

# Υδρομετεωρολογία Ατμοσφαιρική κυκλοφορία

Νίκος Μαμάσης και Δημήτρης Κουτσογιάννης  
Τομέας Υδατικών Πόρων – Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο  
Αθήνα 2009

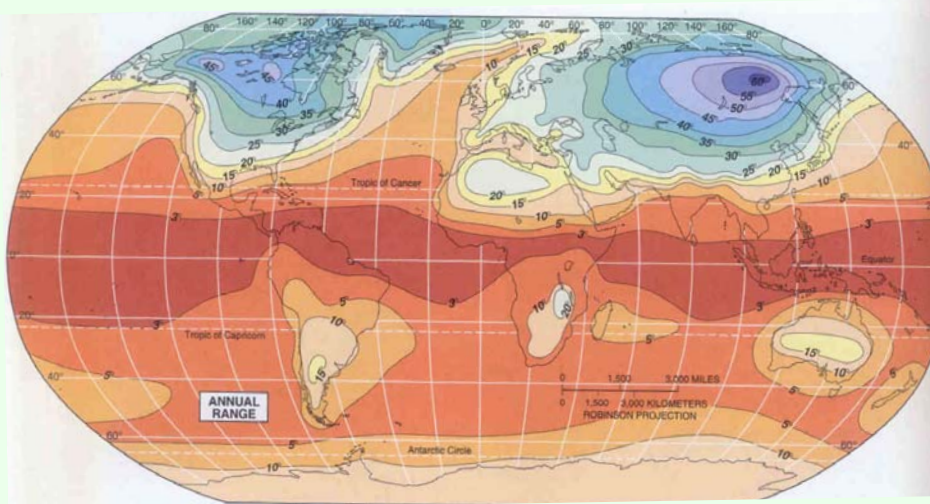
## **ΔΙΑΡΘΡΩΣΗ ΤΟΥ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ:**

### *Ατμοσφαιρική κυκλοφορία*

- ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ
- ΑΠΛΟΥΣΤΕΥΜΕΝΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ
- ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΙΕΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΤΗΣ ΓΗΣ
- ΑΕΡΙΕΣ ΜΑΖΕΣ-ΜΕΤΩΠΑ-ΚΥΚΛΩΝΕΣ
- ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙΡΟΥ
- ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ EL NIÑO - LA NIÑA

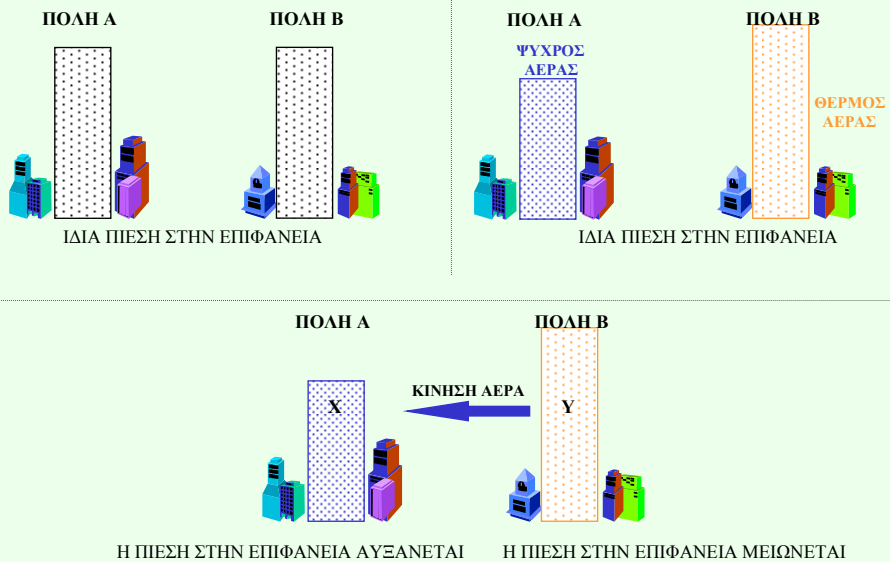
## ΕΤΗΣΙΟ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΟ ΕΥΡΟΣ

Διαφορά θερμοκρασίας Ιανουαρίου-Ιουλίου (°C)



