



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
Μ.Π.Σ.: "ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ"

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**«ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ
ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ
ΚΑΙΡΟΥ ΜΕ
ΕΦΑΡΜΟΓΗ
ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ
ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ
ΚΡΗΤΗΣ»**

ΧΑΤΧΗΑΓΓΕΛΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ
ΦΥΣΙΚΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΨΗ: Μ. ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ 2008
ΧΑΝΙΑ



ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

**Μ.Π.Σ.: "ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ"**

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ ΚΑΙΡΟΥ ΜΕ ΕΦΑΡΜΟΓΗ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΤΗΣ ΔΥΤΙΚΗΣ ΚΡΗΤΗΣ»

**ΧΑΤΧΗΑΓΓΕΛΟΥ ΑΝΑΣΤΑΣΙΑ
ΦΥΣΙΚΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΨΗ: Μ. ΛΑΖΑΡΙΔΗΣ
ΑΝΑΠΛΗΡΩΤΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

Σύσταση τριμελούς επιτροπής:

1. Λαζαρίδης Μ., Αναπληρωτής Καθηγητής του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος (Πολυτεχνείο Κρήτης).
2. Νικολαΐδης Ν., Καθηγητής του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος (Πολυτεχνείο Κρήτης).
3. Καρατζάς Γ., Καθηγητής του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος (Πολυτεχνείο Κρήτης).

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία εκπονήθηκε στα πλαίσια του Διατμηματικού Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Έλεγχος Ποιότητας και Διαχείριση Περιβάλλοντος» του τμήματος Μηχανικών Περιβάλλοντος, Πολυτεχνείου Κρήτης.

Στο σημείο αυτό, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον Αναπληρωτή Καθηγητή Λαζαρίδη Μιχάλη, αρχικά, για την ανάθεση του θέματος. Η καθοδήγηση και η στήριξή του, τόσο σε επιστημονικό, όσο και σε φιλικό επίπεδο ήταν ανελλιπής, καθ' όλη την διάρκεια της εκπόνησης, και καταλυτική, στην διευθέτηση των προβλημάτων που παρουσιάστηκαν.

Στη συνέχεια θέλω να ευχαριστήσω τον προϊστάμενό μου, Πιτσιτάκη Νίκο, και τους συναδέλφους μου Σκαφίδα Δημήτρη, Κοϊμτζή Δημήτρη και Λιακάκου Κωνσταντίνα. Οι γνώσεις και η πολυετής εμπειρία τους ήταν καταλυτικές στη συλλογή και την οργάνωση των μετεωρολογικών δεδομένων σε βάθος χρόνου. Με την ουσιαστική και μεθοδική βοήθειά τους ολοκληρώθηκε η χρονοβόρα διαδικασία της ανάκτησης συγκεκριμένων πληροφοριών από το αρχείο του Μετεωρολογικού Σταθμού της Σούδας.

Ευχαριστώ επίσης τον καλό μου φίλο και συνάδελφο Γερογιάννη Βασίλη για την συλλογή των πραγματικών μετεωρολογικών χαρτών (αναλύσεις επιφανείας και ανώτερης ατμόσφαιρας) από το αρχείο του Περιφερειακού Μετεωρολογικού Κέντρου στη Λάρισα, οι οποίοι αποτέλεσαν τη βάση του ερευνητικού μέρους της παρούσας μελέτης.

Θέλω να ευχαριστήσω και τη Μαθηματικό Μετεωρολόγο της Διεύθυνσης Κλιματολογίας - Εφαρμογών Μαγδαληνή Τζανάκου, Τμηματάρχη του τμήματος Ελέγχου - Επεξεργασίας -Αρχείου Κλιματολογικών Στοιχείων, για τις πολύτιμες συμβουλές της και την παροχή των ανεμολογικών δεδομένων τα οποία ενσωματώθηκαν στην εργασία.

Τέλος ευχαριστώ θερμά τους γονείς μου για την στήριξη και την ενθάρρυνσή τους, καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου και τον καλό μου φίλο Ηλία Αθανασόπουλο για την βοήθεια σε υλικοτεχνική υποδομή, την συμπαράσταση και την κατανόησή του.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Αντικείμενο της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας αποτελεί η διαδικασία με την οποία πραγματοποιείται η πρόγνωση του καιρού καθώς και η εφαρμογή της διαδικασίας αυτής σε περιπτώσεις έντονων καιρικών φαινομένων, στην περιοχή της Κρήτης.

Αρχικά γίνεται μια σύντομη περιγραφή των βασικών στοιχείων του καιρού: Θερμοκρασία, Ατμοσφαιρική πίεση, Άνεμος και Υγρασία – Δημιουργία Νεφών. Έπειτα αναφέρονται οι αέριες μάζες που επηρεάζουν κυρίως την περιοχή της Μεσογείου και αναλύεται ο τρόπος με τον οποίο αυτές συντελούν στην δημιουργία βαρομετρικών συστημάτων, με ή χωρίς μετωπική δραστηριότητα. Περιγράφονται τα βασικά βαρομετρικά συστήματα και τα τρία βασικά είδη μετώπων (Ψυχρά, Θερμά και Συνεσφιγμένα) καθώς και η καιρική κατάσταση που συνοδεύει κάθε ένα από αυτά.

Έπειτα αναφέρονται οι τρόποι με τους οποίους γίνεται η παρατήρηση και η αποτύπωση του παρόντα καιρού πάνω σε μετεωρολογικούς χάρτες (επιφανείας και ανώτερης ατμόσφαιρας). Δεδομένου ότι η εξέλιξη του καιρού στηρίζεται άμεσα σε παροντικές και παρελθοντικές καιρικές καταστάσεις, δίνονται μερικοί βασικοί κανόνες πρόγνωσης, στηριζόμενοι στην χρήση πραγματικών μετεωρολογικών χαρτών.

Στη συνέχεια αναλύεται η αριθμητική πρόγνωση του καιρού. Περιγράφονται οι βασικές αρχές που διέπουν τα αριθμητικά μοντέλα καθώς και οι προσεγγίσεις που αυτά χρησιμοποιούν προκειμένου να προσομοιώσουν την ατμόσφαιρα της Γης και τις κινήσεις των αερίων μαζών μέσα σε αυτή. Αναλύονται τα τρία αριθμητικά μοντέλα, του ECMWF (παγκόσμιο), το «LM» (περιορισμένης περιοχής) και το «ΣΚΙΡΩΝ» (περιορισμένης περιοχής), και παρουσιάζονται κάποια από τα προϊόντα τους, τα πιο απαραίτητα στην διαδικασία της πρόγνωσης.

Έπειτα, αναφέρονται κλιματολογικά χαρακτηριστικά της Νοτιοδυτικής Μεσογείου και κυρίως Δυτικής Κρήτης (στοιχεία που συλλέχθηκαν από το Μετεωρολογικό Σταθμό της Σούδας). Αναφέρονται τα κυριότερα συστήματα που επηρεάζουν τον καιρό στην περιοχή αυτή καθώς και κανόνες για την πρόγνωση της γένεσης, εξέλιξης, κίνησης και διάρκειας των φαινομένων.

Τέλος εξετάζονται πέντε περιπτώσεις μετεωρολογικών συστημάτων, οι οποίες συνοδεύτηκαν με πολύ έντονα καιρικά φαινόμενα στην περιοχή της Δυτικής Κρήτης. Παρουσιάζεται η πραγματική κατάσταση (πραγματικοί μετεωρολογικοί χάρτες - αναλύσεις) και η εξέλιξη αυτής, μέσω προγνωστικών χαρτών. Έτσι μελετώνται οι συνθήκες που επικρατούσαν στην ατμόσφαιρα τις δεδομένες καιρικές περιόδους και οι οποίες συνοδεύτηκαν με μεγάλα ύψη βροχής - έντονες καταιγίδες, πολύ ισχυρούς ανέμους, εξαιρετικά περιορισμένη ορατότητα, ακραίες θερμοκρασίες με χιόνια ή καύσωνα.

Συμπερασματικά γίνεται μια εκτίμηση, της πιστής ή μη, προσομοίωσης της ατμόσφαιρας από τα αριθμητικά μοντέλα. Αν και σε κάποιες περιπτώσεις τα αποτελέσματα αυτών είναι ακραία και υπερβολικά, γενικά έχουν εξελιχθεί αρκετά ώστε να αποτελούν το βασικό εργαλείο πάνω στο οποίο στηρίζεται σήμερα η πρόγνωση του καιρού παγκοσμίως. Αισιόδοξη παρουσιάζεται η περαιτέρω εξέλιξή τους, η οποία στηρίζεται σε συστήματα πολλών επεξεργαστών, με αποτελέσματα πιο λεπτομερή τόσο σε χωρική όσο και σε χρονική κλίμακα.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ		σελ.
ΕΙΣΑΓΩΓΗ		9
1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ		
ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ		10
1.1 Ηλιακή θέρμανση		11
1.2 Γήινη ακτινοβολία		12
2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ		
ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ		13
2.1 Η έννοια της ατμοσφαιρικής πίεσης και μονάδες μέτρησης αυτής		14
2.2 Βαρομετρική Πίεση στη Μέση Στάθμη Θάλασσας		14
2.3 Ο ρόλος της Θερμοκρασίας		14
2.4 Ισοβαρείς καμπύλες και βαροβαθμίδα		15
3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ		
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΝΕΜΟΥ – ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ		17
3.1 Γενικά χαρακτηριστικά κίνησης του ανέμου		18
3.2 Αιτίες δημιουργίας του ανέμου		19
3.3 Δύναμη βαροβαθμίδας		19
3.4 Δύναμη τριβής		20
3.5 Δύναμη Coriolis (Δύναμη εκτροπής)		20
3.6 Άνεμος γεωστροφικός		22
3.7 Άνεμος βαροβαθμίδας		22
3.8 Άνεμος επιφανείας		23
3.9 Γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας		24
3.10 Συνεχείς άνεμοι		26
3.11 Περιοδικοί άνεμοι		26
3.11.1 Ετήσιοι περιοδικοί άνεμοι		27
3.11.2 Ημερήσιοι περιοδικοί άνεμοι		27
4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ		
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΝΕΦΩΝ		29
4.1 Η υγρασία της ατμόσφαιρας		29
4.2 Ευστάθεια – Αστάθεια στην ατμόσφαιρα		30
4.3 Σχηματισμός νεφών		30
4.4 Ταξινόμηση και ονόματα νεφών		31
5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ		

ΑΕΡΙΕΣ ΜΑΖΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΩΠΑ	35
5.1 Αέριες μάζες	36
5.1.1 Τύποι αερίων μαζών	36
5.1.2 Τύποι αερίων μαζών που επηρεάζουν την Ευρώπη	37
5.1.3 Στοιχεία θερμών και ψυχρών αερίων μαζών	38
5.2 Μέτωπα	39
5.2.1 Γενικά χαρακτηριστικά μετώπων	41
5.2.2 Τύποι μετώπων	42
5.2.2.1 Θερμά μέτωπα	42
5.2.2.2 Ψυχρά μέτωπα	43
5.2.2.3 Συνεσφιγμένα μέτωπα	44
 6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	
ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ	45
6.1 Γενικά	46
6.2 Βαρομετρικό χαμηλό – Κυκλογένεση	47
6.3 Καιρός βαρομετρικού χαμηλού	49
6.4 Βαρομετρικό Υψηλό (Αντικυκλώνας) – Καιρός βαρομετρικού Υψηλού	51
6.5 Κοιλία χαμηλών πιέσεων (trough)	52
6.6 Κορυφή υψηλών πιέσεων (ridge)	53
6.7 Βαρομετρικός λαιμός (col)	53
6.8 Ισοβαρείς ευθείες	53
 7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	
ΠΑΡΟΝ ΚΑΙΡΟΣ	55
7.1 Μετεωρολογικοί σταθμοί	56
7.2 Μετεωρολογικά στοιχεία παρόντα καιρού	56
7.3 Δορυφορικές φωτογραφίες και Radar καιρού	57
7.4 Απεικόνιση παρόντα καιρού	58
7.5 Πραγματικοί μετεωρολογικοί χάρτες	59
7.5.1 Επιφανείας	60
7.5.2 Ανώτερης ατμόσφαιρας	61
7.5.2.1 500hPa	64
7.5.2.2 850hPa	65
 8^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	
ΚΑΝΟΝΕΣ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ	66
8.1 Χρήση χάρτη επιφανείας	67
8.1.1 Βαρομετρικά χαμηλά	67

8.1.2 Βαρομετρικά υψηλά	68
8.2 Χρήση χάρτη 500hPa	68
8.3 Χρήση χάρτη 850hPa	69
8.3.1 Εκτίμηση επιφανειακής θερμοκρασίας	69
8.3.2 Θερμικές εισβολές	70
8.3.3 Προσδιορισμός μετώπων στο χάρτη επιφανείας	71
9^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	
ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΓΝΩΣΗ	73
9.1 Ιστορική αναδρομή	74
9.2 Βασικές αρχές και αδυναμίες της αριθμητικής πρόγνωσης	75
9.3 Αριθμητικά μοντέλα καιρού	77
9.3.1 Παγκόσμιο μοντέλο (Global Model)	77
9.3.2 Μοντέλα περιορισμένης περιοχής (Limited Area Model – LAM)	80
9.3.2.1 Υδροστατικά – «ΣΚΙΡΩΝ»	81
9.3.2.2 Μη υδροστατικά – «LM»	82
9.4 Βασικά προϊόντα μοντέλων	83
9.4.1 Προγνωστικοί χάρτες της στάθμης των 500hPa	84
9.4.2 Προγνωστικοί χάρτες της στάθμης των 850hPa	85
9.4.3 Προγνωστικοί χάρτες επιφανείας – SFC	85
9.4.4 Προγνωστικοί χάρτες Ανέμου επιφανείας	86
9.4.5 Προγνωστικοί χάρτες Νεφοκάλυψης	87
9.4.6 Προγνωστικοί χάρτες Βροχόπτωσης	88
9.5 Πρακτική πρόγνωση του καιρού	89
10^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	
ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ	90
10.1 Γενικά χαρακτηριστικά	91
10.1.1 Τοπογραφία και θερμοκρασία θαλάσσιας επιφάνειας	91
10.1.2 Αέριες μάζες	91
10.2 Μέσες ετήσιες τιμές	93
10.2.1 Θερμοκρασία	93
10.2.2 Άνεμος	93
10.2.3 Υετός	93
10.3 Εποχιακές Μεταβολές	95
10.3.1 Χειμώνας	95
10.3.2 Καλοκαίρι	96
10.3.3 Μεταβατικές Εποχές	96
10.4 Επικρατούσες Κατηγορίες Ανέμων	98

10.4.1 Ετησίες	98
10.4.2 Σιρόκος	100
10.4.3 Ψυχρά Κύματα και Άνεμοι Τύπου Μπόρα (Ψυχρές Εισβολές)	104
10.4.4 Κυκλώνες	105
10.4.4.1 Κυκλώνες Βόρειου Αιγαίου/ Κρητικού Πελάγους	106
10.4.4.2 Κυκλώνες Ιονίου Πελάγους	107
10.4.4.3 Κυκλώνες Βόρειας Αφρικής	107
10.5 Καταιγίδες / Κακοκαιρία	108
10.6 Συνοπτική Κλιματολογία	108
10.6.1 Κυκλώνες	108
10.6.2 Κυκλογένεση	109
10.6.3 Κυκλώνες που Επηρεάζουν την Κρήτη και την Ανατολική Μεσόγειο	109
10.6.4 Αντικυκλώνες	113
10.6.4.1 Κινούμενοι αντικυκλώνες	113
10.6.4.2 Ημι-στάσιμοι αντικυκλώνες	113
10.7 Κανόνες Πρόγνωσης	113
10.7.1 Άνεμοι	113
10.7.1.1 Ετησίες	113
10.7.1.2 Σιρόκος	115
10.7.1.3 Ψυχρά Κύματα και Άνεμοι Τύπου Μπόρα (Ψυχρές Εισβολές)	116
10.7.1.4 Κυκλώνες	117
10.7.1.5 Κυκλωνική Δραστηριότητα, Κυκλογένεση	117
10.7.1.6 Κίνηση Μετώπων	118
10.7.2 Νέφη - Υετός	118
10.7.2.1 Νέφη και ακιρός	118
10.7.2.2 Καταιγίδες	118
10.7.2.3 Παγωμένος και Υγρός Υετός	119
11^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	
ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΚΟΚΑΙΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ	120
11.1 Μετεωρολογική βόμβα (21/01/2004)	122
11.2 Χιονόπτωση στα Χανιά (13/02/2004)	131
11.3 Χαμηλό στο Αιγαίο (28/05/2005)	140
11.4 Μεταφορά σκόνης από τη Σαχάρα (17/04/2005)	146
11.5 Καύσωνας (22/06/2007)	154
12^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ	
ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ	163

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	8
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι	166
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ	167
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ	172
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ	184
ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ	185
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	194

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Γη περιβάλλεται από ένα στρώμα αέρα, την ατμόσφαιρα. Μέσα στην ατμόσφαιρα δημιουργούνται διάφορα φυσικά φαινόμενα, τα μετεωρολογικά φαινόμενα και ο κλάδος της επιστήμης που ασχολείται με αυτά ονομάζεται Μετεωρολογία.

Από τα πρώτα χρόνια της ύπαρξης του ανθρώπου στον πλανήτη Γη τα μετεωρολογικά φαινόμενα προσέλκυαν την προσοχή του. Η πρώτη επιστημονική κίνηση σχετικά με την παρατήρηση και ερμηνεία των μετεωρολογικών φαινομένων εμφανίζεται στην Αρχαία Ελλάδα, τον 4^ο π.Χ αιώνα. Οι Έλληνες φιλόσοφοι μπόρεσαν να ερμηνεύσουν αρκετά μετεωρολογικά φαινόμενα και προχώρησαν ως τη στατιστική πρόγνωση του καιρού με καταγραφή ημερολογίων, γνωστών ως παραπήγματα. Στην αγορά της αρχαίας Αθήνας κάθε ημέρα αναρτούσαν πάνω σε μαρμάρινη στήλη το δελτίο καιρού της ημέρας, το παράπηγμα.

Στη Ρωμαϊκή αγορά της Αθήνας, υπάρχει πολύ καλά διατηρημένο αρχαίο οικοδόμημα γνωστό σαν πύργος των ανέμων. Το οικοδόμημα αυτό είναι μαρμάρινο οκταγωνικό, ύψους περίπου 12 μέτρων, και στη στέγη του υπήρχε χάλκινος ανεμοδείκτης που περιστρέφονταν ανάλογα με τον αέρα και έδειχνε έναν από τους οκτώ ανέμους που απεικονίζονται στο πάνω μέρος κάθε πλευράς του πύργου.

Ακόμη και σήμερα, τα μετεωρολογικά φαινόμενα εξακολουθούν να προσελκύουν το ενδιαφέρον και την προσοχή των ανθρώπων, γιατί επιδρούν στην ζωή τους. Η πρόγνωση του καιρού αποτελεί μέρος της καθημερινής ενημέρωσης όλων και δεν αφορά μόνο την τρέχουσα ημέρα, αλλά δίνει πληροφορίες και σε βάθος χρόνου. Πολλές από τις ανθρώπινες δραστηριότητες προγραμματίζονται να υλοποιηθούν σε χρονικές στιγμές κατά τις οποίες, η καταλληλότητα του καιρού το επιτρέπει.

Αρκετοί είναι αυτοί, όμως, που αναφέρονται σε κάποια αποτυχημένη πρόγνωση του καιρού, η οποία ανέτρεψε τα σχέδιά τους. Συνήθως ο άνθρωπος θυμάται τις αποτυχημένες προγνώσεις του καιρού και όχι τις επιτυχημένες που είναι πολύ περισσότερες. Σύμφωνα με αντικειμενική στατιστική ανάλυση, η πρόγνωση του καιρού για τις επόμενες 72 ώρες (τρεις ημέρες) έχει επιτυχία περίπου 90%. Για τις επόμενες δύο ημέρες, 4^η και 5^η, έχει επιτυχία περίπου 80%. Για την 6^η και 7^η ημέρα έχει επιτυχία περίπου 60% με 70%, και από εκεί και πέρα μέχρι τη 10^η ημέρα, πέφτει κάτω από το 60% και δεν θεωρείται ακόμη αξιόλογη για επιχειρησιακή χρήση.

Η παρούσα εργασία δεν αποτελεί εξονυχιστική έρευνα των διεργασιών που λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα και δημιουργούν τα καιρικά φαινόμενα. Στηρίζεται και παρουσιάζει τις βασικές αρχές οι οποίες διέπουν το ρευστό που περιβάλλει τη Γη, αφού περαιτέρω εμβάθυνση απαιτεί προχωρημένες γνώσεις και εμπειρία πολλών ετών

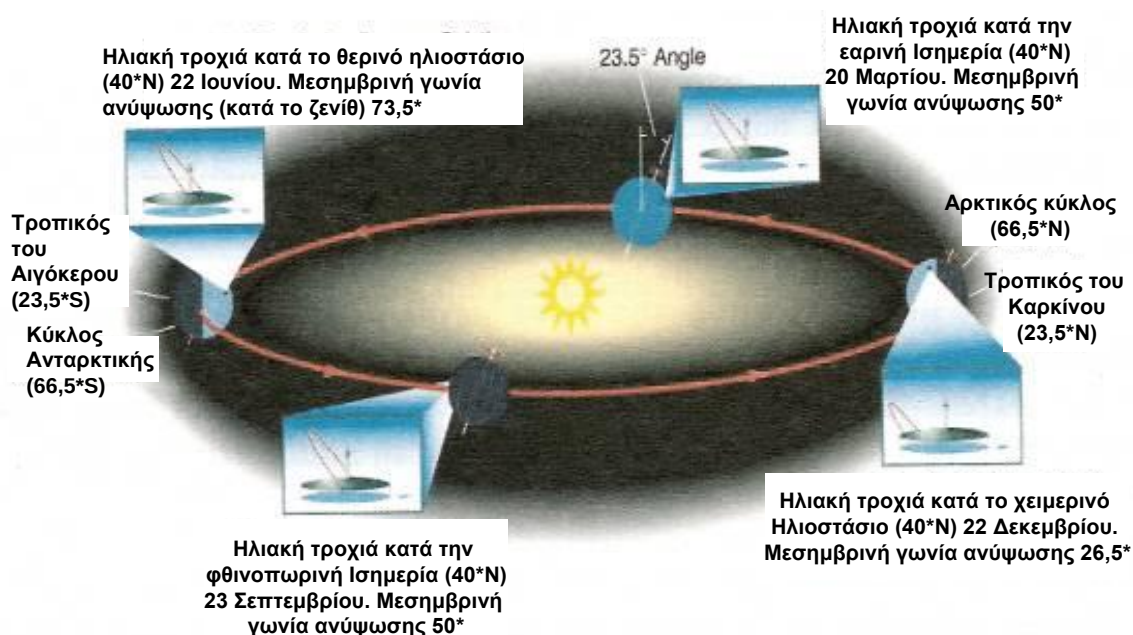
1^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΔΙΕΡΓΑΣΙΕΣ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

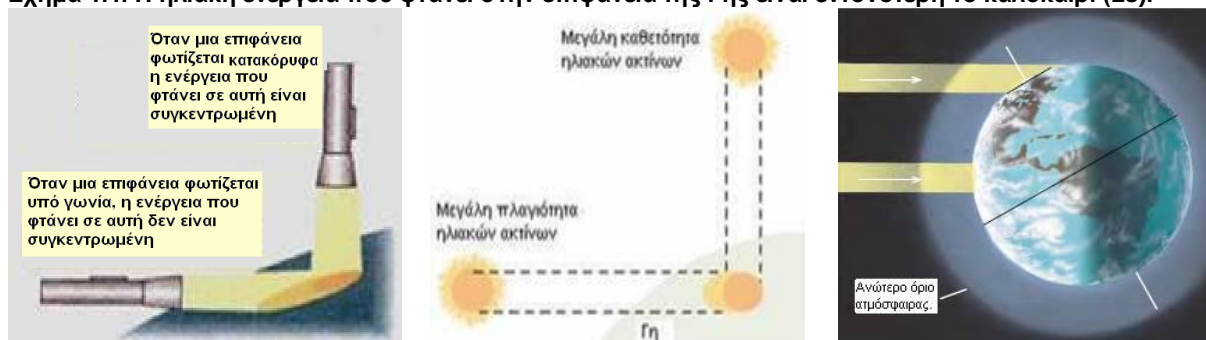
1.1 Ηλιακή Θέρμανση

Ο Ήλιος αποτελεί την κύρια πηγή ενέργειας η οποία πηδαλιουχεί την κυκλοφορία της ατμόσφαιρας της Γης και ενεργοποιεί τους ανέμους και τις καταιγίδες. Η κυκλοφορία της ατμόσφαιρας με τη σειρά της είναι υπεύθυνη για τον καιρό και την χρονική και χωρική μεταβλητότητά του.

Η ηλιακή ενέργεια, με τη μορφή ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας, γνωστή ως εισερχόμενη ηλιακή ακτινοβολία, φτάνει στη Γη όπου και γίνεται αντιληπτή ως θερμότητα και φως. Ένα μεγάλο μέρος αυτής διαπερνά την ατμόσφαιρα και απορροφάται από την επιφάνεια της Γης, με αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας της.



Σχήμα 1.1. Η ηλιακή ενέργεια που φτάνει στην επιφάνεια της Γης είναι εντονότερη το καλοκαίρι (25).



Σχήμα 1.2. Όσο πιο κάθετα προσπίπτουν οι ακτίνες του Ήλιου σε ένα τόπο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια που φτάνει σε αυτόν (3).

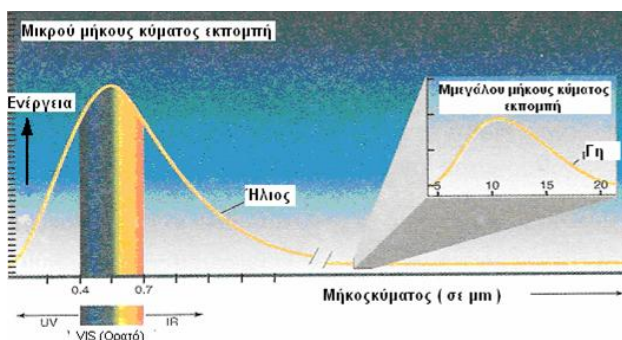
Η θέρμανση όμως της γήινης επιφάνειας από τον Ήλιο δεν είναι ομοιόμορφη. Η ενέργεια που φτάνει σε κάθε τόπο εξαρτάται από τη καθετότητα με την οποία οι ηλιακές ακτίνες προσπίπτουν στην επιφάνεια της γης. Όσο πιο κάθετα προσπίπτουν οι ακτίνες του Ήλιου σε ένα τόπο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια που φτάνει σε αυτόν. Έτσι, οι περιοχές που φωτίζονται σχεδόν κάθετα θερμαίνονται έντονα, ενώ οι περιοχές στις οποίες οι ηλιακές ακτίνες φτάνουν πλάγια θερμαίνονται ασθενώς (σχήμα 1.2).

Η Γη περιστρέφεται γύρω από τον Ήλιο, ολοκληρώνοντας μια περιστροφή σε ένα έτος. Αν ο άξονάς της ήταν κάθετος στην τροχιά της, περιοχές με το ίδιο γεωγραφικό πλάτος θα θερμαίνονταν ομοιόμορφα καθ' όλη τη διάρκεια του έτους. Στην πραγματικότητα όμως, ο άξονας της Γης σχηματίζει γωνία $23,5^\circ$ με το επίπεδο της τροχιάς της (σχήμα 1.1) και κατά τη διάρκεια ενός έτους, σε ένα δεδομένο τόπο, αλλάζει η καθετότητα πρόσπτωσης των ηλιακών ακτίνων. Έτσι, η θέρμανση είναι διαφορετική και παρουσιάζεται το φαινόμενο των τεσσάρων εποχών.

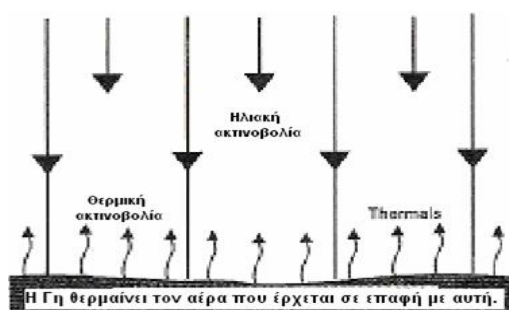
1.2 Γήινη ακτινοβολία

Η Γη, ως μέλαν σώμα, ανάλογα με την επιφανειακή της θερμοκρασία εκπέμπει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία, σε μεγάλα μήκη κύματος (υπέρυθρο), η οποία ονομάζεται θερμική ακτινοβολία. Η θερμική ακτινοβολία μαζί με την ακτινοβολία της γήινης ατμόσφαιρας προς το διάστημα αποτελούν την ολική γήινη ακτινοβολία. Μετρήσεις από δορυφόρους έχουν δείξει ότι το σύστημα Γη – ατμόσφαιρα εκπέμπει προς το διάστημα το 31% της εισερχόμενης ηλιακής ακτινοβολίας.

Η ατμόσφαιρα της Γης είναι σχετικά διαπερατή στην ηλιακή ακτινοβολία. Έτσι κύριος αποδέκτης της ηλιακής θερμότητας είναι η επιφάνεια της Γης, η οποία με τη σειρά της εκπέμπει θερμότητα προς την ατμόσφαιρα και από εκεί προς το διάστημα. Επειδή το μήκος κύματος της θερμικής ακτινοβολίας είναι κατά πολύ μεγαλύτερο από αυτό της ηλιακής, η θερμική ακτινοβολία απορροφάται σχεδόν εξ' ολοκλήρου από την ατμόσφαιρα, ειδικότερα από τους υδρατμούς και το διοξείδιο του άνθρακα (σχήμα 1.3). Αυτή η απορρόφηση της θερμότητας, που προέρχεται από τη Γη, αποτελεί τη βασικότερη διεργασία για τη δημιουργία των καιρικών φαινομένων.



Σχήμα 1.3. Η ηλιακή μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία και η γήινη μεγάλου μήκους κύματος ακτινοβολία (25).



Σχήμα 1.4. Έμμεση θέρμανση της ατμόσφαιρας από τον Ήλιο (4).

Η θέρμανση της επιφάνειας της Γης από την ηλιακή ακτινοβολία υφίσταται μόνο κατά τη διάρκεια της ημέρας. Όμως η θερμική ενέργεια της Γης εκπέμπεται συνεχώς, τόσο κατά τη διάρκεια της ημέρας όσο και κατά τη διάρκεια της νύχτας (σχήμα 1.4). Σαν άμεσο αποτέλεσμα, η επιφανειακή θερμοκρασία αυξάνεται κατά τη διάρκεια της ημέρας, αγγίζοντας τη μέγιστη τιμή περίπου στα μέσα του απογεύματος, και ψύχεται κατά τη διάρκεια της νύχτας, φτάνοντας στην ελάχιστη τιμή λίγο μετά της ανατολή του Ηλίου.

2^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΙΚΗ ΠΙΕΣΗ

2.1 Η έννοια της ατμοσφαιρικής πίεσης και μονάδες μέτρησης αυτής

Η ατμοσφαιρική πίεση παρουσιάζει μεγάλη σπουδαιότητα για την Μετεωρολογία γιατί συνδέεται άμεσα με τη θερμοκρασία (αφού η θερμοκρασία είναι το κύριο αίτιο των μεταβολών της πίεσης), ενώ οι μεταβολές της πίεσης προκαλούν τους ανέμους και καθορίζουν συμπεριφορά του καιρού.

Ατμοσφαιρική πίεση είναι η πίεση που ασκεί ο ατμοσφαιρικός αέρας, δηλαδή η ατμόσφαιρα λόγω του βάρους της πάνω στην επιφάνεια της θάλασσας, της ξηράς και γενικά πάνω σε κάθε επιφάνεια. Αριθμητικά είναι ίση με το βάρος μιας κατακόρυφης στήλης αέρα που στη βάση της η επιφάνεια είναι ένα τετραγωνικό εκατοστό και εκτείνεται μέχρι την κορυφή της ατμόσφαιρας.

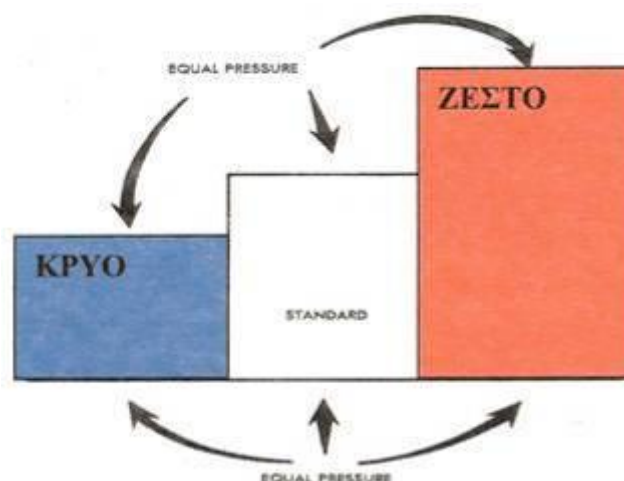
Η βαρομετρική πίεση μετράται με διάφορους τρόπους ανά τον κόσμο. Οι δύο πιο γνωστές μονάδες είναι οι ίντσες στήλης υδραργύρου (inHg) και τα millibars (mb). Οι ίντσες δεν αντιπροσωπεύουν κατ' ευθείαν τον ορισμό της πίεσης γιατί είναι ουσιαστικά μονάδα μέτρησης μήκους. Η μονάδα που αντιπροσωπεύει καλύτερα τον ορισμό είναι $1\text{millibar(mb)}=1000\text{dynes/cm}^2$, αφού στο μετρικό σύστημα CGS η κανονική ατμοσφαιρική πίεση είναι περίπου $1000000\text{dyn/cm}^2=1\text{bar}$. Σήμερα επειδή είναι αποδεκτό το Διεθνές Μετρικό Σύστημα (SI) στο οποίο μονάδα μέτρησης ατμοσφαιρικής πίεσης είναι το $\text{Pascal}=1\text{Newton/m}^2$ και επειδή $1\text{millibar} = 100\text{Pascal} = 1\text{hectopascal(hPa)}$, χρησιμοποιείται πλέον από τις Μετεωρολογικές Υπηρεσίες σαν μονάδα μέτρησης το hectopascal (hPa).

2.2 Βαρομετρική Πίεση στη Μέση Στάθμη Θάλασσας

Εφόσον η ατμοσφαιρική πίεση εξαρτάται από το βάρος που ασκεί η ατμόσφαιρα πάνω σε κάθε επιφάνεια, μεταβάλλεται με το υψόμετρο, οπότε η πίεση μειώνεται με την αύξησή του ύψους. Για την ανάλυση των Μετεωρολογικών χαρτών χρειάζεται να συγκριθούν οι πιέσεις που παρατηρούνται στους σταθμούς οι οποίοι βρίσκονται σε διαφορετικές τοποθεσίες, με διαφορετικά υψόμετρα. Το πιο κοινό επίπεδο σύγκρισης είναι η Μέση Στάθμη της Θάλασσας. Έτσι η βαρομετρική πίεση του εκάστοτε σταθμού ανάγεται στο επίπεδο της Μέσης Στάθμης της Θάλασσας γνωρίζοντας ότι μέχρι το ύψος των 32Km (10000ft) η πίεση πέφτει με ρυθμό κατά μέσο όρο $34\text{mb (1in)}/1000\text{ft}$ ή $1\text{hPa}/8\text{m}$.

2.3 Ο ρόλος της Θερμοκρασίας

Ο ρόλος της θερμοκρασίας στις μεταβολές της πίεσης είναι πολύ σημαντικός. Αν ο αέρας είναι θερμός έχει την τάση να εκτονώνεται ενώ αν είναι ψυχρός να συμπιέζεται. Θεωρώντας τρεις στήλες αέρα με διαφορετική θερμοκρασία και υποθέτοντας ότι η βαρομετρική πίεση στη βάση και την κορυφή κάθε στήλης είναι η ίδια, θα παρατηρηθεί διαφορετικό ύψος σε κάθε στήλη, το οποίο εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Το ύψος της θερμής στήλης είναι το μεγαλύτερο, ενώ η ψυχρότερη στήλη έχει το μικρότερο ύψος. Η πτώση της βαρομετρικής πίεσης είναι ίδια και στις τρεις στήλες, διαφέρει όμως ο βαθμός πτώσης με το ύψος. Ο βαθμός αυτός είναι μικρότερος στη στήλη με την υψηλή θερμοκρασία και μεγαλύτερος στη στήλη με τη χαμηλή θερμοκρασία (σχήμα 2.1).



Σχήμα 2.1. Η πτώση της πίεσης ελαττώνεται με το ύψος και διαφέρει με τη θερμοκρασία της αέριας μάζας (25).

2.4 Ισοβαρείς καμπύλες και βαροβαθμίδα

Η οριζόντια διανομή του πεδίου των πιέσεων είναι στενά συνδεδεμένη με τη ροή του ανέμου. Αυτό οφείλεται στο ότι η άνιση κατανομή της θερμοκρασίας του αέρα πάνω από την επιφάνεια της Γης δημιουργεί μεταβολές στην πυκνότητά του, με αποτέλεσμα την εξαναγκασμένη κίνηση αερίων μαζών και τη δημιουργία του ανέμου. Για να αναλυθεί η ροή του ανέμου πρέπει να προηγηθεί η ανάλυση του πεδίου πιέσεων. Η ανάλυση αυτή γίνεται τόσο στο επίπεδο της στάθμης της θάλασσας (μηδέν υψόμετρο), όσο και σε επίπεδα σε διαφορετικά υψόμετρα πάνω από αυτή. Η ανάλυση του πεδίου πιέσεων στη στάθμη της θάλασσας γίνεται με τις ισοβαρείς καμπύλες, ενώ σε επίπεδα πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας γίνεται με τις ισοϋψείς.

Ισοβαρείς χαρακτηρίζονται οι καμπύλες που περνούν από σημεία (τόπους) με την ίδια ατμοσφαιρική πίεση. Οι τιμές της βαρομετρικής πίεσης προέρχονται από τις μετρήσεις των βαρομέτρων των Μετεωρολογικών σταθμών, οι οποίες ανάγονται στη Μέση Στάθμη της Θάλασσας και στη συνέχεια καταχωρούνται στους μετεωρολογικούς χάρτες επιφανείας.

Κάθε ισοβαρής καμπύλη έχει ορισμένη τιμή και δεν τέμνεται από άλλη ισοβαρή, γιατί αυτό θα σήμαινε ότι υπάρχει τόπος με δύο διαφορετικές συγχρόνως πιέσεις. Στους μετεωρολογικούς χάρτες, για λόγους ευκρίνειας, οι ισοβαρείς χαράσσονται ανά διάστημα 2mb ή περισσότερο (συνήθως ανά 4mb).

Σχεδόν πάντα οι ισοβαρείς σχηματίζουν μορφές (σχήματα) πάνω στους μετεωρολογικούς χάρτες, που έχουν μεγάλη σημασία για τους μετεωρολόγους. Κάποιες ισοβαρείς περικλείουν περιοχές με υψηλές τιμές πίεσης (στο εσωτερικό τους), άλλες περικλείουν περιοχές με χαμηλές πιέσεις, ενώ άλλες είναι καμπύλες γραμμές. Αυτές οι περιοχές ονομάζονται συστήματα πιέσεων και είναι πέντε τύπων:

α. Βαρομετρικό χαμηλό ή Ύφεση (Low): Κλειστές ισοβαρείς καμπύλες, κυκλικές ή ελλειπτικές, με τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης που ελαττώνονται από την περιφέρεια προς το κέντρο του χαμηλού.

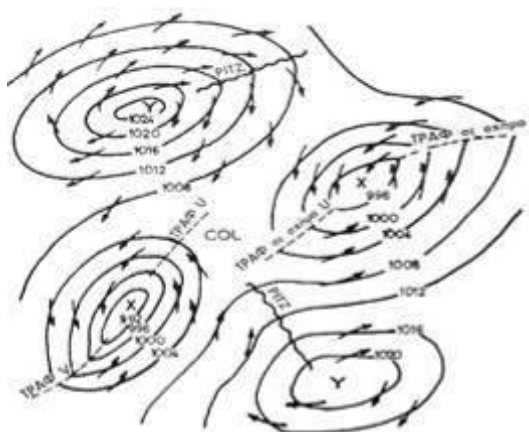
β. Βαρομετρικό Υψηλό ή Αντικυκλώνας (High): Κλειστές ισοβαρείς καμπύλες, κυκλικές ή ελλειπτικές, με τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης που αυξάνουν από την περιφέρεια προς το κέντρο.

γ. Βαρομετρικός Λαιμός (Col): Περιοχή μεταξύ δύο Χαμηλών και δύο Υψηλών με σταυροειδή διάταξη.

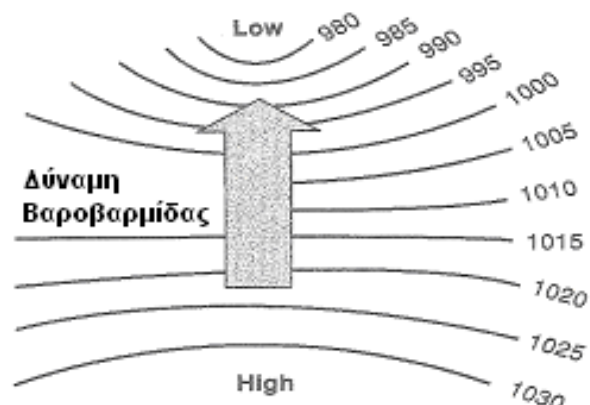
δ. Αυλώνας Υφέσεων (Trough): Ισοβαρείς σε σχήμα V ή U μεταξύ δύο υψηλών ή επιμήκυνση ενός χαμηλού, με την ελάχιστη πίεση κατά μήκος γραμμής που λέγεται Trough Line και σημειώνει τις θέσεις της μέγιστης κυκλωνικής καμπυλότητας των ισοβαρών.

ε. Βαρομετρική Σφήνα (Ridge): Ισοβαρείς σε σχήμα $\wedge$ μεταξύ δύο χαμηλών ή επιμήκυνση ενός υψηλού, με την μέγιστη πίεση κατά μήκος γραμμής που λέγεται Ridge Line και σημειώνει τις θέσεις της μέγιστης αντικυκλωνικής καμπυλότητας των ισοβαρών.

Η μεταβολή της ατμοσφαιρικής πίεσης, σε διεύθυνση κάθετη πάνω στις ισοβαρείς ανά μονάδα μήκους, ονομάζεται βαθμίδα πίεσης ή βαροβαθμίδα. Επειδή υπολογίζεται από το πηλίκο της διαφοράς πίεσης μεταξύ δύο διαδοχικών ισοβαρών προς την απόσταση αυτών, σημαίνει ότι όσο μικρότερη είναι η απόστασή του, τόσο απότομες μεταβολές λαμβάνουν χώρα στην πίεση και η βαροβαθμίδα χαρακτηρίζεται «ακραία» ή «έντονη». Εάν αντίθετα οι ισοβαρείς παρουσιάζουν μεγάλη απόσταση μεταξύ τους, οι μεταβολές στην πίεση είναι πολύ πιο ομαλές και έτσι η βαροβαθμίδα χαρακτηρίζεται σαν «μικρή» ή «ασθενής».



Σχήμα 2.2. Βαρομετρικός χάρτης επιφανείας (2).



Σχήμα 2.3. Σχηματική παράσταση βαροβαθμίδας (3).

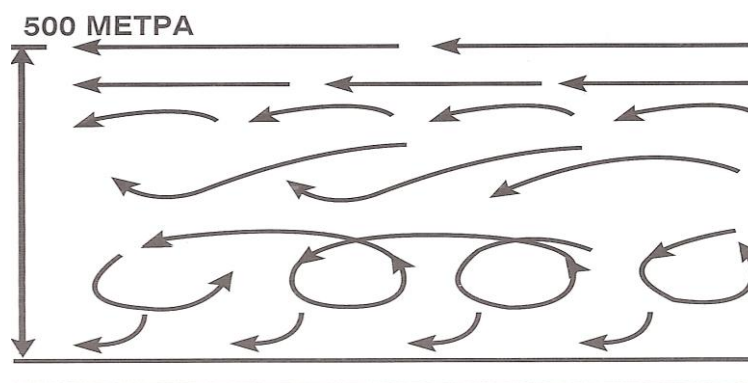
3^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΑΝΕΜΟΥ – ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑ

3.1 Γενικά χαρακτηριστικά της κίνησης του ανέμου

Ο άνεμος είναι το αποτέλεσμα της κίνησης αέριας μάζας μέσα στην ατμόσφαιρα που μας περιβάλλει και αναφέρεται στην οριζόντια ή σχεδόν οριζόντια κίνηση αυτών. Υπάρχουν και κατακόρυφες κινήσεις αερίων μαζών που ονομάζονται ρεύματα και τα οποία αν και καταλαμβάνουν μικρό ποσοστό (1%) αναλογικά με τη συνολική ροή του αέρα στην ατμόσφαιρα είναι πολύ σημαντικά για τις καιρικές συνθήκες ενός τόπου. Σε γενικές γραμμές πάντως, ο όρος άνεμος χρησιμοποιείται αναφορικά με την οριζόντια κίνηση του αέρα.

Η κίνηση μιας αέριας μάζας σε χαμηλά στρώματα της ατμόσφαιρας επηρεάζεται αρκετά από την τριβή με τη επιφάνεια της ξηράς και της θάλασσας (σχήμα 3.1). Σε υψηλά στρώματα της ατμόσφαιρας η ροή του ανέμου είναι ομαλότερη και μετατρέπεται σε τυρβώδη ή στροβιλώδη ροή όταν πλησιάζει το έδαφος. Αυτή η μη στρωτή ροή του ανέμου γίνεται εντονότερη πάνω από ανώμαλο υπόβαθρο. Επηρεάζεται ακόμη και από τη διαφορά θερμοκρασίας μεταξύ της θερμής επιφάνειας και του ψυχρότερου πάνω από αυτή αέρα, γιατί δημιουργούνται κατακόρυφες κινήσεις των μεν θερμών αερίων μαζών προς τα επάνω, των δε ψυχρών προς τα κάτω. Έτσι η ροή του ανέμου είναι περισσότερο στρωτή πάνω από τη θάλασσα, όπου η επιφάνεια της είναι ομαλότερη από εκείνη της ξηράς και η κατανομή της θερμοκρασίας του αέρα είναι περισσότερο ομοιόμορφη. Η επιφανειακή τριβή και οι κατακόρυφες κινήσεις των αερίων μαζών μειώνονται με την αύξηση του υψομέτρου από το έδαφος, με αποτέλεσμα την προοδευτική σταθερότητα της ταχύτητας του ανέμου. Μετά από μια απότομη αύξηση της ταχύτητάς του, μερικά μέτρα από το έδαφος, ο άνεμος αυξάνει ομαλότερα μέχρι τα 500 περίπου μέτρα. Από εκεί και πάνω θεωρητικά δεν υπάρχουν τριβές, εκτός από τις περιοχές με ορεινούς όγκους, όπου οι αναταράξεις που προκαλούνται από το ανάγλυφο επεκτείνονται και σε μεγαλύτερα ύψη.



Σχήμα 3.1. Απεικόνιση του ανέμου πάνω από την επιφάνεια (26).

Τα βασικότερα στοιχεία του ανέμου είναι η διεύθυνση και η ένταση αυτού. Η διεύθυνση του ανέμου είναι η διεύθυνση από την οποία πνέει ο άνεμος και μετριέται σε μοίρες, με δεξιόστροφη αρχή μέτρησης το βορρά. Η ένταση του ανέμου είναι το μέτρο της οριζόντιας ταχύτητάς του, συνήθως μετριέται σε κόμβους (knots ή με σύντμηση kts). Τα δύο αυτά χαρακτηριστικά ορίζουν το

διανυσματικό μέγεθος της ταχύτητας του ανέμου, που συχνά αναγράφεται με τη μορφή 270/35KT (δηλαδή άνεμος που πνέει από τα δυτικά με ένταση 35 κόμβων).

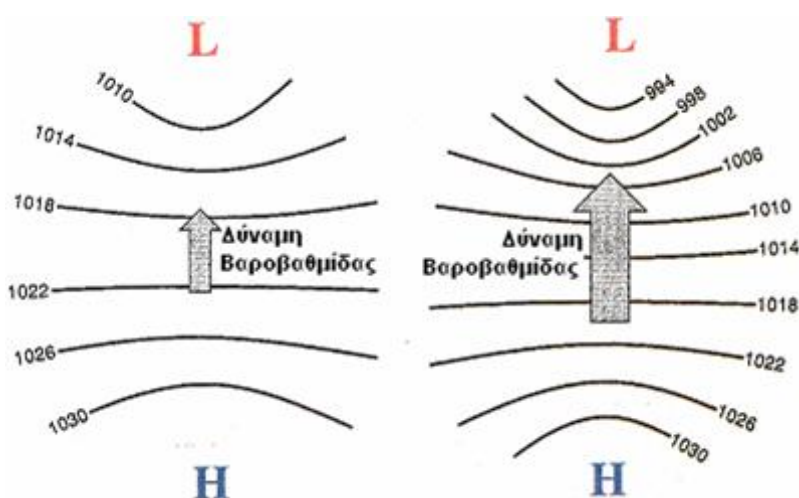
3.2 Αιτίες δημιουργίας του ανέμου

Οι κύριες αιτίες δημιουργίας του ανέμου είναι:

- Η ηλιακή ενέργεια που προσλαμβάνει τόσο η ατμόσφαιρα όσο και η επιφάνεια του εδάφους.
- Η ανομοιογένεια του ανάγλυφου του εδάφους.
- Η περιστροφική κίνηση της γης γύρω από τον άξονά της.

Η αλλαγή της ταχύτητας (ένταση και διεύθυνση) ονομάζεται επιτάχυνση. Η επιτάχυνση προκαλείται από μία ή περισσότερες δυνάμεις που ασκούνται στην αέρια μάζα. Εάν όλες οι δυνάμεις που δρουν σε μια μάζα αέρα εξισορροπούνται μεταξύ τους, έτσι ώστε η συνισταμένη δύναμη να είναι μηδενική, τότε η συγκεκριμένη μάζα αέρα δεν επιταχύνεται και θα συνεχίσει να κινείται σε ευθεία γραμμή με σταθερή ταχύτητα. Η κατάσταση η οποία χαρακτηρίζεται από σταθερή ταχύτητα ανέμου είναι γνωστή σαν ισορροπημένη ροή (balanced flow).

3.3 Δύναμη βαροβαθμίδας



Σχήμα 3.2. Η δύναμη βαροβαθμίδας προκαλεί την έναρξη κίνησης μιας αέριας μάζας (3).

Η οριζόντια βαροβαθμίδα δημιουργεί μια οριζόντια δύναμη, τη δύναμη βαροβαθμίδας η οποία καθορίζει την ταχύτητα και την αρχική διεύθυνση του ανέμου. Όσο μεγαλύτερη είναι η διαφορά της ατμοσφαιρικής πίεσης μεταξύ δύο τόπων, δηλαδή η βαροβαθμίδα, τόσο μεγαλύτερη είναι και η δύναμη βαροβαθμίδας (σχήμα 3.2), επομένως τόσο ισχυρότερη θα είναι και η πνοή του ανέμου. Επειδή η διεύθυνση της δύναμης βαροβαθμίδας είναι από τις υψηλές προς τις χαμηλές ατμοσφαιρικές πιέσεις και κάθετη προς τις ισοβαρείς καμπύλες, η αρχική τάση κίνησης του ανέμου θα είναι παράλληλη προς τη βαροβαθμίδα και κάθετη προς τις ισοβαρείς. Αν αυτή ήταν η μοναδική δρώσα

δύναμη σε μια μάζα τότε, η μάζα θα παρουσίαζε συνεχή επιτάχυνση προς περιοχές με χαμηλές πιέσεις, οι οποίες σταδιακά θα έπαυαν να υφίστανται εξαιτίας της μεταφοράς του αέρα. Στην πραγματικότητα όμως, υπάρχουν και άλλες δυνάμεις που ενεργούν στην αέρια μάζα και μεταβάλλουν ουσιαστικά την αρχική ταχύτητα και την διεύθυνση που αυτή απέκτησε λόγω της δύναμης βαροβαθμίδας.

3.4 Δύναμη τριβής

Ο αέρας κατά την κίνησή του συμπεριφέρεται όπως ένα οποιοδήποτε ρευστό κοντά στο συνοριακό στρώμα με άλλες επιφάνειες. Όταν πνέει πάνω από επιφάνεια θάλασσας ή ξηράς, αναπτύσσονται οι δυνάμεις τριβής που τείνουν να επιβραδύνουν της γενικότερη κίνηση. Οι τριβές μειώνονται με το υψόμετρο και είναι θεωρητικά ανύπαρκτες πάνω από το υψόμετρο των 500 μέτρων (σχήμα 3.1). Η επιρροή τους είναι μεγαλύτερη πάνω από χερσαίες επιφάνειες λόγω του ανώμαλου εδάφους και μικρότερη πάνω από θαλάσσιες περιοχές.

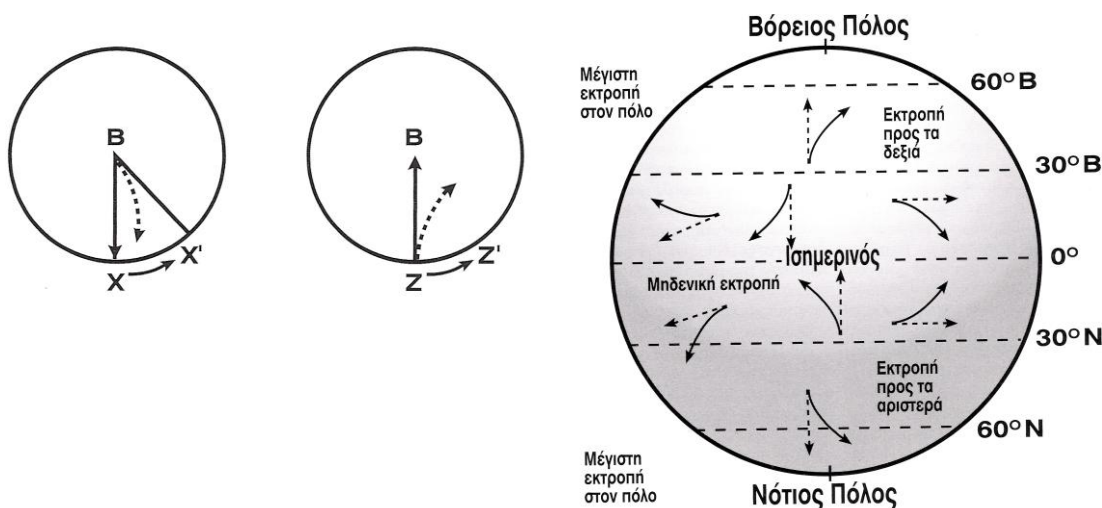
3.5 Δύναμη Coriolis (Δύναμη εκτροπής)

Η ταχύτητα περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονά της είναι περίπου 1600Km/h στον Ισημερινό και μειώνεται συνεχώς με την αύξηση του γεωγραφικού πλάτους μέχρι τους πόλους όπου μηδενίζεται. Καθώς ο άνεμος, λόγω διαφορών των ατμοσφαιρικών πιέσεων, κινείται οριζόντια πάνω στη Γη, η επιφάνεια της Γης περιστρέφεται κάτω από αυτόν.

Η δύναμη Coriolis επιδρά μόνο σε κινούμενη μάζα αέρα. Δεν είναι μια «πραγματική» δύναμη, αλλά μια φαινομενική δύναμη, που οφείλεται στην κίνηση του αέρα άνω από την περιστρεφόμενη Γη. Για να γίνει καλύτερα αντιληπτό το φαινόμενο ακολουθεί ένα παράδειγμα.

Θεωρείται μια περιπολική περιοχή της Γης στο βόρειο ημισφαίριο με κέντρο το βόρειο πόλο (σχήμα 3.3) και με περιφέρεια κάποιο γεωγραφικό παράλληλο. Για ευκολία αντικαθίσταται η κίνηση της αέριας μάζας με την κίνηση κάποιου βλήματος στο χώρο. Έστω ότι εκτοξεύεται αυτό το βλήμα από το βόρειο πόλο προς το σημείο X πάνω στη Γη. Λόγω της περιστροφής της Γης περί του άξονά της (δεξιόστροφα ως προς το βόρειο πόλο) το σημείο X μετακινείται στη θέση X' μέσα στο χρονικό διάστημα που απαιτείται για να φτάσει το βλήμα από τη θέση B στη θέση X. Το βλήμα όμως, που δεν συμμετέχει στην περιστροφή της Γης, συνεχίζει να κινείται κατά μήκος της γραμμής BX και γίνεται αντιληπτό στον παρατηρητή που εκτόξευσε το βλήμα, ότι αυτό εκτρέπεται συνεχώς δεξιά. Έστω ότι εκτοξεύεται ένα βλήμα από το σημείο Z προς το βόρειο πόλο. Πάλι λόγω της περιστροφής της Γης το σημείο Z μετακινείται στη θέση Z' μέσα στο χρονικό διάστημα που απαιτείται για να φθάσει το βλήμα στη θέση B. Και πάλι γίνεται αντιληπτό σε παρατηρητή που συμμετέχει στην περιστροφή της Γης, ότι το βλήμα μέσα στο ίδιο χρονικό διάστημα κινείται προς τα δεξιά, ως προς το βόρειο πόλο, και εμφανίζει και πάλι μια εκτροπή προς τα δεξιά της αρχικής διεύθυνσής του.

Στο σχήμα 3.4 φαίνεται η εκτροπή της διεύθυνσης του ανέμου σε διάφορες περιοχές της Γης, όπου στο βόρειο ημισφαίριο είναι προς τα δεξιά και στο νότιο ημισφαίριο είναι προς τα αριστερά της αρχικής του διεύθυνσης.



Σχήμα 3.3. Απεικόνιση της δύναμης Coriolis στο βόρειο ημισφαίριο (27).

Σχήμα 3.4. Απεικόνιση της δύναμης Coriolis των ανέμων μεγάλης κλίμακας στο Βόρειο και Νότιο ημισφαίριο και Ισημερινό (27).

Η δύναμη εκτροπής της διεύθυνσης του ανέμου ονομάζεται δύναμη Coriolis. Σύμφωνα με τη θεωρία της δύναμης εκτροπής λόγω περιστροφής της Γης, οι αέριες μάζες εκτρέπονται προς τα δεξιά στο βόρειο ημισφαίριο και προς τα αριστερά στο νότιο ημισφαίριο. Η δύναμη Coriolis εκφράζεται από την εξίσωση:

$$F_c = 2mV\omega \sin\varphi$$

Όπου: m : η μάζα του αέρα (αέρια μάζα)

V : η ταχύτητα του ανέμου

ω : η γωνιακή ταχύτητα περιστροφής της Γης (rad/sec)

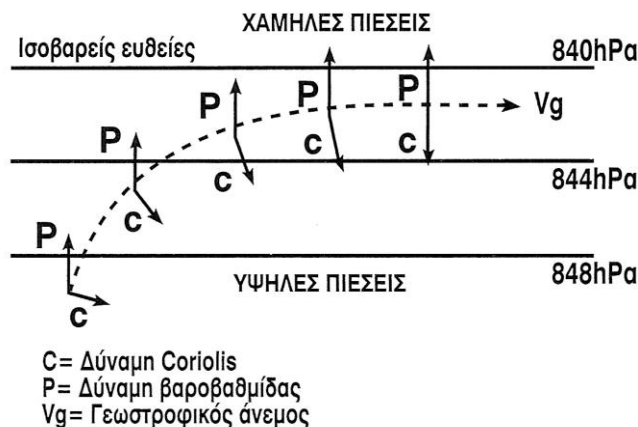
φ : το γεωγραφικό πλάτος

Επειδή στον ισημερινό $\varphi = 0^\circ$, $\sin\varphi = 0$ οπότε $F_c = 0$, άρα ο άνεμος στον ισημερινό με διεύθυνση παράλληλη προς αυτόν δεν εκτρέπεται, αφού η δύναμη Coriolis μηδενίζεται. Επειδή στους πόλους $\varphi = 90^\circ$, $\sin\varphi = 1$ οπότε $F_c = 2mV\omega$, άρα η δύναμη Coriolis παίρνει τη μέγιστη τιμή και ο άνεμος υφίσταται τη μεγαλύτερη εκτροπή.

Συμπερασματικά διαπιστώνεται ότι η διεύθυνση του ανέμου επηρεάζεται από την περιστροφή της Γης. Η ταχύτητά του όμως είναι ανεξάρτητη της κίνησης αυτής. Μόνο η δύναμη βαροβαθμίδας και η δύναμη τριβής επηρεάζουν την ταχύτητα του ανέμου.

3.6 Άνεμος γεωστροφικός

Ο οριζόντιος άνεμος που πνέει πάνω από το στρώμα τριβής, δηλαδή σε στάθμες με υψόμετρα πάνω από τα 500 μέτρα, ονομάζεται γεωστροφικός άνεμος. Όταν ξεκινήσει να αναπτύσσεται κάποια δύναμη βαροβαθμίδας P , ο ατμοσφαιρικός αέρας αρχίζει να επιταχύνεται κάθετα προς τις ισοβαρείς, με διεύθυνση από τις υψηλές πιέσεις προς τις χαμηλές (σχήμα 3.5). Καθώς ο αέρας επιταχύνεται υπό την επίδραση αρχικά της δύναμης βαροβαθμίδας, η δύναμη Coriolis F_c , η οποία προοδευτικά ενισχύεται, τον αναγκάζει να στραφεί βαθμιαία προς τα δεξιά από την αρχική του πορεία (βόρειο ημισφαίριο). Οι δύο δυνάμεις τελικά φτάνουν σε ισορροπία έτσι ώστε ο άνεμος να πνέει με σταθερή ταχύτητα πάνω σε ευθύγραμμη τροχιά, παράλληλα προς τις ισοβαρείς και με τις χαμηλές πιέσεις προς τα αριστερά της κίνησής του. Η απόσταση μεταξύ των ισοβαρών (βαροβαθμίδα) σε μια περιοχή του χάρτη επιτρέπει τον υπολογισμό με πολύ καλή προσέγγιση της έντασης του ανέμου (γεωστροφικού).



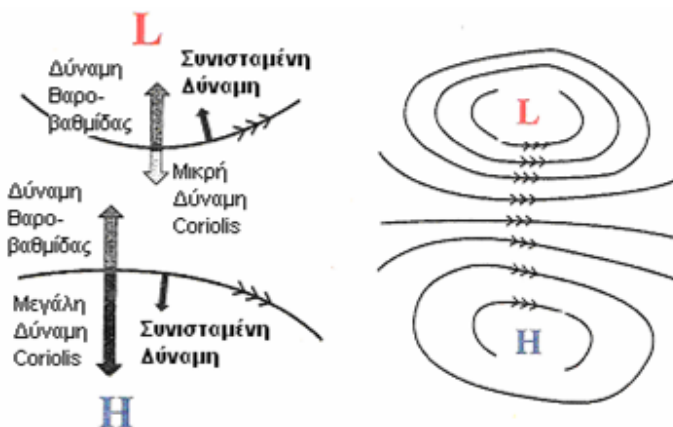
Σχήμα 3.5. Γεωστροφικός άνεμος (V_g) με ευθύγραμμες ισοβαρείς στο βόρειο ημισφαίριο (27).

3.7 Άνεμος βαροβαθμίδας

Σε ένα κυκλικό πεδίο ατμοσφαιρικών πιέσεων (βαρομετρικό χαμηλό ή υψηλό), το οποίο αποτελείται από ισοβαρείς καμπύλες, ο άνεμος πνέει παράλληλα με αυτές και συνεχώς επιταχύνεται με τέτοιο τρόπο ώστε να αλλάζει η διεύθυνσή του. Για να συμβαίνει αυτό θα πρέπει να ασκείται στην αέρια μάζα μια ολική (συνισταμένη) δύναμη, η οποία θα διατηρεί την καμπυλόγραμμη ροή.

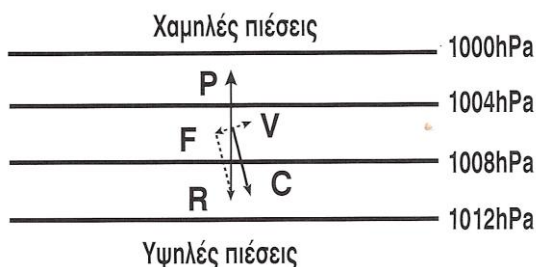
Για άνεμο που πνέει αριστερόστροφα γύρω από ένα χαμηλό στο βόρειο ημισφαίριο, η συνισταμένη δύναμη προκύπτει προς το κέντρο του χαμηλού και υποδηλώνει ότι η δύναμη βαροβαθμίδας είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη Coriolis. Για άνεμο που πνέει δεξιόστροφα γύρω από ένα υψηλό στο βόρειο ημισφαίριο, η συνισταμένη δύναμη προκύπτει προς το κέντρο του υψηλού και υποδηλώνει ότι η δύναμη Coriolis είναι μεγαλύτερη από τη δύναμη βαροβαθμίδας (σχήμα 3.6). Εφόσον η δύναμη Coriolis αυξάνει με την ταχύτητα του ανέμου, η ροή γύρω από ένα υψηλό θα είναι ισχυρότερη από την αντίστοιχη ροή γύρω από ένα χαμηλό, για ισαπέχουσες ισοβαρείς.

Στο βόρειο ημισφαίριο το αποτέλεσμα όλων των προαναφερομένων είναι ένας άνεμος που πνέει παράλληλα με τις ισοβαρείς, δεξιόστροφα γύρω από ένα υψηλό (αντικυκλωνική κίνηση) και αριστερόστροφα γύρω από ένα χαμηλό (κυκλωνική κίνηση). Η ισορροπημένη ροή του αέρα γύρω από τις ισοβαρείς καμπύλες καλείται άνεμος βαροβαθμίδας.



