) μεταξύ δυο περιοχών που βρίσκονται σε απόσταση (Δx) μεταξύ τους (π.χ. τροπικός-πόλοι, ξηρά-θάλασσα, κλπ.) προκαλούν την κίνηση της ατμόσφαιρας κάτω από την επίδραση του πεδίου βαρύτητας. **Το αποτέλεσμα αυτής της κίνησης είναι ο άνεμος. Οι διαφορές στην πίεση προκαλούνται από την διαφορετική (διαφορική) θέρμανση των περιοχών αυτών. Η ένταση συνεπώς του ανέμου θα πρέπει να σχετίζεται με την οριζόντια βαθμίδα της πίεσης $\Delta p/\Delta x$ (βαροβαθμίδα) μεταξύ των περιοχών. Το πεδίο της ατμοσφαιρικής πίεσης είναι το πλέον κατάλληλο 'εργαλείο' για να περιγράψει τα ατμοσφαιρικά συστήματα ή τις ατμοσφαιρικές διαταραχές.**

- Η κίνηση συμβαίνει πάντοτε από τις περιοχές υψηλών πιέσεων προς τις περιοχές χαμηλών πιέσεων

Άνεμος

- Ο Άνεμος είναι αποτέλεσμα διαφόρων δυνάμεων που δρουν σε μια μάζα αέρα
- Σύμφωνα με το 2^ο νόμο του Newton έχουμε:

$$\Sigma \vec{F} = m \cdot a$$

ΣF : η συνισταμένη των δυνάμεων που ασκούνται στην αέρια μάζα

m : η μάζα του αέρα

a : η επιτάχυνση που αποκτά η αέρια μάζα

- Οι δυνάμεις που ασκούνται σε μια αέρια μάζα μέσα στην ατμόσφαιρα είναι:
 - Δύναμη Βαροβαθμίδας
 - Δύναμη Coriolis
 - Κεντρομόλος Δύναμη
 - Τριβή

Βαροβαθμίδα: η μεταβολή της πίεσης σε μια ορισμένη απόσταση

- Μέγεθος Βαροβαθμίδας

Παριστάνεται από το διάστημα μεταξύ των ισοβαρών:

-Όταν οι ισοβαρείς είναι σχετικά αραιές
⇒ η βαροβαθμίδα είναι ασθενής

-Όταν οι ισοβαρείς είναι πολύ κοντά η μία στην άλλη (πυκνές) ⇒ η βαροβαθμίδα είναι σημαντική

Άνεμος - Δύναμη Βαροβαθμίδα

- Μέγεθος: καθορίζεται από τη βαροβαθμίδα

$$F_P = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{d\eta}$$

όπου

ρ = πυκνότητα του αέρα

Δp = μεταβολή πίεσης

$\Delta \eta$ = απόσταση των ισοβαρών

- Διεύθυνση-φορά:

✓ κατευθύνεται ΠΑΝΤΑ από τις **υψηλές** πιέσεις προς τις **χαμηλές** και είναι **κάθετη** στις ισοβαρείς καμπύλες

Άνεμος - Δύναμη Βαροβαθμίδας

Διεύθυνση-φορά:

✓ κατευθύνεται ΠΑΝΤΑ από τις **υψηλές** πιέσεις προς τις **χαμηλές** και είναι **κάθετη** στις ισοβαρείς καμπύλες

✓ **Χαμηλά:** κατευθύνεται προς το κέντρο των χαμηλών πιέσεων

✓ **Υψηλά:** κατευθύνεται προς τα έξω από το κέντρο των υψηλών πιέσεων

Άνεμος - Δύναμη Βαροβαθμίδας

Όσο πιο πυκνές είναι οι ισοβαρείς καμπύλες τόσο ισχυρότερη είναι η βαροβαθμίδα

Μέγεθος βαροβαθμίδας: συνήθως είναι μεγαλύτερο γύρω από τα συστήματα χαμηλών πιέσεων

Άνεμος - Δύναμη Βαροβαθμίδας

Άνεμος - Δύναμη Coriolis

$$F_c = 2 m \Omega V \sin\varphi$$

- Αποτέλεσμα της περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονα της είναι η δημιουργία μιας δύναμης, γνωστή ως δύναμη **Coriolis**, η οποία προκαλεί μία φαινομενική παρεκτροπή των μορίων του ατμοσφαιρικού αέρα που κινούνται.
- Η φαινομενική αυτή εκτροπή είναι προς τα **δεξιά** στο **Βόρειο Ημισφαίριο** και προς τα αριστερά στο **Νότιο**.

Άνεμος - Δύναμη Coriolis



$$F_c = 2 m \Omega V \sin\varphi$$

- Η επίδραση της δύναμης Coriolis είναι μεγαλύτερη στους πόλους
- Η επίδραση της δύναμης Coriolis είναι μηδέν στον Ισημερινό
- Όσο μεγαλύτερη είναι η ταχύτητα V της αέριας μάζας τόσο πιο έντονη είναι η εκτροπή λόγω της επίδρασης της δύναμης Coriolis
- Η δύναμη Coriolis επιδρά μόνο στη διεύθυνση της κίνησης και όχι στην ταχύτητα

Πηγή: <https://pixabay.com/en/globe-earth-world-globalization-895580>

- Δεν επιδρά σε μικρής κλίμακας κινήσεις π.χ. σε ανέμους τοπικής κλίμακας (π.χ. θαλάσσια αύρα)
- Επιδρά σε σώματα που κινούνται σχετικά με τη Γη και όχι σε σώματα που είναι συνδεδεμένα με τη Γη

Άνεμος - Δύναμη Coriolis

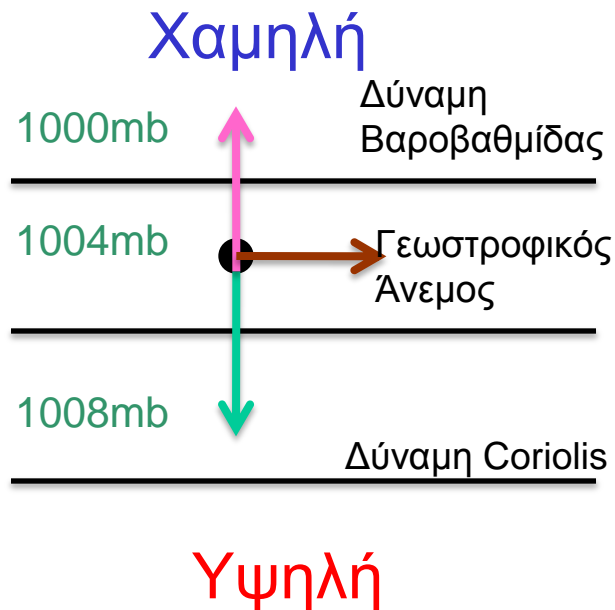
1. Αρχικά η μάζα αέρα είναι ακίνητη στη θέση 1. Σύμφωνα με τη δύναμη βαροβαθμίδας θα πρέπει να κινηθεί προς τα βόρεια
 2. Το σώμα έχει αποκτήσει μια μικρή ταχύτητα. Έχει εκτραπεί προς τα δεξιά λόγω της δύναμης Coriolis αλλά η δύναμη Βαροβαθμίδας εξακολουθεί να είναι μεγαλύτερη
 3. Η ταχύτητα του αυξάνει, η δύναμη Coriolis έχει γίνει μεγαλύτερη και έχει εκτραπεί περισσότερο προς τα δεξιά
 4. Έχει πλέον αποκτήσει διεύθυνση από τα δυτικά προς τα ανατολικά και η δύναμη Βαροβαθμίδας είναι ίση με τη δύναμη Coriolis
- Όταν οι ισοβαρείς είναι παράλληλες 'γραμμές' και μόνο δύο δυνάμεις δρούν πάνω σε μια μάζα αέρα (η Coriolis και η Βαροβαθμίδας) τότε ο άνεμος που δημιουργείται λέγεται **Γεωστροφικός**

Γεωστροφικός Άνεμος - Γεωστροφική Ροή

• **Γεωστροφικός Άνεμος:** είναι ΠΑΝΤΑ παράλληλος προς τις ισοβαρείς καμπύλες και είναι αποτέλεσμα του ότι:

- η δύναμη Βαροβαθμίδας ισούται με τη δύναμη Coriolis αλλά είναι αντιθέτου φοράς

$$\Sigma F = 0 \Rightarrow F_P + F_C = -\frac{1}{\rho} \frac{dp}{d\eta} + 2m\Omega V_g \sin \phi = 0 \Rightarrow$$



$$V_g = \frac{1}{2\rho\Omega \sin \phi} \frac{dp}{d\eta}$$

• Η ένταση του Γεωστροφικού Ανέμου καθορίζεται από το μέγεθος της Δύναμης Βαροβαθμίδας δηλ. το μέγεθος της Βαροβαθμίδας

• Όταν η ροή είναι παράλληλη προς προσεγγιστικά ευθείες ισοβαρείς, τότε η Ροή καλείται Γεωστροφική