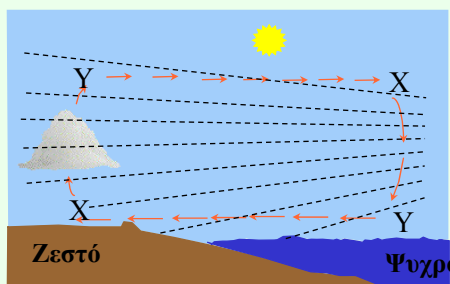
Πηγή: Christopherson, 2000

## ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

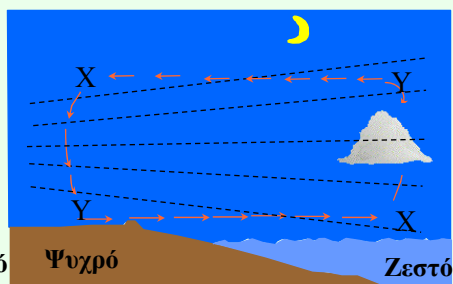


## ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

### ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΑΥΡΑ



### ΑΠΟΓΕΙΟΣ ΑΥΡΑ



## ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΜΙΚΡΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ

### ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΑΕΡΑ ΣΕ ΟΡΕΙΝΗ ΚΟΙΛΑΔΑ

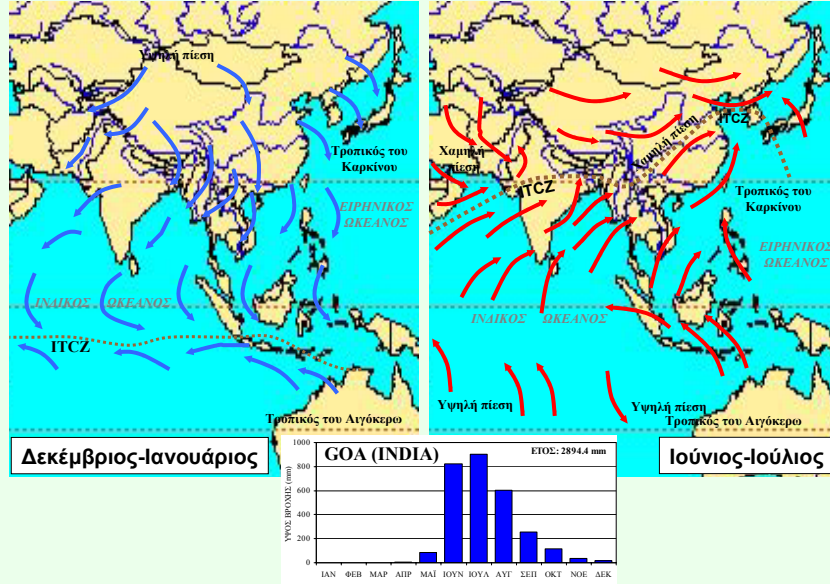
#### Ημέρα



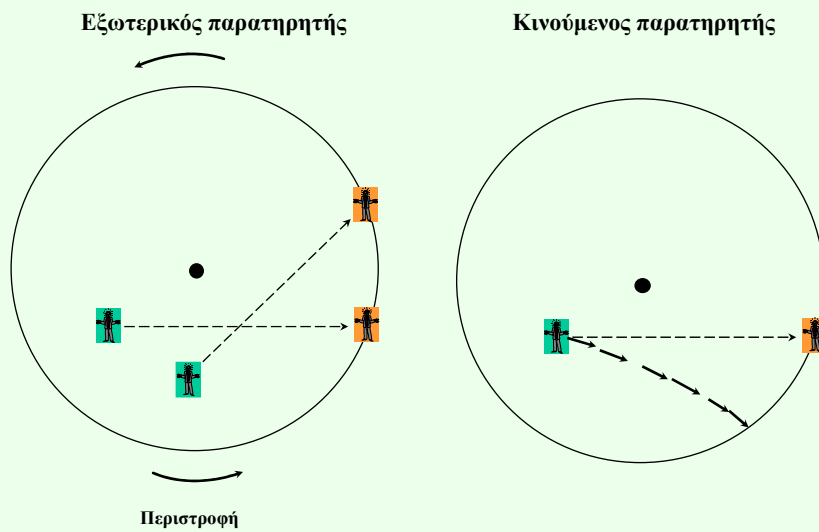
#### Νύκτα



## ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΜΕΓΑΛΗΣ ΚΛΙΜΑΚΑΣ ΜΟΥΣΩΝΕΣ

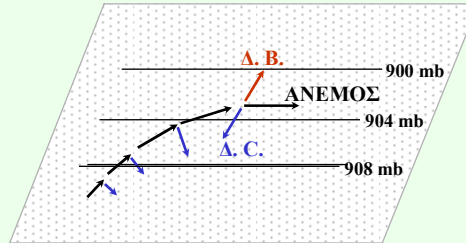


## ΕΠΙΔΡΑΣΗ CORIOLIS



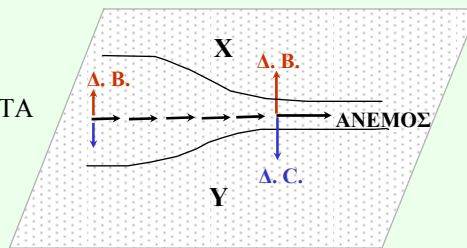
## ΓΕΩΣΤΡΟΦΙΚΟΣ ΑΝΕΜΟΣ

ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ



→ ΔΥΝΑΜΗ ΒΑΡΟΒΑΘΜΙΑΔΑΣ  
→ ΔΥΝΑΜΗ CORIOLIS

ΤΑΧΥΤΗΤΑ

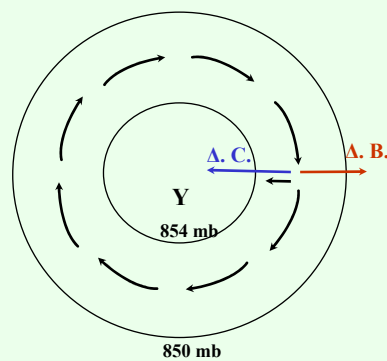
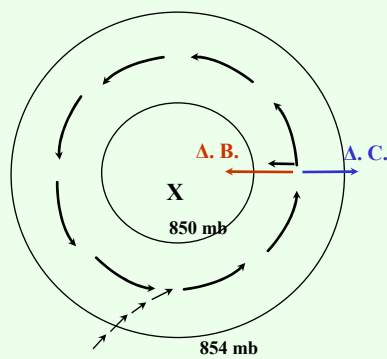


## ΓΕΩΣΤΡΟΦΙΚΟΣ ΑΝΕΜΟΣ ΣΕ ΠΕΛΙΑ ΠΙΕΣΕΩΝ

(ΒΟΡΕΙΟ ΗΜΙΣΦΑΙΡΙΟ)

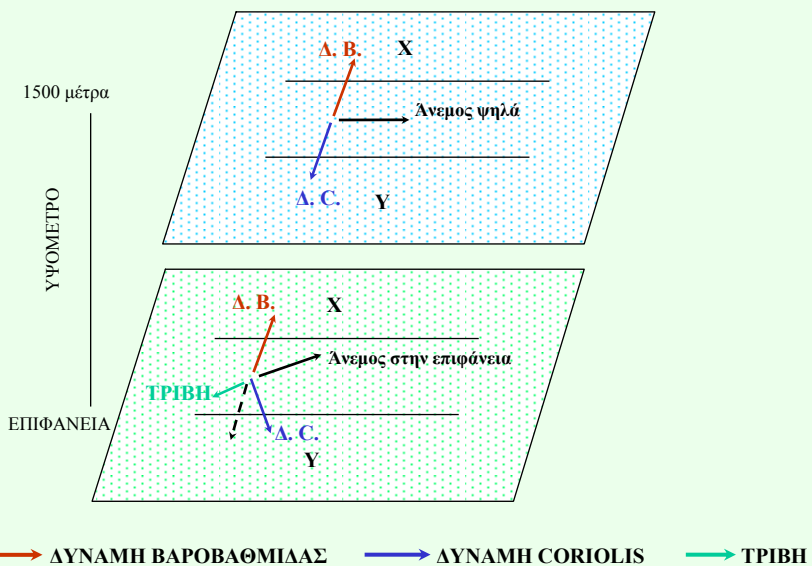
ΚΥΚΛΩΝΙΚΗ ΡΟΗ

ΑΝΤΙΚΥΚΛΩΝΙΚΗ ΡΟΗ



→ ΔΥΝΑΜΗ ΒΑΡΟΒΑΘΜΙΑΔΑΣ  
→ ΔΥΝΑΜΗ CORIOLIS

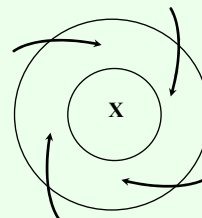
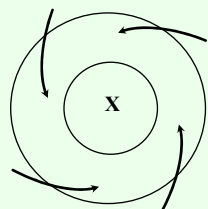
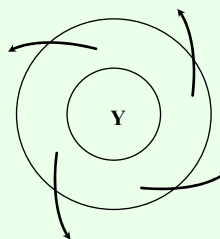
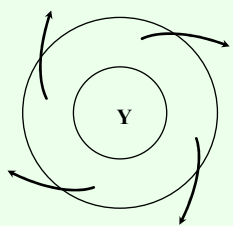
## ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΣ ΑΝΕΜΟΣ



## ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΚΟΣ ΑΝΕΜΟΣ ΣΕ ΠΕΔΙΑ ΠΙΕΣΕΩΝ

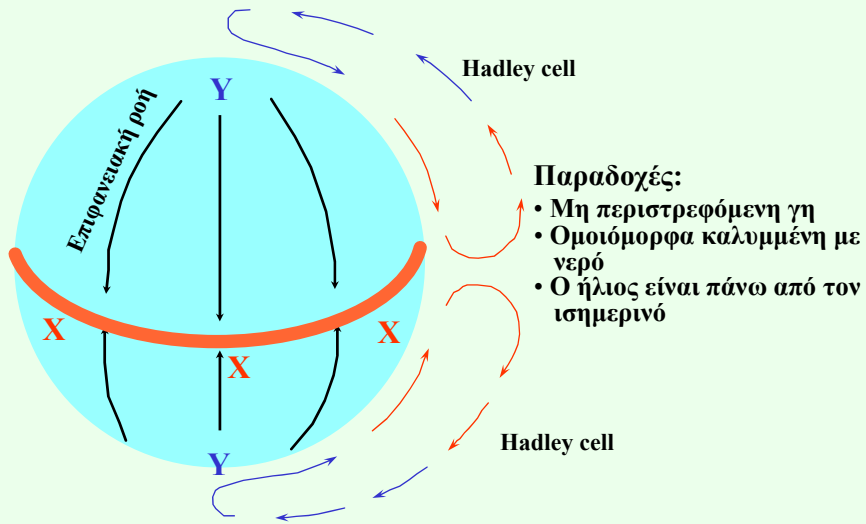
ΒΟΡΕΙΟ ΗΜΙΣΦΑΙΡΙΟ

ΝΟΤΙΟ ΗΜΙΣΦΑΙΡΙΟ



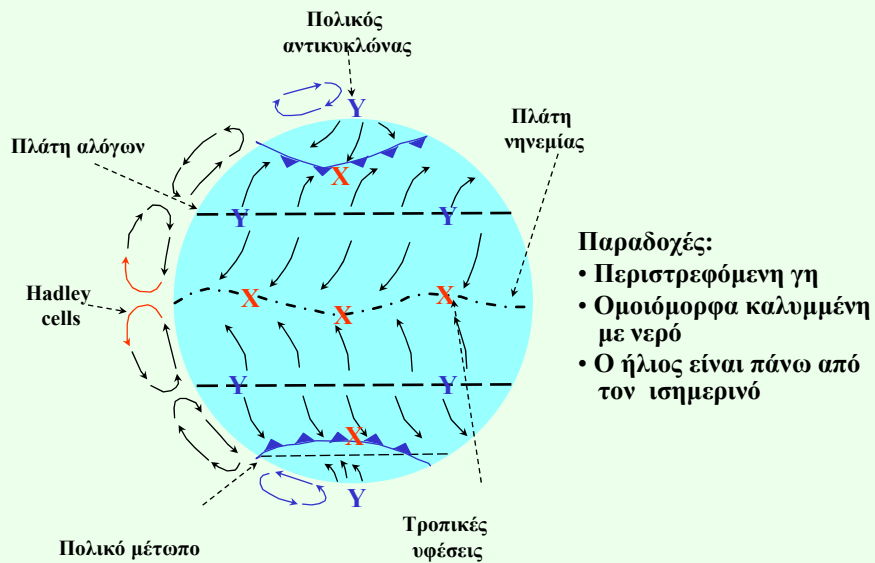
## ΑΠΛΟΥΣΤΕΥΜΕΝΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

### ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕ ΕΝΑ ΚΥΤΑΡΟ (HADLEY)



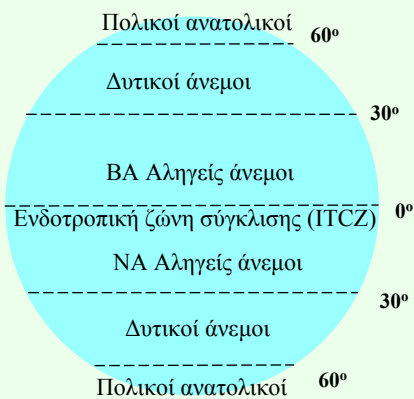
## ΑΠΛΟΥΣΤΕΥΜΕΝΑ ΜΟΝΤΕΛΑ ΓΕΝΙΚΗΣ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ

### ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕ ΤΡΙΑ ΚΥΤΑΡΑ

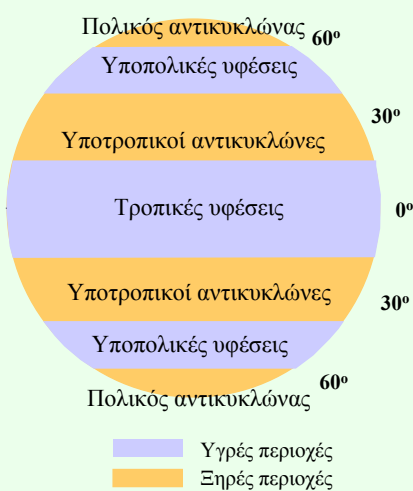


## ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ ΑΠΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΜΕ ΤΡΙΑ ΚΥΤΤΑΡΑ

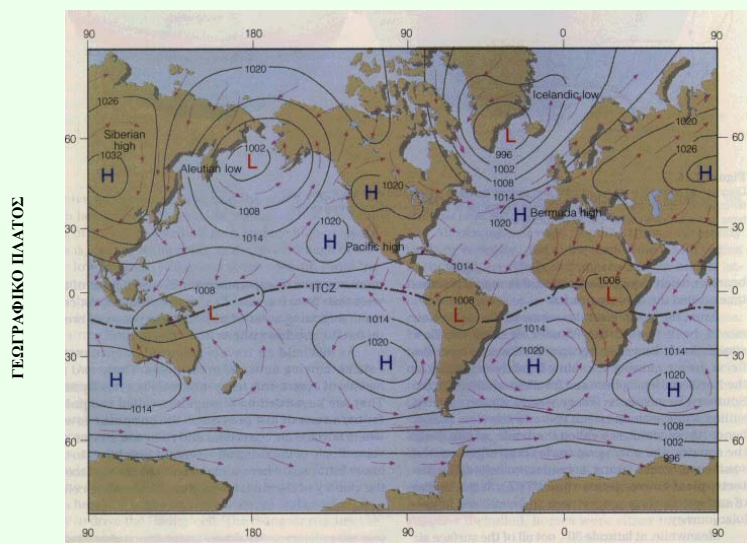
### ΑΝΕΜΟΙ



### ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΠΙΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΒΡΟΧΟΠΤΩΣΕΙΣ



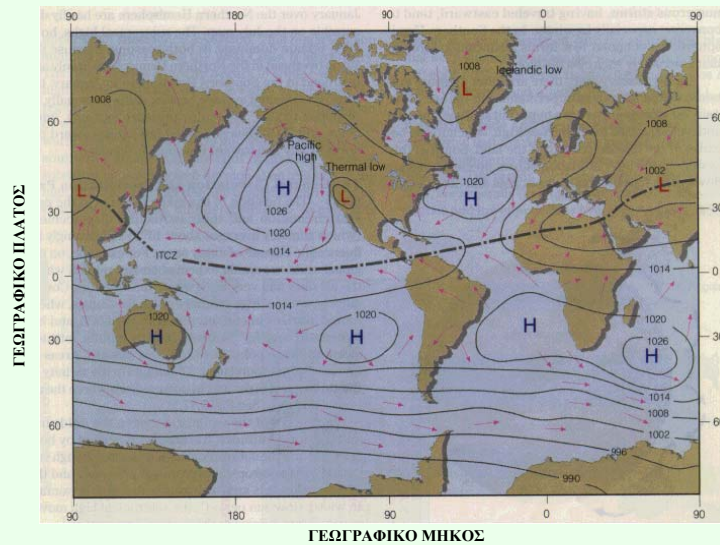
## ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΙΕΣΕΩΝ ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΥ



Πηγή: Ahrens, C. D., 1993, *Essentials of Meteorology, An Invitation to the Atmosphere*



## ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΠΙΕΣΕΩΝ ΙΟΥΛΙΟΥ



Πηγή: Ahrens, C. D., 1993, *Essentials of Meteorology, An Invitation to the Atmosphere*

## ΑΕΡΙΕΣ ΜΑΖΕΣ

### ΓΕΝΙΚΑ

Ως αέρια μάζα ορίζεται ένα μεγάλο σώμα αέρα (οριζόντιας έκτασης χιλιάδων τετραγωνικών χιλιομέτρων), στο οποίο η θερμοκρασία και η υγρασία είναι περίπου σταθερές και προς τις τρεις διευθύνσεις.

Η αέρια μάζα ουσιαστικά μεταφέρει τα χαρακτηριστικά της περιοχής προέλευσης της. Για να αποκτήσει μια αέρια μάζα ομοιόμορφα χαρακτηριστικά, η περιοχή προέλευσης θα πρέπει να είναι επίπεδη, με ασθενείς επιφανειακούς ανέμους. Ιδανικές περιοχές προέλευσης είναι αυτές που κυριαρχούνται από υψηλές πιέσεις (αρκτικές περιοχές το χειμώνα υποτροπικοί ωκεανοί και έρημοι το καλοκαίρι). Τα μεσαία πλάτη συνήθως δεν αποτελούν περιοχές προέλευσης, δεδομένου ότι η θερμοκρασία και η υγρασία παρουσιάζουν σημαντική χωρική μεταβλητότητα.

### ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ

Οι αέριες μάζες κατατάσσονται σε τέσσερις κύριες κατηγορίες ανάλογα με την περιοχή προέλευσης:

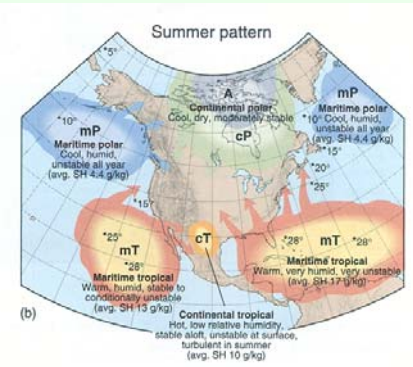
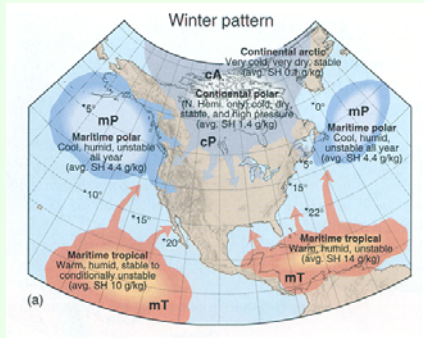
πολική (Polar - **P**), τροπική (tropical - **T**), ηπειρωτική (continental - **c**) και θαλάσσια (maritime - **m**)

Οι περισσότερο συνηθισμένες αέριες μάζες είναι η ηπειρωτική-πολική-**cP** (κρύα, ξηρή, ευσταθής), η ηπειρωτική-τροπική-**cT** (σχετικά κρύα, υγρή, ευσταθής στα ψηλά στρώματα - ασταθής στην επιφάνεια), η θαλάσσια-πολική-**mP** (θερμή, υγρή, ασταθής) και η θαλάσσια-τροπική-**mT** (σχετικά θερμή, υγρή, συνήθως ασταθής)

## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΑΕΡΙΩΝ ΜΑΖΩΝ (ΒΟΡΕΙΑ ΑΜΕΡΙΚΗ)

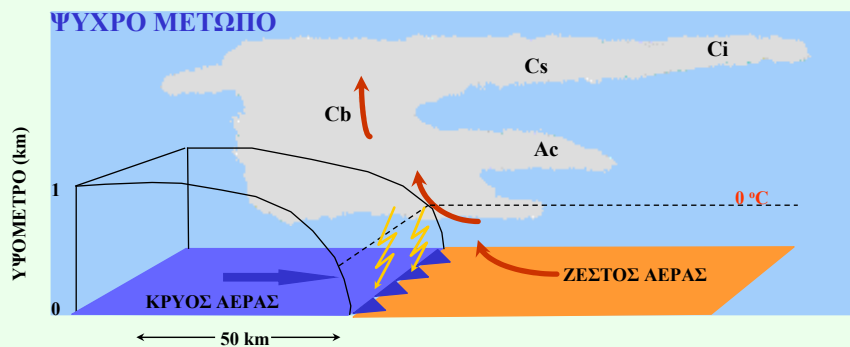
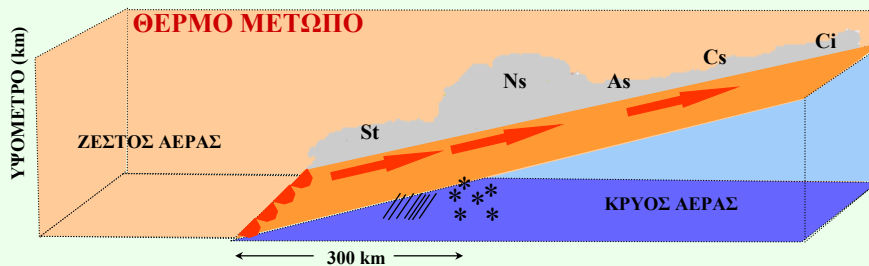
Χειμερινή περίοδος

Θερινή περίοδος



Πηγή: Christopherson, W.R., 2000, *Geosystems*

## ΜΕΤΩΠΑ



## ΚΥΚΛΩΝΕΣ ΜΕΣΑΙΩΝ ΠΛΑΤΩΝ

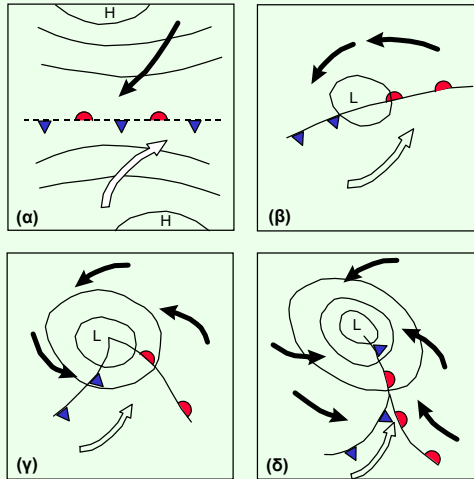
Χαρακτηριστικά στάδια της δημιουργίας ενός κυκλώνα (στο βόρειο ημισφαίριο)

(α) Ένα στάσιμο μέτωπο διαχωρίζει μια ψυχρή (βόρεια) και μια θερμή (νότια) αέρια μάζα, ενώ το πεδίο πιέσεων είναι τέτοιο (υψηλές πιέσεις βόρεια και νότια – σύμβολο H) που κατευθύνει τους ανέμους τόσο στον ψυχρό τομέα (μαύρο βέλος) όσο και στο θερμό τομέα (λευκό βέλος) προς το μέτωπο· οι άνεμοι λόγω των δυνάμεων Coriolis εκτρέπονται δεξιόστροφα.

(β) Το στάσιμο μέτωπο δίνει τη θέση του σε ένα θερμό μέτωπο (δεξιά – συμβολίζεται με ημικύκλια) και ένα ψυχρό μέτωπο (αριστερά – συμβολίζεται με τρίγωνα), ενώ στην ένωση των δύο μετώπων δημιουργείται χαμηλή πίεση (σύμβολο L) και το πεδίο ανέμων δημιουργεί ένα στρόβιλο γύρω από την περιοχή χαμηλής πίεσης.

(γ) Το πεδίο χαμηλών πιέσεων και το πεδίο ανέμων γύρω από αυτό εντείνονται, και ο κυκλώνας βρίσκεται σε πλήρη ανάπτυξη.

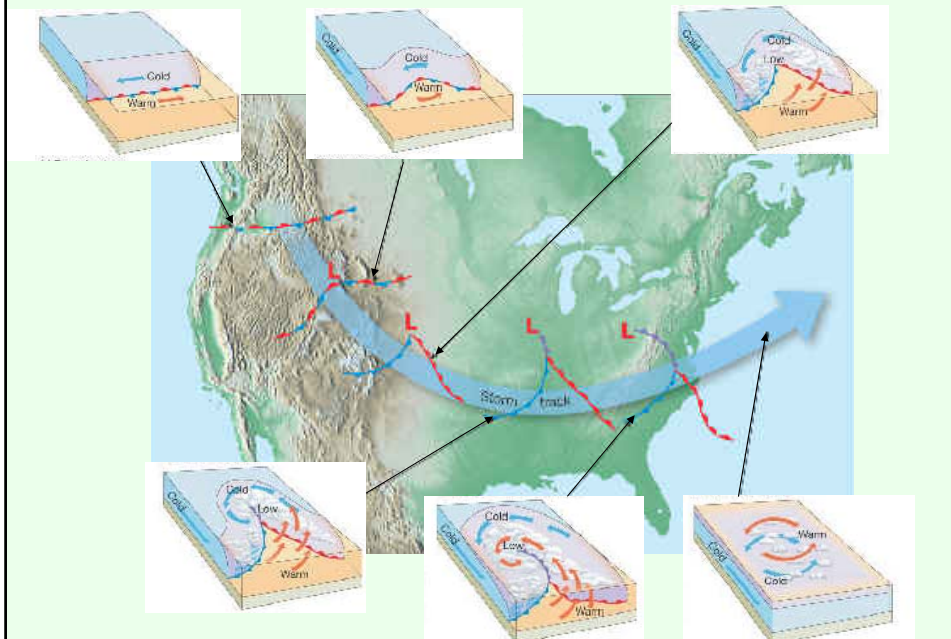
(δ) Το ψυχρό μέτωπο που κινείται ταχύτερα από το θερμό, το προλαβαίνει σχηματίζοντας συσφιγμένο μέτωπο. Μετά το στάδιο αυτό ακολουθεί η αποδιάρθρωση του κυκλώνα. Σε όλες τις φάσεις το σύστημα κινείται προς τα ανατολικά.