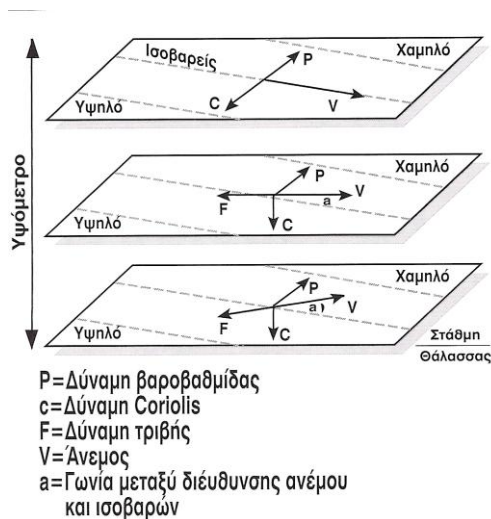
Σχήμα 3.6. Ο άνεμος πνέει σύμφωνα με την φορά των δεικτών του ρολογιού γύρω από ένα βαρομετρικό υψηλό και αντίθετα με τη φορά των δεικτών του ρολογιού γύρω από ένα χαμηλό (25).

3.8 Άνεμος επιφανείας



P = Δύναμη βαροβαθμίδας
 c = Δύναμη Coriolis
 F = Δύναμη τριβής
 $R = C + F$
 V = Άνεμος επιφανείας

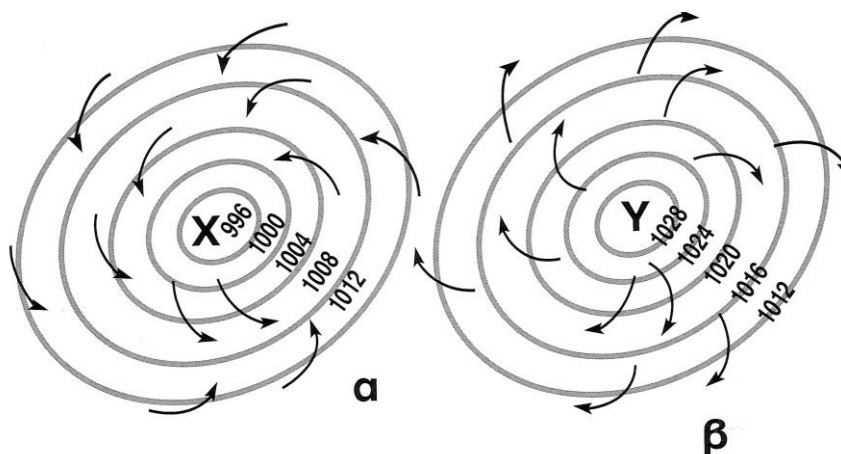
Σχήμα 3.7. Άνεμος επιφανείας και οι δυνάμεις που τον επηρεάζουν (27).



Σχήμα 3.8. Άνεμος επιφανείας και η μεταβολή του με το υψόμετρο (27).

Ο γεωστροφικός άνεμος και ο άνεμος βαροβαθμίδας είναι ανεξάρτητοι τριβών και πνέουν πάνω από το στρώμα τριβής. Οι μετρήσεις του ανέμου επιφανείας γίνονται στα 10 μέτρα πάνω από την επιφάνεια του εδάφους, όπου η επίδραση της τριβής γίνεται ουσιαστική, μειώνοντας την ταχύτητα του ανέμου και, μαζί με τις άλλες δυνάμεις, μεταβάλλοντας την διεύθυνσή του.

Για μεγάλης κλίμακας ανέμους ευθύγραμμης τροχιάς, η δύναμη τριβής F_T συνδυάζεται με τη δύναμη Coriolis F_C για να ισορροπήσουν με την οριζόντια δύναμη βαροβαθμίδας P (σχήμα 3.7). Επειδή η δύναμη Coriolis είναι κάθετη προς τον άνεμο και η δύναμη Τριβής είναι αντίθετη προς αυτόν, είναι προφανές ότι οι δύο δυνάμεις είναι κάθετες μεταξύ τους. Συνεπώς ο οριζόντιος άνεμος επιβραδύνεται κατά την κίνησή του, από τη συνισταμένη δύναμη R , η οποία δεν είναι ακριβώς παράλληλη προς τις ισοβαρείς, αλλά με μια γωνία προς τις χαμηλές πιέσεις, περίπου 10° πάνω από λείες επιφάνειες (ήρεμη θάλασσα) και μέχρι 45° (ανώμαλη ξηρά).

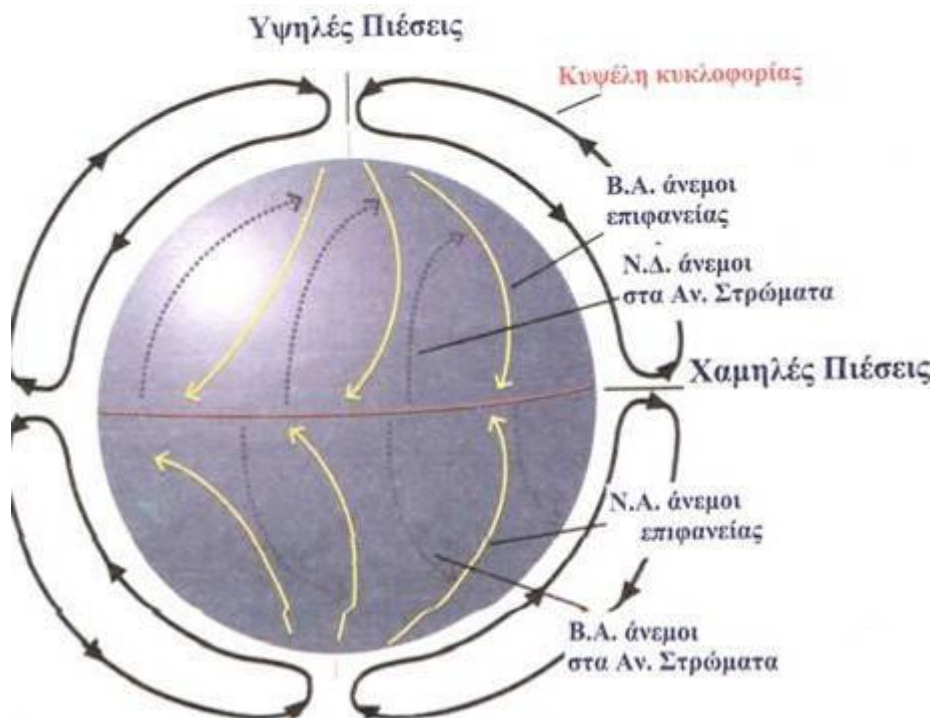


Σχήμα 3.9. Άνεμος επιφανείας γύρω από ένα βαρομετρικό χαμηλό (α) και ένα βαρομετρικό υψηλό (β), στο βόρειο ημισφαίριο (27).

Έτσι αν πρόκειται για βαρομετρικό χαμηλό, ο άνεμος επιφανείας κινείται αριστερόστροφα και σχηματίζει γωνία με τις ισοβαρείς καμπύλες, από τις υψηλές προς τις χαμηλές πιέσεις (σχήμα 3.9α). Εάν πρόκειται για βαρομετρικό υψηλό, ο άνεμος επιφανείας κινείται δεξιόστροφα και σχηματίζει γωνία με τις ισοβαρείς καμπύλες, από τις υψηλές προς τις χαμηλές πιέσεις (σχήμα 3.9β).

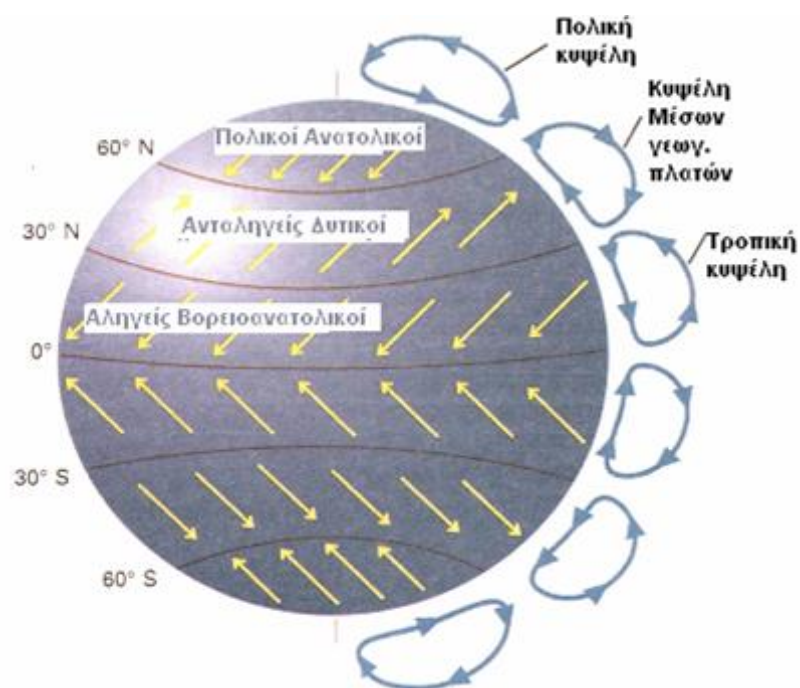
3.9 Γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας

Τα μεγαλύτερα ποσά θερμότητας που η γήινη επιφάνεια δέχεται στα τροπικά πλάτη, προκαλούν την αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα που έρχεται σε επαφή με την επιφάνεια της Γης. Αυτό οδηγεί σε διαστολή του αέρα, που καθίσταται λιγότερο πυκνός (ελαφρύτερος) και αρχίζει να ανυψώνεται. Η ανύψωση αυτή σταματάει μόλις η θερμοκρασία του αέρα που ανέρχεται εξισωθεί με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Στο ύψος αυτό αρχίζει εξάπλωση του αέρα στα ανώτερα τμήματα της ατμόσφαιρας. Ο ψυχρός και βαρύτερος αέρας κατεβαίνει και αναπληρώνει το κενό. Το ρεύμα αυτό συντηρείται όσο υπάρχει το γενεσιουργό αίτιο, που είναι η θερμοκρασιακή διαφορά.



Σχήμα 3.10. Θεωρητική κίνηση του αέρα σε ακίνητη Γη (25).

Αν θεωρηθεί η Γη ακίνητη, αγνοώντας χάριν απλουστεύσεως την περιστροφή γύρω από τον άξονά της, παρουσιάζεται η απλουστευμένη εικόνα της γενικής κυκλοφορίας της ατμόσφαιρας. Η συσσώρευση των αερίων μαζών στους πόλους δημιουργεί υψηλές πιέσεις και η εκφυγή από τον Ισημερινό δημιουργεί αντίστοιχα χαμηλές πιέσεις, οπότε οι αέριες μάζες στην επιφάνεια κινούνται από τις υψηλές προς τις χαμηλές πιέσεις (σχήμα 3.10).



Σχήμα 3.11. Θεωρία των τριών κυψελών (25).

Στην πραγματικότητα όμως, λόγω της περιστροφής της Γης γύρω από τον άξονά της υπεισέρχεται και εκτροπή λόγω δύναμης Coriolis. Ο άνεμος, ανερχόμενος από τον Ισημερινό, στρέφεται δεξιά και τελικά γίνεται δυτικός σε ένα γεωγραφικό πλάτος περίπου 30° , οπότε διακόπτεται προσωρινά το βόρειο ρεύμα. Όμοια το πολικό επιφανειακό ρεύμα στρέφεται δεξιά και γίνεται ανατολικό σε γεωγραφικό πλάτος περίπου 60° οπότε διακόπτεται το νότιο ρεύμα. Γι' αυτό στα πλάτη των 30° και 60° υπάρχουν μεγάλες συσσωρεύσεις αερίων μαζών και στα δύο ημισφαίρια. Η συσσώρευση αυτή των αερίων μαζών ονομάζεται σύγκλιση. Το βάρος αυτών προστίθεται στις υπάρχουσες αέριες μάζες, με αποτέλεσμα την αύξηση της πίεσης στα πλάτη αυτά και τη δημιουργία ημιμόνιμων ζωνών υψηλών πιέσεων και αντίστοιχα χαμηλών στα γειτονικά γεωγραφικά πλάτη. Σαν αποτέλεσμα αυτών έχουμε αέριες μάζες να εισρέουν στα μέσα γεωγραφικά πλάτη, αποκαθιστώντας πάντα την ατμοσφαιρική ισορροπία. Μάζες ψυχρού αέρα πνέουν νότια προς τους τροπικούς και αναπτύσσονται μεγάλες μετωπικές καταιγίδες από την ανάμιξη ψυχρού και θερμού αέρα. Το αποτέλεσμα είναι αρκετά πολύπλοκο και εντοπίζεται με τη δημιουργία ζώνης από μετακινούμενες καταιγίδες στα μέσα πλάτη.

Αυτή η κυκλοφορία ονομάζεται Γενική Κυκλοφορία της Ατμόσφαιρας και συνοψίζοντας αποτελείται από τρεις βασικές κυψέλες (σχήμα 3.11):

Την πολική κυψέλη όπου οι άνεμοι είναι ανατολικοί.

Την κυψέλη των μέσων γεωγραφικών πλατών, όπου οι άνεμοι είναι σχεδόν δυτικοί.

Την τροπική κυψέλη, όπου οι άνεμοι είναι βορειοανατολικοί.

3.10 Συνεχείς άνεμοι

Από τη ζώνη των υψηλών πιέσεων των 30° , ο άνεμος κινείται και προς τον Ισημερινό και προς τα μεσαία γεωγραφικά πλάτη, εκτρεπόμενος λόγω της δύναμης Coriolis προς τα δεξιά στο βόρειο ημισφαίριο. Έτσι κοντά στον Ισημερινό σχηματίζονται οι λεγόμενοι Αληγείς Βορειοανατολικοί άνεμοι (Trade Winds), στα δε μέσα γεωγραφικά πλάτη οι λεγόμενοι Ανταληγείς Δυτικοί άνεμοι (Prevailing Westerlies ή Antitrades), οι οποίοι πνέουν όλο το χρόνο (σχήμα 3.11). Οι άνεμοι αυτοί ήταν γνωστό από την εποχή των μεγάλων εξερευνήσεων ότι πνέουν σταθεροί όλο το χρόνο και τα ιστιοφόρα καράβια, που διέσχιζαν σε αυτά τα γεωγραφικά πλάτη τις θάλασσες, τους χρησιμοποιούσαν για τα ταξίδια τους.

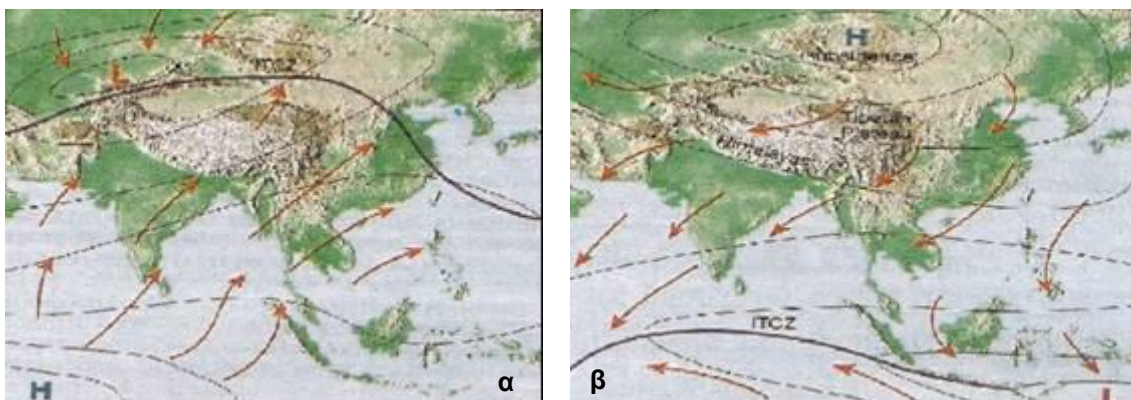
3.11 Περιοδικοί άνεμοι

Ονομάζονται έτσι γιατί πνέουν κατά διαστήματα και όχι όλο το χρόνο. Οφείλονται στις μεταβολές της βαρομετρικής πίεσης κατά τη διάρκεια του έτους αλλά και του 24ώρου. Η βασικότερη αιτία στην οποία οφείλονται αυτές οι μεταβολές της πίεσης είναι η διαφορετική μορφολογία της επιφάνειας της Γης (εναλλαγή ξηράς και θάλασσας) και η ανομοιόμορφη θέρμανσή της.

3.11.1 Ετήσιοι περιοδικοί άνεμοι

Οι πιο γνωστοί ετήσιοι περιοδικοί άνεμοι είναι οι Μουσώνες και οι Ετησίες (Μελτέμια).

Οι Μουσώνες οφείλονται στο συνδυασμό των χαμηλών πιέσεων που δημιουργούνται στην περιοχή της Ινδίας κατά την περίοδο του καλοκαιριού, λόγω της υπερθέρμανσης της ξηράς, και των υψηλών πιέσεων που αναπτύσσονται πάνω από τα ψυχρότερα νερά του Ινδικού Ωκεανού. Το αντίθετο συμβαίνει κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου. Έτσι το καλοκαίρι πνέουν άνεμοι ΝΔ, που μεταφέρουν υγρές αέριες μάζες πάνω από τη στεριά, γι' αυτό και θεωρείται η υγρή εποχή του έτους με τις βροχές, ενώ το χειμώνα πνέουν ΒΑ άνεμοι που φέρνουν ξηρές αέριες μάζες από τις ηπειρωτικές περιοχές της Κεντρικής Ινδίας.



Σχήμα 3.12. Μουσώνες α)Θερινής περιόδου, β)Χειμερινής περιόδου (3).

Οι Ετησίες (Μελτέμια) είναι άνεμοι που πνέουν στην περιοχή του Αιγαίου κατά τη διάρκεια του Καλοκαιριού και ειδικά κατά την περίοδο των μηνών Ιουλίου και Αυγούστου. Είναι ΒΑ άνεμοι που μεταφέρουν ψυχρότερες ξηρές ηπειρωτικές αέριες μάζες. Το μέγιστο της έντασής τους παρατηρείται κατά τη διάρκεια της ημέρας και ιδιαίτερα τις θερμές ώρες, ενώ το βράδυ γενικά εξασθενούν. Ο μηχανισμός δημιουργίας τους είναι περίπου ίδιος με των Μουσώνων και οφείλεται στο συνδυασμό των υψηλών πιέσεων που επικρατούν στις περιοχές της ΝΔ Ευρώπης με τις χαμηλές της ΝΑ Μεσογείου.

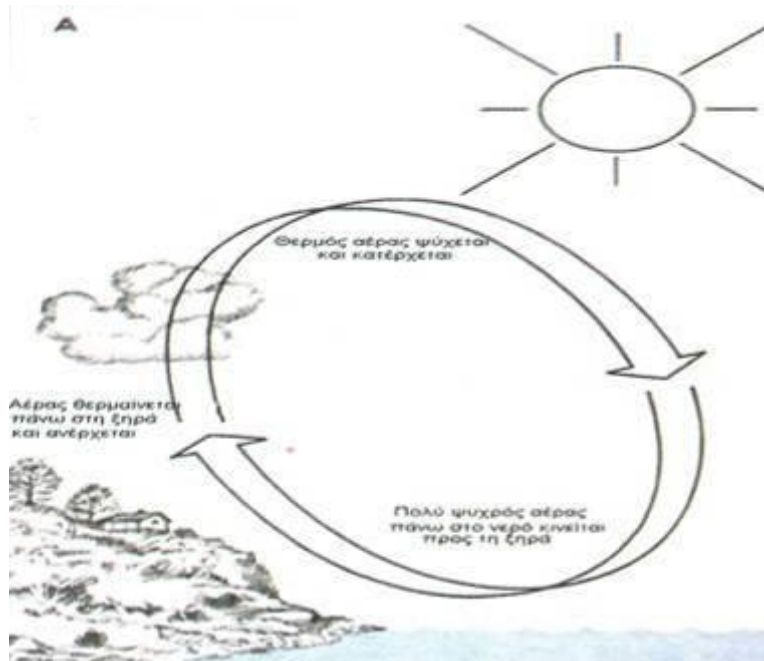
3.11.2 Ημερήσιοι περιοδικοί άνεμοι

Οι πιο γνωστοί ημερήσιοι περιοδικοί άνεμοι είναι η Θαλάσσια και η Απόγειος Αύρα.

Η Θαλάσσια Αύρα είναι φαινόμενο που παρουσιάζεται τις ηλιόλουστες ημέρες, κατά τις οποίες η γήινη επιφάνεια θερμαίνεται πιο γρήγορα από την επιφάνεια της θάλασσας. Ο αέρας πάνω από το έδαφος θερμαίνεται, διαστέλλεται και ανυψώνεται (πιο έντονα τις θερμότερες απογευματινές ώρες). Αυτό δημιουργεί τις προϋποθέσεις για την κατακόρυφη κυκλοφορία του αέρα, με τον ψυχρότερο αέρα, πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, να κινείται οριζόντια προς αντικατάσταση του αέρα της στεριάς, που έχει ανυψωθεί εξαιτίας της επιφανειακής θέρμανσης. Η θαλάσσια αύρα

εκτείνεται κατά την κατακόρυφη έννοια περίπου 1000ft με 2000ft, ενώ μπορεί να φτάσει μέσα στη στεριά σε βάθος 15Km με μια ένταση μέχρι και 20kts.

Κατά τη διάρκεια της νύχτας η στεριά ψύχεται γρηγορότερα από τη θάλασσα, έτσι ο αέρας πάνω από τη στεριά ψύχεται και βυθίζεται. Ο θαλάσσιος αέρας παραμένει ζεστός και αρχίζει να ανέρχεται. Έτσι παρατηρείται ροή αέρα από την ξηρά προς τη θάλασσα, επαναλαμβάνοντας την κυψελίδα ροής της θαλάσσιας αύρας αλλά με αντίθετη φορά. Ο επιφανειακός άνεμος που δημιουργείται σε αυτή την περίπτωση ονομάζεται Απόγειος Αύρα.



Σχήμα 3.13. Θαλάσσια Αύρα (3).



Σχήμα 3.14. Απόγειος Αύρα (3).

4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΝΕΦΩΝ

4.1 Η υγρασία της ατμόσφαιρας

Ο σχηματισμός των νεφών είναι αποτέλεσμα των υδρατμών που περιέχονται στην ατμόσφαιρα. Οι υδρατμοί προέρχονται από την εξάτμιση του νερού από τους ωκεανούς και τις άλλες υδάτινες επιφάνειες του πλανήτη. Από τα νέφη πέφτει ο υετός (οποιαδήποτε μορφή υδάτινου κατακρημνίσματος) ο οποίος καταλήγει στο έδαφος και εμπλουτίζει επιφανειακούς και υπόγειους υδροφορείς (υδρολογικός κύκλος). Η ποσότητα των υδρατμών που περιέχονται στην ατμόσφαιρα ονομάζεται υγρασία. Η πραγματική ποσότητα των υδρατμών δεν είναι τόσο σημαντική, όσο το αν ο αέρας μπορεί να συγκρατήσει τους υδρατμούς σε αέρια μορφή ή όχι.



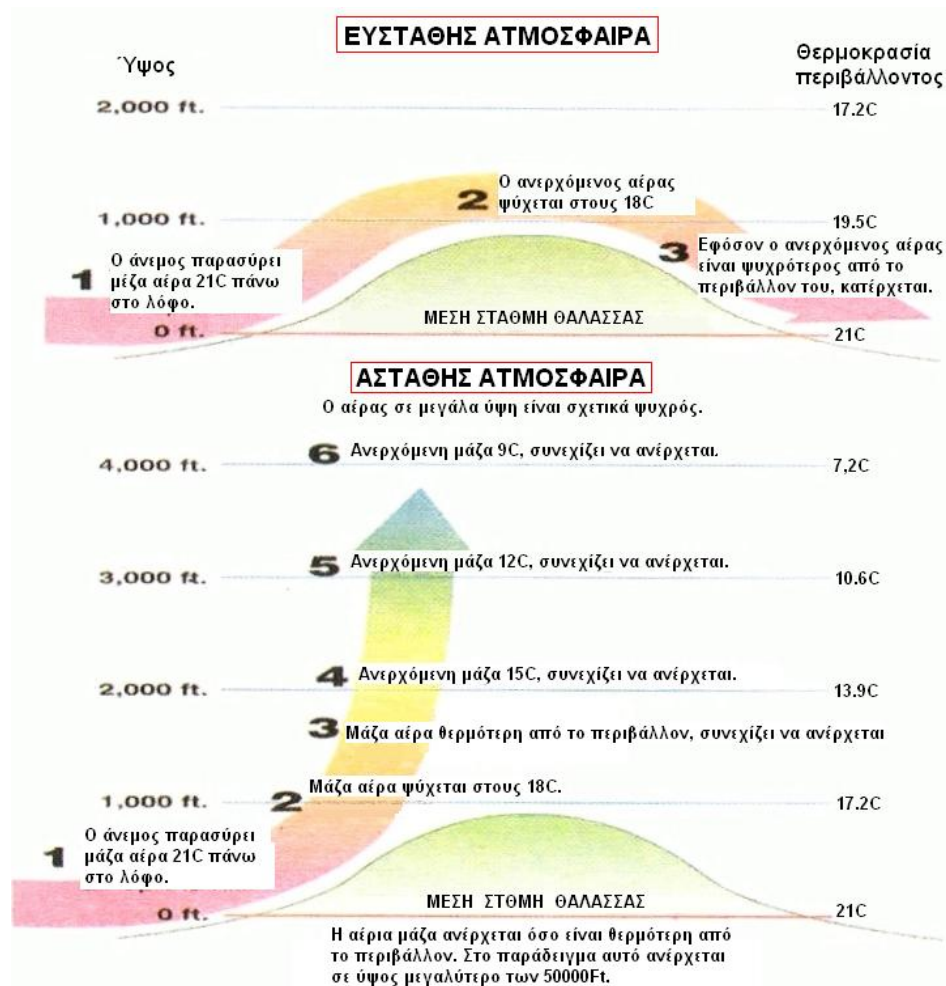
Σχήμα 4.1. Υδρολογικός κύκλος (27).

4.2 Ευστάθεια – Αστάθεια στην ατμόσφαιρα

Η ισορροπία στην ατμόσφαιρα εξαρτάται από την κατακόρυφη κατανομή της θερμοκρασίας και της υγρασίας. Ο θερμός αέρας έχει μικρότερη πυκνότητα και είναι πιο ελαφρύς από τον ψυχρό. Όμοια ο υγρός αέρας (που έχει μικρότερη πυκνότητα) είναι πιο ελαφρύς από τον ξηρό (γιατί το μοριακό βάρος του νερού είναι μόλις 18 ενώ το μέσο μοριακό βάρος του ξηρού αέρα είναι κατά πολύ μεγαλύτερο, δεδομένου ότι το μοριακό βάρος του οξυγόνου είναι 32 και του αζώτου 28). Έτσι αν μια αέρια μάζα είναι πιο θερμή και υγρή από τον περιβάλλοντα αέρα, τότε αυτή είναι ασταθής και θα υποστεί ανοδική κίνηση μέσα στην ατμόσφαιρα. Αντίθετα αν μια αέρια μάζα είναι πιο ψυχρή και ξηρή από τον περιβάλλοντα αέρα, τότε είναι ευσταθής και κατέρχεται μέσα στην ατμόσφαιρα μέχρι να φτάσει σε μια κατάσταση ισορροπίας.

Όταν ο αέρας ανέρχεται στην ατμόσφαιρα διαστέλλεται λόγω ελάττωσης της ατμοσφαιρικής πίεσης. Αντίστροφα όταν κατέρχεται συμπιέζεται και συστέλλεται. Ταυτόχρονα μεταβάλλεται και η θερμοκρασία του. Δηλαδή η διαστολή του ανερχόμενου αέρα συνοδεύεται με αδιαβατική ψύξη, ενώ η συστολή του κατερχόμενου με αδιαβατική θέρμανση. Οι μεταβολές των αερίων μαζών στην

ατμόσφαιρα θεωρούνται αδιαβατικές και προσεγγίζουν αρκετά καλά την πραγματικότητα, γιατί είναι ταχύτατες και πραγματοποιούνται μεταξύ αερίων μαζών μεγάλης έκτασης, ώστε καμία ανταλλαγή θερμότητας με το περιβάλλον δεν προλαβαίνει να πραγματοποιηθεί.



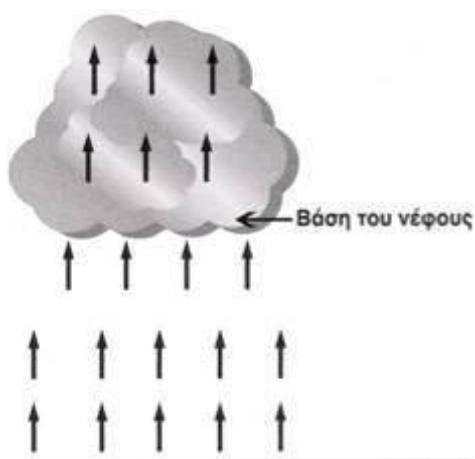
Σχήμα 4.2. Ευσταθής και ασταθής αέρας (4).

4.3 Σχηματισμός νεφών

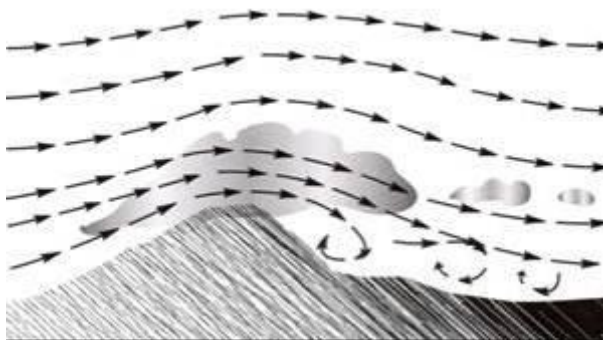
Το είδος και η έκταση οποιουδήποτε σχηματιζόμενου νέφους εξαρτώνται από την κατάσταση της περιβάλλουσας ατμόσφαιρας μέσα στην οποία ανέρχεται μια μάζα αέρα. Εφόσον η μάζα του αέρα παραμένει θερμότερη από το περιβάλλον της θα συνεχίσει να ανέρχεται (σχήμα 4.2). Σε μια τέτοια ασταθή ατμόσφαιρα είναι δυνατό να δημιουργηθούν σωρειτόμορφα νέφη, με σημαντική κατακόρυφη ανάπτυξη. Εάν η περιβάλλουσα ατμόσφαιρα είναι θερμότερη από την αέρια μάζα, η ανοδική κίνηση θα σταματήσει. Αυτό συμβαίνει διότι η πυκνότητά της θα είναι μεγαλύτερη (ως ψυχρότερη μάζα) από την πυκνότητα της περιβάλλουσας ατμόσφαιρας. Σε μια τέτοια ευσταθή ατμόσφαιρα το είδος των νεφών που σχηματίζεται είναι συνήθως στρωματομόρφα.

Οι κυριότεροι μηχανισμοί δημιουργίας νεφών σχετίζονται με τις εξωτερικές αιτίες που μπορούν να εξαναγκάσουν μια αέρια μάζα σε ανοδική πορεία και είναι οι παρακάτω:

Τοπική θέρμανση, κατακόρυφη ανάπτυξη. Όταν μια αέρια μάζα θερμανθεί και η θερμοκρασία της ξεπεράσει την αντίστοιχη του περιβάλλοντος, τότε ως ελαφρότερη θα ανέλθει με ταυτόχρονη αδιαβατική ψύξη. Όταν η θερμοκρασία της πέσει στη θερμοκρασία του σημείου δρόσου (η θερμοκρασία στην οποία ο αέρας γίνεται κορεσμένος σε υδρατμούς), έχει φτάσει στη στάθμη συμπύκνωσης των υδρατμών. Από εκεί και πάνω η κίνησή της συνοδεύεται με ανάπτυξη νεφών εφόσον συνεχίζεται η συμπύκνωση των υδρατμών που περιέχει (σχήμα 4.3). Σαν παράδειγμα αναφέρονται οι τοπικές αναπτύξεις νεφών κατά τους θερινούς μήνες που δίνουν πολλές φορές τοπικές καταιγίδες, τις λεγόμενες θερμικές καταιγίδες.



Σχήμα 4.3. Σχηματισμός νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης λόγω τοπικής θέρμανσης (27).



Σχήμα 4.4. Σχηματισμός ορογραφικών νεφών (27).

Επίδραση τοπογραφίας. Ο αέρας καθώς πνέει, εάν συναντήσει ένα λόφο ή βουνό, αναγκάζεται σε άνοδο, με αποτέλεσμα την αδιαβατική του ψύξη και συμπύκνωση και το σχηματισμό ορογραφικών νεφών (σχήμα 4.4). Τα ορογραφικά νέφη σχηματίζονται σε μικρή κλίμακα και έχουν μορφή γέφυρας ή καπέλου πάνω στην κορυφή του λόφου ή του βουνού. Μερικές φορές φαίνονται σαν να παραμένουν ακίνητα στην ίδια θέση, στην πραγματικότητα όμως συνεχώς ανανεώνονται καθώς ο αέρας που εισέρχεται από την προσήνεμη πλευρά υγροποιείται, αλλά συγχρόνως εξατμίζονται καθώς ο αέρας απομακρύνεται από την υπήνεμη πλευρά.

Ανύψωση λόγω μετωπικής δραστηριότητας (περιγράφεται αναλυτικά παρακάτω).

4.4 Ταξινόμηση και ονόματα νεφών

Τα σύννεφα διαχωρίζονται λαμβάνοντας υπόψη τα εξής βασικά κριτήρια:

- το ύψος της βάσης τους
- τη μορφή τους
- την εσωτερική δομή τους
- το πώς σχηματίζονται
- τη διαφάνειά τους

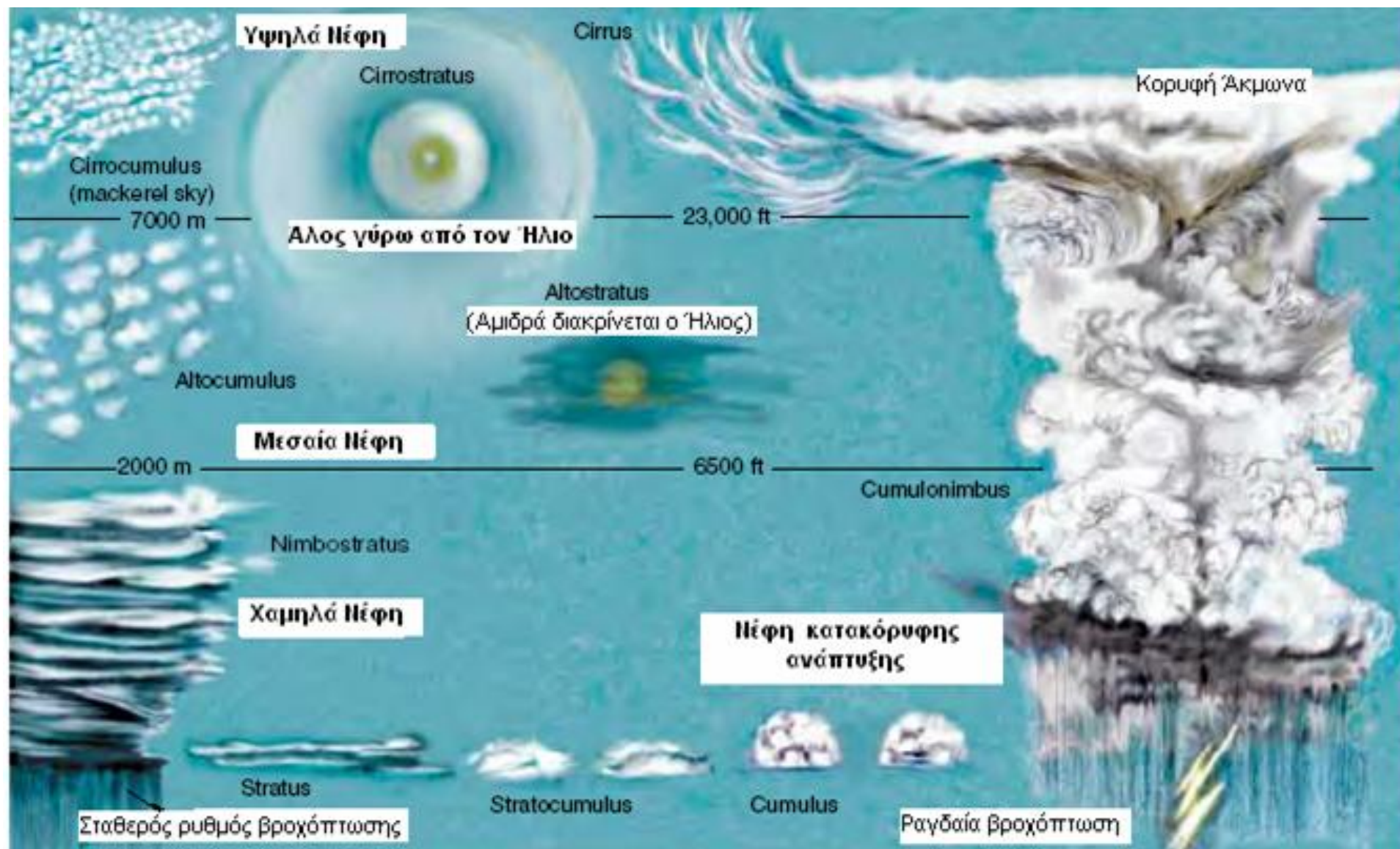
Έτσι δημιουργήθηκε μια πολύπλοκη ταξινόμηση νεφών με πλούσια ονοματολογία. Μια απλούστερη ταξινόμηση περιορίζεται σε 10 βασικούς τύπους νεφών, σύμφωνα με τους οποίους τα νέφη χωρίζονται σε Χαμηλά, Μεσαία και Υψηλά, ανάλογα με το ύψος της βάσης του. Στον Πίνακα 4.1 αναφέρονται συνοπτικά οι κατηγορίες και οι τύποι των νεφών, οι αποστάσεις των βάσεων και των κορυφών τους από την επιφάνεια και τα φαινόμενα καιρού που δίνουν.

Πίνακας 4.1. Τύποι νεφών και φαινόμενα καιρού που δίνει ο κάθε ένας.

ΤΥΠΟΙ ΝΕΦΩΝ			Ύψος βάσης (ft*)	Ύψος κορυφής (ft*)	Φαινόμενα που δίνουν
ΥΨΗΛΑ ΝΕΦΗ	Cirrus (Ci)		18000	45000	-
	Cirrostratus (Cs)		18000	45000	-
	Cirrocumulus (Cc)		18000	45000	-
ΜΕΣΑΙΑ ΝΕΦΗ	Altostratus (As)		8000	15-2000	-
	Altostratus (As)		8000	15-2000	βροχή
	Nimbostratus (Ns)		6500	15-2000	Χιόνι, χαλάζι
ΧΑΜΗΛΑ ΝΕΦΗ	Κατακόρυ- φης ανάπτυξης	Cumulus (Cu)	2500	18000	-
		Cumulonimbus (Cb)	2000	30000	ισχυρή βροχή, χιόνι, καταιγίδα, αστραπή- βροντή, κεραυνός, χαλάζι, άνεμοι επιφανείας 24- 40kts (6-8B)
	Οριζόντιας ανάπτυξης	Stratocumulus (Sc)	3000	7000	βροχή, χιόνι
		Stratus (St)	επιφάνεια	1000	ομίχλη

*: 1ft $\approx$ 0.33m

Στο Παράρτημα I παρατίθενται φωτογραφίες νεφών για κάθε τύπο, αναλυτικά.



Σχήμα 4.5. Γενική παρουσίαση των κυριότερων τύπων νεφών βασισμένη στο ύψος της βάσης τους από την επιφάνεια και στην κατακόρυφη ανάπτυξή τους (26).

5^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΑΕΡΙΕΣ ΜΑΖΕΣ ΚΑΙ ΜΕΤΩΠΑ

5.1 Αέριες μάζες

Μια αέρια μάζα είναι ένας τεράστιος όγκος αέρα που καλύπτει εκατοντάδες ή και χιλιάδες τετραγωνικά μίλια, πάνω από θαλάσσια ή ηπειρωτική ή πολική περιοχή. Επεκτείνεται κατακόρυφα προς τα άνω αρκετές χιλιάδες μέτρα. Είναι ομοιόμορφη ως προς τη θερμοκρασία και τη συγκέντρωση υδρατμών, αλλά σε οριζόντια έννοια, γιατί με την αύξηση του υψόμετρου τα στοιχεία αυτά μεταβάλλονται (μειώνονται).

Τα στοιχεία μιας αέριας μάζας παίρνουν τα χαρακτηριστικά τους από το είδος της επιφάνειας πάνω από την οποία αναπτύσσεται και η οποία επιφάνεια αποτελεί την περιοχή πηγής της. Για να γίνει η αέρια μάζα ομοιογενής σε θερμοκρασία και συγκέντρωση υδρατμών, πρέπει να μείνει πάνω από την περιοχή πηγής της, πολλές ημέρες ή και εβδομάδες.

Οι αέριες μάζες δεν παραμένουν στάσιμες πάνω από την περιοχή πηγής τους αλλά κινούνται από τόπο σε τόπο. Καθώς ταξιδεύουν, τα στοιχεία τους επηρεάζονται από εκείνα του περιβάλλοντος χώρου και τροποποιούνται. Τροποποιήσεις μπορούν να συμβούν στη θερμοκρασία, υγρασία, την ευστάθεια τους και οφείλονται:

- σε ανταλλαγή θερμότητας ή υγρασίας ή και των δύο μαζί, με την επιφάνεια πάνω από την οποία κινούνται
- σε ψύξη λόγω ακτινοβολίας
- σε διεργασίες συνδεόμενες με κατακόρυφες κινήσεις μεγάλης κλίμακας.

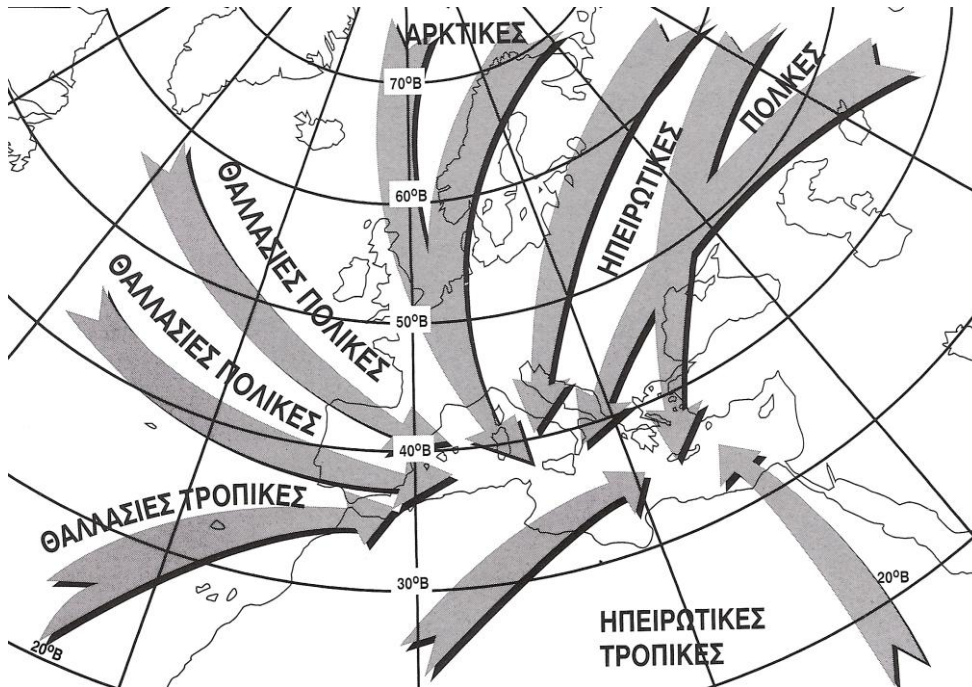
5.1.1 Τύποι αερίων μαζών

Οι αέριες μάζες μπορεί να είναι ψυχρές ή θερμές και ακόμα ξηρές ή υγρές. Εκείνες που αναπτύσσονται πάνω από ψυχρές περιοχές στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη, καλυμμένες από χιόνι ή πάγο, είναι ψυχρές. Εκείνες που αναπτύσσονται πάνω από θερμές επιφάνειες στα μικρά γεωγραφικά πλάτη, είναι θερμές. Οι αέριες μάζες που αναπτύσσονται πάνω από ξηρά είναι σχετικά ξηρές, ενώ εκείνες που αναπτύσσονται πάνω από ωκεανούς είναι σχετικά υγρές. Διαμορφώνονται λοιπόν οι παρακάτω έξι βασικοί τύποι αερίων μαζών:

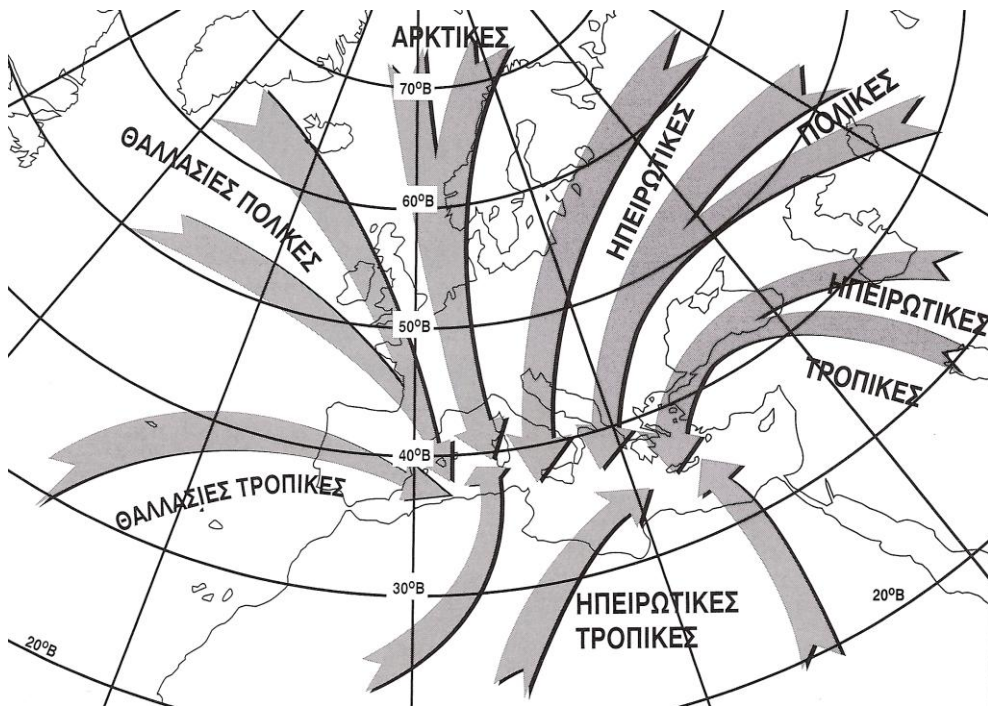
- Αρκτικές (Α): εξαιρετικά ψυχρές και ξηρές,
- Ηπειρωτικές πολικές (cP): Ψυχρές και υγρές
- Θαλάσσιες πολικές (mP): Ψυχρές και υγρές.
- Ηπειρωτικές τροπικές (cT): Θερμές και ξηρές
- Θαλάσσιες τροπικές (mT): Θερμές και υγρές
- Ισημερινές (E): Εξαιρετικά θερμές.

5.1.2 Τύποι αερίων μαζών που επηρεάζουν την Ευρώπη

Στα σχήματα 5.1 και 5.2 φαίνονται οι περιοχές πηγής και οι τροχιές των αερίων μαζών που επηρεάζουν την Ευρώπη και τη Μεσόγειο θάλασσα, την ψυχρή και τη θερμή εποχή του έτους.



Σχήμα 5.1. Αέριες μάζες στην Ευρώπη και τη Μεσόγειο την ψυχρή εποχή (27).



Σχήμα 5.2. Αέριες μάζες στην Ευρώπη και τη Μεσόγειο την θερμή εποχή (27).

Αρκτικές (Α) αέριες μάζες αναπτύσσονται πάνω από τις καλυμμένες με πάγο και χιόνια περιοχές του Αρκτικού, της Σιβηρίας και της Γροιλανδίας. Είναι εξαιρετικά ψυχρές και ξηρές αλλά όταν κινηθούν προς μικρότερα γεωγραφικά πλάτη και πάνω από θάλασσα, θερμαίνονται από κάτω, αποκτούν υδρατμούς και γίνονται ασταθείς με αποτέλεσμα να δημιουργούν σύννεφα και βροχές.

Ηπειρωτικές πολικές (cP) αέριες μάζες αναπτύσσονται πάνω από βορειότερες περιοχές της Ευρώπης και της Ασίας. Το χειμώνα είναι πολύ ψυχρές και αρκετά υγρές, γιατί το έδαφος στην πηγή ανάπτυξης τους καλύπτεται από χιόνι. Οι ημέρες είναι μικρές και η ψύξη τους λόγω ακτινοβολίας της χιονισμένης επιφάνειας, είναι εξαιρετικά μεγάλη. Όταν μετακινούνται προς μικρότερα γεωγραφικά πλάτη όπου οι θερμοκρασίες δεν είναι τόσο χαμηλές, γίνονται ασταθείς. Επειδή είναι ξηρές, σχηματίζουν πάνω από την ξηρά λίγα σύννεφα και λίγες βροχές, ενώ πάνω από τη Μεσόγειο θάλασσα και το Αιγαίο, όπου το χειμώνα η θάλασσα είναι θερμότερη από τον αέρα, σχηματίζουν αρκετά σύννεφα, βροχές, χιονοπτώσεις και καταιγίδες. Το καλοκαίρι που οι περιοχές πηγής τους είναι ελεύθερες από χιόνι και οι ημέρες μεγαλύτερες, θερμαίνονται λόγω ηλιοφάνειας και γίνονται δροσερές και ευχάριστες.

Θαλάσσιες πολικές (mP) αέριες μάζες αναπτύσσονται πάνω από τα ψυχρά νερά των βόρειων περιοχών του Βόρειου Ατλαντικού. Το χειμώνα καθώς κινούνται προς την Ευρώπη, είναι πολύ υγρές αλλά λιγότερο ψυχρές από τις ηπειρωτικές πολικές. Δημιουργείται έτσι μεγάλη κατακόρυφη θερμοβαθμίδα, και κατά συνέπεια αστάθεια. Σχηματίζονται ισχυρές βροχές, καταιγίδες και χιονοπτώσεις πάνω από την Ευρώπη και τη Μεσόγειο θάλασσα. Το καλοκαίρι ευνοούν τη δημιουργία ομιχλών στην παράκτια ζώνη της Δυτικής Ευρώπης.

Ηπειρωτικές τροπικές (cT) αέριες μάζες αναπτύσσονται πάνω από την υποτροπική έρημο της Βόρειας Αφρικής. Είναι θερμές και ξηρές. Όταν κινηθούν πάνω από τη Μεσόγειο, αυξάνεται η υγρασία τους και μετατρέπονται σε θαλάσσιες τροπικές. Ευνοούν το σχηματισμό ομιχλών.

Θαλάσσιες τροπικές (cT) αέριες μάζες αναπτύσσονται πάνω από τον υποτροπικό Βόρειο Ατλαντικό. Είναι θερμές και πολύ υγρές. Όταν κινηθούν προς τη Νοτιοδυτική Ευρώπη γίνονται ασταθείς, δημιουργούν ορογραφικά σύννεφα με βροχές και ευνοούν το σχηματισμό ομιχλών.

5.1.3 Στοιχεία θερμών και ψυχρών αερίων μαζών

Εάν μια αέρια μάζα κινηθεί πάνω από περιοχή με χαμηλότερες απ' αυτήν θερμοκρασίες, χαρακτηρίζεται θερμή αέρια μάζα. Εάν κινηθεί πάνω από περιοχή με υψηλότερες απ' αυτήν θερμοκρασίες, χαρακτηρίζεται ψυχρή αέρια μάζα.

Οι θερμές αέριες μάζες έχουν συνήθως τροπική προέλευση και κινούνται προς μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη. Κατά την κίνηση τους πάνω από ψυχρότερες επιφάνειες, ψύχονται προοδευτικά από κάτω προς τα πάνω. Με την ομοιόμορφη αυτή ψύξη της αέριας μάζας, η κατακόρυφη θερμοβαθμίδα είναι μικρή, δεν υπάρχουν κατακόρυφες κινήσεις του αέρα, οπότε δημιουργούνται συνθήκες ευστάθειας στην ατμόσφαιρα. Τα σύννεφα που σχηματίζονται είναι οριζόντιας ανάπτυξης

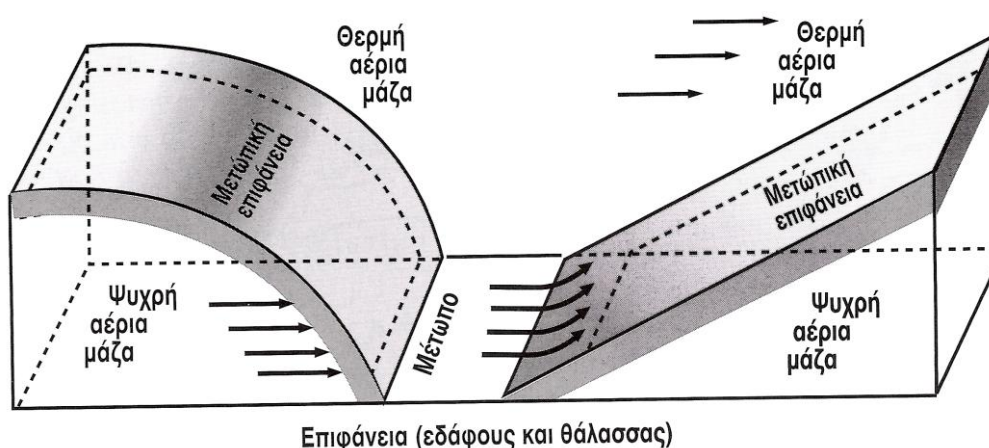
(στρωματόμορφα) και οι βροχές ασθενείς. Ευνοείται ο σχηματισμός ομιχλών και γενικά η περιορισμένη ορατότητα, σαν αποτέλεσμα της ψύξης από κάτω.

Οι ψυχρές αέριες μάζες έχουν συνήθως πολική προέλευση και κινούνται προς τα μικρότερα γεωγραφικά πλάτη. Κατά την κίνηση τους πάνω από θερμότερες επιφάνειες, σαν πυκνότερες και βαρύτερες, δημιουργούν κατακόρυφες κινήσεις του αέρα και συνεπώς αστάθεια στην ατμόσφαιρα. Τα σύννεφα που δημιουργούνται είναι κατακόρυφης ανάπτυξης (σωρειτόμορφα) και οι βροχές που δίνουν είναι ισχυρές ή ακόμα και καταιγίδες. Η ορατότητα είναι συνήθως καλή.

5.2 Μέτωπα

Κάθε αέρια μάζα είναι ομογενής και έχει τα δικά της χαρακτηριστικά, κυρίως ως προς την πυκνότητα, θερμοκρασία και υγρασία, σε οριζόντια έννοια. Στο συνοριακό όμως στρώμα μεταξύ δύο διαφορετικών αερίων μαζών που βρίσκονται σε κίνηση, τα χαρακτηριστικά αυτά παρουσιάζουν απότομη μεταβολή. Η συνοριακή αυτή ζώνη των δυο αερίων μαζών με τις παραπάνω διαφορές, η οποία χαρακτηρίζεται σαν ζώνη ασυνέχειας, ονομάζεται μέτωπο καιρού ή μετωπική επιφάνεια ή επιφάνεια ασυνέχειας. Σύμφωνα με το μετεωρολογικό ορισμό, μέτωπο είναι μια επιφάνεια που χωρίζει δυο αέριες μάζες με διαφορετικά χαρακτηριστικά.

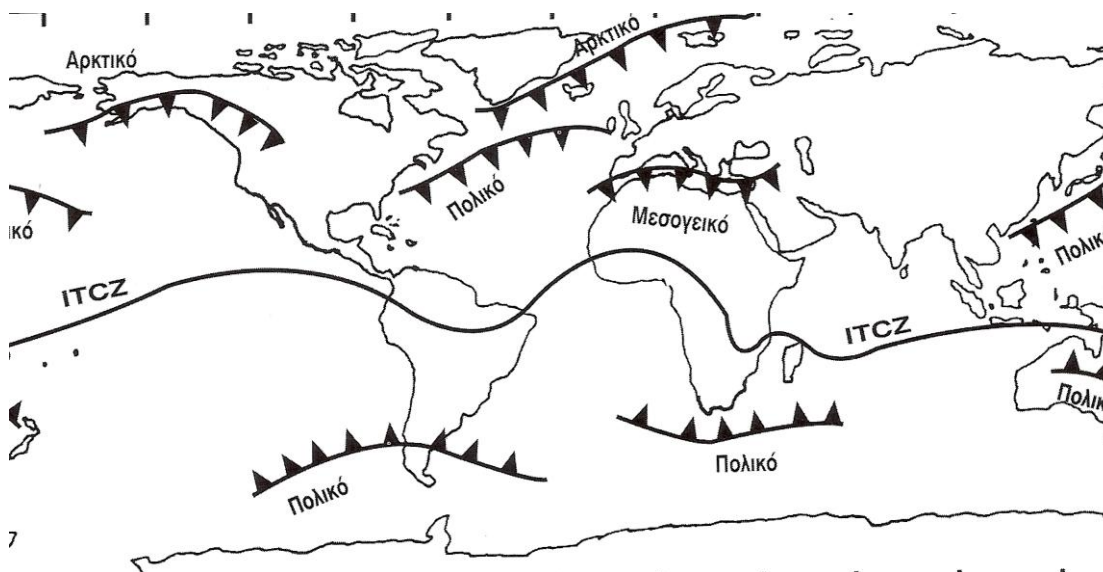
Επειδή οι αέριες μάζες έχουν μεγάλη κατακόρυφη και οριζόντια έκταση, η μετωπική επιφάνεια που χωρίζει δυο γειτονικές αέριες μάζες, μπορεί να εκτείνεται από το έδαφος ή την επιφάνεια της θάλασσας, μέχρι το ύψος όπου εκτείνονται οι αέριες μάζες. Στο **σχήμα 5.3** φαίνονται σε τρεις διαστάσεις, δυο μετωπικές επιφάνειες (μέτωπα) που διαχωρίζουν αέριες μάζες με διαφορετικές θερμοκρασίες.



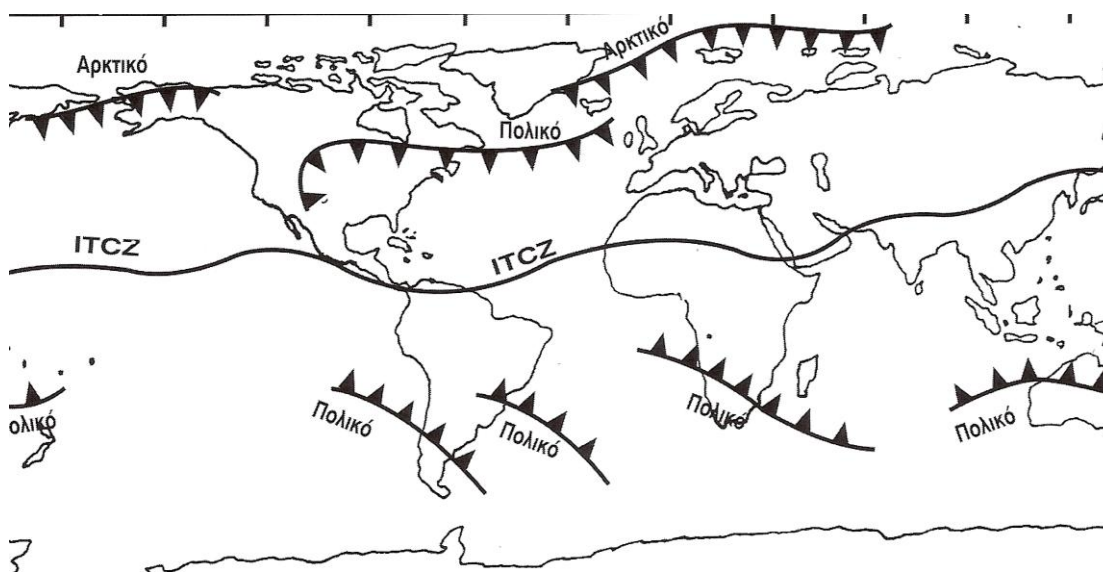
Σχήμα 5.3. Σχηματική παράσταση μετωπικών επιφανειών σε τρεις διαστάσεις (27).

Οι μετωπικές επιφάνειες που δημιουργούνται γύρω από τη Γη, τόσο κατά τη χειμερινή περίοδο (Ιανουάριος) όσο και κατά τη θερινή (Ιούλιος), φαίνονται στα σχήματα 5.4 και 5.5, και είναι το

Αρκτικό Μέτωπο, το Πολικό Μέτωπο, το Μεσογειακό Μέτωπο και η ενδοτροπική ζώνη σύγκλισης (ITCZ).



Σχήμα 5.4. Μέσες θέσεις μετωπικών επιφανειών σε παγκόσμια κλίμακα κατά το μήνα Ιανουάριο (25).



Σχήμα 5.5. Μέσες θέσεις μετωπικών επιφανειών σε παγκόσμια κλίμακα κατά το μήνα Ιούλιο (25).

Αρκτικό Μέτωπο: διαχωρίζει τις πολύ ψυχρές αέριες μάζες αρκτικής προέλευσης από τις λιγότερο ψυχρές αέριες μάζες των πολικών περιοχών

Πολικό Μέτωπο: διαχωρίζει τις σχετικά ψυχρές πολικές αέριες μάζες από τις σχετικά θερμές τροπικές αέριες μάζες

Μεσογειακό Μέτωπο: Είναι μέτωπο που σχηματίζεται κατά τους χειμερινούς μήνες με μορφή κυματισμού και διαχωρίζει τις ψυχρές αέριες μάζες της Κεντρικής Ευρώπης από τις θερμές που

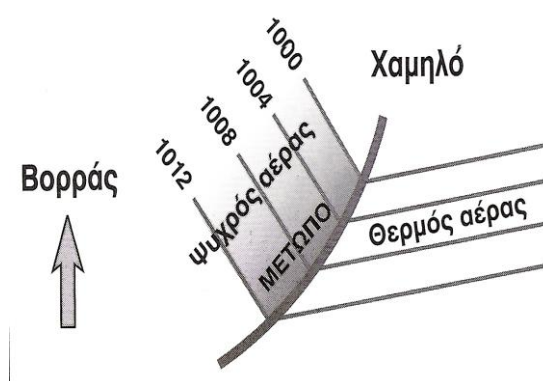
προέρχονται από τη Βόρεια Αφρική. Προέρχεται από το πολικό μέτωπο του Ατλαντικού, διασχίζει τη Δυτική Ευρώπη και τη Μεσόγειο θάλασσα από δυτικά προς ανατολικά.

Ενδοτροπική Ζώνη Σύγκλισης (ITCZ): Χωρίζει τους βορειοανατολικούς αληγείς του βόρειου ημισφαιρίου από τους νοτιοανατολικούς αληγείς του νότιου ημισφαιρίου και καθορίζει τα εξωτερικά όρια των Μουσώνων. Χαρακτηρίζεται σαν περιοχή με σημαντικά καιρικά φαινόμενα, όπως οι τροπικοί κυκλώνες.

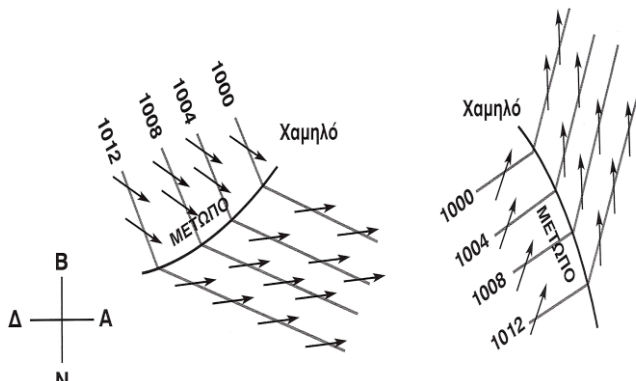
5.2.1 Γενικά χαρακτηριστικά των μετώπων

Όταν συναντηθούν ψυχρές και θερμές αέριες μάζες, ο ψυχρός αέρας σαν πυκνότερος και βαρύτερος που είναι, εκτοπίζει το θερμότερο και ελαφρύτερο και κινείται κάτω από αυτόν, ενώ ο θερμότερος αναγκαστικά αναρριχάται πάνω από τον ψυχρό (σχήμα 5.3).

Η κάθετη διανομή των θερμοκρασιών στη μετωπική επιφάνεια ποικίλει και μεταβάλλεται είτε απότομα είτε ομαλά. Όταν συναντηθούν αέριες μάζες με μεγάλες διαφορές θερμοκρασίας, δημιουργούν απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας στη μετωπική ζώνη, με συνέπεια απότομες μεταβολές των συνθηκών του καιρού.



Σχήμα 5.6. Χαρακτηριστική κάμψη ισοβαρών εκεί όπου συναντούν το μέτωπο (25).



Σχήμα 5.7. Χαρακτηριστική αλλαγή του ανέμου μπροστά και πίσω από τα μέτωπα (25).

Οι ατμοσφαιρικές πιέσεις είναι ευνόητο ότι διαφέρουν στις αντίθετες πλευρές της μετωπικής επιφάνειας. Σαν αποτέλεσμα, οι ισοβαρείς εκεί που κόβουν το μέτωπο, σχηματίζουν πάντα μια κάμψη (γωνία). Στο σχήμα 5.6 στο οποίο απεικονίζονται ένα βαρομετρικό χαμηλό με τις ισοβαρείς καμπύλες και το μέτωπο πάνω σε μετεωρολογικό χάρτη επιφάνειας, φαίνεται χαρακτηριστικά η κάμψη των ισοβαρών.