Άνεμος - Φυγόκεντρος Δύναμη

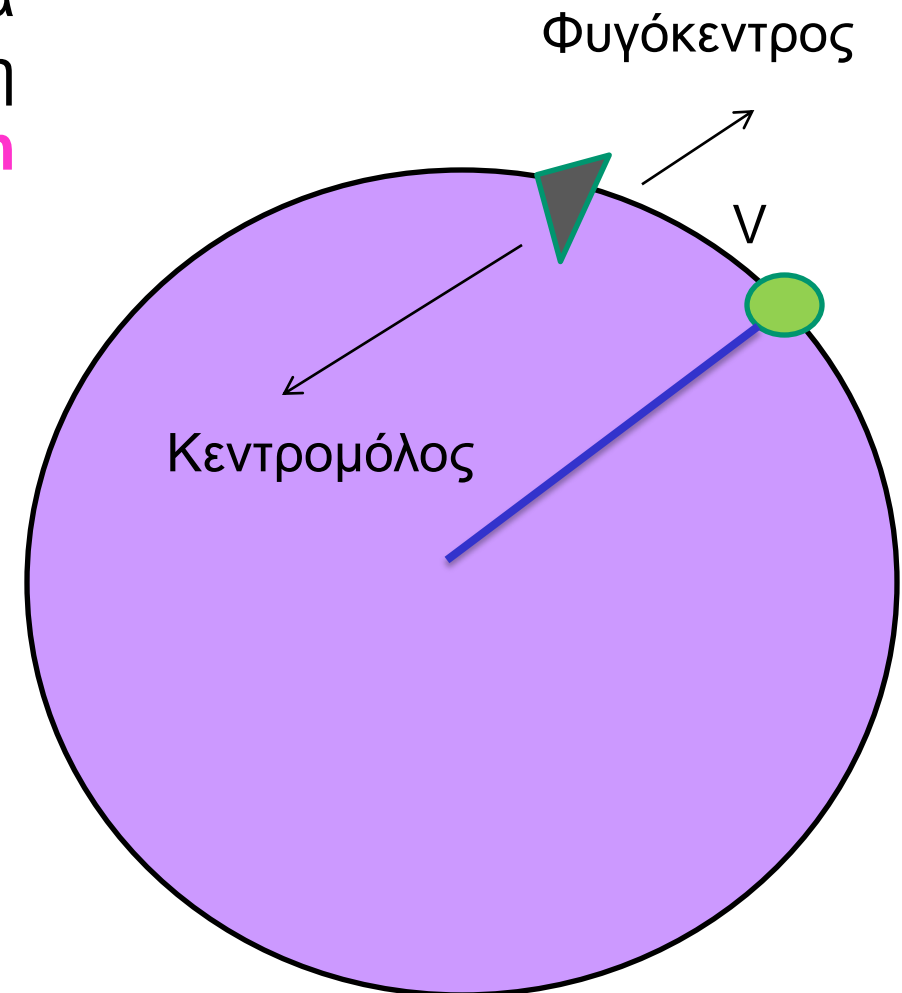
Τι συμβαίνει όταν οι Ισοβαρείς είναι Καμπύλες Γραμμές ;

Όπως είναι η περίπτωση Συστημάτων Υψηλών και Χαμηλών Πιέσεων

• Όταν οι ισοβαρείς καμπυλώνει \Rightarrow και η Ροή καμπυλώνει \Rightarrow ο άνεμος δεν κινείται πλέον ευθύγραμμα αλλά ακολουθεί καμπύλη τροχιά \Rightarrow θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η **Φυγόκεντρος Δύναμη** ή η **Κεντρομόλος** ($m V^2 / r$)

• Οπότε πρέπει να θεωρηθούν οι δυνάμεις:

- ✓ Δύναμη Βαροβαθμίδας
- ✓ Δύναμη Coriolis
- ✓ Κεντρομόλος Δύναμη (ή αντίστοιχα τη Φυγόκεντρο)



Άνεμος Βαροβαθμίδας

Τι συμβαίνει όταν οι Ισοβαρείς είναι Καμπύλες Γραμμές ;

Όπως είναι η περίπτωση Συστημάτων **Υψηλών** και **Χαμηλών** Πιέσεων

$$V^2 + 2rV\Omega \sin \varphi - \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dn} = 0 \quad \text{Κυκλωνικές ισοβαρείς}$$

$$V^2 - 2rV\Omega \sin \varphi + \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dn} = 0 \quad \text{Αντικυκλωνικές ισοβαρείς}$$

Άνεμος Βαροβαθμίδας

• Αν $F_c \ll \Rightarrow F_p = F_f \Rightarrow V_c^2 = \frac{1}{\rho} \frac{dp}{dn}$ Κυκλοστροφικός Άνεμος

Άνεμος - Δύναμη Τριβής

- Η Δύναμη Τριβής είναι ΠΑΝΤΑ αντίθετη προς τη φορά της κίνησης

$$F_T = \mu V$$

Όπου:

F_T = οριζόντια δύναμη τριβής

μ = συντελεστής τριβής

V = ταχύτητα ανέμου

$$F_K = \mu \frac{SV}{n}$$

F_K = κάθετη δύναμη τριβής μεταξύ
διαδοχικών στρωμάτων της ατμόσφαιρας

S = επιφάνεια στρώματος

n = απόσταση στρωμάτων

- Το μέγεθος της Δύναμης Τριβής εξαρτάται από την Τραχύτητα του εδάφους

Άνεμος - Δύναμη Τριβής

- Η Δύναμη Τριβής είναι ΠΑΝΤΑ αντίθετη προς τη φορά της κίνησης

$$F_T = \mu V$$

Όπου:

F_T = οριζόντια δύναμη τριβής

μ = συντελεστής τριβής

V = ταχύτητα ανέμου

$$F_K = \mu \frac{SV}{n}$$

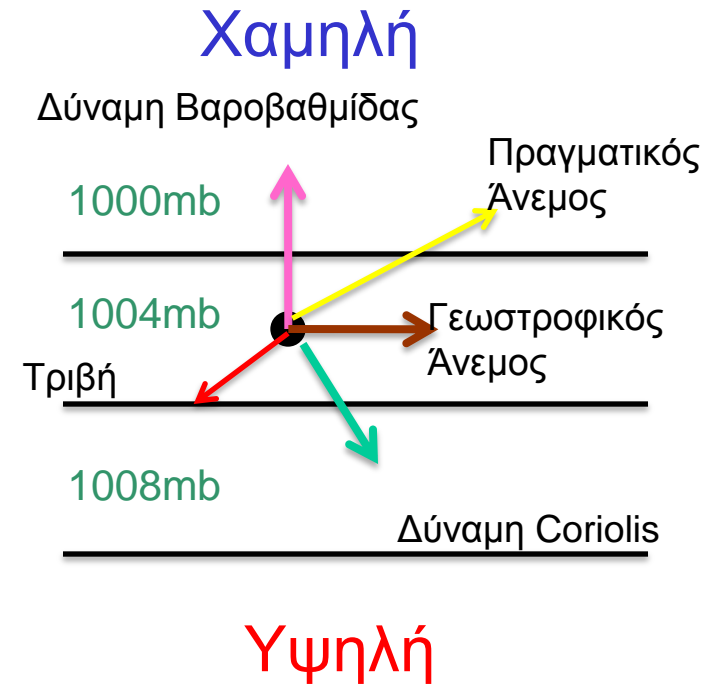
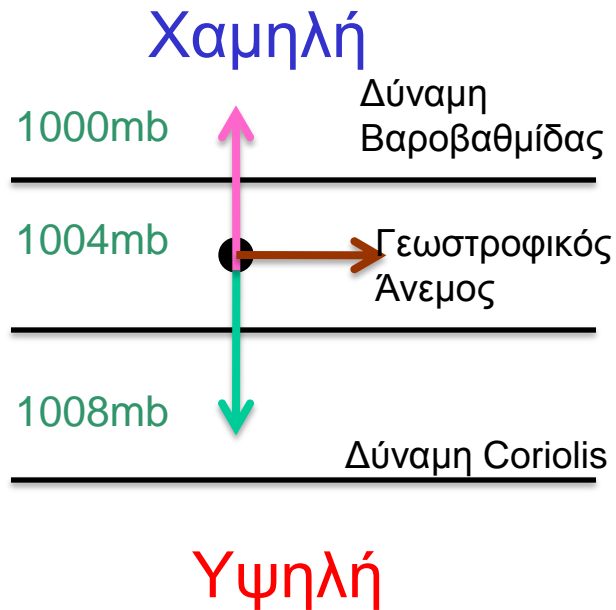
F_K = κάθετη δύναμη τριβής μεταξύ διαδοχικών στρωμάτων της ατμόσφαιρας