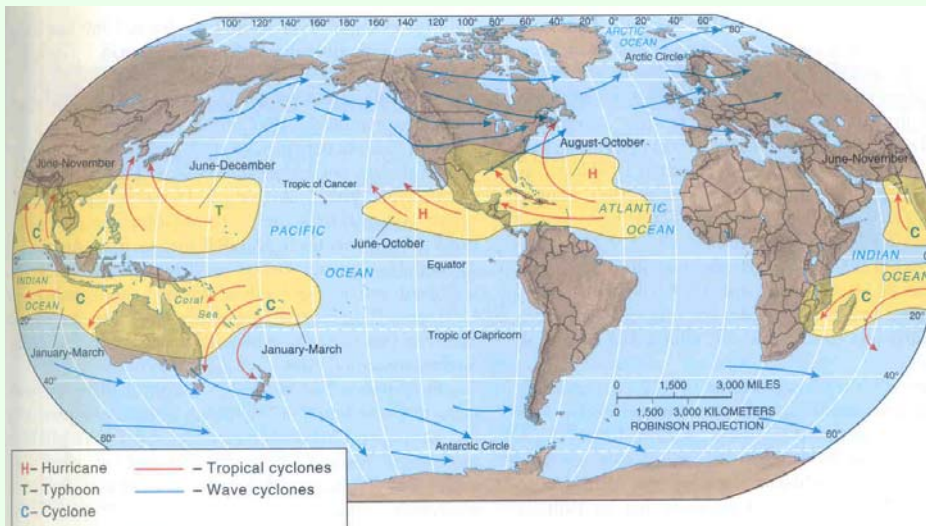
Πηγή: Κουτσογιάννης και Ξανθόπουλος, 1997

## ΚΥΚΛΩΝΕΣ ΜΕΣΑΙΩΝ ΠΛΑΤΩΝ

Χαρακτηριστικά στάδια της δημιουργίας ενός κυκλώνα (στο βόρειο ημισφαίριο)



## ΚΥΡΙΕΣ ΤΡΟΧΙΕΣ ΚΥΚΛΩΝΩΝ



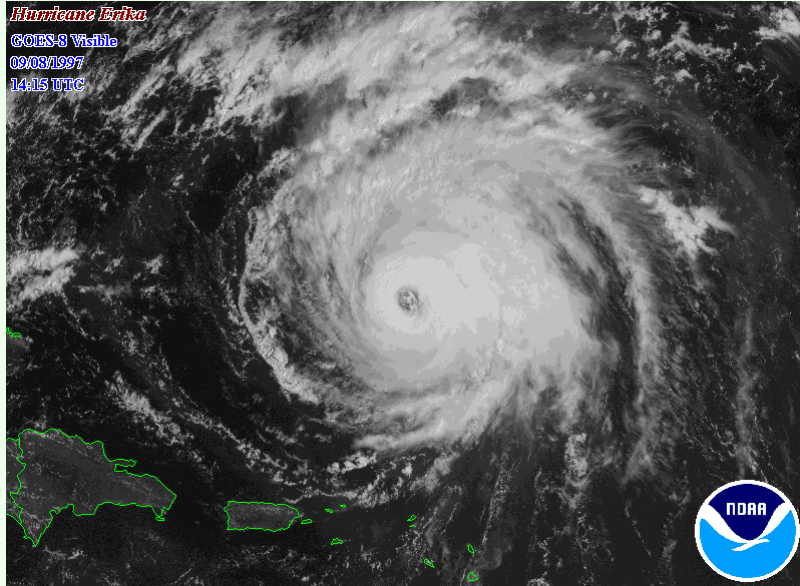
Πηγή: Christopherson, 2000

## ΚΥΡΙΕΣ ΤΡΟΧΙΕΣ ΥΦΕΣΕΩΝ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ



**ΤΡΟΠΙΚΟΙ ΚΥΚΛΩΝΕΣ - HURRICANES**

**ERIKA - 8-9-1997 14:15 UTC**



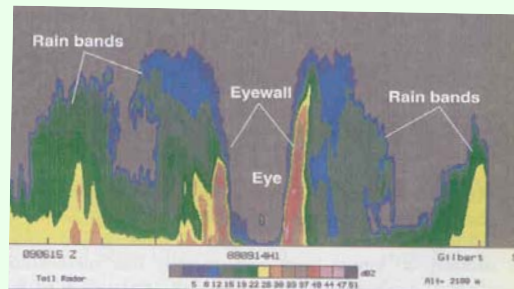
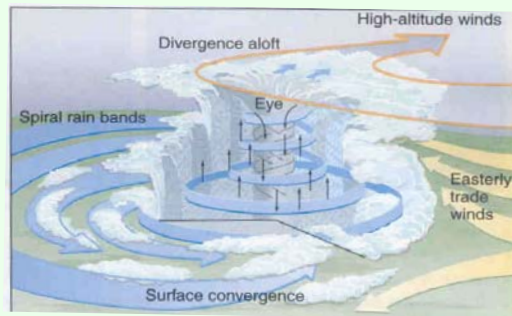
**ΤΡΟΠΙΚΟΙ ΚΥΚΛΩΝΕΣ - HURRICANES**

**LENNY - 17-11-1999 07:15 UTC**



Πηγή: [www.earthwatch.com](http://www.earthwatch.com)

## ΤΡΟΠΙΚΟΙ ΚΥΚΛΩΝΕΣ



Πηγή: Christopherson, 2000

## ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΠΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΝΩΝ

Αρχές 20ου αιώνα	Πρώτη χρήση ονόματος
Β' Παγκόσμιος πόλεμος	Χρήση γυναικείων ονομάτων
Βόρειος Ατλαντικός Ωκεανός	1950-52: ονόματα από το φωνητικό αλφάβητο 1953-79: γυναικεία ονόματα 1979-σήμερα: μεικτές ονομασίες
Βορειοανατολικός Ειρηνικός Ωκεανός	1959-78: γυναικεία ονόματα 1978-σήμερα: ανδρικά και γυναικεία ονόματα
Βορειοδυτικός Ειρηνικός Ωκεανός	1945-79: γυναικεία ονόματα 1979-2000: ανδρικά και γυναικεία ονόματα 2000-σήμερα: χρήση ενός διαφορετικού καταλόγου ονομάτων
Βόρειος Ινδικός Ωκεανός	Δεν ονομάζονται
Νοτιοδυτικός Ινδικός Ωκεανός	1960-61: δόθηκαν τα πρώτα ονόματα
Αυστραλία (Νοτιοδυτικός Ειρηνικός)	1964-74: γυναικεία ονόματα 1974-σήμερα: ανδρικά και γυναικεία ονόματα

## ΟΝΟΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΤΡΟΠΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΝΩΝ

### Στην περίπτωση που:

Ένας κυκλώνας κινηθεί από τον Ατλαντικό προς τον ΒΑ Ειρηνικό Ωκεανό και αντίστροφα	Παλιότερα άλλαζε όνομα Σήμερα διατηρεί το όνομά του εκτός αν είναι καταστροφικός
Εξαντληθούν τα ονόματα του καταλόγου ενός έτους	Χρησιμοποιείται το ελληνικό αλφάβητο π.χ. Alpha, Beta κλπ
Ένας κυκλώνας είναι πολύ καταστροφικός	Το όνομά του δεν ξαναχρησιμοποιείται

### Ονόματα κυκλώνων Ατλαντικού που έχουν αποσυρθεί:

Audrey 1957, Agnes 1972, Anita 1977, Allen 1980, Alicia 1983, Andrew 1992, Allison 2001	Gracie 1959, Gloria 1985, Gilbert 1988, Georges 1998
Betsy 1965, Beulah 1967, Bob 1991	Hazel 1954, Hattie 1961, Hilda 1964, Hugo 1989, Hortense 1996
Connie 1955, Carla 1961, Cleo 1964, Carol 1965, Camille 1969, Celia 1970, Carmen 1974, Cesar 1996, Charley 2004	Ione 1955, Inez 1966, Iris 2001, Isidore 2002, Isabel 2003, Ivan 2004
Diane 1955, Donna 1960, Dora 1964, David 1979, Diana 1990	Janet 1955, Joan 1988, Juan 2003, Jeanne 2004
Edna 1968, Eloise 1975, Elena 1985	Klaus 1990, Keith 2000
Flora 1963, Fifi 1974, Frederic 1979, Fran 1996, Floyd 1999, Fabian 2003, Frances 2004	Luis 1995, Lenny 1999, Lili 2002
	Marilyn 1995, Mitch 1998, Michelle 2001
	Opal 1995
	Roxanne 1995