Ο άνεμος πνέει όχι ακριβώς παράλληλα με τις ισοβαρείς αλλά με μια μικρή γωνία προς τις χαμηλές πιέσεις (σχήμα 5.7). Επειδή οι ισοβαρείς καμπύλες κάμπτονται καθώς κόβουν το μέτωπο, ο άνεμος μπροστά και πίσω από το μέτωπο θα αλλάζει σημαντικά τη διεύθυνση του.

Τα σύννεφα και η βροχή είναι χαρακτηριστικά του καιρού των μετώπων. Τα σύννεφα δημιουργούνται λόγω της αδιαβατικής ψύξης του θερμού αέρα καθώς ανέρχεται πάνω από την επικλινή μετωπική επιφάνεια, και εξαρτώνται τόσο από την υγρή κατάσταση του αέρα όσο και από την

κλίση του μετώπου ως την επιφάνεια του εδάφους και της θάλασσας. Σύννεφα μετωπικής προέλευσης εκτείνονται μερικές εκατοντάδες μίλια, γιατί ο θερμός αέρας ανέρχεται κατά μήκος μεγάλης έκτασης της μετωπικής επιφάνειας.

Από τα παραπάνω προκύπτει ότι μέτωπα δημιουργούνται κατά την κίνηση και συνάντηση αερίων μαζών με διαφορετικά αρχικά χαρακτηριστικά. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται μετωπογένεση. Μετωποδιάλυση είναι η διαδικασία κατά την οποία διαλύεται ένα μέτωπο καθώς οι συνθήκες που το είχαν δημιουργήσει εξασθενούν.

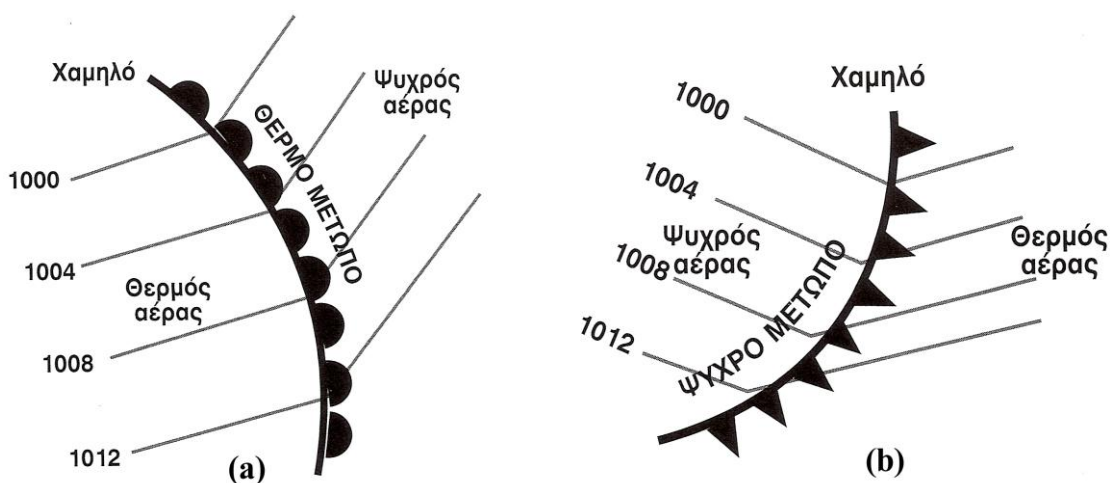
5.2.2 Τύποι μετώπων

Τα μέτωπα διακρίνονται στους εξής βασικούς τύπους:

- Θερμά μέτωπα
- Ψυχρά μέτωπα
- Συνεσφιγμένα μέτωπα

5.2.2.1 Θερμό μέτωπο

Εάν συναντηθούν θερμός και ψυχρός αέρας με κίνηση τέτοια ώστε ο θερμός αέρας να ακολουθεί τον ψυχρό, δημιουργείται μετωπική επιφάνεια η οποία χαρακτηρίζεται ως θερμό μέτωπο. Στους μετεωρολογικούς χάρτες το θερμό μέτωπο σχεδιάζεται σαν μια καμπύλη γραμμή με διακοπτόμενα ημισφαίρια (σχήμα 5.8 α) και στους έγχρωμους χάρτες χρωματίζεται με κόκκινο χρώμα. Το σχήμα 5.9 απεικονίζει σε κάθετη τομή ένα θερμό μέτωπο με τα σύννεφα που το ακολουθούν.

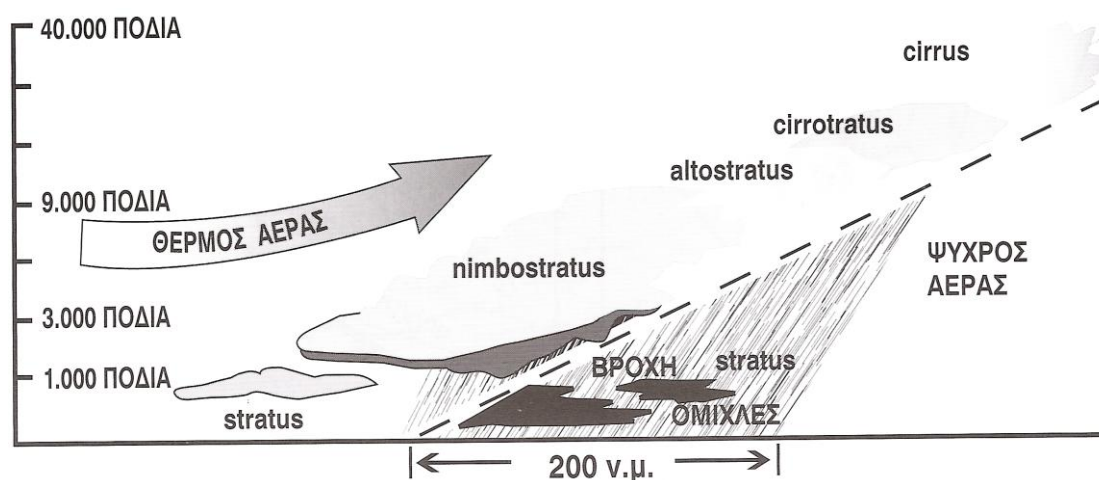


Σχήμα 5.8. (α) Θερμό μέτωπο και (β) Ψυχρό μέτωπο όπως απεικονίζονται στο μετεωρολογικό χάρτη επιφανείας) (25).

Για την περίπτωση δημιουργίας θερμού μετώπου, προϋπάρχουν πάνω από μια περιοχή ψυχρότερες αέριες μάζες και πλησιάζουν προς αυτές θερμότερες. Οι θερμότερες αυτές αέριες μάζες δεν μπορούν να εκτοπίσουν τις ψυχρότερες που είναι και πυκνότερες και κατά συνέπεια βαρύτερες, οπότε κινούνται ολισθαίνοντας πάνω από τις ψυχρότερες, σαν να κινούνται πάνω σε κεκλιμένο

επίπεδο. Η κλίση του θερμού μετώπου ως προς την επιφάνεια (θάλασσας ή ξηράς) είναι περίπου 1:150. Έτσι αναγκάζονται σε κίνηση προς τα πάνω, παράλληλα με την οριζόντια κίνησή τους, οπότε ανερχόμενες ψύχονται. Από τη στάθμη συμπύκνωσης των υδρατμών και προς τα πάνω, δηλαδή εκεί που η θερμοκρασία του ανερχόμενου αέρα φθάνει (ψύχεται) στη θερμοκρασία του σημείου δρόσου, αρχίζουν να δημιουργούνται τα σύννεφα και στη συνέχεια οι βροχές τα υπόλοιπα φαινόμενα. Τα σύννεφα που σχηματίζονται μέσα στο θερμό μέτωπο είναι σύννεφα οριζόντιας ανάπτυξης (στρωματόμορφα) και αυτά όπως εμφανίζονται κατά σειρά όταν πλησιάζει το μέτωπο σε ένα τόπο, είναι τα: Cirrus, Cirrostratus, Altostratus, Nimbostratus, Stratus.

Τα σύννεφα που συνθέτουν το θερμό μέτωπο καλύπτουν ένα οριζόντιο πλάτος περίπου 200 με 300 ή και περισσότερο μίλια, ενώ το μήκος μπορεί να είναι 1000 μίλια ή περισσότερο



Σχήμα 5.9. Κάθετη τομή θερμού μετώπου (25).

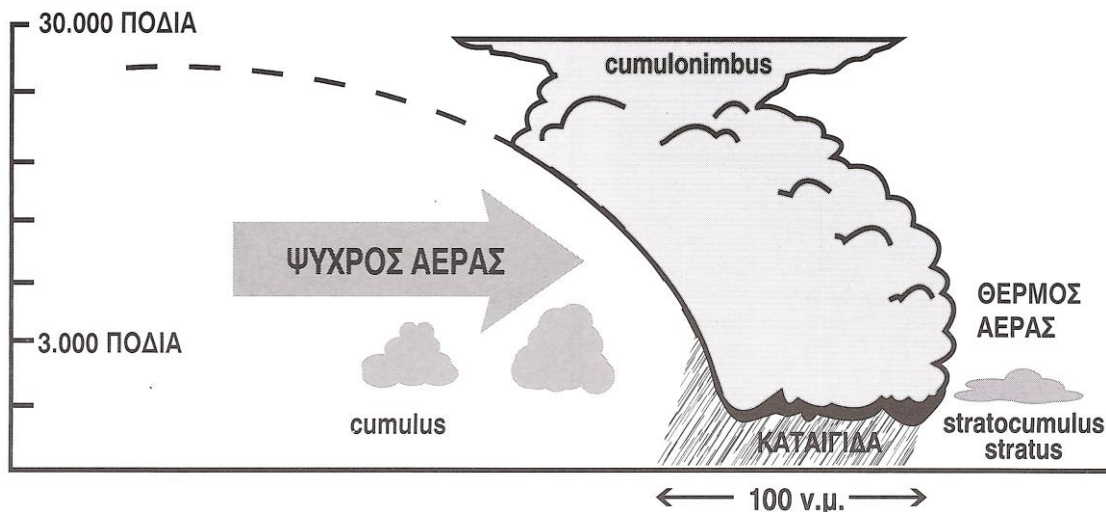
5.2.2.2 Ψυχρό μέτωπο

Εάν συναντηθούν θερμός και ψυχρός αέρας με κίνηση τέτοια ώστε ο ψυχρός αέρας να ακολουθεί τον θερμό, δημιουργείται μετωπική επιφάνεια η οποία χαρακτηρίζεται ως ψυχρό μέτωπο. Στους μετεωρολογικούς χάρτες το ψυχρό μέτωπο σχεδιάζεται σαν μια καμπύλη γραμμή με διακοπτόμενα τρίγωνα (σχήμα 5.8 β) και μάλιστα στους έγχρωμους χάρτες χρωματίζεται με μπλε χρώμα. Το σχήμα 5.10 απεικονίζει σε κάθετη τομή ένα ψυχρό μέτωπο με τα σύννεφα που το ακολουθούν.

Για την περίπτωση δημιουργίας ψυχρού μετώπου, προϋπάρχουν πάνω από μια περιοχή θερμές αέριες μάζες και πλησιάζουν προς αυτές ψυχρές αέριες μάζες. Οι ψυχρές αέριες μάζες σαν πυκνότερες και βαρύτερες αγγίζουν την επιφάνεια (θάλασσας και ξηράς) και καθώς κινούνται εκτοπίζουν από κάτω τις θερμότερες και ελαφρύτερες οι οποίες αναγκάζονται να κινηθούν βίαια προς τα πάνω. Ανερχόμενες ψύχονται, γίνεται συμπύκνωση των υδρατμών τους, δημιουργούνται υδροσταγονίδια, σχηματίζονται σύννεφα και στη συνέχεια βροχές, οι οποίες είναι ισχυρότερες από τις βροχές του θερμού μετώπου. Τα σύννεφα που σχηματίζονται μέσα στο ψυχρό μέτωπο είναι κυρίως κατακόρυφης ανάπτυξης.

Τα σύννεφα που συνθέτουν το "ψυχρό μέτωπο καλύπτουν ένα οριζόντιο πλάτος (εύρος) περίπου 100 μίλια ή και περισσότερο ενώ το μήκος μπορεί να είναι και 1000 μίλια ή περισσότερο. Η κλίση του

ψυχρού μετώπου με την επιφάνεια (θάλασσας και ξηράς) είναι περίπου 1:50, δηλαδή περισσότερο απότομη από εκείνη του θερμού μετώπου. Τα ψυχρά μέτωπα κινούνται ταχύτερα από τα θερμά και δίνουν βαρύτερο καιρό.

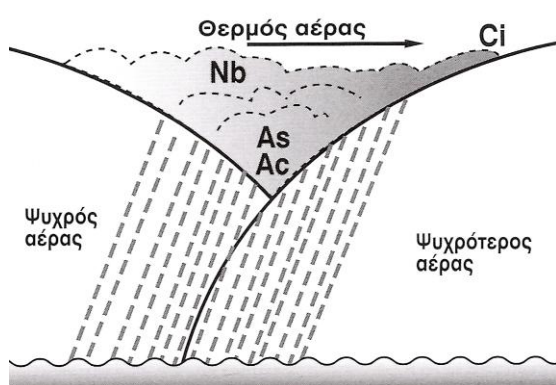


Σχήμα 5.10. Κάθετη τομή ψυχρού μετώπου (25).

5.2.2.3 Συνεσφιγμένο μέτωπο

Τα ψυχρά μέτωπα κινούνται ταχύτερα από τα θερμά. Όταν ένα ψυχρό μέτωπο συναντήσει ένα θερμό, δημιουργείται ένα συνεσφιγμένο μέτωπο το οποίο ονομάζεται και απλώς σύσφιξη. Το σχήμα 5.11 απεικονίζει μια κάθετη τομή σύσφιξης ως προς την επιφάνεια (θάλασσας και ξηράς). Η αντίστοιχη σχεδίαση στο μετεωρολογικό χάρτη επιφάνειας, φαίνεται στο σχήμα 5.12.

Η σύσφιξη συμβολίζεται στο μετεωρολογικό χάρτη επιφάνειας με τρίγωνα και ημισφαίρια πάνω σε καμπύλη γραμμή. Στους έγχρωμους χάρτες χρωματίζονται με κόκκινο και μπλε χρώμα.



Σχήμα 5.11. Κάθετη τομή σύσφιξης (25).



Σχήμα 5.12. Σύσφιξη στο χάρτη επιφανείας (25).

6^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΒΑΡΟΜΕΤΡΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

6.1 Γενικά

Ο καιρός στα μέσα γεωγραφικά πλάτη δεν συνδέεται μόνο με τις αέριες μάζες και την κίνηση τους αλλά επίσης και με τα βαρομετρικά χαμηλά και υψηλά. Τα συστήματα αυτά του καιρού κινούνται από δυτικά προς ανατολικά συμφωνά με τη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας

Η περιοχή με χαμηλές ατμοσφαιρικές πιέσεις ονομάζεται βαρομετρικό χαμηλό ή απλώς χαμηλό ή ύφεση ή κυκλώνας, και το κέντρο του χαρακτηρίζεται με το γράμμα X (Χαμηλό) ή με το γράμμα L (Low). Η περιοχή με υψηλές ατμοσφαιρικές πιέσεις ονομάζεται βαρομετρικό υψηλό ή απλώς υψηλό ή αντικυκλώνας και το κέντρο του χαρακτηρίζεται με το γράμμα Y (Υψηλό) ή με το γράμμα H (Hight).

Εφόσον η ατμοσφαιρική πίεση, υπό κανονικές συνθήκες, είναι περίπου 1013,25hPa, μπορούν γενικά να χαρακτηριστούν οι περιοχές με ατμοσφαιρικές πιέσεις κάτω από 1013hPa. σαν βαρομετρικά χαμηλά, και οι περιοχές με ατμοσφαιρικές πιέσεις πάνω από 1013hPa σαν βαρομετρικά υψηλά.

Υπάρχουν περιπτώσεις όπου δημιουργούνται βαρομετρικά χαμηλά ή και υψηλά με ατμοσφαιρικές πιέσεις στο κέντρο τους, περί το 1013hPa. Στις περιπτώσεις αυτές χαρακτηρίζονται αβαθή (ρηχά) τα βαρομετρικά χαμηλά και ασθενείς οι αντικυκλώνες. Τα αβαθή βαρομετρικά χαμηλά δίνουν συνήθως ασθενή καιρό, δηλαδή ασθενείς μέχρι μέτριους ανέμους και λίγα σύννεφα ή σχεδόν καθόλου. Ανάλογα συμβαίνουν και στους ασθενείς αντικυκλώνες, δηλαδή σ' όλη τους την έκταση επικρατούν ασθενείς άνεμοι.

Όταν πάνω από μεγάλης έκτασης περιοχή, για παράδειγμα, πάνω από την Ελλάδα και τα Βαλκάνια, οι ατμοσφαιρικές πιέσεις κυμαίνονται περί το 1013hPa ή κάτι περισσότερο ή λιγότερο, τότε επικρατεί ένα ομαλό βαρομετρικό πεδίο, όπως χαρακτηρίζεται (σχήμα 6.1).

Τα βαρομετρικά συστήματα επεκτείνονται προς τα πάνω και μέσα στο πρώτο στρώμα της ατμόσφαιρας, την τροπόσφαιρα. Μερικές φορές τα βαρομετρικά χαμηλά είναι επιφανειακά και δεν επεκτείνονται με το υψόμετρο περισσότερο από 1-2Km. Σ' αυτές τις περιπτώσεις δεν δίνουν καιρό.



Σχήμα 6.1. Ομαλό βαρομετρικό πεδίο πάνω από την Ελλάδα (27).

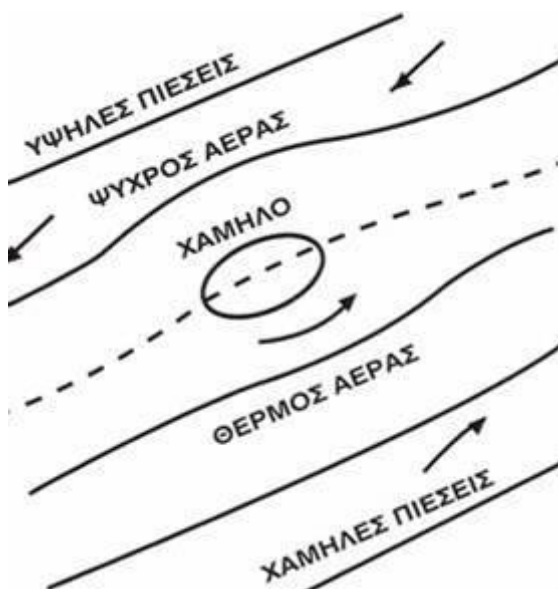


Σχήμα 6.2. Πολικό Μέτωπο του Ατλαντικού (27).

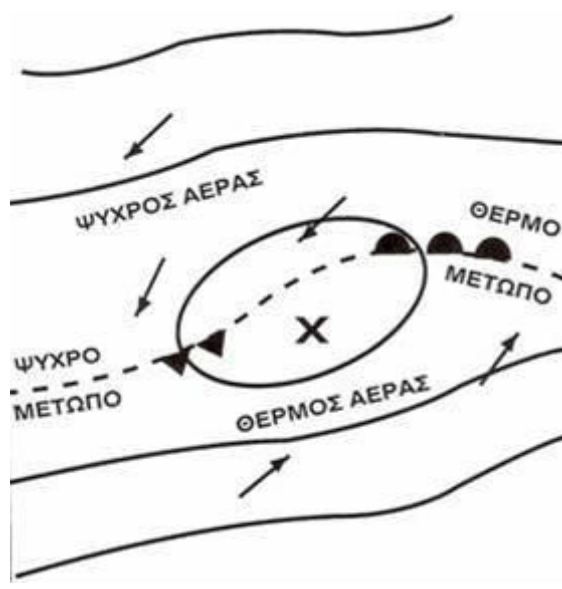
6.2 Βαρομετρικό χαμηλό - Κυκλονογένεση

Τα βαρομετρικά χαμηλά αναπτύσσονται κυρίως πάνω από το Βόρειο Ατλαντικό, εκεί όπου οι ψυχρές πολικές αέριες μάζες συναντούν τις θερμές τροπικές και κινούνται μαζί με διεύθυνση προς ανατολάς λόγω της περιστροφής της Γης. Το συνοριακό αυτό στρώμα μεταξύ των θερμών και ψυχρών αερίων μαζών είναι γνωστό σαν πολικό μέτωπο του Ατλαντικού (σχήμα 6.2).

Μια πρώτη ένδειξη για τη γένεση ενός βαρομετρικού χαμηλού είναι η δημιουργία μιας διαταραχής με μορφή κυματισμού, πάνω στο πολικό μέτωπο. Η διαταραχή αυτή μπορεί να προκληθεί από διάφορους παράγοντες, όπως μια ανώμαλη ροή του ανέμου ή η επιβράδυνση της κίνησης του πολικού μετώπου εξ αιτίας ανέμων στην ανώτερη τροπόσφαιρα ή ακόμα από ανώμαλη τοπογραφία όπως τα βουνά. Η σχεδόν ομοιόμορφη γραμμική κίνηση του αέρα και από τις δύο πλευρές του πολικού μετώπου, διαταράσσεται από τον κυματισμό με συνέπεια τη γένεση ενός κέντρου με χαμηλές ατμοσφαιρικές πιέσεις στην κορυφή του κυματισμού (σχήμα 6.3) και μιας περιοχής με υψηλές ατμοσφαιρικές πιέσεις από την πλευρά του ψυχρού αέρα και προς τα δυτικά. Το χαμηλό που σχηματίζεται, γίνεται προοδευτικά βαθύτερο καθώς αυξάνει η κυκλοφορία γύρω από την κορυφή του κυματισμού, και κινείται ανατολικά κατά μήκος του πολικού μετώπου. Η δυτική πλευρά του κυματισμού, λόγω του ψυχρού αέρα κινείται ταχύτερα από την ανατολική πλευρά του. Με την πάροδο κάποιου χρόνου, 6, 12, 24 ή και περισσότερων ωρών, εκείνο το τμήμα του συνοριακού στρώματος θερμών - ψυχρών αερίων μαζών που κινείται έτσι ώστε οι θερμές αέριες μάζες να ακολουθούν τις ψυχρότερες, γίνεται θερμό μέτωπο (σχήμα 6.4). Εκείνο το τμήμα που κινείται έτσι ώστε οι ψυχρές αέριες μάζες να ακολουθούν τις θερμές, γίνεται ψυχρό μέτωπο (σχήμα 6.4).



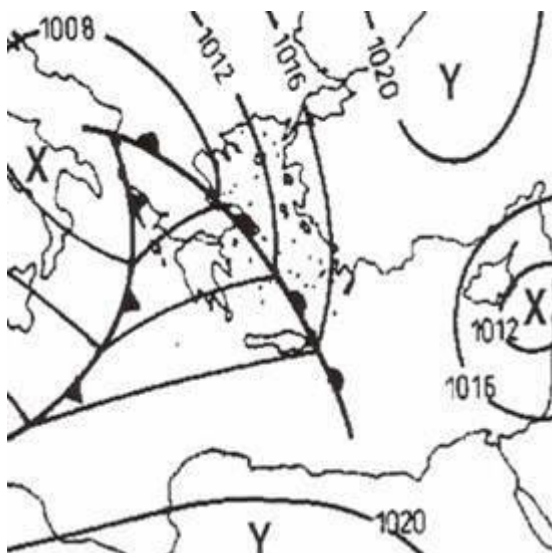
Σχήμα 6.3. Σχηματισμός Βαρομετρικού χαμηλού στο πολικό μέτωπο (27).



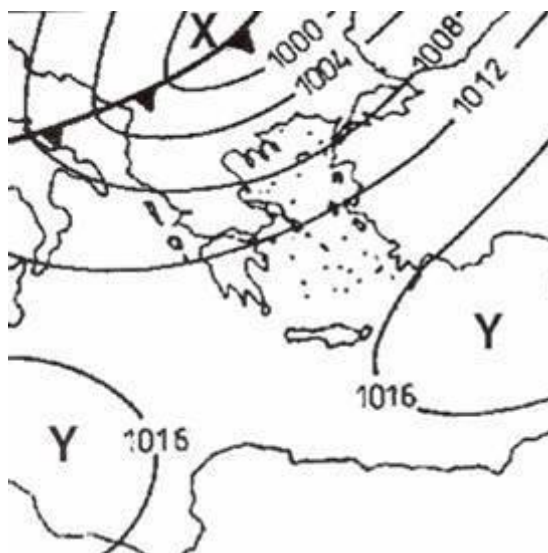
Σχήμα 6.4. Αρχή της δημιουργίας θερμού και ψυχρού μετώπου (27).

Με τον παραπάνω μηχανισμό μέσα στην ατμόσφαιρα, δημιουργείται το βαρομετρικό χαμηλό με το ψυχρό και το θερμό του μέτωπο (σχήμα 6.5). Υπάρχουν περιπτώσεις όπου ένα βαρομετρικό χαμηλό έχει μόνο ένα ψυχρό μέτωπο (σχήμα 6.6) ή μόνο ένα θερμό μέτωπο (σχήμα 6.7) ή ακόμα η νέφωση που το συνοδεύει να είναι αρκετά συμπαγής ώστε να μην ξεχωρίζουν το θερμό και ψυχρό μέτωπο (σχήμα 6.8, φωτογραφία από μετεωρολογικό δορυφόρο).

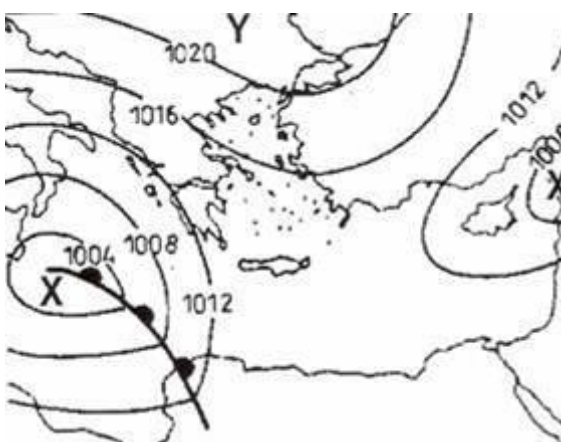
Εκτός από το πολικό μέτωπο του Ατλαντικού, το οποίο συμβάλλει στη δημιουργία εκείνων των βαρομετρικών χαμηλών που επηρεάζουν την Ευρώπη και σε προέκταση την Ελλάδα, υπάρχουν και περιοχές στη Μεσόγειο όπου ευνοείται η κυκλονογένεση δηλαδή η ανάπτυξη υφέσεων. Οι περιοχές αυτές είναι ο κόλπος της Γένοβας (Ιταλία), η Αδριατική, το Ιόνιο, το Αιγαίο και η περιοχή της Κύπρου.



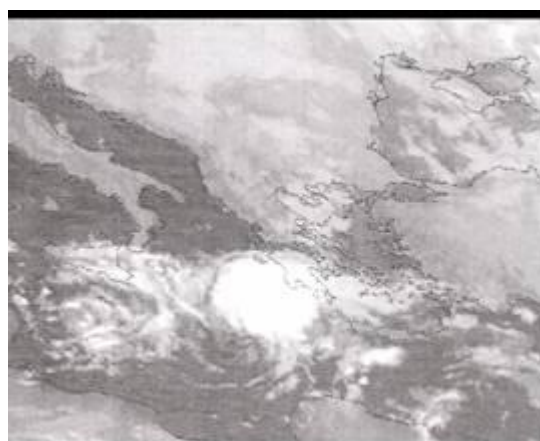
Σχήμα 6.5. Βαρομετρικό χαμηλό με θερμό και ψυχρό μέτωπο (27).



Σχήμα 6.6. Βαρομετρικό χαμηλό ψυχρό μέτωπο (27).



Σχήμα 6.7. Βαρομετρικό χαμηλό με θερμό μέτωπο (27).



Σχήμα 6.8. Συμπαγής νέφωση στο Νότιο Ιόνιο. (METEOSAT)

6.3 Καιρός βαρομετρικού χαμηλού

Οι άνεμοι γύρω από ένα βαρομετρικό χαμηλό, λόγω της επιρροής της δύναμης Coriolis, κινούνται με φορά αντίθετη προς την κίνηση των δεικτών του ωρολογίου και όχι ακριβώς παράλληλα προς τις ισοβαρείς καμπύλες αλλά με μικρή κλίση 10 με 15 μοίρες προς το κέντρο των χαμηλών πιέσεων (σχήμα 6.9). Οι αέριες μάζες μέσα σε μια περιοχή χαμηλών ατμοσφαιρικών πιέσεων (βαρομετρικό χαμηλό) αναγκάζονται να κινηθούν από την περιφέρεια προς το κέντρο του χαμηλού, λόγω μεγαλύτερης πίεσης από τη γύρω περιφέρεια και βρίσκουν διέξοδο προς τα πάνω (Σχήμα 6.10). Με αυτό τον τρόπο έχουμε ανοδικές κινήσεις αερίων μαζών, οι οποίες κατά τόπους είναι ισχυρότερες. Καθώς ανέρχονται ψύχονται και μετά από κάποιο υψόμετρο (στάθμη συμπύκνωσης) γίνεται συμπύκνωση των υδρατμών που περιέχουν, σχηματίζονται υδροσταγονίδια, και σαν αποτέλεσμα είναι ο σχηματισμός των νεφών και στη συνέχεια οι βροχές. Οι ανοδικές κινήσεις των αερίων μαζών συνοδεύονται με αστάθεια στην ατμόσφαιρα και σχηματίζουν τον καιρό των βαρομετρικών χαμηλών.

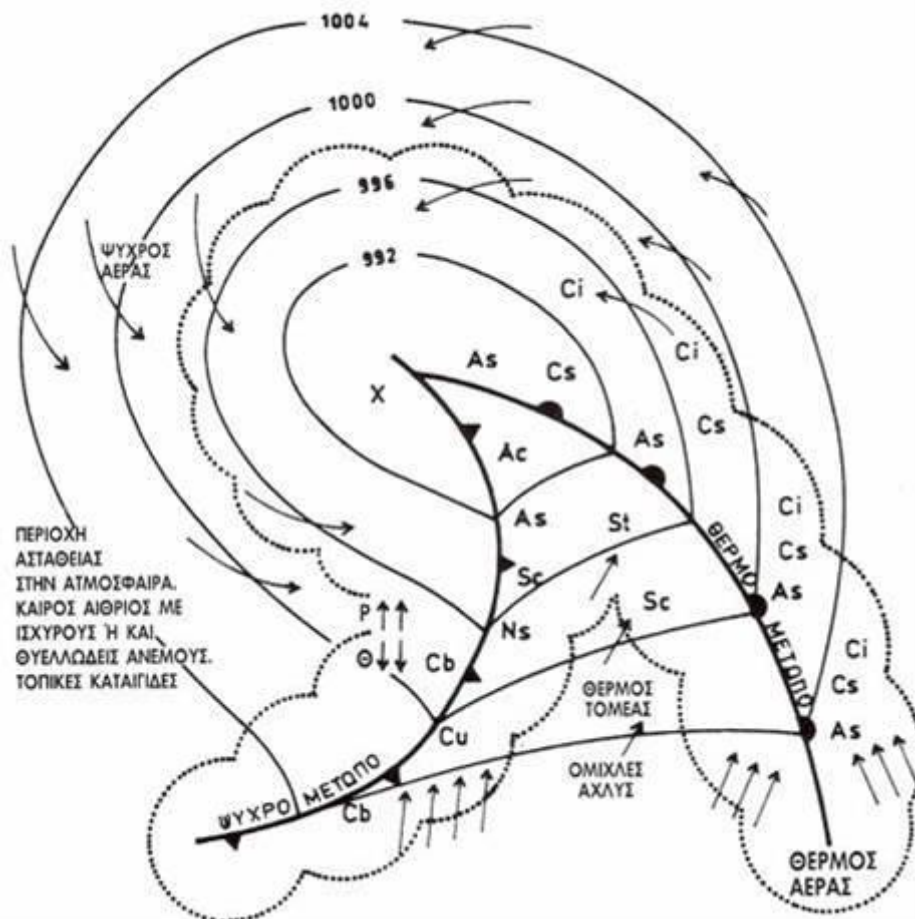


Σχήμα 6.9. Χάρτης επιφανείας στο βόρειο ημισφαίριο. Κίνηση ανέμου γύρω από βαρομετρικά συστήματα (27).



Σχήμα 6.10. Ανοδικές κινήσεις αερίων μαζών σε περιοχή χαμηλών ατμοσφαιρικών πιέσεων (4).

Όταν ένα βαρομετρικό χαμηλό με θερμό και ψυχρό μέτωπο ή μόνο με θερμό ή μόνο με ψυχρό, περνάει πάνω από ένα τόπο, η εκδήλωση των φαινομένων του καιρού περιγράφεται συνοπτικά στον Πίνακα 6.1. Στο σχήμα 6.11 απεικονίζεται η σχηματική παράσταση των στοιχείων του καιρού ενός βαρομετρικού χαμηλού με θερμό και ψυχρό μέτωπο, πάνω στο μετεωρολογικό χάρτη επιφανείας



Σχήμα 6.11. Σχηματική παράσταση των στοιχείων του καιρού ενός βαρομετρικού χαμηλού με θερμό και ψυχρό μέτωπο (4).

Πίνακας 6.1. Περιγραφή του καιρού σε βαρομετρικό χαμηλό και υψηλό.

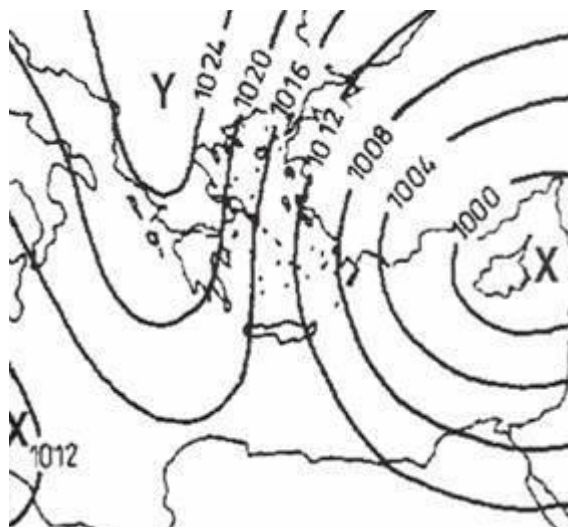
	ΧΑΜΗΛΟ	ΥΨΗΛΟ
1 Καιρός	Συνήθως συννεφιασμένος με τοπικές βροχές ή και καταιγίδες	Γενικά αίθριος καιρός στο κέντρο του. Ευνοούνται οι ομίχλες
2 Σύννεφα	Σχεδόν όλοι οι τύποι νεφών.	Νέφη μόνο στην περιφέρειά του
3 Άνεμοι	Ισχυροί μέχρι και θυελλώδεις ή θύελλα, εκτός από το κέντρο του	Ασθενείς στο κέντρο, αυξανόμενοι προς την περιφέρεια
4 Θερμοκρασία	Αρχικά υψηλότερη που σταδιακά μειώνεται	Υψηλή ή χαμηλή για σχετικά μεγάλες χρονικές περιόδους. Μικρές μεταβολές

6.4 Βαρομετρικό Υψηλό (Αντικυκλώνας) – Καιρός βαρομετρικού Υψηλού

Ο αντικυκλώνας είναι μια περιοχή με υψηλές ατμοσφαιρικές πιέσεις (βαρομετρικό υψηλό). Στους αντικυκλώνες του βόρειου ημισφαιρίου οι άνεμοι κινούνται γύρω από το κέντρο τους με φορά δεξιόστροφη και όχι ακριβώς παράλληλα προς τις ισοβαρείς καμπύλες αλλά με μια κλίση 10 με 15 μοίρες προς τις χαμηλές πιέσεις (σχήμα 6.9). Η ένταση των ανέμων αυξάνει από το κέντρο προς την περιφέρεια. Στο κέντρο του ανακύκλωνα οι άνεμοι επιφάνειας είναι ασθενείς και επικρατεί συνήθως άπνοια. Το πρόβλημα που δημιουργείται στην περίπτωση αυτή είναι οι περιορισμένες ορατότητες λόγω ομίχλης.



Σχήμα 6.12. Καθοδικές κινήσεις αερίων μαζών σε περιοχή υψηλών ατμοσφαιρικών πιέσεων (4).



Σχήμα 6.13. Συνδυασμός υψηλών πιέσεων στα Βαλκάνια και χαμηλών στην Ανατολική μεσόγειο (27).

Οι αέριες μάζες μέσα σε μια περιοχή με υψηλές ατμοσφαιρικές πιέσεις (βαρομετρικό υψηλό) αναγκάζονται να κινηθούν από το κέντρο προς την περιφέρεια, λόγω της μεγαλύτερης πίεσης στο κέντρο, με συνέπεια να παίρνουν τη θέση τους ψυχρότερες και πυκνότερες αέριες μάζες οι οποίες κατέρχονται από ψηλά σαν βαρύτερες που είναι (σχήμα 6.12). Έτσι, στην περιοχή του βαρομετρικού υψηλού δεν έχουμε ανοδικές κινήσεις αερίων μαζών, οπότε δεν ευνοείται ο σχηματισμός νεφών και κατά συνέπεια δεν δημιουργούνται βροχές.

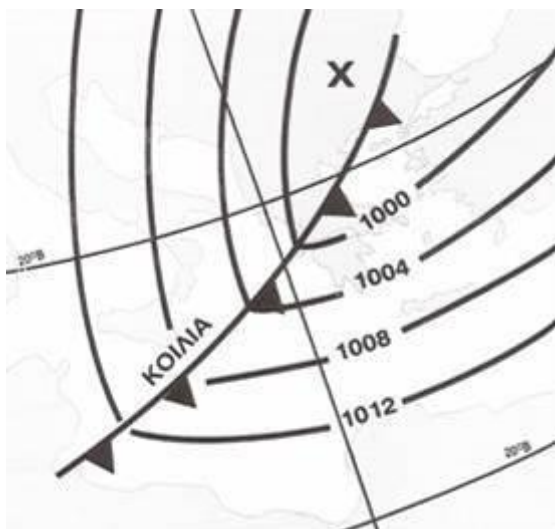
Οι καθοδικές κινήσεις των αερίων μαζών συνδέονται με την ευστάθεια στην ατμόσφαιρα, δεν ευνοούν το σχηματισμό νεφών, εξασφαλίζουν ηλιοφάνεια, άπνοια, γενικά καλό καιρό, και δημιουργούν τον καιρό των βαρομετρικών υψηλών. Ευνοούν όμως το σχηματισμό ομίχλων και γενικά την περιορισμένη ορατότητα (Πίνακας 2). Η καλοκαιρία του βαρομετρικού υψηλού συμβαίνει στο κέντρο του και στις περιοχές κοντά σ' αυτό. Στην περιφέρεια του, εκεί όπου οι ισοβαρείς καμπύλες είναι πυκνότερες (σφίγγουν) και συνεπώς επικρατούν μεγάλες διαφορές ατμοσφαιρικών πιέσεων, πνέουν ισχυροί και θυελλώδεις άνεμοι, οπότε αν και η περιοχή βρίσκεται στην επιρροή του αντικυκλώνα, δεν υφίσταται

καλοκαιρία. Το σχήμα 6.13 περιέχει ένα μετεωρολογικό χάρτη επιφάνειας στον οποίο φαίνεται ότι η Ελλάδα βρίσκεται υπό την επίδραση ενός αντικυκλώνα σε συνδυασμό με βαρομετρικό χαμηλό στην Ανατολική Μεσόγειο. Με αυτή τη βαρομετρική κατάσταση, στη Δυτική Ελλάδα επικρατούν ηλιοφάνεια και ασθενείς άνεμοι, ενώ στην ανατολική Ελλάδα και κυρίως πάνω από το Αιγαίο επικρατούν πολύ ισχυροί ή και θυελλώδεις άνεμοι ή ακόμα και σύννεφα με βροχές ή χιόνια τους χειμερινούς μήνες.

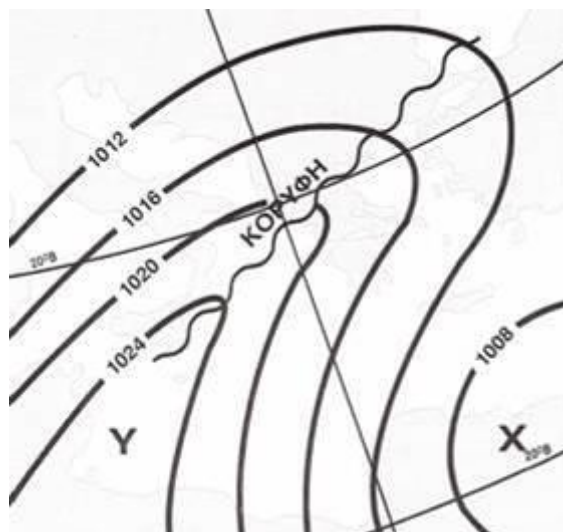
Όταν ο αντικυκλώνας πάνω από μια περιοχή είναι ισχυρός, δηλαδή οι ατμοσφαιρικές πιέσεις στο κέντρο του είναι αρκετά υψηλές, τα βαρομετρικά χαμηλά δεν μπορούν να περάσουν μέσα από αυτόν και αναγκάζονται να περάσουν βόρεια ή νότια απ' αυτόν. Όταν ο αντικυκλώνας έχει εξασθενήσει, δηλαδή αποτελείται από μια ή δυο ισοβαρείς καμπύλες και οι ατμοσφαιρικές πιέσεις στο κέντρο του πλησιάζουν με εκείνες του ομαλού βαρομετρικού πεδίου, τότε είναι δυνατόν τα βαρομετρικά χαμηλά να περάσουν μέσα απ' αυτόν και να συνεχίσουν την πορεία τους.

6.5 Κοιλιά χαμηλών πιέσεων (trough)

Κοιλιά χαμηλών πιέσεων (trough-τραφ) είναι ο κυματισμός στον οποίο οι ισοβαρείς καμπύλες έχουν τη μορφή V ή U και η κοιλότητά τους βλέπει το κέντρο του χαμηλού. Οι χαμηλότερες ατμοσφαιρικές πιέσεις βρίσκονται μέσα από την ισοβαρή με τη χαμηλότερη τιμή. Τα μέτωπα, θερμά και ψυχρά, βρίσκονται μέσα στην κοιλιά των χαμηλών πιέσεων και οι ισοβαρείς στους μετεωρολογικούς χάρτες παρουσιάζουν απότομη κάμψη (καμπυλότητα) εκεί όπου κόβονται τα μέτωπα.



Σχήμα 6.14. Κοιλιά χαμηλού (trough) με απότομη κάμψη και σχεδιασμένο ψυχρό μέτωπο (27).



Σχήμα 6.15. Κορυφή υψηλών πιέσεων (Ridge) (27).

Στο σχήμα 6.14 φαίνεται trough με απότομη κάμψη των ισοβαρών. Γενικά η κακοκαιρία συμβαίνει κατά μήκος της κοιλιάς χαμηλών πιέσεων γιατί εκεί υπάρχουν μέτωπα. Η κίνηση μιας μετωπικής trough

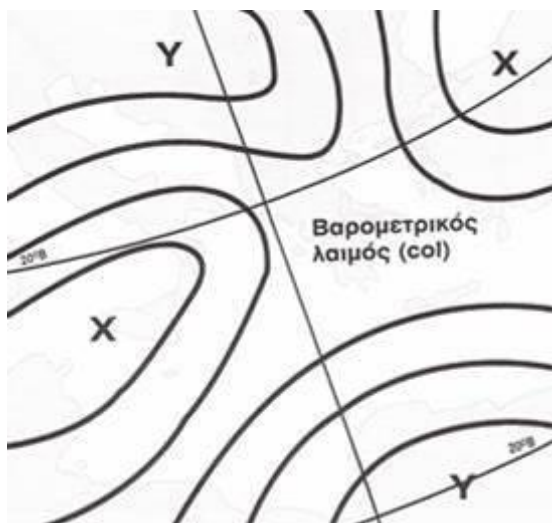
είναι η ίδια με εκείνη του μετώπου. Για τις μετωπικές trough δεν υπάρχει κάποιος απλός κανόνας. Συνήθως κινούνται κατά μήκος της κυκλοφορίας του χαμηλού και περιστρέφονται γύρω από αυτό.

6.6 Κορυφή υψηλών πιέσεων(ridge)

Κορυφή υψηλών πιέσεων (ridge-ριτζ) είναι κυματισμός στον οποίο οι ισοβαρείς έχουν τη μορφή Λ και η κοιλότητά τους βλέπει το κέντρο του υψηλού. Οι υψηλότερες ατμοσφαιρικές πιέσεις βρίσκονται μέσα στην ισοβαρή με την υψηλότερη τιμή (σχήμα 6.15). Η κυκλοφορία κατά μήκος της κορυφής υψηλών πιέσεων είναι αντικυκλωνική και οι συνθήκες του καιρού είναι συνήθως εκείνες του αντικυκλώνα, δηλαδή γενικά καλός καιρός.

6.7 Βαρομετρικός λαιμός (col)

Βαρομετρικός λαιμός χαρακτηρίζεται η περιοχή που περικλείεται μεταξύ δυο trough και δύο ridge (σχήμα 6.16). Η περιοχή του βαρομετρικού λαιμού είναι συνήθως μια περιοχή με απότομες μεταβολές του καιρού. Στο κέντρο του οι άνεμοι είναι ασθενείς μεταβλητοί και ευνοείται ο σχηματισμός ομίχλων.



Σχήμα 6.16. Βαρομετρικός λαιμός (Col) (27).



Σχήμα 6.17. Ευθείες ισοβαρείς με βόρειο ρεύμα πάνω από το Αιγαίο (27).

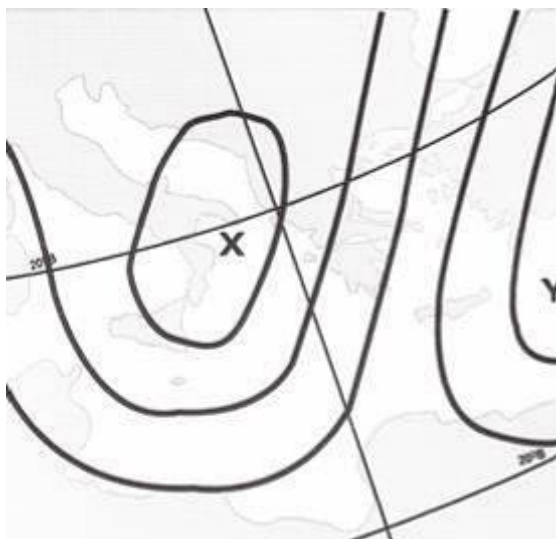
6.8 Ισοβαρείς ευθείες

Δεν υπάρχει σημαντική ιδιαιτερότητα του καιρού σε περιοχές όπου οι ισοβαρείς γραμμές είναι ευθείες. Για τον Ελλαδικό χώρο ξεχωρίζουν οι παρακάτω τρεις χαρακτηριστικές περιπτώσεις.

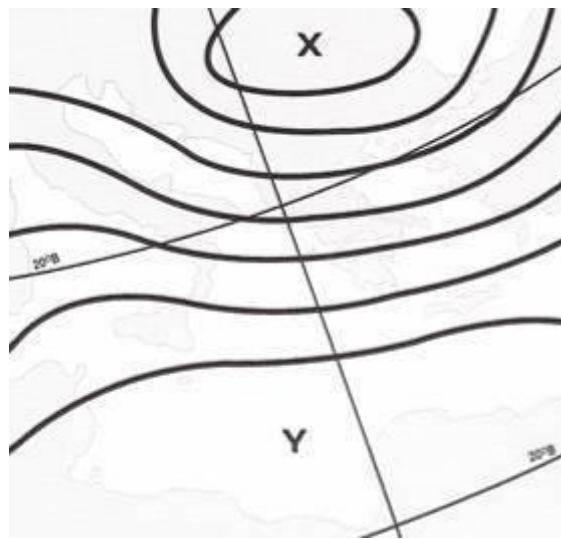
Ευθείες ισοβαρείς πάνω από το Αιγαίο, με υψηλό δυτικά πάνω από το Ιόνιο και χαμηλό ανατολικά πάνω από την Τουρκία (σχήμα 6.17). Με αυτές τις συνθήκες ο άνεμος θα πνέει από βόρειες διευθύνσεις (θα προέρχεται από βορειότερα γεωγραφικά πλάτη) και θα είναι πολύ ψυχρότερος, οπότε κινούμενος προς τα νότια πάνω από το Αιγαίο θα βυθίζεται προς τα κάτω λόγω του βάρους του και θα δημιουργεί έτσι συνθήκες αστάθειας, με συνέπεια το σχηματισμό νεφών και τοπικές βροχές.

Ευθείες ισοβαρείς πάνω από το Αιγαίο, με χαμηλό δυτικά πάνω από το Ιόνιο και υψηλό ανατολικά πάνω από την Τουρκία (σχήμα 6.18). Με αυτές τις συνθήκες ο άνεμος θα πνέει από νότιες διευθύνσεις (θα προέρχεται από νοτιότερα γεωγραφικά πλάτη) και θα είναι θερμός, οπότε κινούμενος προς τα βόρεια θα ψύχεται προοδευτικά από κάτω και θα δημιουργεί έτσι συνθήκες ευστάθειας, με συνέπεια το σχηματισμό ομίχλων και γενικά περιορισμένης ορατότητα.

Εάν οι ισοβαρείς είναι ευθείες περίπου παράλληλοι προς τους γεωγραφικούς παράλληλους (σχήμα 6.19), το ρεύμα του ανέμου θα είναι δυτικό, με συνέπεια την καλοκαιρία.



Σχήμα 6.18. Ευθείες ισοβαρείς με νότιο ρεύμα πάνω από το Αιγαίο (27).



Σχήμα 6.19. Ευθείες ισοβαρείς με δυτικό ρεύμα πάνω από το Αιγαίο (27).

7^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΠΑΡΟΝ ΚΑΙΡΟΣ

7.1 Μετεωρολογικοί σταθμοί

Οι μετεωρολογικοί σταθμοί είναι χώροι ή όργανα εφοδιασμένα με τους κατάλληλους αισθητήρες ώστε να πραγματοποιούν μετεωρολογικές παρατηρήσεις. Επειδή η ατμόσφαιρα είναι ένα συνεχές ρευστό που περιβάλλει τη γη, η παρατήρηση του καιρού σε διακριτά σημεία γίνεται τόσο πιο χρηστική, όσο πυκνότερο είναι το δίκτυο των σταθμών αυτών.

Σήμερα η κατάσταση της ατμόσφαιρας παγκοσμίως παρακολουθείται καθημερινά από:

- Περίπου 4000 μετεωρολογικούς σταθμούς ξηράς.
- Περίπου 7000 μετεωρολογικούς σταθμούς πλοίων.
- Περίπου 2000 πλωτούς αυτόματους μετεωρολογικούς σταθμούς, αγκυροβολημένους και παρασυρόμενους.
- Περίπου 1000 μετεωρολογικούς σταθμούς ξηράς που εκτελούν μετρήσεις στην ανώτερη ατμόσφαιρα, (ραδιοβολίσεις).
- Περίπου 25 μετεωρολογικούς σταθμούς πλοίων που εκτελούν μετρήσεις στην ανώτερη ατμόσφαιρα (ραδιοβολίσεις).



Σχήμα 7.1. ΜΣ επιφανείας & ανώτερης ατμόσφαιρας Ελληνικού (Αθήνα) (23).



Σχήμα 7.2. Αυτόματος ΜΣ ξηράς (24).



Σχήμα 7.3. Πλωτός αγκυροβολημένος αυτόματος ΜΣ (24).



Σχήμα 7.4. Πλωτός παρασυρόμενος αυτόματος ΜΣ (24).

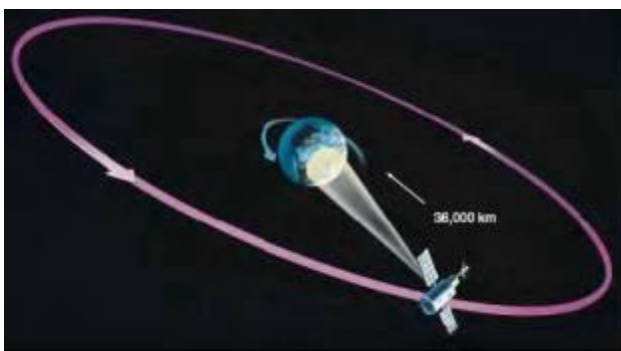
7.2 Μετεωρολογικά στοιχεία παρόντα καιρού

Από το 17ο αιώνα, όταν ανακαλύφθηκαν τα πρώτα μετεωρολογικά όργανα (θερμόμετρο - βαρόμετρο), ξεκίνησε συστηματικά η καθημερινή παρατήρηση του καιρού. Σήμερα οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες: τις παρατηρήσεις επιφανείας και τις παρατηρήσεις ανώτερης ατμόσφαιρας.

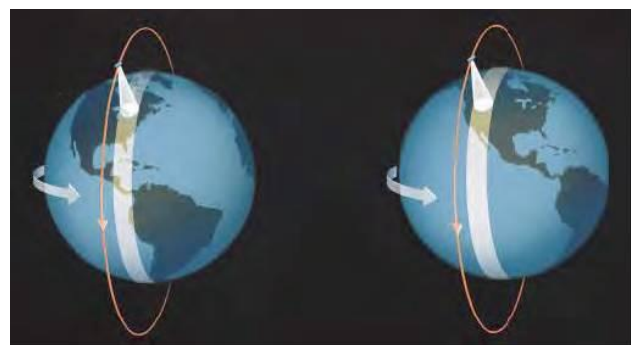
Παρατηρήσεις επιφανείας: Πραγματοποιούνται στους μετεωρολογικούς σταθμούς (ΜΣ) που είναι εγκατεστημένοι στην επιφάνεια (ξηράς και θάλασσας). Ο παρατηρητής μετεωρολόγος έχει στο σταθμό του μια σειρά από μετεωρολογικά όργανα από τα οποία παίρνει μετρήσεις όπως: διεύθυνση - ταχύτητα του ανέμου, ατμοσφαιρική πίεση, θερμοκρασία αέρα κλπ. Έξω στο ύπαιθρο εκτιμά την ορατότητα, παρατηρεί τα είδη των νεφών, τη βροχή ή καταιγίδα και τα υπόλοιπα φαινόμενα του καιρού. Αν πρόκειται για ΜΣ πλοίου, γίνεται και εκτίμηση των κυμάτων θάλασσας - αποθαλασσίας και μέτρηση της θερμοκρασίας επιφανείας θάλασσας. Όλα αυτά τα στοιχεία ο παρατηρητής τα κωδικοποιεί σε πενταψήφιες ομάδες αριθμών, συμπύσσοντας έτσι τον όγκο της μετεωρολογικής παρατήρησης και τα διαβιβάζει προς τη Μετεωρολογική Υπηρεσία με όποιο μέσο διαθέτει ο ΜΣ, τηλέφωνο, τέλεξ, φαξ ή σύνδεση με δίκτυο ηλεκτρονικού υπολογιστή.

Παρατηρήσεις ανώτερης ατμόσφαιρας: Πραγματοποιούνται στους μετεωρολογικούς σταθμούς ανώτερης ατμόσφαιρας με τις ραδιοβολίσεις. Οι ραδιοβολίδες είναι μικρές συσκευές εφοδιασμένες με ράδιο μεταδότη. Συνδέονται με ανθεκτικό μπαλόνι το οποίο πληρούται με αέριο (υδρογόνο ή ήλιο) ώστε να έχει ικανή ανυψωτική δύναμη για να σηκώσει τη ραδιοβολίδα. Η ραδιοβολίδα είναι εφοδιασμένη με αισθητήρα θερμοκρασίας, ατμοσφαιρικής πίεσης και υγρασίας ώστε να μετρά τις τρεις αυτές μετεωρολογικές παραμέτρους. Από τη στιγμή που αφήνεται ελεύθερη αρχίζει να ανέρχεται και συγχρόνως μεταδίδει συνεχώς προς τον επίγειο ΜΣ ενδείξεις υψομέτρου, θερμοκρασίας αέρα, πίεσης και υγρασίας, ενώ με τη βοήθεια κατευθυνόμενης κεραίας εντοπίζεται συνέχεια από τον επίγειο ΜΣ, με σκοπό τον υπολογισμό της διεύθυνσης και της ταχύτητας του ανέμου στα διάφορα υψόμετρα.

7.3 Δορυφορικές φωτογραφίες και Radar καιρού.



Σχήμα 7.5. Γεωστάσιμος μετεωρολογικός δορυφόρος (7).



Σχήμα 7.6. Μετεωρολογικός δορυφόρος πολικής τροχιάς (7).

Οι μετεωρολογικοί δορυφόροι αποτελούν ανεκτίμητο εργαλείο για την παρατήρηση του καιρού. Καλύπτουν μεγάλη έκταση της επιφάνειας της Γης και πλεονεκτούν του δικτύου των επίγειων ΜΣ στο ότι

δίνουν πληροφορίες για τον καιρό σε περιοχές όπου το δίκτυο των ΜΣ είναι πολύ αραιό, κυρίως στους ωκεανούς. Υπάρχουν δύο τύποι μετεωρολογικών δορυφόρων οι γεωστάσιμοι (σε ύψος περίπου 36000Km πάνω από τον Ισημερινό) (σχήμα 7.5), οι οποίοι φωτογραφίζουν ανά ώρα ή ημίωρο την ίδια επιφάνεια της Γης και οι δορυφόροι πολικής τροχιάς (σε ύψος περίπου 850Km), οι οποίοι εκτελούν καθημερινά 14 περίπου πλήρεις διαφορετικές περιστροφές γύρω από τη Γη, φωτογραφίζοντας συγκεκριμένη περιοχή δύο φορές το 24ωρο (σχήμα 7.6).

Τα Μετεωρολογικά Radar είναι ένα άλλο εξίσου βασικό βοήθημα για τον έγκαιρο εντοπισμό των πραγματικών καιρικών καταστάσεων που συμβαίνουν σε μια μεγάλη περιοχή. Πιο συγκεκριμένα τα Μετεωρολογικά Radar μπορούν να σκιαγραφήσουν με μεγάλη ακρίβεια την έκταση, το ύψος και τη μορφή των νεφικών συστημάτων που υπάρχουν γύρω από την περιοχή εγκαταστάσεώς του και σε μια ακτίνα που μπορεί να φτάσει μέχρι τα 400Km. Έντονα καιρικά φαινόμενα (όπως καταιγίδες) αλλά και απλές μορφές υετού, ακόμη και πληροφορίες για τον άνεμο μπορούν να εντοπιστούν σε μεγάλες αποστάσεις με ταυτόχρονη παρακολούθηση της κίνησής τους, αποτελώντας ένα βασικό εργαλείο στη βραχυχρόνια πρόγνωση του καιρού.

7.4 Απεικόνιση παρόντα καιρού

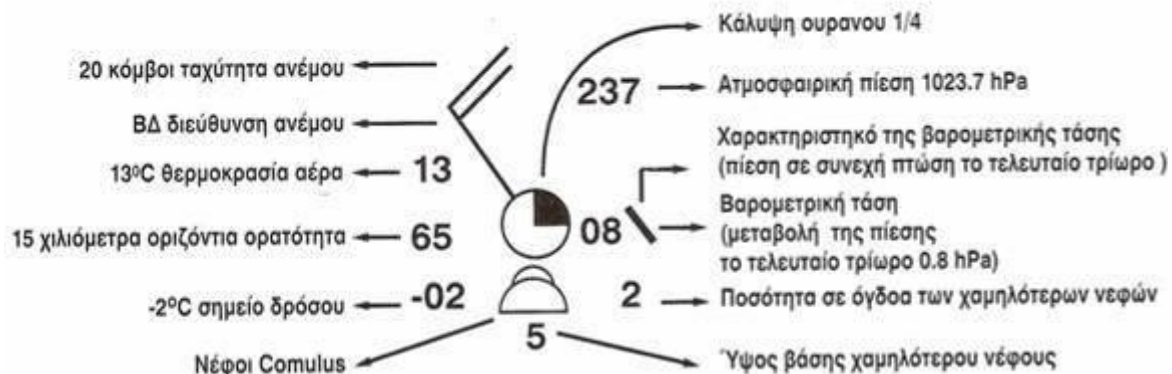
Απ' όλες τις κατηγορίες των ΜΣ που προαναφέρθηκαν, οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις, πάντοτε σε κωδικοποιημένη μορφή, διαβιβάζονται προς τη Μετεωρολογική Υπηρεσία της χώρας στην οποία ανήκουν, αμέσως μετά την εκτέλεση τους. Κάθε Μετεωρολογική Υπηρεσία συλλέγει τις παρατηρήσεις, και εκείνες που προέρχονται από τους σταθμούς της που έχουν χαρακτηριστεί Διεθνείς ΜΣ, μπαίνουν στο Παγκόσμιο Σύστημα Τηλεπικοινωνιών (GTS), ώστε οποιαδήποτε Μετεωρολογική Υπηρεσία κράτους μέλους του WMO (World Meteorology Organization) να μπορεί να τις πάρει εφ' όσον τις χρειάζεται.

Οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις επιφάνειας και ανώτερης ατμόσφαιρας από τους ΜΣ φθάνουν στην ΕΜΥ μέσω του δικτύου GTS και συγκεντρώνονται σε χρονικό διάστημα 1-2 ωρών από την ώρα που έγινε η παρατήρηση ή η ραδιοβόλιση αντίστοιχα.

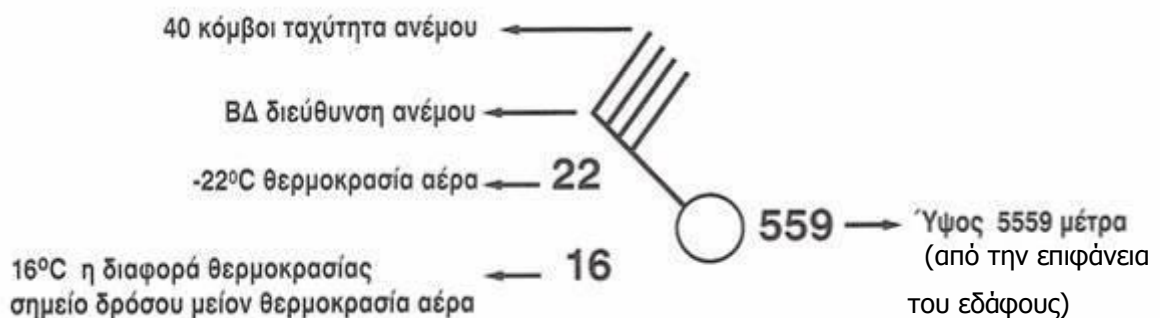
Η απεικόνιση, ή σύνταξη, πάνω στους μετεωρολογικούς χάρτες εκείνων των μετεωρολογικών στοιχείων που προέρχονται από τις μετεωρολογικές παρατηρήσεις των ΜΣ, γίνεται σήμερα με τη βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών (Η/Υ). Οι Η/Υ δια μέσου του δικτύου GTS συγκεντρώνουν τις μετεωρολογικές παρατηρήσεις από τους ΜΣ που πραγματοποιήθηκαν την ίδια ώρα UTC και τις καταγράφουν πάνω σε χάρτη που περιέχει την επιθυμητή γεωγραφική περιοχή. Κάθε μια μετεωρολογική παρατήρηση καταγράφεται με ειδικό διεθνή κώδικα (μοντέλο σταθμού) στο σημείο με τις γεωγραφικές συντεταγμένες του κάθε ΜΣ.

Το σχήμα 7.7 απεικονίζει μια μετεωρολογική παρατήρηση καταγραμμένη με κώδικα στο μετεωρολογικό χάρτη επιφάνειας. Η απεικόνιση των στοιχείων των μετεωρολογικών παρατηρήσεων από

τους ΜΣ ανώτερης ατμόσφαιρας, πάνω στους αντίστοιχους μετεωρολογικούς χάρτες ανώτερης ατμόσφαιρας, είναι απλούστερη γιατί περιέχει λιγότερα μετεωρολογικά στοιχεία. Το σχήμα 7.8 απεικονίζει μια μετεωρολογική παρατήρηση ανώτερης ατμόσφαιρας. Λεπτομέρειες για τους κώδικες αναφέρονται σε ειδικές τεχνικές οδηγίες των Μετεωρολογικών Υπηρεσιών.



Σχήμα 7.7. Μετεωρολογική παρατήρηση από ΜΣ επιφανείας (12).



Σχήμα 7.8. Μετεωρολογική παρατήρηση από ΜΣ ανώτερης ατμόσφαιρας (12).

7.5 Πραγματικοί μετεωρολογικοί χάρτες

Οι μετεωρολογικοί χάρτες χωρίζονται σ' εκείνους οι οποίοι αναφέρονται στον καιρό που επικρατεί ή πρόκειται να επικρατήσει πάνω από την ξηρά ή τη θάλασσα και ονομάζονται μετεωρολογικοί χάρτες επιφανείας, και σ' εκείνους που αναφέρονται στον καιρό που επικρατεί ή πρόκειται να επικρατήσει σε διάφορα υψόμετρα μέσα στην ατμόσφαιρα και ονομάζονται μετεωρολογικοί χάρτες ανώτερης ατμόσφαιρας. Και στις δυο περιπτώσεις οι μετεωρολογικοί χάρτες διακρίνονται στους πραγματικούς και στους προγνωστικούς.

