



# Παράκτια Ωκεανογραφία

## Διάλεξη 4η: Μετεωρολογική Παλίρροια

Γιάννης Ν. Κρεστενίτης  
Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών



# 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.



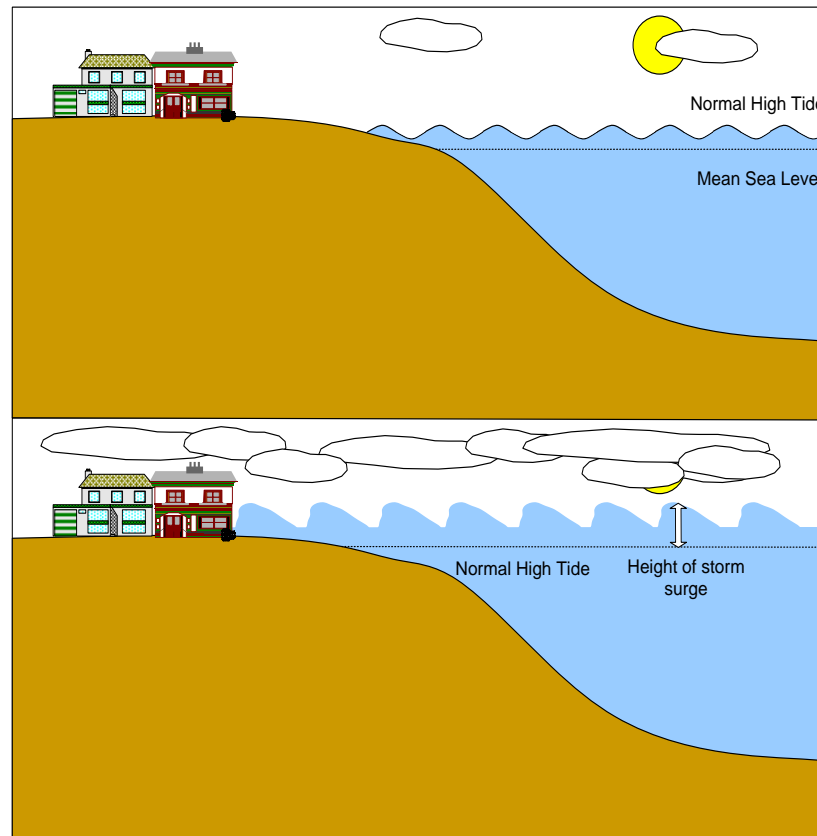
# Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο την 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.

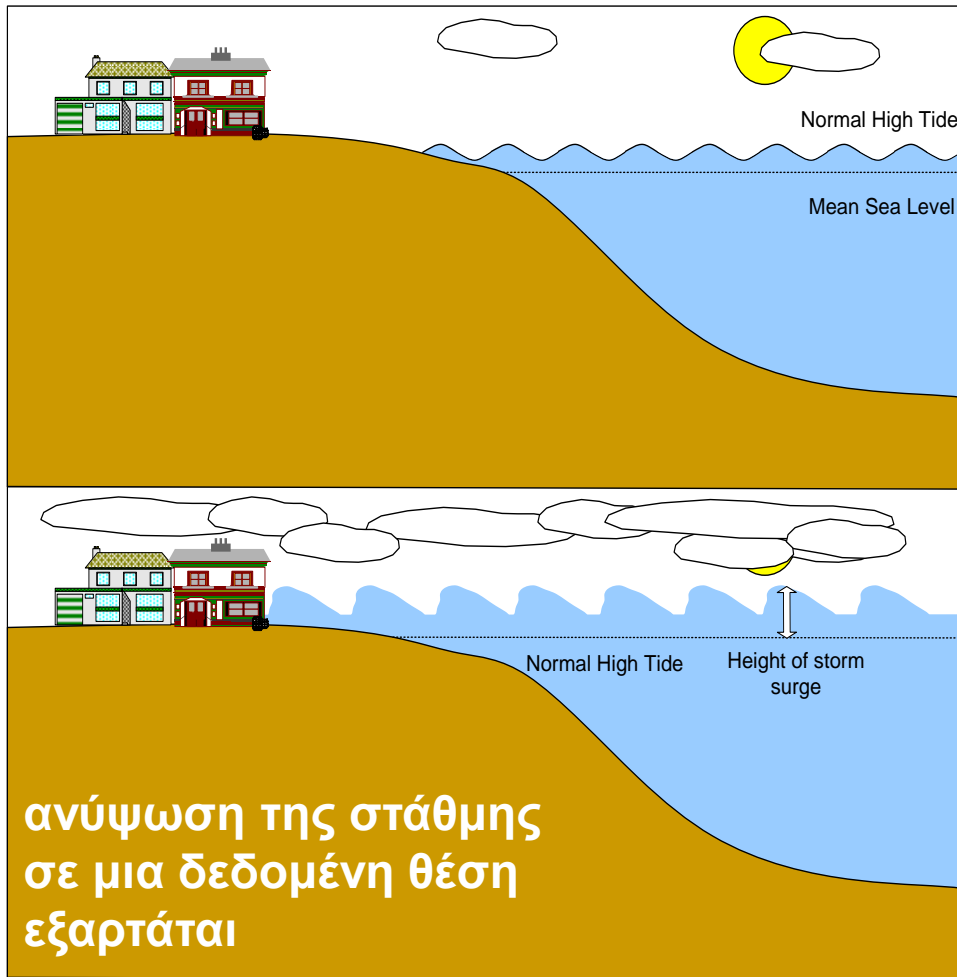


# Μετεωρολογική Παλίρροια (Storm Surge)

Ως μετεωρολογική παλίρροια (*storm surge*) δηλώνεται, η άνοδος της στάθμης του νερού κατά μήκος της ακτογραμμής, που προκαλείται από τις δυνάμεις ανέμου και πίεσης ενός τυφώνα ή μιας έντονης καταιγίδας.



# Μετεωρολογική Παλίρροια (Storm Surge)



➤ Μέγεθος του βαρομετρικού χαμηλού, την ένταση και την ταχύτητα προώθησης.

➤ Τον προσανατολισμό των ανέμων σε σχέση με την ακτή.

➤ Τη μορφολογία της ακτογραμμής και τη βαθυμετρία κοντά σ' αυτή.

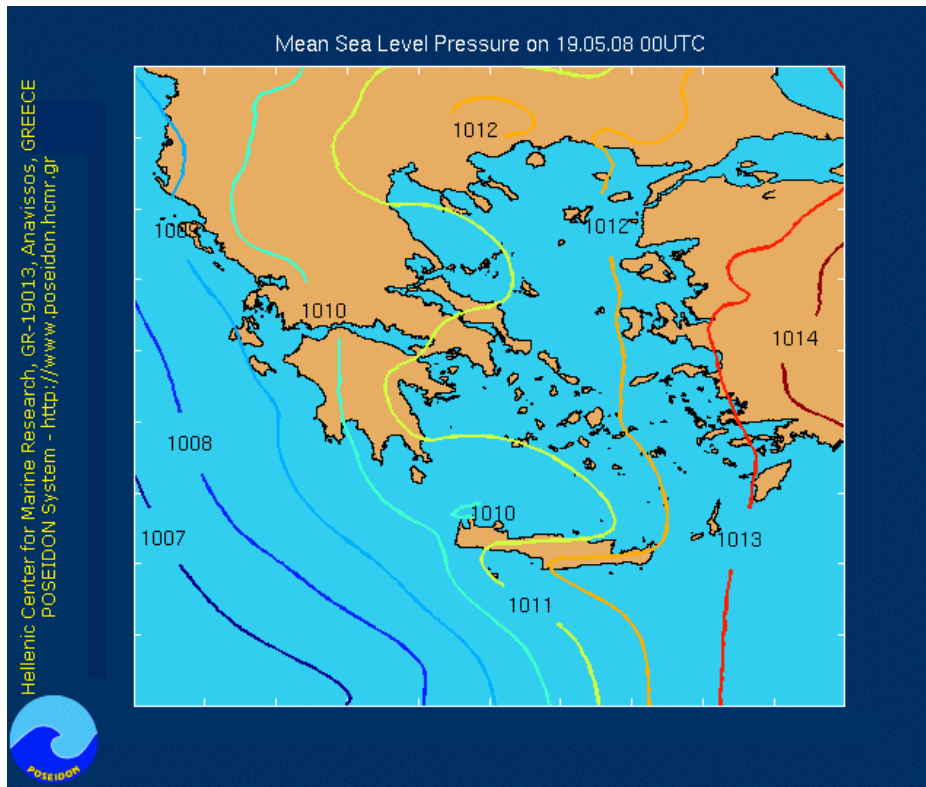
Αν η μετεωρολογική παλίρροια συμβεί ταυτόχρονα με την πλημμυρίδα της αστρονομικής παλίρροιας.



# Τι είναι το «βαρομετρικό χαμηλό»;

Πρόκειται για περιοχή όπου επικρατούν χαμηλότερες τιμές [ατμοσφαιρικής πίεσης](#) από τις γειτονικές περιοχές.

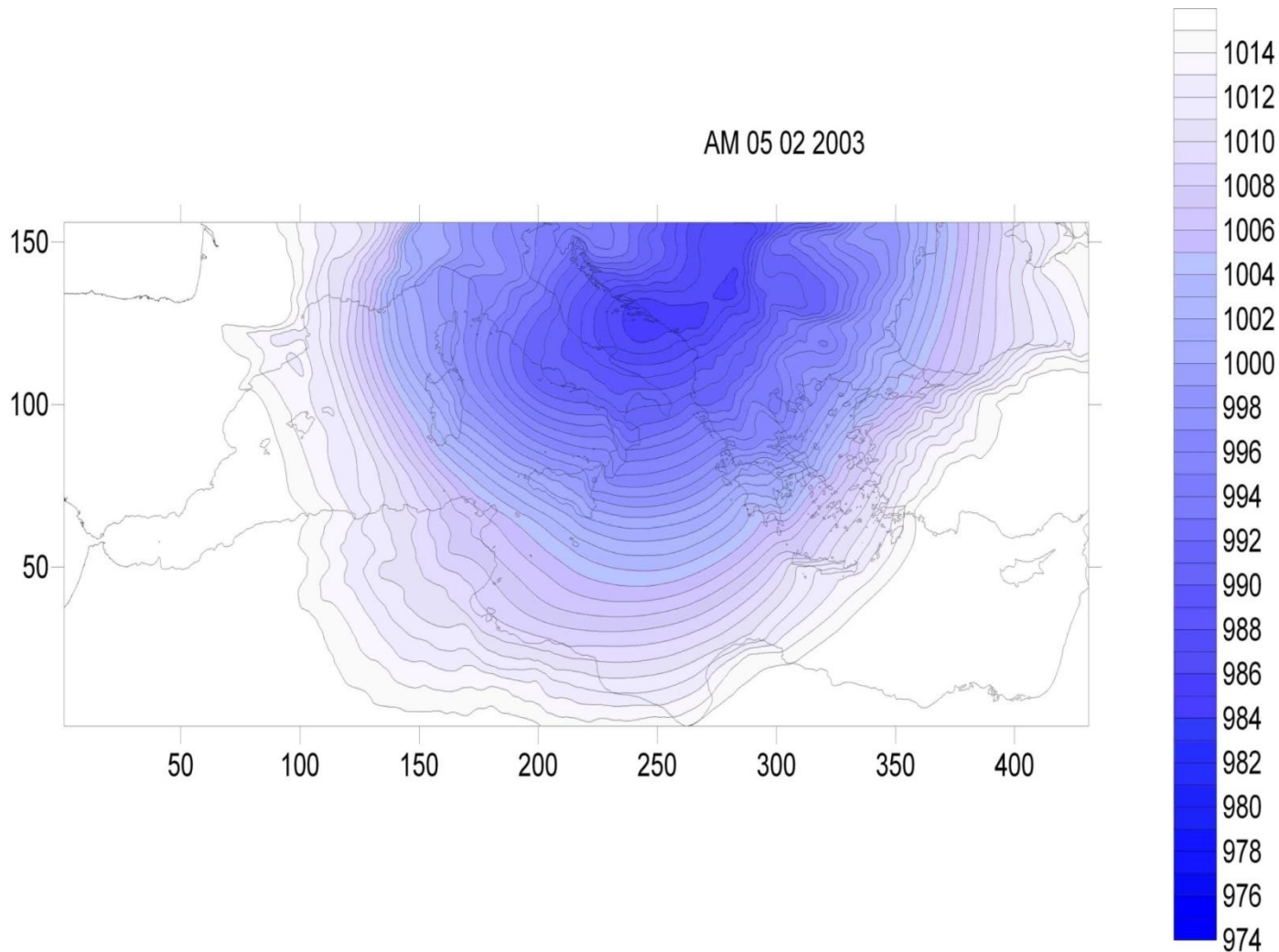
Ένα χαμηλό βαρομετρικό ονομάζεται επίσης *ύφεση*, *κυκλώνας* ή, απλά, *χαμηλό*.



Μετεωρολογικός χάρτης επιφανείας από το σύστημα POSEIDON.