## ΜΕΓΕΘΗ ΤΡΟΠΙΚΩΝ ΚΥΚΛΩΝΩΝ

### ΗΠΑ

Τροπική ύφεση	20-34 κόμβους
Τροπική θύελλα	35-64 κόμβους
Τροπικός κυκλώνας	> 64 κόμβους

Κατηγορία Saffir-Simpson	Μέγιστη ταχύτητα ανέμου (km/h)
1	117-153
2	154-177
3	178-209
4	210-249
5	> 249

### ΙΑΠΩΝΙΑ

Κατηγορία	Μέγιστη ταχύτητα ανέμου (km/h)
1	63-117
2	118-157
3	157-194
4	> 194

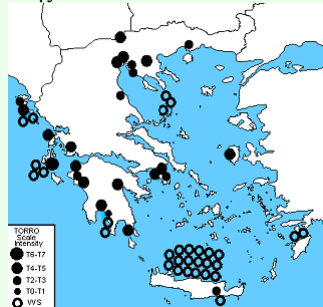
### ΑΥΣΤΡΑΛΙΑ

Κατηγορία	Μέγιστη ταχύτητα ανέμου (km/h)
1	< 125
2	125 - 170
3	170 - 225
4	225 - 280
5	> 280

## ΝΕΦΟΣΤΡΟΒΙΛΙΟΣ-ΑΝΕΜΟΣΤΡΟΒΙΛΙΟΣ

- Ο **ανεμοστρόβιλος (νεφοστρόβιλος-σίφωνα)** είναι μια στροβιλιζόμενη στήλη αέρα, που προβάλλει συνήθως από ένα σωρειτομελάνια. Οι σίφωνες διακρίνονται σε ξηράς και θάλασσας.
- Η οριζόντια έκταση του ανεμοστρόβιλου φθάνει και τα 250 m, η δε ταχύτητα κίνησης του είναι σχετικά μικρή (8-20 m/s). Η ταχύτητα της στροβιλιζόμενης στήλης του αέρα στην κεντρική περιοχή συνήθως είναι της τάξης των 100 m/s, μπορεί όμως να φτάσει τα 200 m/s. Παράλληλα ισχυρές είναι και οι κατακόρυφες κινήσεις του αέρα.
- Η τροχιά που διανύει ένας σίφωνα είναι σχετικά μικρή, 10 km, χωρίς να λείπουν και οι περιπτώσεις που η τροχιά του φτάνει τα 200 km και η περίοδος της ζωής του είναι 4-5 ώρες. Η διέλευση ενός ανεμοστρόβιλου προκαλεί μεγάλες καταστροφές λόγω των θυελλωδών ανέμων και της μεγάλης πτώσης της ατμοσφαιρικής πίεσης.

Τα τελευταία χρόνια η πλειοψηφία των ανεμοστρόβιλων σημειώθηκε στη δυτική και νότια Ελλάδα και κυρίως σε παραλιακές περιοχές. Σημειώθηκαν ετησίως κατά μέσο όρο 8 ανεμοστρόβιλοι (σίφωνες ξηράς), που προξένησαν από μέτριες μέχρι μεγάλες ζημιές και 10 σίφωνες θάλασσας. Οι ανεμοστρόβιλοι στην Ελλάδα εμφανίζονται συχνότερα κατά τους μήνες Ιούλιο, Σεπτέμβριο, Νοέμβριο και Δεκέμβριο. (Πηγή: Δρ. Μ. Σιούτας, ΕΛ.Γ.Α. - Κέντρο Μετεωρολογικών Εφαρμογών)



Περιοχές που σημειώθηκαν σίφωνες ξηράς και θάλασσας στο διάστημα 2000-02 (Μ. Σιούτας)

## ΝΕΦΟΣΤΡΟΒΙΛΙΟΙ (TORNADO)

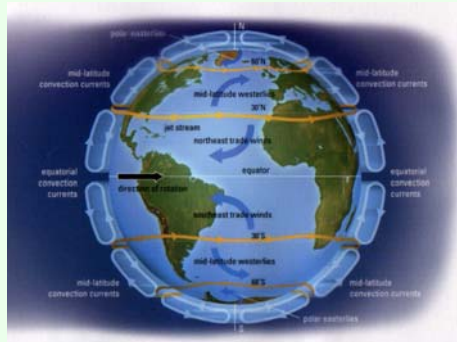
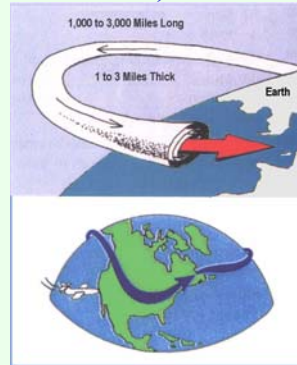
### OAKFIELD, USA (18/7/1996)



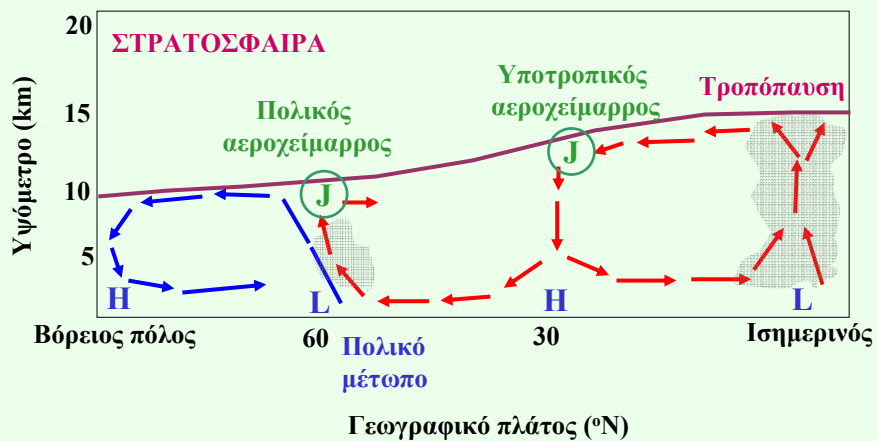


## ΑΕΡΟΧΕΙΜΑΡΡΟΙ (JET STREAMS)

Οι αεροχέιμαρροι είναι ελικοειδή, έντονα και στενά ρεύματα ανέμου στην ανώτερη τροπόσφαιρα κοντά στη τροπόπαυση (10-14 km). Έχουν μήκος χιλιάδες ναυτικά μίλια, πλάτος μερικές εκατοντάδες μίλια και πάχος μικρότερο από ένα μίλι. Η ταχύτητα του ανέμου στον πυρήνα συχνά υπερβαίνει τους 100 κόμβους, και περιστασιακά τους 250 κόμβους