S = επιφάνεια στρώματος

n = απόσταση στρωμάτων

- Το μέγεθος της Δύναμης Τριβής εξαρτάται από την Τραχύτητα του εδάφους

Άνεμος - Δύναμη Τριβής



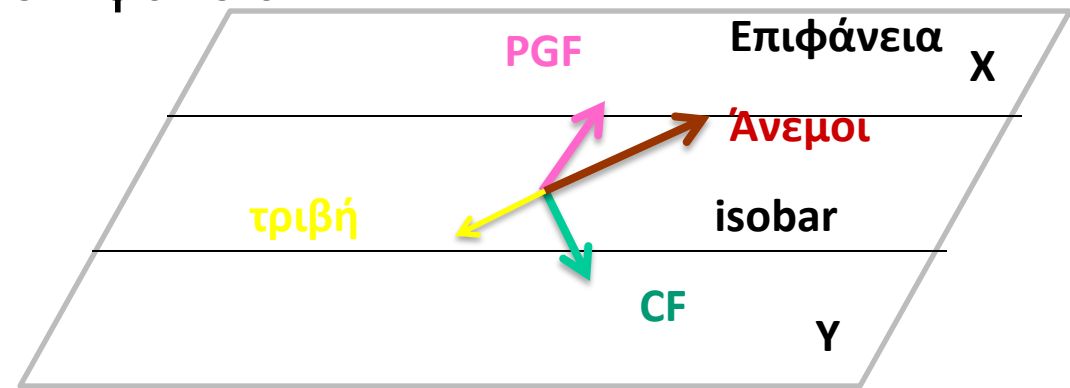
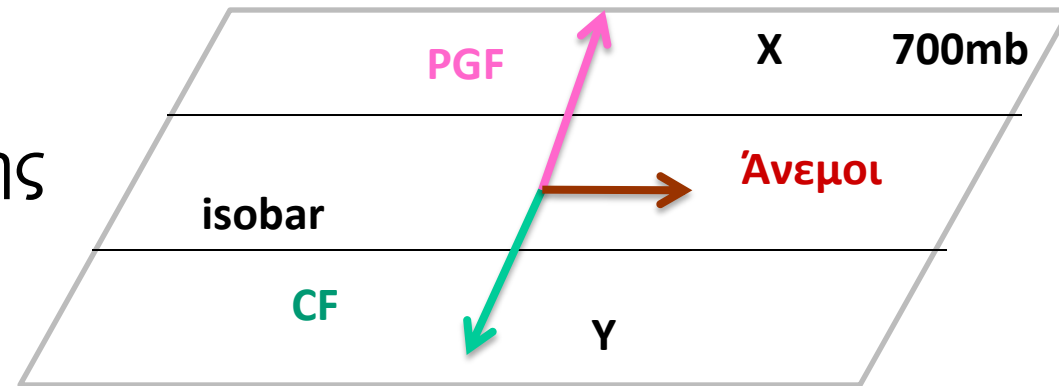
- Η Δύναμη Τριβής έχει σαν αποτέλεσμα ο Άνεμος να τέμνει τις Ισοβαρείς κατευθυνόμενος προς τις χαμηλές πιέσεις

Άνεμος - Επίδραση της Δύναμης Τριβής

- Η επίδραση της Δύναμης τριβής είναι μεγαλύτερη κοντά στην επιφάνεια της Γης και γενικά

- Γίνεται αισθητή μέσα σε εκείνο το στρώμα της ατμόσφαιρας που καλείται **Οριακό Στρώμα**

- Το Οριακό Στρώμα εκτείνεται από την επιφάνεια μέχρι το ύψος των **1 – 1,5 km**



- Γενικά, πάνω από τη στάθμη των **850 mb** ο αέρας δεν 'αισθάνεται' την επίδραση της δύναμης Τριβής και ο Άνεμος είναι είτε Γεωστροφικός είτε Άνεμος Βαροβαθμίδας

Άνεμος - Επίδραση της Δύναμης Τριβής

Επίδραση της Δύναμη Τριβής σε Υψηλά και Χαμηλά Συστήματα Πίεσης

• Λόγω της Επίδρασης της Δύναμης Τριβής ο Άνεμος τέμνει τις κλειστές Ισοβαρείς καμπύλες και

➤ **Χαμηλά:** παρατηρείται **σύγκλιση (convergence)** του Ανέμου προς το κέντρο με συνέπεια ο αέρας να ανέρχεται και να δημιουργούνται **ανοδικές κινήσεις** κατά την κατακόρυφο

➤ **Υψηλά:** παρατηρείται **απόκλιση (divergence)** του Ανέμου από το κέντρο του συστήματος με συνέπεια αέρας να πρέπει να κατέλθει από ψηλά ώστε να τον αναπληρώσει και να δημιουργούνται έτσι **καθοδικές κινήσεις** κατά την κατακόρυφο

Άνεμος - Δυνάμεις που καθορίζουν τους ανέμους

⇒ Επίδραση **μόνο** της δύναμης **Βαροβαθμίδας**

⇒ Επίδραση της δύναμης **Βαροβαθμίδας** και της δύναμης **coriolis**

⇒ Επίδραση των δυνάμεων **Βαροβαθμίδας**, **coriolis** και **Τριβής**

Άνεμος - Επίδραση της Δύναμης Τριβής

- Επομένως περιμένουμε:
 - ✓ Σύστημα Χαμηλών Πιέσεων να συνοδεύεται από δημιουργία νεφών (νεφοκάλυψη) και βροχόπτωση
 - ✓ Σύστημα Υψηλών Πιέσεων να συνοδεύεται από καθαρό ουρανό, ηλιοφάνεια και ευχάριστο καιρό

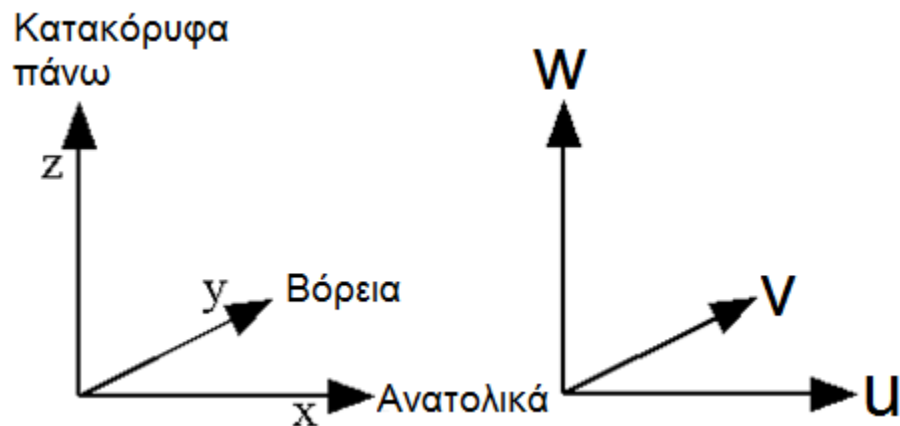
Νόμος Buys – Ballot (Βόρειο Ημισφαίριο)

- Σ' ένα χάρτη καιρού ο άνεμος θα έχει πάντα στα αριστερά του τις χαμηλές πιέσεις
- Ένας παρατηρητής που είναι στραμμένος προς τη διεύθυνση του ανέμου θα έχει τις χαμηλές πιέσεις προς τα δεξιά του και λίγο πίσω ενώ τις υψηλές προς τα αριστερά του και λίγο εμπρός

Άνεμος - Ταχύτητα & Διεύθυνση του Ανέμου

• Ο άνεμος είναι μέγεθος διανυσματικό επομένως, για τον προσδιορισμό του χρειάζεται να γνωρίζουμε

- ταχύτητα
- διεύθυνση



Η ταχύτητα του ανέμου είναι το οριζόντιο διάνυσμα V_H

$$V_H = \sqrt{u^2 + v^2} \quad \tan \phi = \frac{v}{u}$$

u = η ζωνική ταχύτητα (+ προς την ανατολή)

v = η μεσημβρινή ταχύτητα (+ προς βορρά)

w = η κατακόρυφη ταχύτητα (+ προς τα πάνω)

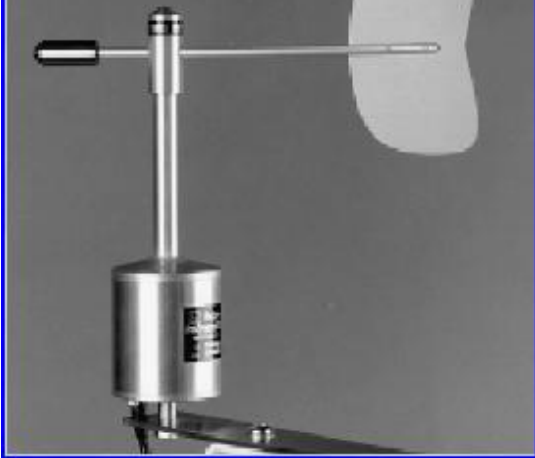
Φ_{vect} = το αζιμούθιο άνυσμα του ανέμου δείχνει τη διεύθυνση **προς** την οποία πνέει ο άνεμος (αυξάνει από τον βορρά κατά την κίνηση των δεικτών του ρολογιού)

Φ_{MET} = η μετεωρολογική διεύθυνση του ανέμου και δείχνει τη διεύθυνση **από** την οποία πνέει ο άνεμος (αυξάνει από τον βορρά κατά την κίνηση των δεικτών του ρολογιού)