# Ένας χάρτης μεταβολής ατμοσφαιρικής πίεσης

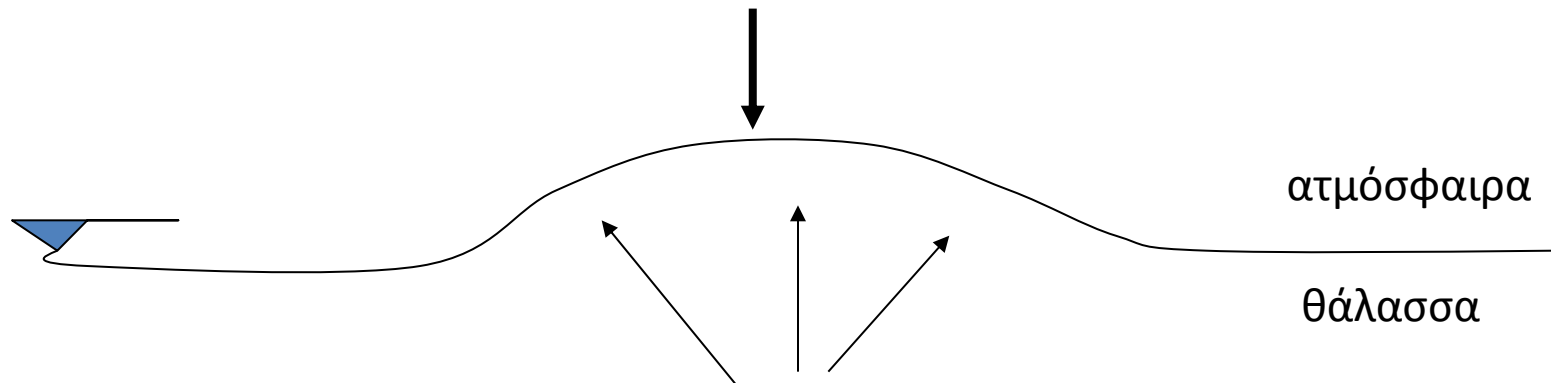


# Τα δύο βασικά φαινόμενα που προκαλούν την ανύψωση στάθμης

- Ανύψωση στάθμης θάλασσας λόγω χαμηλής πίεσης

Η διαφορά μεταξύ της χαμηλής πίεσης στο κέντρο του κυκλώνα και της υψηλότερης περιβαλλοντικής πίεσης έξω από τον πυρήνα, μπορεί να προκαλέσει άνοδο της στάθμης του νερού (φαινόμενο του ανάστροφου βαρομέτρου).

*Πυρήνας συστήματος χαμηλής πίεσης*



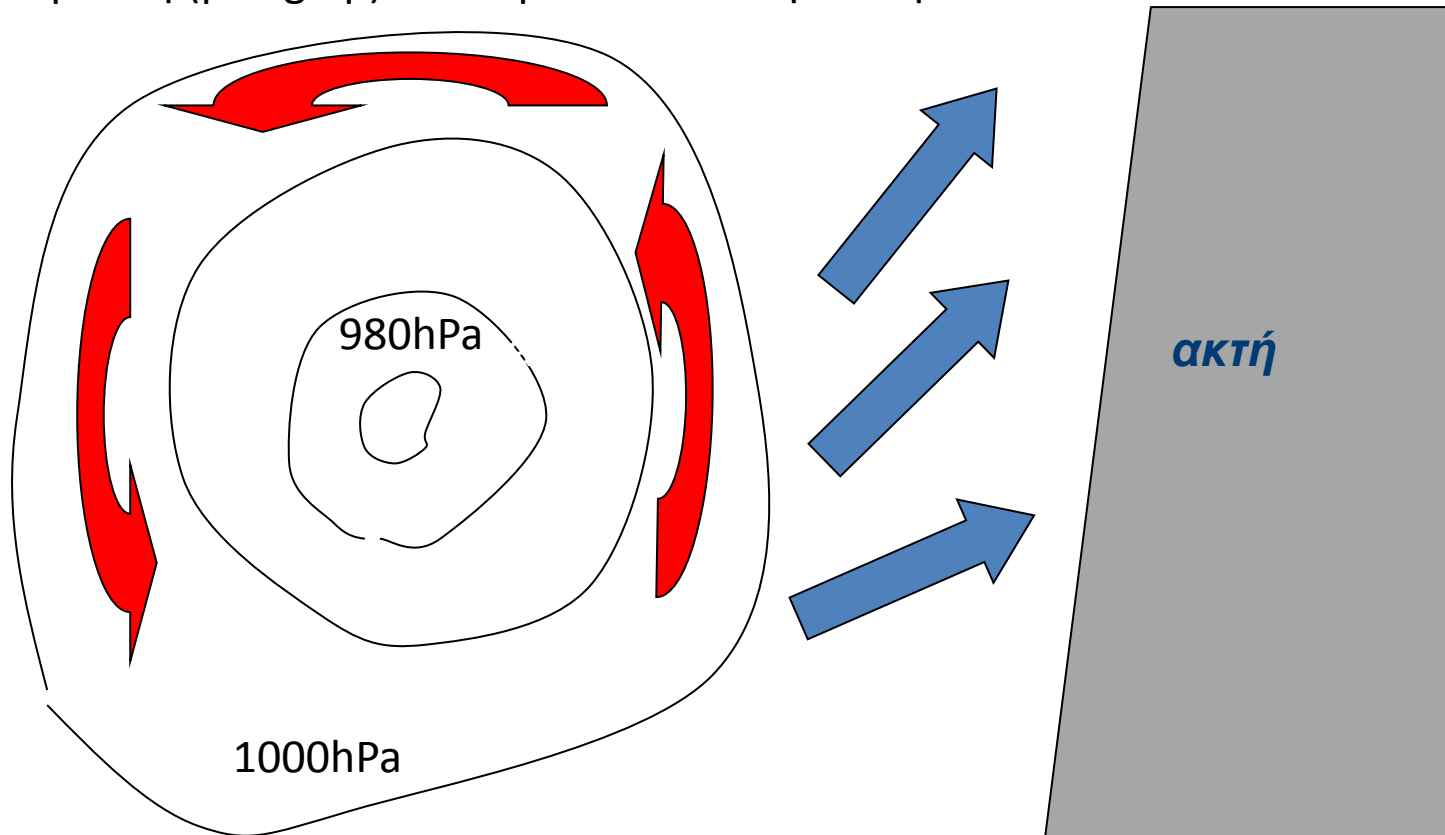
*Η αύξηση της ατμοσφαιρικής πίεσης κατά 1 mbar προκαλεί πτώση της στάθμης 1 cm, και αντιστρόφως*





# Ανύψωση στάθμης θάλασσας λόγω του ανέμου

Προκαλείται από τους έντονους επιφανειακούς ανέμους (κυκλώνες) ενός τυφώνα ή μιας καταιγίδας, που ωθούν το επιφανειακό νερό προς την ξηρά με αποτέλεσμα τη συσσώρευση (piling up) του νερού κοντά στην ακτή.



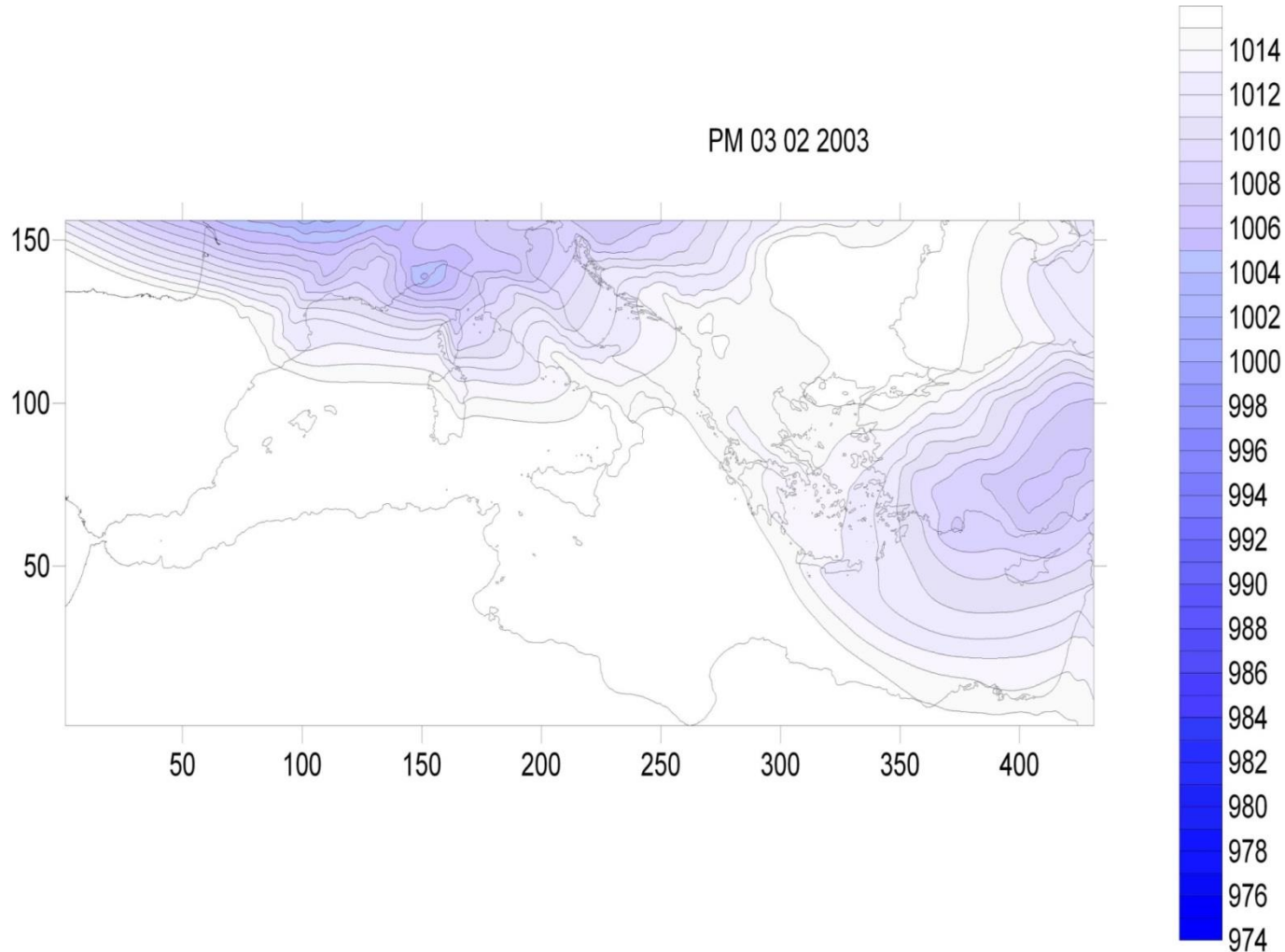
# **...συγκεκριμένα στη Μεσόγειο...**

Ο σημαντικότερος μετεωρολογικός παράγοντας της ανύψωσης στάθμης σε ημίκλειστες θάλασσες όπως η Μεσόγειος, δεν είναι τόσο η ίδια η πτώση πίεσης αλλά οι παραγόμενοι από αυτήν, άνεμοι (κυκλώνες στο Β. Ημισφαίριο) (Pirazzoli, 2000).

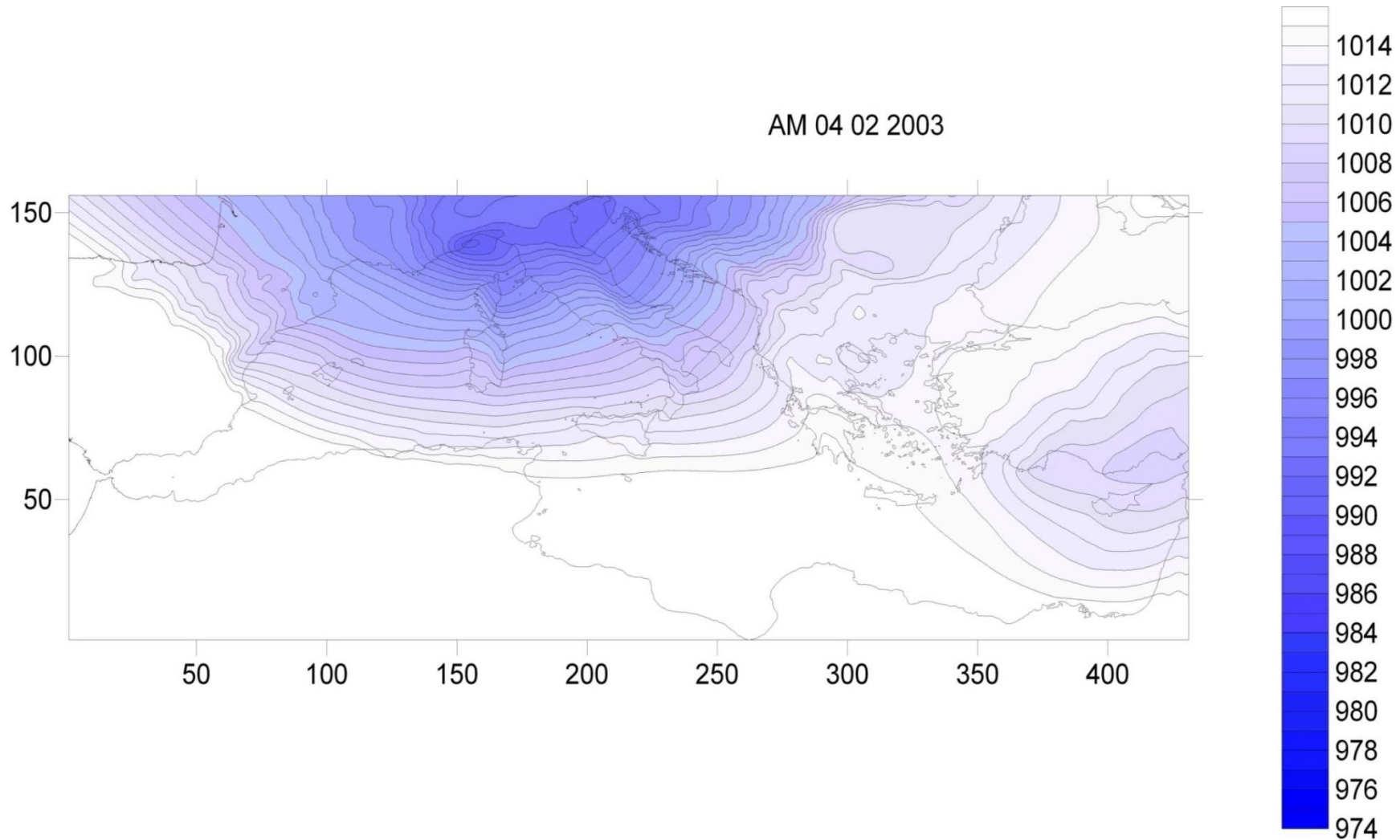
Αν και η Μεσόγειος δεν είναι ο βασικός δρόμος των συστημάτων χαμηλού βαρομετρικού της Ευρώπης και του Β. Ατλαντικού (Rogers, 1997), ισχυρά συστήματα τα οποία παράγονται κυρίως στην Αφρική, την διασχίζουν από νότο προς βορά, επηρεάζοντας τοπικά κυρίως περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου.