Πραγματικοί χαρακτηρίζονται εκείνοι οι μετεωρολογικοί χάρτες που περιέχουν τα μετεωρολογικά στοιχεία τα οποία μετρήθηκαν και εκτιμήθηκαν πριν λίγη ώρα στους ΜΣ, και στη συνέχεια καταγράφηκαν

πάνω στους χάρτες. Οι πραγματικοί μετεωρολογικοί χάρτες ονομάζονται και αναλύσεις. Προγνωστικοί χαρακτηρίζονται εκείνοι οι μετεωρολογικοί χάρτες που περιέχουν τα στοιχεία του καιρού που προβλέπεται να επικρατήσουν μετά από 12 ή 24 ή 48 ή και περισσότερες ώρες

7.5.1 Επιφανείας

Οι μετεωρολογικές παρατηρήσεις καταγράφονται πάνω στο μετεωρολογικό χάρτη με τη βοήθεια του εκτυπωτή του Η/Υ. Αφού ολοκληρωθεί η καταγραφή των μετεωρολογικών παρατηρήσεων (σχήμα 7.9) της τελευταίας συνοπτικής ώρας, ακολουθεί η ανάλυση του χάρτη από το μετεωρολόγο. Τοποθετεί αρχικά τα θερμά και ψυχρά μέτωπα, όπου υπάρχουν, αφού εξετάσει προσεκτικά τα στοιχεία που δίνουν οι ΜΣ, συγκρίνοντας αυτά με εκείνα που έδωσαν οι ΜΣ την προηγούμενη συνοπτική ώρα, και αφού πάρει υπόψη του σαν βασικά κριτήρια τις μεταβολές των πιέσεων, θερμοκρασιών, ανέμων, υγρασίας, τα σύννεφα, τις βροχές και τις καταιγίδες.

Στη συνέχεια ο μετεωρολόγος χαράσσει τις ισοβαρείς καμπύλες κάθε 4hPa έτσι ώστε να περνούν από τους ΜΣ που έχουν την ίδια ατμοσφαιρική πίεση. Για παράδειγμα, ξεκινάει χαράσσοντας την καμπύλη με τιμή 1016hPa, αφήνοντας τις μεγαλύτερες τιμές της 1016 από τη μια πλευρά της καμπύλης και τις μικρότερες από την άλλη πλευρά της καμπύλης. Συνεχίζει προς τις μικρότερες πιέσεις χαράσσοντας τις ισοβαρείς καμπύλες 1012, 1008, 1004 κλπ, και προς τις μεγαλύτερες πιέσεις 1020, 1024, 1028 κλπ, εντοπίζοντας έτσι πάνω στο μετεωρολογικό χάρτη τα βαρομετρικά χαμηλά και υψηλά.



Σχήμα 7.9. Πραγματικός μετεωρολογικός χάρτης επιφανείας πριν την ανάλυσή του από το μετεωρολόγο (ΕΜΥ/ΕΜΚ).

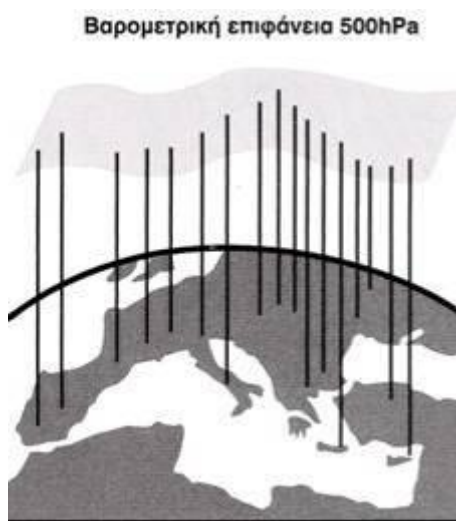


Σχήμα 7.10 Πραγματικός μετεωρολογικός χάρτης επιφανείας μετά την ανάλυσή του από το μετεωρολόγο (ΕΜΥ/ΕΜΚ).

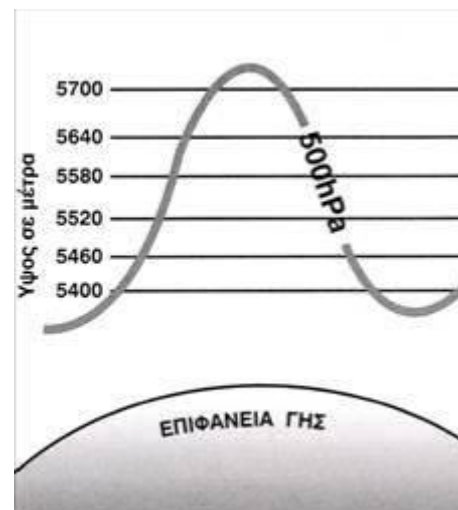
Με τη χάραξη των ισοβαρών καμπύλων και την τοποθέτηση των θερμών και ψυχρών μετώπων, ολοκληρώνεται η ανάλυση του πραγματικού μετεωρολογικού χάρτη επιφάνειας (σχήμα 7.10).

7.5.2.Ανώτερης ατμόσφαιρας

Οι πραγματικοί μετεωρολογικοί χάρτες ανώτερης ατμόσφαιρας αναφέρονται στον πραγματικό καιρό που επικρατεί στην ανώτερη ατμόσφαιρα, σε υψόμετρα που αντιστοιχούν σε συγκεκριμένες επιφάνειες. Είναι χάρτες, τα στοιχεία των οποίων αναλύονται και μελετώνται από τους μετεωρολόγους. Οι βασικές στάθμες (υψόμετρα) για τις οποίες κατασκευάζονται οι μετεωρολογικοί χάρτες ανώτερης ατμόσφαιρας, είναι οι στάθμες των 5000ft, 10000ft, 18000ft 30000ft και 39000ft, και οι αντίστοιχοι χάρτες χαρακτηρίζονται σαν χάρτες 850hPa, 700hPa, 500hPa, 300hPa και 200hPa. Οι βασικότεροι απ' αυτούς είναι οι χάρτες 850hPa και 500hPa.



Σχήμα 7.11. Απεικόνιση ισοβαρικής επιφάνειας 500hPa στο χώρο (27).



Σχήμα 7.12. Τομές ισοβαρικής επιφάνειας 500hPa με οριζόντια επίπεδα ισαπέχοντα ανά 60 μέτρα (27).

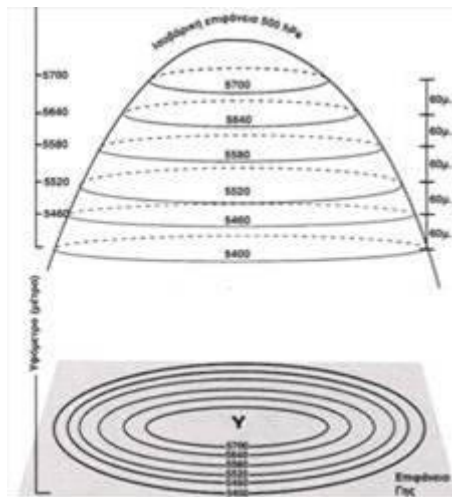
Για να γίνει κατανοητός ο τρόπος κατασκευής των πραγματικών μετεωρολογικών χαρτών ανώτερης ατμόσφαιρας, θα πρέπει να προηγηθεί επεξήγηση της έννοιας των ισοβαρικών επιφανειών.

Η ατμόσφαιρα όμως είναι τριών διαστάσεων και οι μεταβολές της εκτείνονται και καθ' ύψος μέσα στην τροπόσφαιρα. Οι μετρήσεις της ατμοσφαιρικής πίεσης σε διάφορα υψόμετρα, μαζί με εκείνες της θερμοκρασίας, υγρασίας και ανέμου γίνονται με τις ραδιοβολίδες. Η ατμοσφαιρική πίεση πάνω από κάθε ΜΣ δεν μεταβάλλεται ομοιόμορφα με την αύξηση του υψομέτρου. Δηλαδή, αν θεωρήσουμε τις μετρήσεις της ίδιας ώρας από όλους τους ΜΣ ανώτερης ατμόσφαιρας της Ευρώπης, οι ραδιοβολίδες θα δώσουν τις ίδιες τιμές της ατμοσφαιρικής πίεσης σε διαφορετικά υψόμετρα. Αυτό οφείλεται στο ότι οι μεταβολές των θερμοκρασιών του αέρα με την αύξηση του υψομέτρου διαφέρουν από τόπο σε τόπο. Εάν επιλεγεί κάποια ατμοσφαιρική πίεση, έστω η χαρακτηριστική πίεση 500hPa, και πάνω από κάθε ΜΣ, στα υψόμετρα όπου η ραδιοβολίδα έδωσε αυτήν την τιμή της πίεσης, ενωθούν όλα τα σημεία, σχηματίζεται μια επιφάνεια. Η επιφάνεια αυτή δεν είναι επίπεδη ούτε οριζόντια, αλλά έχει ανομοιόμορφο σχήμα και ονομάζεται ισοβαρική

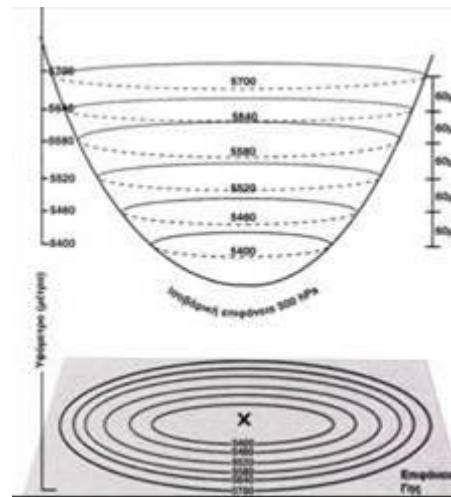
επιφάνεια των 500hPa (σχήμα 7.11). Η ισοβαρική αυτή επιφάνεια 500hPa, όπως και οποιαδήποτε άλλη ισοβαρική επιφάνεια, παίρνει καθημερινά διαφορετικό σχήμα και θέση, γιατί μεταβάλλονται οι ατμοσφαιρικές πιέσεις.

Η ισοβαρική επιφάνεια 500hPa βρίσκεται σ' ένα μέσο υψόμετρο περίπου 5490 μέτρα (18000 ft) πάνω από την επιφάνεια της Γης (στάθμη θάλασσας) που είναι περίπου στο μέσο της τροπόπαυσης (35000ft-45000ft). Αν θεωρηθούν οριζόντια επίπεδα τα οποία να απέχουν μεταξύ τους 60 μέτρα και βρίσκονται στα υψόμετρα 5400μ, 5460μ, 5520μ, 5580μ, 5640μ, 5700μ, 5760μ, 5820μ κλπ, τα επίπεδα αυτά τέμνουν (σχήμα 7.12) την ισοβαρική επιφάνεια 500hPa, και οι τομές τους με αυτή είναι καμπύλες γραμμές. Τα σημεία κάθε καμπύλης έχουν το ίδιο ύψος από την επιφάνεια της Γης (σχήματα 7.13 και 7.14). Οι καμπύλες αυτές ονομάζονται ισοϋψείς καμπύλες.

Η ισοβαρική επιφάνεια 500hPa βρίσκεται σε χαμηλότερο υψόμετρο εκεί όπου οι αέριες μάζες είναι σχετικά ψυχρές, και αντίστοιχα βρίσκεται σε μεγαλύτερο υψόμετρο εκεί όπου οι αέριες μάζες είναι σχετικά θερμές. Αυτό συμβαίνει γιατί ο θερμότερος αέρας είναι αραιότερος, δηλαδή έχει μικρότερη πυκνότητα, οπότε θα έχει και μικρότερη ατμοσφαιρική πίεση, άρα η ισοβαρική επιφάνεια θα είναι υψηλότερα. Το αντίθετο συμβαίνει όταν ο αέρας κάτω από την ισοβαρική επιφάνεια είναι ψυχρός.



Σχήμα 7.13. Τομές ισοβαρικής επιφάνειας 500hPa με οριζόντια ισαπέχοντα επίπεδα (περίπτωση θερμών αερίων μαζών από κάτω) και προβολή πάνω στην επιφάνεια της Γης (27).



Σχήμα 7.14. Τομές ισοβαρικής επιφάνειας 500hPa με οριζόντια ισαπέχοντα επίπεδα (περίπτωση ψυχρών αερίων μαζών από κάτω) και προβολή πάνω στην επιφάνεια της Γης (27).

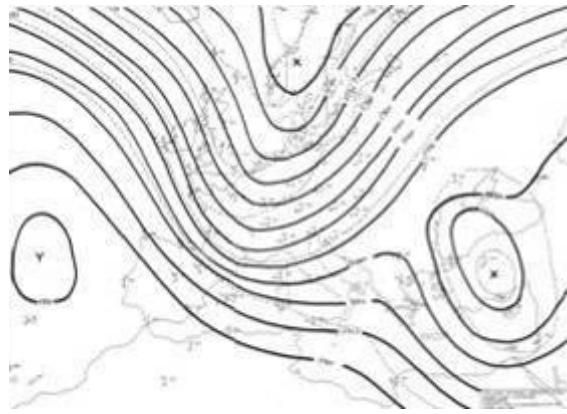
Στο **σχήμα 7.13** απεικονίζονται οι ισοϋψείς καμπύλες της ισοβαρικής επιφάνειας 500hPa, στην περίπτωση θερμού αέρα κάτω απ' αυτή, και στο **σχήμα 7.14** απεικονίζονται οι ισοϋψείς καμπύλες στην περίπτωση ψυχρού αέρα κάτω απ' αυτή. Στα ίδια σχήματα απεικονίζονται οι προβολές των ισοϋψών καμπύλων πάνω στην επιφάνεια της Γης (μηδέν υψόμετρο). Εάν το επίπεδο αυτό με μηδέν υψόμετρο θεωρηθεί ότι βρίσκεται σε ύψος 18000 πόδια (5490 μέτρα) τότε οι προβολές των ισοϋψών καμπυλών, της ισοβαρικής επιφάνειας 500hPa, πάνω σ' αυτό, είναι ακριβώς οι ίδιες. Οι καμπύλες λοιπόν που προέρχονται

από τις τομές της ισοβαρικής επιφάνειας 500hPa με παράλληλα επίπεδα ισαπέχοντα κατά 60 μέτρα, προβάλλονται πάνω σ' ένα οριζόντιο επίπεδο σταθερού υψομέτρου 18000 πόδια (5490 μέτρα) και απεικονίζουν ισοϋψείς καμπύλες. Οι ισοϋψείς καμπύλες μιας ισοβαρικής επιφάνειας, περιβάλλουν περιοχές με μεγάλα ύψη και ονομάζονται Υψηλά και περιοχές με μικρά ύψη και ονομάζονται Χαμηλά. Αυτά τα Υψηλά και Χαμηλά στην ανώτερη ατμόσφαιρα, ανταποκρίνονται στην επιφάνεια της Γης με αντίστοιχα βαρομετρικά υψηλά και χαμηλά.

Εάν το επίπεδο στο οποίο βρίσκεται στο υψόμετρο των 18000 ποδών, αποτυπωθεί η ακτογραμμή μιας γεωγραφικής περιοχής της Γης, για παράδειγμα, η Ευρώπη, η Μεσόγειος κλπ, και έχει καταγραφεί δίπλα σε κάθε ΜΣ το ύψος σε μέτρα που αντιστοιχεί στην ατμοσφαιρική πίεση 500hPa (σχήμα 7.15) τότε οι καμπύλες που περνούν από τα σημεία με το ίδιο υψόμετρο, είναι οι ισοϋψείς καμπύλες οι οποίες χαράσσονται ανά 60 μέτρα και απεικονίζουν τον πραγματικό μετεωρολογικό χάρτη 500hPa (σχήμα 7.16). Η ισοϋψής καμπύλη με τιμή 5640 βρίσκεται στο υψόμετρο 5640 μέτρων. Στους μετεωρολογικούς χάρτες ανώτερης ατμόσφαιρας δεν υπάρχουν λοιπόν ισοβαρείς καμπύλες αλλά μόνο ισοϋψείς.



Σχήμα 7.15. Πραγματικός χάρτης 500hPa πριν την ανάλυση (ΕΜΥ/ΕΜΚ).



Σχήμα 7.16. Πραγματικός χάρτης 500hPa μετά την ανάλυση (ΕΜΥ/ΕΜΚ).

Επίσης, πάνω στον πραγματικό μετεωρολογικό χάρτη 500hPa χαράσσονται από το μετεωρολόγο και οι ισόθερμες καμπύλες ανά 5 βαθμούς Κελσίου. Οι ισόθερμες καμπύλες για να ξεχωρίζουν από τις ισοϋψείς πάνω στο χάρτη, χαράσσονται συνήθως διακεκομμένες ή με διαφορετικό χρώμα.

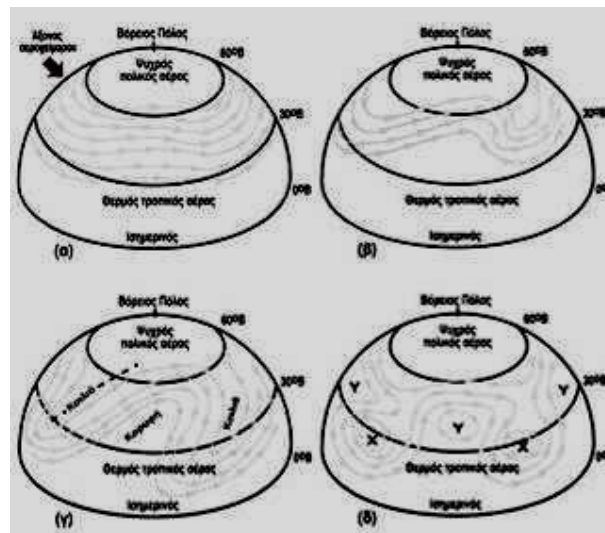
Ισοϋψείς καμπύλες στο μετεωρολογικό χάρτη ανώτερης ατμόσφαιρας, είναι εκείνες που περνούν από σημεία στα οποία οι ατμοσφαιρικές πιέσεις έχουν την ίδια τιμή και απέχουν ίσες αποστάσεις (ύψη) από τη μέση στάθμη θάλασσας.

Ισόθερμες καμπύλες στο μετεωρολογικό χάρτη είναι εκείνες που περνούν από σημεία με την ίδια θερμοκρασία.

7.5.2.1 500hPa

Η κυκλοφορία της ατμόσφαιρας στο ύψος των 500hPa είναι πολύ βασική γιατί η στάθμη αυτή βρίσκεται περίπου στο μέσον της τροπόσφαιρας. Οι άνεμοι εκεί πηδαλιουχούν τους ανέμους κάτω στην επιφάνεια της Γης, και οι κοιλιές (trough) και κορυφές (ridge) εκεί ρυθμίζουν την ανάπτυξη και κίνηση των συστημάτων καιρού κάτω στη Γη.

Επειδή η ισοβαρική επιφάνεια 500hPa βρίσκεται πολύ υψηλότερα από το στρώμα τριβής (0 - 500 μετρά), ο άνεμος πλανητικής και συνοπτικής κλίμακας, χαρακτηρίζεται γεωστροφικός στην περίπτωση που οι ισοϋψείς είναι ευθείες γραμμές, και άνεμος βαροβαθμίδας στην περίπτωση που οι ισοϋψείς είναι καμπύλες. Εκεί όπου οι ισοϋψείς είναι πυκνές, δηλαδή εκεί όπου η βαθμίδα ύψους είναι απότομη, ο άνεμος είναι ισχυρός. Αντίθετα εκεί όπου οι ισοϋψείς είναι αραιές, ο άνεμος είναι ασθενέστερος. Η βαθμίδα ύψους εξαρτάται από την οριζόντια θερμοβαθμίδα (οριζόντια μεταβολή της θερμοκρασίας του αέρα) και όπου υπάρχει μεγάλη οριζόντια θερμοβαθμίδα, υπάρχει επίσης και μεγάλη οριζόντια βαθμίδα πυκνότητας του αέρα και πίεσης αυτού. Η οριζόντια βαθμίδα πίεσης του αέρα (βαροβαθμίδα) δημιουργεί τον άνεμο.



Σχήμα 7.17. Ανάπτυξη ατμοσφαιρικών κυμάτων μεγάλου μήκους (27).

Στο βόρειο ημισφαίριο η κυκλοφορία κατά μήκος των ισοϋψών καμπύλων είναι κυκλωνική (αντίθετα με τη φορά των δεικτών του ωρολογίου) και αντικυκλωνική (όπως η φορά των δεικτών του ωρολογίου). Έτσι, δημιουργούνται κορυφές (ridges) και κοιλιές (troughs) (σχήμα 7.17). Στο κέντρο της κορυφής (ridge) ο αέρας είναι σχετικά θερμότερος και οι ισοϋψείς καμπύλες έχουν μεγαλύτερες τιμές. Το κέντρο της κορυφής ονομάζεται Υψηλό (Hight) και συμβολίζεται στο μετεωρολογικό χάρτη με Y ή H. Στο κέντρο της κοιλιάς (trough) ο αέρας είναι σχετικά ψυχρότερος και οι ισοϋψείς καμπύλες έχουν μικρότερες τιμές. Το κέντρο της κοιλιάς ονομάζεται Χαμηλό (Low) και συμβολίζεται στο μετεωρολογικό χάρτη με X ή L. Τόσο τα χαμηλά όσο και τα υψηλά στην ανώτερη ατμόσφαιρα, αντιστοιχούν συνήθως με βαρομετρικά

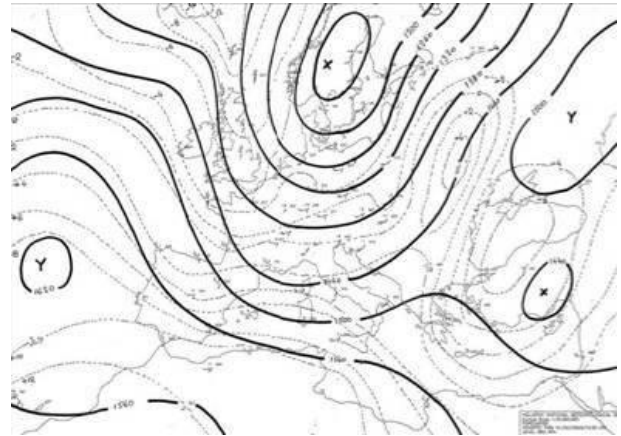
χαμηλά και υψηλά στην επιφάνεια της Γης. Από τα αναφερόμενα παραπάνω, προκύπτει ότι στους χάρτες 500hPa δεν εμφανίζονται θερμά χαμηλά και ψυχροί αντικυκλώνες, αλλά μόνο ψυχρά χαμηλά και θερμοί αντικυκλώνες.

Η ροή του ανέμου κάθετα προς τις ισόθερμες δημιουργεί ψυχρή ή θερμή οριζόντια κίνηση του ανέμου, ανάλογα εάν ο άνεμος πνέει από ψυχρότερες προς θερμότερες περιοχές ή αντίθετα. Η ψυχρή οριζόντια κίνηση του αέρα χαμηλώνει την ισοβαρική επιφάνεια 500hPa, οπότε βαθαίνει και ενισχύει τα κέντρα των χαμηλών και τις troughs, ενώ εξασθενεί τα κέντρα των υψηλών και τα ridge. Αντίθετα, η θερμή οριζόντια κίνηση του αέρα ανυψώνει την ισοβαρική επιφάνεια 500hPa, οπότε ρηχαίνει και εξασθενεί τα κέντρα των χαμηλών και τις troughs, ενώ ενισχύει τα κέντρα των υψηλών και τα ridge.

7.5.2.2 850hPa



Σχήμα 7.18. Πραγματικός χάρτης 850hPa πριν την ανάλυση. (EMY/EMK)



Σχήμα 7.19. Πραγματικός μετεωρολογικός χάρτης 850hPa, μετά την ανάλυση. (EMY/EMK)

Στον χάρτη 850hPa δίνεται μεγάλη προσοχή από τους μετεωρολόγους τόσο στις ισόθερμες καμπύλες όσο και στους ανέμους. Επειδή η ισοβαρική επιφάνεια 850hPa βρίσκεται περίπου στο υψόμετρο των 5000ft (1500 μέτρων), οι θερμοκρασίες και οι άνεμοι σ' αυτό το υψόμετρο επηρεάζουν άμεσα τις θερμοκρασίες και τους ανέμους στην επιφάνεια της Γης.

Οι ισόθερμες καμπύλες χαράσσονται ανά 2 °C και οι ισοϋψείς ανά 60 μέτρα (σχήμα 7.19).

8^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΚΑΝΟΝΕΣ ΠΡΟΓΝΩΣΗΣ

8.1 Χρήση χάρτη επιφανείας

Τα συστήματα καιρού κινούνται γενικά από δυτικά προς ανατολικά στα μέσα γεωγραφικά πλάτη, με νοτιοανατολικές ή βορειοανατολικές αποκλίσεις. Μερικές φορές και για κάποιο χρονικό διάστημα, μπορεί να ακολουθούν τροχιά προς βορρά ή προς νότο. Επίσης οι συνθήκες μέσα στο σύστημα καιρού μπορούν να αλλάξουν καθώς αυτό κινείται. Σε μια γενική μέθοδο πρόγνωσης του καιρού πρέπει να λαμβάνονται υπόψη:

- Η κίνηση των βαρομετρικών χαμηλών και υψηλών, και οι μεταβολές της ατμοσφαιρικής πίεσης.
- Η κίνηση των θερμών και ψυχρών μετώπων και οι συνδεόμενες με αυτά συνθήκες καιρού.
- Τα χαρακτηριστικά των αερίων μαζών και οι μεταβολές τους.

Τα παραπάνω στοιχεία μελετώνται εξετάζοντας τους μετεωρολογικούς χάρτες επιφάνειας των τελευταίων 2-3 ημερών, μαζί με τον πρόσφατο χάρτη. Από τη μελέτη των διαδοχικών αυτών χαρτών, μπορεί να γίνει πρόγνωση των συνθηκών του καιρού οι οποίες θα είναι πιθανότερο να επικρατήσουν τις επόμενες 12, 24 ή και 48 ώρες. Καταλήγουμε λοιπόν στο συμπέρασμα ότι η πρόγνωση του καιρού, δηλαδή ο υπολογισμός των μελλοντικών συνθηκών καιρού, προέρχεται από τη μελέτη των συνθηκών παρόντα και παρελθόντα καιρού.

Μετά από πολυετή εμπειρία βασισμένη στη μελέτη των μετεωρολογικών παρατηρήσεων και των βαρομετρικών συστημάτων καιρού, προκύπτει μια σειρά από χρήσιμους γενικούς κανόνες που έχουν αναπτυχθεί από τη χρήση των μετεωρολογικών χαρτών επιφάνειας

8.1.1 Βαρομετρικά χαμηλά

1. Τα χαμηλά τείνουν γενικά να ακολουθήσουν την πορεία της προηγούμενης ημέρας.
2. Τα χαμηλά τείνουν να κινηθούν προς περιοχή με μεγαλύτερη πτώση της ατμοσφαιρικής πίεσης.
3. Τα χαμηλά μετά τη γένεση τους, βαθαίνουν προοδευτικά μέχρις ότου δημιουργηθεί σύσφιξη.
4. Χαμηλό με σύσφιξη θα κινηθεί αργά ή θα παραμείνει σχεδόν στάσιμο.
5. Τα χαμηλά βαθαίνουν όταν η ατμοσφαιρική πίεση γύρω από το κέντρο τους μειώνεται, και πληρούνται (γίνονται ρηχά) όταν η ατμοσφαιρική πίεση στο κέντρο τους αυξάνεται.
6. Όταν ένα νέο χαμηλό πλησιάζει για να κινηθεί μέσα στην κυκλοφορία ενός παλαιότερου, το παλαιότερο απορροφάται από το νεώτερο ή συμβαίνει τα δύο κέντρα να περιστρέφονται μεταξύ τους κυκλωνικά.
7. Τα χαμηλά με κίνηση προς νοτιοανατολικά συνήθως ενισχύονται (βαθαίνουν) ή καμπυλώνουν προς βορειοανατολικά
8. Τα χαμηλά με ισοβαρείς πυκνότερες στο δυτικό - βορειοδυτικό τμήμα τους, γενικά κινούνται αργά προς ανατολικά νοτιοανατολικά.
9. Στο δυτικό και βόρειο τμήμα των χαμηλών επικρατούν ισχυροί άνεμοι και βροχοπτώσεις.

10. Όταν ένα εξασθενημένο χαμηλό τροφοδοτηθεί με ψυχρό αέρα (ψυχρή αέρια μάζα) βαθαίνει πάλι και ενισχύεται.
11. Το χειμώνα τα χαμηλά συνήθως βαθαίνουν όταν κινούνται πάνω από θαλάσσιες περιοχές, γιατί η θάλασσα είναι θερμότερη. Το καλοκαίρι βαθαίνουν όταν κινούνται πάνω από ξηρά, γιατί η ξηρά τότε είναι θερμότερη.
12. Τα χαμηλά τείνουν να κινηθούν γύρω από μεγάλης έκτασης υψηλά, ακολουθώντας βόρεια ή νότια πορεία.
13. Τα ψυχρά μέτωπα συνήθως κινούνται ταχύτερα από τα θερμά.

8.1.2 Βαρομετρικά υψηλά

1. Τα υψηλά γενικά κινούνται με την ίδια ταχύτητα και διεύθυνση όπως και τα χαμηλά.
2. Τα υψηλά μικρής έκτασης συνήθως κινούνται ταχύτερα από εκείνα μεγαλύτερης έκτασης.
3. Τα θερμά υψηλά τείνουν να κινηθούν αργά ή γίνονται στάσιμα.
4. Το υψηλό ενισχύεται, εφόσον η ατμοσφαιρική πίεση αυξάνει γύρω από το κέντρο του και εξασθενεί, εφόσον η πίεση μειώνεται.

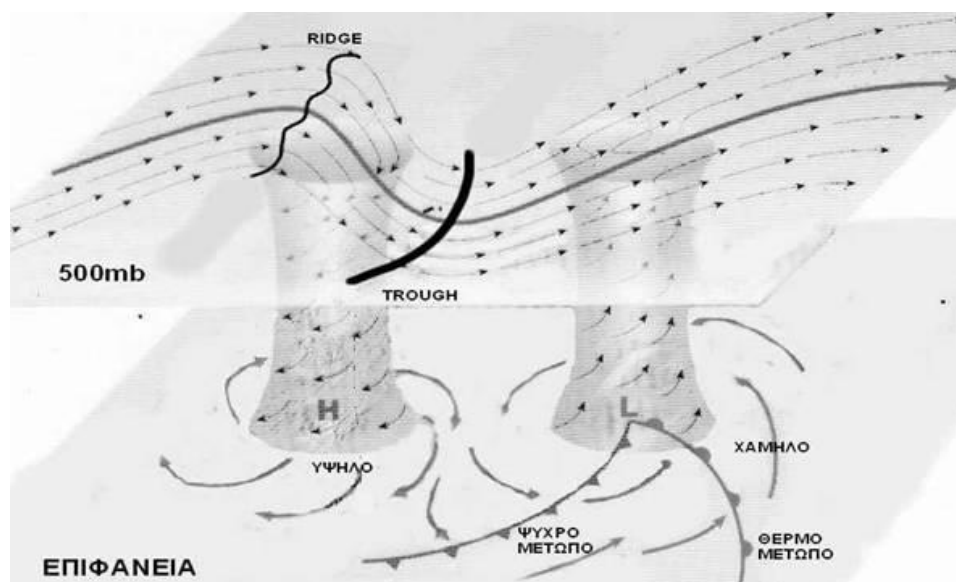
8.2 Χρήση χάρτη 500hPa

Ο χάρτης 500hPa αντιστοιχεί στη χαρακτηριστική στάθμη (υψόμετρο) των 18000ft, περίπου στο μέσον της τροπόσφαιρας, και έχει αποδειχθεί ότι οι συνθήκες της ατμόσφαιρας στη στάθμη αυτή, δηλαδή η κυκλοφορία ή διαφορετικά η ροή του ανέμου, ρυθμίζουν την κίνηση και συμπεριφορά των βαρομετρικών συστημάτων στην επιφάνεια της Γης. Με απλά λόγια, ο καιρός εκεί ψηλά πηδαλιουχεί τον καιρό στην επιφάνεια της Γης. Έτσι:

- μια trough στα 500hPa συνδυάζεται με ένα βαρομετρικό χαμηλό στην επιφάνεια. Το χαμηλό της επιφάνειας συνήθως συνοδεύεται με ψυχρό μέτωπο, το οποίο εντοπίζεται περίπου 5^ο ανατολικότερα της trough (στην επιφάνεια).
 - ένα ridge στα 500hPa συνήθως αντιστοιχεί σε ένα υψηλό στο χάρτη επιφανείας.
- Υπάρχουν βέβαια αρκετές καταστάσεις (αβαθή χαμηλά κλπ) όπου δεν είναι επαρκής ο ανωτέρω συσχετισμός.

Αν εξεταστούν συνδυαστικά οι χάρτες επιφανείας και ανώτερης ατμόσφαιρας εξάγονται συμπεράσματα για την καθ' ύψος μετατόπιση των συστημάτων, την ενίσχυση ή εξασθένησή τους, καθώς και για την ταχύτητα και πορεία της κίνησης τους. Έτσι αν ένα χαμηλό βαρομετρικό σύστημα που υπάρχει στα 500hPa, έχει ανταπόκριση στην επιφάνεια (φτάνει μέχρι την επιφάνεια) (σχήμα 8.1), η εξέλιξή του εξαρτάται από την σχετική θέση που έχει το κέντρο του στις δύο στάθμες:

- αν το κέντρο του χαμηλού στα 500hPa βρίσκεται δυτικότερα από το κέντρο του αντίστοιχου χαμηλού στην επιφάνεια (Ιταλία και Ελλάδα αντίστοιχα), τότε το χαμηλό έχει μεγάλη κλίση, κινείται σχετικά αργά και ενισχύεται.
- αν το κέντρο του χαμηλού στα 500hPa βρίσκεται ανατολικότερα από το κέντρο του αντίστοιχου χαμηλού στην επιφάνεια (Τουρκία και Ελλάδα αντίστοιχα), τότε το χαμηλό έχει αρνητική κλίση και έχει αρχίσει να διαλύεται.
- αν το κέντρο του χαμηλού στα 500hPa βρίσκεται πάνω από το κέντρο του αντίστοιχου χαμηλού στην επιφάνεια (ίδιο γεωγραφικά τόπο), τότε είναι σε ουδέτερη κατάσταση.



Σχήμα 8.1. Κατακόρυφη συνέπεια της ατμόσφαιρας (26).

8.3 Χρήση χάρτη 850hPa

8.3.1 Εκτίμηση επιφανειακής θερμοκρασίας

Γενικά από τη μελέτη του χάρτη 850hPa μπορεί να γίνει μια εκτίμηση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια της Γης. Οι υπολογισμοί γίνονται χρησιμοποιώντας την κατακόρυφη θερμοβαθμίδα* και κάποιες παραδοχές οι οποίες, στατιστικά έχει αποδειχθεί ότι, ισχύουν στις περισσότερες των περιπτώσεων.

* Κατακόρυφη θερμοβαθμίδα: είναι γενικά η μεταβολή της θερμοκρασίας με το ύψος (στην τροπόσφαιρα). Αγνοώντας την υγρασία και θεωρώντας ευσταθή ατμόσφαιρα, η μέση τιμή της κατακόρυφης θερμοβαθμίδας στην τροπόσφαιρα είναι 0,6°C ανά 100 μέτρα

- Αν η ατμόσφαιρα είναι ξηρή, δηλαδή αν ο καιρός είναι αίθριος ή σχεδόν αίθριος, οι υπολογισμοί γίνονται σύμφωνα με την ξηρή θερμοβαθμίδα ($0,65^{\circ}\text{C}/100\text{m}$), προσθέτοντας $9,5^{\circ}\text{C}$ στην τιμή της ισόθερμης που βρίσκεται πάνω από έναν τόπο, στα 850hPa.
- Αν η ατμόσφαιρα είναι υγρή, δηλαδή αν ο καιρός είναι νεφελώδης ή βροχερός οι υπολογισμοί γίνονται σύμφωνα με την υγρή θερμοβαθμίδα ($0,5^{\circ}\text{C}/100\text{m}$), προσθέτοντας $7,5^{\circ}\text{C}$ στην τιμή της ισόθερμης που βρίσκεται πάνω από έναν τόπο, στα 850hPa.

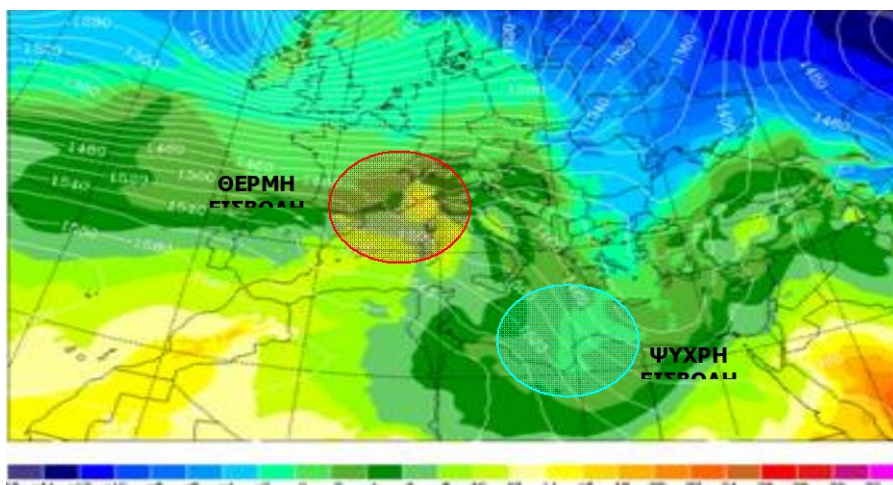
Για τον πρακτικό υπολογισμό της μέγιστης και ελάχιστης θερμοκρασίας του 24ωρου σε ένα τόπο στα ανωτέρω αποτελέσματα:

- προστίθενται 5°C για την μέγιστη και
- αφαιρούνται 5°C για την ελάχιστη.

Παράδειγμα: Πάνω από τα Χανιά στα 850hPa περνά η ισόθερμος των 10°C και ο καιρός είναι αίθριος. Η διακύμανση εκείνη τη μέρα της θερμοκρασίας στην πόλη θα είναι: από 14°C έως 25°C περίπου. ($10+9,5=19,5$ $19,5-5=14,5$ $19,5+5=24,5$).

8.3.2 Θερμικές εισβολές

Μια αέρια μάζα μπορεί να κινείται αργά ή γρήγορα, ομοιογενώς ή μη, ανάλογα με τη γενικότερη κυκλοφορία στην ατμόσφαιρα. Στην περίπτωση της μη ομοιογενούς κίνησης, τμήματα της αέριας μάζας κινούνται με ταχύτητα διαφορετική του συνόλου αυτής. Έτσι δημιουργούνται «γλώσσες», οι οποίες εισέρχονται σε περιοχές με διαφορετικά θερμοδυναμικά χαρακτηριστικά (σχήμα 8.2). Οι «γλώσσες αυτές ονομάζονται θερμικές εισβολές και μπορεί να λαμβάνουν χώρα σε όλη την έκταση της μάζας (καθ' ύψος), αλλά και σε μεμονωμένα επίπεδα αυτής.



Από το χάρτη των 850hPa απορρέουν συμπεράσματα για τις θερμικές εισβολές. Αν στην επιφάνεια και στη στάθμη των 500hPa υπάρχει πεδίο χαμηλών πιέσεων, τότε:

- μια θερμή εισβολή στα 850hPa θα ενισχύσει το σύστημα και θα δώσει πιο έντονο καιρό
- μια ψυχρή εισβολή στα 850hPa θα κάνει το χαμηλό είτε ασθενέστερο, είτε θα μειώσει το χρόνο πλήρωσης του

Γενικά η ψυχρή εισβολή συνοδεύεται με πτώση της θερμοκρασίας στην επιφάνεια ενώ η θερμή εισβολή, ειδικά καλοκαίρι που πιθανόν να συνδυαστεί με αντικυκλώνα, συνοδεύεται με αύξηση, η οποία μπορεί να φτάσει και τα όρια του καύσωνα.

8.3.3 Προσδιορισμός μετώπων στο χάρτη επιφανείας

Ο χάρτης 850hPa χρησιμοποιείται για τον προσδιορισμό της θέσης ενός μετώπου στο χάρτη επιφανείας. Η περιοχή πάνω από την οποία παρατηρείται σύσφιξη των ισοθέρμων (πλησίασμα ισοθέρμων) στα 850hPa, συνήθως αντιστοιχεί σε κάποιο μέτωπο στην επιφάνεια (σχήμα 8.3).



Σχήμα 8.3. Θερμή και ψυχρή εισβολή στα 850HPa (ECMWF).

Όλα όσα αναφέρθηκαν για τους πραγματικούς χάρτες και τη χρήση τους, αποτελούν το βασικό βοήθημα που χρησιμοποιούν οι μετεωρολόγοι για να προχωρήσουν στην πρόγνωση του καιρού. Όμως, οι Ηλεκτρονικοί Υπολογιστές έφεραν την επανάσταση και στην επιστήμη της Μετεωρολογίας, δίνοντας τη δυνατότητα στους μετεωρολόγους να κατασκευάσουν προγνωστικούς μετεωρολογικούς χάρτες, ένα πολύ βασικό εργαλείο σήμερα για την πρόγνωση του καιρού.

9^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΓΝΩΣΗ

9.1 Ιστορική αναδρομή

Το 1922 πρώτος ο μαθηματικός Λιούις φράι Ρίτσαρντσον συνέλαβε την ιδέα της περιγραφής των φυσικών διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα χρησιμοποιώντας τις εξισώσεις της υδροδυναμικής και των ρευστών. Στο έργο του «Η πρόβλεψη του καιρού με αριθμητικές μεθόδους» περιέγραφε τις μαθηματικές μεθόδους μέσω των οποίων ο άνθρωπος θα μπορούσε να προβλέψει την εξέλιξη του καιρού με τα τεχνικά μέσα της εποχής εκείνης. Η ιδέα του απαιτούσε την ύπαρξη ενός μεγάλου αριθμού ανθρώπων, οι οποίοι χρησιμοποιώντας χαρτί, μολύβι και αριθμομηχανές γραφείου, θα επέλυαν τις μαθηματικές εξισώσεις που περιγράφουν τις κινήσεις της ατμόσφαιρας και θα προέβλεπαν την εξέλιξη του καιρού. Υπολόγισε ότι θα χρειαζόνταν 64000 άνθρωποι προκειμένου να επιτευχθεί η πρόβλεψη του καιρού με την ίδια ταχύτητα με την οποία αυτός εξελίσσεται στην πραγματικότητα. Είχε μάλιστα διατυπώσει την άποψη ότι ίσως στο μακρινό μέλλον το ανθρώπινο γένος θα είχε τη δυνατότητα να προχωράει στους υπολογισμούς γρηγορότερα από ότι προχωράει ο καιρός. Προφητικά λόγια, μόνο που το μακρινό μέλλον ήταν μόλις 40 χρόνια μετά.

Στα επόμενα χρόνια μέχρι και το 1960 ο επιστημονικός κόσμος περιφρονούσε την πρόγνωση και δεν εμπιστευόταν τους υπολογιστές. Για τους περισσότερους η πρόγνωση ήταν κάτι λιγότερο από επιστήμη. Ήταν μια εμπειρική δουλειά που γινόταν από πρακτικούς μετεωρολόγους, οι οποίοι μέσω εμπειρίας αντιλαμβάνονταν τον καιρό της επόμενης ημέρας. Εκείνη την εποχή ο Λόρεντζ εργαζόταν στο Μ.Ι.Τ. (Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης) και είχε μια τελείως διαφορετική άποψη:

«Οι εξισώσεις που περιγράφουν τις διαδικασίες οι οποίες λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα, είναι γνωστές εδώ και πολύ καιρό. Αφού η ντετερμινιστική αριθμητική θεωρία σχεδιάζει ακριβείς διαδρομές για διαστημόπλοια και πυραύλους και προβλέπει τις ακριβείς τροχιές των πλανητών, γιατί να μην χρησιμοποιηθεί και στην πρόβλεψη του καιρού;»

Μετά από συνεχείς προσπάθειες και με τα πενιχρά τεχνολογικά μέσα της εποχής κατάφερε, με τον πρωτόγονο υπολογιστή του, να δημιουργήσει ένα απλό μοντέλο της ατμόσφαιρας που έμελλε να αποτελέσει τον πρόγονο των σημερινών ατμοσφαιρικών μοντέλων.

Στα επόμενα χρόνια ακολούθησαν αρκετές προσπάθειες, έως ότου το 1980 η αριθμητική πρόγνωση του καιρού γίνει πλέον μια αναμφισβήτητη πραγματικότητα. Οι καλύτερες ολοκληρώσεις αριθμητικών μοντέλων καιρού εκείνη την περίοδο γίνονταν στο Ρέντινγκ της Αγγλίας όπου στεγαζόταν, και συνεχίζει να στεγάζεται, το Ευρωπαϊκό Κέντρο Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων (E.C.M.W.F.). Οι Ευρωπαίοι έδειξαν την πρωτοπορία τους στο συγκεκριμένο τομέα εγκαθιστώντας τον υπερυπολογιστή CRAY και προσλαμβάνοντας το καλύτερο επιστημονικό προσωπικό των κρατών μελών του ECMWF.

Ανάλογες προσπάθειες κατέβαλαν και οι Αμερικάνοι. Ο υπερυπολογιστής που διέθεταν - ένας Cyber 205 της Control Data - εκτελούσε εκατομμύρια πράξεις το δευτερόλεπτο και επέλυε τα συστήματα των 500.000 εξισώσεων του μοντέλου σε σύντομο χρονικό διάστημα. Τα αποτελέσματα ήταν αρκετά ικανοποιητικά και τα μηνύματα συνεχώς πιο αισιόδοξα.

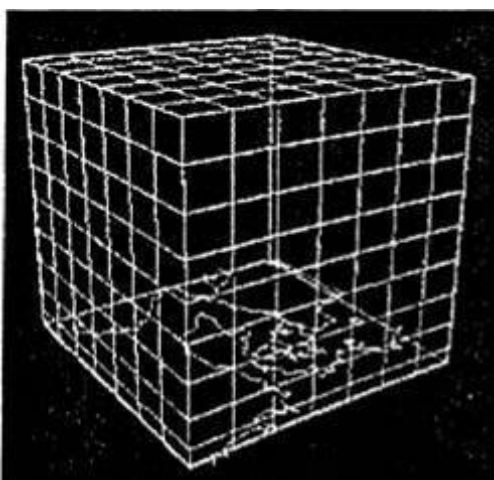
Από τότε μέχρι σήμερα έχουν περάσει σχεδόν 20 χρόνια συνεχών προσπαθειών και η πρόοδος

που έχει σημειωθεί θεωρείται αλματώδης. Σε αυτό έχει συμβάλει σημαντικά και η εξέλιξη των υπερυπολογιστών οι οποίοι, σήμερα πλέον, διαθέτουν ένα μεγάλο αριθμό επεξεργαστών τεραστίων δυνατοτήτων. Η ταχύτητα ενός μόνο επεξεργαστή μετριέται σήμερα σε Megaflop (ένα Megaflop είναι ένα εκατομμύριο πράξεις το δευτερόλεπτο). Η ατμόσφαιρα προσομοιώνεται συνεχώς με πιο ρεαλιστικό τρόπο αφού οι αριθμητικές μέθοδοι διαρκώς βελτιώνονται, το πλέγμα των σημείων γίνεται ολοένα και πιο πυκνό, τα υπό μελέτη στρώματα της ατμόσφαιρας αυξάνονται, εισάγονται λεπτομερείς πληροφορίες ορογραφίας, βλάστησης και τύπου εδάφους κτλ. Με τον τρόπο αυτό τα αποτελέσματα που εξάγονται είναι συνεχώς πιο αξιόπιστα και πιο αναλυτικά. Βέβαια θα πρέπει να τονιστεί, ότι με τα μοντέλα καιρού η επιστήμη απλά προσπαθεί να προσομοιάσει την ατμόσφαιρα και τα διάφορα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα σε αυτή, δεν μπορεί όμως να την αντιγράψει.

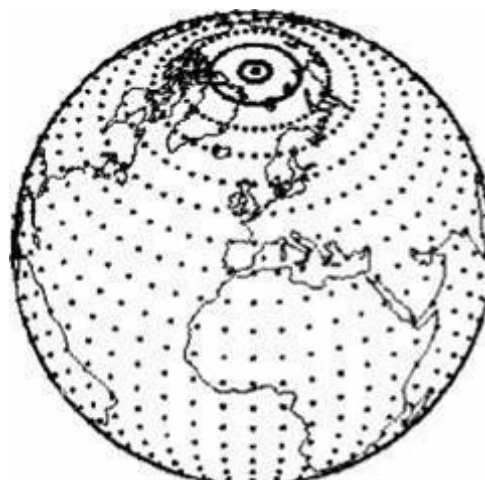
9.2 Βασικές αρχές και αδυναμίες της αριθμητικής πρόγνωσης

Η συμπεριφορά της ατμόσφαιρας καθορίζεται από ένα σύνολο φυσικών νόμων που μπορούν να εκφραστούν από μαθηματικές εξισώσεις. Ένα ατμοσφαιρικό ντετερμινισμό μοντέλο πρόγνωσης είναι στην ουσία ένα σύστημα προσομοίωσης των φυσικών διαδικασιών που λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα. Οι παραπάνω διαδικασίες προσεγγίζονται από μη γραμμικές διαφορικές εξισώσεις που δεν επιδέχονται αναλυτικής επίλυσης και μπορούν να λυθούν μόνο με αριθμητικές μεθόδους.

Η ατμόσφαιρα είναι ένα συνεχές μέσο. Ωστόσο οι εξισώσεις που χρησιμοποιούνται για την περιγραφή της την αντιμετωπίζουν σαν ένα μέσο που αποτελείται από διακριτά σημεία (grid points) (σχήμα 9.2). Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται ένα τρισδιάστατο πλέγμα σημείων (σχήμα 9.1) πάνω στο οποίο πραγματοποιούνται όλοι οι απαιτούμενοι υπολογισμοί. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν τελικά αφορούν μόνο τα συγκεκριμένα σημεία. Για τα υπόλοιπα ο υπολογιστής έχει άγνοια. Ωστόσο στις εξισώσεις κίνησης προστίθενται όροι που προσομοιώνουν φαινόμενα κλίμακας τα οποία δε μπορούν να αναλυθούν από τη διακριτική ικανότητα του μοντέλου.



Σχήμα 9.1. Τρισδιάστατο πλέγμα διακριτών σημείων ατμοσφαιρικού μοντέλου (6).



Σχήμα 9.2. Πλέγμα ατμοσφαιρικού μοντέλου (6).

Επίσης γίνεται η παραδοχή ότι ο χρόνος δεν είναι συνεχής αλλά ότι τα πάντα συμβαίνουν σε διακριτές χρονικές στιγμές. Θεωρείται λοιπόν ότι ο χρόνος κυλά με πολύ μικρά χρονικά βήματα της τάξης των λίγων δευτερολέπτων. Βέβαια η πρόβλεψη του καιρού για ένα τόσο μικρό χρονικό βήμα ίσως να μην είναι σημαντική. Η συνεχής όμως επανάληψη των υπολογισμών οδηγεί στην πρόγνωση του καιρού για την επόμενη ημέρα ή για την επόμενη εβδομάδα. Στην ουσία αυτό που γίνεται είναι εκατομμύρια συνεχώς επαναλαμβανόμενοι υπολογισμοί βασισμένοι πάνω σε σαφείς κανόνες και κριτήρια ευστάθειας των λύσεων των διαφορικών εξισώσεων.

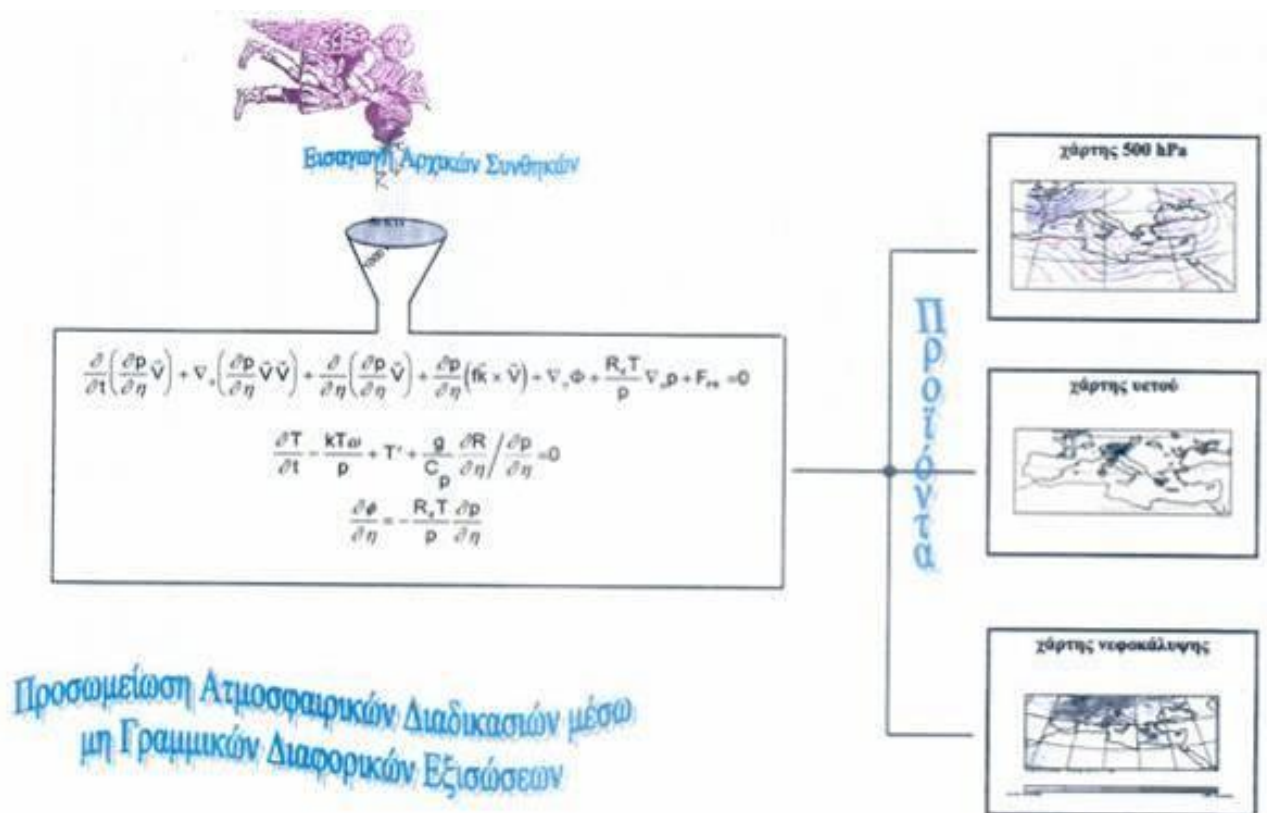
Εκτός όμως των παραδοχών, όσον αφορά το χρόνο και το χώρο, ανάλογες παραδοχές υιοθετούνται και κατά την επίλυση των διαφορικών εξισώσεων που προσομοιώνουν τις ατμοσφαιρικές διαδικασίες. Κάθε αριθμός, ανάλογα με τις δυνατότητες του υπολογιστή, απεικονίζεται με ένα πεπερασμένο πλήθος δεκαδικών ψηφίων π.χ. 8, 16 ή 64 κτλ. Για παράδειγμα ένας υπολογιστής με δυνατότητα αναπαράστασης αριθμών χρησιμοποιώντας έως και 8 δεκαδικά ψηφία δε μπορεί να αποδώσει τη διαφορά ανάμεσα στο 0.000000001 και στο 0. Αυτοί οι περιορισμοί στην εξαρχής αριθμητική ακρίβεια, μπορούν να αλλοιώσουν τα αποτελέσματα και να οδηγήσουν σταδιακά σε μεγάλες αποκλίσεις από τον πραγματικό καιρό. Για το λόγο αυτό, πολλές φορές εισάγονται φίλτρα στα μοντέλα ώστε να απαλείφονται τα συσσωρευτικά μικρά λάθη.

Σε σύνθετα φυσικά συστήματα, όπως ο καιρός, η ευαίσθητη εξάρτηση από ένα μικρό και φαινομενικά ασήμαντο γεγονός είναι μια πραγματικότητα. Στην ατμόσφαιρα η μεγάλη εξάρτηση από ασήμαντες φαινομενικά διεργασίες είναι μια αναπόφευκτη συνέπεια του τρόπου με τον οποίο οι μικρές κλίμακες είναι συνυφασμένες με τις μεγάλες. Το φτερούγισμα μιας πεταλούδας σήμερα προκαλεί μια ανεπαίσθητη μεταβολή στην παρούσα κατάσταση της ατμόσφαιρας. Το ερώτημα που τίθεται είναι αν αυτή η αρχικά μικρή μεταβολή - που πρακτικά είναι αδύνατον να εισαχθεί στις αρχικές συνθήκες του μοντέλου - μπορεί να επιδράσει στην εξέλιξη του καιρού καταλυτικά και να οδηγήσει τον υπολογιστή σε τελείως λανθασμένα αποτελέσματα. Το παραπάνω παράδειγμα βέβαια ίσως να αποτελεί μια υπερβολή, όμως άλλοι φαινομενικά ασήμαντοι παράγοντες, όπως για παράδειγμα η ύπαρξη ενός πολύ μικρού ορεινού όγκου, οι ρύποι μιας αστικής περιοχής, ο τύπος του εδάφους κτλ είναι δυνατόν να επηρεάσουν σημαντικά την εξέλιξη του καιρού σε ένα συγκεκριμένο γεωγραφικό χώρο.

Η ατμόσφαιρα αντιμετωπίζεται σαν ένα μέσο που αποτελείται από διακριτά σημεία (σχήμα 9.2). Στα κενά διαστήματα μεταξύ των σημείων το μοντέλο στερείται πληροφοριών που ορισμένες φορές κρίνονται ιδιαίτερα καθοριστικές για την εξέλιξη της πρόγνωσης. Στα διαστήματα αυτά για παράδειγμα ενδέχεται να κρύβονται αυξομειώσεις μιας παραμέτρου που αρχικά θα δημιουργήσει ορισμένα ασήμαντα σφάλματα μικρής κλίμακας. Γρήγορα όμως τα σφάλματα αυτά ενδέχεται να πολλαπλασιαστούν και να καταστούν σφάλματα μεγάλης κλίμακας με αποτέλεσμα ο υπολογιστής να δώσει μια τελείως εσφαλμένη πρόβλεψη για την εξέλιξη του καιρού.

Οι παραπάνω παραδοχές που υιοθετούνται για την προσομοίωση της ατμόσφαιρας είναι οι κύρια υπεύθυνες για την προσεγγιστική και όχι ιδανική αντιμετώπιση του προβλήματος και κατά συνέπεια για την απόκλιση των ατμοσφαιρικών μοντέλων από την πραγματικότητα. Σήμερα γίνονται τεράστιες

προσπάθειες διεθνώς και δαπανώνται μεγάλα ποσά στην έρευνα για την εξάλειψη των παραπάνω αδυναμιών και γενικότερα για τη βελτίωση των αριθμητικών μοντέλων. Πάραυτα, οι παραδοχές παραμένουν και κατά συνέπεια, όταν τίθεται το πρόβλημα του καιρού στον υπολογιστή δεν τίθεται ιδανικά, αλλά απλά γίνεται προσπάθεια προσέγγισης της πραγματικότητας με τον καλύτερο δυνατό τρόπο.



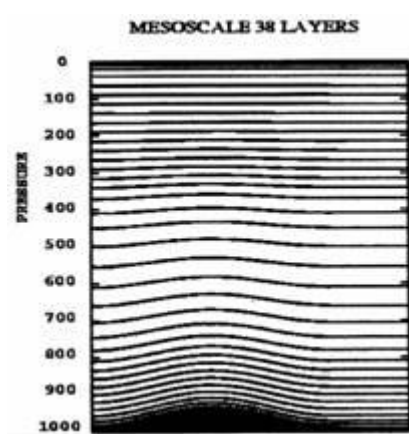
Σχήμα 9.3. Διάγραμμα ροής των διαδικασιών λειτουργίας ενός ντετερμινιστικού ατμοσφαιρικού μοντέλου (6).

9.3 Αριθμητικά μοντέλα καιρού

9.3.1 Παγκόσμιο μοντέλο (Global Model)

Στην Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία, στα κράτη μέλη του ECMWF καθώς και στα περιφερειακά κέντρα και τα γραφεία καιρού η πρόγνωση βασίζεται στο παγκόσμιο Μοντέλο του Ευρωπαϊκού Κέντρου Μεσοπρόθεσμων Μετεωρολογικών Προγνώσεων (European Center for Mesoscale Weather Forecasts – ECMWF). Αποτελεί ένα τρισδιάστατο υδροστατικό παγκόσμιο προγνωστικό μοντέλο που στηρίζεται στις βασικές εξισώσεις που περιγράφουν την ατμοσφαιρική ροή και χρησιμοποιεί το υβριδικό σίγμα σύστημα συντεταγμένων (σχήμα 9.4), με 91 επίπεδα στην κατακόρυφη διάσταση. Υπάρχει σημαντικός αριθμός επιπέδων στο οριακό στρώμα και σε άλλα κρίσιμα ύψη της τροπόσφαιρας όπου συναντώνται σημαντικά μετεωρολογικά συστήματα, όπως τους αεροχειμάρους (~200-300 hPa),

καθώς και στο μέσο ύψος της τροπόπαυσης. Στις οριζόντιες διαστάσεις τα προϊόντα του μοντέλου είναι διαθέσιμα σε ένα, αραιό σχετικά, πλέγμα σημείων, με μέγιστη οριζόντια ανάλυση ίση με $(0.250) \times (0.250)$ ή $(50\text{Km}) \times (50\text{Km})$ (γεωγρ. πλάτος - γεωγρ. μήκος). Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται πολύ καλή προσομοίωση των ατμοσφαιρικών διαταραχών μεγάλης κλίμακας. Οι χρόνοι ανάλυσής του είναι οι 00, 06, 12 και 18 UTC. Οι προγνώσεις του μοντέλου από την 3^η έως την 72^η προγνωστική ώρα διατίθενται σε 3-ωρα διαστήματα και βασίζονται σε δεδομένα των 00 και 12 UTC. Από την 72^η έως την 240^η προγνωστική ώρα οι προγνώσεις διατίθενται σε 6-ωρα διαστήματα και βασίζονται επίσης σε δεδομένα των 00 και 12 UTC.



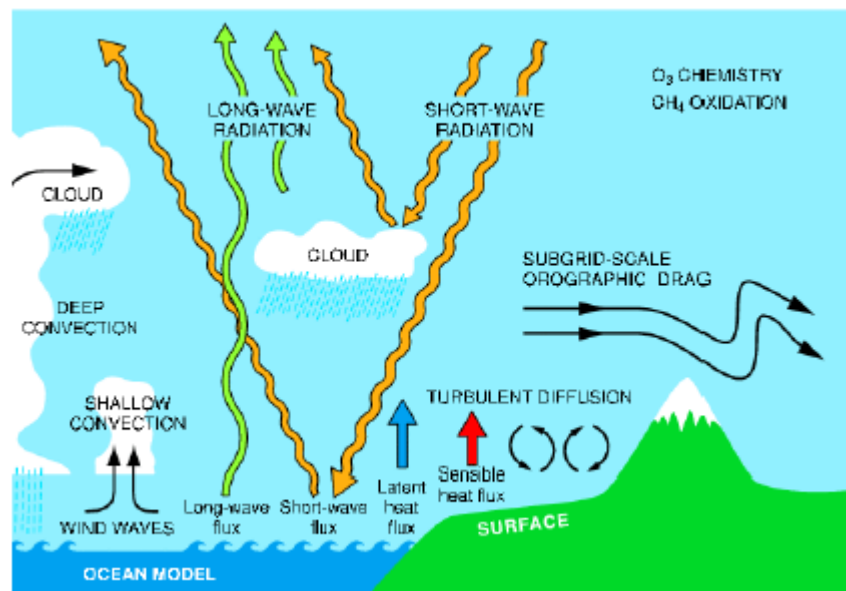
Σχήμα 9.4. Απεικόνιση του υβριδικού σ συστήματος συντεταγμένων του ECMWF μοντέλου (28).

Το αριθμητικό μοντέλο του Ευρωπαϊκού κέντρου περιλαμβάνει ένα μεγάλο πλήθος παραμετροποιήσεων του ατμοσφαιρικού οριακού στρώματος, της ηλιακής ακτινοβολίας, της τυρβώδους ροής, της διάχυσης, των εναλλαγών ενέργειας στην επιφάνεια του εδάφους ή του νερού, μετατροπή των φάσεων του νερού καθώς και της διάδοσης της θερμότητας και της υγρασίας στο έδαφος έτσι ώστε να αναπαριστά τις διάφορες φυσικές διεργασίες που συμβαίνουν σε κλίμακες μικρότερες από τη χωρική του ανάλυση (σχήμα 9.5). Οι υπολογισμοί των φυσικών διεργασιών γίνονται μόνο στην κατακόρυφη διεύθυνση. Για την ολοκλήρωση τους, ως προς τις οριζόντιες συνιστώσες, χρησιμοποιείται η φασματική μέθοδος. Με τη μέθοδο αυτή η κάθε παράμετρος αναλύεται σε σειρά Fourier της μορφής:

$$F(x) = a_0 + a_1 \cos nx + b_1 \sin nx + \dots + a_n \cos nx + b_n \sin nx$$

Τελικά λαμβάνονται υπόψη μόνο λίγοι από τους παραπάνω άπειρους όρους. Στην τελευταία έκδοση του μοντέλου ο αριθμός των όρων που λαμβάνονται υπόψη είναι ίσος με 213 και υπάρχει η προοπτική αύξησης αυτών ανάλογα με την διατιθέμενη υπολογιστική ισχύ.

Για την εκτέλεση του μοντέλου χρησιμοποιούνται μετεωρολογικές παρατηρήσεις εδάφους και ανώτερης ατμόσφαιρας που μεταβιβάζονται μέσω του παγκόσμιου μετεωρολογικού δικτύου (GTS) του Παγκόσμιου Μετεωρολογικού Οργανισμού (WMO). Οι παρατηρήσεις αυτές περιλαμβάνουν μετρήσεις από μετεωρολογικούς σταθμούς εδάφους, σταθμούς ραδιοβολήσεων, μετεωρολογικούς δορυφόρους, RADRAs, αεροπλάνα, πλοία κτλ. Επίσης χρησιμοποιούνται δεδομένα των φυσιογραφικών χαρακτηριστικών της υδρογείου όπως ορογραφία, βλάστηση, τύπος εδάφους κτλ.