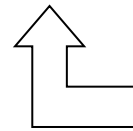
Φ_{POLAR} = το πολικό άνυσμα του ανέμου (αυξάνει από τα ανατολικά αντίθετα από τους δείκτες του ρολογιού)

Άνεμος - Όργανα Μέτρησης του Ανέμου

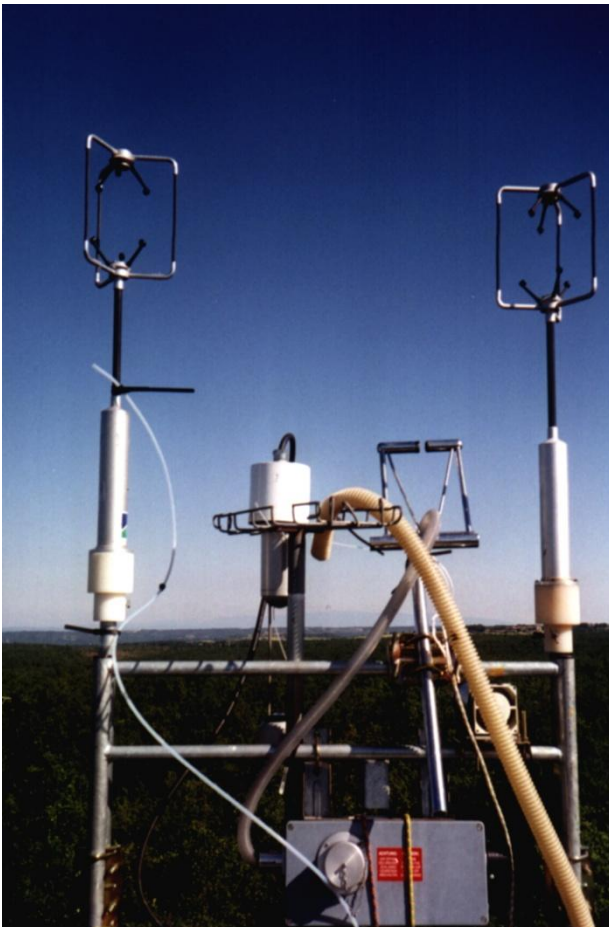
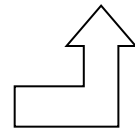
Ανεμοδείκτης