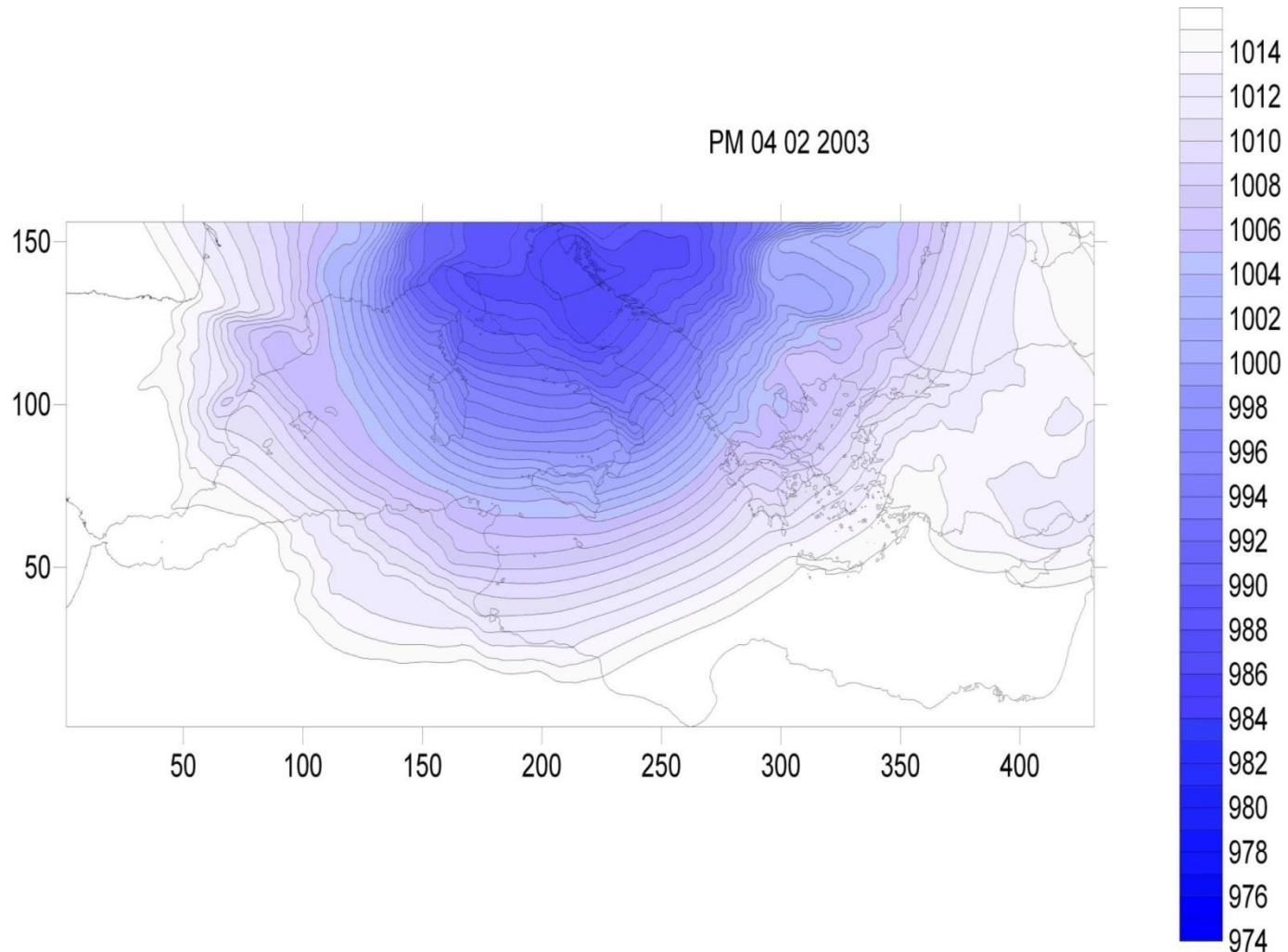
# Μετακινούμενο βαρομετρικό χαμηλό (1/9)



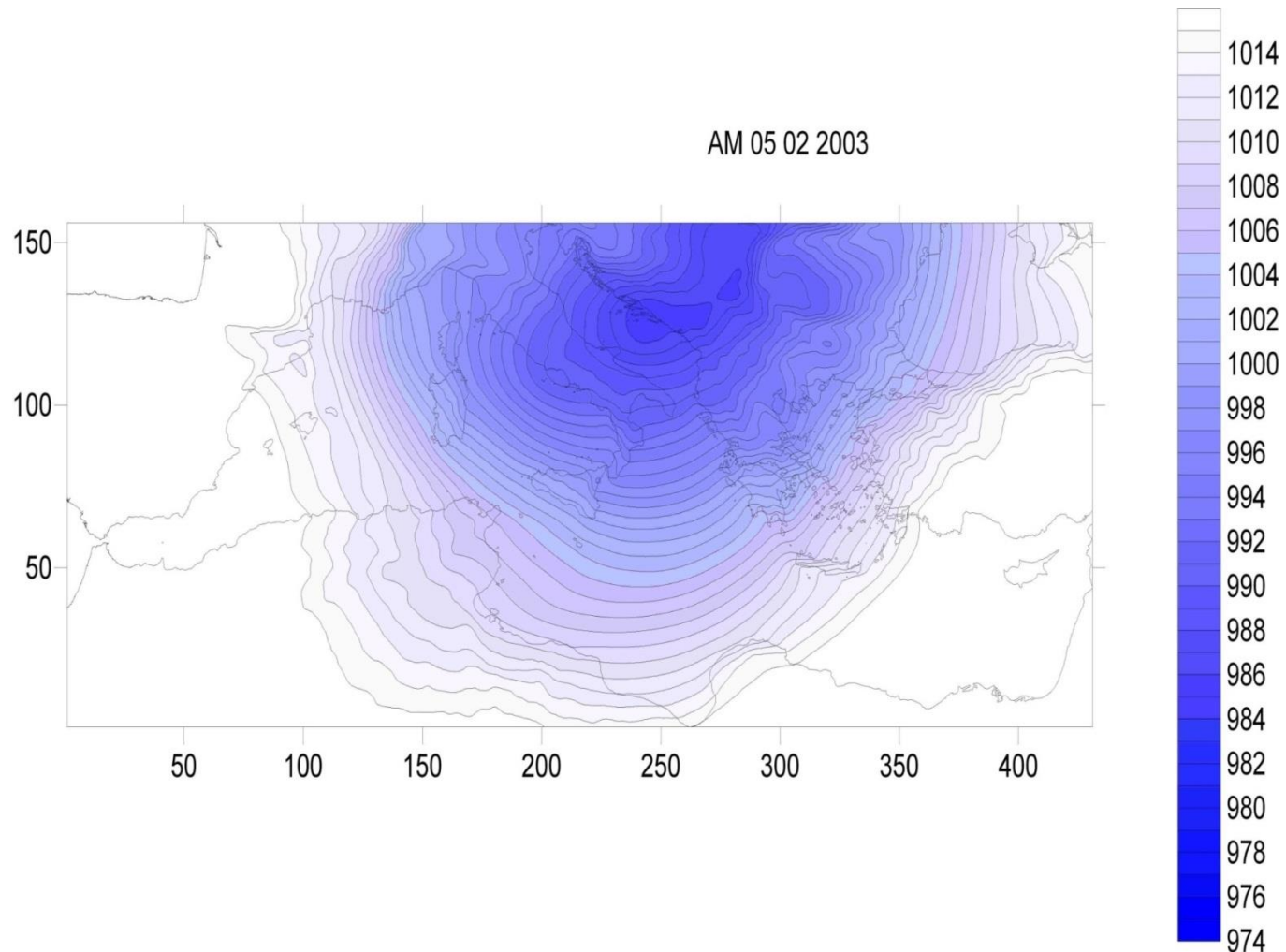
# Μετακινούμενο βαρομετρικό χαμηλό (2/9)



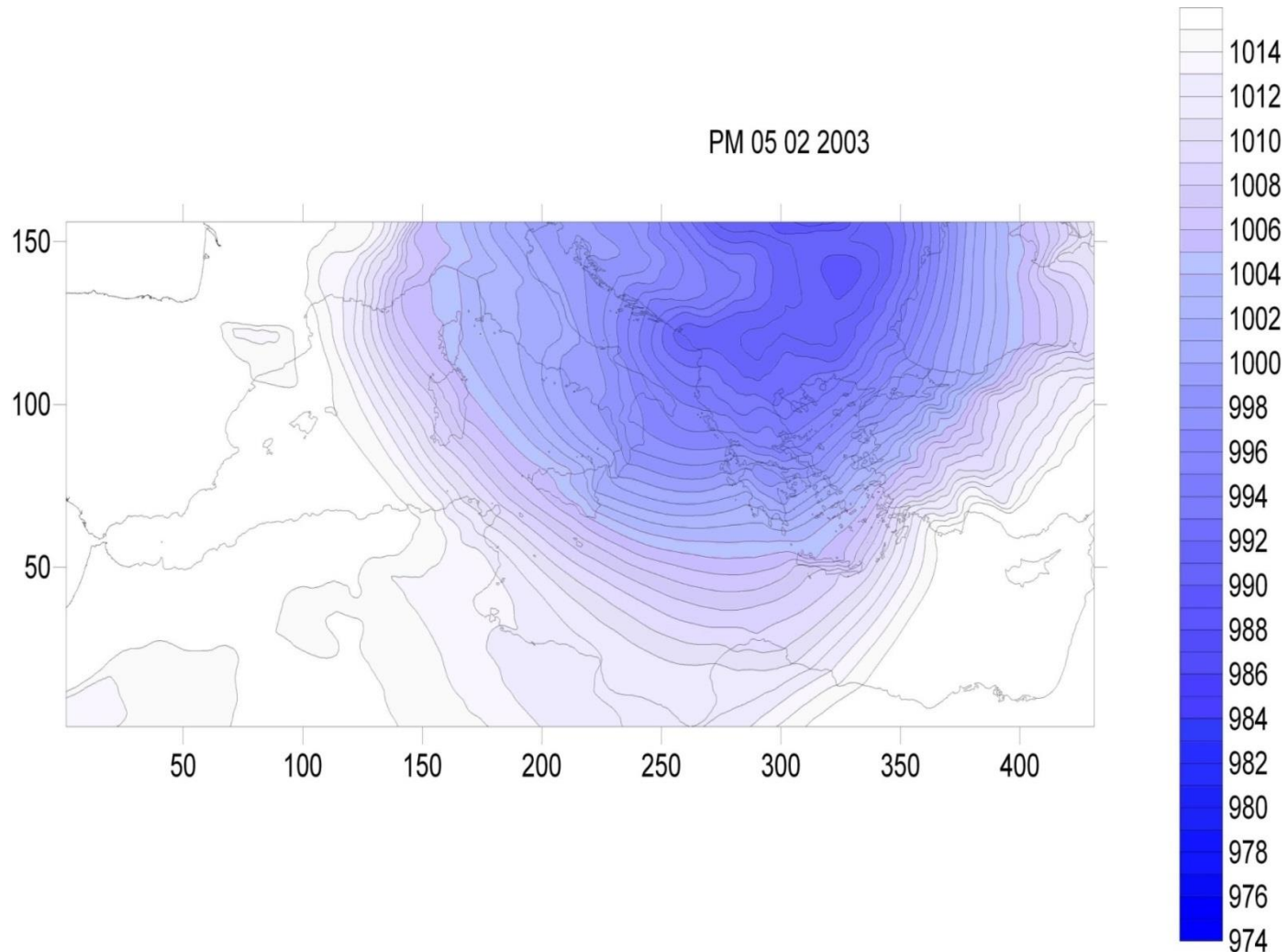
# Μετακινούμενο βαρομετρικό χαμηλό (3/9)



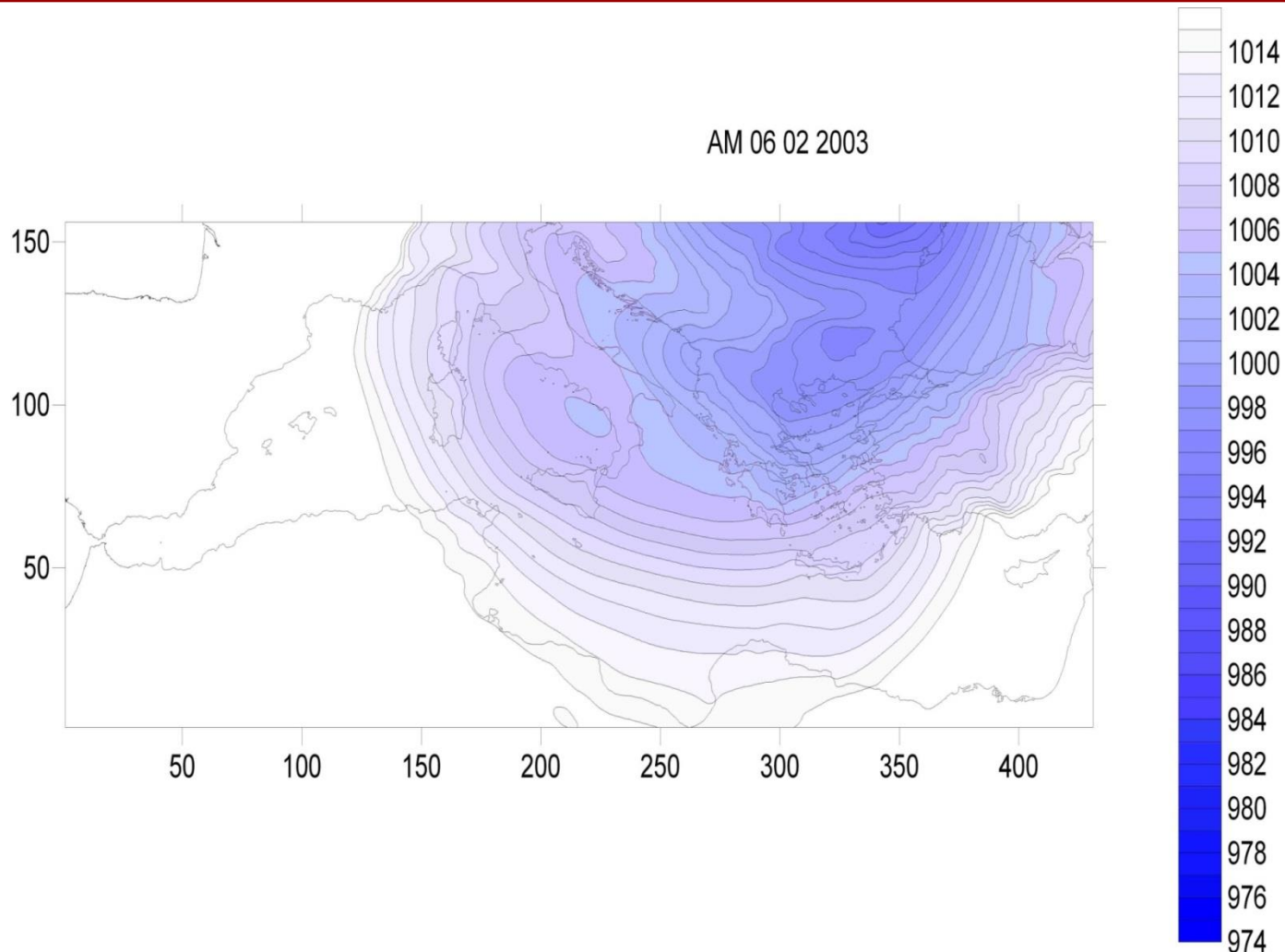
# Μετακινούμενο βαρομετρικό χαμηλό (4/9)