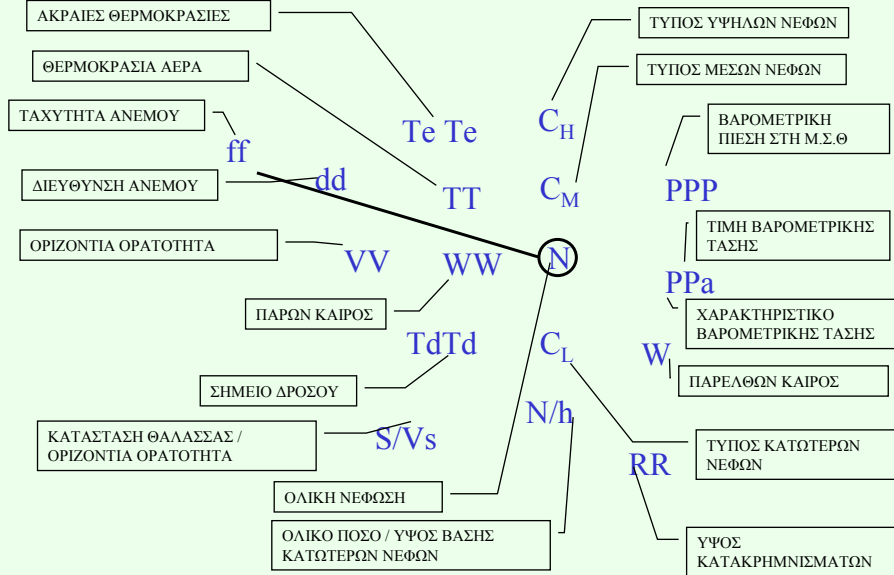


## ΑΕΡΟΧΕΙΜΑΡΡΟΙ (JET STREAMS)

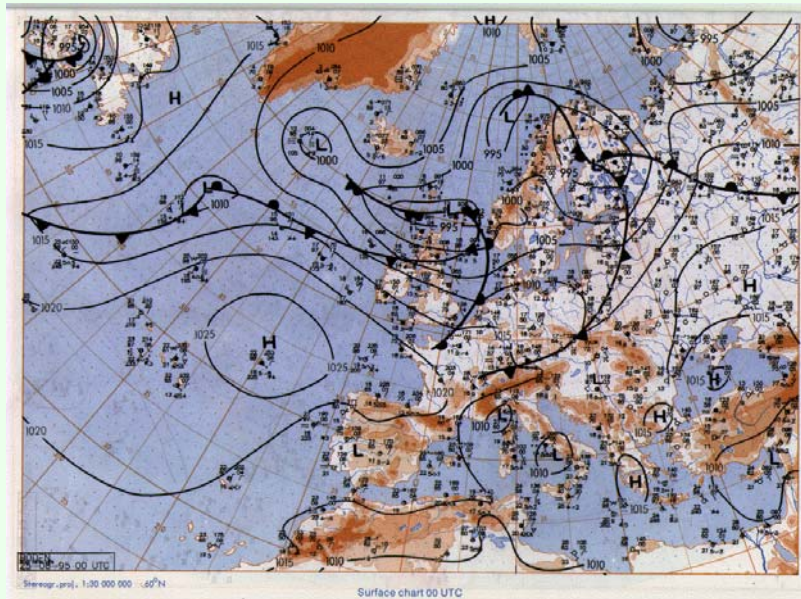


## ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΙ ΧΑΡΤΩΝ ΚΑΙΡΟΥ

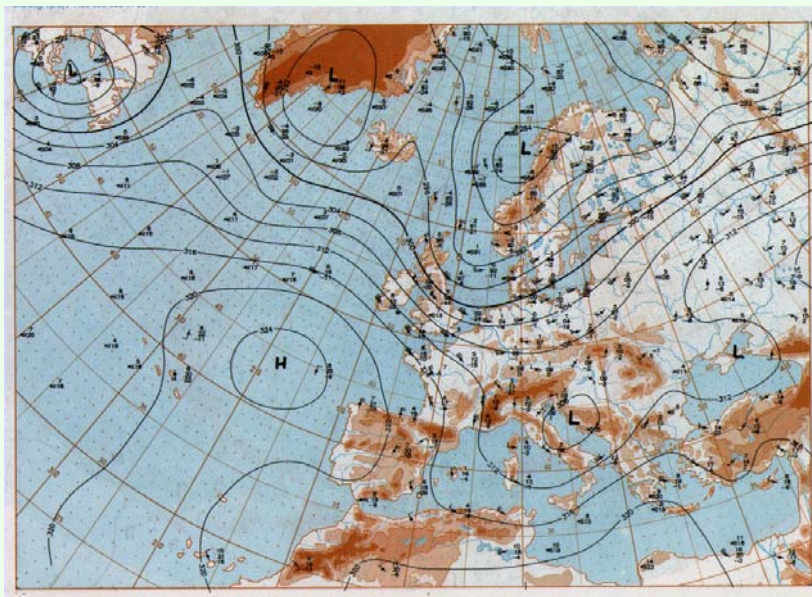
ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΚΑΤΑΧΩΡΗΣΗΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΑΘΜΟΥ



## ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙΡΟΥ (στην επιφάνεια)

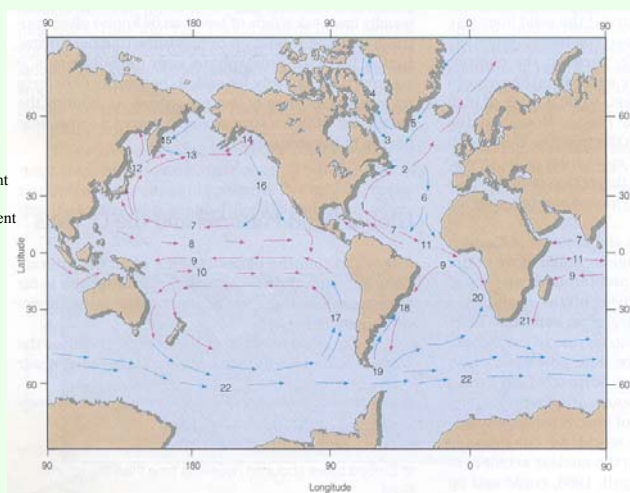


## ΧΑΡΤΕΣ ΚΑΙΡΟΥ (στη στάθμη των 700 hPa)



## ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΡΕΥΜΑΤΑ

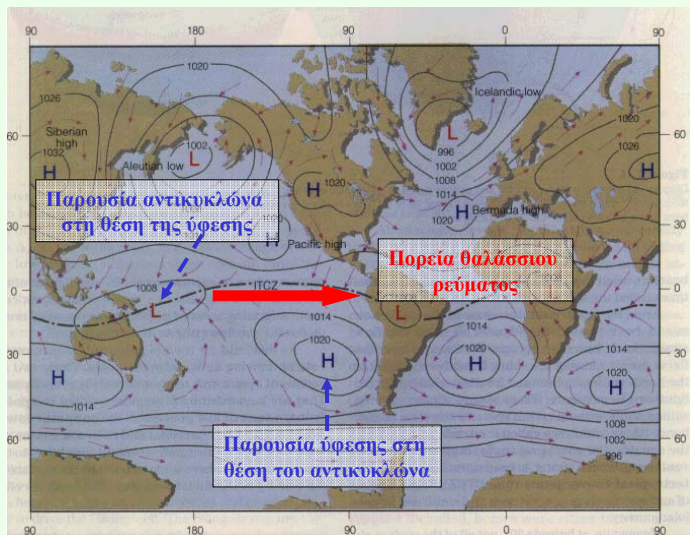
1. Gulf Stream
2. North Atlantic Drift
3. Labrador Current
4. West Greenland Drift
5. East Greenland Drift
6. Canary Current
7. North Equatorial Current
8. North Equatorial Countercurrent
9. South Equatorial Current
10. South Equatorial Countercurrent
11. Equatorial Countercurrent
12. Kuroshio Current
13. North Pacific Drift
14. Alaska Current
15. Oyashio Current
16. California Current
17. Peru Current
18. Brazil Current
19. Falkland Current
20. Benguela Current
21. Agulhas Current
22. West Wind Drift



Πηγή: Ahrens, C. D., 1993, *Essentials of Meteorology, An Invitation to the Atmosphere*

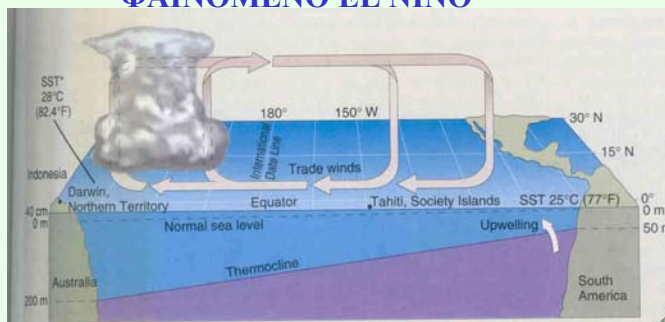
## ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ EL NINO

Συνήθης ατμοσφαιρική κυκλοφορία Ιανουαρίου και μεταβολές που ευθύνονται για το El nino