Ανεμόμετρο Έλικας



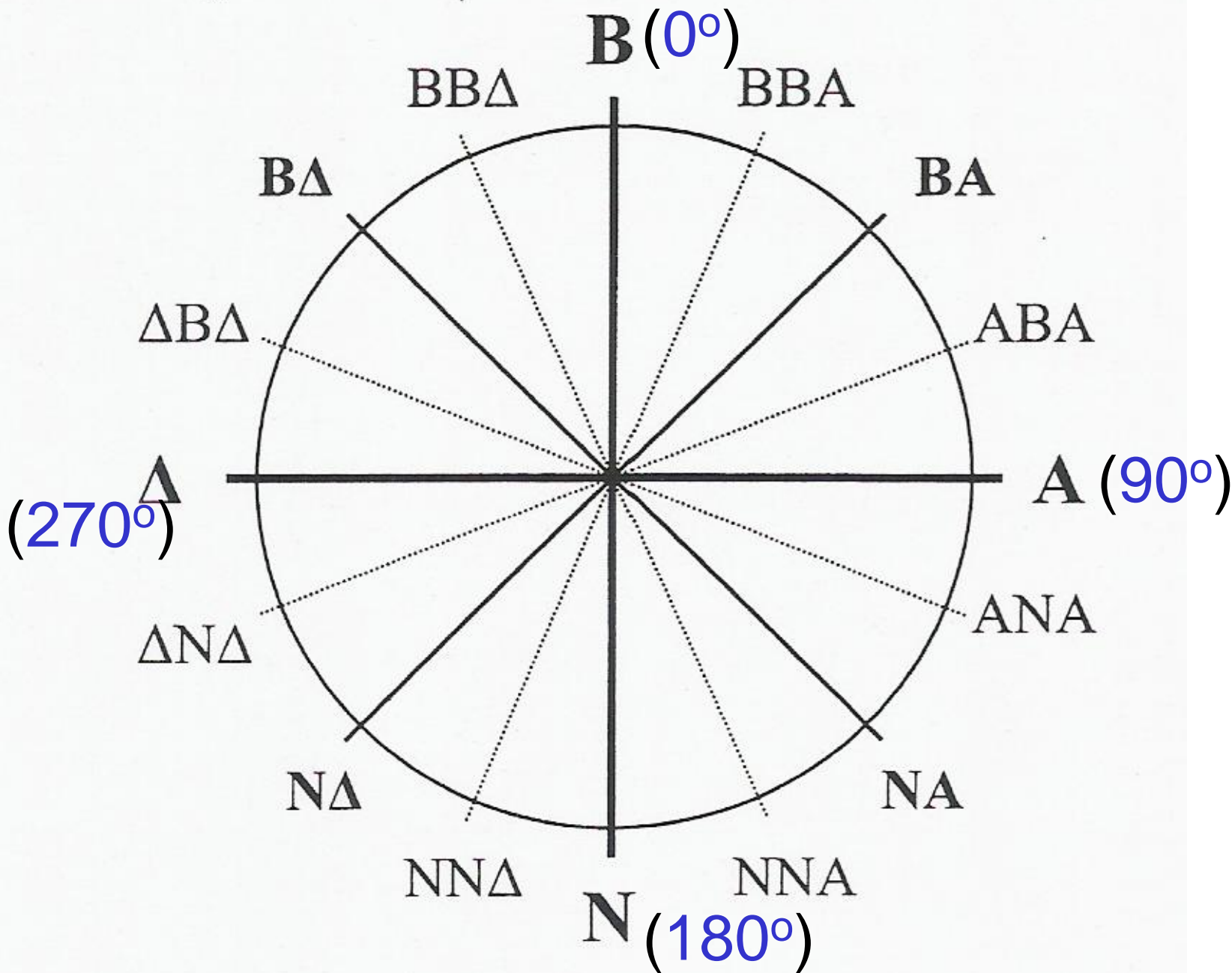
Ηχητικό Ανεμόμετρο



Πηγή: Fotiadi, 2003

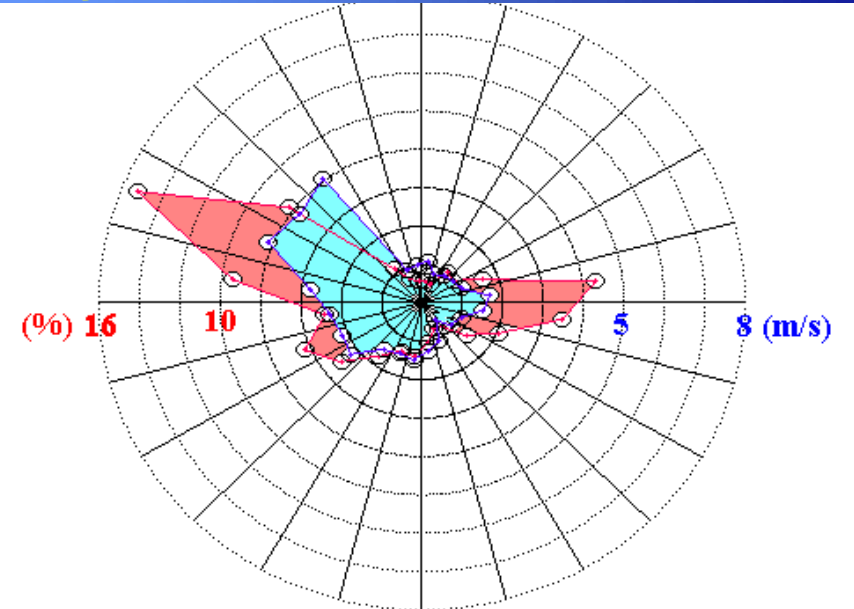
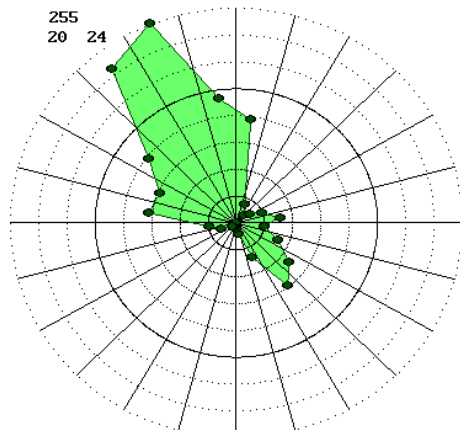
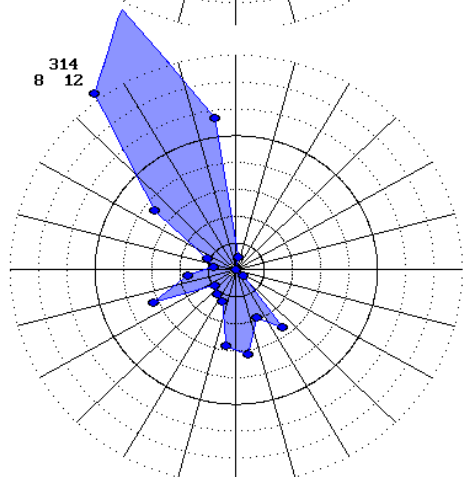
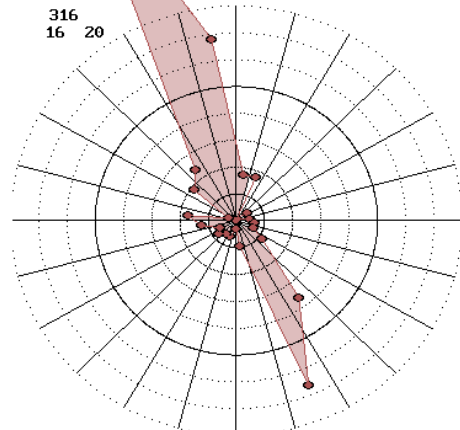
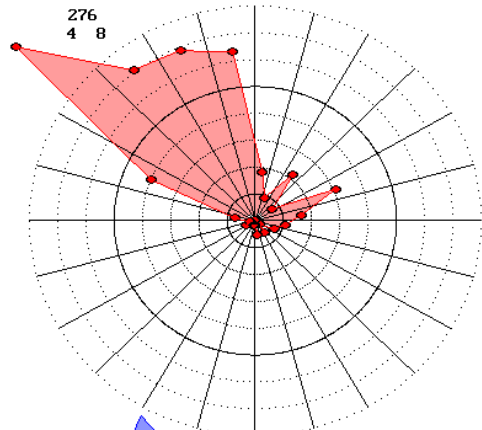
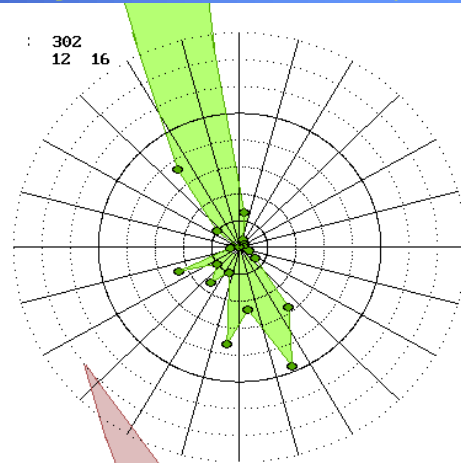
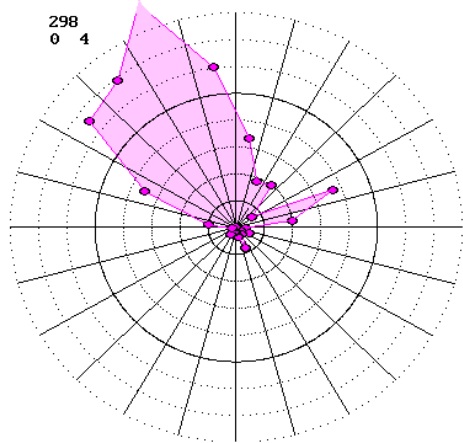
Πηγή: <https://en.wikipedia.org/wiki/Anemometer>