# Μετακινούμενο βαρομετρικό χαμηλό (5/9)

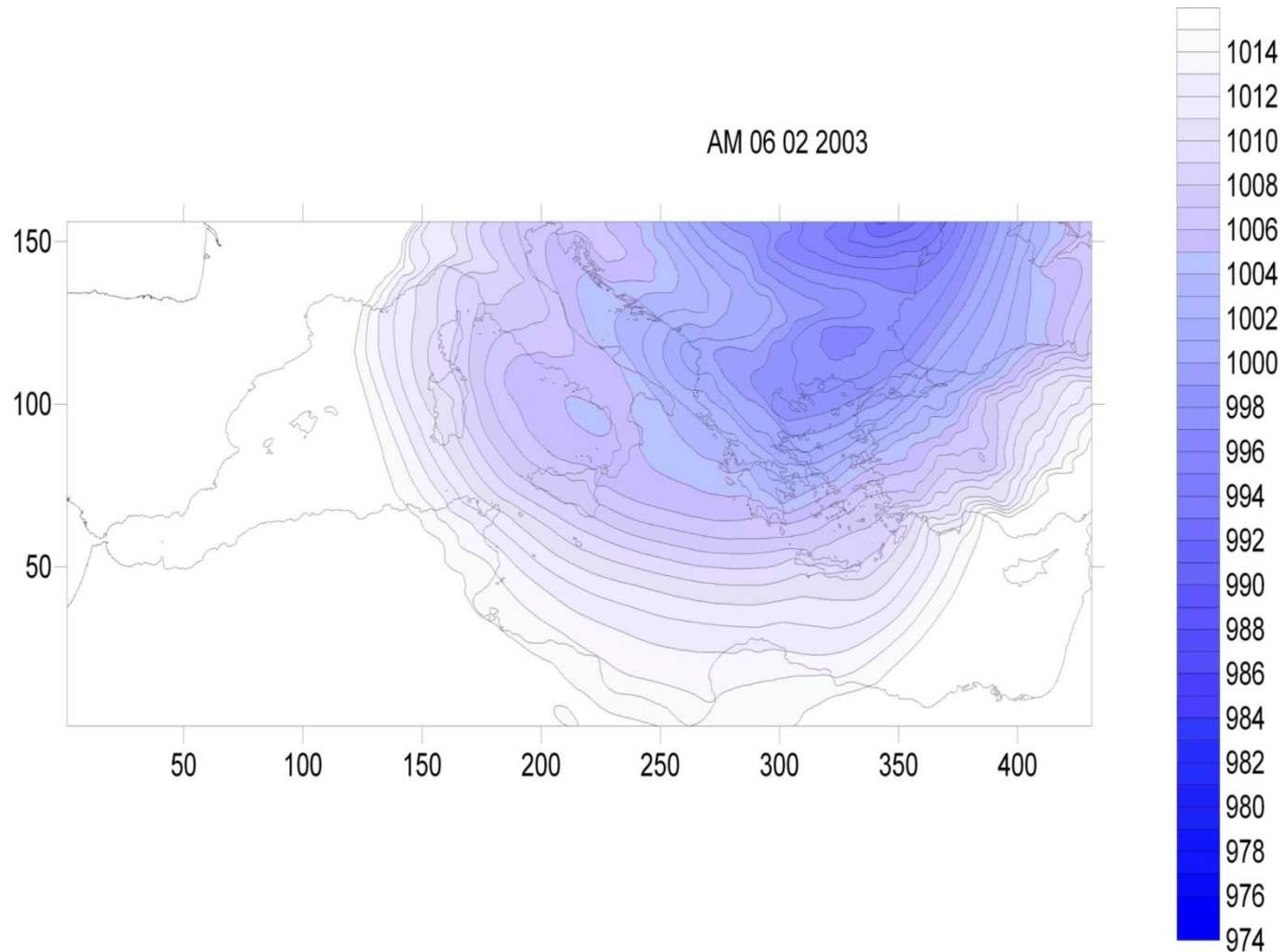


# Μετακινούμενο βαρομετρικό χαμηλό (6/9)

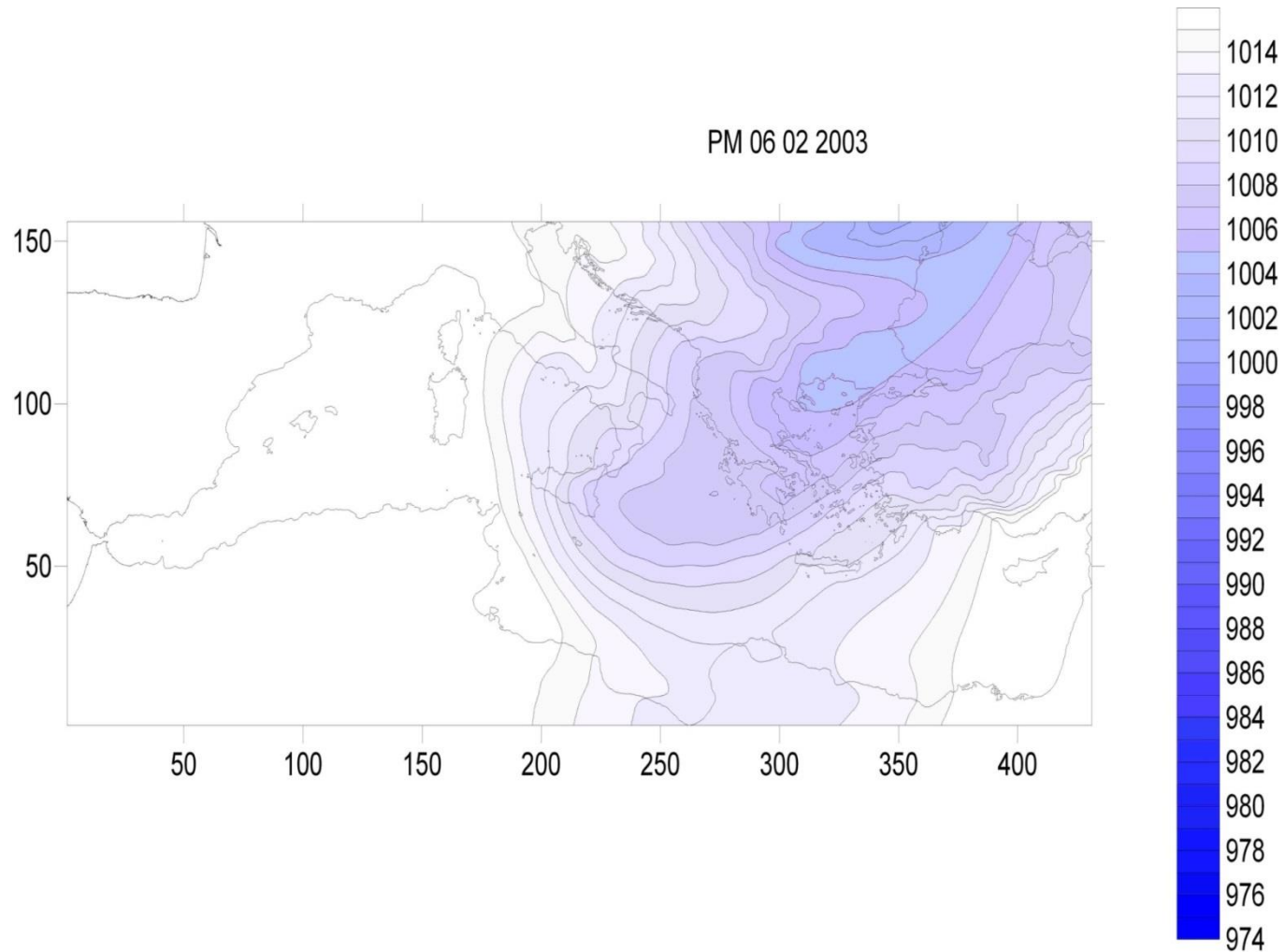




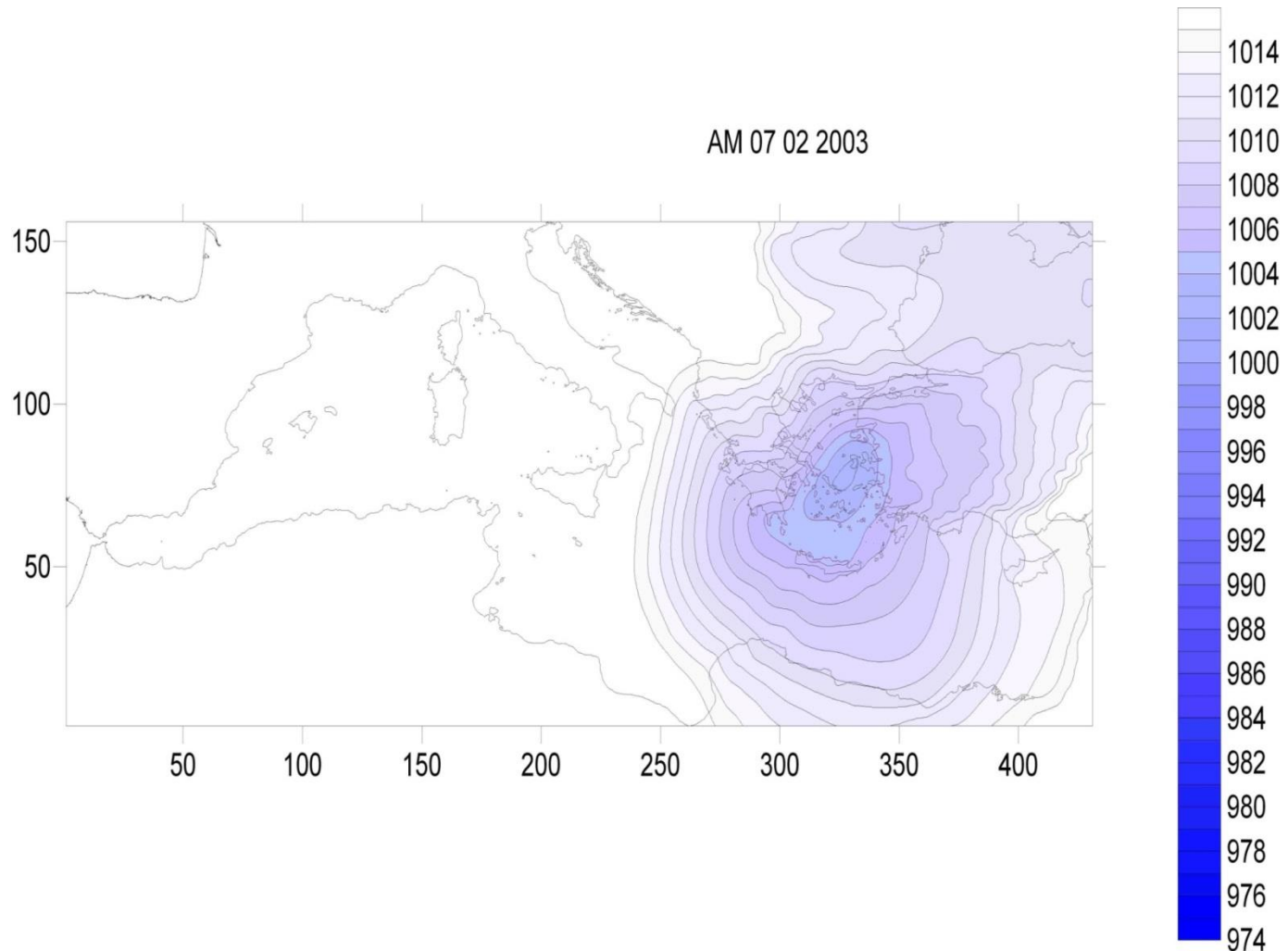
# Μετακινούμενο βαρομετρικό χαμηλό (7/9)