Σχήμα 9.5. Σχηματική αναπαράσταση των φυσικών διεργασιών που παραμετροποιούνται στο υτετερμινιστικό αριθμητικό μοντέλο του Ευρωπαϊκού κέντρου (ECMWF 2004b) (28).

Περίληπτικά, οι παραμετροποιήσεις του μοντέλου είναι οι:

- **Ακτινοβολία:** Στον υπολογισμό της ακτινοβολίας χρησιμοποιούνται και κλιματολογικές τιμές των αερολυμάτων, CO₂ και O₃. Ο υπολογισμός των ροών ακτινοβολίας δεν γίνεται σε κάθε σημείο πλέγματος, αλλά σε επιλεγμένα σημεία χρησιμοποιώντας έναν αλγόριθμο που εξαρτάται από το γεωγραφικό πλάτος, και στη συνέχεια τα αποτελέσματα παρεμβάλλονται στο πλέγμα του μοντέλου. Οι ροές ακτινοβολίας μικρού μήκους κύματος ανανεώνονται σε κάθε χρονικό βήμα του μοντέλου χρησιμοποιώντας τις τιμές της ζενίθιας γωνίας. Το σχήμα λαμβάνει υπόψη την ύπαρξη νεφών, μέσω των τιμών της νεφοκάλυψης και της περιεκτικότητας της ατμόσφαιρας σε νερό / πάγο, σε κάθε επίπεδο.
- **Τυρβώδης διάχυση:** Ο υπολογισμός των τυρβωδών ροών βασίζεται στη θεωρία της τυρβώδους διάχυσης. Εκτός των άλλων, σε αυτό το σχήμα υπολογίζονται τα πεδία της επιφανειακής θερμοκρασίας (skin temperature) και υγρασίας (apparent surface humidity).
- **Ορογραφικός Εμποδισμός:** Αυτό το σχήμα αναπαριστά τον εμποδισμό της ατμοσφαιρικής ροής σε χαμηλά επίπεδα εξαιτίας της ορογραφίας, καθώς και τις μεταφορές λόγω των βαρυτικών κυμάτων (σε κλίμακες μικρότερες της χωρικής ανάλυσης) που δημιουργούνται από την επίδραση των βουνών σε ευσταθώς στρωματοποιημένη ροή.
- **Ανοδικές Κινήσεις (Ανωμεταφορά):** Το σχήμα βασίζεται στον υπολογισμό της ροής της μάζας (mass-flux) που ανολίσθαινει, και διαιρείται σε αβαθή ανωμεταφορά καθώς και σε ανωμεταφορά που φτάνει σε μεσαία και μεγάλα ύψη.
- **Νέφη και Μεγάλης Κλίμακας Υετός:** Το σχήμα επιλύει δύο προγνωστικές εξισώσεις για να υπολογίσει την περιεκτικότητα της ατμόσφαιρας σε νερό/πάγο καθώς και τη νεφοκάλυψη. Το σχήμα νεφών αναπαριστά το σχηματισμό σωρρειτόμορφων και στρωματομόρφων νεφών.

Επίσης λαμβάνει υπόψη αρκετές σημαντικές διεργασίες που συμβαίνουν στα νέφη, όπως εισροή στην κορυφή τους, σχηματισμό υετού (σε υγρή και στερεή μορφή) και εξάτμιση του υετού.

- Επιφανειακές και Υπεδάφειες Διεργασίες: Το σχήμα περικλείει προγνωστικές εξισώσεις για τη θερμοκρασία και υγρασία σε τέσσερα επίπεδα μέσα στο έδαφος, καθώς και για το χιόνι. Ένα στρώμα κατακράτησης στην επιφάνεια συλλέγει τον υετό και τη δρόσο. Στον υπολογισμό της εξάτμισης το γυμνό χώμα, η βλάστηση και οι επιφάνειες με χιόνι συνεισφέρουν χωριστά.
- Οξειδωση του Μεθανίου: Αυτό είναι ένα απλό σχήμα που παραμετροποιεί τις πηγές υγρασίας στην ανώτερη στρατόσφαιρα λόγω της οξειδωσης του μεθανίου. Επίσης υπάρχει και ένα σχήμα που αναπαριστά την φωτόλυση των υδρατμών στη μεσόσφαιρα.
- Χημείας Όζοντος: Το σχήμα περικλείει μία προγνωστική εξίσωση για τον υπολογισμό της αναλογίας μίγματος του όζοντος. Αυτή η εξίσωση χρησιμοποιεί παραμετροποιημένες τιμές για πηγές και καταβόθρες του όζοντος

9.3.2 Μοντέλα περιορισμένης περιοχής (Limited Area Model – LAM)

Όσον αφορά την περίπτωση των διαταραχών μικρής ή πολύ μικρής κλίμακας η προσομοίωση και η δυνατότητα πρόγνωσης τους είναι περιορισμένη από τη κατηγορία των παγκόσμιων μοντέλων και απαιτείται μοντέλο περιορισμένης περιοχής. Τα μοντέλα περιορισμένης περιοχής στηρίζονται στις ίδιες περίπου εξισώσεις, με τη διαφορά ότι εκτελούνται σε μία περιορισμένη περιοχή, χρησιμοποιώντας ένα πυκνότερο πλέγμα σημείων και μπορούν να προσομοιώσουν με ακριβέστερο τρόπο διαταραχές και φαινόμενα μικρής κλίμακας, γεγονός που συνεπάγεται αναλυτικότερα και ποιοτικότερα αποτελέσματα. Αντί να επιλύεται το πρόβλημα του καιρού σε ολόκληρη τη γη, πάνω σε ένα αραιό πλέγμα σημείων, επικεντρώνεται το ενδιαφέρον σε μια μικρή συγκεκριμένη περιοχή (π.χ. Ευρώπη ή Ελλάδα) και επιλύεται το πρόβλημα χρησιμοποιώντας ένα πολύ πιο πυκνό πλέγμα σημείων (< 25km).

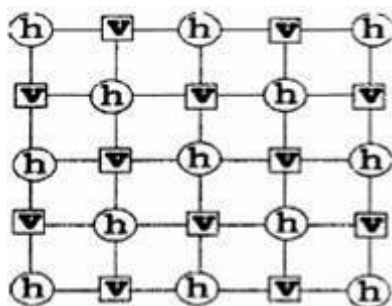
Είναι προφανές ότι προκειμένου να εξασφαλισθεί η μαθηματική συνέπεια κατά την επίλυση των διαφορικών εξισώσεων στα άκρα της προκαθορισμένης περιοχής, απαιτείται πληροφορία για τα γειτνιάζοντα σ' αυτήν εξωτερικά σημεία. Θα πρέπει δηλαδή να καθοριστούν οι προσαρμοσμένες στο μοντέλο συνοριακές συνθήκες. Σε διεθνές επίπεδο για την επίλυση του προβλήματος αυτού, εφαρμόζεται η μέθοδος εισαγωγής των απαιτούμενων δεδομένων από ένα global μοντέλο που έχει εκτελεστεί νωρίτερα. Τα μοντέλα περιορισμένης περιοχής χωρίζονται σε δύο κατηγορίες, τα υδροστατικά και μη υδροστατικά μοντέλα. Η ουσιαστική τους διαφορά είναι ότι τα υδροστατικά μοντέλα θεωρούν ότι στην περιοχή ολοκλήρωσης ισχύει η υδροστατική εξίσωση των αερίων ($dp = -\rho g dz$) ενώ τα μη υδροστατικά όχι.

9.3.2.1 Υδροστατικά – «ΣΚΙΡΩΝ»

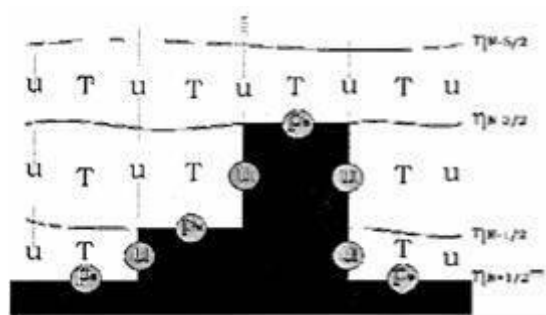
Το μοντέλο πρόγνωσης περιορισμένης περιοχής «ΣΚΙΡΩΝ» στηρίζεται στο μοντέλο ETA που

αναπτύχθηκε αρχικά στο πανεπιστήμιο Βελιγραδίου για εφαρμογή σε περιοχές με έντονο ανάγλυφο. Κατά τη διάρκεια των τελευταίων πέντε ετών η ανάπτυξη του μοντέλου συνεχίστηκε στα πλαίσια του προγράμματος «ΣΚΙΡΩΝ» από το πανεπιστήμιο Αθηνών (Τμήμα Πληροφορικής και Μετεωρολογίας), την ΕΜΥ και τις εταιρείες Brainware και ITC. Το ETA ανήκει στην κατηγορία των υδροστατικών μοντέλων περιορισμένης περιοχής.

Για την εξασφάλιση των οριακών συνθηκών χρησιμοποιούνται τα στοιχεία του μοντέλου του ECMWF. Συγκεκριμένα εισάγονται ανά τρεις ώρες τα πεδία θερμοκρασίας, υψών, ειδικής υγρασίας, και ανέμου στα ισοβαρικά επίπεδα 1000, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150 και 100 hPa



Σχήμα 9.6. Ημι-εναλλασσόμενο οριζόντιο Arakawa E πλέγμα (6).



Σχήμα 9.7. Κατακόρυφη δομή του ETA μοντέλου (6).

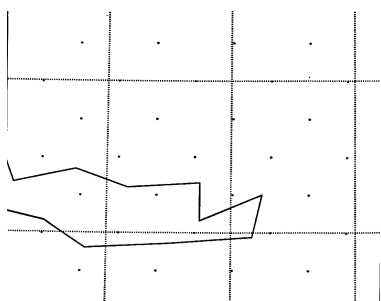
Τα βασικά χαρακτηριστικά του μοντέλου ETA συνοψίζονται στα παρακάτω:

- Χρησιμοποιεί ημι-εναλλασσόμενο οριζόντιο Arakawa E πλέγμα (Σχήμα 9.6).
- Η δομή των διαφορικών σχημάτων έγινε με κριτήριο την διατήρηση της στροφορμής και της μάζας.
- Έγινε η χρήση της μεθόδου step-mountains (σχήμα 9.7) για την απεικόνιση των ορεινών όγκων. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στο ETA και είναι ιδιαίτερα αποτελεσματική για περιοχές όπου το ανάγλυφο του εδάφους παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις. Για την κατακόρυφη απεικόνιση της ατμόσφαιρας έχει υιοθετηθεί το σύστημα συντεταγμένων «η» (απ' όπου προέρχεται και το όνομα του μοντέλου) το οποίο χρησιμοποιεί επί του παρόντος 32 επίπεδα τα οποία είναι σχεδόν παράλληλα με την επιφάνεια της γης, (δηλαδή είναι σχεδόν ισούψή).
- Για τη ρεαλιστικότερη αναπαράσταση των διαδικασιών της ατμόσφαιρας το μοντέλο χρησιμοποιεί τα παρακάτω αναλυτικά στοιχεία που αφορούν την επιφάνεια της γης:
 - ✓ Στοιχεία ορογραφίας εδάφους από το US Geological Survey (USGS) ανά 30 δεύτερα της μοίρας.
 - ✓ Στοιχεία βλάστησης εδάφους ανά 10 λεπτά της μοίρας.
 - ✓ Στοιχεία τύπου εδάφους ανά 10 λεπτά της μοίρας.

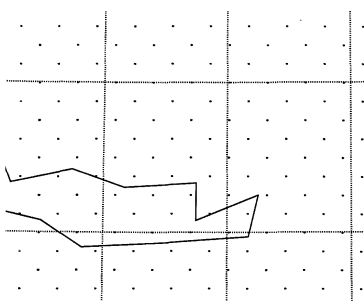
Το μοντέλο ETA εκτελείται σε δύο διαφορετικές περιοχές. Η πρώτη περιοχή καλύπτει σχεδόν όλη την Ευρώπη, καθώς και μεγάλα τμήματα της Ασίας και της Αφρικής και η ανάλυση που χρησιμοποιείται

(δηλαδή η απόσταση των σημείων μεταξύ τους) είναι 24km. Η δεύτερη περιοχή καλύπτει μόνο τη ΝΑ Μεσόγειο με ανάλυση περίπου 12.5km. Κατά συνέπεια ο αριθμός των σημείων που χρησιμοποιείται από το «ΣΚΙΡΩΝ» για την αναπαράσταση του καιρού της συγκεκριμένης περιοχής, είναι πολύ μεγαλύτερος από τον αντίστοιχο αριθμό σημείων (με απόσταση 50km) που χρησιμοποιεί ένα global μοντέλο. Για συγκριτικούς σκοπούς παρατίθενται τα σχήματα 9.8, 9.9, 9.10, όπου αναπαρίστανται το πλέγμα του μοντέλου με ανάλυση 50km, 24km και 12.5km αντίστοιχα.

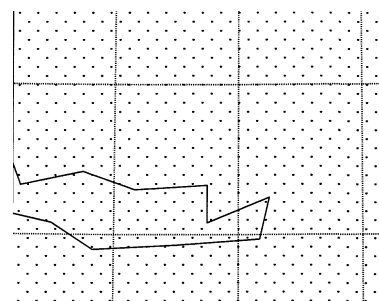
Μελλοντικός στόχος της ΕΜΥ είναι η περαιτέρω πύκνωση του πλέγματος στις 0.08^ο. Η χρήση ενός τόσο πυκνού πλέγματος αφενός θα εξασφαλίζει την εισαγωγή πολύ πιο λεπτομερών και ποιοτικών αρχικών συνθηκών καθώς και τοπογραφικών παραμέτρων. Αφετέρου θα έχει σαν αποτέλεσμα την επίλυση των διαφορικών εξισώσεων του μοντέλου σε ένα πολύ πιο πυκνό πλέγμα σημείων, χρησιμοποιώντας πολύ μικρό χρονικό βήμα (20sec), με αποτέλεσμα την καλύτερη προσομοίωση συστημάτων ροής μικρής χωρικά και χρονικά κλίμακας. Με τον τρόπο αυτό τα προϊόντα που τελικά θα προκύπτουν θα εξασφαλίζουν πολύ πιο λεπτομερή και αξιόπιστα στοιχεία και οι τοπικές προγνώσεις θα στηρίζονται πλέον σε ένα αξιόπιστο εργαλείο και όχι μόνο στην προσωπική εμπειρία του μετεωρολόγου.



Σχήμα 9.8. Το πλέγμα που χρησιμοποιεί το μοντέλο του ECMWF με απόσταση σημείων 50Km (6).



Σχήμα 9.9. Το πλέγμα του μοντέλου ETA με απόσταση σημείων 24Km (6).



Σχήμα 9.10. Το πλέγμα του μοντέλου ETA με απόσταση σημείων 12.5Km (6).

9.3.2.2 Μη υδροστατικά – «LM»

Στα υδροστατικά μοντέλα, από τις πλήρεις εξισώσεις που διέπουν την κίνηση της ατμόσφαιρας, λαμβάνονται υπόψη μόνον οι κυρίαρχοι όροι (όροι των οποίων η τάξη μεγέθους είναι μεγαλύτερη). Η παραπάνω παραδοχή έχει σαν αποτέλεσμα έντονα ατμοσφαιρικά φαινόμενα και σημαντικά συστήματα ροής, μικρής χωρικά κλίμακας και μικρής χρονικής διάρκειας που σχετίζονται με μη υδροστατικές κλίμακες κίνησης να μην προσομοιώνονται ικανοποιητικά από αυτά. Για την προσομοίωση και πρόγνωση των παραπάνω φαινομένων πολύ μικρής κλίμακας η ΕΜΥ συμμετέχει μαζί με τις μετεωρολογικές υπηρεσίες της Γερμανίας, Ελβετίας και Ιταλίας στο πρόγραμμα C.O.S.M.O.(COORDINATED SMALL – SCALE MODELLING CONSORTIUM). Σκοπός του συγκεκριμένου project είναι η από κοινού ανάπτυξη, βελτίωση και συντήρηση ενός μη υδροστατικού συστήματος πρόγνωσης που θα

χρησιμοποιείται για ερευνητικούς και επιχειρησιακούς σκοπούς από τα μέλη του προγράμματος. Το σύστημα βασίστηκε αρχικά στο τοπικό μη υδροστατικό μοντέλο LM.

Το μοντέλο LM αποτελεί ένα μη υδροστατικό αριθμητικό τοπικό μοντέλο πρόγνωσης που βασίζεται στις βασικές υδρο-θερμοδυναμικές εξισώσεις που περιγράφουν συμπιεστή μη υδροστατική ροή σε υγρή ατμόσφαιρα.

Ο βασικός στόχος της παραπάνω εφαρμογής είναι η αριθμητική πρόγνωση καιρικών φαινομένων που λαμβάνουν χώρα κοντά στο έδαφος δίνοντας μεγαλύτερη έμφαση στα πεδία της νεφοκάλυψης, της ομίχλης, του υετού, στα τοπικά συστήματα ανέμων ορογραφικών και θερμικών αιτίων, στους πυρήνες καταιγίδων και τις προμετωπικές γραμμές λαιλάπων.

Η χωρική διακριτότητα είναι 12.5km και το χρονικό βήμα 30sec, ενώ κατά την κατακόρυφη διάσταση προσομοιώνει την ατμόσφαιρα με 32 επίπεδα. Οι αρχικές και συνοριακές συνθήκες εξασφαλίζονται μέσω του Γερμανικού παγκόσμιου μοντέλου GM (Global Model) που εκτελείται στη Γερμανική Μετεωρολογική Υπηρεσία (DWD). Η περιοχή εκτέλεσης περιλαμβάνει ένα μικρό τμήμα της ΝΑ Μεσογείου.

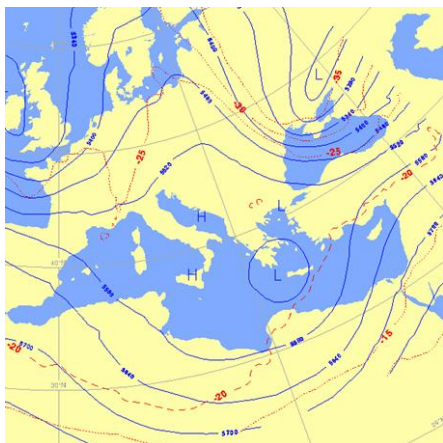
Τα προϊόντα του μοντέλου είναι τα παρακάτω:

- Πεδία επιφανείας (θερμοκρασία εδάφους, άνεμος στα 10m, πίεση, υετός, νεφοκάλυψη, απορροή υδάτων κτλ)
- Πεδία ισοβαρικών σταθμών (γεωδυναμικά ύψη, άνεμος, υγρασία, συνάρτηση ωμέγα κτλ)
- Πεδία σε ισοϋψείς στάθμες της ατμόσφαιρας (πίεση, υγρασία, άνεμος κτλ).

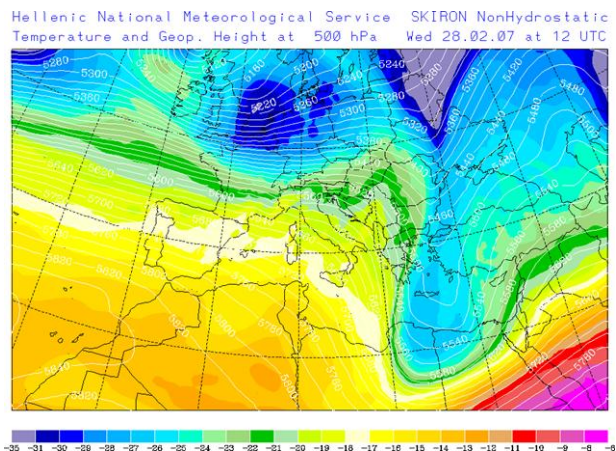
9.4 Βασικά προϊόντα μοντέλων

Τα διαθέσιμα προϊόντα του ντετερμινιστικού αριθμητικού μοντέλου αναλυτικά φαίνονται στο Παράρτημα II. Τα βασικότερα από αυτά, τα οποία αποτελούν και τα απαραίτητα εργαλεία για την πρόγνωση του καιρού, παρουσιάζονται στο σημείο αυτό, τόσο για το παγκόσμιο αριθμητικό μοντέλο του ECMWF, όσο και για τα αριθμητικά μοντέλα περιορισμένης περιοχής «ΣΚΙΡΩΝ» και «LM». Εκ πρώτης όψεως είναι εμφανείς οι διαφορές στον τρόπο με τον οποίο οπτικοποιούνται όμοια αποτελέσματα στα τρία αριθμητικά μοντέλα. Η ουσιαστική τους διαφορά, η οποία εντοπίζεται κυρίως στην διακριτική τους ικανότητα, φαίνεται στους προγνωστικούς χάρτες των ανέμων επιφανείας. Το πλέγμα των μοντέλων περιορισμένης περιοχής (12.5Km) είναι πολύ πυκνότερο από το αντίστοιχο του παγκόσμιου αριθμητικού μοντέλου (50Km). Τέλος διαφορές στα αποτελέσματα, μικρές ή ουσιαστικές, παρατηρούνται ακόμη και μεταξύ των περιοχικών μοντέλων «ΣΚΙΡΩΝ» και «LM». Οι διαφορές αυτές είναι αναμενόμενες λόγω των διαφορετικών παραδοχών που υιοθετούνται για την επίλυση των εξισώσεων κίνησης στην ατμόσφαιρα.

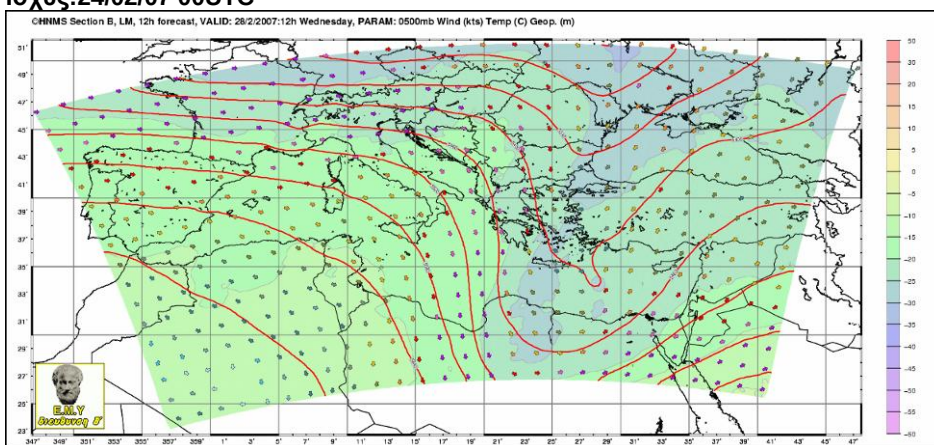
9.4.1 Προγνωστικοί χάρτες της στάθμης των 500hPa



Σχήμα 9.11. ECMWF 500HPA. Ισχύς: 24/02/07 00UTC



Σχήμα 9.12. SKIRON 500HPA. Ισχύς: 28/02/07 12UTC



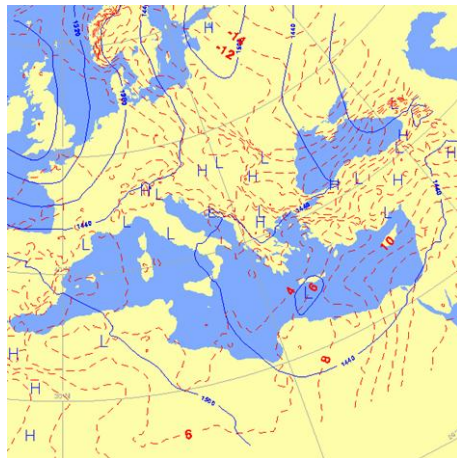
Σχήμα 9.13. LM 500HPA. Ισχύς 28/02/07 12UTC

Στα σχήματα 9.11, 9.14, 9.17 οι ισοϋψείς καμπύλες είναι χαραγμένες με μπλε χρώμα και οι ισόθερμες με κόκκινο. Με τους αντίστοιχους χρωματισμούς αναγράφονται και οι τιμές ύψους και θερμοκρασίας για την κάθε καμπύλη.

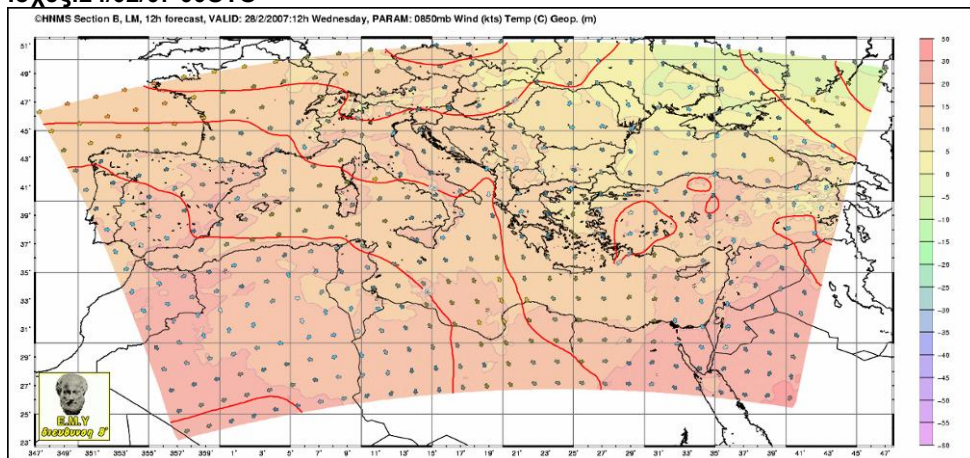
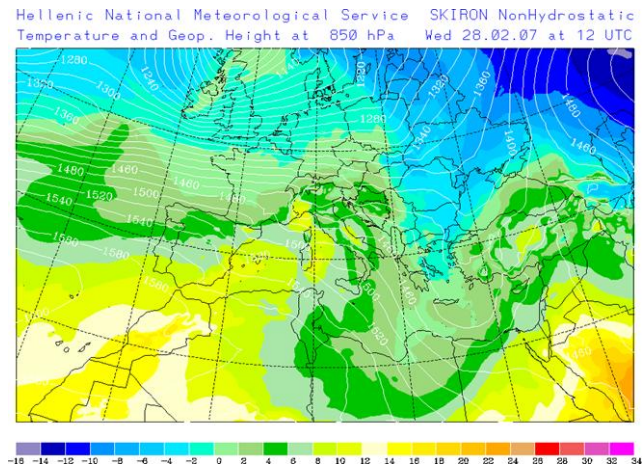
Στα σχήματα 9.12, 9.15, 9.18 οι ισοϋψείς καμπύλες έχουν λευκό χρώμα, ενώ για τις ισόθερμες οι χρωματισμοί ποικίλουν σύμφωνα με το υπόμνημα στο κάτω μέρος του χάρτη. Περιοχές με τον ίδιο χρωματισμό ανήκουν στο ίδιο εύρος θερμοκρασιακών τιμών.

Στα σχήματα 9.13, 9.16, ομοίως, οι ισόθερμες καμπύλες εμφανίζονται με διάφορους χρωματισμούς σύμφωνα με το υπόμνημα, ενώ οι ισοϋψείς είναι κόκκινες. Περιοχές με τον ίδιο χρωματισμό ανήκουν στο ίδιο εύρος θερμοκρασιακών τιμών.

9.4.2 Προγνωστικοί χάρτες της στάθμης των 850hPa

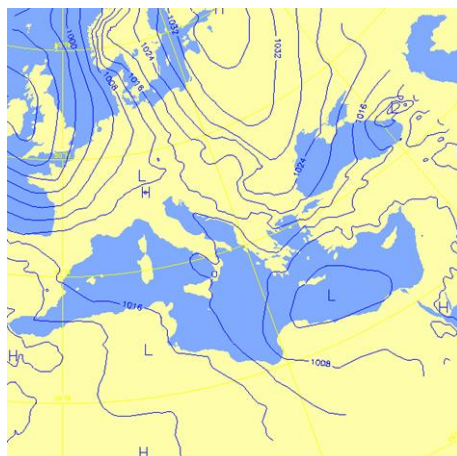


Σχήμα 9.14. ECMWF 850HPA. Σχήμα 9.15. SKIRON 850HPA. Ισχύς: 28/02/07 12UTC
Ισχύς: 24/02/07 00UTC

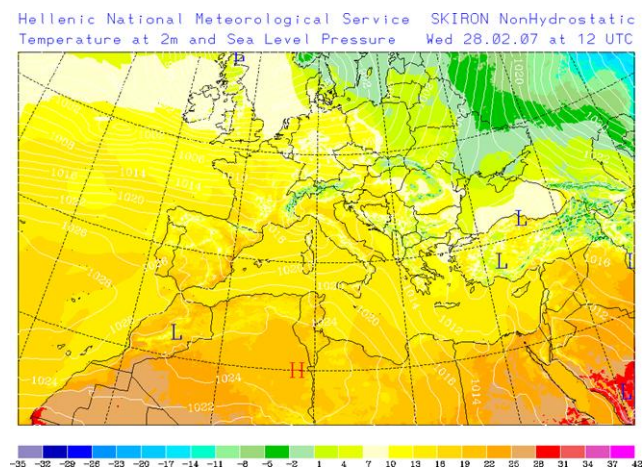


Σχήμα 9.16. LM 850HPA. Ισχύς 28/02/07 12UTC

9.4.3 Προγνωστικοί χάρτες επιφανείας - SFC

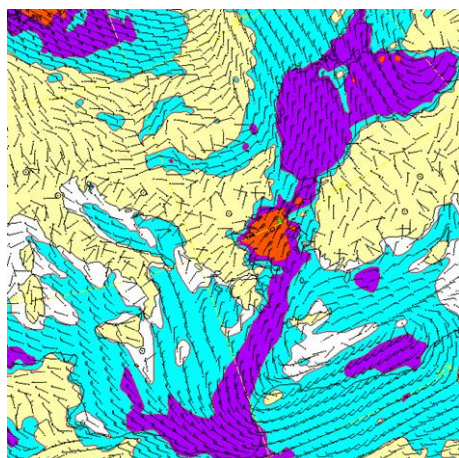


Σχήμα 9.17. ECMWF MSL. 24/02/07 00UTC

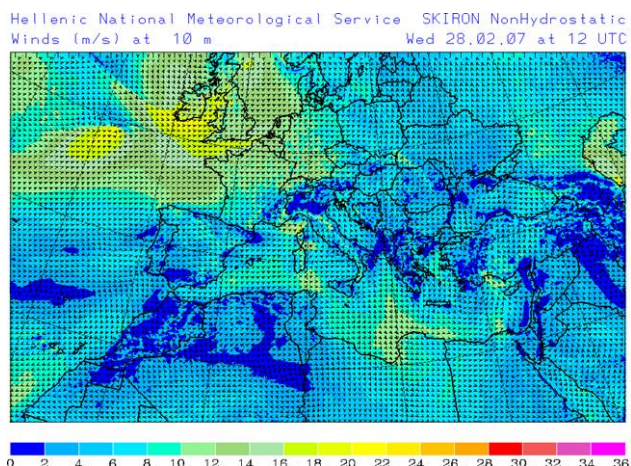


Σχήμα 9.18. SKIRON MSL Ισχύς: 28/02/07 12UTC

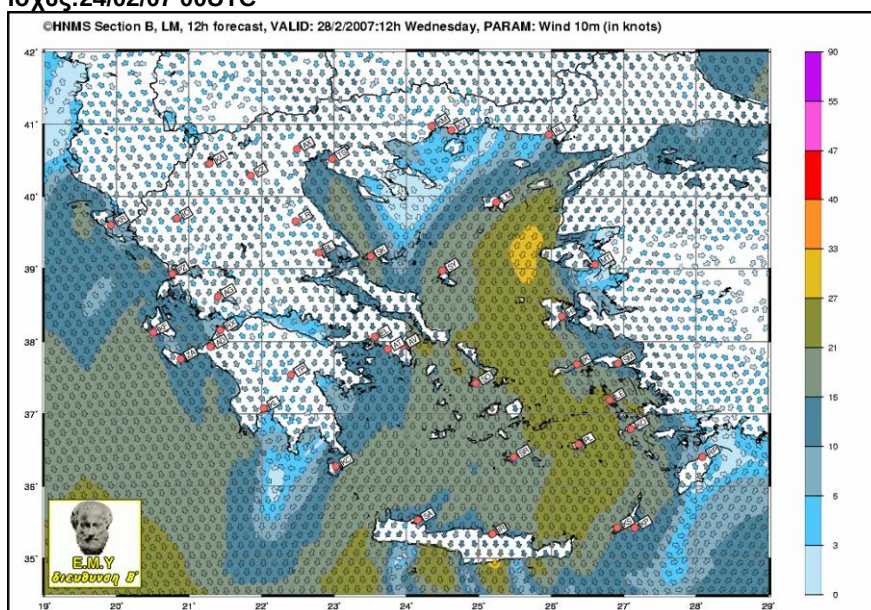
9.4.4 Προγνωστικοί χάρτες Ανέμου Επιφανείας



Σχήμα 9.19. ECMWF WIND at 10m. Ισχύς: 24/02/07 00UTC



Σχήμα 9.20. SKIRON WIND at 10m. Ισχύς: 28/02/07 12UTC



Σχήμα 9.21. LM WIND at 10m. Ισχύς 28/02/07 12UTC

Στο σχήμα 9.19 η διεύθυνση και η ένταση του ανέμου ακολουθεί τα βέλη σε κάθε σημείο του πλέγματος. Σε περιοχές με τον ίδιο χρωματισμό πνέουν άνεμοι ίδιας έντασης (όχι διεύθυνσης).

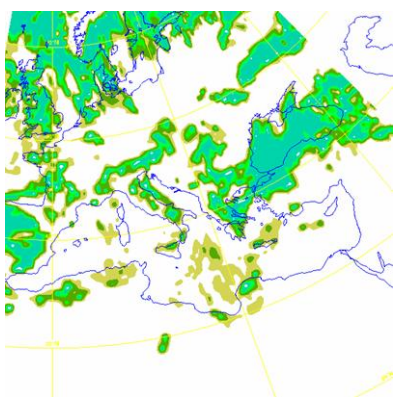
Στο σχήμα 9.20 η διεύθυνση του ανέμου δίνεται από τα βέλη ενώ η έντασή του ακολουθεί τον χρωματικό κώδικα που υπάρχει στο κάτω μέρος του χάρτη.

Στο σχήμα 9.21 η διεύθυνση του ανέμου δίνεται από τα βέλη ενώ η έντασή του ακολουθεί τον χρωματικό κώδικα που υπάρχει στο δεξί μέρος του χάρτη. Η κάθε απόχρωση αντιστοιχεί και σε μία βαθμίδα της κλίμακας Beaufort.

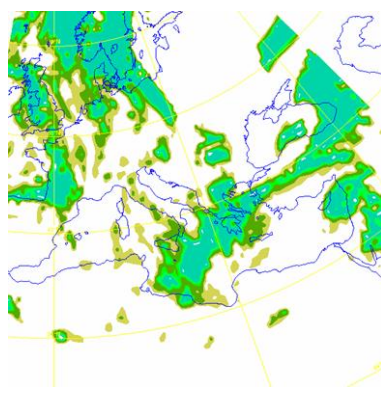
9.4.5 Προγνωστικοί χάρτες Νεφοκάλυψης

Στα σχήματα 9.22, 9.23, 9.24 παρουσιάζεται η ποσότητα των νεφών σε τρεις στάθμες. Η κάθε μία από αυτές αντιστοιχεί σε έναν από τους τρεις βασικούς τύπους νεφών, ανάλογα με το ύψος της βάσης τους, τα χαμηλά, τα μεσαία και τα υψηλά νέφη. Οι αποχρώσεις που χρησιμοποιούνται δηλώνουν περιοχές με διαφορετική ποσότητα νέφωσης. Όσο πιο απαλή είναι η απόχρωση τόσο μικρότερη είναι η νεφοκάλυψη στην αντίστοιχη περιοχή.

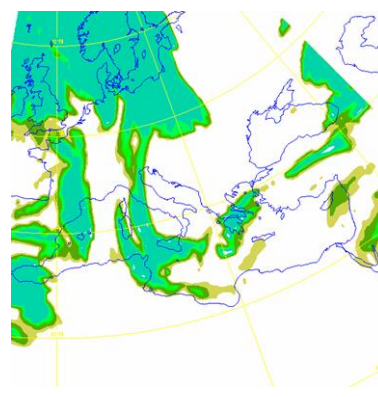
Από τα σχήματα 9.22 και 9.23, φαίνεται ότι ο καιρός στο δυτικό τμήμα της Κρήτης θα είναι νεφосκεπής, ενώ κεντρικά και ανατολικά θα έχει λίγες αραιές νεφώσεις.



Σχήμα 9.22. ECMWF Low Clouds Cover. Ισχύς: 24/02/07 00UTC

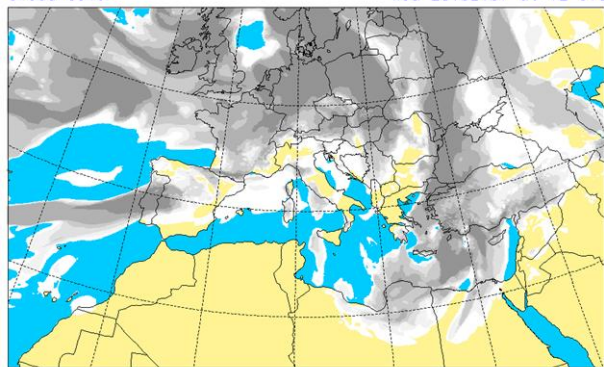


Σχήμα 9.23. ECMWF Middle Clouds Cover. Ισχύς: 24/02/07 00UTC



Σχήμα 9.24. ECMWF High Clouds Cover. Ισχύς: 24/02/07 00UTC

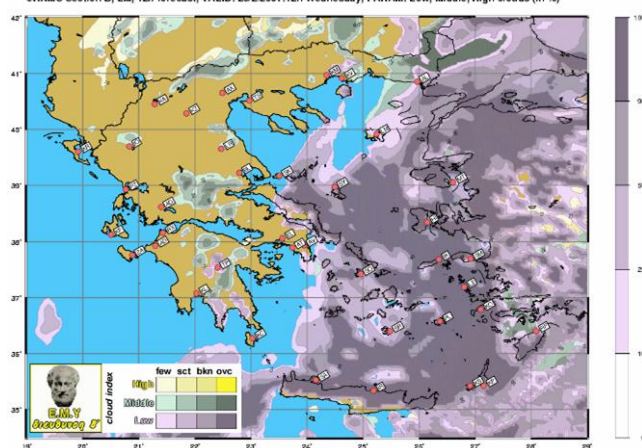
Hellenic National Meteorological Service SKIRON NonHydrostatic Cloud Cover Wed 28.02.07 at 12 UTC



HIGH CLOUDS LOW CLOUDS

Σχήμα 9.25. SKIRON Clouds Cover. Ισχύς: 28/02/07 12UTC

CHIMS Section B, LM, 12h forecast, VALID: 28/2/2007:12h Wednesday, PARAM: Low, Middle, High clouds (in %)



Σχήμα 9.26. LM Clouds Cover. Ισχύς 28/02/07 12UTC

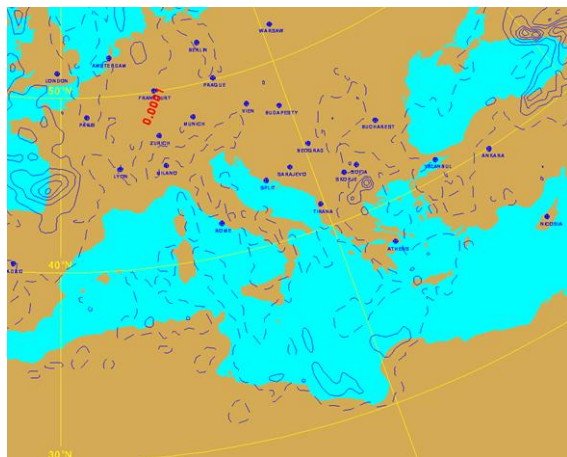
Στο σχήμα 9.25 παρουσιάζεται η νεφοκάλυψη με αποχρώσεις του γκρι που αντιστοιχούν στο ύψος της βάσης των νεφών. Όσο η απόχρωση πλησιάζει στο μαύρο τόσο πιο χαμηλές είναι οι βάσεις των νεφών στην αντίστοιχη περιοχή.

Στο σχήμα 9.26 παρουσιάζεται η νεφοκάλυψη σε τρεις στάθμες, για τους τρεις βασικούς τύπους νεφών. Η νέφωση της κάθε στάθμης έχει διαφορετικό χρώμα ενώ η ποσότητα της νέφωσης

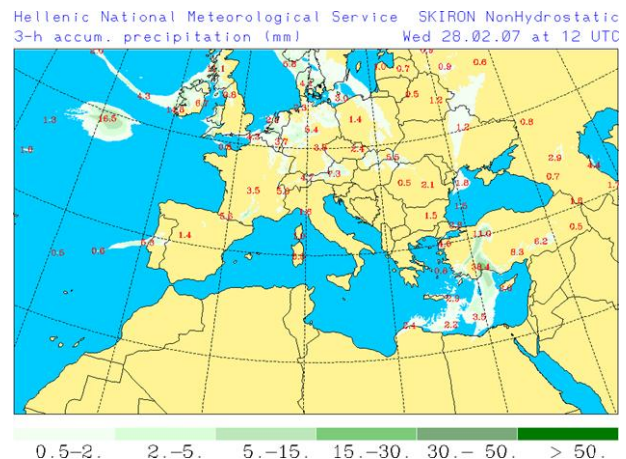
διαφορετική απόχρωση, σύμφωνα με το υπόμνημα στο κάτω μέρος του χάρτη. Όσο πιο σκουρόχρωμη είναι η απόχρωση, τόσο μεγαλύτερη είναι η ποσότητα της νέφωσης στην περιοχή.

Από τα σχήματα 9.25 και 9.26 φαίνεται ότι ο καιρός θα είναι νεφοσκεπής στο βόρειο τμήμα της Κρήτης, ενώ οι νότιες περιοχές θα έχουν λίγες αραιές νεφώσεις. (Τα αποτελέσματα των δύο περιοχικών μοντέλων στην περίπτωση αυτή, συμφωνούν ως προς την νέφωση στην περιοχή της Κρήτης).

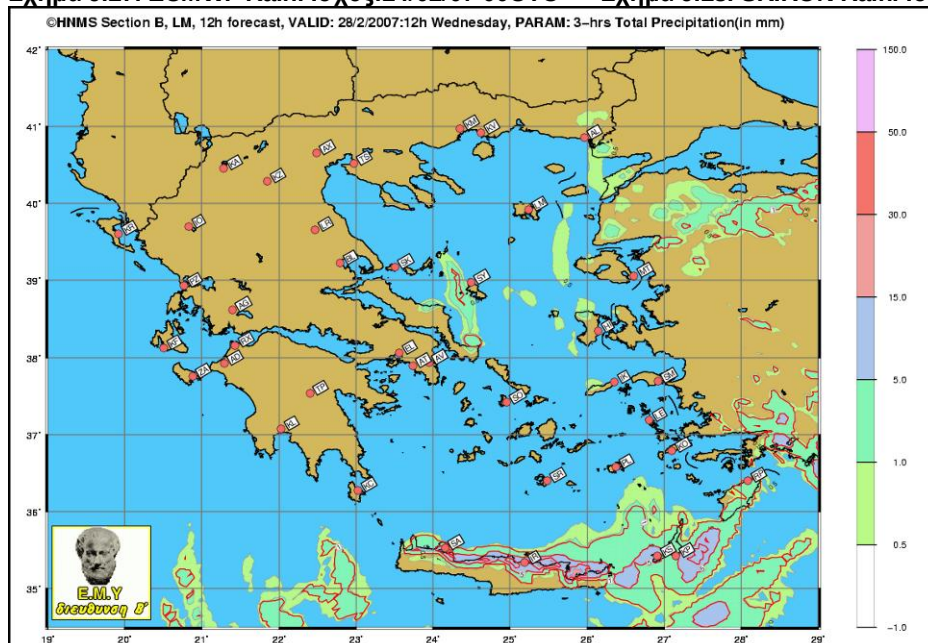
9.4.6 Προγνωστικοί χάρτες Βροχόπτωσης



Σχήμα 9.27. ECMWF Rain. Ισχύς: 24/02/07 00UTC



Σχήμα 9.28. SKIRON Rain. Ισχύς: 28/02/07 12UTC



Σχήμα 9.29. LM Rain. Ισχύς 28/02/07 12UTC

Στο σχήμα 9.27 οι περιοχές όπου αναμένεται οποιαδήποτε μορφή υετού, εσωκλείονται στις ισοϋετες καμπύλες. Όσο περισσότερες είναι οι καμπύλες που περικλείουν μια περιοχή, τόσο μεγαλύτερο αναμένεται το ύψος υετού στην περιοχή αυτή.

Στα σχήματα 9.28 και 9.29 οι περιοχές όπου αναμένεται οποιαδήποτε μορφή υετού είναι χρωματισμένες. Η κάθε απόχρωση αντιστοιχεί σε δεδομένο ύψος υετού, οποιασδήποτε μορφής, σύμφωνα με το υπόμνημα που βρίσκεται στο κάτω μέρος του χάρτη.

Από το σχήμα 9.28 φαίνεται ότι ο καιρός θα είναι βροχερός στο κεντρικό και ανατολικό τμήμα της Κρήτης, ενώ από το σχήμα 9.29 φαίνεται ότι βροχερός καιρός θα επηρεάσει όλο το βόρειο τμήμα του νησιού, και το δυτικό. (Τα αποτελέσματα των δύο περιοχικών μοντέλων στην περίπτωση αυτή, δεν συμφωνούν ως προς τη βροχόπτωση στην περιοχή της Κρήτης).

9.5 Πρακτική Πρόγνωση του Καιρού

Όσοι έχουν ζήσει και εργαστεί αρκετά χρόνια στη θάλασσα, όπως οι ψαράδες και οι παλαιοί ναυτικοί, μπορούν να κάνουν κάποια πρακτική πρόβλεψη για την εξέλιξη του καιρού, παρατηρώντας διάφορα σημάδια στον ουρανό ή τη θάλασσα, ή εκτιμώντας τη συμπεριφορά των πουλιών της θάλασσας. Αναφέρονται μερικές πρακτικές παρατηρήσεις ναυτικών, στις οποίες η μετεωρολογία σαν επιστήμη δεν μπορεί να βασιστεί και να λάβει υπόψη της για την πρόγνωση του καιρού:

- ✓ Όταν ο ήλιος είναι θαμπός ή λευκός, προβλέπεται βροχή.
- ✓ Όταν ο ήλιος δύει πίσω από πυκνά σύννεφα, και ο ορίζοντας προς την Ανατολή είναι χαλκόχρωμος, προβλέπεται βροχή.
- ✓ Όταν ο ήλιος κατά τη δύση του ακτινοβολεί μέσα από τα σύννεφα, προβλέπεται άνεμος και κακοκαιρία.
- ✓ Όταν είναι ο ήλιος πολύ ζεστός και η ατμόσφαιρα αποπνικτική, προβλέπεται βροχή.
- ✓ Όταν ο ήλιος είναι χλωμός ή κοκκινόχρωμος κατά την ανατολή του και πίσω από σύννεφα, προβλέπεται βροχή.
- ✓ Όταν η σελήνη φαίνεται αμυδρά, προβλέπεται βροχή.
- ✓ Όταν η σελήνη δύο ημέρες πριν από την πανσέληνο ή και κατά την πανσέληνο καθώς ανατέλλει έχει κόκκινο χρώμα, προβλέπεται ενίσχυση του ανέμου.
- ✓ Όταν η σελήνη είναι φωτεινή, τόσο όταν είναι πανσέληνος όσο και όταν είναι κατά το ένα τέταρτο, προβλέπεται καλός καιρός.
- ✓ Όταν η σελήνη του ενός τετάρτου είναι όρθια, προβλέπεται καλός καιρός.
- ✓ Όταν η σελήνη του ενός τετάρτου είναι πλάγια, προβλέπεται κακοκαιρία.
- ✓ Όταν η σελήνη ή ο ήλιος περιβάλλονται από μικρό κύκλο (στέμμα), προβλέπεται βροχή.
- ✓ Όταν περιβάλλονται από μεγάλο κύκλο (στέμμα), προβλέπεται καλός καιρός.
- ✓ Όταν τα αστέρια είναι θαμπά, προβλέπεται βροχή.
- ✓ Όταν έχουμε πανσέληνο δύο φορές στον ίδιο μήνα, προβλέπεται βροχή.
- ✓ Όταν τα ψάρια αναδύονται ή κινούνται κοντά στην επιφάνεια, προβλέπεται βροχή.

10^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΝΟΠΤΙΚΗ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑ ΝΔ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ – Δ ΚΡΗΤΗΣ

10.1 Γενικά χαρακτηριστικά.

10.1.1 Τοπογραφία και θερμοκρασία θαλάσσιας επιφάνειας

Τα βουνά της Κρήτης και η γύρω θαλάσσια περιοχή του Αιγαίου επηρεάζουν το κλίμα του νησιού. Το θαλάσσιο τμήμα του Αιγαίου βοηθά ώστε να μετριαστούν οι ετήσιες θερμοκρασίες γύρω από μια μέση ετήσια θερμοκρασία που κυμαίνεται γύρω στους 28^οC. Κατά τους καλοκαιρινούς μήνες, η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη στα βορειοδυτικά, αφού στις ακτές αυτές πνέουν οι Ετησίες (Μελτέμια). Κατά τους χειμερινούς μήνες, τα θερμότερα υδάτινα τμήματα τριγύρω, συνδυαζόμενα με το χαμηλό υψόμετρο των παράκτιων περιοχών, εξασφαλίζουν ότι η εμφάνιση παγετού ή παγωμένου υετού είναι σπάνια. Χιόνι εμφανίζεται στα βόρεια τμήματα των υψηλότερων βουνών. Τα σχήματα 10.1 και 10.2 παρουσιάζουν την θερμοκρασία της θαλάσσιας επιφάνειας για τον Φεβρουάριο και τον Αύγουστο.

10.1.2 Αέριες μάζες

Πολικές Ηπειρωτικές

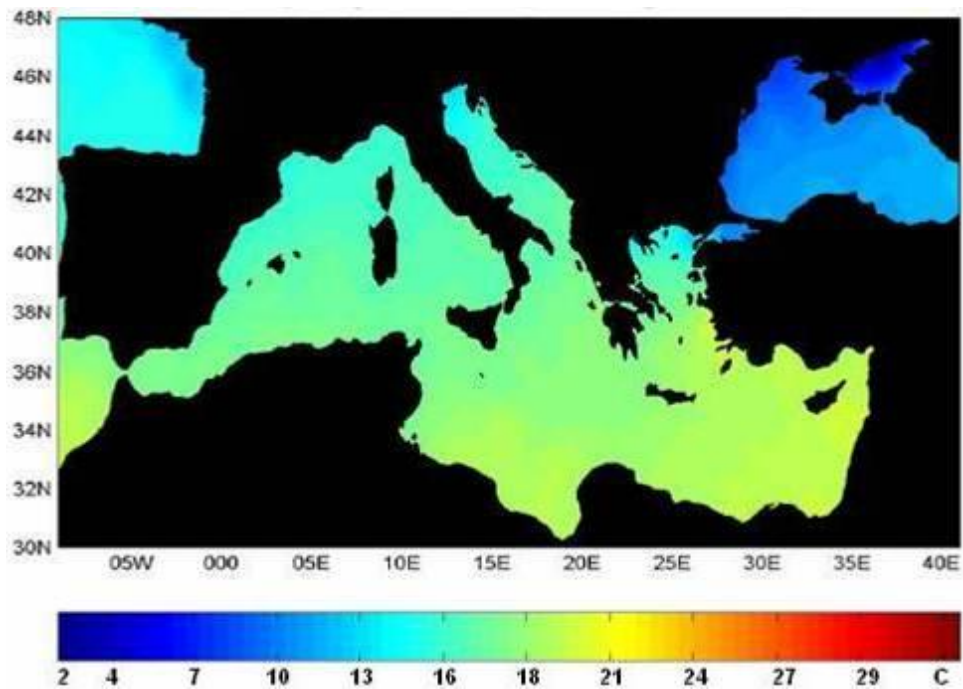
Το χειμώνα πολικές ηπειρωτικές αέριες μάζες συχνά εκτείνονται, από την περιοχή όπου πηγάζουν στην Ρωσία/Φιλανδία, προς τα κάτω μέχρι την κεντρική Μεσόγειο σχηματίζοντας νέφη κατακόρυφης ανάπτυξης με υετό. Ενίοτε αυτές οι αέριες μάζες ξεκινούν την ανάπτυξη ενός οργανωμένου κυκλωνικού συστήματος πάνω από την κεντρική Μεσόγειο και προκαλούν την πτώση της θερμοκρασίας. Αν οι παραπάνω ψυχρές αέριες μάζες, ακολουθούν πίσω από ένα βαθύ βαρομετρικό χαμηλό μπορεί να εμφανιστεί χιόνι, σπάνια όμως αυτό εκτείνεται και στα χαμηλότερα υψόμετρα. Το καλοκαίρι μπορεί να εμφανιστούν στρωματόμορφα νέφη και ασθενείς βροχοπτώσεις όταν αυτού του είδους αέρια μάζα εκτείνεται αρκετά νότια.

Θαλάσσιες Τροπικές

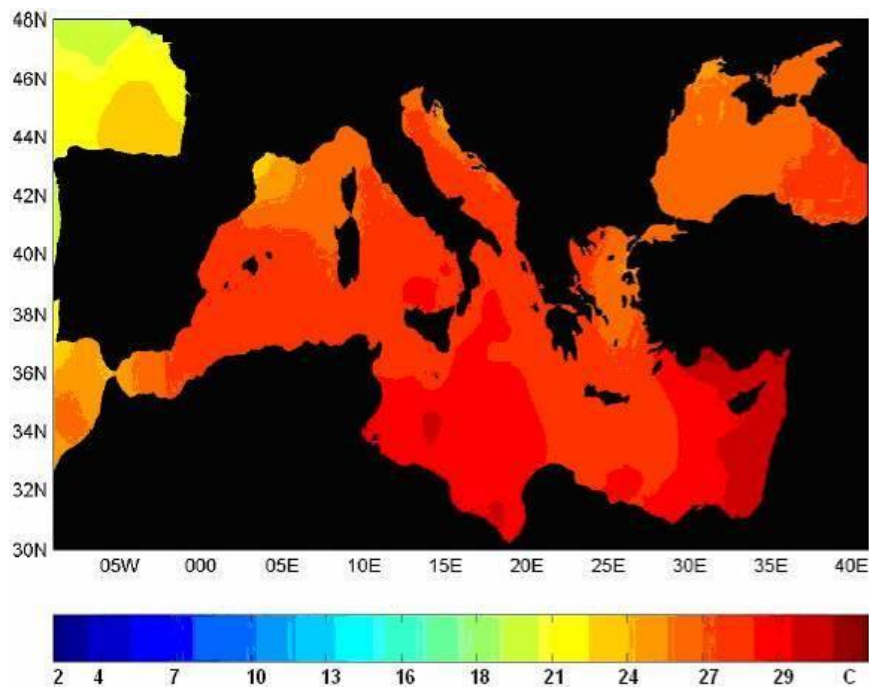
Εξαιτίας της τροχιάς τους πάνω από τα σχετικά ψυχρά νερά του Ατλαντικού, οι θαλάσσιες τροπικές αέριες μάζες μετατρέπονται σε σχετικά ψυχρές καθώς κινούνται στην ανατολική Μεσόγειο. Το χειμώνα αυτές οι αέριες μάζες προκαλούν βροχή ή ψεκάδες ενώ μπορεί να εμφανιστούν σωρειτόμορφα νέφη αλλά σπάνια προκαλούν υετό.

Τροπικές Ηπειρωτικές

Οι τροπικές Ηπειρωτικές αέριες μάζες από την Βόρεια Αφρική τροποποιούνται καθώς κινούνται πάνω από την κεντρική Μεσόγειο. Η σκόνη που μπορεί να μεταφέρουν από την Βόρεια Αφρική



Σχήμα 10.1. Μέση θερμοκρασία επιφάνειας θαλάσσης για το μήνα Φεβρουάριο (βαθμούς Κελσίου). Η πτώση της πίεσης ελαττώνεται με το ύψος και διαφέρει με τη θερμοκρασία της αέριας μάζας (29).



Σχήμα 10.2. Μέση θερμοκρασία επιφάνειας θαλάσσης για το μήνα Αύγουστο (βαθμούς Κελσίου). Η πτώση της πίεσης ελαττώνεται με το ύψος και διαφέρει με τη θερμοκρασία της αέριας μάζας (29).

περιορίζει την ορατότητα και μπορεί να εμφανιστεί σε πολλά επίπεδα της ατμόσφαιρας. Αυτή η αέρια μάζα αποτελεί την κύρια πηγή θερμότητας για την ανάπτυξη των μεσογειακών κυκλωνικών καταιγίδων, που πιο συχνά εμφανίζονται κατά την διάρκεια του χειμώνα και της άνοιξης. Ο τροπικός ηπειρωτικός αέρας από την Βόρεια Αφρική είναι η θερμότερη αέρια μάζα που επηρεάζει την περιοχή της Κρήτης και είναι υπεύθυνος για πολλά από τα «θερμά κύματα» που προκαλούν υψηλές θερμοκρασίες. Το καλοκαίρι είναι πιθανό αυτές οι αέριες μάζες να επεκταθούν πάνω από την Ασία και μέσα στα Βαλκάνια.

10.2 Μέσες Ετήσιες τιμές

10.2.1 Θερμοκρασία

Τα σχήματα 10.3 και 10.4 παρουσιάζουν τις μέσες τιμές 44 ετών (1958 – 2001):

- Μέση Ετήσια: 18.2°C
- Μέση Μέγιστη Ετήσια: 22.18°C
- Μέση Ελάχιστη Ετήσια: 13.9°C
- Ακραία Μέγιστη: 44.5°C (Ιούλιο 1988)
- Ακραία Ελάχιστη: -2,2°C (Φεβρουάριο 1983)

10.2.2. Άνεμος.

Παρακάτω φαίνονται οι μέσες τιμές 44 ετών (1958 – 2001):

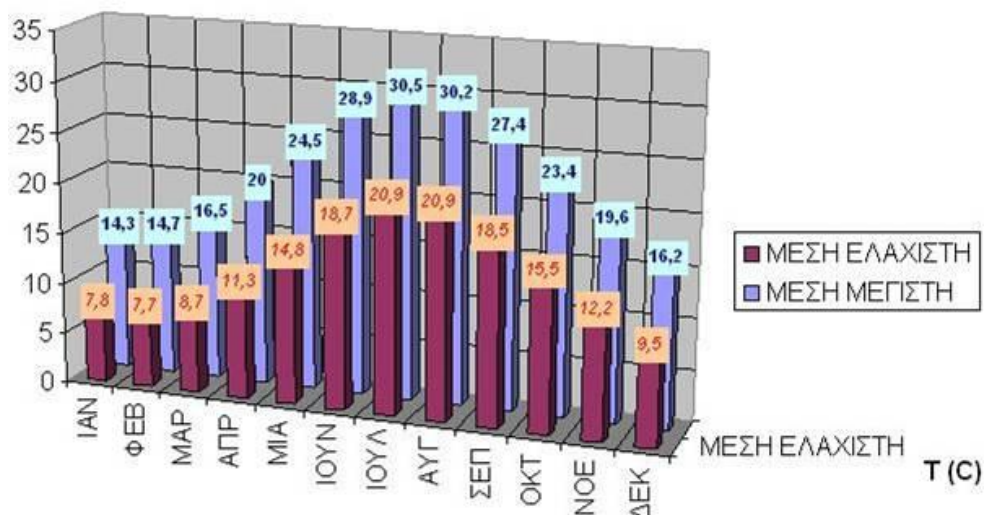
- Επικρατούσα διεύθυνση ανέμου: Δυτικός - Βορειοδυτικός
- Επικρατούσα ένταση ανέμου: 08Kts
- Μέγιστη ριπή ανέμου: 50Kts (Φεβρουάριος 2001)

10.2.3. Υετός.

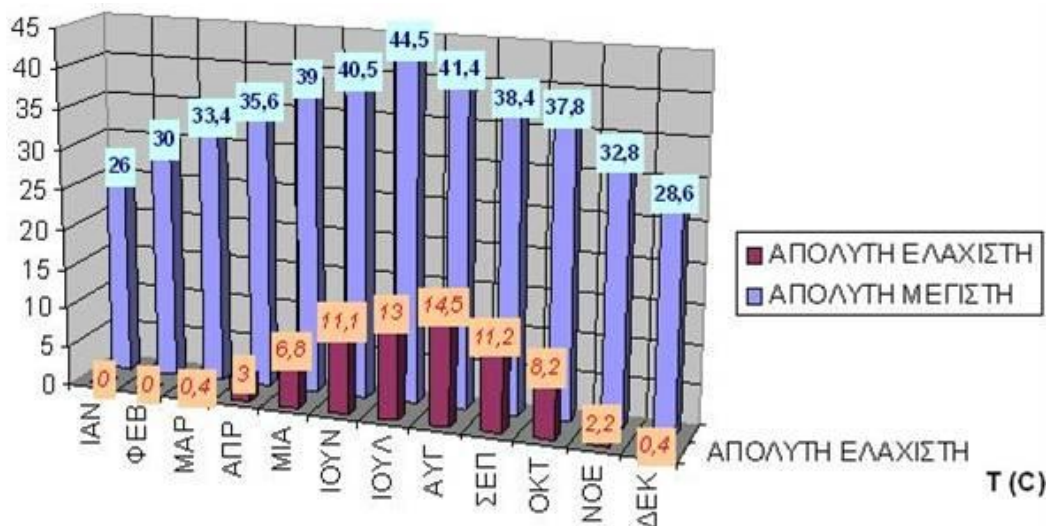
Παρακάτω στο σχήμα 10.5 φαίνονται οι μέσες τιμές 44 ετών (1958 – 2001) στο ΜΣ Σούδας:

- Ετήσιος υετός: 45,15cm
- Μέγιστος ετήσιος υετός: 99.06cm
- Ελάχιστος ετήσιος υετός: 27.18cm
- Μέγιστος υετός εικοσιτετραώρου: 53 cm
- Ετήσια χιονόπτωση: ίχνη
- Μέγιστη ετήσια χιονόπτωση: 2.54 cm
- Μέγιστη χιονόπτωση εικοσιτετραώρου: 2.54 cm

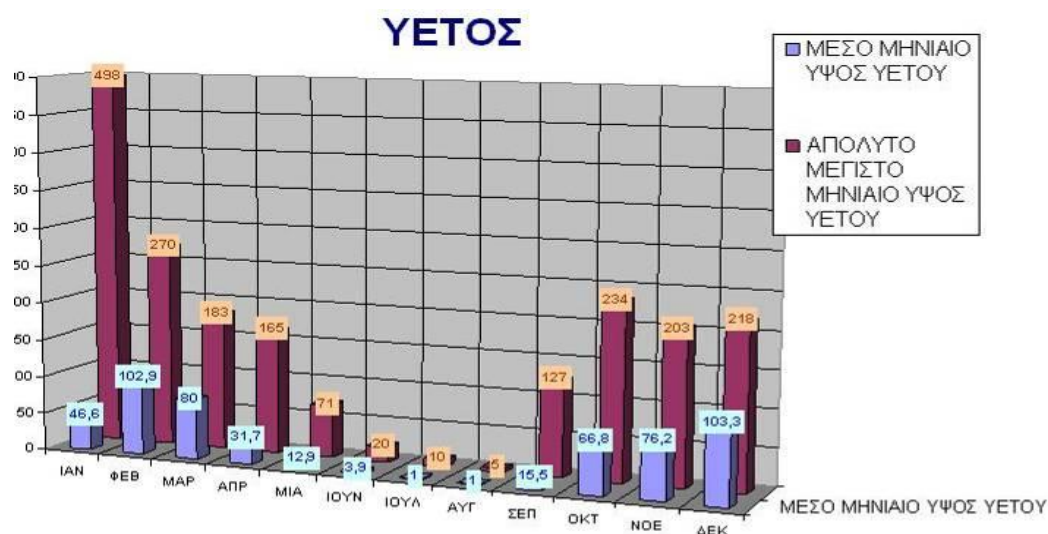
Στο Παράρτημα III δίνονται, πιο αναλυτικά, οι μέσες και οι ακραίες μηνιαίες τιμές θερμοκρασίας, ανέμου και φαινομένων, για την Δυτική Κρήτη, όπως καταγράφηκαν από το μετεωρολογικό σταθμό επιφανείας στη Σούδα.



Σχήμα 10.3. Μέση μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία για κάθε μήνα του έτους (29).



Σχήμα 10.4. Απόλυτη μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία για κάθε μήνα του έτους (βαθμούς Κελσίου) (29).