Άνεμος - Διεύθυνση του Ανέμου

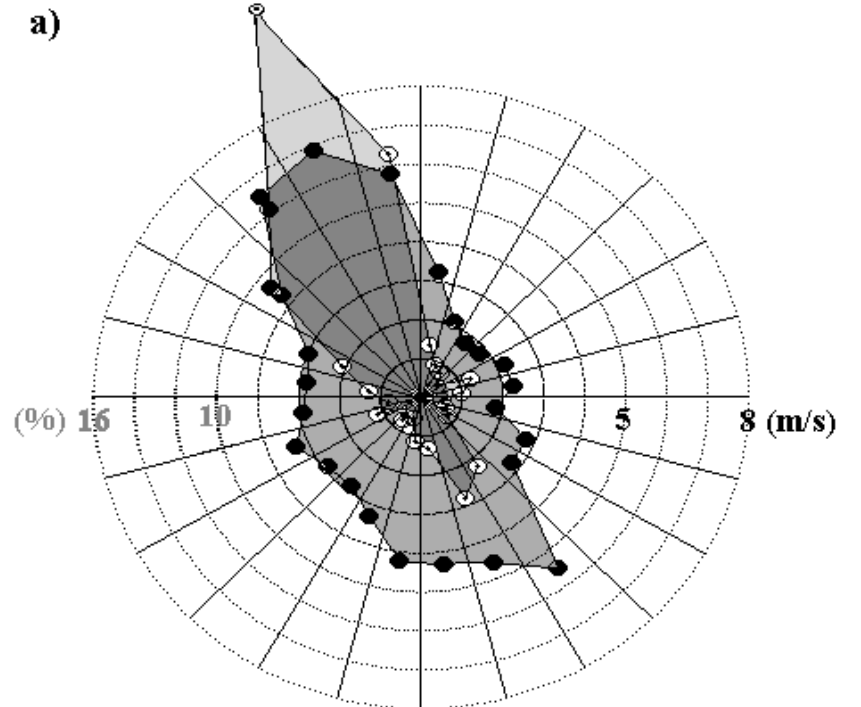


Η διεύθυνση του ανέμου δηλώνει την περιοχή του ορίζοντα απ' όπου πνέει ο άνεμος

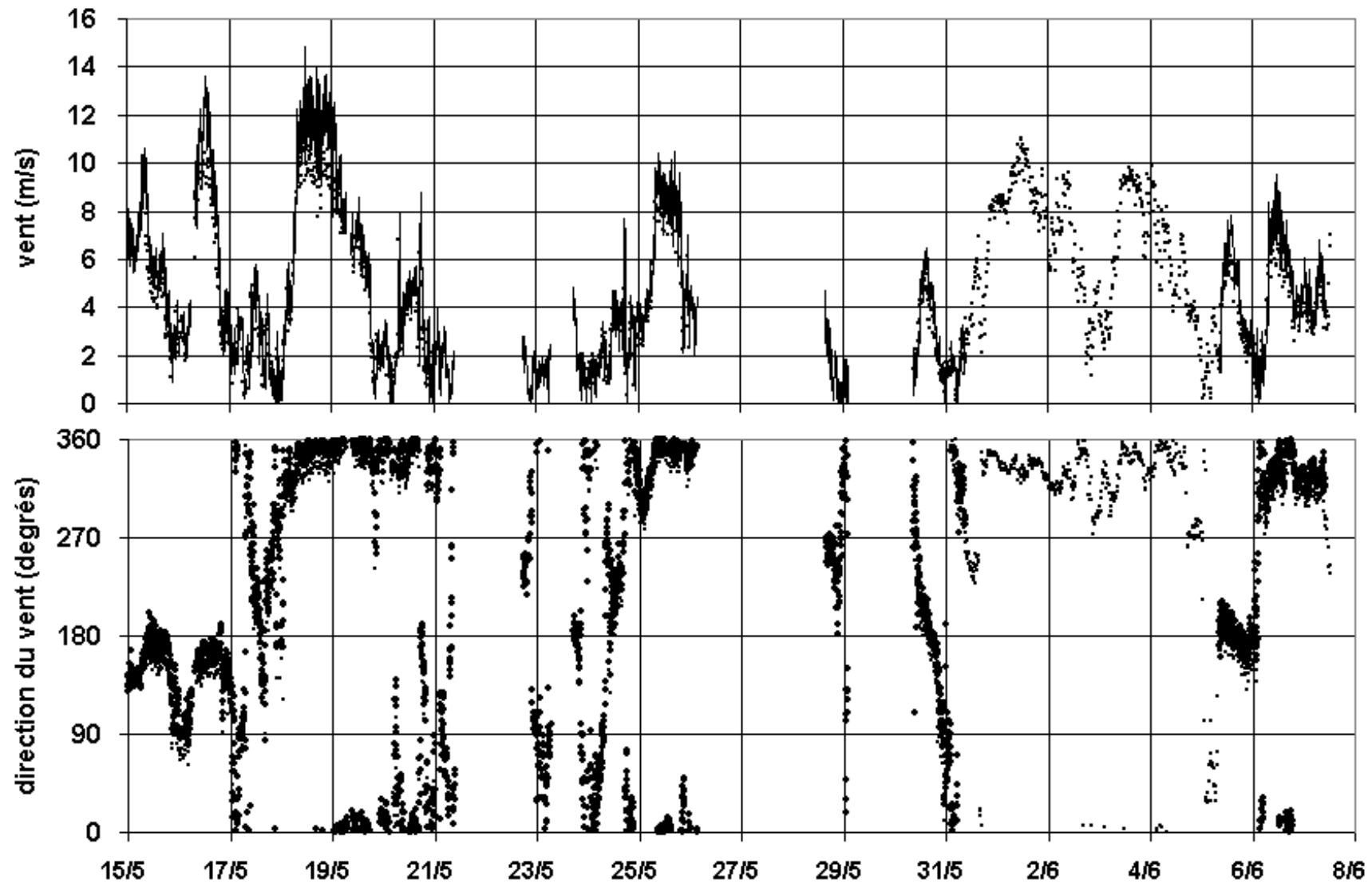
Άνεμος - Ροδόγραμμα ή Ροζέτα Ανέμου



Μαΐς



Άνεμος - Παράδειγμα Μετρήσεων Ταχύτητας & Διεύθυνσης Ανέμου



Πηγή: Fotiadi, 2003

Άνεμος - Ταχύτητα του Ανέμου

- Μονάδες μέτρησης: km / h, m/sec, knots (κόμβοι), beaufort

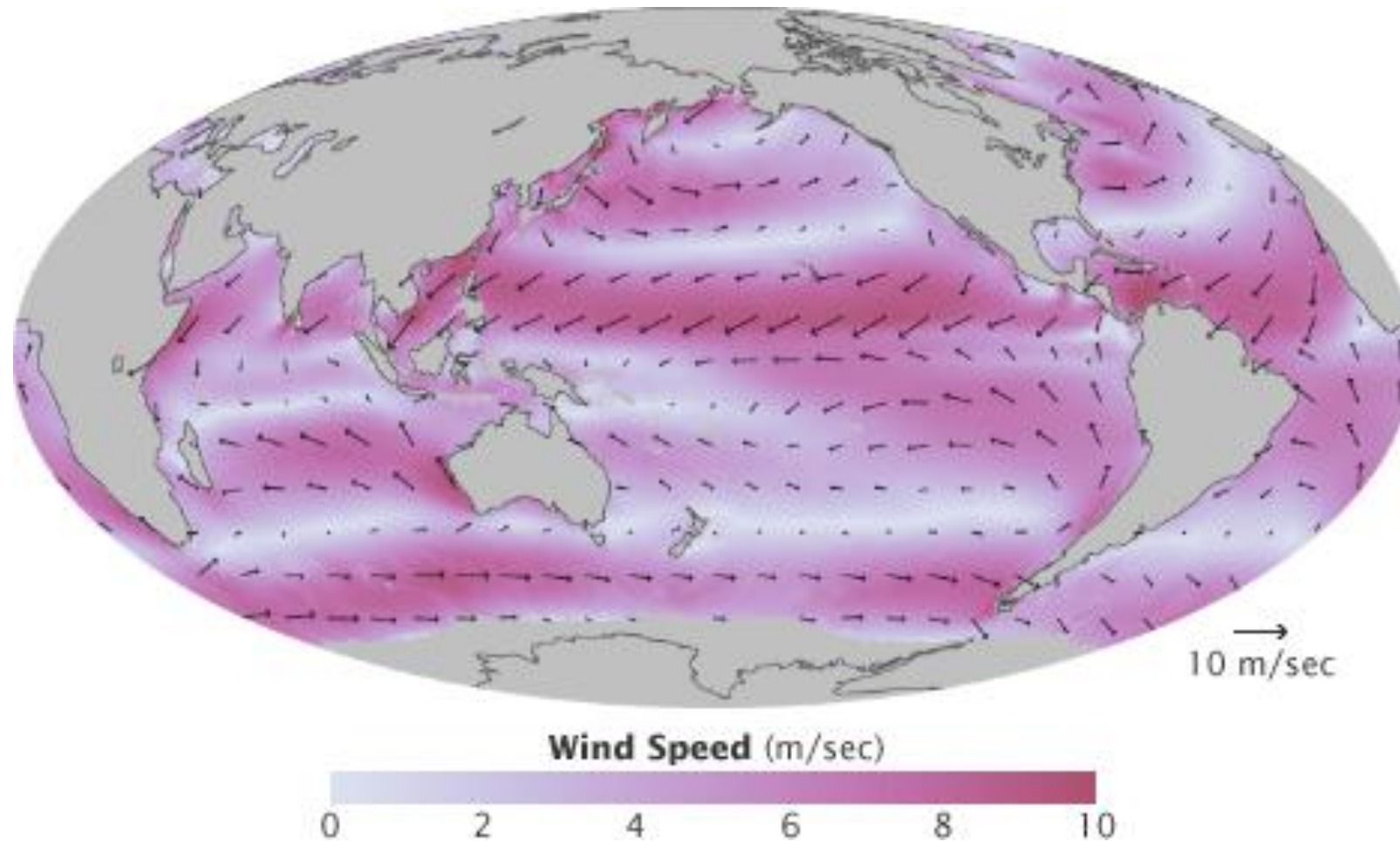
Βαθμοί	Ονομασία	Προσδιορισμός	Ταχύτητα		
			<i>m/s</i>	<i>milles/h</i>	<i>knots</i>
0	Νηνεμία	Ο καπνός ανέρχεται κατακόρυφα.	< 0.4	< 1	< 1
1	Υποπνέων	Ο καπνός ανέρχεται με μικρή κλίση.	0.4 - 1.5	1 - 3	1 - 3
2	Ασθενής	Αισθητός στο πρόσωπο. Θρόισμα φύλλων	1.6 - 3.3	4 - 7	4 - 6
3	Λεπτός	Τα φύλλα και κλωνάρια σε συνεχή κίνηση. Ανεμίζει λεπτή σημαία.	3.4 - 5.4	8 - 12	7 - 10
4	Μέτριος	Σηκώνει σκόνη και φύλλα χαρτιού. Τα μικρά κλαδιά δέντρων κινούνται.	5.5 - 7.9	13 - 18	11 - 16
5	Λαμπρός	Τα μικρά δέντρα λυγίζουν.	8.0 - 10.7	19 - 24	17 - 21
6	Ισχυρός	Τα μεγάλα κλωνάρια δέντρων κινούνται. Ακούγονται συριγμοί στα ηλεκτροφόρα σύρματα. Δύσκολη η χρήση ομπρέλας.	10.8 - 13.8	25 - 31	22 - 27
7	Σφοδρός	Κινεί μεγάλα δέντρα. Το βάδισμα αντίθετα προς τον άνεμο γίνεται με δυσχέρεια.	13.9 - 17.1	32 - 38	28 - 33
8	Ορμητικός	Σπάζει κλωνάρια δέντρων και το βάδισμα γενικά εμποδίζεται.	17.2 - 20.7	39 - 46	34 - 40
9	Θύελλα	Ελαφρές ζημιές στις οικοδομές.	20.8 - 24.4	47 - 54	41 - 47
10	Ισχυρή θύελλα	Ξεριζώνονται δέντρα και προκαλούνται σημαντικές ζημιές στις οικοδομές.	24.5 - 28.4	55 - 63	48 - 55
11	Σφοδρή θύελλα	Σημειώνεται σπάνια στη ξηρά και προκαλεί εκτεταμένες ζημιές.	28.5-32.6	64-73	56-63
12	Τυφώνας	Σημειώνεται σπάνια στη ξηρά και προκαλεί εξαιρετικά σοβαρές καταστροφές.	32.7 - 37.9	74 - 82	64 - 71



**Κλίμακα
Beaufort**

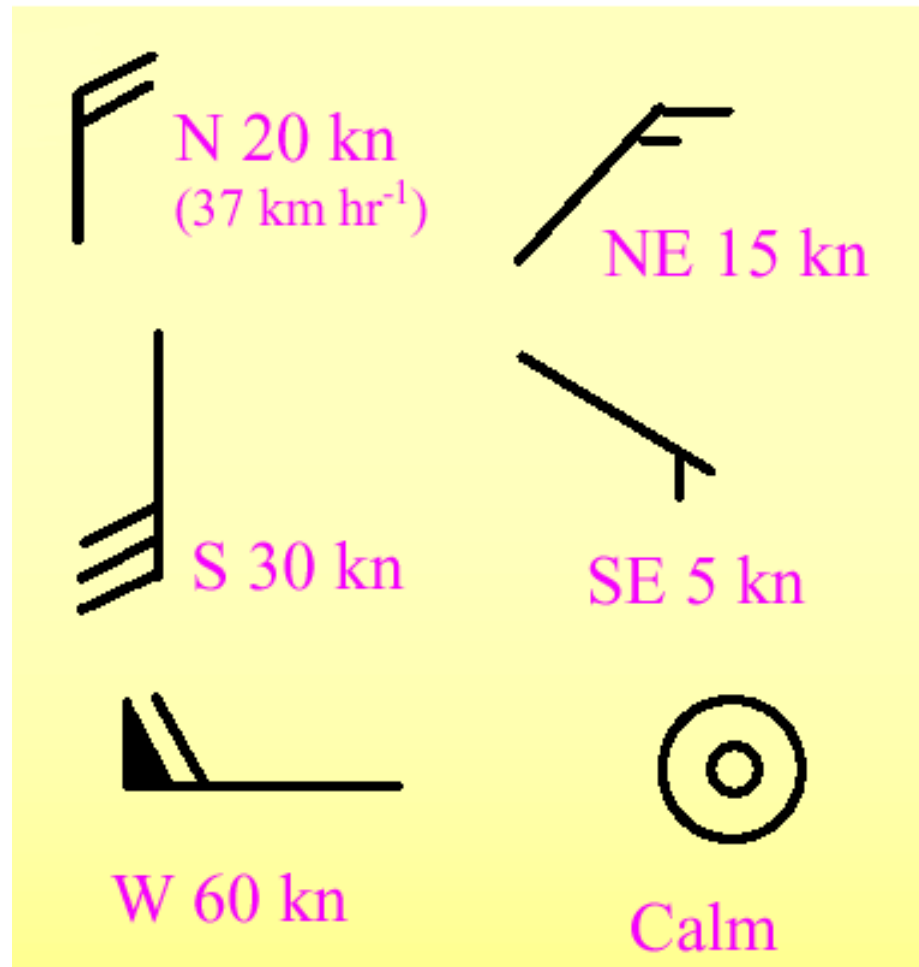
Άνεμος - Ταχύτητα του Ανέμου

- Διεύθυνση και ταχύτητα του ανέμου πάνω από τους ωκεανούς βάσει των μετρήσεων του δορυφόρου QuikSCAT της NASA