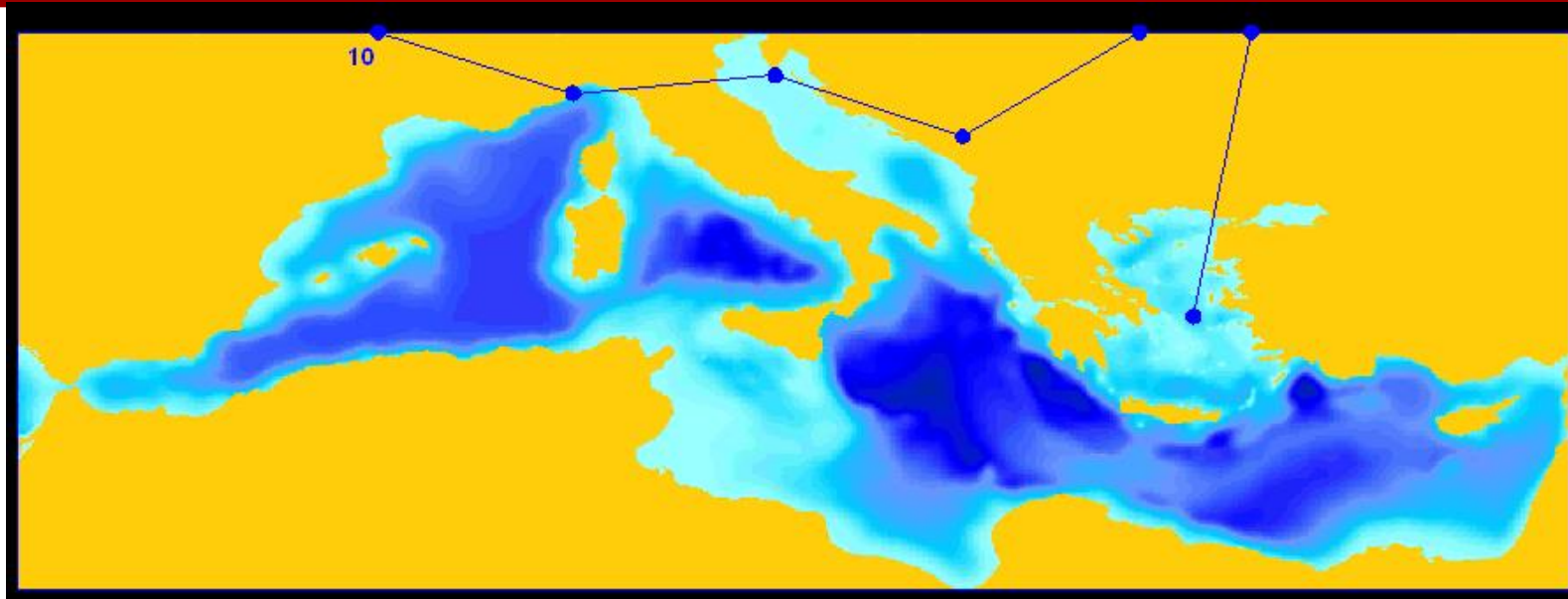
# Μετακινούμενο βαρομετρικό χαμηλό (8/9)



# Μετακινούμενο βαρομετρικό χαμηλό (9/9)



# Διαδρομή βαρομετρικού χαμηλού

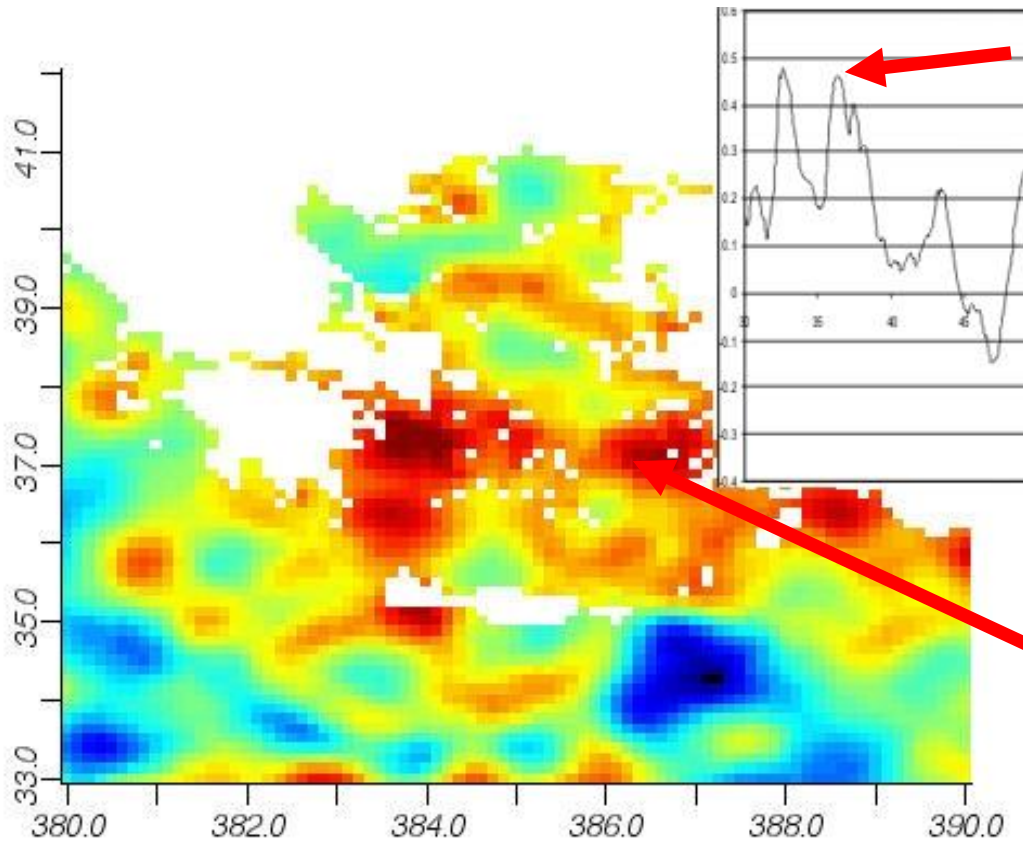


10	x(m)	y(m)	SLP(hPa)
68	1168322	1721899	1002,666
69	1574701	1533045	990,79
70	2022547	1588590	986,235
71	2445261	1399737	985,242
72	2808334	1721899	988,507
73	3049282	1721899	991,933
74	3049282	1721899	1001,325
75	3036508	844285,625	1002,831

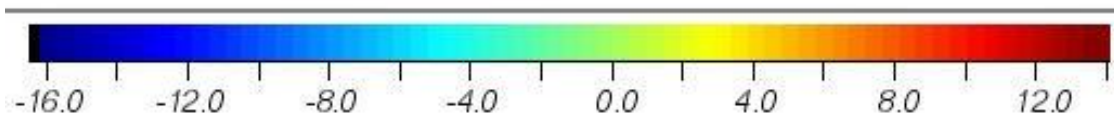


# Ανύψωση θαλάσσιας στάθμης στο Κεντρικό Αιγαίο

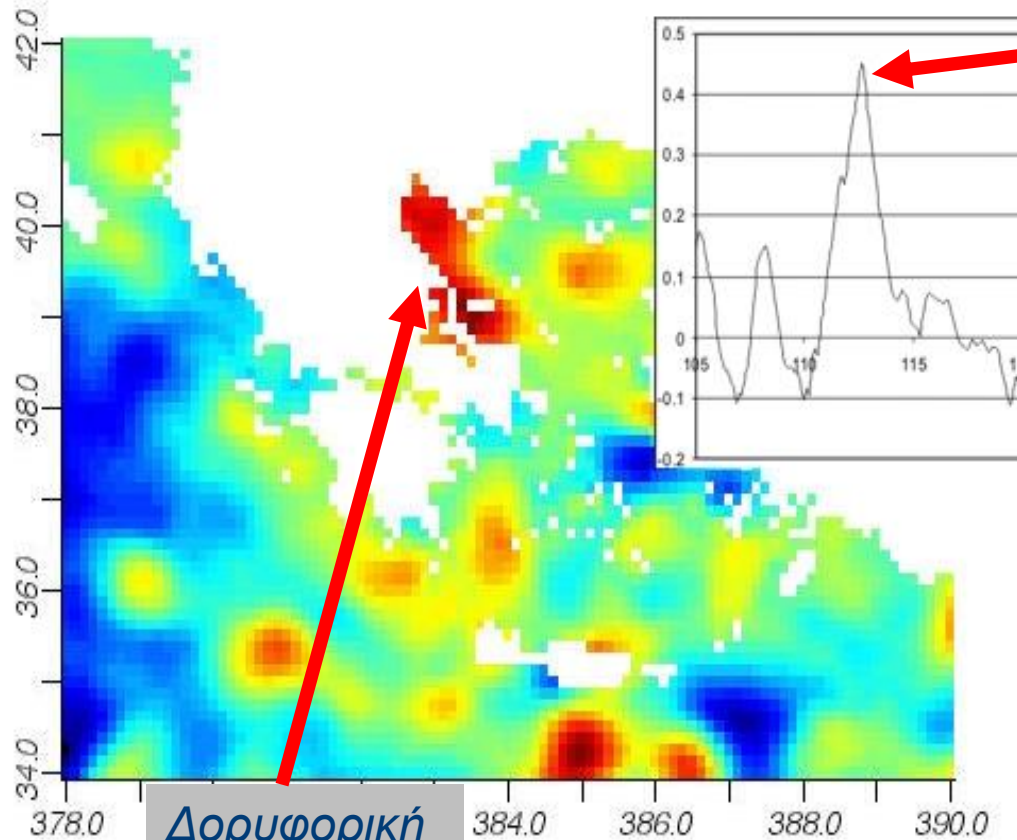
5 Φεβρουαρίου  
2003



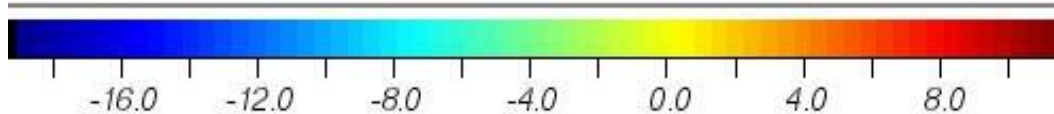
Δορυφορική  
απεικόνιση



# Ανύψωση θαλάσσιας στάθμης στο ΒΔ Αιγαίο και τον Κόλπο Θεσσαλονίκης

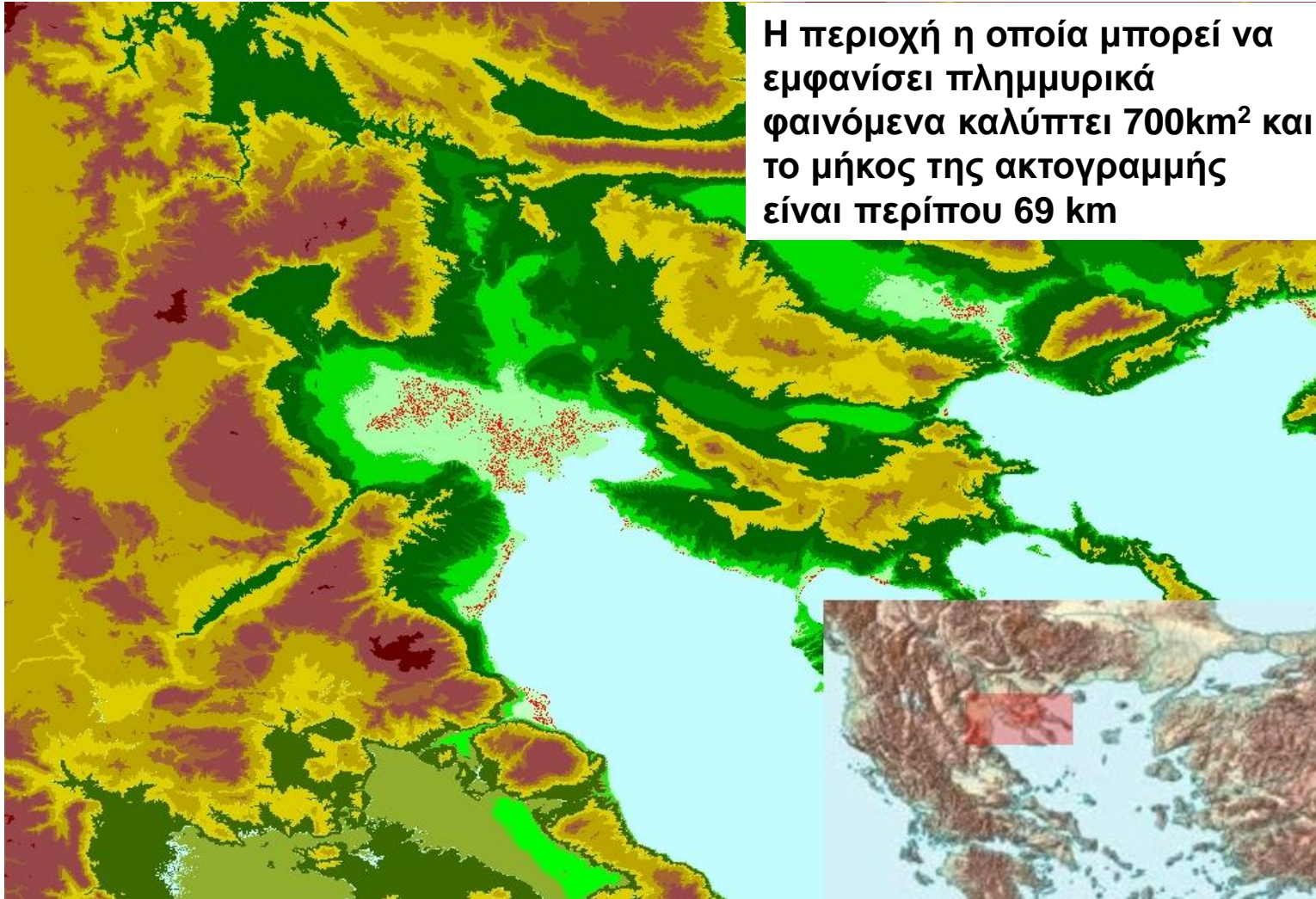


22-25 Απριλίου 2001



# Κόλπος Θεσσαλονίκης

Η περιοχή η οποία μπορεί να εμφανίσει πλημμυρικά φαινόμενα καλύπτει  $700\text{km}^2$  και το μήκος της ακτογραμμής είναι περίπου 69 km



# Επιπτώσεις στον παράκτιο χώρο

Στον ελλαδικό χώρο, λόγω του μεγάλου πλήθους των κατοικημένων παράκτιων περιοχών και της πολυπλοκότητας της μορφολογίας της παράκτιας ζώνης, οι πιθανές απότομες ανυψώσεις της στάθμης μπορούν να προκαλέσουν σημαντικά προβλήματα.