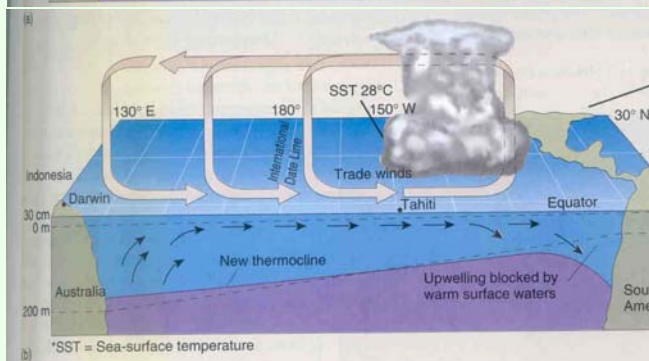


## ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ EL NINO

Κανονικές συνθήκες



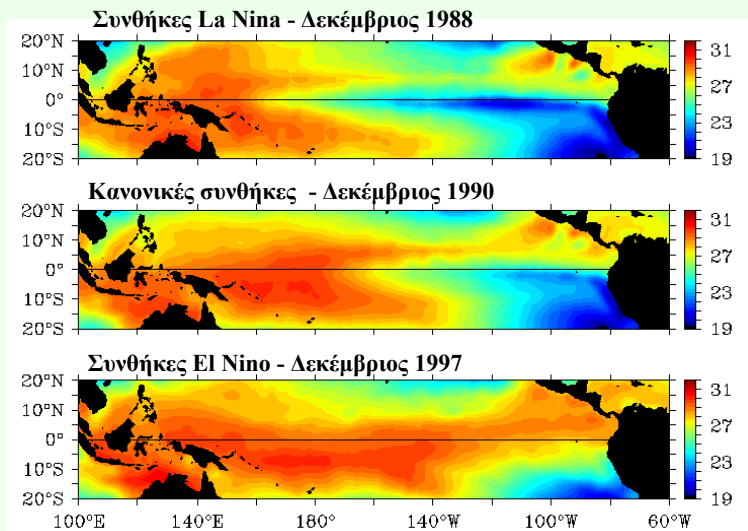
Συνθήκες El Nino



Πηγή:  
Christopherson, 2000

## ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ EL NIÑO - LA NIÑA

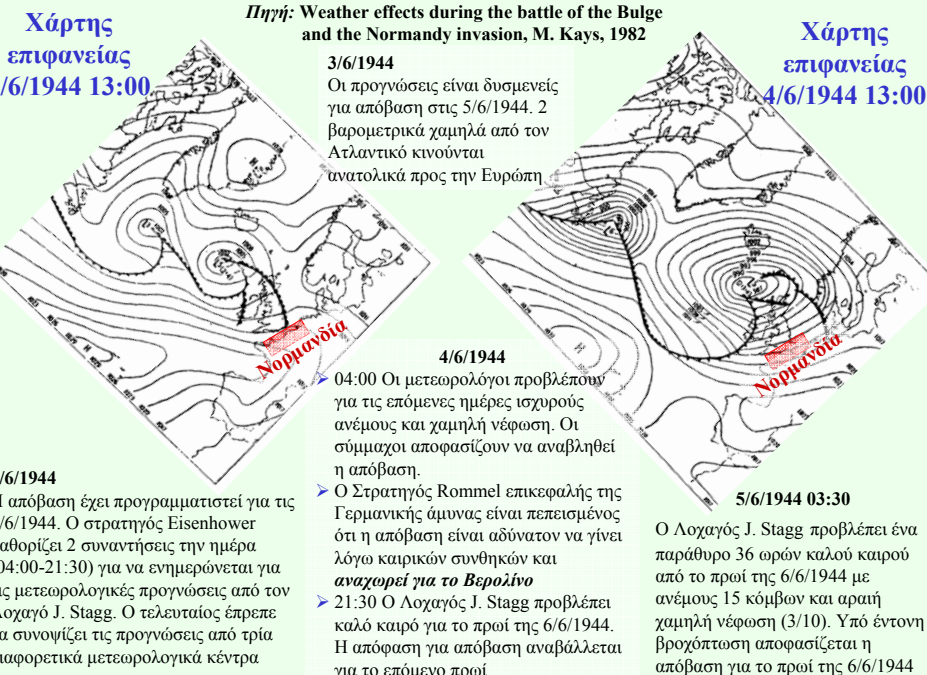
### ΜΗΝΙΑΙΑ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΘΑΛΑΣΣΑΣ (°C)



Πηγή: TAO Project Office/PMEL/NOAA

## Η συμβολή της μετεωρολογικής πρόγνωσης στην απόβαση της Νορμανδίας

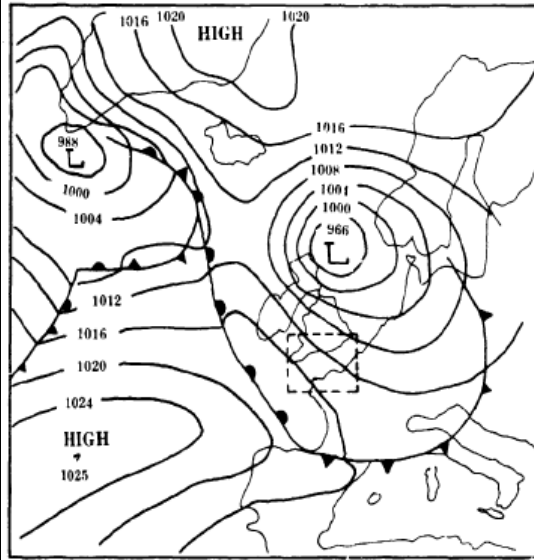
Πηγή: Weather effects during the battle of the Bulge and the Normandy invasion, M. Kays, 1982



## Η συμβολή της μετεωρολογικής πρόγνωσης στην απόβαση της Νορμανδίας

Πηγή: Weather effects during the battle of the Bulge and the Normandy invasion, M. Kays, 1982

### Χάρτης επιφανείας 6/6/1944 07:00



### 6/6/1944 02:00-06:30

- Η απόβαση ξεκινάει στις 02:00 και στις 06:30 δημιουργούνται τα πρώτα προγεφυρώματα στις ακτές της Νορμανδίας.
- Το πρωί της 6/6/1944 φυσούσαν άνεμοι 15-20 κόμβων που προκαλούσαν κυματισμό 1 μέτρου και μικρή δυσκολία στα αποβατικά σκάφη. Η ορατότητα ήταν 8 μίλια και η χαμηλή νέφωση 5/10.
- Το πρώτο χαμηλό που στις 4/6 ήταν δυτικά της Αγγλίας κινήθηκε ανατολικά με αποτέλεσμα η θάλασσα πολική αέρια μάζα να μετακινηθεί πάνω από τη Μάγχη πίσω από το ψυχρό μέτωπο και να προκαλέσει προσωρινή βελτίωση του καιρού
- Το δεύτερο χαμηλό που στις 4/6 ήταν στη θάλασσα του Labrador κινήθηκε βόρεια-βορειανατολικά στις νοτιοανατολικές ακτές της Γροιλανδίας. Αν είχε κινηθεί ανατολικά θα είχε επικρατήσει άσχημος καιρός στις 6/6/1944 στην περιοχή της Νορμανδίας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Κουτσογιάννης, Δ. και Θ. Ξανθόπουλος, *Τεχνική Υδρολογία*, Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο, Αθήνα, 1997.
- Ahrens, C. D., *Essentials of Meteorology, An Invitation to the Atmosphere*, West Publishing, Minneapolis, 1993.
- Barry, R.G, and R.J. Chorley, *Atmosphere, weather and climate*, Routledge, New York, 1992.
- Christopherson, W.R., *Geosystems*, Prentice Hall, New Jersey, 2000.
- McIlveen, R., *Fundamentals of Weather and Climate*, Chapman, 1992.
- Riehl, H., *Introduction to the Atmosphere*, McGraw Hill, 1978.
- Wallace, J. M., and P. V. Hobbs, *Atmospheric Science, An Introductory Survey*, Academic Press, San Diego, Ca., 1977.