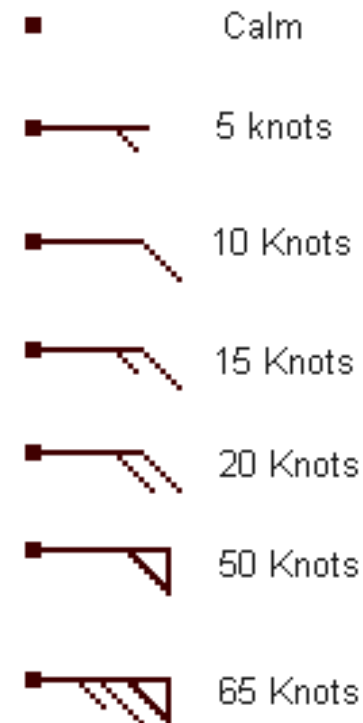


Πηγή: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/WindEnergy/>

Άνεμος - Ο Άνεμος στους Χάρτες καιρού



Wind Speed & Direction



Barbs point to direction wind is coming from.

(1 Knot = 1.15 mph)

Πηγή: <http://pajk.arh.noaa.gov/ifpsLooper/Help/helpLooper.php>

Άνεμος - Ο Άνεμος στους Χάρτες καιρού

Όσο πιο πυκνές είναι οι ισοβαρείς καμπύλες τόσο ισχυρότερη είναι η βαροβαθμίδα και επομένως τόσο ισχυρός είναι ο άνεμος (μεγάλη ταχύτητα)

Σχέση μεταξύ της ταχύτητας του ανέμου και της πυκνότητας των ισοβαρών καμπυλών:
Όσο πιο πυκνές είναι οι ισοβαρείς καμπύλες τόσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ανέμου

Θερμική Κυκλοφορία

- Αρκετά Φαινόμενα Συνοπτικής και Τοπικής Κλίμακας είναι αποτέλεσμα της **Θερμικής Κυκλοφορίας**
- **Θερμική Κυκλοφορία:** είναι αποτέλεσμα της ύπαρξης Βαροβαθμίδας η οποία παράγεται λόγω διαφορετικής (διαφορικής) θέρμανσης
- Τα φαινόμενα Θερμικής Κυκλοφορίας δεν εκτείνονται σε όλο το πάχος της Τροπόσφαιρας
- Παραδείγματα Θερμικής Κυκλοφορίας
 - ✓ Θαλάσσια Αύρα
 - ✓ Απόγειος Αύρα
 - ✓ Μουσσώνες
 - ✓ Αύρες των Ορέων και των Κοιλάδων

Θαλάσσια και Απόγειος Αύρα

- Σχηματισμός:

- Το πρωί: Θεωρούμε τη διαχωριστική επιφάνεια Ωκεανού-Ξηράς

- Υποθέτουμε πως θάλασσα και έδαφος έχουν την ίδια θερμοκρασία

- Υποθέτουμε επίσης πως δεν υπάρχει εμφάνιση φαινομένων συνοπτικής κλίμακας

- Καθώς η θέρμανση από τον Ήλιο γίνεται εντονότερη κατά τη διάρκεια του πρωινού, το έδαφος θερμαίνεται και μάλιστα περισσότερο από τη θάλασσα καθώς έχει μικρότερη θερμοχωρητικότητα

Θαλάσσια και Απόγειος Αύρα - Σχηματισμός

- Το μεσημέρι ή τις πρώτες απογευματινές ώρες το έδαφος είναι πολύ θερμότερο από τη θάλασσα \Rightarrow ο αέρας πάνω από την ξηρά θα είναι θερμότερος και σαν αποτέλεσμα εκτονώνεται \Rightarrow πάνω από το έδαφος υπάρχει μια στήλη θερμού αέρα ενώ πάνω από τη θάλασσα μια στήλη ψυχρού αέρα

\Rightarrow Δημιουργείται διαφορική θέρμανση η οποία δημιουργεί την κατανομή πίεσης που φαίνεται στο σχήμα δίπλα

\Rightarrow Δημιουργείται η ακόλουθη ροή:

- κοντά στην επιφάνεια η πίεση πάνω από το έδαφος είναι μικρότερη από την πίεση πάνω από τη θάλασσα \Rightarrow Ροή αερίων μαζών από τη θάλασσα προς την ξηρά

- ο θερμός αέρας πάνω από το έδαφος ανέρχεται λόγω ανωμεταφορά. Ανέρχεται μπροστα από το μέτωπο της αύρας

- στα ανώτερα στρώματα παρατηρείται ροή του από την ξηρά προς τη θάλασσα και

- Κατέρχεται πάνω από τη θάλασσα

Μέτωπο Θαλάσσιας Αύρας

- Μέτωπο Θαλάσσιας Αύρας
 - Είναι το όριο-γραμμή μεταξύ της ψυχρής, ευσταθούς ροής θαλάσσιας αύρας και των θερμών ασταθών αερίων μαζών πάνω από το έδαφος
 - Το πέρασμα ενός μετώπου θαλάσσιας αύρας συνοδεύεται από:
 - Αλλαγή της ταχύτητας και της διεύθυνσης του ανέμου (πνέει από τη θάλασσα προς την ξηρά)
 - πτώση της θερμοκρασίας (το μέγιστό της παρατηρείται λίγο πριν το πέρασμα του μετώπου
 - Αύξηση της υγρασίας
 - Αλλαγή της ποιότητας του αέρα
 - ορισμένες φορές παρατηρείται σχηματισμός νεφών κατά μήκος του μετώπου

Απόγειος Αύρα - Σχηματισμός

- Δημιουργείται τη Νύχτα

Λόγω της γρήγορης ψύξης του εδάφους, σε σχέση με τη θάλασσα, από ακτινοβολία

- Αυτή η διαφορετική θέρμανση δημιουργεί την κατανομή των πιέσεων η οποία φαίνεται στο σχήμα δίπλα

- Ο αέρας κοντά στην επιφάνεια πνέει πλέον από την Ξηρά προς τη θάλασσα

- Η Απόγειος Αύρα είναι πιο 'ασθενής' σε σχέση με τη θαλάσσια Αύρα και αυτό διότι η διαφορά θερμοκρασίας Εδάφους-Θάλασσας είναι μικρότερη τη νύχτα απ'ότι την ημέρα

*Στις μεγάλες πόλεις που βρίσκονται κοντά στην ακτή όπως η Αθήνα) εμφανίζεται έντονο το φαινόμενο της θαλάσσιας αλλά πολύ ασθενής η απόγειος αύρα. Γιατί;

- Διότι τα κτήρια από μπετόν αλλά και η ασφαλτός διατηρούν υψηλή τη θερμοκρασία ακόμη και κατά τη διάρκεια της νύχτας και επομένως η διαφορά θερμοκρασίας ξηράς-θάλασσας δεν είναι έντονη

Τοπικοί Άνεμοι πάνω από Υδάτινες Επιφάνειες

- Οι άνεμοι συχνά αλλάζουν Ταχύτητα και διεύθυνση καθώς κινούνται από την ξηρά σε μια Υδάτινη επιφάνεια ή αντίστροφα
- Η αλλαγή αυτή οφείλεται στο ότι η **τριβή** με την επιφάνεια νερού είναι **μικρότερη**
- Ας θεωρήσουμε την περίπτωση μιας Λίμνης:
 - Η ταχύτητα του ανέμου αυξάνει καθώς μια αέρια μάζα κινείται από την ξηρά προς την Υδάτινη επιφάνεια
 - ενώ, ο άνεμος επιβραδύνεται αν η αέρια μάζα κινείται από μια Υδάτινη επιφάνεια προς την ξηρά
- Εκεί όπου ο άνεμος επιταχύνεται (ξηρά → υδάτινη επιφάνεια) δημιουργείται 'απόκλιση' και εμφανίζονται καθοδικές κινήσεις
- Αντίθετα, εκεί που ο άνεμος επιβραδύνεται (υδάτινη επιφάνεια → ξηρά) δημιουργείται 'σύγκλιση' με αποτέλεσμα καθοδικές κινήσεις. Αν μάλιστα αυτές είναι ισχυρές τότε μπορεί να δημιουργηθούν και νέφη