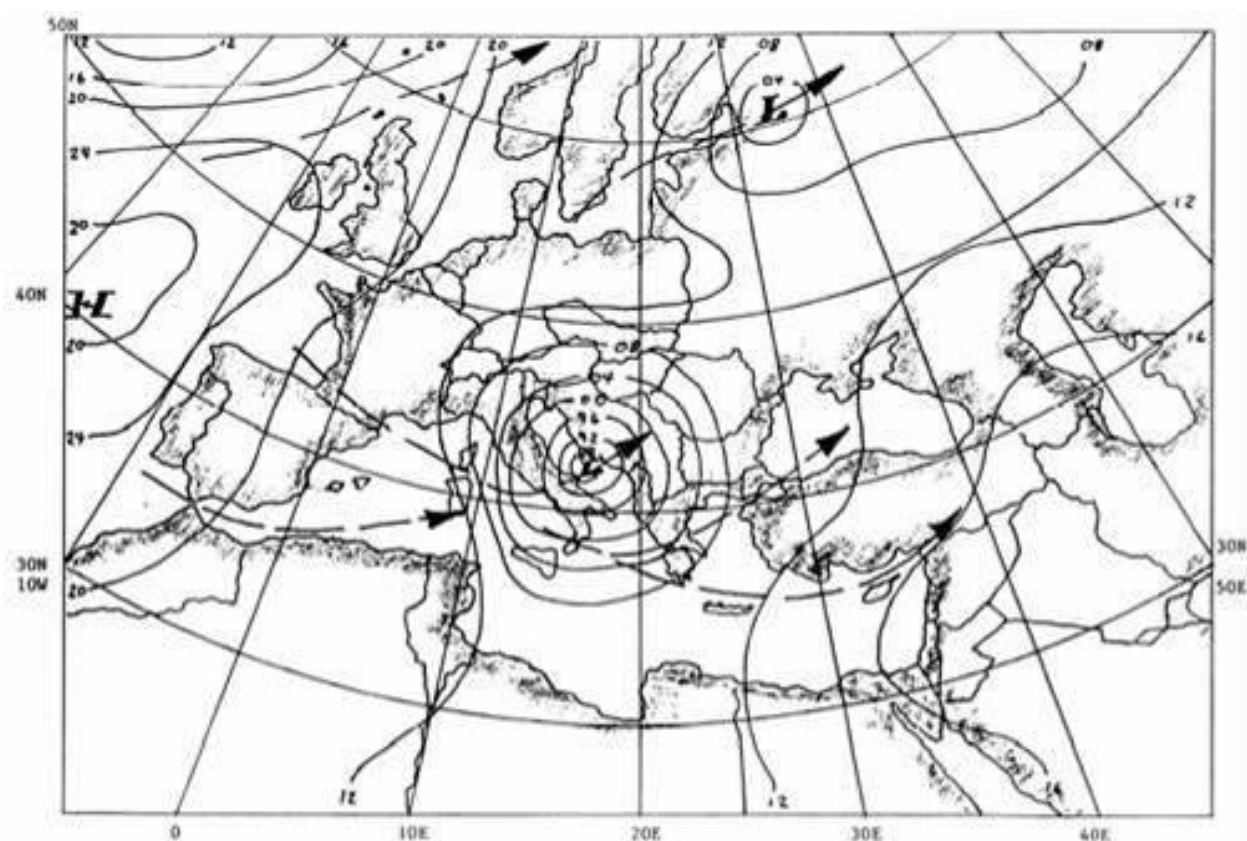
Σχήμα 10.5. Μέσο και απόλυτο μέγιστο ύψος υετού για κάθε μήνα του έτους (29).

10.3 Εποχιακές Μεταβολές

Τα μοτίβα των εποχιακών καιρικών συνθηκών στην Κρήτη και στην περιοχή του Αιγαίου ρυθμίζονται σε ένα μεγάλο βαθμό από το Μουσωνικό χαρακτήρα των Ευρασιατικών αερίων μαζών.

10.3.1 Χειμώνας

Ο χειμώνας αρχίζει απότομα με τη διακοπή της επέκτασης των υψηλών βαρομετρικών συστημάτων των Αζορών πάνω από την κεντρική Ευρώπη. Κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου (Νοέμβριος μέχρι το Φεβρουάριο), η Ευρασιατική αέρια μάζα στα Βόρεια τμήματα γίνεται πολύ ψυχρή σε σύγκριση με τις θερμοκρασίες της επιφάνειας θάλασσας της ανατολικής Μεσογείου. Σε συνοπτική κλίμακα, πάνω από τη Μεσόγειο το χειμώνα επικρατούν γενικά χαμηλές πιέσεις, η έκταση των οποίων περιορίζεται από το Σιβηρικό υψηλό στα βορειοανατολικά και το υψηλό των Αζόρων στη δύση (σχήμα 10.6). Το πολικό Jet Stream* βρίσκεται γενικά το χειμώνα πάνω από τη νότια Μεσόγειο συνοδευόμενο από κυκλογένεση, ασταθή καιρό, και ισχυρούς ανέμους κατά κανόνα. Οι χειμώνες στο νησί είναι ήπιοι και βροχεροί με τη θερμοκρασία να παραμένει γενικά μερικούς βαθμούς γύρω από την μέση θερμοκρασία θάλασσας.

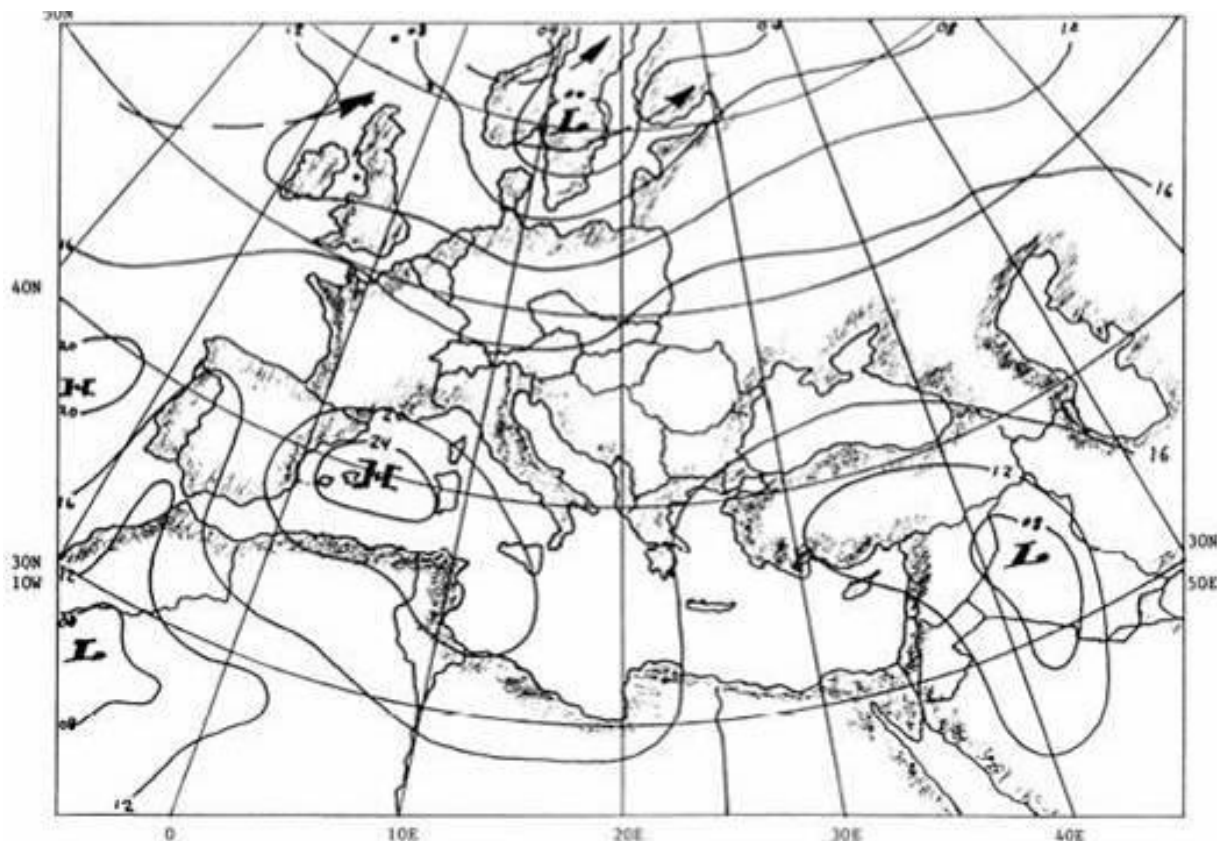


Σχήμα 10.6. Τροχιές συστημάτων κακοκαιρίας κατά τη χειμερινή περίοδο (τυπική συνοπτική κατάσταση) (23).

* : ή αλλιώς Αεροχειμάρρος. Επίπεδο σωληνοειδές και σχεδόν οριζόντιο ρεύμα αέρα κοντά στη τροπόπαυση. Κατά μήκος του άξονά του έχει τις μέγιστες ταχύτητες (80 – 100Kts και περισσότερα). Εκτός από την οριζόντια κίνηση χαρακτηρίζεται από τα πολύ ισχυρά και απότομα ανοδικά ρεύματα.

10.3.2 Καλοκαίρι

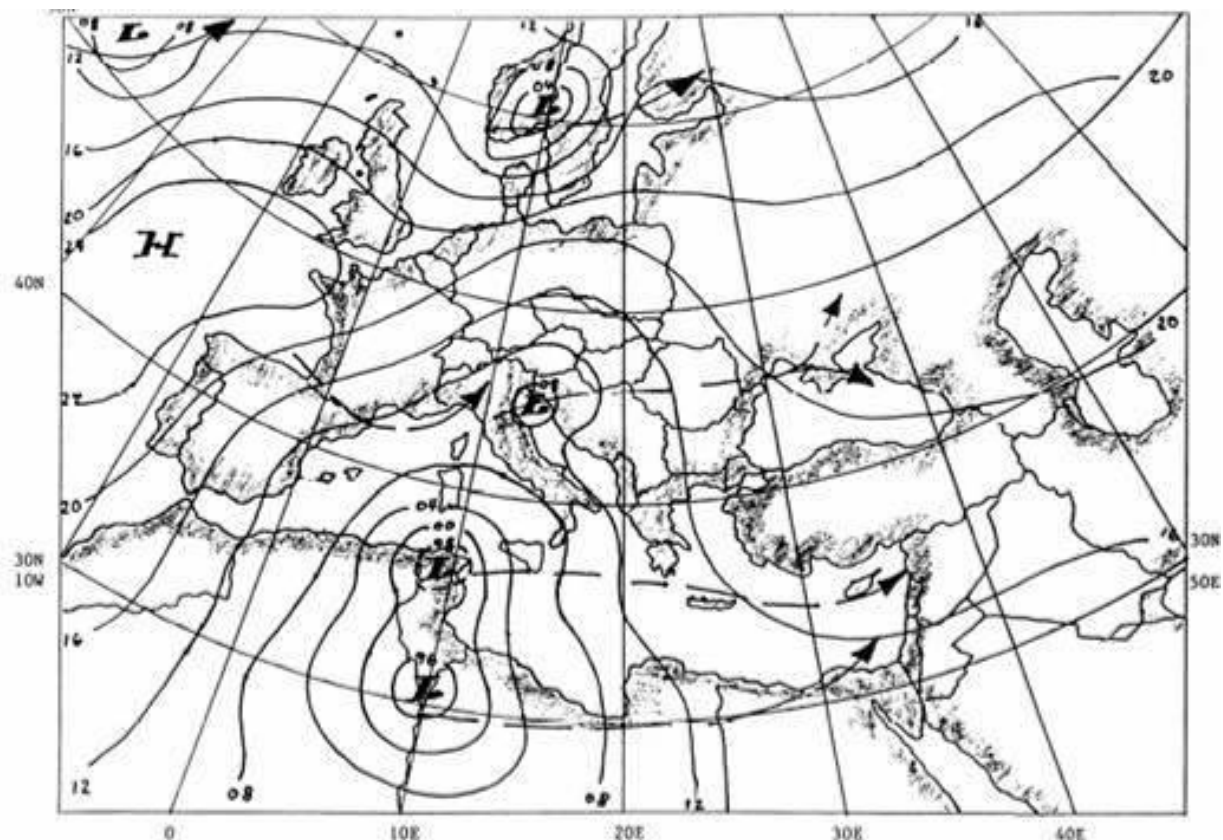
Η μουσωνική επίδραση της θερινής εποχής (Ιούνιος μέχρι Σεπτέμβριο) οδηγεί στην ανάπτυξη ενός έντονου θερμικού χαμηλού πάνω από τη νότια Μικρά Ασία που επεκτείνεται στα δυτικά μέχρι πάνω από την Τουρκία. Ο συνδυασμός αυτού του χαμηλού με την υψηλότερη πίεση πάνω από τη σχετικά ψυχρότερη θαλάσσια επιφάνεια στη Μεσόγειο, οδηγεί στην επικράτηση ξηρών βορείων έως βορειοδυτικών ανέμων στην Κρήτη και στην θαλάσσια περιοχή του Αιγαίου (σχήμα 10.7).



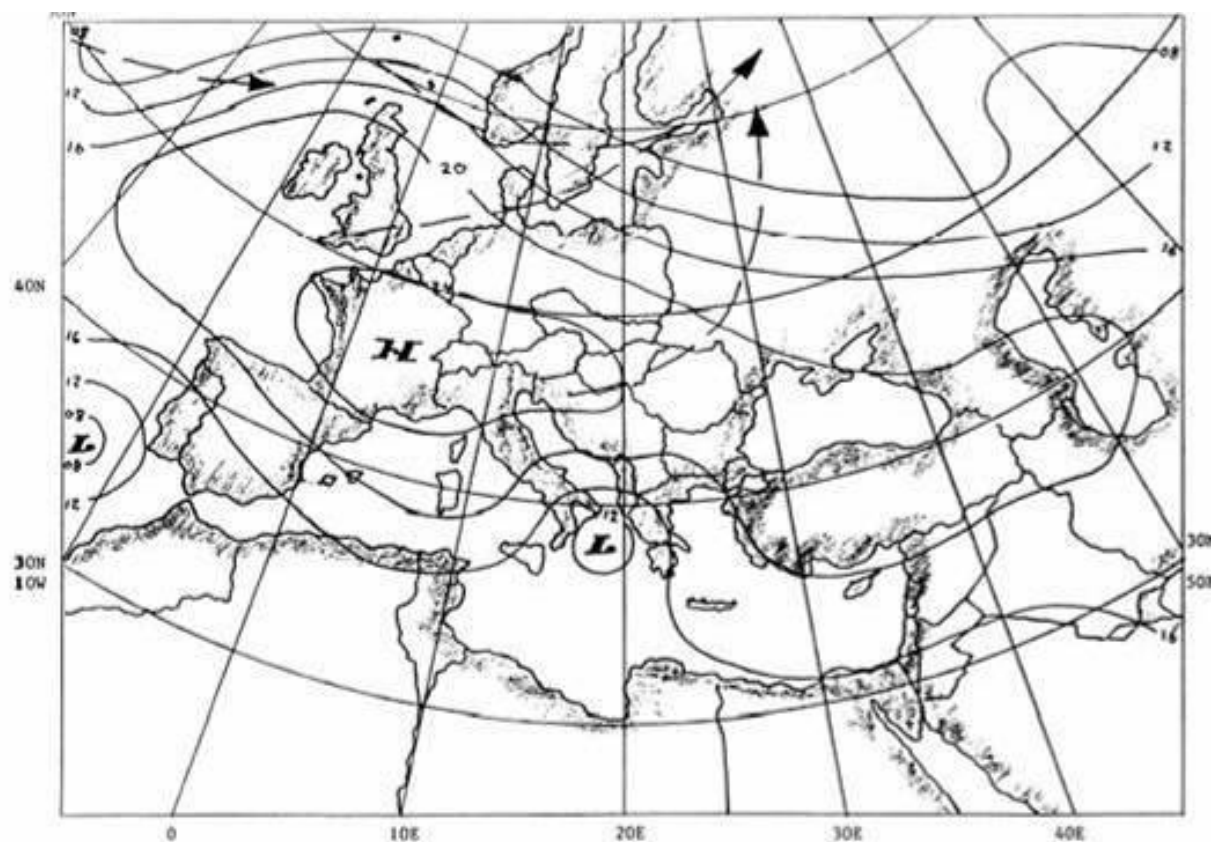
Σχήμα 10.7. Τυπική συνοπτική κατάσταση κατά τη θερινή περίοδο (23).

10.3.3 Μεταβατικές Εποχές

Οι δύο μεταβατικές περίοδοι είναι αρκετά διαφορετικές ως προς την διάρκειά τους. Η εποχή της άνοιξης διαρκεί από το Μάρτιο μέχρι το Μάιο και χαρακτηρίζεται από περιόδους με χειμερινού τύπου καιρού. Αυτός ο τύπος καιρού συνδέεται με την αυξανόμενη δραστηριότητα των βόρειων αφρικανικών κυκλώνων (σχήμα 10.8). Η περίοδος του φθινοπώρου αντίθετα διαρκεί χαρακτηριστικά μόνο έναν μήνα (σχήμα 10.9). Ο Οκτώβριος είναι το κανονικό χρονικό πλαίσιο για την μετάβαση από το φθινόπωρο στο χειμώνα, αλλά αυτή μπορεί να διαρκέσει κάποιες φορές μέχρι και το Νοέμβριο. Η μετάβαση αυτή είναι μια απότομη αλλαγή σε καιρό χειμερινού τύπου.



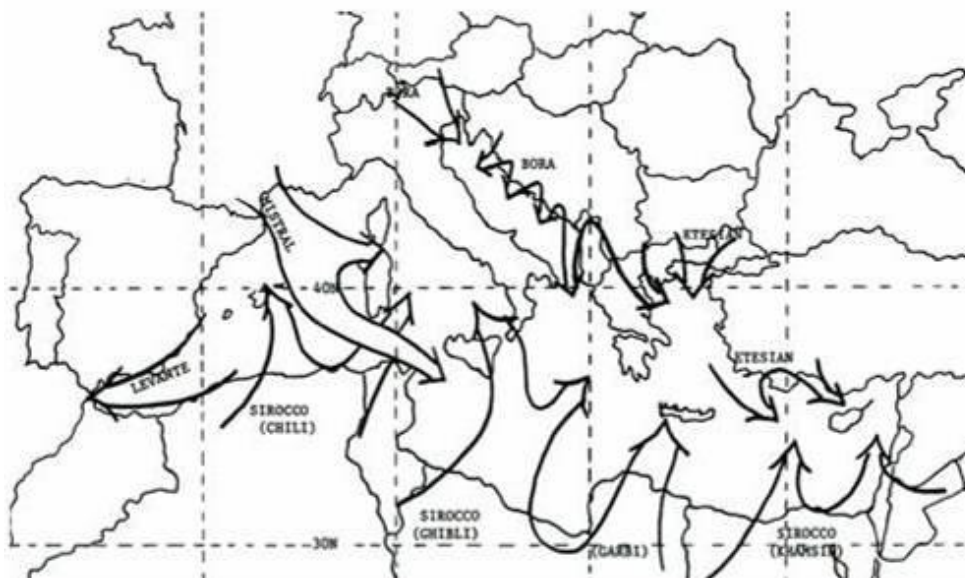
Σχήμα 10.8. Τυπική συνοπτική κατάσταση κατά τη εαρινή περίοδο (23).



Σχήμα 10.9. Τυπική συνοπτική κατάσταση κατά τη φθινοπωρινή περίοδο (23).

10.4 Επικρατούσες Κατηγορίες Ανέμων

Οι τρεις επικρατούσες κατηγορίες ανέμων που επηρεάζουν την Κρήτη είναι οι Ετησίες, ο Σιρόκος, και ψυχροί άνεμοι τύπου Bora (σχήμα 10.10).



Σχήμα 10.10. Επικρατούσες κατηγορίες ανέμων στη Μεσόγειο (29).

10.4.1 Ετησίες

Περιγραφή:

Οι Ετησίες είναι βόρειοι άνεμοι που εμφανίζονται κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού στο Αιγαίο και την ανατολική Μεσόγειο. Η επικρατούσα περίοδος εμφάνισής τους είναι από τον Μάιο μέχρι τον Οκτώβριο και εμφανίζονται με ιδιαίτερα ισχυρές εντάσεις τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Οι Ετησίες δημιουργούνται από έναν συνδυασμό των εξής φαινομένων:

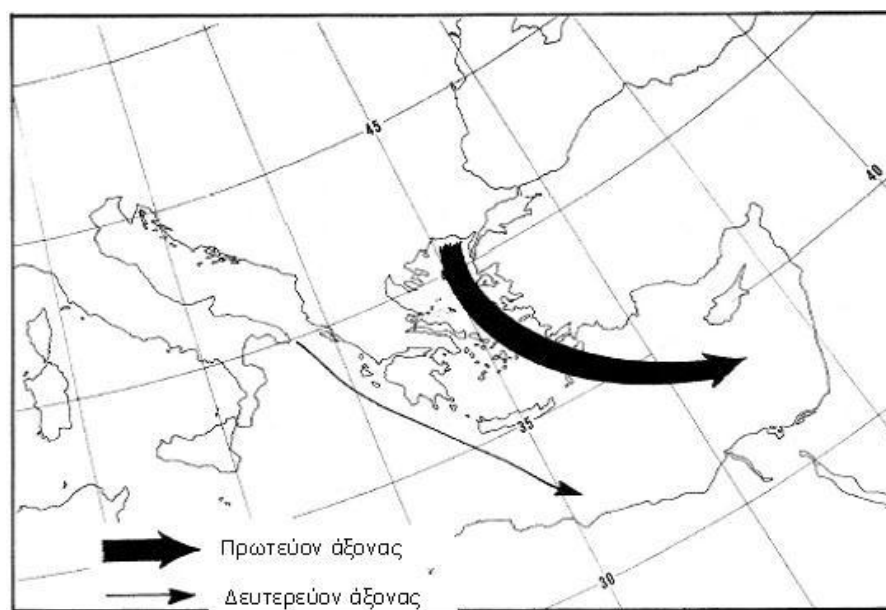
- Της μουσωνικής επίδρασης κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού που οδηγεί στην δημιουργία συνδυασμού χαμηλών πιέσεων πάνω από την Τουρκία και υψηλών πιέσεων πάνω από την παρακείμενη υδάτινη περιοχή.
- Των συνοπτικών διαταραχών που οδηγούν στη δημιουργία αντικυκλώνα πάνω από τα Βαλκάνια. Ο ψυχρός αέρας του αντικυκλώνα μετά την διέλευση μετώπου είναι η βασική αιτία των ισχυρών Ετησίων θυελλών.

Η ένταση των ανέμων ενισχύεται λόγω καναλισμού μεταξύ των νησιών. Αυτό το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα εμφανές στο Στενό του Καφηρέα (Κάβο Ντόρο), μεταξύ της Εύβοιας και της Άνδρου, στο κανάλι μεταξύ της ηπειρωτικής χώρας της Τουρκίας και τα Δωδεκάνησα, και στην περιοχή μεταξύ Πάρου και Νάξου και νότια έως τα Θηρά.

Η διεύθυνση των Ετησίων ανέμων είναι προσανατολισμένη κάθετα προς τα βουνά, κάτω από συνθήκες έντονης αναστροφής. Τα βουνά εμποδίζουν τη ροή του ανέμου και έτσι η θάλασσα στις υπήνεμες παράκτιες περιοχές παρουσιάζεται ήρεμη. Οι ισχυροί άνεμοι εμφανίζονται συνήθως μόνο στις παράκτιες περιοχές που συνορεύουν με κοιλάδες, ένα φαινόμενο το οποίο είναι ιδιαίτερα συχνό στη νότια πλευρά της Κρήτης.

Κλιματολογικά χαρακτηριστικά:

Οι Ετησίες εκτείνονται από το Αιγαίο Πέλαγος μέχρι νοτιοδυτικά στην ανατολική Μεσόγειο. Ο άξονας μέγιστης έντασης ανέμου (σχήμα 10.11) ξεκινάει από το βορειοανατολικό Αιγαίο, περνά λίγο ανατολικότερα από την Λήμνο και την Σκύρο, μέσα από τις Κυκλάδες, έπειτα περνά μέσα από το άνοιγμα μεταξύ της Ρόδου και της Κρήτης, και τελειώνει εξασθενούμενος στην νοτιοανατολική Μεσόγειο. Ένας δευτερεύον άξονας μέγιστης έντασης ανέμου βρίσκεται στη νοτιοδυτική ακτή της Πελοποννήσου.



Σχήμα 10.11. Άξονες μέγιστης έντασης ανέμου που συσχετίζονται με τις Ετησίες (23).

Η κατεύθυνση των Ετησίων ανέμων συμπίπτει γενικά με την κατεύθυνση του άξονα μέγιστης έντασης, έτσι οι βόρειοι άνεμοι στο Αιγαίο γίνονται δυτικοί στην ανατολική Μεσόγειο.

Κατά μήκος του αρχικού άξονα μέγιστης έντασης, πάνω από το Νότια Αιγαίο, εμφανίζονται περίπου κατά το 10% του έτους, εντάσεις ανέμου μεγαλύτερες από 33ΚΤ. Οι Ετησίες εμφανίζονται με ιδιαίτερα ισχυρές εντάσεις στις περιοχές όπου συνδυάζονται με τις θαλάσσιες αύρες με ευεργετικά αποτελέσματα ως προς τις θερμοκρασίες. Στις υπόλοιπες περιοχές το φαινόμενο αυτό, της περαιτέρω ενίσχυσης, είναι σπάνιο.

Η συχνότητα των ημερών, κατά τις οποίες οι Ετησίες εμφανίζονται πολύ ισχυροί έως και θυελλώδεις (μέχρι και 8 μποφόρ) πάνω από την θάλασσα, είναι μεταβλητή. Κατά μέσον όρο υπάρχουν

περίπου 4 τέτοιες ημέρες κατά τη διάρκεια του Μαΐου, ένα μέγιστο 13 ημέρες κατά τη διάρκεια του Ιουλίου και του Αυγούστου, και 6 ημέρες κατά τη διάρκεια του Οκτωβρίου. Η μέση διάρκεια συνεχούς εμφάνισης ισχυρών Ετησίων ποικίλλει από περίπου 2 ημέρες το Μάιο και τον Ιούνιο μέχρι ένα μέγιστο περίπου 4 ημερών τον Ιούλιο και τον Αύγουστο, και σε 2 ημέρες τον Οκτώβριο. Κατά τη διάρκεια του Ιουλίου και του Αυγούστου είναι αρκετά πιθανό οι Ετησίες να διαρκέσουν τουλάχιστον 5 συνεχείς ημέρες και να εμφανιστούν, κατά μέσο όρο μία φορά το μήνα. Ετησίες που διαρκούν τουλάχιστον 10 ημέρες μπορεί να εμφανιστούν περίπου μία φορά στα έξι χρόνια, κατά τη διάρκεια κάθε ενός από τους μήνες Ιούλιο μέχρι Σεπτέμβριο.

Ο καιρός που συνοδεύει τις Ετησίες είναι γενικά ξηρός με ανέφελο ουρανό και καλές ορατότητες. Όταν μια διαταραχή συνοπτικής κλίμακας και ένα αντίστοιχο ψυχρό μέτωπο εμφανιστούν στην περιοχή που πνέουν οι Ετησίες, καταιγίδες εμφανίζονται συχνά πάνω από το Βόρειο Αιγαίο και μπροστά από το μέτωπο και στον ψυχρό ασταθή αέρα αμέσως πίσω από το μέτωπο. Αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τους μήνες Μάιο μέχρι και τον Ιούνιο και από τον Σεπτέμβριο μέχρι τον Οκτώβριο, και λιγότερο για τον Ιούλιο και τον Αύγουστο. Ορογραφικά νέφη μπορεί να δημιουργηθούν σε μερικά από τα νησιά του Αιγαίου κατά τη διάρκεια Ετησίων ισχυρής έντασης.

10.4.2 Σιρόκος

Περιγραφή:

Ο Σιρόκος είναι ένας νοτιοανατολικός έως νοτιοδυτικός άνεμος που πνέει στη Μεσόγειο και προέρχεται από την Βόρεια Αφρική. Ως περιοχές γένεσής του ορίζονται οι έρημοι και για το λόγο αυτό ο Σιρόκος είναι πολύ ξηρός άνεμος. Είναι θερμός το χειμώνα και πολύ ζεστός τόσο την Άνοιξη όσο και το καλοκαίρι. Η επιρροή του πολλές φορές εκτείνεται σε ολόκληρη την περιοχή της Μεσογείου, αλλά είναι πιο έντονη στον κόλπο του Gabes ανατολικά της οροσειράς του Άτλαντα.

Στην Κρήτη και στην περιοχή του Αιγαίου, ο Σιρόκος βρίσκεται ανατολικά των κυκλωνικών κινήσεων και μεταφέρει αέριες μάζες ανατολικά ή βορειοανατολικά προς την Τουρκία και τη Μαύρη θάλασσα. Εμφανίζεται κυρίως κατά την διάρκεια της ψυχρής περιόδου, από το Νοέμβριο μέχρι τον Απρίλιο, και είναι πιο συχνός στην περιοχή του νότιου και δυτικού Αιγαίου, Κρητικού πελάγους και του Μυρτώου πελάγους.

Η ένταση των ανέμων που σχετίζονται με το Σιρόκο είναι γενικώς μικρότερη από αυτή των θυελλωδών ανέμων. Στα περάσματα όμως μεταξύ των Δωδεκανήσων και της Τουρκικής ηπειρωτικής χώρας μπορεί να παρατηρηθούν εντάσεις ίσες με αυτές των θυελλωδών ανέμων.

Εξαιτίας της μεγάλης απόστασης που διανύει ο Σιρόκος πάνω από θαλάσσια επιφάνεια, οι αέριες μάζες περιέχουν μεγάλα ποσά υγρασίας στα κατώτερα στρώματα. Ισχυρές βροχοπτώσεις είναι πιθανές κοντά στα όρια ενός μετώπου ή στα προσήνεμα γεωφυσικών εμποδίων.

Ο Σιρόκος είναι αναμενόμενος κάτω από τις παρακάτω συνθήκες:

- Εντός του θερμού τομέα των βορειοαφρικανικών κυκλώνων. Αυτά τα συστήματα σε κάποιο σημείο του κύκλου ζωής τους μετακινούν τον απαραίτητο ξηρό αέρα των ερήμων πάνω από την Μεσόγειο.
- Στα ανατολικά μιας αντεστραμμένης trough που εκτείνεται βόρεια ενός κυκλώνα, ο οποίος βρίσκεται στο νότο, πάνω από την περιοχή των βορειοαφρικανικών ερήμων. Αυτή η κατάσταση περιορίζεται στις περιοχές κοντά στα παράλια της βόρειας Αφρικής.
- Στο θερμό τομέα μπροστά από ένα ψυχρό μέτωπο που εκτείνεται νοτιότερα από την Μεσόγειο και εντός της Βόρειας Αφρικής.

Κλιματολογικά χαρακτηριστικά:

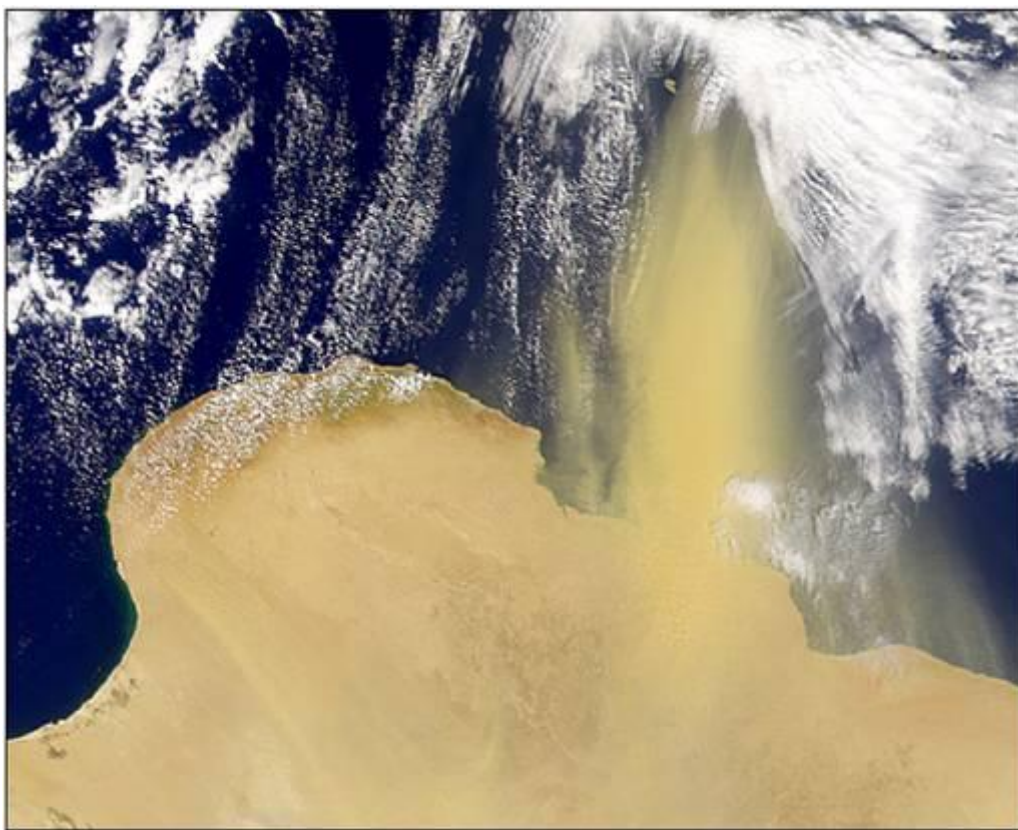
Οι θυελλώδεις άνεμοι που οφείλονται στο Σιρόκο, πάνω από υδάτινες περιοχές είναι συχνές, ειδικά στην περιοχή του κόλπου του Gabes, μπροστά από αναπτυσσόμενο βορειοαφρικανικό κυκλώνα. Θυελλώδεις άνεμοι σαν καταβάτες είναι πιθανοί στις περιοχές όπου τυρβώδης μίξη προκαλεί ισχυρά ανοδικά ρεύματα. Αυτό το φαινόμενο μπορεί να εμφανιστεί τόσο κοντά στις ακτές της Βόρειας Αφρικής (προτού ο Σιρόκος ψυχθεί σε μεγάλο βαθμό από την ψυχρή επιφάνεια του νερού), όσο και στην υπήνεμη πλευρά των ορεινών νησιών όπως είναι η Σικελία και η Κρήτη.

Γενικά η διεύθυνση του Σιρόκο είναι νοτιοανατολική έως νοτιοδυτική. Κατά μήκος του ανατολικού άκρου της Μεσογείου, παρ' όλ' αυτά, μια ειδική περίπτωση του ανέμου στρέφει την διεύθυνση του ανατολικότερα και κάνει την Αραβική έρημο πηγή του ανέμου. Ο Σιρόκος εμφανίζεται συχνά νότιος έως νοτιοανατολικός στον κόλπο της Γένοβας και στην Αδριατική.

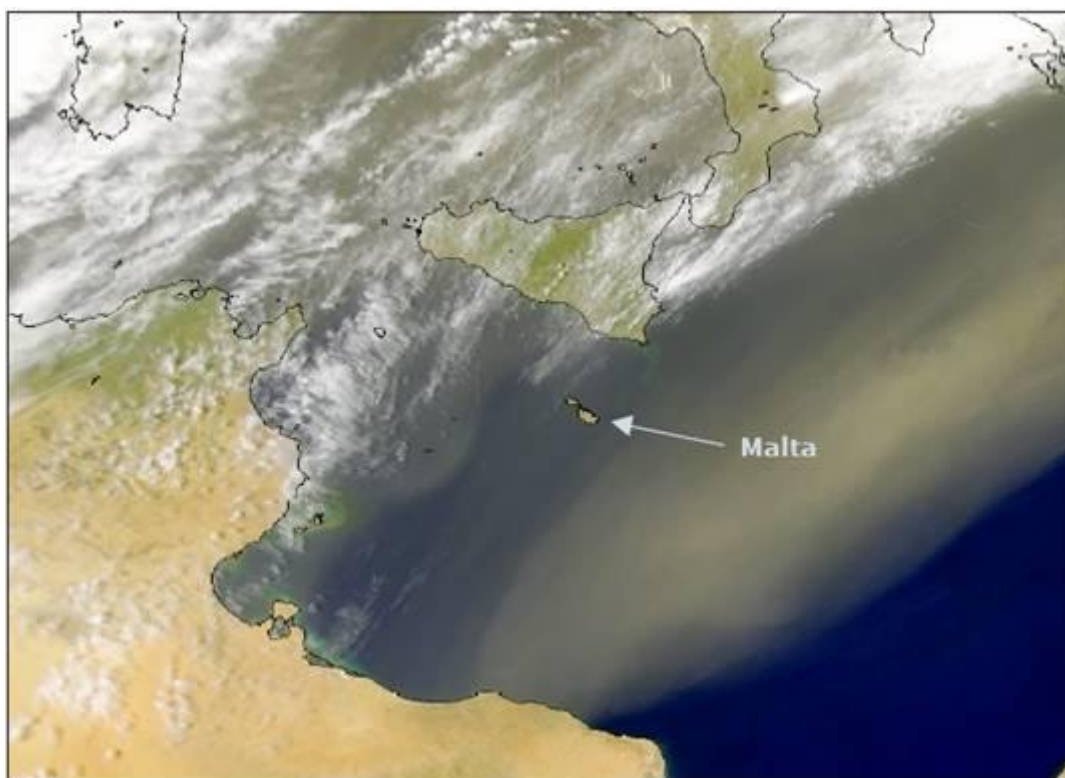
Ο Σιρόκος μπορεί να εμφανιστεί κατά την διάρκεια οποιασδήποτε εποχής, αν και είναι πιο συχνός από τον Μάρτη μέχρι τον Ιούνιο. Κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου, νότιοι άνεμοι από το εσωτερικό της Βόρειας Αφρικής συχνά ενώνονται με τους βορειοαφρικανικούς κυκλώνες. Αργά το φθινόπωρο και νωρίς το χειμώνα, όταν υψηλές πιέσεις καλύπτουν την Βόρεια Αφρική, οι κυκλώνες αυτής σε συνδυασμό με τις συνιστώσες του Σιρόκου εμφανίζονται λιγότερο συχνά σε σχέση με αυτούς που εμφανίζονται κατά την διάρκεια της Άνοιξης. Το καλοκαίρι, η πιθανότητα εμφάνισης του Σιρόκου μειώνεται, όσο ο μέσος άνεμος τείνει να παρουσιάζεται με κατεύθυνση από την σχετικά ψυχρή θάλασσα προς τα νησιά.

Τα καιρικά φαινόμενα που συνδέονται με το Σιρόκο εξαρτώνται αρχικά από την ένταση του ανέμου και έπειτα από το μήκος της τροχιάς η οποία βρίσκεται πάνω από υδάτινη επιφάνεια. Η ένταση του ανέμου και οι ηπειρωτικές επιφάνειες καθορίζουν την μέση περιεκτικότητα της σκόνης στην ατμόσφαιρα. Πυκνά νέφη σκόνης μπορεί να μειώσουν την ορατότητα σε μερικές εκατοντάδες μέτρα κατά την διάρκεια πνοής Σιρόκου με θυελλώδεις εντάσεις, ιδιαίτερα κατά μήκος των ακτών της Βόρειας Αφρικής (σχήμα 10.12). Στις ακτές της Λιβύης, το φαινόμενο της σκόνης μπορεί να είναι έντονο. Στη Μάλτα, η σκόνη αυξάνει πάνω από τις έρημους κατά την διάρκεια της ημέρας και μεταφέρεται βορειότερα από τους ισχυρούς ανέμους, μειώνοντας την ορατότητα σε μερικές εκατοντάδες μέτρα (σχήμα 10.13). Ακόμη και με ασθενείς ανέμους, περιορισμένη ορατότητα από σκόνη είναι πολύ συχνό φαινόμενο κατά την διάρκεια επικράτησης του Σιρόκου. Αν και ο Σιρόκος ξεκινά ως ένας θερμός και

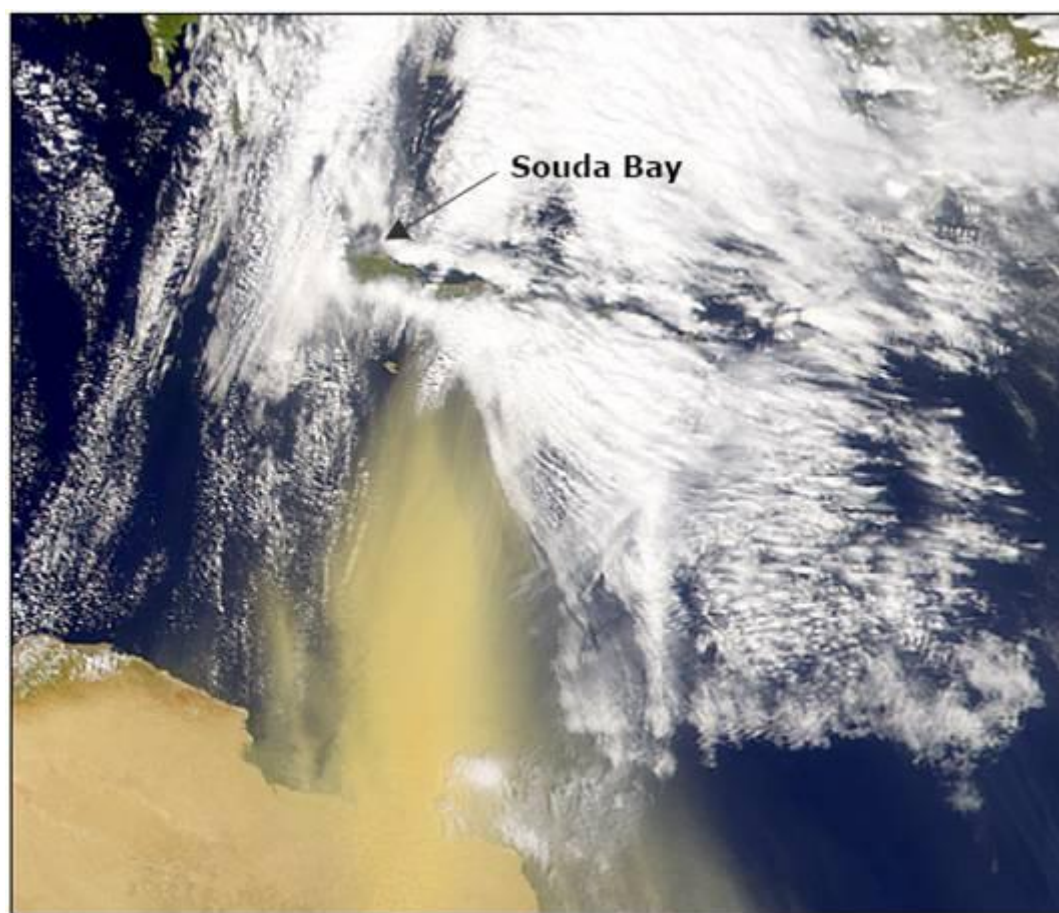
ξηρός άνεμος κατά μήκος των ακτών της Βόρειας Αφρικής, η αλληλεπίδραση μεταξύ αερίων μαζών και θάλασσας μπορεί να αλλάξει ταχύτατα τις ιδιότητες του επιφανειακού στρώματος αέρα. Αν η αέρια μάζα υψηλής περιεκτικότητας σε σκόνη και χαμηλής υγρασίας έρθει σε επαφή κάθετα με ψυχρό μέτωπο, το οποίο κινείται ανατολικά, πέρα από την βόρεια Μεσόγειο, μπορεί να εμφανιστεί ένα φαινόμενο που ονομάζεται «Λασποβροχή» (σχήμα 10.14). Πριν την Λασποβροχή ο ουρανός εμφανίζεται με κόκκινες ή πορτοκαλί αποχρώσεις. Μια «Μεμβρανώδης» κοκκινόχρωμη λάσπη μπορεί να καλύψει την περιοχή αυτών των συνθηκών μειώνοντας την ορατότητα σε όλη την περιοχή.



Σχήμα 10.12. Πυκνό νέφος σκόνης το οποίο μειώνει την ορατότητα κατά την διάρκεια πνοής Σιρόκου με θυελλώδεις εντάσεις, ιδιαίτερα κατά μήκος των ακτών της Βόρειας Αφρικής (MODIS της NASA Aqua satellite).

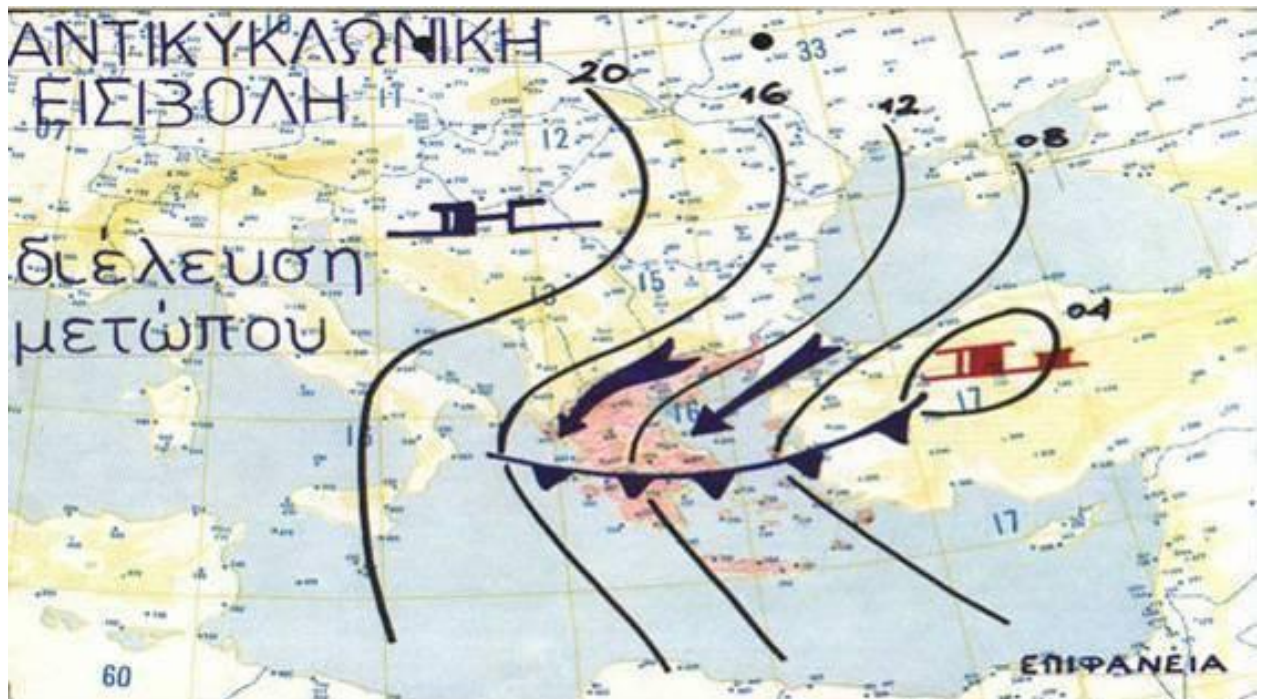


Σχήμα 10.13. Στη Μάλτα τα νέφη της σκόνης μειώνουν την ορατότητα ακόμη και σε μερικές εκατοντάδες μέτρα (MODIS της NASA Aqua satellite).



Σχήμα 10.14. Το φαινόμενο της «Λασποβροχής» (MODIS της NASA Aqua satellite).

10.4.3 Ψυχρά Κύματα και Άνεμοι Τύπου Μπόρα (Ψυχρές Εισβολές)



Σχήμα 10.15. Αντικυκλωνική εισβολή με μορφή ψυχρού μετώπου, το οποίο ονομάζεται Βαλκανικό μέτωπο (23).



Σχήμα 10.16. Αντικυκλωνική εισβολή με μορφή σφήνας (23).

Περιγραφή:

Ο Μπόρα είναι ένας φθινοπωρινός άνεμος του οποίου η πηγή είναι τόσο ψυχρή που όταν η αέρια μάζα φτάνει στις ακτές, η θερμική αστάθεια δεν είναι ικανή να αυξήσει την θερμοκρασία της σε ένα φυσιολογικό για την περιοχή επίπεδο. Αν και αυτό είναι πολύ συχνό κατά μήκος των Γιουγκοσλάβικων ακτών, ο Μπόρα συχνά εμφανίζεται και στο Αιγαίο, κυρίως κατά τη διάρκεια του Χειμώνα. Θυελλώδεις βόρειοι άνεμοι συσχετιζόμενοι με ψυχρές εισβολές από το Σεπτέμβρη μέχρι το Μάιο, μπορεί να δημιουργήσουν προβλήματα στην Κρήτη και στην περιοχή του Αιγαίου. Το Μάιο, το Σεπτέμβρη και τον Οκτώβρη αυτές οι ψυχρές εισβολές συχνά ταξινομούνται στις Ετησίες.

Στην Κρήτη και στην περιοχή του Αιγαίου, οι Μπόρα είναι ισχυροί βόρειοι έως βορειοανατολικοί άνεμοι που εισβάλλουν στο Αιγαίο διαμέσω του περάσματος των Δαρδανελίων και του Βαρδάρη. Αν το πεδίο των πιέσεων ευνοεί βορειοανατολική ροή, η κύρια είσοδος για τον Μπόρα είναι το πέρασμα των Δαρδανελίων, ενώ αν ευνοεί βόρεια ροή η κύρια είσοδος είναι το πέρασμα του Βαρδάρη.

Όταν ο Μπόρα πνέει νοτιότερα πάνω από το Αιγαίο η διεύθυνσή του στρέφεται σε βορειοδυτική από το ύψος των Δωδεκανήσων και νοτιότερα. Εξαιτίας του καναλισμού και των εμποδίων συχνά παρατηρούνται μεγάλες μεταβολές τόσο στη διεύθυνση όσο και στην έντασή του.

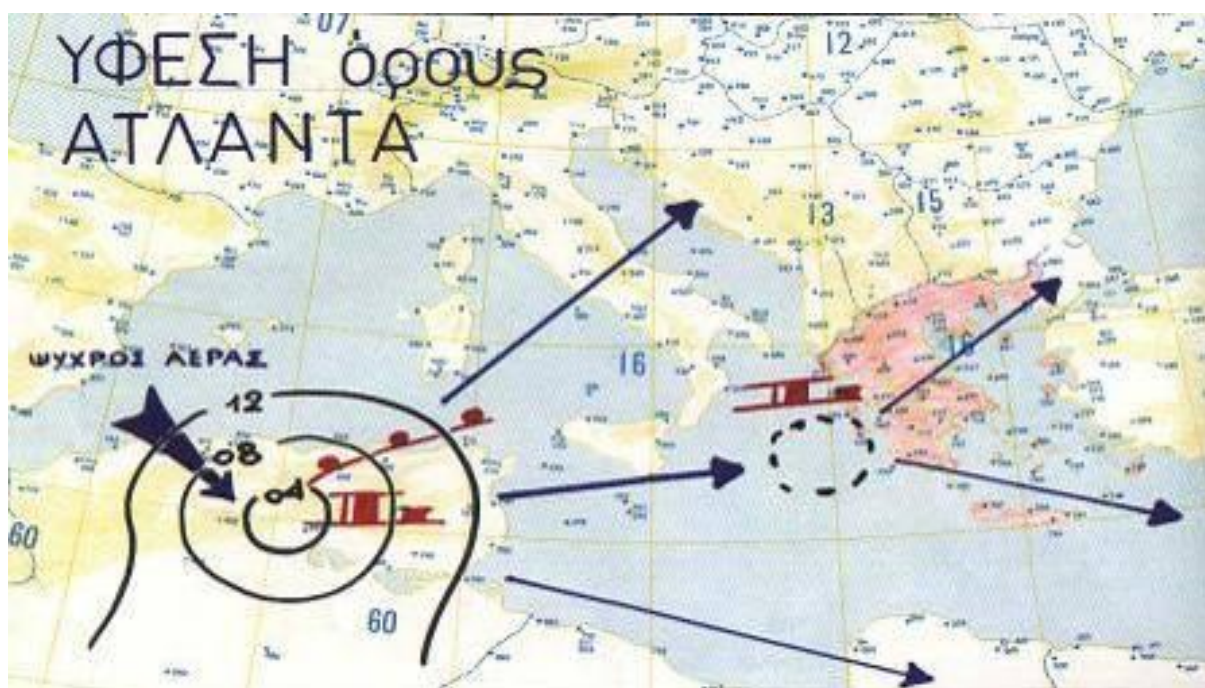
Κλιματολογικά χαρακτηριστικά:

Αν και ο Μπόρα μπορεί να εμφανιστεί τοπικά στο Αιγαίο όταν τα Βαλκάνια ή η Μαύρη θάλασσα καλύπτονται από ψυχρό αντικυκλώνα, τα εκτενέστερα περιστατικά αυτού, συνδέονται με συγκεκριμένα, μεγάλης κλίμακας καιρικά συστήματα πάνω από την Ευρώπη και τον ανατολικό Ατλαντικό. Μία περίπτωσης επέκταση προς τα νότια του αντικυκλώνα που καλύπτει την κεντρική Ευρώπη γίνεται με μορφή ψυχρού μετώπου το οποίο ονομάζεται Βαλκανικό μέτωπο και σαρώνει όλη τη χώρα από βορά προς νότο (σχήμα 10.15). Η επέκταση αυτή μπορεί να εμφανιστεί και με τη μορφή σφήνας όταν στην περιοχή της Βόρειας Ιταλίας και της Μαύρης θάλασσας υπάρχουν συστήματα χαμηλών πιέσεων, τα κράσπεδα των οποίων οριοθετούν την έκταση της ψυχρής εισβολής (σχήμα 10.16).

10.4.4 Κυκλώνες

Περιγραφή:

Κυκλωνική δραστηριότητα στην Κρήτη και την περιοχή του Αιγαίου συνήθως δημιουργείται σε μία από τις τρεις περιοχές: νότιο Αιγαίο/ Κρητικό πέλαγος, Ιόνιο ή βόρεια Αφρική (βορειοαφρικανικοί κυκλώνες).

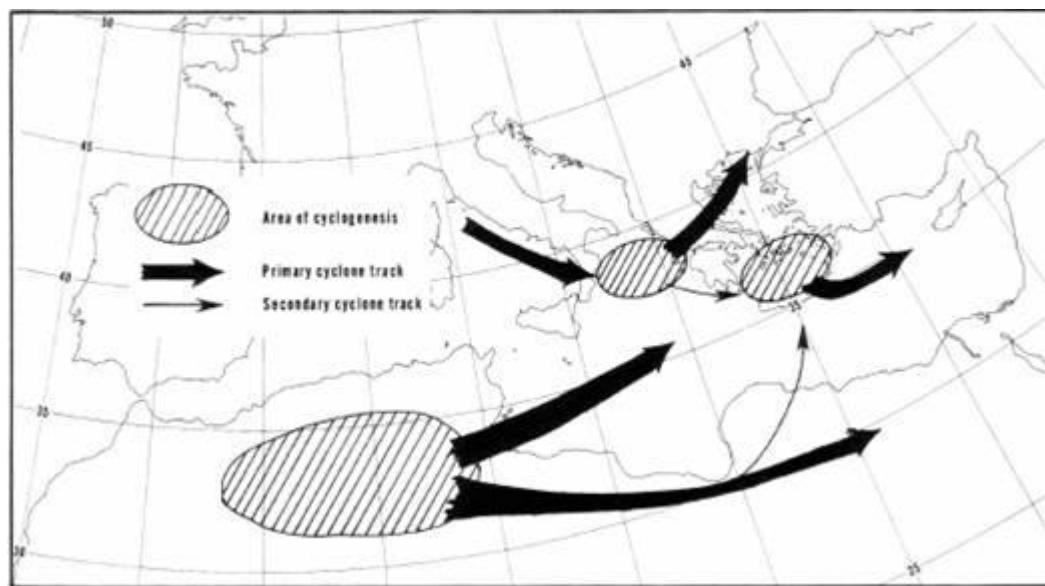


Σχήμα 10.17. Περιοχές κυκλογένεσης και κίνηση των κυκλώνων που πειράζουν την ευρύτερη περιοχή της Κρήτης και του Αιγαίου (23).

10.4.4.1 Κυκλώνες Βόρειου Αιγαίου/ Κρητικού Πελάγους

Η κυκλογένεση πάνω από το Αιγαίο/ Κρητικό Πέλαγος είναι πιο πιθανό να εμφανίζεται το φθινόπωρο και το χειμώνα. Μια ισχυρή εισβολή ψυχρού αέρα είναι η ουσιαστικότερη προϋπόθεση για την γρήγορη ανάπτυξη αυτών των υφέσεων. Υφέσεις που διαμορφώνονται κατά μήκος του ορίου ενός ψυχρού κύματος μπορεί να κινηθούν αρχικά νότια ή νοτιοδυτικά, αλλά αργότερα τείνουν να κινηθούν δυτικά προς την Κύπρο (σχήμα 10.18). Ισχυρή βροχή με χαμηλές ορατότητες είναι

αναμενόμενες στο όριο αυτού του κυκλώνα. Θυελλώδεις άνεμοι είναι επίσης πιθανοί και βορειότερα αυτής της ύφεσης.



Σχήμα 10.18. Περιοχές κυκλογένεσης και τροχιές των κυκλώνων που επηρεάζουν το Αιγαίο - Κρητικό πέλαγος (29).

10.4.4.2 Κυκλώνες Ιονίου Πελάγους

Οι κυκλώνες που προσεγγίζουν την Κρήτη/ περιοχή Αιγαίου από το Ιόνιο συνήθως δημιουργούνται πάνω από τον κόλπο της Γένοβας, και κινούνται νοτιοδυτικά κατά μήκος των δυτικών ακτών της Ιταλίας. Έπειτα είτε εισέρχονται αμέσως στο Ιόνιο ή, όπως συμβαίνει πιο συχνά, μένουνε στάσιμοι πάνω από τη βόρεια Ιταλία. Αν καθυστερήσουν, δημιουργείται ένα νέο κέντρο ανατολικά, πάνω από το Ιόνιο. Ο συνδυασμός τους με ισχυρό Μπόρα πάνω από την Αδριατική οδηγεί στο σχηματισμό αρκετά ισχυρού συστήματος πάνω από το Ιόνιο.

Αν η ψυχρή περιοχή εμφανιστεί βόρεια, ο κυκλώνας του Ιονίου θα κινηθεί ανατολικά κατά μήκος του νότιου Αιγαίου ή του Κρητικού πελάγους. Αν δεν υπάρχει ψυχρή αέρια μάζα πάνω από το Αιγαίο, ο κυκλώνας του Ιονίου είναι πιο πιθανό να μετακινηθεί βορειοανατολικά, προς τη Μαύρη Θάλασσα. Όπως και στην περίπτωση της μετακίνησης του κυκλώνα στην νότια Ιταλία, ένα νέο κέντρο μπορεί να εμφανιστεί πάνω στο δυτικό Αιγαίο, αν το αρχικό σύστημα μείνει στάσιμο στις δυτικές ακτές της Ελλάδας.

10.4.4.3 Κυκλώνες Βόρειας Αφρικής

Οι βορειοαφρικανικοί κυκλώνες αναπτύσσονται πάνω από τις ερημικές εκτάσεις νότια των βουνών του Άτλαντα. Αυτά τα συστήματα γενικά κινούμενα βορειοανατολικά φτάνουν μέχρι την Τυνησία /περιοχή κόλπου Γκάμπες, αλλά μπορεί να συνεχίσουν την πορεία τους ανατολικότερα, νότια των

ακτών της Βόρειας Αφρικής. Η πιθανότητα να γίνει κάποια διαφοροποίηση στη διαδρομή τους κάνει πολύ δύσκολη την πρόγνωση των επιπτώσεων τους στην Κρήτη-περιοχή Αιγαίου.

Όταν εμφανίζονται τέτοιοι κυκλώνες είναι πολύ συχνοί οι θυελλώδεις άνεμοι. Ο Σιρόκος θα εμφανιστεί μπροστά από την ύφεση. Ακόμη ισχυρότεροι άνεμοι είναι πιθανό να εμφανιστούν στα δυτικά ενός χαμηλού που κινείται βορειοανατολικά, ιδιαίτερα με την άφιξη ψυχρής μάζας στα ανώτερα στρώματα (500hPa).

10.5 Καταιγίδες / Κακοκαιρία

Την περίοδο από τον Ιούνιο μέχρι τον Αύγουστο σπάνια εμφανίζονται καταιγίδες στην Κρήτη. Αυτό αρχικά οφείλεται στις καθοδικές κινήσεις των αερίων μαζών που συνδέονται με το υποτροπικό Ridge πάνω από την περιοχή, κατά την διάρκεια αυτής της περιόδου. Οι καταιγίδες εμφανίζονται όλον τον υπόλοιπο χρόνο, με μεγαλύτερη συχνότητα από τον Οκτώβρη έως το Φεβρουάριο. Το ορεογραφικό ανάγλυφο της Κρήτης παρέχει την απαραίτητη ανύψωση στις ασταθείς αέριες μάζες με αποτέλεσμα τις καταιγίδες. Ψυχρά μέτωπα και αυλώνες (troughs) συνδεδεμένες με συστήματα βαρομετρικών χαμηλών (Lows), τα οποία κινούνται πάνω από την Ελλάδα, δημιουργούν δραστηριότητα σκεδαζόμενων καταιγίδων κατά μήκος της Κρήτης. Η πλειοψηφία των καταιγίδων που εμφανίζονται πάνω από την Κρήτη, κατά την διάρκεια των φθινοπωρινών και χειμερινών μηνών, οφείλονται στην ανάπτυξη των ψυχρών πυρήνων των χαμηλών βαρομετρικών, τα οποία κινούνται αργά ανατολικά έξω από την κεντρική Μεσόγειο. Υπάρχει μια ημ-ιμόνιμη περιοχή θερμών υδάτων η οποία βρίσκεται στο κεντρικό Ιόνιο, και από την οποία αρχίζει ή εντείνεται η δραστηριότητα των καταιγίδων.

10.6 Συνοπτική Κλιματολογία

10.6.1 Κυκλώνες:

Πρωτογενής κυκλογένεση

Η αρχική περιοχή για κυκλογένεση στη Μεσόγειο είναι μέσα ή δίπλα στον κόλπο της Λυών ή τον κόλπο της Γένοβας. Η αρχική διαδρομή που ακολουθεί ένας τέτοιος κυκλώνας είναι νοτιοανατολικά κατά μήκος της νότιας Ιταλίας και της Ελλάδας, έπειτα βορειοανατολικά προς την βόρεια Τουρκία και τη Μαύρη θάλασσα.

Δευτερογενής κυκλογένεση

Η δευτερογενής χειμερινή περιοχή κυκλογένεσης είναι νότια των όρων του Άτλαντα στην βόρεια Αφρική. Η διαδρομή που ακολουθεί αυτός ο κυκλώνας είναι ανατολικά κατά μήκος των βόρειων ακτών της Αφρικής ή βορειοανατολικά μέσα στη Μεσόγειο ανατολικά της Κρήτης. Άλλες περιοχές στις οποίες ευνοείται η κυκλογένεση είναι η θάλασσα του Βαlearίδων, ο κόλπος του Καμπές και η περιοχή γύρω από την Κύπρο. Κατά την διάρκεια περιόδων χαμηλού ζωνικού δείκτη κυκλοφορίας, αργά το φθινόπωρο έως νωρίς την άνοιξη, χαμηλά βαρομετρικά συστήματα αναπτύσσονται στην υπήνεμη πλευρά της οροσειράς του Ταύρου στην Τουρκία, ανάμεσα στην Αντάλια και την Κύπρο με μεγαλύτερη ένταση από το Νοέμβριο μέχρι τον Απρίλη.

10.6.2 Κυκλογένεση:

Τελικά, κυκλωνική δραστηριότητα που επηρεάζει την Κρήτη και την λεκάνη της Μεσογείου εμφανίζεται από όλα τα συστήματα που αναφέρθηκαν παραπάνω. Συστήματα που μετακινούνται προς την ανατολική Μεσόγειο από τον κόλπο της Λυών ή της Γένοβας συχνά εγκαταλείπουν την κεντρική Μεσόγειο για να σταματήσουν στις δυτικές ακτές της Ελλάδας. Απαραίτητη προϋπόθεση για να συμβεί αυτό είναι μια ισχυρή εισβολή ψυχρού αέρα στην περιοχή του Αιγαίου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το χαμηλό να κινηθεί κατά μήκος του συνόρου του ψυχρού αέρα με μια κατεύθυνση αρχικά νότια ή νοτιοδυτικά και έπειτα ανατολικά προς την περιοχή της Κύπρου. Κυκλονογένεση πάνω από το νότιο Αιγαίο και την περιοχή της Κρήτης είναι πιο πιθανό να εμφανιστεί κατά την διάρκεια του φθινοπώρου και του χειμώνα. Η κυκλογένεση αυτή εμφανίζεται μπροστά από μια trough που εκτείνεται νότια μέχρι την βόρεια Αφρική. Στο θερμό τομέα του κυκλώνα αυτού μπορεί να επικρατούν ευνοϊκές συνθήκες εμφάνισης του Σιρόκου. Ισχυροί όμβροι με χαμηλές ορατότητες παρατηρούνται πιθανότατα κατά μήκος ή και πίσω από το ψυχρό μέτωπο. Άνεμοι ισχυρής έντασης είναι πιο πιθανοί βόρεια του κέντρου του χαμηλού, μέσα στον ψυχρό τομέα, αλλά μπορεί επίσης να εμφανιστούν και δυτικά της ύφεσης.

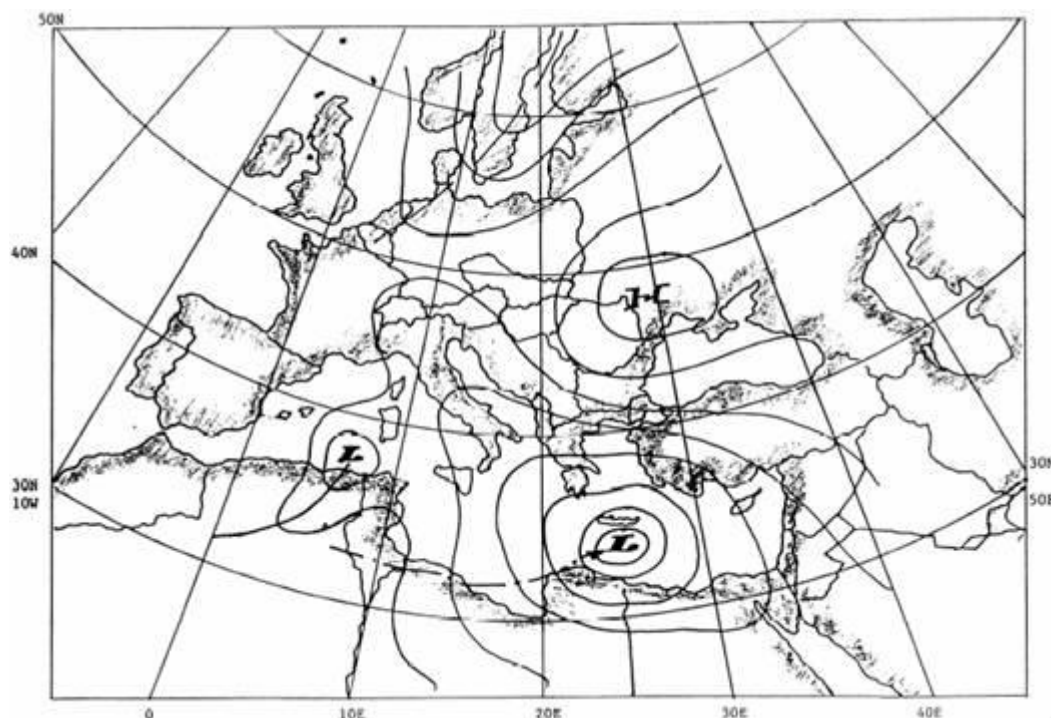
10.6.3 Κυκλώνες που Επηρεάζουν την Κρήτη και την Ανατολική Μεσόγειο:**10.6.3.1 Χαμηλά κινούμενα νότια της Κρήτης (σχήμα 10.19)**

Ο τύπος καιρού που συνδέεται με χαμηλό το οποίο ακολουθεί τροχιά νότια της Κρήτης εξαρτάται από την προέλευση του χαμηλού, την έντασή του, και την σχετική θερμοκρασία του αέρα και της θάλασσας.