Καταστροφή δέλτα ποταμών (βιότοπων)

Θάνατοι και ζημιές σε κατοικημένες παράκτιες περιοχές

Καταστροφές θαλασσίων έργων

Καταστροφές δικτύων

Προβλήματα στις θαλάσσιες μεταφορές



Hurricane Ivan, Orange Beach, Alabama

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





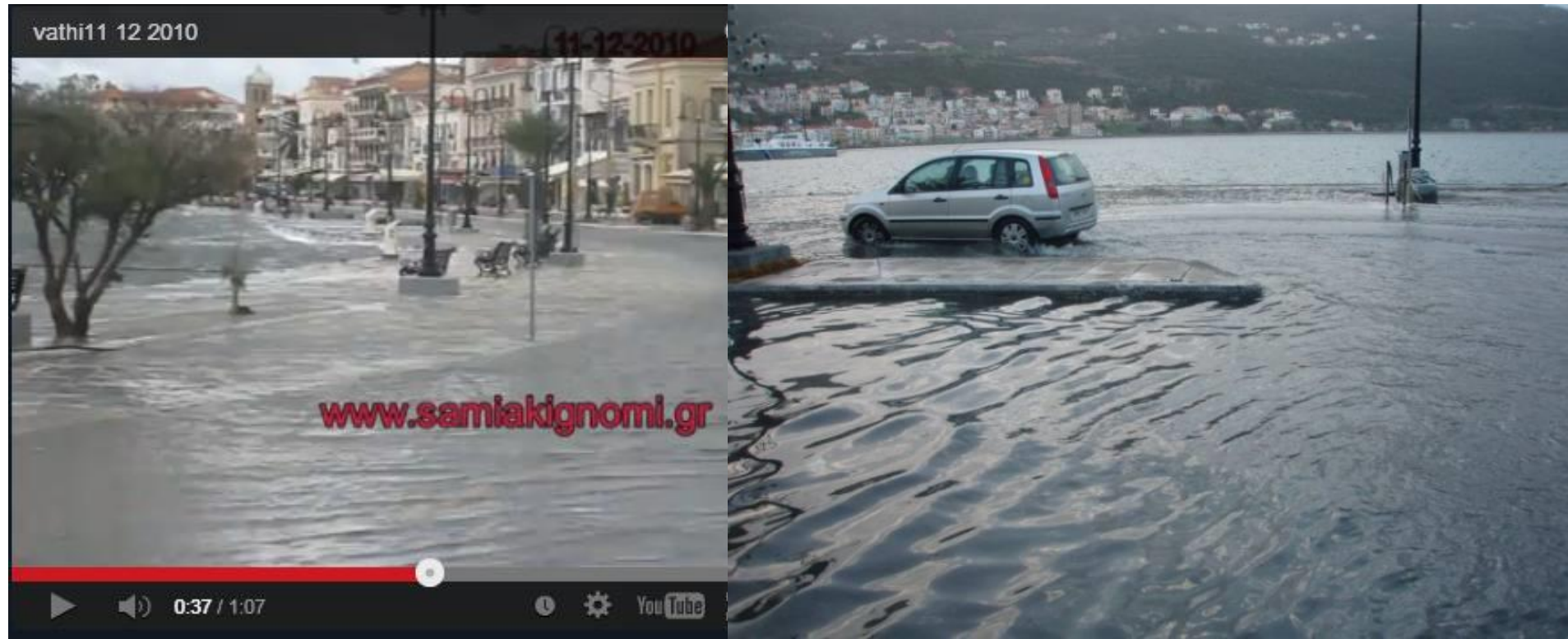
# Αιτωλικό 4/12/2008



Πηγή: [www.agrinionews.gr](http://www.agrinionews.gr)



# Σάμος 11/12/2010



Πηγή: [www.samiakignomi.gr](http://www.samiakignomi.gr)

# Σαντορίνη (Αθηνιός) 18/04/2012



Πηγή: [www.ethnos.gr](http://www.ethnos.gr)



# Πάτρα (Ρίο) 06/01/2012 & 18/04/2012



Πηγή: [www.theBEST.gr](http://www.theBEST.gr)



# Φωκίδα 18/4/2012



Πηγή: [www.iefimerida.gr](http://www.iefimerida.gr)

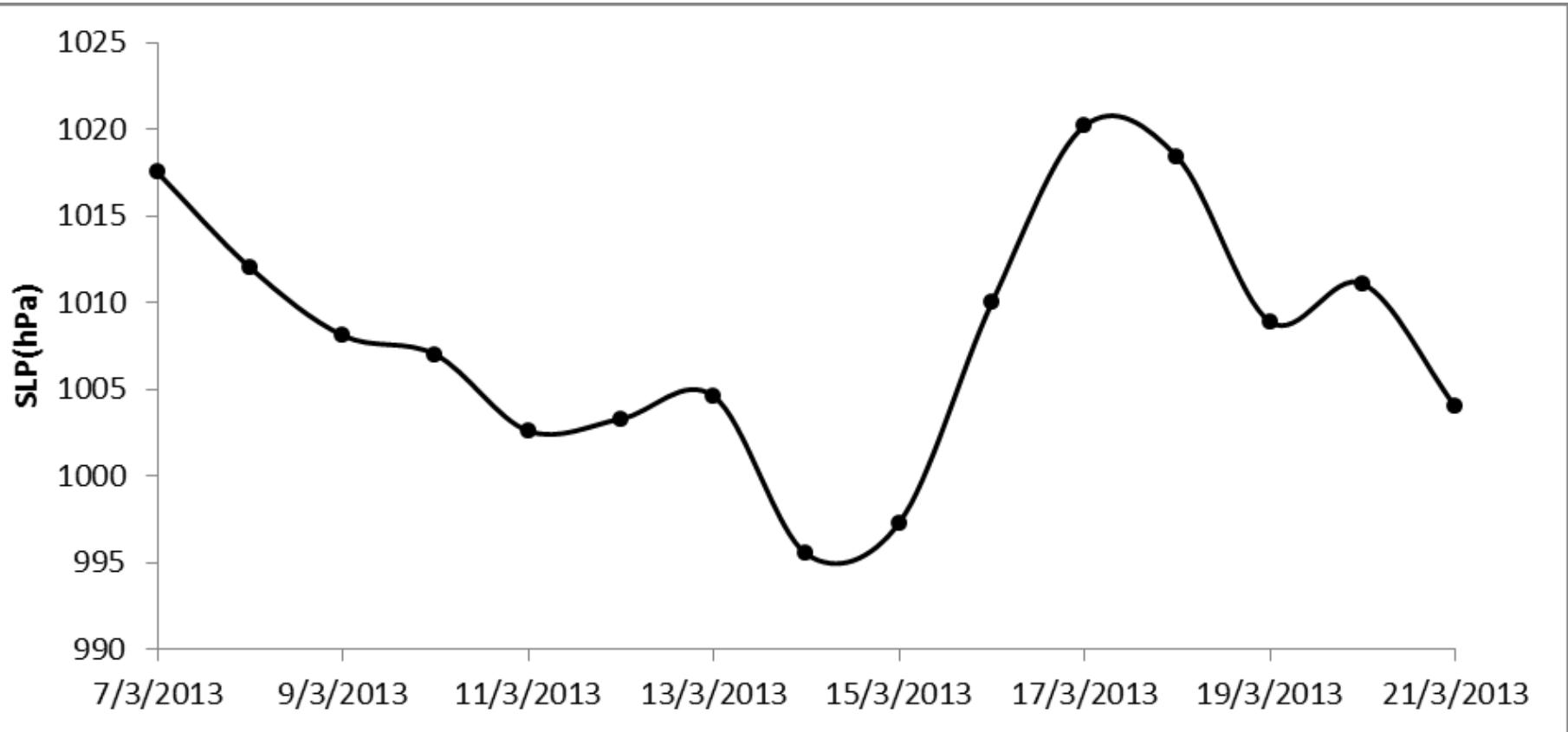


# Ολυμπιακή Ακτή (Πιερία) 14/3/2013



Πηγή: [www.e-pieria.gr](http://www.e-pieria.gr)

# Μεταβολή ατμοσφαιρικής πίεσης (Λαμία)



Μετρήσεις σταθμού ΕΜΥ



# Μέτρα προστασίας (1/3)

- Συστήματα πρόγνωσης των ατμοσφαιρικών συνθηκών και της αναμενόμενης ανύψωσης στάθμης της θάλασσας εξαιτίας τους.
- Ζώνες δάσους κατά μήκος της ακτογραμμής με πυκνά κλαδιά και φύλλωμα. Τα πυκνά κλαδιά μπορούν να μειώσουν την ταχύτητα του νερού.



Πηγή: <http://oceanworld.tamu.edu>

*Το Απρίλιο του 1991 κατά την διάρκεια ενός κυκλώνα στο Μπαγκλαντές, μία από τις περιοχές που είχαν πολύ μικρές ζημιές εξαιτίας των πλημμυρών ήταν το Mirsarai και το Sitakunda, στα οποία υπάρχει ένα δάσος κατά μήκος της ακτής (πάχους:1-2km).*





# Μέτρα προστασίας (2/3)

- Ανεμπόδιστη μεταφορά φερτών από τα ποτάμια στα δέλτα τους και σχηματισμός φυσικών αναχωμάτων τα οποία προστατεύουν από ενδεχόμενη φουσκοθαλασσιά.
- Προστασία και διατήρηση κοραλλιογενών υφάλων, οι οποίοι μειώνουν την ταχύτητα μετάδοσης των κυματισμών προς την ακτή.

Η ανάπτυξη στις παράκτιες περιοχές και η κατασκευή φραγμάτων κατά μήκος των ποταμών μείωσε την φυσική προστασία της παράκτιας ζώνης.



# Μέτρα προστασίας (3/3)

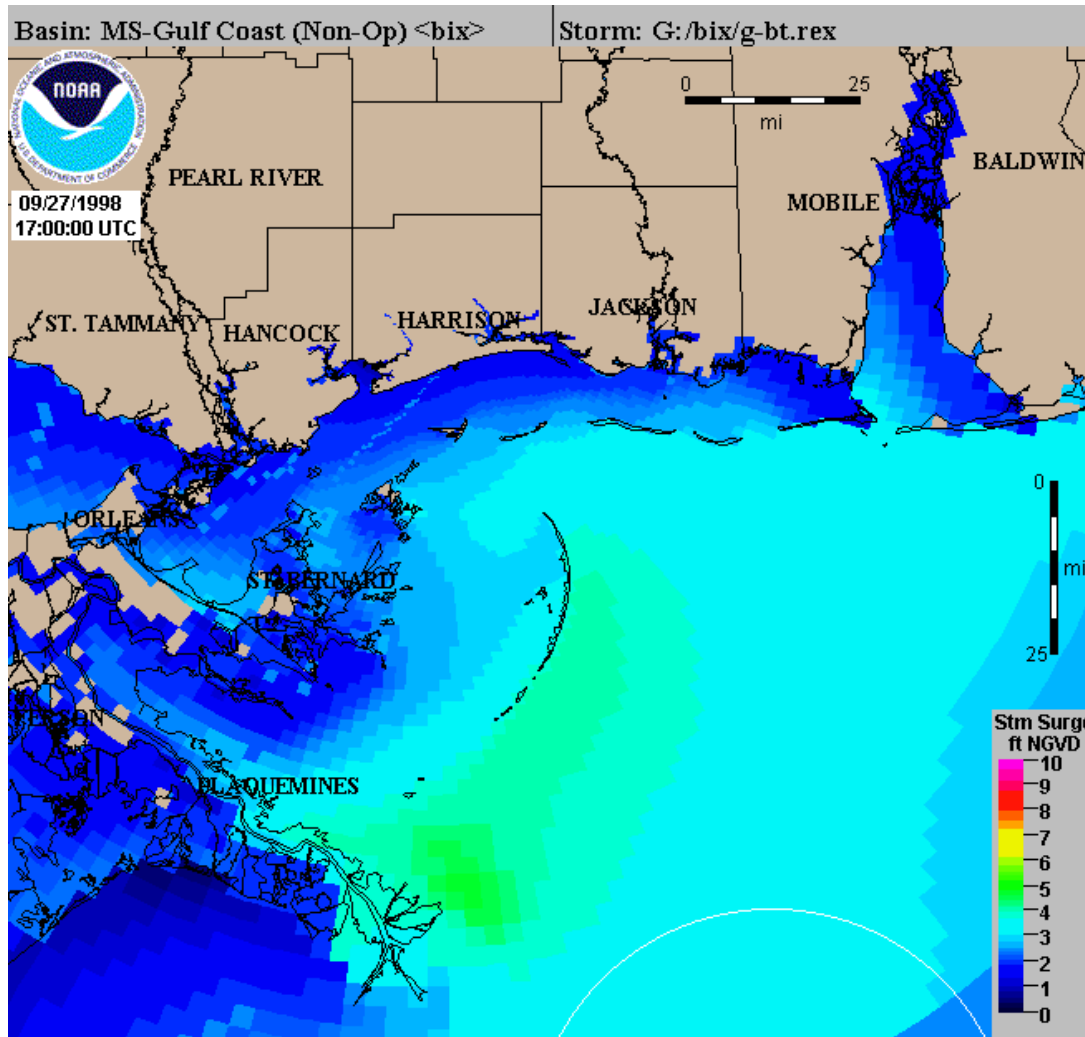


Πηγή: [www.utexas.edu](http://www.utexas.edu)

Η κατασκευή πολλών φραγμάτων κατά μήκος του Μισισιπή είχε σαν συνέπεια την εξαφάνιση των φυσικών αναχωμάτων στο δέλτα του, τα οποία θα είχαν συμβάλει σε σημαντικό βαθμό στην αναχαίτιση της μετεωρολογικής παλίρροιας που ακολούθησε τον τυφώνα Κατρίνα.