Τοπικοί Άνεμοι πάνω από Υδάτινες Επιφάνειες

- Η εναλλαγή Ξηράς – Ύδατος επηρεάζει επίσης τη διεύθυνση του ανέμου
- Έτσι, ο άνεμος γίνεται ισχυρότερος πάνω από την υδάτινη επιφάνεια αλλά και στρέφεται προς τα δεξιά της αρχικής του πορείας
- και αυτό γιατί
- Η Τριβή μειώνεται \Rightarrow αυξάνει η ταχύτητα του \Rightarrow αυξάνει η Δύναμη Coriolis η οποία στρέφει και τον άνεμο προς τα δεξιά όταν η αέρια μάζα διέρχεται πάνω από την υδάτινη μάζα

Αύρα Ορέων και Κοιλάδων

- Τη Νύχτα:

- Η επιφάνεια του εδάφους ψύχεται καθώς ακτινοβολεί μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολίας

- Θερμότητα μεταφέρεται με αγωγιμότητα από τον υπερκείμενο θερμότερο αέρα προς το έδαφος

- τότε, ο αέρας που βρίσκεται κοντά στο έδαφος ψύχεται και γίνεται πυκνότερος με αποτέλεσμα να κατεβαίνει, λόγω βαρύτητας, από τις πλαγιές προς την κοιλάδα

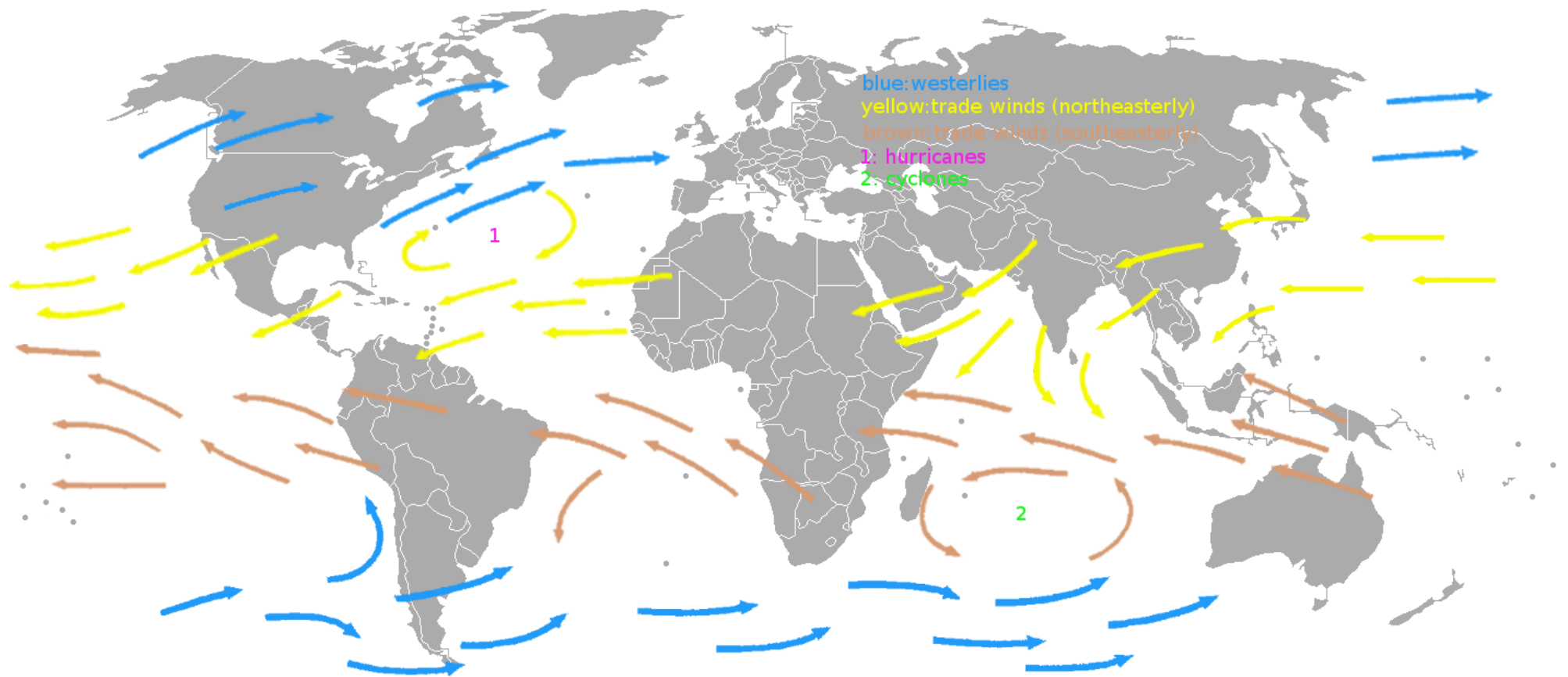
- Την Ημέρα:

- Η πλαγιά του βουνού θερμαίνεται σημαντικά λόγω της ηλιακής ακτινοβολίας \Rightarrow η πίεση πάνω από την πλαγιά του βουνού να είναι χαμηλότερη από την πίεση στο αντίστοιχο ύψος πάνω από την κοιλάδα \Rightarrow βαροβαθμίδας \Rightarrow ο αέρας να κινείται από την κοιλάδα προς τα πάνω προς την πλαγιά του βουνού

Ορογραφικοί Άνεμοι - Foehn (Λίβας)

- Εμφανίζεται μαζί με ισχυρή Ροή από Δυτικά προς Ανατολικά ο οποία συναντά έναν ορεινό όγκο, ανέρχεται (προσήνεμη πλευρά) τον 'υπερπηδά' και κατέρχεται από την άλλη πλευρά (υπήνεμη πλευρά)
- Έτσι, στις υπήνεμες πλευρές ορεινών, υψηλών όγκων παρατηρείται πολλές φορές θερμός και ξηρός αέρας ο οποίος πνέει από την κορυφογραμμή προς την κοιλάδα
- Ο άνεμος αυτός ονομάζεται Foehn και μπορεί να αυξήσει τη θερμοκρασία μέχρι και 10°C μέσα σε λίγα λεπτά, μειώνοντας αντίστοιχα τη σχετική υγρασία
- Είναι θερμός Άνεμος και εμφανίζεται κυρίως σε ορεινές περιοχές.
- Παρατηρήθηκε πρώτη φορά στις Άλπεις όπου και ονομάζεται Foehn. Η ονομασία του διαφέρει ανάλογα με την περιοχή. Π.χ. Στην ανατολική πλευρά των 'Βραχωδών Ορέων (Rockies Mountains) των Ηνωμένων Πολιτειών ονομάζεται Chinook. Στην Ελλάδα λέγεται Λίβας και στα Πυρηναία Όρη στη Γαλλία λέγεται 'Vent d'Autan'

Τοπικοί Άνεμοι στον Κόσμο



Πηγή: https://en.wikipedia.org/wiki/Global_wind_patterns

Αναφορές

- Φλόκας Α.: Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, Εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, 1997, ISBN: 960-431-288-X
- Angeliki Fotiadi (2003): “Echanges biosphère – atmosphère des oxides d’azote et de l’isoprène en région Méditerranéenne (programme ESCOMPTE”, thèse de Doctorat de l’Université Paul Sabatier – Toulouse III

Σημείωμα Ιστορικού Εκδόσεων Έργου

Το παρόν έργο αποτελεί την 1^η 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

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: <http://uars.gsfc.nasa.gov/uars-science/BrochurePage1.html>

Διαφάνεια 7: https://en.wikipedia.org/wiki/Prevailing_winds

Διαφάνεια 13: <http://www.meteo.gr>

Διαφάνεια 16: https://en.m.wikipedia.org/wiki/Inverted_trough#Inverted_trough

Διαφάνεια 31: <https://en.wikipedia.org/wiki/Barometer>

Διαφάνεια 32: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aneroid_barometer_J2.jpg

<https://en.wikipedia.org/wiki/Barometer>

Διαφάνεια 33: <https://en.wikipedia.org/wiki/Barograph>

<https://en.wikipedia.org/wiki/Altimeter>

Διαφάνεια 42: <https://pixabay.com/en/globe-earth-world-globalization-895580>

Διαφάνεια 56: <https://en.wikipedia.org/wiki/Anemometer>

Fotiadi, 2003

Διαφάνεια 58-59: Fotiadi, 2003

Διαφάνεια 60: Α.Α. Φλόκας, Μαθήματα Μετεωρολογίας και Κλιματολογίας, 1997

Διαφάνεια 61: <http://earthobservatory.nasa.gov/Features/WindEnergy/>

Διαφάνεια 62: <http://pajk.arh.noaa.gov/ifpsLooper/Help/helpLooper.php>

Διαφάνεια 73: https://en.wikipedia.org/wiki/Global_wind_patterns