Χαμηλά που προέρχονται από τον κόλπο της Γένοβας ή τον κόλπο της Λυών, τα οποία στη συνέχεια κινούνται νότια της Κρήτης, δίνουν περισσότερο υετό από εκείνα τα οποία προέρχονται από την βόρεια Αφρική. Όμβροι και καταιγίδες μπορεί να εκτείνονται στο θερμό τομέα του χαμηλού, συνοδευόμενοι από ισχυρούς ανατολικούς έως νοτιοανατολικούς ανέμους. Καιρική δραστηριότητα με

καταιγίδες είναι πιο πιθανό να εμφανιστεί κατά τη διάρκεια των φθινοπωρινών και των πρώτων χειμερινών μηνών, εξαιτίας της σχετικά θερμότερης θάλασσας σε σχέση με την θερμοκρασία του αέρα.

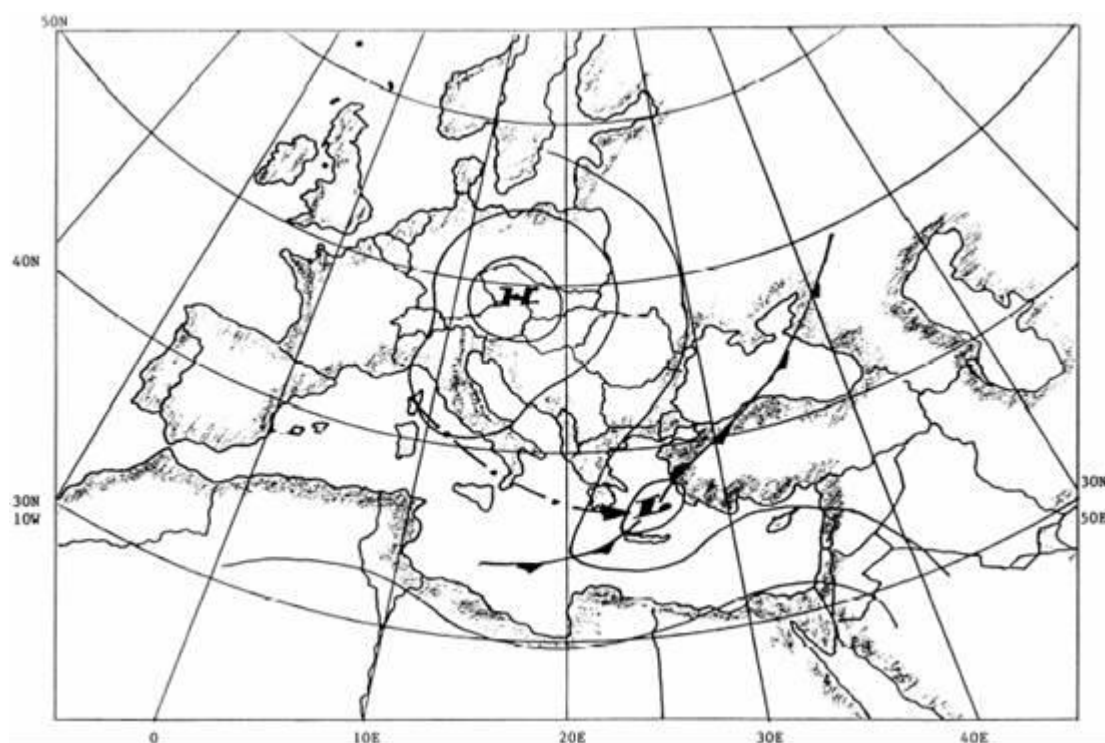
Καθώς το χαμηλό μετακινείται ανατολικά της Κρήτης, και οι επιφανειακοί άνεμοι πίσω από αυτό γίνονται βόρειοι, αυξάνουν τα νέφη στην προσήνεμη πλευρά των ορεινών όγκων και οι βάσεις τους κατεβαίνουν. Ωστόσο, ως γενικός κανόνας, βελτίωση του καιρού αναμένεται σύντομα όταν οι επιφανειακοί άνεμοι πίσω από το χαμηλό στραφούν σε βόρειους.



Σχήμα 10.19. Βαρομετρικά χαμηλά κινούμενα νότια της Κρήτης κατά τη χειμερινή περίοδο (23).

10.6.3.2 Χαμηλά κινούμενα βόρεια της Κρήτης (σχήμα 10.20)

Κατά την διάρκεια των χειμερινών μηνών, τα χαμηλά περνάνε βόρεια της Κρήτης κινούμενα συνήθως σε τροχιές που ακολουθούν την νότια ακτογραμμή της Ελλάδας και συχνά συνοδεύονται από ένα ψυχρό μέτωπο, το οποίο ακολουθείται από διαδοχικές troughs. Η βασική διαταραχή στην ανώτερη ατμόσφαιρα αποτελείται από μια trough, ο άξονας της οποίας βρίσκεται δυτικά της Κρήτης, και συνοδεύεται από διαδοχικές μικρότερες trough. Όπως και με τη διέλευση χαμηλού νότια του νησιού, γρήγορα οι νότιοι άνεμοι στρέφονται σε ανατολικούς, κάτι που συναντάται συχνά στο θερμό τομέα. Ο υετός περιορίζεται σε όμβρους και καταιγίδες που συνδέονται με το ψυχρό μέτωπο και τη θέση της μετωπικής trough. Η πιο συχνή εμφάνιση χαμηλών που περνάνε βόρεια της Κρήτης είναι κατά τη διάρκεια των φθινοπωρινών και των πρώτων χειμερινών μηνών.



Σχήμα 10.20. Βαρομετρικά χαμηλά κινούμενα βόρεια της Κρήτης κατά τη χειμερινή περίοδο (23).

10.6.3.3 Χαμηλά Βόρειας Αφρικής

Οι κυκλώνες της βόρειας Αφρικής αναπτύσσονται πάνω από τις περιοχές των ερήμων νότια των βουνών του Άτλαντα. Η συνοπτική κατάσταση που ευνοεί την ανάπτυξή τους είναι η παρουσία μιας ανώτερης trough πάνω από την Ισπανία με τον άξονά της προσανατολισμένο από βορειοανατολικά προς νοτιοδυτικά, η οποία παράγει μια βαθιά νοτιοδυτική ροή πάνω από την βορειοδυτική Αφρική. Η παρουσία ψυχρού μετώπου δεν είναι απαραίτητη.

Και τα δύο, υετός και ταχύτητα διέλευσης του συστήματος, εξαρτώνται από την εποχή του έτους. Αργά το φθινόπωρο και νωρίς το χειμώνα, χαμηλά κινούμενα στην περιοχή αυτή είναι αξιοσημείωτα για την εξαιρετικά αργή τους κίνηση και για τη συσχέτισή τους με ένα αποκομμένο χαμηλό στα ανώτερα στρώματα. Οι εικόνες δορυφόρου θα παρουσιάζουν, στην περίπτωση αυτή, μια σχεδόν εκρηκτική ανάπτυξη καθώς η ξηρή αέρια μάζα του κυκλώνα κινείται πάνω από την σχετικά θερμή θάλασσα απορροφώντας μεγάλα ποσά υγρασίας. Ο υετός σε αυτά τα συστήματα είναι κανονικά υψηλός.

Αργά το χειμώνα και νωρίς την άνοιξη ο αριθμός των βορειοαφρικάνικων κυκλώνων αυξάνει και η περιοχή γίνεται βασική περιοχή κυκλωγέννεσης. Η ταχύτητα κίνησης των συστημάτων αυτών, έξω από το κέντρο της περιοχής όπου πηγάζουν, είναι εξαιρετικά υψηλή.

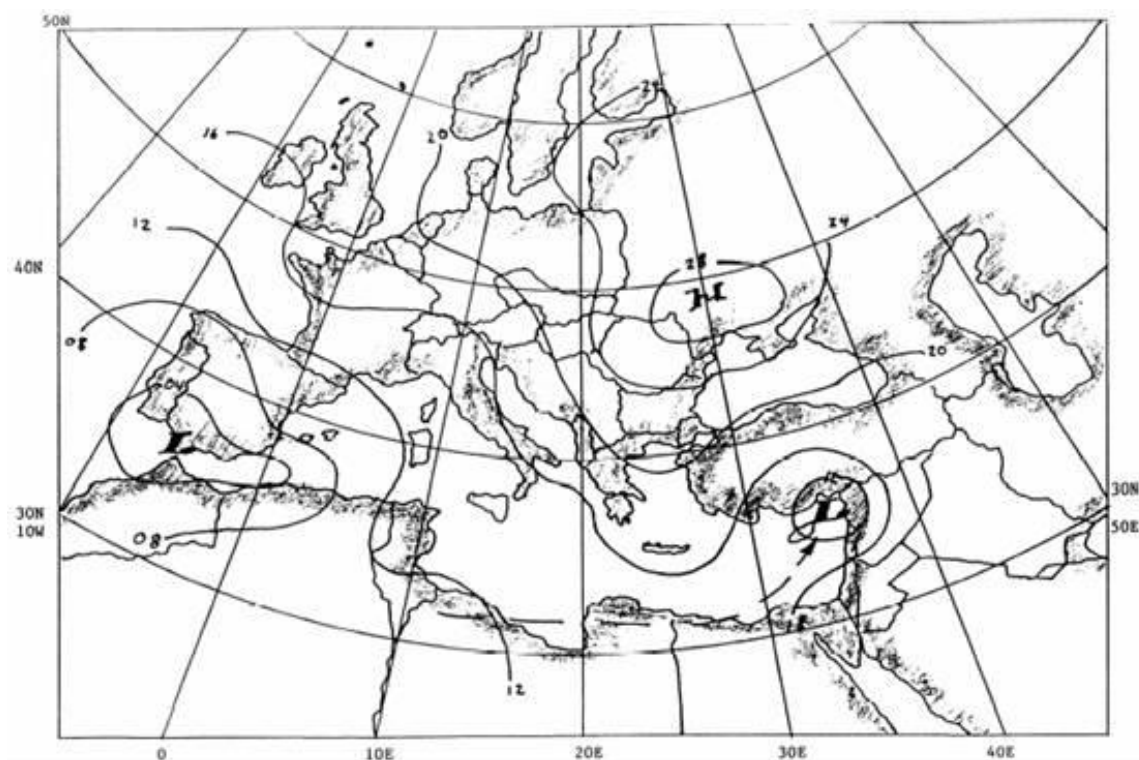
Όταν τα χαμηλά της βόρειας Αφρικής κινούνται πάνω από τη Μεσόγειο, ο χάρτης των 500hPa είναι ένας καλός οδηγός για να καθοριστεί η πιθανή διεύθυνση κίνησης. Μπορεί η ύφεση να αποκτήσει μια κατεύθυνση προς την ανατολική Μεσόγειο, οι συνθήκες όμως που συνδέονται με το Σιρόκο θα την

στρέψουν προοδευτικά ανατολικότερα κατά μήκος των Αφρικανικών ακτών με αποτέλεσμα η trough να μετακινηθεί πάνω από τη θάλασσα.

10.6.3.4 Ύφεση πάνω από την Κύπρο (σχήμα 10.21)

Σε περιόδους με χαμηλό δείκτη ζωνικής κυκλοφορίας, από αργά το φθινόπωρο μέχρι την άνοιξη, συχνές αναπτύξεις σχετίζονται με ένα χαμηλό το οποίο γίνεται στάσιμο κοντά στην Κύπρο. Αυτά τα συστήματα αναπτύσσονται ή εντείνονται στα περάσματα των βουνών του Ταύρου στην Τουρκία, ανάμεσα στην Αντάλια και την Κύπρο, και γίνονται πιο έντονα από τον Νοέμβριο έως τον Απρίλη.

Ο καιρός δυτικά αυτών των συστημάτων χαρακτηρίζεται από σχεδόν θυελλώδεις ανέμους και ισχυρούς όμβρους. Ανατολικά του χαμηλού, μπορεί να εμφανιστούν παράγοντες επικράτησης Σιρόκου. Όσο το χαμηλό παραμένει ανατολικά της Κρήτης και σχετίζεται με ένα αποκομμένο κλειστό χαμηλό στην ανώτερη ατμόσφαιρα, trough που συνδέονται με μικρές διαταραχές συχνά αναπτύσσονται βόρεια της περιοχής και κινούνται ακτινωτά γύρω από το κέντρο του χαμηλού. Συνήθως, οι επιφανειακοί άνεμοι στρέφονται από πίσω σε βορειοδυτικούς και εξασθενούν όσο οι troughs πλησιάζουν και μια πρόσκαιρη βελτίωση του καιρού εμφανίζεται πριν την άφιξη των όμβρων. Μετά τη διέλευση της trough ξανά στρέφονται σε βορειοανατολικούς και αυξάνει η ένταση. Αυτός ο κύκλος της παραπάνω εναλλαγής του καιρού μπορεί να επαναληφθεί μέχρι και έξι φορές μέχρι να πληρωθεί το χαμηλό ή να μετακινηθεί βορειοανατολικά.



Σχήμα 10.21. Ύφεση πάνω από την Κύπρο κατά τη χειμερινή περίοδο (23).

10.6.4 Αντικυκλώνες:

10.6.4.1 Κινούμενοι αντικυκλώνες

Κατά την διάρκεια του καλοκαιριού, ρηχοί αλλά επίμονοι αντικυκλώνες κυριαρχούν πάνω από λεκάνη της Μεσογείου. Κινούμενα υψηλά δυτικά της Ισπανίας συχνά αποκόπτονται από το υποτροπικό ridge. Η μετακίνησή τους γενικά ανατολικότερα και η διαδρομή τους πάνω από την ηπειρωτική Ευρώπη, ανατρέπεται μέσα στη λεκάνη της Μεσογείου. Επίσης το χειμώνα συστήματα υψηλών βαρομετρικών προκύπτουν από κινούμενους αντικυκλώνες, οι οποίοι έχουν αποκοπεί από το υποτροπικό ridge. Την περίοδο αυτή, οι αντικυκλώνες κινούνται ανατολικότερα κατά μήκος της Βόρειας Αφρικής.

10.6.4.2 Ημι-στάσιμοι αντικυκλώνες

Κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού, υψηλές πιέσεις επικρατούν στη λεκάνη της Μεσογείου ως μια επέκταση του αντικυκλώνα των Αζορών. Αν και αυτό δεν είναι ταξινομημένο ως ένα οργανωμένο σύστημα, αποτελεί ένα αποτελεσματικό εμπόδιο στη διέλευση των χαμηλών βαρομετρικών συστημάτων στα μέσα γεωγραφικά πλάτη. Τα αποτελέσματα των καθοδικών κινήσεων που συνδέονται με αυτό το υποτροπικό ridge συνοδεύονται με ξηρές αέριες μάζες και απουσία νεφών. Τα συστήματα αυτά συναντώνται την περίοδο από τον Ιούνιο μέχρι τον Αύγουστο. Ως ημι-στάσιμο σύστημα, αυτό το ridge αρχίζει να εξασθενεί αργά το Σεπτέμβρη, όταν μια χειμερινή ισχυρή διαταραχή το ωθεί μέσα στη λεκάνη της Μεσογείου.

10.7 Κανόνες Πρόγνωσης

10.7.1 Άνεμος

10.7.1.1 Ετησίες

Πρόγνωση της Έναρξης:

- Πρόγνωση Ετησίων θεμελιώδους έντασης εμφανίζεται όταν υπάρχει συνδυασμός ισχυρού ridge πάνω από τη Γαλλία και οξείας trough πάνω από τα νησιά του Ιονίου, τη βόρεια Ελλάδα και τα ανατολικά Βαλκάνια, στο 500mb.
- Πρόγνωση Ετησίων θεμελιώδους έντασης εμφανίζεται όταν υπάρχει συνδυασμός κυκλώνα πάνω από την Τουρκία και αντικυκλώνα πάνω από τα Βαλκάνια.

- Η κίνηση ενός ψυχρού μετώπου νότια ή νοτιοανατολικά είναι απαραίτητα για την επικράτηση Ετησίων ισχυρής έντασης.

Πρόγνωση της Διακοπής:

Πρόγνωση της διακοπής των ισχυρής έντασης Ετησίων ανέμων εμφανίζεται όταν ένα ridge αναμένεται να κινηθεί πάνω από τα βόρεια νησιά του Ιονίου, στα 500hPa.

Ο άνεμος Μιστράλ και οι Ετησίες δεν εμφανίζονται ταυτόχρονα. Αν επικρατεί το ένα είδος ανέμου τότε η επικράτηση του άλλου καταστέλλεται. Έτσι αν προβλεφθεί η επικράτηση του Μιστράλ, οι θυελλώδους έντασης Ετησίες θα διακοπούν.

Πρόγνωση της Διάρκειας:

Με ταχέως κινούμενα συστήματα η επόμενη περίοδος εμφάνισης Ετησίων είναι σύντομη, συνήθως μικρότερη από 5 μέρες. Αν μία διαταραχή (trough/ridge) που διέρχεται από τα δυτικά, στα ανώτερα στρώματα, είναι ρηχή, η επόμενη περίοδος εμφάνισης των Ετησίων συναντάται συχνά σε σύντομο χρονικό διάστημα.

Εκτεταμένη περίοδος εμφάνισης Ετησίων ανέμων είναι πιθανή, αν υπάρχει στην επιφάνεια μια βαθιά ύφεση πάνω από την περιοχή της Μαύρης θάλασσας, που συνδυάζεται με ένα αποκομμένο χαμηλό στα 500hPa. Ισχυροί βόρειοι άνεμοι επικρατούν τότε στα ανώτερα στρώματα πάνω από το Αιγαίο.

Εκτεταμένο ridge πάνω από τη Γαλλία και τη δυτική Γερμανία συνδέεται με εκτεταμένη περίοδο εμφάνισης Ετησίων, 5 μέρες ή περισσότερο.

Πρόγνωση της Έντασης:

- Ισχυροί άνεμοι στα πλαίσια των Ετησίων εμφανίζονται κατά μήκος της τροχιάς από λίγο ανατολικά της Λήμνου και της Σκύρου, δια μέσου των Κυκλάδων και έπειτα στα ανοιχτά ανάμεσα σε Ρόδο και Κρήτη.
- Οι καταστάσεις καλά οργανωμένων Ετησίων, με εντάσεις που ξεπερνούν τους 27kts, είναι συχνές κατά μήκος των νότιων ακτών της Κρήτης στις περιοχές κοιλάδων που καταλήγουν νότια ή στις εξόδους φαραγγιών.
- Κατά την διάρκεια επικράτησης Ετησίων, θυελλώδεις άνεμοι εκτείνονται στην περιοχή λίγο ανατολικά της Κρήτης και νότια της Ρόδου. Βόρειοι άνεμοι 20-25kts στο Αιγαίο ενισχύονται σε 25-30kts με ισχυρές ριπές στις ανατολικές ακτές της Κρήτης.

Παρατηρήσεις εμφάνισης Ετησίων ανέμων στη θαλάσσια περιοχή της Κρήτης φανερώνουν ότι ο άνεμος στην περιοχή αυτή είναι κατ' εξοχήν γεωστροφικός εξαιτίας του φαινομένου του καναλισμού ανάμεσα στην Κρήτη και το γειτονικό νησί της Καρπάθου. Η διεύθυνση ροής του ανέμου είναι κατά

μήκος των ισοβαρών, με μια κλίση γύρω στις 45^ο προς την Τουρκία. Η βαροβαθμίδα που χρησιμοποιείται για την εκτίμηση της έντασης του ανέμου καθορίζεται χρησιμοποιώντας την μεταβολή της βαρομετρικής πίεσης από τη Σητεία μέχρι τη Ρόδο (Βαρομετρική πίεση Ρόδου μείων την αντίστοιχη στη Σητεία).

10.7.1.2 Σιρόκος

Πρόγνωση της Έναρξης:

Προγνωστικά εμφανίζεται Σιρόκος ισχυρής έντασης αν συνυπάρχουν δύο παράγοντες:

1. Στην ανώτερη ατμόσφαιρα υπάρχει trough πάνω από τα Βαλκάνια με ένα jet stream στα νότια τμήματα των Βαλκανίων και
2. Παρατηρείται πτώση της βαρομετρικής πίεσης σε σταθμούς κατά μήκος της ανατολικής ακτής της Τυνησίας.

Σε περιοχές βόρεια από τη βόρεια Αφρική ο Σιρόκος σχεδόν πάντα συνδέεται με ύφεση και πνέει στα ανατολικά της τμήματα. Ο Σιρόκος στην Κρήτη συνδέεται κυρίως με τον κυκλώνα στη Βόρεια Αφρική.

Πρόγνωση της Έντασης:

Κατά τη διάρκεια επικράτησης του Σιρόκου εξασθενημένες trough στα ανώτερα στρώματα προσεγγίζουν την περιοχή από δυτικά και προκαλούνται απότομες αλλαγές τόσο στη διεύθυνση όσο και στην ένταση του ανέμου.

Έντονες αλλαγές τόσο στον άνεμο όσο και στη θερμοκρασία είναι συνηθισμένες κατά την περίοδο εμφάνισης του Σιρόκου κυρίως στους κόλπους νησιών με έντονη ορογραφία. Αυτά τα φαινόμενα είναι αποτέλεσμα της επιφανειακής αναστροφής, λόγω ανάμιξης των κατώτερων μαζών από αναταράξεις.

Πρόγνωση της Διάρκειας:

Κατά τη διάρκεια επικράτησης του Σιρόκου πιθανώς εμφανίζεται ένα jet stream σε χαμηλά επίπεδα, κάτω από το ανώτερο όριο της επιφανειακής θερμοκρασιακής αναστροφής. Η ένταση του ανέμου φτάνει τους 70 με 80kts με ισχυρές αναταράξεις.

Η επιφανειακή αναστροφή, που οφείλεται στη σχετικά ψυχρή υδάτινη επιφάνεια κατά τη διάρκεια της άνοιξης, γίνεται φανερή με την ατμοσφαιρικής σκόνη που συσσωρεύεται κάτω από την αναστροφή.

Ο τύπος καιρού που συνδέεται με το Σιρόκο εξαρτάται άμεσα από δύο παράγοντες, το μήκος της τροχιάς του ανέμου πάνω από υδάτινη επιφάνεια και την ένταση του ανέμου. Ισχυρές εντάσεις και μικρές τροχιές πάνω από υδάτινες επιφάνειες δημιουργούν υψηλές συγκεντρώσεις σκόνης που

περιορίζουν της ορατότητα, ενώ ασθενείς άνεμοι με τροχιές κατ' εξοχήν πάνω από υδάτινες επιφάνειες συνδέονται με υψηλά ποσά υγρασίας στην ατμόσφαιρα, ομίχλη και χαμηλές ορατότητες.

10.7.1.3 Ψυχρά Κύματα και Άνεμοι Τύπου Μπόρα (Ψυχρές Εισβολές)

Πρόγνωση της Έναρξης:

Απαραίτητη ένδειξη για την εμφάνιση ψυχρής εισβολής στο Αιγαίο μέσα σε 48 ώρες αποτελεί ένα ridge στα 500hPa πάνω από τα ανατολικά τμήματα του Βόρειου Ατλαντικού και μια trough στα 500hPa πάνω από την κεντρική Ευρώπη.

Προγνωστικά ψυχρή εισβολή εμφανίζεται στο Αιγαίο με την άφιξη ή την ανάπτυξη υψηλών πιέσεων πάνω από τα Βαλκάνια. Κατά τη διάρκεια του χειμώνα ο αντικυκλώνας πιθανώς βρίσκεται πάνω από τη Σκωτία 48 ώρες πριν τη διέλευση του μετώπου. Το φθινόπωρο αντικυκλώνας εμφανίζεται και αναπτύσσεται πάνω από τα Βαλκάνια 24 ώρες πριν τη διέλευση του μετώπου.

Πρόγνωση της Έντασης:

Κατά τη διάρκεια ψυχρών εισβολών στο Αιγαίο, αν η συνοπτικής κλίμακας βαροβαθμίδα ευνοεί βορειοανατολική ροή σε στρώμα μεγάλου πάχους από τη μέση στάθμη της θάλασσας, προγνωστικά αναμένεται ισχυρός ριπαίος άνεμος στο ακρωτήριο του Ταΐναρου. Ριπές είναι πιθανό να εμφανιστούν στην υπήνεμη πλευρά έντονου ορεινού ανάγλυφου στις Κυκλάδες, την Εύβοια, τον κόλπο του Θερμαϊκού και την Κρήτη.

Κατά τη διάρκεια βόρειας ροής προγνωστικά αναμένεται ριπαίος άνεμος στην υπήνεμη πλευρά του ορεινού αναγλύφου νότια του βουνού Άθως, στη χερσόνησο του Πηλίου, στην ανατολική και νότια πλευρά της Εύβοιας, σε όλα τα νησιά των Κυκλάδων που έχουν ψηλά βουνά, ειδικά σε εκείνα που βρίσκονται βόρεια της Μήλου, στον κόλπο της Πάτρας και της Κορίνθου και στη δυτική πλευρά της νότιας Κρήτης.

Κατά τη διάρκεια έντονης ψυχρής εισβολής στο Αιγαίο, πολύ ισχυρός άνεμος εμφανίζεται στο Τυμπάκι της Κρήτης, το οποίο βρίσκεται στη νότια πλευρά του νησιού στους πρόποδες του όρους Ίδη. Η ένταση των βόρειων ανέμων στο Τυμπάκι μπορεί να γίνει διπλάσια ή και μεγαλύτερη σε σύγκριση με την αντίστοιχη ένταση που παρατηρείται στη βόρεια πλευρά του νησιού.

Πρόγνωση της Διάρκειας:

Μια μεγάλη περιοχή εμφάνισης θυελλωδών ανέμων στη Μεσόγειο είναι το Αιγαίο. Εκτεταμένες περίοδοι θυελλωδών ανέμων, με διάρκεια μεγαλύτερη της μιας εβδομάδας, εμφανίζονται στις περιοχές ψυχρών μετώπων τα οποία κινούνται νοτιότερα και σταματούν στην εγγύτερη περιοχή της Κρήτης.

Ψυχρά μέτωπα κινούμενα νοτιότερα δια μέσω του Αιγαίου συχνά σταματούν στο γεωγραφικό πλάτος της Κρήτης. Στη βόρεια πλευρά του νησιού, υπό αυτές τις συνθήκες, οι άνεμοι είναι βόρειοι και ο καιρός ήπιος. Στο νότιο μέρος του νησιού ωστόσο εμφανίζονται νότιοι άνεμοι, με ανέφελο ουρανό και υψηλές θερμοκρασίες. Η εμφάνιση στάσιμου μετώπου κατά μήκος του νησιού μπορεί να κρατήσει πάνω από μια εβδομάδα.

10.7.1.4 Κυκλώνες

Πρόγνωση – Κανόνες Μετακίνησης:

Κατά την διάρκεια της άνοιξης, ένας κυκλώνας της βόρειας Αφρικής ο οποίος έχει μετακινηθεί πάνω από τη Μεσόγειο, γενικά, θα κινηθεί βορειοανατολικά αν η θερμική trough πάνω από την Τουρκία είναι βαθύτερη από 1000hPa. Ωστόσο, αν ένας επιφανειακός αντικυκλώνας ή ένα αβαθές χαμηλό εμφανιστεί πάνω από την Τουρκία, ο βορειοαφρικανικός κυκλώνας θα παραμείνει στάσιμος πάνω από το Ιόνιο 75% του χρόνου.

Ένας κυκλώνας που αναπτύσσεται στη νότια άκρη μιας ψυχρής εισβολής πάνω από το Αιγαίο μπορεί να μετακινηθεί νότια ή νοτιοανατολικά αρχικά, αλλά τελικά θα καταλήξει σε ανατολική κίνηση προς την Κύπρο.

Αν μια ψυχρή εισβολή εμφανιστεί πάνω από το Αιγαίο, ένα χαμηλό κινούμενο προς την περιοχή αυτή από το Ιόνιο, προγνωστικά, πρόκειται να ακολουθήσει ανατολική πορεία κατά μήκος του νότιου Αιγαίου ή του Κρητικού πελάγους. Αν η ψυχρή εισβολή δεν υπάρχει τότε οι πλησιέστεροι κυκλώνες θα κινηθούν βορειοανατολικά.

Επιφανειακοί κυκλώνες που κινούνται κατά μήκος του Ιονίου πληρούνται όταν φτάνουν στην περιοχή της Ελλάδας. Όταν αυτό συμβεί, ένα νέο κέντρο είναι πιθανό να αναπτυχθεί ανατολικά πάνω από το Κεντρικό Αιγαίο. Έτσι το κέντρο του χαμηλού εμφανίζει ένα «άλμα» πάνω από τις ηπειρωτικές περιοχές.

10.7.1.5 Κυκλωνική Δραστηριότητα, Κυκλογένεση

Πρόγνωση – Γενικοί Κανόνες:

Υπολείμματα από παλιά ψυχρά μέτωπα θα πρέπει να παρακολουθούνται στενά. Σε μερικές περιπτώσεις η κυκλογένεση δημιουργείται κατά μήκος αυτών των μετώπων, ακόμα και αφού εξαφανιστούν οι νεφώσεις που συνδέονται με αυτά. Αυτό το φαινόμενο παρουσιάζεται όταν trough, που συνδέονται με μικρές διαταραχές σε ανώτερο επίπεδο, πλησιάζουν από δυτικά.

Μια απαραίτητα, αν και όχι ικανοποιητική από μόνη της απαίτηση, για ραγδαία κυκλογένεση πάνω από το νότιο Αιγαίο – Κρητικό πέλαγος είναι η νότια κίνηση ψυχρών εισβολών κατά μήκος του Αιγαίου.

10.7.1.6 Κίνηση Μετώπων

Πρόγνωση – Γενικός Κανόνας:

Τα ασθενή ψυχρά μέτωπα που πλησιάζουν τη λεκάνη της Μεσογείου καθυστερούν αρκετά λόγω των ορεινών όγκων. Καλά οργανωμένα ψυχρά μέτωπα δεν επηρεάζονται από το ανάγλυφο, και κάποιες φορές υφίστανται ακόμη και επιτάχυνση.

10.7.2 Νεφη - Υετός

10.7.2.1 Νέφη και Καιρός

Τους χειμερινούς μήνες ψυχρή βορειοανατολική ροή από την Τουρκία μπορεί να δημιουργήσει νέφη στρωματομόρφα καθώς ο αέρας κινείται νότια πάνω από το Αιγαίο. Καθώς η ροή συνεχίζεται προς την Κρήτη, τα νέφη αυξάνονται και καλύπτουν το νότιο Αιγαίο με ασθενή βροχή.

10.7.2.2 Καταιγίδες

Η πιο αξιόπιστη προγνωστική ένδειξη για καταιγίδες την χειμερινή περίοδο στην Κρήτη είναι η ισόθερμος των -20°C στη ισοβαρική επιφάνεια των 500hPa. Όταν αυτή η ισόθερμος βρίσκεται νότια του νησιού αναμένεται η ανάπτυξη καταιγίδων κατά μήκος ενός μετώπου ή trough. Καταιγίδες μπορεί να εμφανιστούν και με υψηλότερη θερμοκρασία στα 500hPa εξαιτίας των ανοδικών κατακόρυφων κινήσεων που παρέχονται στα κατώτερα στρώματα από τη σχετικά θερμή θαλάσσια επιφάνεια. Καλή ένδειξη για εμφάνιση καταιγίδων είναι η 540 ισοϋψής στο χάρτη των 500hPa, όταν αυτή βρίσκεται νότια της Κρήτης.

Στον παρακάτω Πίνακα 3 φαίνονται ενδεικτικές τιμές θερμοκρασιών που πρέπει να έχουν οι δύο βασικές στάθμες για την εμφάνιση νεφών αστάθειας στη Κρήτη, για όλους τους μήνες του έτους.

Πίνακας 10.1. Ενδεικτικές τιμές θερμοκρασιών στις στάθμες των 500hPa και 850hPa για την εμφάνιση αστάθειας στην Κρήτη.

Στάθμη	Ιαν.	Φεβ.	Μαρ.	Απρ.	Μαίος	Ιούν.
T500	-24,9	-23,0	-23,4	-20,9	-17,4	-13,2
T850	0,4	2,1	2,1	5,9	5,3	14,2
ΔT	25,3	25,4	25,5	26,8	27,7	27,4
Στάθμ.	Ιουλ.	Αυγ.	Σεπ.	Οκτ.	Νοε.	Δεκ.
T500	-9,5	-8,9	-12,4	-15,9	-18,9	-22,0
T850	16,6	17,4	12,7	9,8	6,7	2,9
ΔT	26,1	26,7	25,1	25,7	25,6	24,9

10.7.2.3 Παγωμένος και Υγρός Υετός

Χρησιμοποιείται η ισοϋψής 540 και η ισόθερμος των -25°C στο χάρτη των 500hPa για να γίνει η διάκριση ανάμεσα στον παγωμένο και τον υγρό υετό. Αν η ισόθερμος των -25°C και η ισοϋψής 540 περνάνε νότια της Κρήτης, προγνωστικά, αναμένεται παγωμένος υετός. Αν η ισόθερμος των -25°C και η ισοϋψής 540 περνάνε βόρεια της Κρήτης, προγνωστικά αναμένεται υετός σε υγρή φάση. Η περίπτωση κατά την οποία η ισοϋψής 540 περνάει νότια της Κρήτης και η ισόθερμος των -25°C βόρεια αυτής αντιστοιχεί σε πιθανότητα υετού μικτής φάσης ή αυξημένης πιθανότητας για παγωμένους σβόλους κατά τη διάρκεια όμβρου, λόγω αστάθειας σε μια πολική έξαρση.

11^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

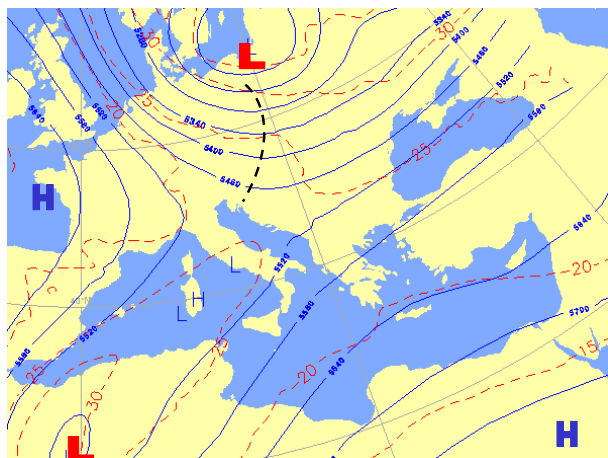
ΠΕΡΙΣΤΑΤΙΚΑ ΚΑΚΟΚΑΙΡΙΑΣ ΣΤΗΝ ΚΡΗΤΗ

Στο κεφάλαιο αυτό θα αναλυθούν πέντε περιπτώσεις εξαιρετικά έντονων καιρικών φαινομένων οι οποίες επηρέασαν την Νοτιοανατολική Μεσόγειο και ειδικά την περιοχή της Κρήτης.

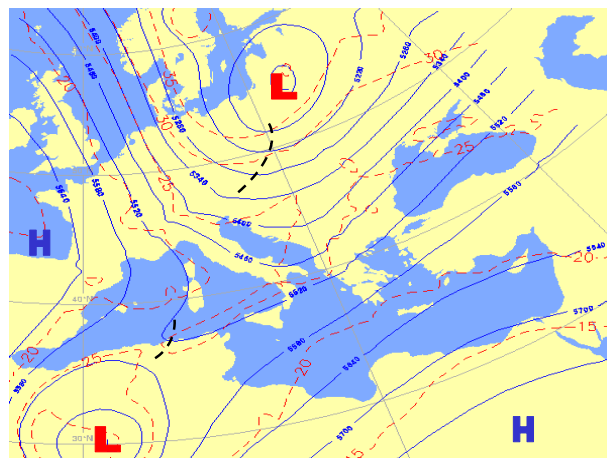
Για τη διαγνωστική έρευνα των φαινομένων χρησιμοποιούνται οι πραγματικοί και προγνωστικοί χάρτες επιφανείας και ανώτερης ατμόσφαιρας μιας μεγάλης περιοχής της Ευρώπης που περικλείεται από τους παράλληλους 30°N και 65°N και τους μεσημβρινούς 20°W και 40°E . Οι προγνωστικοί χάρτες είναι προϊόντα που βασίζονται στο τρισδιάστατο υδροστατικό παγκόσμιο προγνωστικό μοντέλο του Ευρωπαϊκού Κέντρου Μεσοπρόθεσμων Μετεωρολογικών Προγνώσεων (European Center for Mesoscale Weather Forecasts – ECMWF). Ακόμη συλλέχθηκαν φωτογραφίες των μετεωρολογικών δορυφόρων MSG και NOAA και παρατηρήσεις ωριαίες και ημωριαίες ορισμένων μετεωρολογικών σταθμών από το GTS (Παγκόσμιο Σύστημα Τηλεπικοινωνιών). Τέλος η οπτικοποίηση των παρατηρήσεων πραγματοποιείται με τη βοήθεια του προγράμματος MetShell.

Επειδή η μελέτη αναφέρεται στα συστήματα που συνοδεύτηκαν με έντονα καιρικά φαινόμενα στην περιοχή της Κρήτης, η ανάλυση των χαρτών θα εστιαστεί στην υπό εξέταση περιοχή.

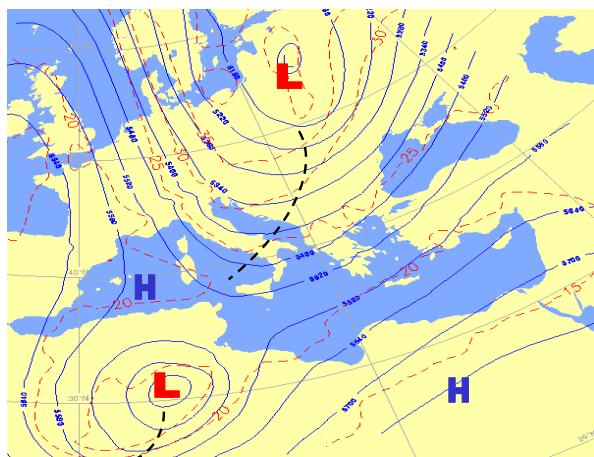
11.1 Μετεωρολογική βόμβα (21/01/2004)



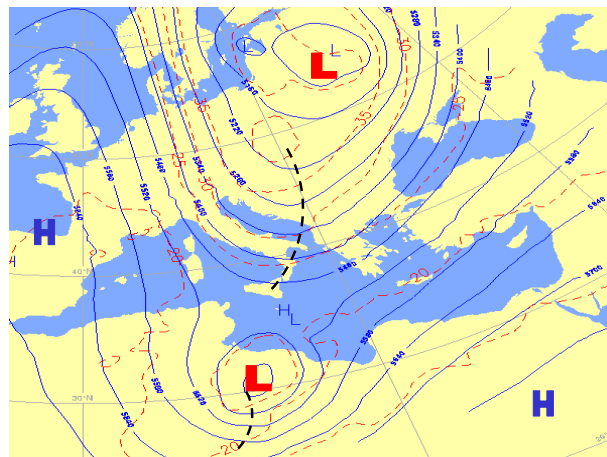
Σχήμα 11.1. Χάρτης 500HPA της 20-01-04/ 00UTC (ECMWF).



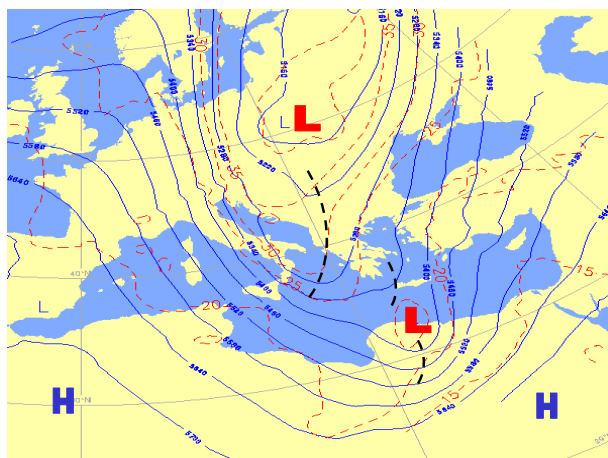
Σχήμα 11.2. Χάρτης 500HPA της 20-01-04/ 12UTC (ECMWF).



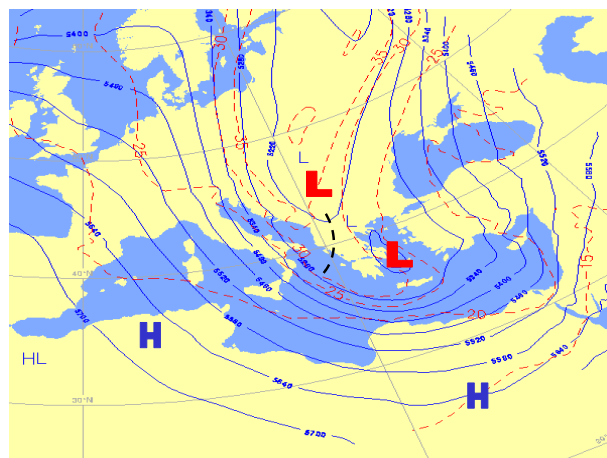
Σχήμα 11.3. Χάρτης 500HPA της 21-01-04/ 00UTC (ECMWF).



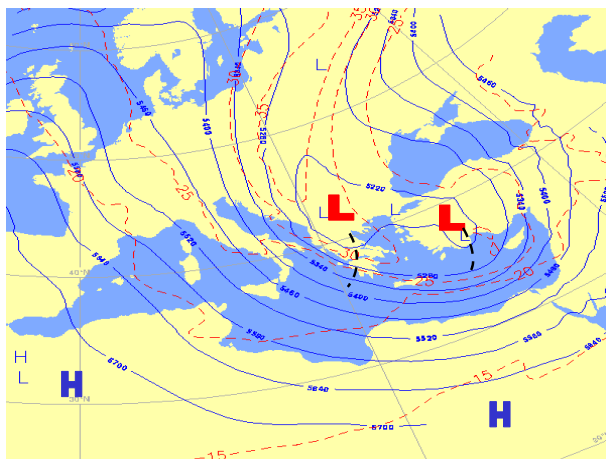
Σχήμα 11.4. Χάρτης 500 HPA της 21-01-04/ 12UTC (ECMWF).



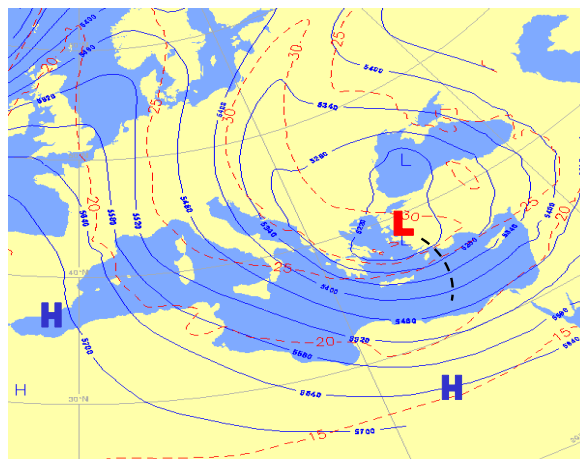
Σχήμα 11.5. Χάρτης 500HPA της 22-01-04/ 00UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.6. Χάρτης 500HPA της 22-01-04/ 12UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.7. Χάρτης 500HPa της 23-01-04/ 00UTC (ECMWF).

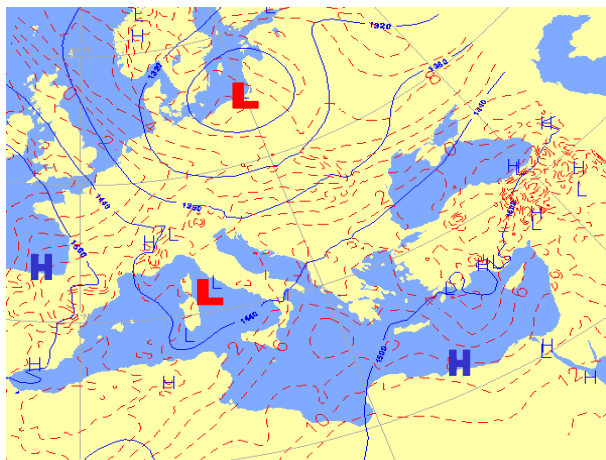


Σχήμα 11.8. Χάρτης 500HPa της 23-01-04/ 12UTC (ECMWF).

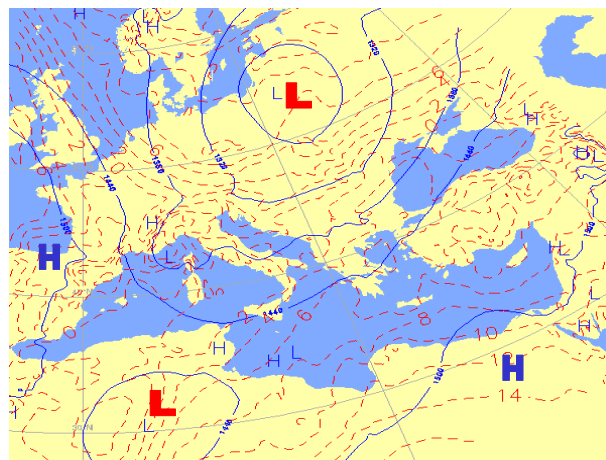
Στις 20/01/2004, 00UTC, στην ανώτερη ατμόσφαιρα – στάθμη 500hPa (σχήμα 11.1), ένα χαμηλό που καλύπτει την κεντρική και βόρεια Ευρώπη, εκτείνεται μέχρι την βόρεια Αφρική, με δύο κέντρα: το πρωτεύον στη Φινλανδία – Βαλτική και το δευτερεύον στα όρη του Άτλαντα (βόρεια Αλγερία – Μαρόκο). Νότια του πρωτεύοντος κέντρου είναι εμφανής η κυκλωνική καμπυλότητα και στην περιοχή του μεγίστου αυτής υπάρχει σχηματισμένη trough. Στις επόμενες 12 ώρες (σχήμα 11.2) το πρωτεύον κέντρο κινείται ανατολικά και βαθαίνει και το δευτερεύον βαθαίνει χωρίς ουσιαστική μετακίνηση. Η trough ακολουθεί την κίνηση του χαμηλού, ενώ μια δεύτερη εμφανίζεται στις βόρειες ακτές της Αλγερίας. Στις επόμενες 48 ώρες (σχήματα 11.3, 11.4, 11.5, 11.6) το πρωτεύον κέντρο επεκτείνεται νότια λόγω της τροφοδοσίας του με ψυχρό αέρα από τη Σκανδιναβία. Το δευτερεύον κέντρο κινείται σχετικά γρήγορα πάνω σε μια κυκλωνική τροχιά, η οποία οριοθετείται από τα κράσπεδα του πρωτεύοντος, ακολουθούμενο από ακτινωτή trough στο νότιο μέρος του. Στο τέλος της περιόδου, το ταχέως κινούμενο δευτερεύον κέντρο βρίσκεται πάνω από το Αιγαίο, μπροστά από το πρωτεύον, το οποίο πλέον καλύπτει και τα βόρεια Βαλκάνια. Τα δύο κέντρα έχουν προσεγγίσει πολύ μεταξύ τους και στις επόμενες 24 ώρες (σχήματα 11.7 και 11.8) ενσωματώνονται. Το νέο κέντρο συνεχίζει να στροβιλίζεται πάνω από το Αιγαίο και την δυτική Τουρκία. Οι ακτινωτές trough στα νότια κράσπεδα των δύο κέντρων συγχωνεύονται και η νέα trough στο τέλος της περιόδου καλύπτει τα Δωδεκάνησα και τις νοτιοδυτικές ακτές της Μικράς Ασίας.

Οι ισόθερμες στα 850hPa (σχήμα 11.9) στα βόρεια Βαλκάνια είναι διατεταγμένες με διεύθυνση από τα δυτικά προς τα ανατολικά και πολύ συνεσφιγμένες, πράγμα που μαρτυρεί ότι η περιοχή αυτή σύσφιξης των ισοθέρμων διαχωρίζει δύο μάζες, εκ των οποίων η μία είναι βόρεια αυτής και η άλλη νότια, με έντονη θερμική αντίθεση. Η ροή στα 850hPa βόρεια της περιοχής σύσφιξης είναι ισχυρή βορειοδυτική (ψυχρή αέρια μάζα κινείται νοτιότερα), ενώ στα νότια αυτής ασθενής νοτιοδυτική (θερμότερη αέρια μάζα κινείται βορειότερα). Αυτό σημαίνει ότι η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από έντονη μετωπογένεση ή ενίσχυση της υπάρχουσας μετωπικής δραστηριότητας, όπως φαίνεται στον αντίστοιχο χάρτη επιφανείας (σχήμα 11.17). Στις επόμενες 36 (σχήμα 11.10, 11.11, 11.12) ώρες η σύσφιξη των ισοθέρμων γίνεται εντονότερη και διευρύνεται από την περιοχή

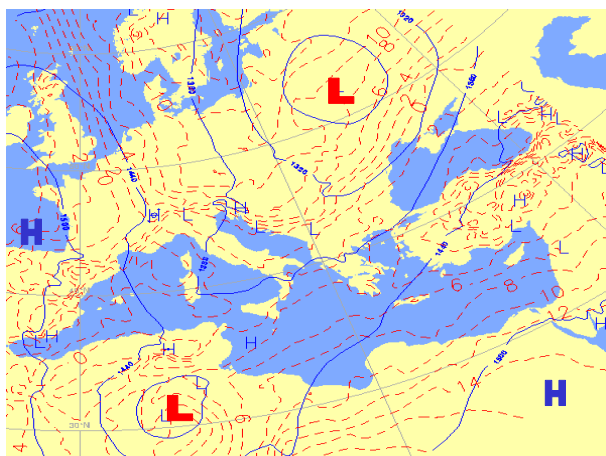
των Άλπεων (βόρεια Ιταλία) μέχρι τη Μαύρη Θάλασσα. Η διεύθυνση αυτών στην περιοχή της βόρειας Ιταλίας είναι από δύση προς ανατολή και η ροή του ανέμου στη στάθμη αυτή βόρεια ισχυρή. Στα Βαλκάνια, τη Μαύρη Θάλασσα και βορειότερα η διάταξη των ισοθέρμων στέφεται, με διεύθυνση από νοτιοδυτικά προς βορειοανατολικά, ενώ η νοτιοδυτική ροή του ανέμου ενισχύεται. Η είδη υπάρχουσα μετωπική δραστηριότητα διευρύνεται, ακολουθώντας τις περιοχές σύσφιξης (σχήμα 11.18, 11.19). Στις 22/01/04 00UTC (σχήμα 11.13) η διάταξη των ισοθέρμων πάνω από τον Ελλαδικό χώρο προσδιορίζει τη νέα θέση της σύσφιξης, ενώ είναι εμφανής η θερμή εισβολή στην περιοχή του νοτιοανατολικού Αιγαίου, η οποία αποτελεί και το θερμό τομέα ο οποίος βρίσκεται μπροστά από το ψυχρό μέτωπο στην επιφάνεια (σχήμα 11.20). Στις επόμενες 36 ώρες (σχήματα 11.14, 11.15, 11.16) η διάταξη των ισοθέρμων γίνεται παράλληλη με τους μεσημβρινούς κύκλους και αφού η σύσφιξη σαρώσει, από δυτικά προς τα ανατολικά, όλη την Ελλάδα συνεχίζει βορειοανατολικά στα ηπειρωτικά της Τουρκίας και τη Μαύρη Θάλασσα. Η μετωπική δραστηριότητα που τη συνοδεύει ακολουθεί την κίνηση αυτή (σχήματα 11.21, 11.22, 11.23). Πολύ ψυχρή αέρια μάζα καλύπτει όλη την Ελλάδα, αφού η ισόθερμος του 0°C περνάει νότια της Κρήτης και εν συνεχεία ακολουθεί τα δυτικά παράλια της Τουρκίας. Η ψυχρή αυτή εισβολή συνοδεύεται με έντονη πτώση της θερμοκρασίας στη επιφάνεια.



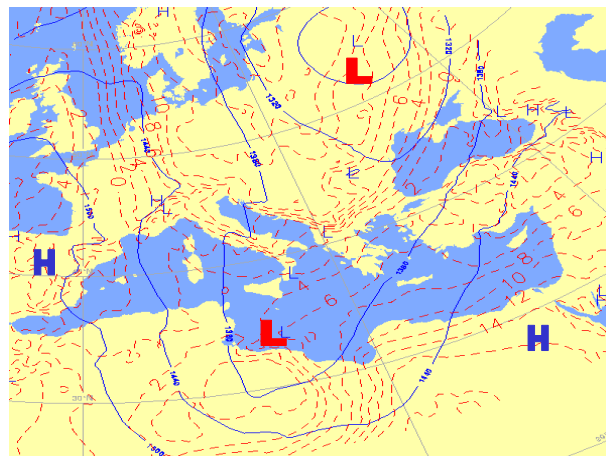
Σχήμα 11.9. Χάρτης 850HPA της 20-01-04/ 00UTC (ECMWF).



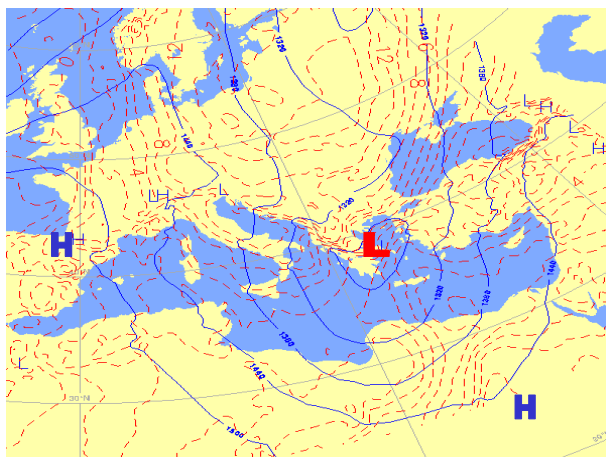
Σχήμα 11.10. Χάρτης 850HPA της 20-01-04/ 12UTC (ECMWF).



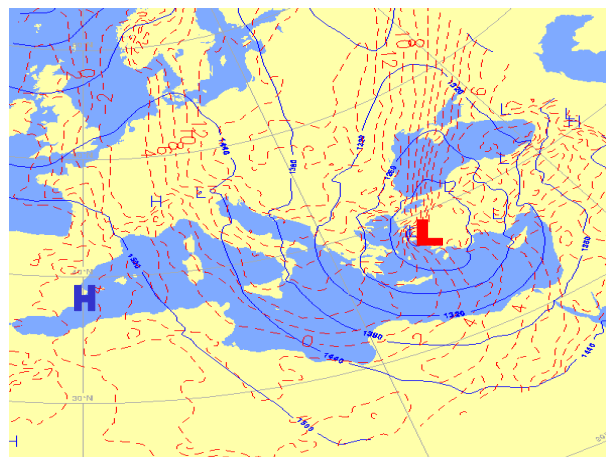
Σχήμα 11.11. Χάρτης 850ΗΡΑ της 21-01-04/ 00UTC (ECMWF).



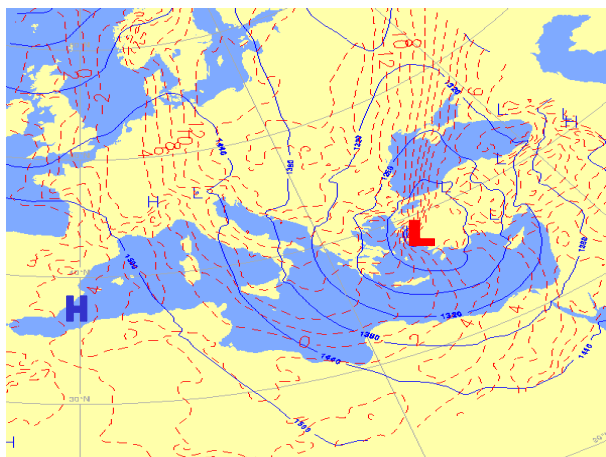
Σχήμα 11.12. Χάρτης 850ΗΡΑ της 21-01-04/ 12UTC (ECMWF).



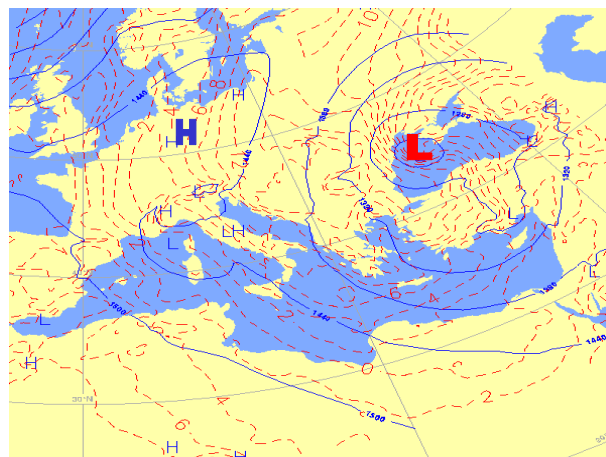
Σχήμα 11.13. Χάρτης 850ΗΡΑ της 22-01-04/ 00UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.14. Χάρτης 850ΗΡΑ της 22-01-04/ 12UTC (ECMWF).

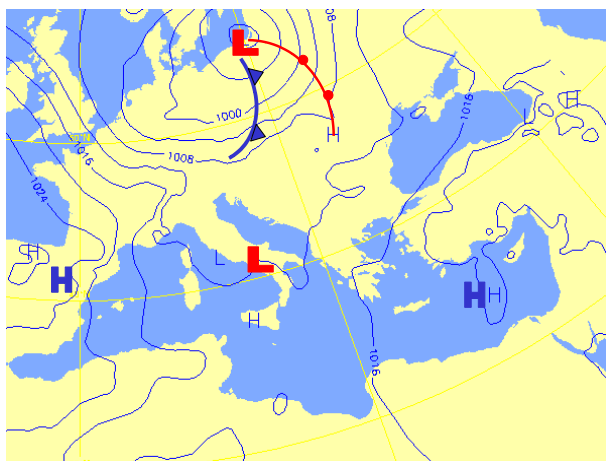


Σχήμα 11.15. Χάρτης 850 PA της 23-01-04/ 00UTC (ECMWF).

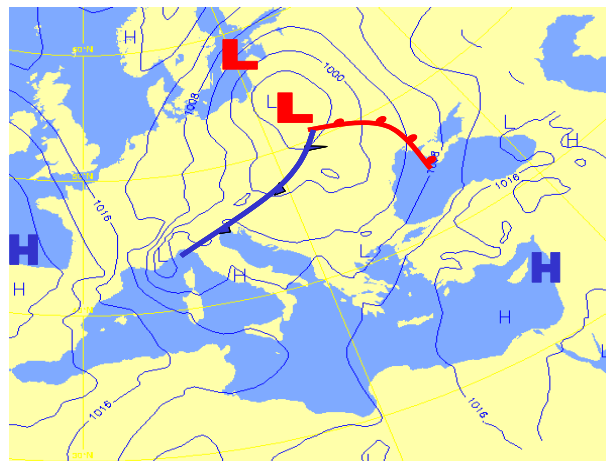


Σχήμα 11.16. Χάρτης 850ΗΡΑ της 23-01-04/ 12UTC (ECMWF).

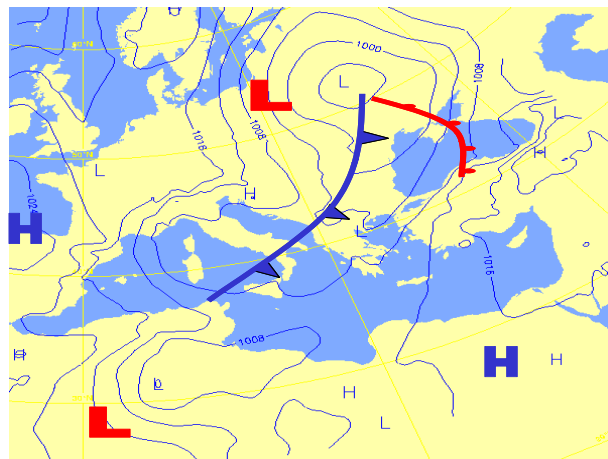
Στην επιφάνεια (σχήμα 11.17) λεκάνη χαμηλών υψών καλύπτει το μεγαλύτερο μέρος της κεντρικής και βόρειας Ευρώπης. Το κέντρο του χαμηλού αρχικά βρίσκεται στη Φιλανδία – Βαλτική και συνοδεύεται από ψυχρό και θερμό μέτωπο. Η δυτική Ευρώπη καλύπτεται από επέκταση του αντικυκλώνα των Αζορών και η ανατολική Μεσόγειος καλύπτεται από εκτεταμένο αντικυκλώνα. Πάνω από την Ελλάδα και την περιοχή της Κρήτης νότιο ρεύμα είναι νότιο, ασθενές. Στις επόμενες 36 ώρες (σχήμα 11.18, 11.19) ο αντικυκλώνας των Αζορών από τα δυτικά επεκτείνεται και μετακινεί τη λεκάνη χαμηλών υψών ανατολικότερα. Το κέντρο του χαμηλού κινείται νοτιοανατολικά, ενώ το ψυχρό μέτωπο σαρώνει την Ιταλία και τα Βαλκάνια, από βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά. Το ρεύμα επιφανείας στην Ελλάδα ενισχύεται. Το επόμενο 24ωρο (σχήμα 11.20, 11.21) ο αντικυκλώνας από τα δυτικά, με μορφή σφήνας, καλύπτει την δυτική και κεντρική Ευρώπη και το κέντρο του χαμηλού διέρχεται πάνω από το κεντρικό Αιγαίο, με κατεύθυνση τα παράλια της Τουρκίας, και βαθαίνει. Το ψυχρό μέτωπο, που εκτείνεται μέχρι τις ακτές της βόρειας Αφρικής, σαρώνει την παραπάνω περιοχή και την Κρήτη από τα δυτικά προς τα ανατολικά και οι άνεμοι στην επιφάνεια καθίσταται βορειοδυτικοί, πολύ ισχυροί έως θυελλώδεις (8 – 9 Beaufort). Στις 23/01/04 (σχήμα 11.22, 11.23) το κέντρο του χαμηλού, ακολουθώντας βόρεια πορεία, βρίσκεται στη Μαύρη θάλασσα. Το ψυχρό μέτωπο που το συνοδεύει, κινούμενο ανατολικά, σαρώνει την Τουρκία και όλη την ανατολική Μεσόγειο. Σε αυτή τη φάση τα κέντρα του χαμηλού στην επιφάνεια και την ανώτερη ατμόσφαιρα βρίσκονται πάνω από την ίδια περιοχή, άρα το χαμηλό καθίσταται στάσιμο.



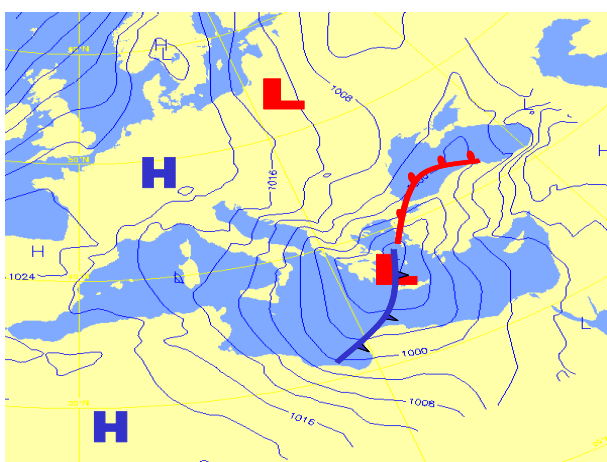
Σχήμα 11.17. Χάρτης Επιφανείας της 20-01-04/ 00UTC (ECMWF).



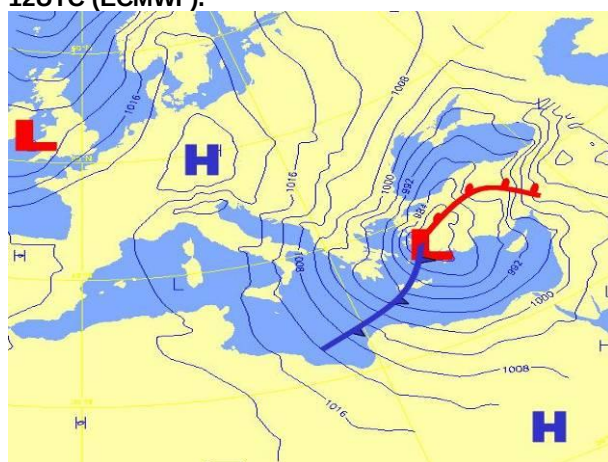
Σχήμα 11.18. Χάρτης Επιφανείας της 20-01-04/ 12UTC (ECMWF).