# Ο τυφώνας ΚΑΤΡΙΝΑ



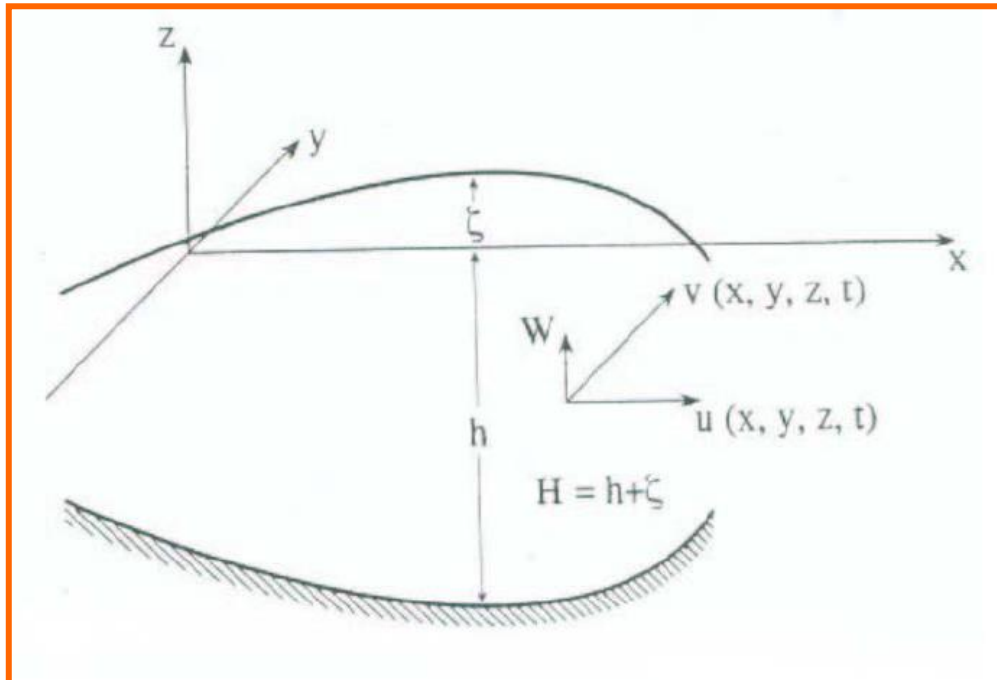
Προσομοίωση  
του τυφώνα  
ΚΑΤΡΙΝΑ



# Γενική μορφή μαθηματικού μοντέλου κυκλοφορίας - 1

## 1. Άγνωστα μεγέθη

- Συνιστώσες της ταχύτητας  $u(x,y,z,t)$ ,  $v(x,y,z,t)$ ,  $w(x,y,z,t)$ ,
- Στάθμη ελεύθερης επιφάνειας  $\zeta(x,y,t)$ .
- Πυκνότητα  $\rho(x,y,z,t)$



Βασικά μεγέθη του μοντέλου κυκλοφορίας



# Γενική μορφή μαθηματικού μοντέλου κυκλοφορίας-2

## 2. Γενικές εξισώσεις κυκλοφορίας

Για την περιγραφή των παραπάνω μεγεθών, στη γενική μορφή από μηχανική ρευστών, εξισώσεις Navier-Stokes για ασυμπίεστο ρευστό:

- Εξίσωση διατήρησης της μάζας (εξίσωση συνέχειας).

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0$$

- Εξίσωση ισοροπίας των δυνάμεων (εξίσωση ορμής)

τυρβώδεις τάσεις Reynolds

$$\frac{Du_i}{Dt} = \frac{\partial u_i}{\partial t} + u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x_i} + g_i + \frac{1}{\rho} \frac{\partial \tau_{ij}}{\partial x_j} + \frac{1}{\rho} \frac{\partial (-\rho \overline{u'_i u'_j})}{\partial x_j}$$

$$\tau_{ij} = 2\mu\sigma_{ij} = \mu \left( \frac{\partial u_i}{\partial x_j} + \frac{\partial u_j}{\partial x_i} \right)$$

τάσεις λόγω μοριακού ιξώδους



# Γενική μορφή μαθηματικού μοντέλου κυκλοφορίας-3

## 3. Απλοποιητικές παραδοχές σχετικές με τη φύση των ρών

α. Οι οριζόντιες διαστάσεις των παράκτιων λεκανών [L] είναι πρακτικά πολύ μεγαλύτερες από το βάθος [d],  $0[L] \gg 0[d]$ , επομένως θεωρείται αμελητέα η κατακόρυφη συνιστώσα της ορμής - περίπου οριζόντιες ροές ( $w=0$ ).

Άρα από εξίσωση ορμής κατά z προκύπτει υδροστατική κατανομή της πίεσης

$$\frac{\partial p}{\partial z} = -\rho g$$

β. Η συμμετοχή του φυσικού πεδίου στην περιστροφή της γης εισάγει τη δύναμη Coriolis στις εξισώσεις ισορροπίας των δυνάμεων κατά τις οριζόντιες διευθύνσεις.

$$\vec{C} = -2\vec{\Omega} \times \vec{V}$$

Οι οριζόντιες συνιστώσες της δύναμης είναι:

$$C_x = f \cdot v, \quad C_y = f \cdot u,$$

$$\text{με } f = 2\Omega \sin \phi$$

όπου:

$\Omega$  = γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της γης,

$\phi$  = γεωγραφικό πλάτος του πεδίου



# Γενική μορφή μαθηματικού μοντέλου κυκλοφορίας-4

γ. Οι ροές είναι γενικά τυρβώδεις με μεγάλους αριθμούς Reynolds. Εφαρμόζεται τεχνική «κλεισίματος της τύρβης» με την εισαγωγή τυρβώδους συντελεστή ιξώδους. Οι τάσεις λόγω μοριακού ιξώδους αμελητέες.

Οι τυρβώδεις τάσεις Reynolds, που προκύπτουν από τις εξισώσεις Navier-Stokes, εκφράζονται ως συνάρτηση του τυρβώδους συντελεστή ιξώδους και των κλίσεων των ταχυτήτων.

$$(-\overline{\rho u_i u_j}) = \rho E_{h,v} \left( \frac{\partial U_i}{\partial x_j} + \frac{\partial U_j}{\partial x_i} \right)$$

Διάκριση των συντελεστών στο οριζόντιο  $E_h$  και κατακόρυφο επίπεδο  $E_v$

$$E_h = a \cdot L^{4/3} \text{ (cm}^2/\text{sec)}$$

$$\alpha = 0.001 - 0.01$$

L χαρακτηριστική οριζόντια διάσταση σε cm

$$E_v = (1 + \alpha Ri)^{-\beta} \cdot \lambda \cdot u_* \cdot d$$

$$O[\lambda] = 0.1$$

$$O[\alpha], O[\beta] = 1$$

$$u_* = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}}$$

$u_*$  : κρίσιμη ταχύτητα τριβής

$$Ri = \frac{\frac{g}{\rho} \frac{\partial \rho}{\partial z}}{\left( \frac{\partial u}{\partial z} \right)^2}$$

Ri : αριθμός Richardson



# Γενική μορφή μαθηματικού μοντέλου κυκλοφορίας-5

δ. Ισχύς της παραδοχής Boussinesq, ότι σε περίπτωση μη ομογενούς ρευστού η χωρική διαφοροποίηση της πυκνότητας λαμβάνεται υπ' όψη μόνο στον υπολογισμό της πίεσης.

## 4. Εξισώσεις κυκλοφορίας

- Εξίσωση διατήρησης της μάζας (εξίσωση συνέχειας)

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \quad \text{ή} \quad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \quad \text{ή} \quad \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0$$

- Εξίσωση ισορροπίας των δυνάμεων κατά x (εξίσωση ορμής)

$$\frac{Du}{Dt} = \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + fv + E_h \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( E_v \frac{\partial u}{\partial z} \right)$$

- Εξίσωση ισορροπίας των δυνάμεων κατά y (εξίσωση ορμής)

$$\frac{Dv}{Dt} = \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -\frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - fu + E_h \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( E_v \frac{\partial v}{\partial z} \right)$$





# Γενική μορφή μαθηματικού μοντέλου κυκλοφορίας-6

Η πίεση, λόγω υδροστατικής κατανομής δίνεται από το ολοκλήρωμα

$$p = \int_z^0 \rho g dz + \bar{\rho} g \zeta$$

Οι οριζόντιες βαθμίδες της πίεσης γράφονται, π.χ στην διεύθυνση x.

$$\frac{\partial p}{\partial x} = \frac{\partial}{\partial x} \int_z^0 \rho g dz + \bar{\rho} g \frac{\partial \zeta}{\partial x}$$

**βαροτροπικός όρος: επίδραση της κλίσης της ελεύθερης επιφάνειας.**

**βαροκλιτικός όρος: επίδραση της ανομοιογένειας του ρευστού (κατανομή  $\rho$  με το βάθος).**



# Γενική μορφή μαθηματικού μοντέλου κυκλοφορίας-7

## 5. Οριακές συνθήκες

- Ελεύθερη επιφάνεια: Επίδραση διατμητικών τάσεων λόγω ανέμου

$$E_v \frac{\partial u}{\partial z} = \frac{\tau_{sx}}{\rho} = C_s \cdot W_x \cdot \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$$

όπου  $W_x$ ,  $W_y$  οι συνισταμένες της ταχύτητας του ανέμου και  $C_s$  συντελεστής τριβής

$$E_v \frac{\partial v}{\partial z} = \frac{\tau_{sy}}{\rho} = C_s \cdot W_y \cdot \sqrt{W_x^2 + W_y^2}$$

$$C_s = (1-3) \cdot 10^{-6}$$

- Πυθμένας: Επίδραση διατμητικών τάσεων πυθμένα

$$E_v \frac{\partial u}{\partial z} = \frac{\tau_{bx}}{\rho} = C_b \cdot u \cdot \sqrt{u^2 + v^2}$$

$C_b$  συντελεστής τριβής  $C_b = 0.001-0.01$

$$E_v \frac{\partial v}{\partial z} = \frac{\tau_{by}}{\rho} = C_b \cdot v \cdot \sqrt{u^2 + v^2}$$

$$u = 0, v = 0$$

- Όριο ακτών :  $U_n = 0$  (μηδενισμός εγκάρσιας συνιστώσας)



# Γενική μορφή μαθηματικού μοντέλου κυκλοφορίας-8

## 6. Μορφή εξισώσεων για ολοκληρωμένη στο βάθος ροή

Για την αναγωγή του τρισδιάστατου μοντέλου σε διδιάστατο γραμμένο ως προς τα μέσα κατά το βάθος μεγέθη  $U, V$ . Η εξίσωση συνέχειας ολοκληρώνεται προς το βάθος και με εφαρμογή του ορισμού των μέσων κατά το βάθος ταχυτήτων.

$$U = \frac{1}{h} \int_{-h}^0 u dz, \quad V = \frac{1}{h} \int_{-h}^0 v dz,$$

- Εξίσωση διατήρησης της μάζας (εξίσωση συνέχειας)

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0 \Rightarrow \int_{-h}^0 \frac{\partial u}{\partial x} dz + \int_{-h}^0 \frac{\partial v}{\partial y} dz + \int_{-h}^0 \frac{\partial w}{\partial z} dz = 0$$

$$\frac{\partial}{\partial x} \int_{-h}^0 u dz + \frac{\partial}{\partial y} \int_{-h}^0 v dz + \left[ [w]_{z=0} - [w]_{z=-h} \right] = 0 \Rightarrow$$

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} U h + \frac{\partial}{\partial y} V h = 0$$

$$[w]_{z=0} = \frac{\partial \zeta}{\partial t}$$

$$[w]_{z=-h} = 0$$



# Γενική μορφή μαθηματικού μοντέλου κυκλοφορίας-9

## 6. Μορφή εξισώσεων για ολοκληρωμένη στο βάθος ροή

- Εξίσωση διατήρησης της μάζας (εξίσωση συνέχειας)

$$\frac{\partial \zeta}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} U h + \frac{\partial}{\partial y} V h = 0$$

- Εξίσωση ισορροπίας των δυνάμεων κατά x (εξίσωση ορμής)

$$\frac{DU}{Dt} = \frac{\partial U}{\partial t} + U \frac{\partial U}{\partial x} + V \frac{\partial U}{\partial y} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial x} + fV + E_h \left( \frac{\partial^2 U}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 U}{\partial y^2} \right) + \frac{\tau_{sx}}{\rho h} - \frac{\tau_{bx}}{\rho h}$$

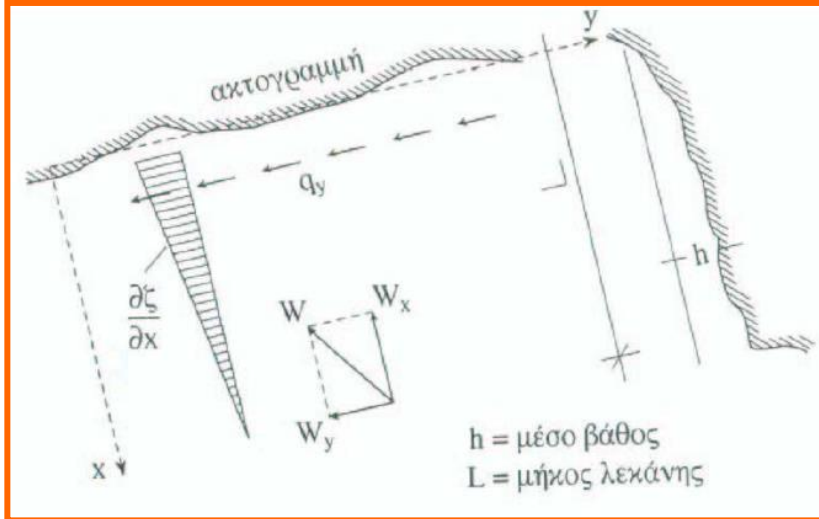
- Εξίσωση ισορροπίας των δυνάμεων κατά y (εξίσωση ορμής)

$$\frac{DV}{Dt} = \frac{\partial V}{\partial t} + U \frac{\partial V}{\partial x} + V \frac{\partial V}{\partial y} = -g \frac{\partial \zeta}{\partial y} - fU + E_h \left( \frac{\partial^2 V}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 V}{\partial y^2} \right) + \frac{\tau_{sy}}{\rho h} - \frac{\tau_{by}}{\rho h}$$



# Απλοποιημένο μοντέλο Μετεωρολογικής παλίρροιας (1/3)

Στην περίπτωση περίπου ευθύγραμμης ακτής, σε έκταση μήκους  $L$  κάθετα στην ακτή με μέσο βάθος  $h$ , η δράση ανέμου με συνιστώσες  $W_x$ ,  $W_y$  (οι άξονες  $O_x$ ,  $O_y$  πρέπει να σχηματίζουν δεξιόστροφο σύστημα και ο  $O_x$  είναι κάθετος στην ακτή) συνεπάγεται παράκτια κυκλοφορία και μεταβολή της στάθμης στην ακτή (μετεωρολογική παλίρροια).



Ειδικές παροχές

$$q_x = Uh, \quad q_y = Vh$$

Μόνιμη ροή

Συμβολισμοί για την περιγραφή της μετεωρολογικής παλίρροιας



# Απλοποιημένο μοντέλο Μετεωρολογικής παλίρροιας (2/3)

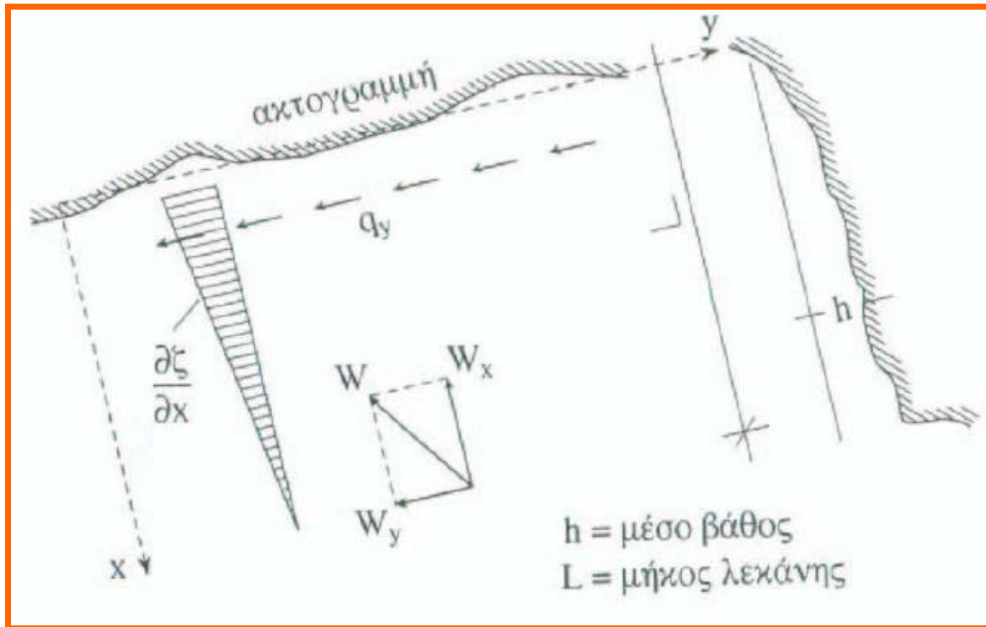
$$gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} = fq_y + kW W_x - gh \frac{\partial \zeta_{atm}}{\partial x}$$

$$0 = kW W_y - C_b \frac{q_y}{h^2}$$

Ειδικές παροχές

$$q_x = Uh, \quad q_y = Vh$$

Μόνιμη ροή



Συμβολισμοί για την περιγραφή της μετεωρολογικής παλίρροιας



# Απλοποιημένο μοντέλο Μετεωρολογικής παλίρροιας (3/3)

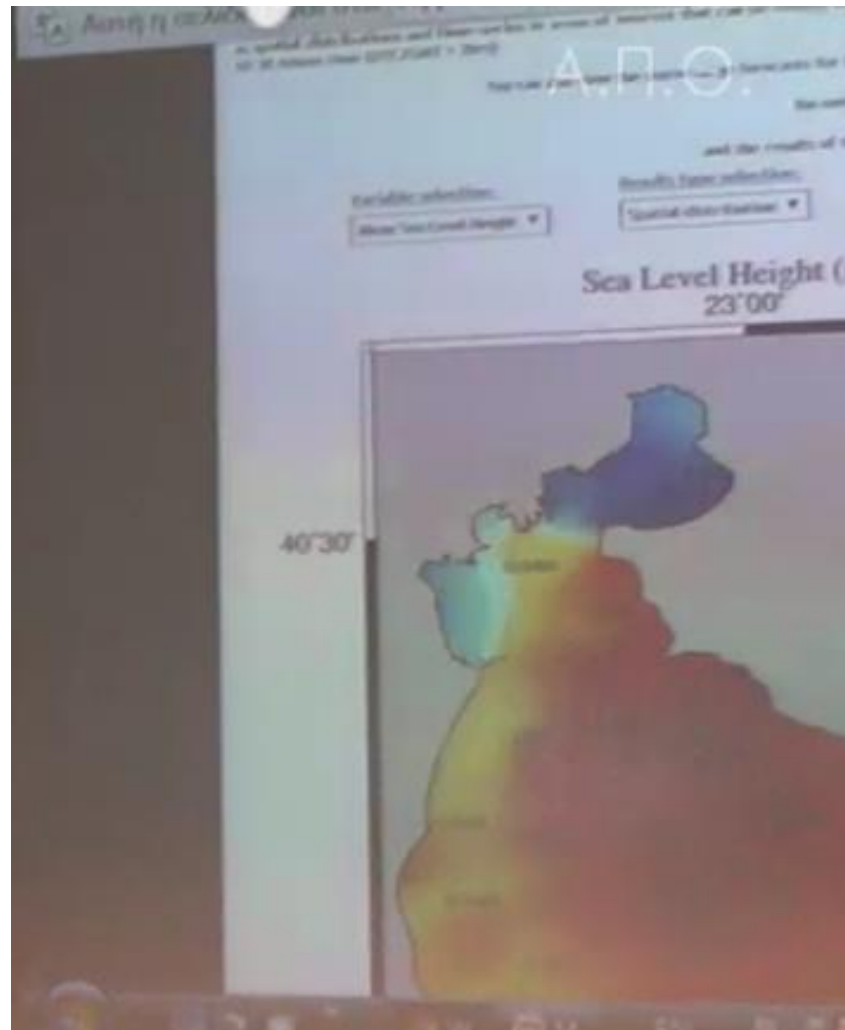
$$gh \frac{\partial \zeta}{\partial x} = fq_y + kWW_x - gh \frac{\partial \zeta_{atm}}{\partial x}$$

$$0 = kWW_y - C_b \frac{q_y}{h^2}$$

Με δεδομένα τα στοιχεία του ανέμου  $W_x$ ,  $W_y$  το μέσο βάθος  $h$ , την έκταση του πεδίου  $L$  και την τυχόν ύπαρξη ατμοσφαιρικών βαθμίδων  $\partial \zeta_{atm} / \partial x$  επιλύεται η δεύτερη ως προς  $q_y$  και σε συνέχεια υπολογίζεται η βαθμίδα  $\partial \zeta / \partial x = \Delta \zeta / L$ , για την εκτίμηση της μεταβολής στάθμης  $\Delta \zeta$  στην ακτή.



# Υπολογιστικό παράδειγμα

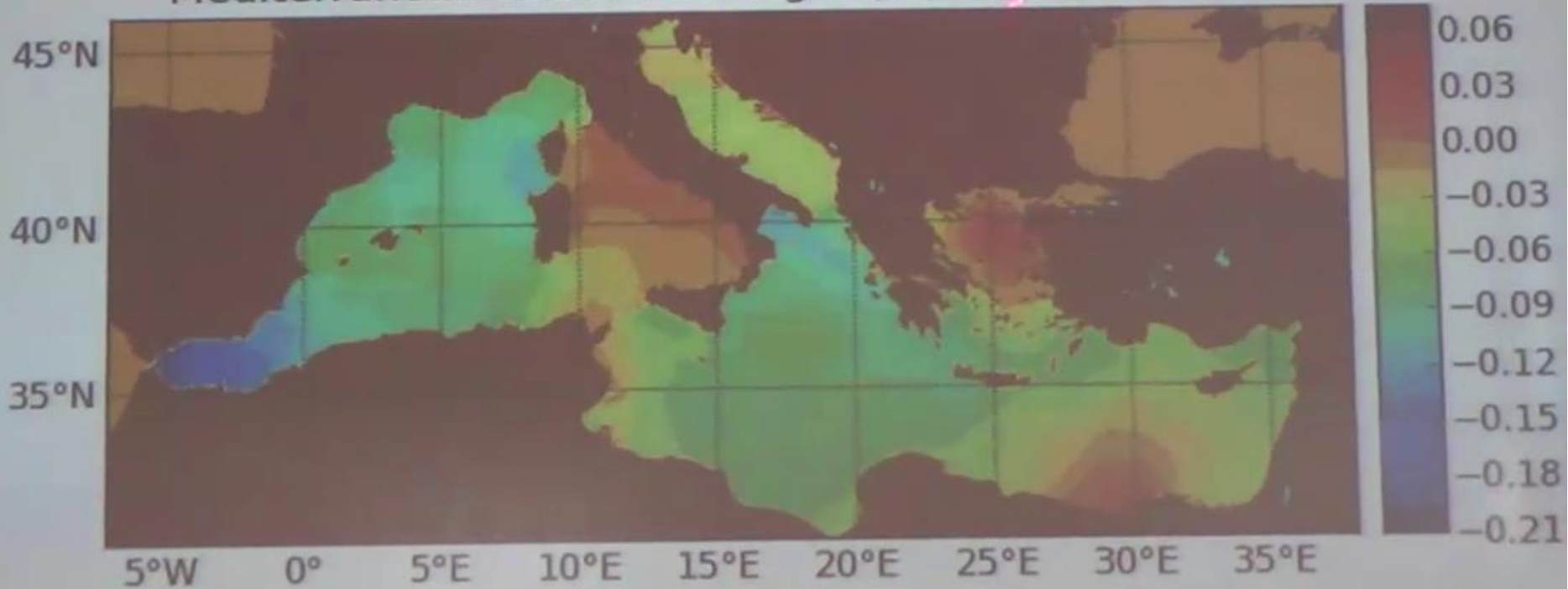




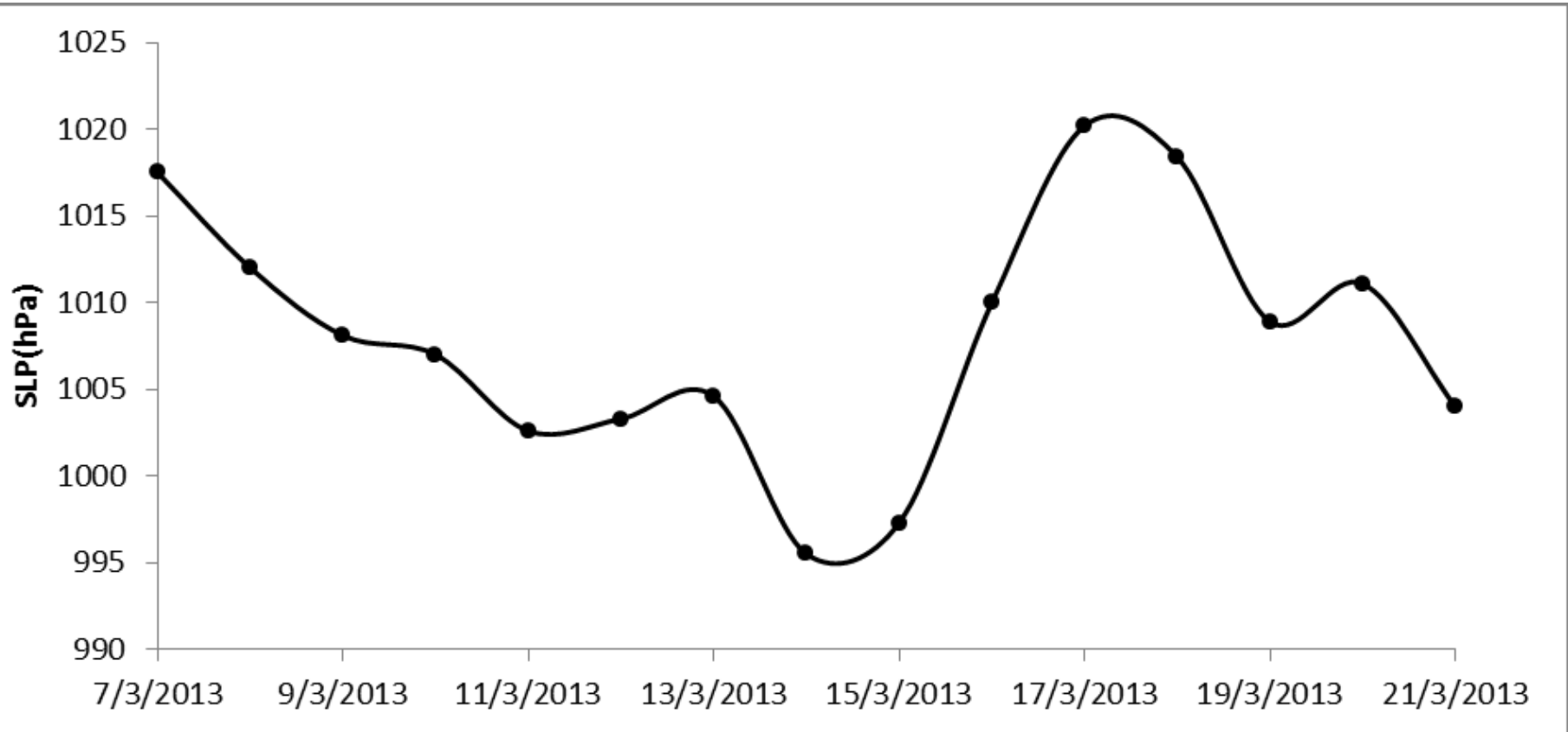
# Υπολογιστικό παράδειγμα

Mediterranean Sea Level Height (m) 12/04/14 00:00

Α.Π.Θ.



# Μεταβολή ατμοσφαιρικής πίεσης (Λαμία)



Μετρήσεις σταθμού ΕΜΥ



# Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Κρεστενίτης Ιωάννης.  
«Παράκτια Ωκεανογραφία. Μετεωρολογική Παλίρροια». Έκδοση: 1.0.  
Θεσσαλονίκη 2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:  
<http://eclass.auth.gr/courses/OCRS318/>



# Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. 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».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





# Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: <Μαυρίδου Σοφία>  
Θεσσαλονίκη, <Χειμερινό Εξάμηνο 2013-2014>



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ  
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

---

# Σημειώματα

# Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