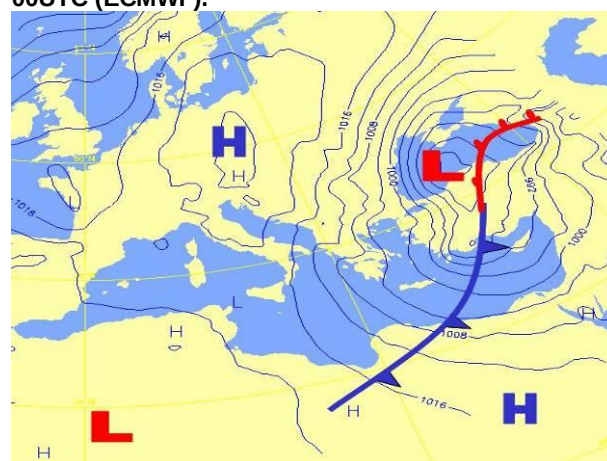
Σχήμα 11.19. Χάρτης Επιφανείας της 21-01-04/ 12UTC (ECMWF).



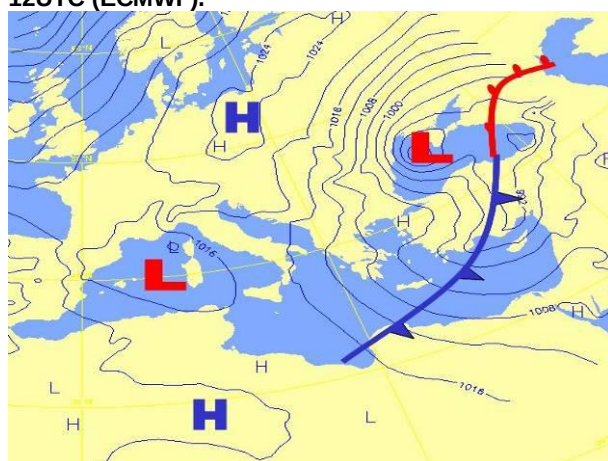
Σχήμα 11.20. Χάρτης Επιφανείας της 22-01-04/ 00UTC (ECMWF).



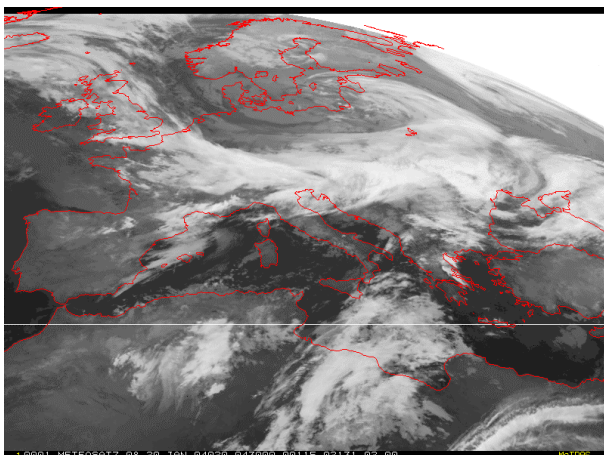
Σχήμα 11.21. Χάρτης Επιφανείας της 22-01-04/ 12UTC (ECMWF).



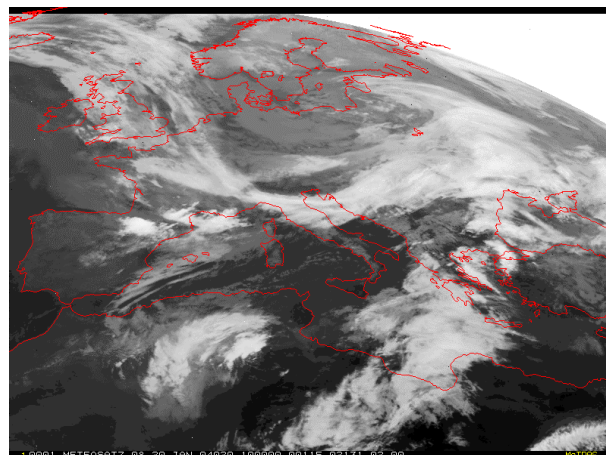
Σχήμα 11.22. Χάρτης Επιφανείας της 23-01-04/ 00UTC (ECMWF).



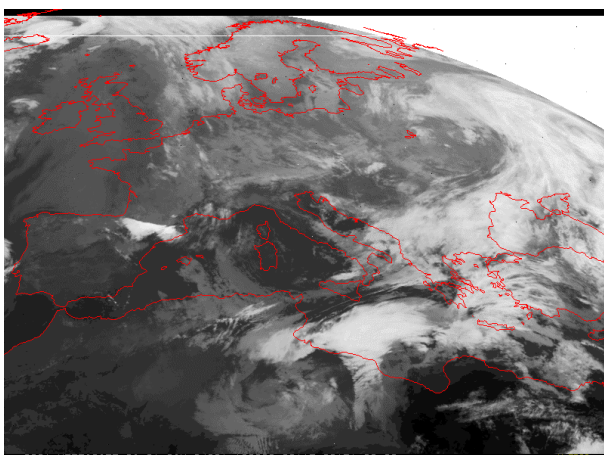
Σχήμα 11.23. Χάρτης Επιφανείας της 23-01-04/ 12UTC (ECMWF).



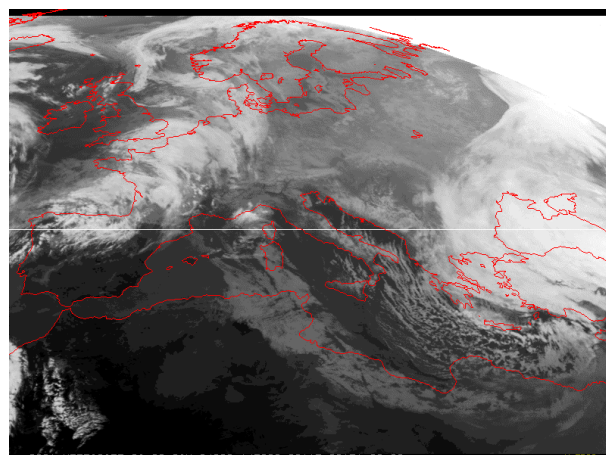
Σχήμα 11.24. Δορυφορική Εικόνα 20-01-04/ 00UTC (METEOSAT).



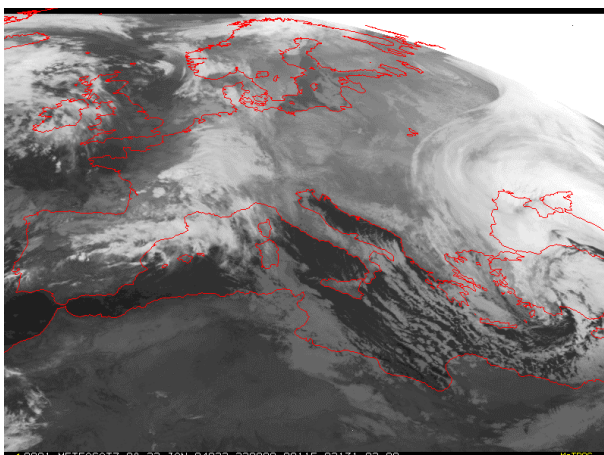
Σχήμα 11.25. Δορυφορική Εικόνα 20-01-04/ 12UTC (METEOSAT).



Σχήμα 11.26. Δορυφορική Εικόνα 21-01-04/ 12UTC (METEOSAT).



Σχήμα 11.27. Δορυφορική Εικόνα 22-01-04/ 12UTC (METEOSAT).



Σχήμα 11.28*. Δορυφορική Εικόνα 23-01-04/ 00UTC (METEOSAT).



Σχήμα 11.29*. Πραγματική κατάσταση στις 21-01-04/12UTC (MetShell).



Σχήμα 11.30*. Πραγματική κατάσταση στις 22-01-04/02UTC (MetShell).



Σχήμα 11.31*. Πραγματική κατάσταση στις 22-01-04/04UTC (MetShell).



Σχήμα 11.32*. Πραγματική κατάσταση στις 22-01-04/12UTC (MetShell).



Σχήμα 11.33*. Πραγματική κατάσταση στις 22-01-04/16UTC (MetShell).

*: ☁ = Καταιγίδα, ☔ = Βροχή, ❄ = χιόνι, 🌪 = άνεμος έντασης μεγαλύτερης από 15Kts

Η εξέλιξη που αναμένεται να έχει ο καιρός στην περιοχή της Κρήτης μετά την ανάλυση της παραπάνω συνοπτικής κατάστασης είναι η εξής:

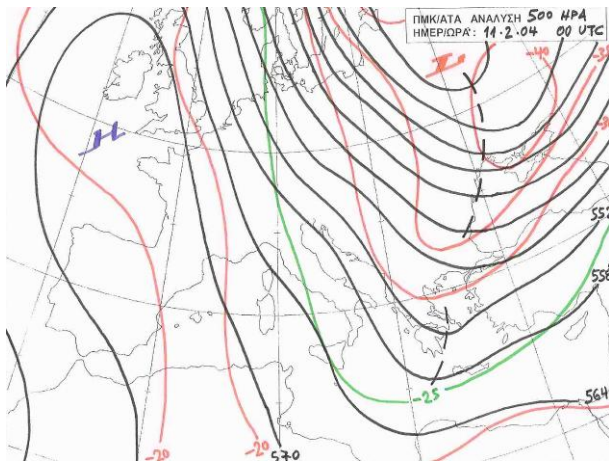
- Στις 20/01/04 αρχικά ο καιρός θα είναι καλός, με λίγες αραιές νεφώσεις και ασθενείς νότιους ανέμους. Από το απόγευμα θα αρχίσουν να αυξάνονται οι υψηλές κυρίως νεφώσεις από τα

δυτικά (αφού αυτές προηγούνται του μετώπου που προσεγγίζει την περιοχή). Θερμοκρασία 10°C με 19°C.

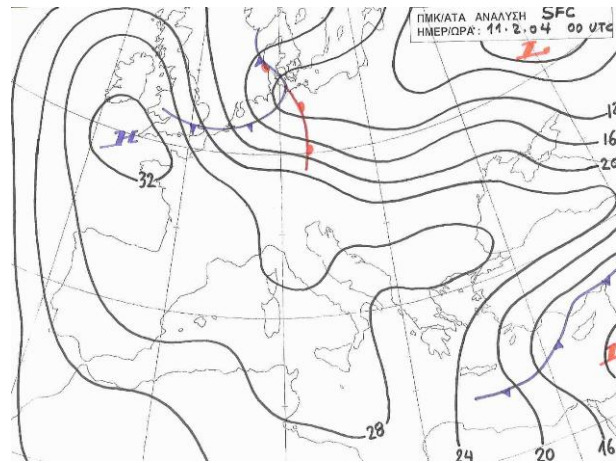
- Στις 21/01/04 ο καιρός θα είναι νεφосκεπής, με βροχές, κυρίως στα νότια τμήματα του νησιού (λόγω ανολισθήσεων στου ορεινούς όγκους). Οι άνεμοι νότιοι μέχρι μέτριοι και η θερμοκρασία κυμαίνεται από 10°C έως 19°C.
- Στις 22/01/04 αναμένεται ραγδαία επιδείνωση του καιρού, με βροχές, καταιγίδες και χιόνια στα ορεινά του νησιού. Άνεμοι βορειοδυτικοί ισχυροί. Αισθητή πτώση της θερμοκρασίας, με διακύμανση από 2°C έως 12°C.
- Στις 23/01/04 τα φαινόμενα θα εξασθενήσουν, ο καιρός όμως θα παραμείνει νεφελώδεις, στα βόρεια τμήματα του νησιού (λόγω ρεύματος). Οι άνεμοι παραμένουν βορειοδυτικοί ισχυροί και η θερμοκρασία θα μεταβληθεί από 8°C έως 14°C.

Στα σχήματα 11.24, 11.5, 11.26, 11.27 και 11.28 παρουσιάζεται η πραγματική κατάσταση του καιρού, όπως καταγράφηκε από το μετεωρολογικό δορυφόρο Meteosat, ενώ στα σχήματα 11.29, 11.30, 11.31, 11.32 και 11.33 αποτυπώνεται ο παρόν καιρός, όπως αυτός περιγραφικά από του παρατηρητές που επάνδρωναν τους μετεωρολογικούς σταθμούς.

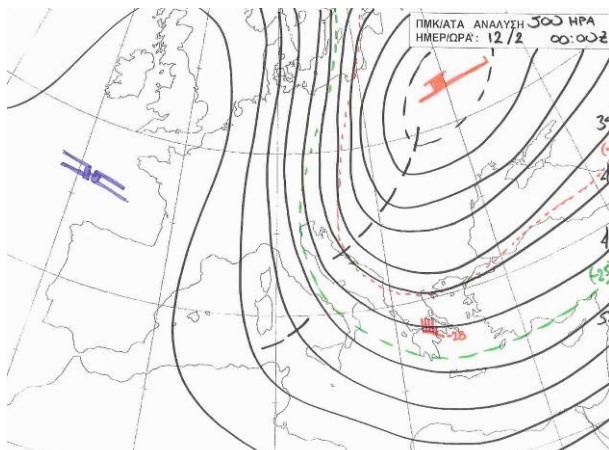
Εύκολα μπορεί να γίνει επαλήθευση της πρόγνωσης χρησιμοποιώντας ως διαγνωστικά στοιχεία τις δορυφορικές φωτογραφίες και τις εικόνες του παρόντα καιρού από το MetShell. Έτσι για τις 20/01/04, 21/01/04 και 23/01/04 η πρόγνωση επαληθεύεται. Στις 22/01/04 ο καιρός επιδεινώνεται ραγδαία από το μεσημέρι (και όχι από τις πρώτες πρωινές ώρες, σύμφωνα με τους προγνωστικούς χάρτες), ενώ οι βορειοδυτικοί άνεμοι συμφωνούν με τα προγνωστικά. Η μορφή που έχουν οι νεφώσεις δυτικά και νότια της Κρήτης στα σχήματα 11.27 και 11.28 φανερώνει παρουσία πολύ ισχυρών ανέμων. Η διεύθυνση των «ινών» από νέφη στις παραπάνω δορυφορικές εικόνες συμπίπτουν με την διεύθυνση του ανέμου στις αντίστοιχες περιοχές.

2. Χιονόπτωση στα Χανιά (13/02/2004)

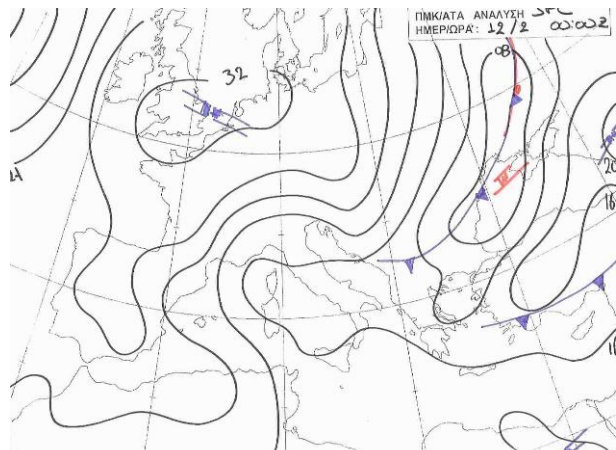
Σχήμα 11.34. Πραγματικός χάρτης 500 HPA της 11-02-04/ 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).



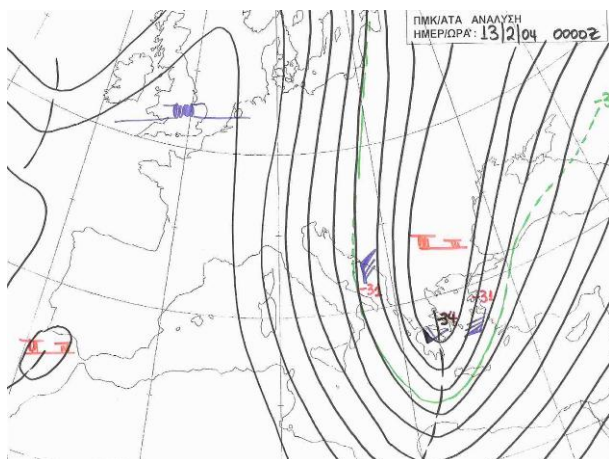
Σχήμα 11.35. Πραγματικός χάρτης επιφανείας της 11-02-04/ 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).



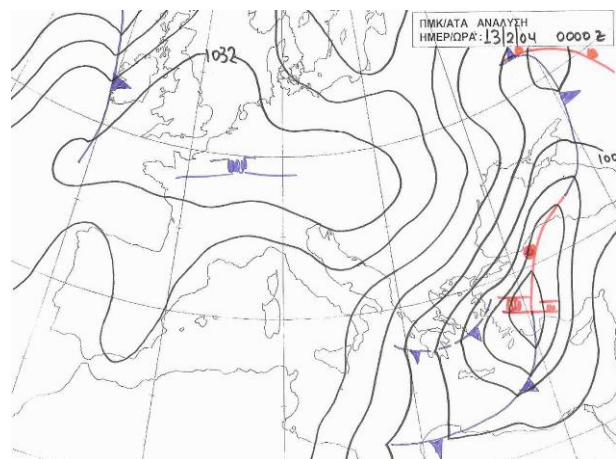
Σχήμα 11.36. Πραγματικός χάρτης 500 HPA της 12-02-04/ 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).



Σχήμα 11.37. Πραγματικός χάρτης επιφανείας της 12-02-04/ 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).



Σχήμα 11.38. Πραγματικός χάρτης 500 HPA της 13-02-04/ 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).

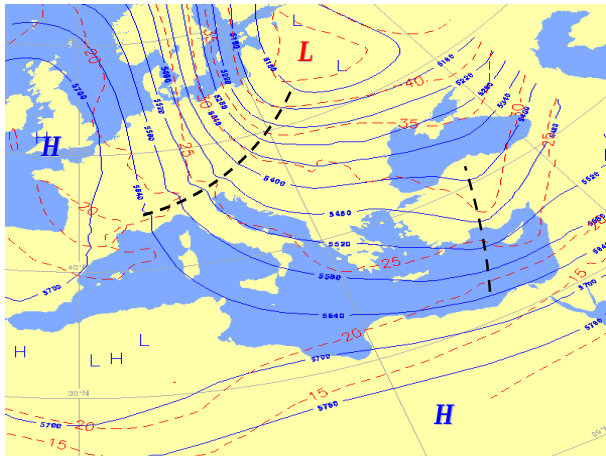


Σχήμα 11.39. Πραγματικός χάρτης επιφανείας της 13-02-04/ 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).

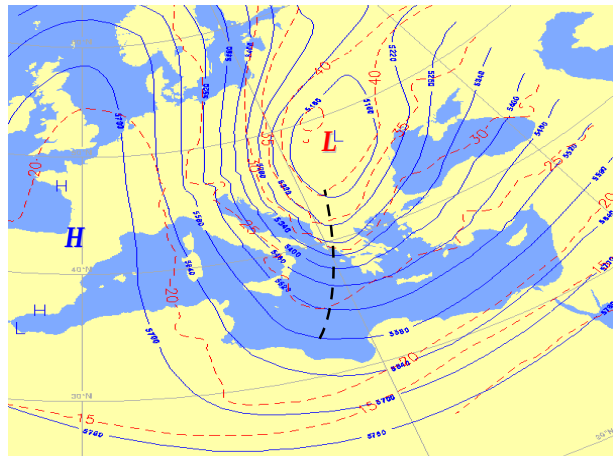
Στις 11/02/04, 00UTC, στην ανώτερη ατμόσφαιρα – στάθμη 500hPa (σχήμα 11.34), ένα χαμηλό, με κέντρο τη δυτική Ρωσία, δεσπόζει στην κεντρική και βόρεια Ευρώπη, την Ιταλία, την Ελλάδα, την Τουρκία και ανατολικά εκτείνεται μέχρι την κεντρική Ασία. Πολύ ψυχρές αέριες μάζες, καθοδηγούμενες από την έντονη διαταραχή, έχουν κατέβει στα μέσα γεωγραφικά πλάτη. Έτσι η ισόθερμος των -25°C περνάει πάνω από τη Σικελία, νότια της Κρήτης και λίγο βορειότερα από την Κύπρο. Νότια του κέντρου είναι εμφανής η κυκλωνική καμπυλότητα και στην περιοχή του μεγίστου αυτής υπάρχει σχηματισμένη trough, ακτινωτά, τμήμα της όποιας καλύπτει τον Ελλαδικό χώρο. Στις επόμενες 24 ώρες το κέντρο έχει μετακινηθεί λίγο νοτιότερα και η μικρή διαταραχή στη στρωτή ροή, πάνω από την περιοχή της Πολωνίας (στο σχήμα 11.34), έχει μετατραπεί σε εκτεταμένη trough (σχήμα 11.36), η οποία ακολουθεί την κυκλωνική κίνηση της αέριας μάζας (κατά το στροβιλισμό της γύρω από το κέντρο του χαμηλού). Οι ισοϋψείς πίσω (δυτικά) από την trough είναι πολύ πιο πυκνές σε σχέση με τις αντίστοιχες που βρίσκονται μπροστά (ανατολικά) της. Η ισχυρή βόρεια ροή, και οι ψυχρές πολικές μάζες που αυτή μεταφέρει «σκάβουν» την trough και την κάνουν ακόμη εντονότερη. Έτσι το επόμενο 24ωρο (σχήμα 11.38) το κέντρο του χαμηλού βρίσκεται στα Βαλκάνια, η trough παρουσιάζεται πολύ πιο έντονη (οξεία) και εκτείνεται από την Ελλάδα μέχρι τα παράλια της Αφρικής, ενώ η ψυχρή αέρια μάζα έχει εδραιωθεί πάνω από τα Βαλκάνια (η ισόθερμος των -30°C περνά πάνω από την Κρήτη).

Στην επιφάνεια υπάρχει κατακόρυφη συνέπεια και η κατάσταση χαρακτηρίζεται αρχικά από την παρουσία ενός ισχυρού αντικυκλώνα που καλύπτει την δυτική και βόρεια Ευρώπη, με κέντρο νότια της Ιρλανδίας και με σφήνα υψηλών πιέσεων στα νοτιοανατολικά, πάνω από την Ιταλία και την Ελλάδα (σχήμα 11.35). Η σφήνα αυτή διαχωρίζει περιοχές χαμηλών πιέσεων. Η μία περιοχή, με κέντρο τη νοτιοδυτική Ρωσία, καλύπτει τη βορειοανατολική Ευρώπη και η δεύτερη, με κέντρο νοτιοδυτικά της Κύπρου, καλύπτει την ανατολική Μεσόγειο. Μεταξύ του αντικυκλώνα και του χαμηλού έχει δημιουργηθεί ένα πεδίο ισχυρών βορειοδυτικών ανέμων, που μεταφέρουν ψυχρές μάζες από τη Σκανδιναβία προς τα Βαλκάνια. 24ώρες αργότερα (σχήμα 11.37) ο αντικυκλώνας έχει καλύψει τη δυτική, κεντρική και βόρεια Ευρώπη με κέντρο την Αγγλία. Η ύφεση έχει μετατοπιστεί πάνω από την Ελλάδα και τη Μαύρη Θάλασσα και οι βόρειοι άνεμοι που μεταφέρουν τις ψυχρές αέριες μάζες ενισχύθηκαν. Στις 13/02/04, 00UTC (σχήμα 11.39), ο αντικυκλώνας έχει καλύψει όλη τη δυτική Ευρώπη, με κέντρο στην περιοχή βόρεια των Άλπεων. Η ύφεση έχει μετατοπιστεί στην ανατολική Μεσόγειο και ο άνεμος στο νότιο Αιγαίο είναι βόρειος – βορειοδυτικός. Η Ελλάδα βρίσκεται συνεχώς κάτω από ψυχρή μεταφορά, και μάλιστα εξαιτίας της επίμονης διαταραχής στα 500hPa, η ψυχρή μεταφορά είναι στην αρχή πολικής προέλευσης και έπειτα αρκτικής [30].

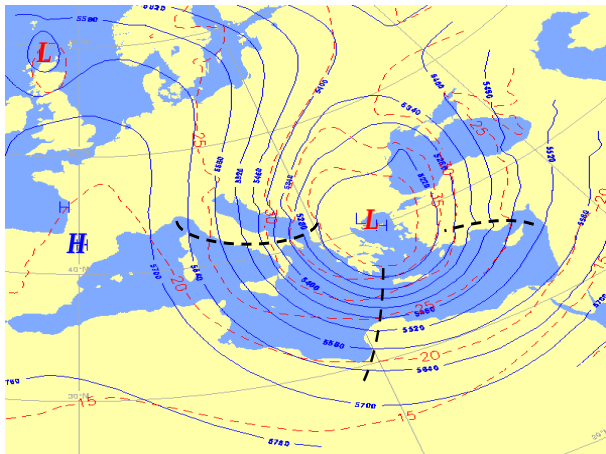
Η επέκταση προς τα νότια του αντικυκλώνα που καλύπτει την κεντρική Ευρώπη γίνεται με μορφή ψυχρού μετώπου το οποίο ονομάζεται Βαλκανικό μέτωπο και σαρώνει όλη τη χώρα από βορά προς νότο (σχήμα 10.15). Οι θυελλώδεις βόρειοι άνεμοι που πνέουν στο Αιγαίο είναι τύπου Μπόρα



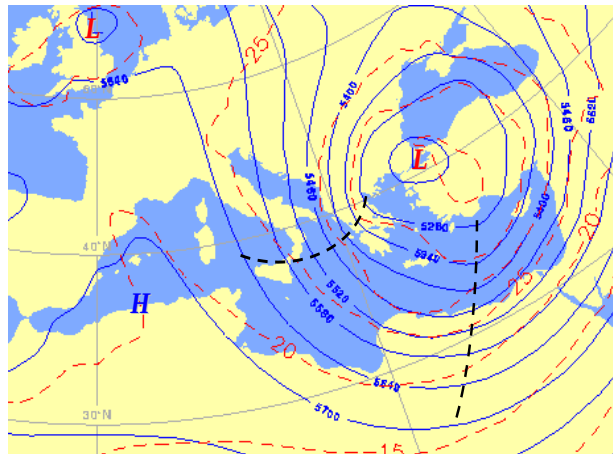
Σχήμα 11.40. Χάρτης 500 HPA της 11-02-04/ 12UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.41. Χάρτης 500 HPA της 12-02-04/ 12UTC (ECMWF).



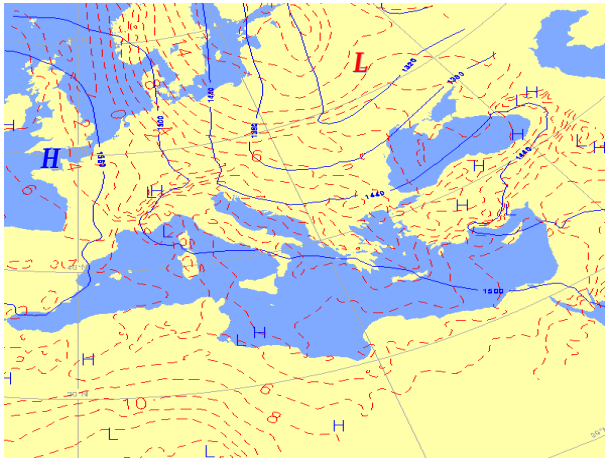
Σχήμα 11.42. Χάρτης 500 HPA της 13-02-04/ 12UTC (ECMWF).



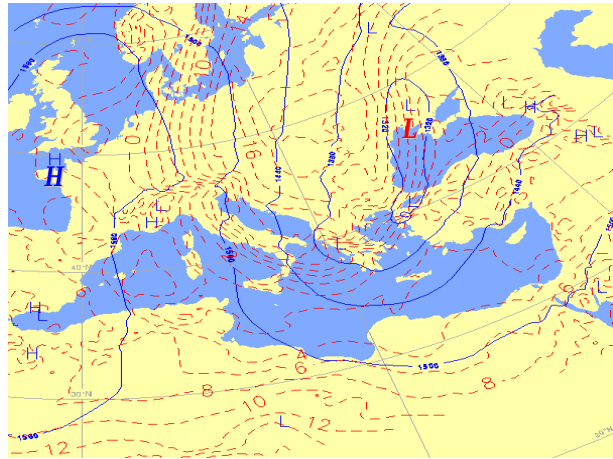
Σχήμα 11.43. Χάρτης 500 HPA της 14-02-04/ 12UTC (ECMWF).

Συγκρίνοντας τους προγνωστικούς χάρτες ανώτερης ατμόσφαιρας, 500hPa, με τους αντίστοιχους πραγματικούς είναι εμφανής η ομοιότητα αυτών στις 11/02/04 και 12/02/04 (σχήματα 11.40 και 11.41). Άρα οι προγνωστικοί χάρτες των επόμενων 36 ωρών αναμένεται να προσεγγίζουν ικανοποιητικά την πραγματική εξέλιξη του καιρού, για την πρόγνωση της λήξης αυτής της έντονης κακοκαιρίας.

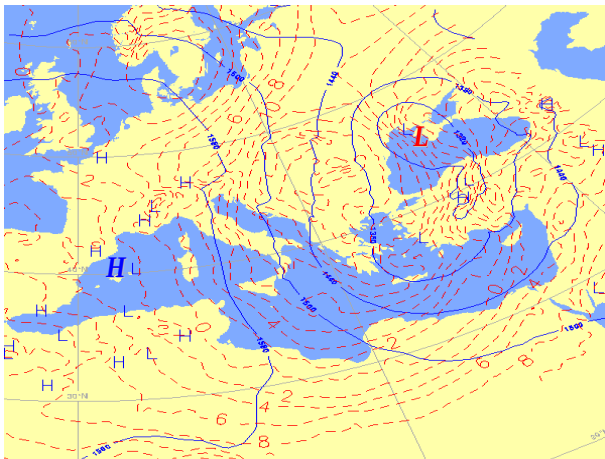
Στις επόμενες 12 ώρες (σχήμα 11.42) το κέντρο του χαμηλού αποκόπτεται από τη γενική κυκλοφορία και παύει να τροφοδοτείται με ψυχρές μάζες, Ακτινικές trough εξακολουθούν να κινούνται στα κράσπεδα αυτού, όπου εντοπίζονται οι υψηλές ταχύτητες του ανέμου. Υψηλές πιέσεις καλύπτουν την κεντρική και βόρεια Ευρώπη. Στην επόμενη φάση, 24 ώρες αργότερα (σχήμα 11.43), το κέντρο του χαμηλού (αποκομμένο από τη γενική κυκλοφορία) εκτοπίζεται ανατολικότερα και αρχίζει να πληρούται.



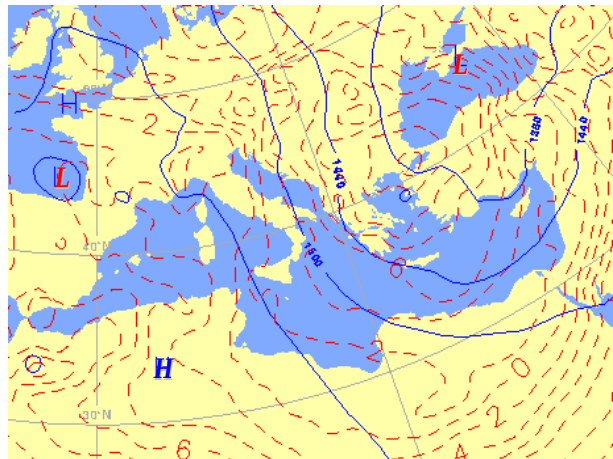
Σχήμα 11.44. Χάρτης 850 HPA της 11-02-04/ 12UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.45. Χάρτης 850 HPA της 12-02-04/ 12UTC (ECMWF).

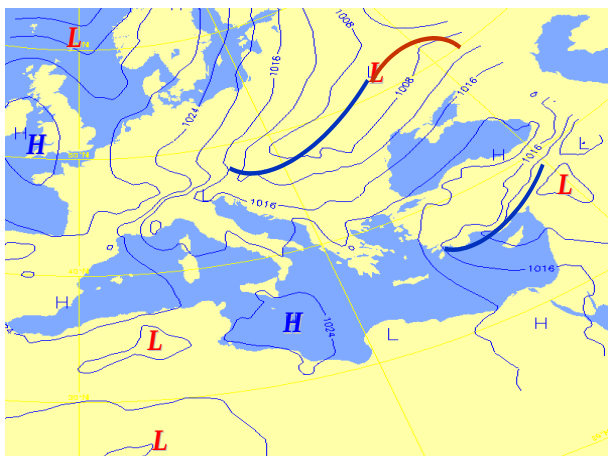


Σχήμα 11.46. Χάρτης 850 HPA της 13-02-04/ 12UTC (ECMWF).

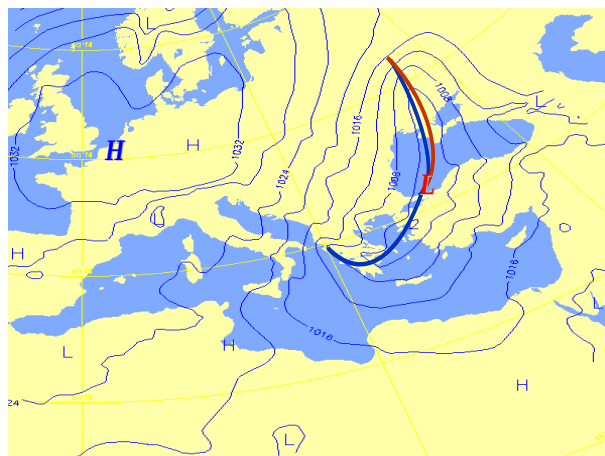


Σχήμα 11.47. Χάρτης 850 HPA της 14-02-04 /12UTC (ECMWF).

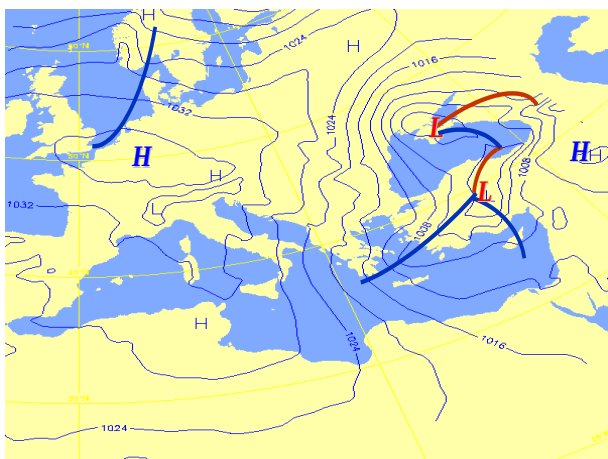
Οι ισόθερμες στα 850hPa (σχήμα 11.44) στην ανατολική Ευρώπη είναι διατεταγμένες με διεύθυνση από τα δυτικά προς τα ανατολικά. Η σύσφιξη στην περιοχή διαχωρίζει δύο μάζες με έντονη θερμική αντίθεση. Η ροή στα 850hPa βόρεια της περιοχής σύσφιξης είναι βόρεια ισχυρή και μεταφέρει ψυχρές μάζες αέρα από τη Σκανδιναβία στα Βαλκάνια. Η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από έντονη μετωπογένεση, όπως φαίνεται στον αντίστοιχο χάρτη επιφανείας (σχήμα 11.48). Στις επόμενες 48 ώρες (σχήμα 11.45, 11.46) η σύσφιξη των ισοθέρμων γίνεται εντονότερη και διευρύνεται από το Ιόνιο μέχρι τη νοτιοδυτική Ρωσία. Η διάταξη των ισοθέρμων στέφεται, με διεύθυνση από νοτιοδυτικά προς βορειοανατολικά, ενώ η βορειοδυτική ροή του ανέμου ενισχύεται. Η είδη υπάρχουσα μετωπική δραστηριότητα διευρύνεται, ακολουθώντας τις περιοχές σύσφιξης (σχήμα 11.18, 11.19). Πολύ ψυχρή αέρια μάζα καλύπτει τα Βαλκάνια και όλη την Ελλάδα, αφού η ισόθερμος των -12°C περνάει λίγο βορειότερα από την Κρήτη και αυτή του 0°C περνά από τις βόρειες ακτές της Αφρικής. Το επόμενο 24ωρο (σχήμα 11.47) η πολύ ψυχρή μάζα έχει μετακινηθεί ανατολικότερα και πάνω από την Κρήτη περνά η ισόθερμος των -6°C .



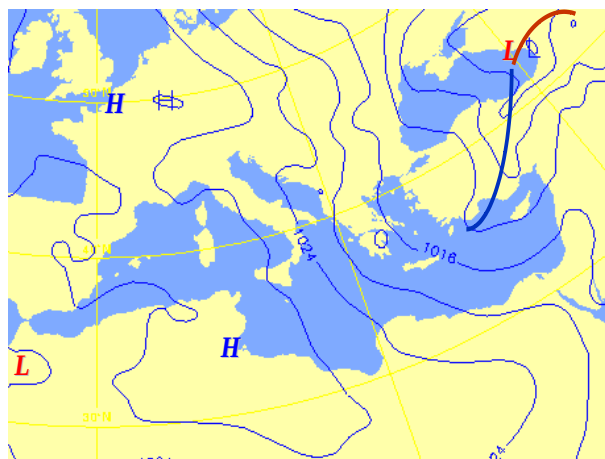
Σχήμα 11.48. Χάρτης Επιφανείας της 11-02-04/12UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.49. Χάρτης Επιφανείας της 12-02-04/12UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.50. Χάρτης Επιφανείας της 13-02-04/12UTC (ECMWF).

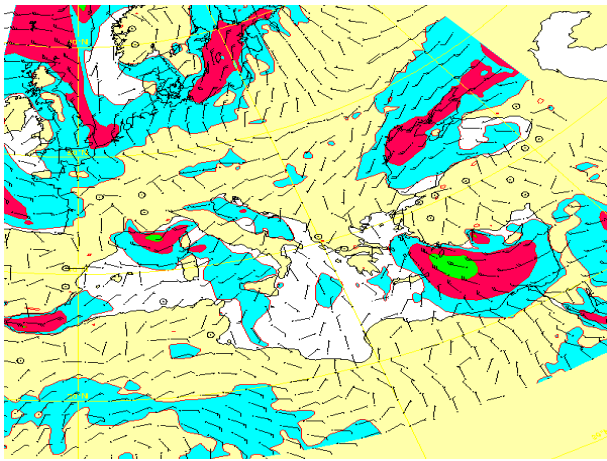


Σχήμα 11.51. Χάρτης Επιφανείας της 14-02-04/12UTC (ECMWF).

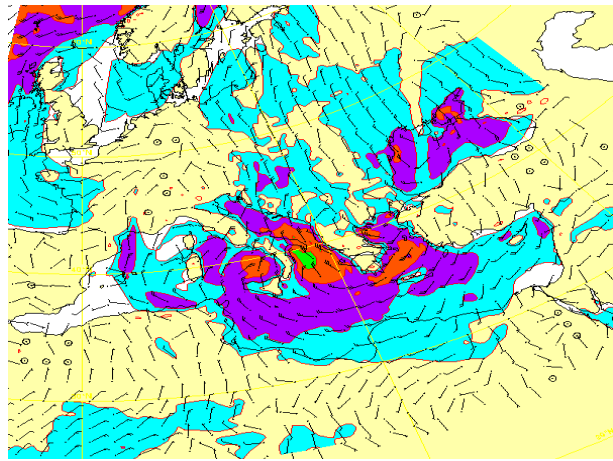
Στην επιφάνεια ο ψυχρός αντικυκλώνας στην περιοχή των Βρετανικών νησιών και της δυτικής Ευρώπης (σχήμα 11.48) επεκτείνεται νότια και ανατολικά (σχήματα 11.49, 11.50) καλύπτοντας το μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης και περιορίζοντας την ύφεση στην ανατολική Μεσόγειο και τη Μαύρη θάλασσα (σχήμα 11.50), ενώ ταυτόχρονα ψυχρό μέτωπο σαρώνει τη χώρα από βορά προς νότο. Το χαμηλό τελικά απομακρύνεται ανατολικά και ο αντικυκλώνας επεκτείνεται ανατολικότερα (σχήμα 11.51), με ταυτόχρονη εξασθένηση, ενώ ένα άλλο αντικυκλωνικό κέντρο εμφανίζεται στην βόρεια Ευρώπη.

Από τα προγνωστικά του ανέμου επιφανείας φαίνεται χαρακτηριστικά η έντονη ενίσχυση των βορείων ανέμων στην περιοχή της Ελλάδας σε επίπεδο θύελλας κατά τη διέλευση του ψυχρού μετώπου (σχήματα 11.54, 11.55).

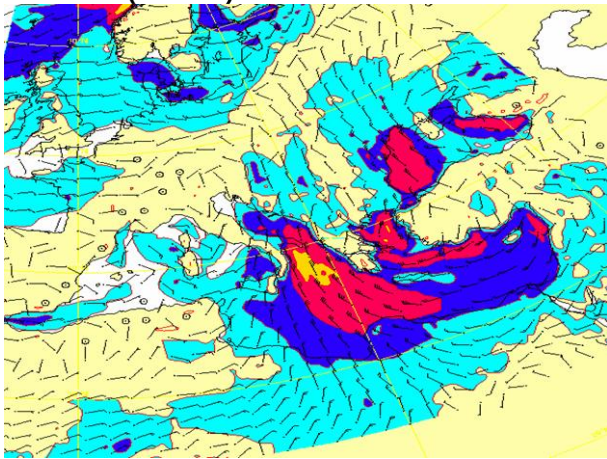
Οι προγνωστικοί χάρτες υετού εντοπίζουν τις περιοχές έντονων φαινομένων κυρίως κατά μήκος της μετωπικής δραστηριότητας (σχήματα 11.57, 11.58, 11.59). Όσο περισσότερες είναι οι ισοϋετες καμπύλες που κυκλώνουν μια περιοχή τόσο μεγαλύτερο αναμένεται το ύψος υετού στην περιοχή αυτή.



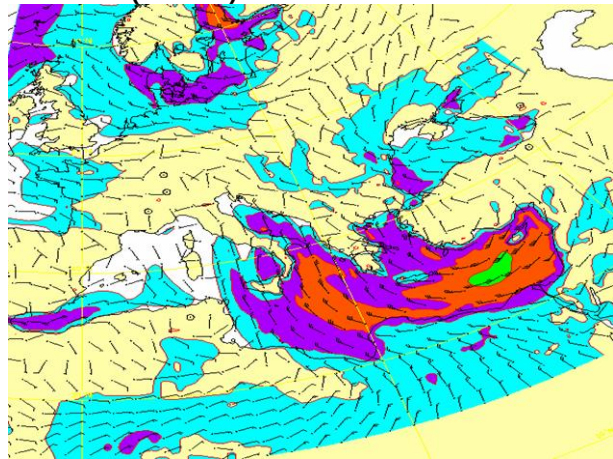
Σχήμα 11.52. Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 11-02-04/ 12UTC (ECMWF).



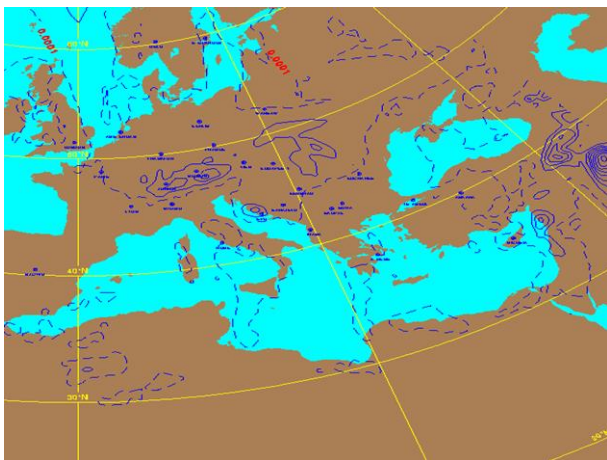
Σχήμα 11.53. Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 12-02-04/ 12UTC (ECMWF).



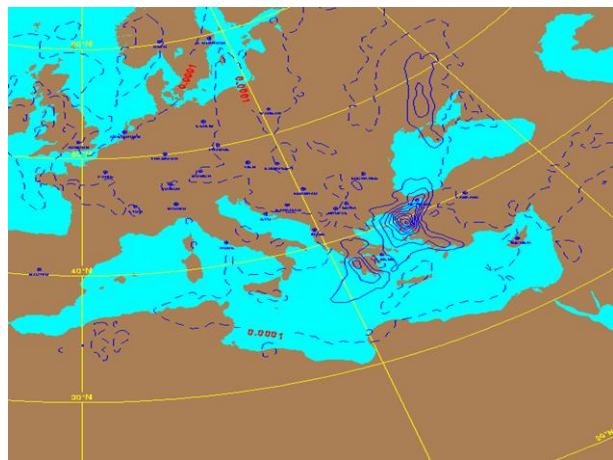
Σχήμα 11.54. Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 13-02-04/ 12UTC (ECMWF).



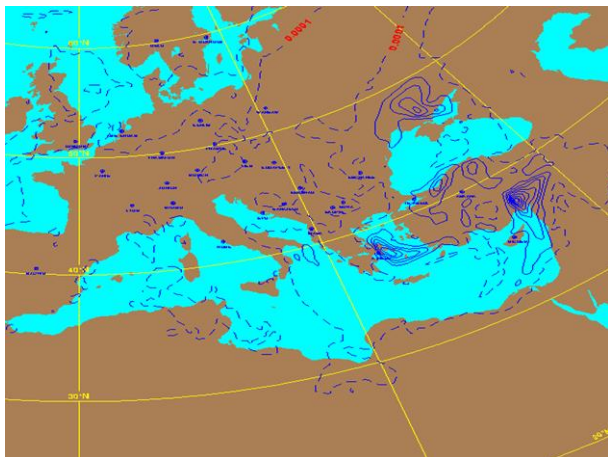
Σχήμα 11.55. Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 14-02-04/ 12UTC (ECMWF).



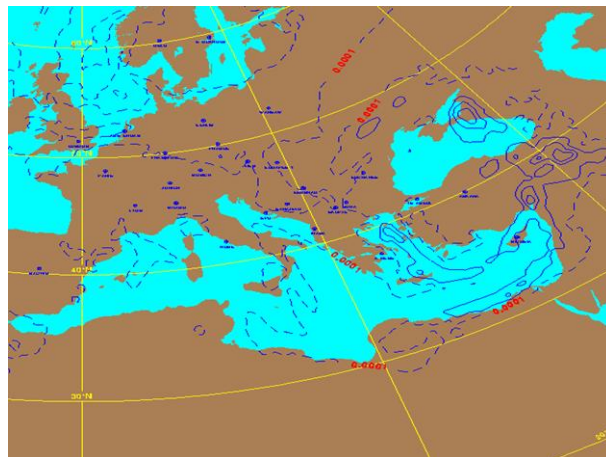
Σχήμα 11.6 Χάρτης Υετού της 11-02-04/ 12UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.57. Χάρτης Υετού της 12-02-04/ 12UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.58. Χάρτης Υετού της 13-02-04/ 12UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.59. Χάρτης Υετού της 14-02-04/ 12UTC (ECMWF).

Σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση της συνοπτικής κατάστασης, η πρόγνωση του καιρού για την περιοχή της Κρήτης είναι η εξής:

Στις 11/02/04 ο καιρός είναι νεφελώδεις στο βόρειο τμήμα του νησιού (λόγω ρεύματος) και οι άνεμοι βορειοανατολικοί ασθενείς. Η θερμοκρασία θα κυμαίνεται από 7^οC έως 16^οC.

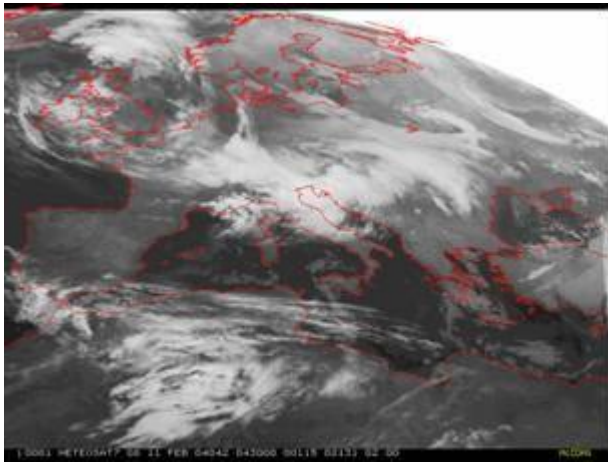
Στις 12/02/04 οι νεφώσεις θα αρχίσουν να αυξάνονται από βόρεια (καθώς πλησιάζει το ψυχρό μέτωπο) και θα εκδηλωθούν τοπικές βροχές κυρίως από το μεσημέρι και μετά. Οι άνεμοι στρέφονται σε δυτικούς και ενισχύονται λίγο πριν τη διέλευση του μετώπου. Η θερμοκρασία θα κυμαίνεται από 7^οC έως 16^οC.

Στις 13/02/04 ο καιρός θα είναι νεφελώδης με χιονόνερο ή χιόνι ακόμη και σε χαμηλά υψόμετρα. Άνεμοι βόρειοι πολύ ισχυροί έως θυελλώδεις και θερμοκρασία από -2^οC έως +3^οC.

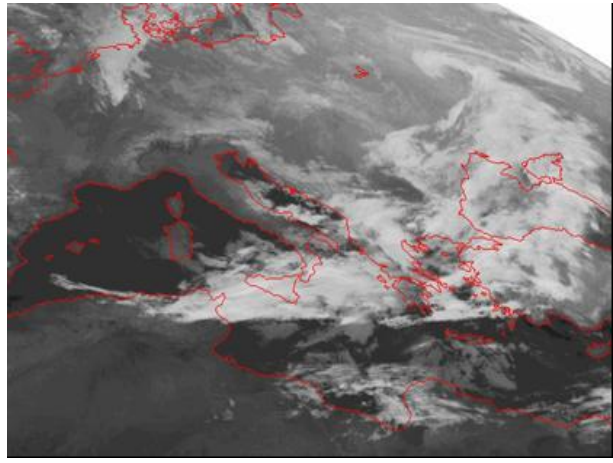
Στις 14/02/04 ο καιρός θα είναι νεφελώδης και τα φαινόμενα, χιόνι ή χιονόνερο, θα περιοριστούν στην περιοχή της ανατολικής Κρήτης. Άνεμοι βόρειοι ασθενείς έως μέτριοι και στα ανατολικά ισχυροί. Θερμοκρασία από +0^οC έως +6^οC.

Μπορεί να γίνει επαλήθευση της πρόγνωσης χρησιμοποιώντας ως διαγνωστικά στοιχεία τις συνοπτικές παρατηρήσεις (Πίνακας 11.1) και τις δορυφορικές φωτογραφίες (σχήματα 11.60, 11.61, 11.62).

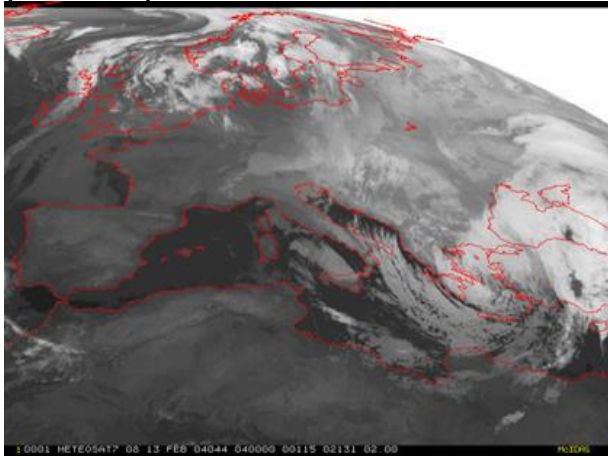
Στον Πίνακα 11.1 παρατίθενται οι παρατηρήσεις του καιρού στις 11, 12, 13 και 14 Φεβρουαρίου 2004. Στην πρώτη στήλη παρουσιάζονται οι ώρες κατά τις οποίες έγινε η παρατήρηση. Στη δεύτερη στήλη φαίνεται η θερμοκρασία του αέρα, στην τρίτη στήλη η διεύθυνση και η ένταση του ανέμου τη στιγμή της παρατήρησης. Στην τέταρτη στήλη παρατίθεται η μέγιστη ριπή του ανέμου, η οποία καταγράφηκε το τελευταίο τρίωρο, πριν την παρατήρηση. Η πέμπτη και η έκτη στήλη περιέχουν την ορατότητα και τη νέφωση τη στιγμή της παρατήρησης. Η ποσότητα της νέφωσης εκφράζεται ανάλογα με την έκταση του ουράνιου θόλου που αυτή καλύπτει (4^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ). Η έβδομη, η όγδοη και η ένατη στήλη παρουσιάζουν τα φαινόμενα που παρατηρήθηκαν το τελευταίο τρίωρο, το πάχος του χιονιού (όπου αυτό παρατηρήθηκε) και το ύψος βροχής ή το αντίστοιχο ύψος υετού που θα καταλαμβάνει το χιόνι, μετά την τήξη του, σε υγρή μορφή.



Σχήμα 11.60. Δορυφορική Εικόνα 11-02-04/ 0430UTC (METEOSAT).



Σχήμα 11.61. Δορυφορική Εικόνα 12-02-04/ 0330UTC (METEOSAT).



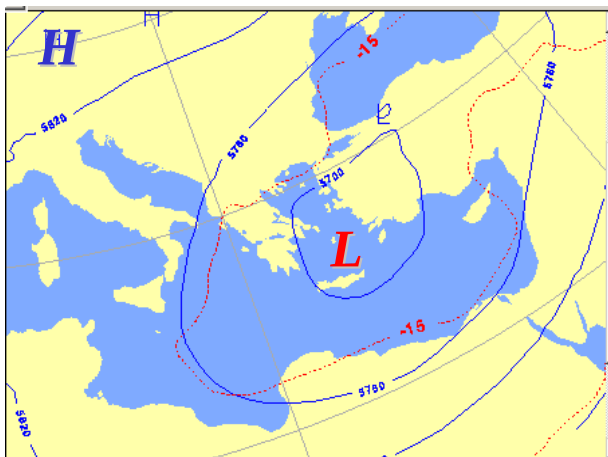
Σχήμα 11.62. Δορυφορική Εικόνα 13-02-04/ 0330UTC (METEOSAT).

Έτσι για τις 11/02/04 και 12/02/04 η πρόγνωση επαληθεύεται. Στις 13/02/04 το πρωί, οι νεφώσεις του ψυχρού μετώπου καλύπτουν το κεντρικό Αιγαίο και την Κρήτη. Η μορφή που έχουν οι νεφώσεις δυτικά και νότια της Κρήτης, αλλά και στο κεντρικό Αιγαίο στο σχήμα 11.62 επαληθεύει τους πολύ ισχυρού ανέμους που έπνεαν στην περιοχή. Η χιονόπτωση διαρκεί μέχρι νωρίς το μεσημέρι, στις 14/02, και η ορατότητα είναι ιδιαίτερα περιορισμένη. Οι προγνωστικοί χάρτες του υετού, στην περίπτωση αυτή, δεν προσέγγισαν καλά την πραγματική κατάσταση, στις 13/02 και 14/2, όσον αφορά την ένταση των φαινομένων. Αντιθέτως η έναρξη και η λήξη αυτών συμβαδίζουν με την πραγματική κατάσταση.

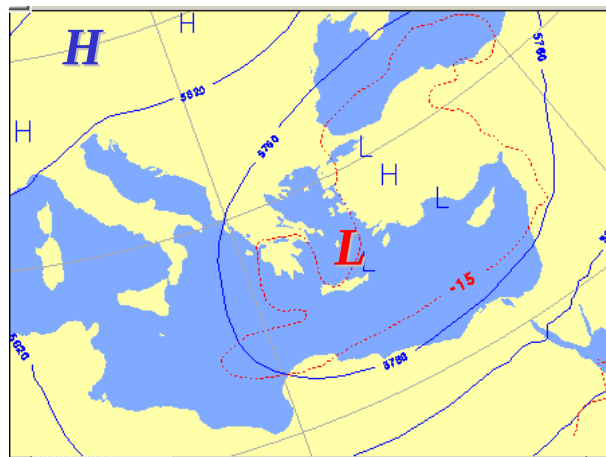
Πίνακας 11.1. Περιγραφή πραγματικής κατάστασης καιρού με τις συνοπτικές παρατηρήσεις από τον Μ.Σ της Σούδας.

11/02/14								
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟ- ΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΝΕΜΟΣ ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ (Kts)	ΑΝΕΜΟΣ ΜΕΓΙΣΤΗ ΡΙΠΗ (Kts)	ΟΡΑΤΟ- ΤΗΤΑ (m)	ΝΕΦΩΣΗ (όγδοα του ουράνιου θόλου)	ΦΑΙΝΟ- ΜΕΝΑ	ΠΑΧΟΣ ΧΙΟΝΙΟΥ (cm)	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ (mm)
00	10,6	04012	15	10000	6/8	-	-	-
03	10,2	05006	10	10000	4/8	-	-	-
06	9	00000	13	10000	6/8	-	-	-
09	11,6	06007	11	10000	4/8	-	-	-
12	12	02007	13	10000	4/8	-	-	-
15	11,8	08006	12	10000	4/8	-	-	-
18	9,6	26008	13	10000	4/8	-	-	-
21	9	28004	11	10000	-	-	-	-
12/02/14								
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟ- ΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΝΕΜΟΣ ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ (Kts)	ΑΝΕΜΟΣ ΜΕΓΙΣΤΗ ΡΙΠΗ (Kts)	ΟΡΑΤΟ- ΤΗΤΑ (m)	ΝΕΦΩΣΗ (όγδοα του ουράνιου θόλου)	ΦΑΙΝΟ- ΜΕΝΑ	ΠΑΧΟΣ ΧΙΟΝΙΟΥ (cm)	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ (mm)
00	8,8	00000	09	10000	2/8	-	-	-
03	10	28014	21	10000	4/8	-	-	-
06	9,8	28016	22	10000	4/8	-	-	-
09	13,6	25016	24	10000	4/8	-	-	-
12	13,8	25020	32	10000	6/8	-	-	-
15	10	27016	30	8000	7/8	ΒΡΟΧΗ	-	2,5
18	9,2	26015	28	8000	8/8	ΒΡΟΧΗ	-	0,9
21	8	29026	38	10000	6/8	ΒΡΟΧΗ	-	0,6
13/02/14								
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟ- ΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΝΕΜΟΣ ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ (Kts)	ΑΝΕΜΟΣ ΜΕΓΙΣΤΗ ΡΙΠΗ (Kts)	ΟΡΑΤΟ- ΤΗΤΑ (m)	ΝΕΦΩΣΗ (όγδοα του ουράνιου θόλου)	ΦΑΙΝΟ- ΜΕΝΑ	ΠΑΧΟΣ ΧΙΟΝΙΟΥ (cm)	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ (mm)
00	5	29022	42	10000	8/8	ΒΡΟΧΗ	-	0,2
03	4	28032	50	10000	6/8	-	-	-
06	3	30020	20	10000	5/8	-	-	-
09	0,2	32016	33	200	8/8	ΧΙΟΝΙ	5	0,5
12	-1	30004	22	200	8/8	ΧΙΟΝΙ	13	7,3
15	0	34006	13	500	8/8	ΧΙΟΝΙ	7	4,5
18	-0,4	03006	13	300	8/8	ΧΙΟΝΙ	5	3,2
21	-0,4	02016	26	10000	8/8	ΧΙΟΝΙ	5	3
14/02/14								
ΩΡΑ	ΘΕΡΜΟ- ΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΝΕΜΟΣ ΜΕΣΗ ΕΝΤΑΣΗ (Kts)	ΑΝΕΜΟΣ ΜΕΓΙΣΤΗ ΡΙΠΗ (Kts)	ΟΡΑΤΟ- ΤΗΤΑ (m)	ΝΕΦΩΣΗ (όγδοα του ουράνιου θόλου)	ΦΑΙΝΟ- ΜΕΝΑ	ΠΑΧΟΣ ΧΙΟΝΙΟΥ (cm)	ΥΨΟΣ ΒΡΟΧΗΣ (mm)
00	0,2	00000	20	50	8/8	ΧΙΟΝΙ	10	6
03	-0,4	33010	20	10000	6/8	ΧΙΟΝΙ	10	6
06	-0,4	30004	10	10000	6/8	ΧΙΟΝΙ	5	3
09	1,2	29004	13	10000	6/8	-	-	-
12	2,8	28015	23	10000	4/8	-	-	-
15	2,4	29004	15	10000	5/8	-	-	-
18	1,2	00000	4	10000	3/8	-	-	-
21	1,6	00000	4	10000	2/8	-	-	-

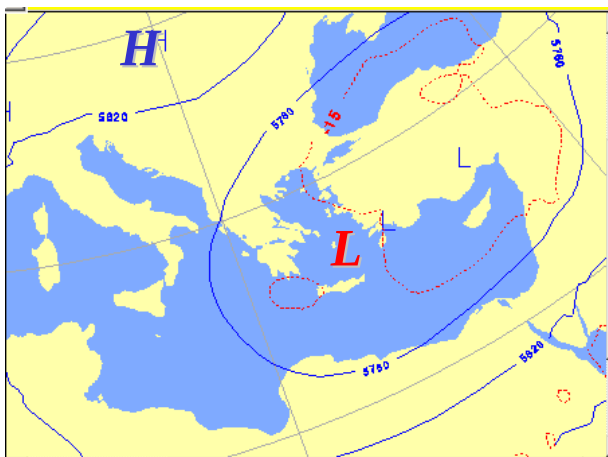
3. Χαμηλό στο Αιγαίο (28/05/2005)



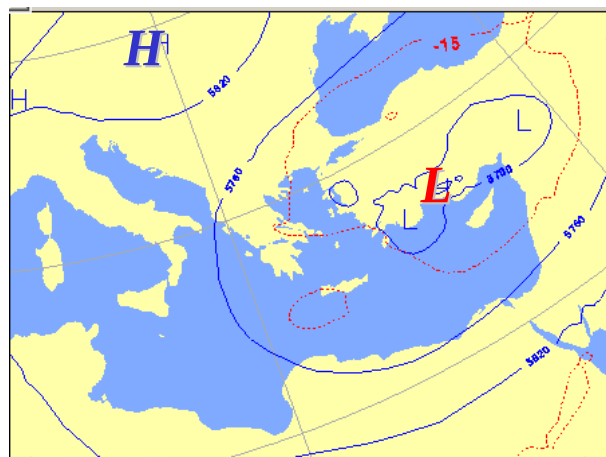
Σχήμα 11.62. Χάρτης 500 HPA της 28-05-05 / 06UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.63. Χάρτης 500 HPA της 28-05-05 / 12UTC (ECMWF).

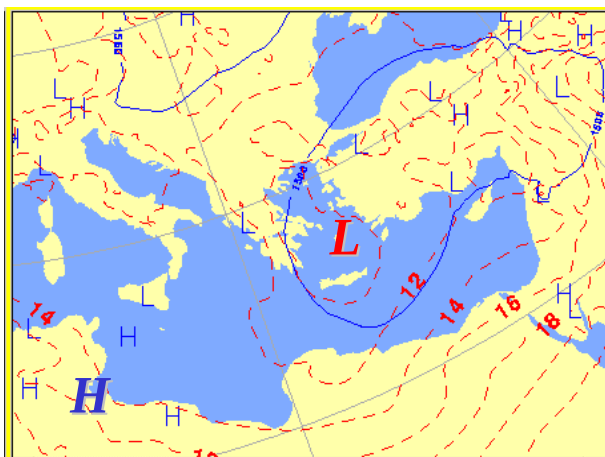


Σχήμα 11.64. Χάρτης 500 HPA της 28-05-05 / 18UTC (ECMWF).

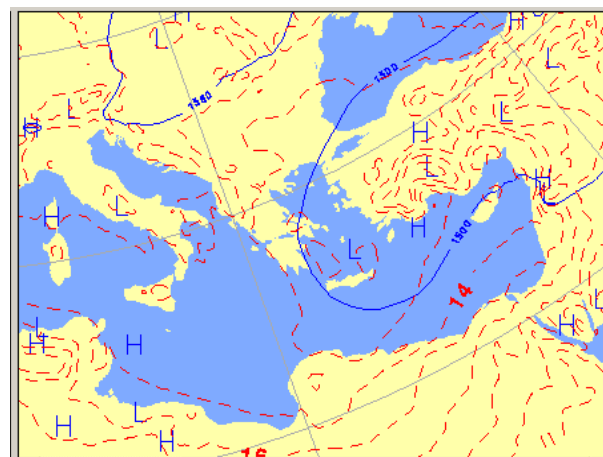


Σχήμα 11.65. Χάρτης 500 HPA της 29-05-05 / 00UTC (ECMWF).

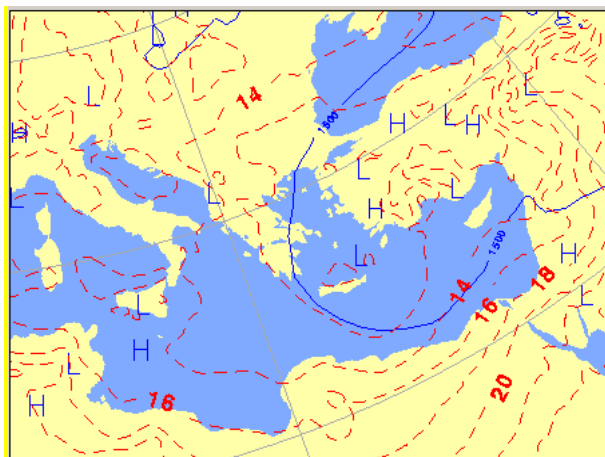
Στις 28/05/06, 06UTC, στην ανώτερη ατμόσφαιρα – στάθμη 500hPa (σχήμα 11.62), ένα χαμηλό, με κέντρο το Αιγαίο, δεσπόζει στην Μεσόγειο, την Ελλάδα και την Τουρκία. Τη μορφή του χαμηλού ακολουθεί και η ψυχρή αέρια μάζα, που καλύπτει την ίδια περιοχή ακολουθώντας τη μορφή των ισοϋψών. Για τις επόμενες 12 ώρες (σχήματα 11.63 και 11.64) το χαμηλό παραμένει ίδιο τόσο ως προς την έκταση όσο και ως προς το κέντρο αυτού. Μέρος της ψυχρής αέριας μάζας αποκόπτεται από τη γενικότερη εισβολή και περιορίζεται στην περιοχή δυτικά της Κρήτης (σχήμα 11.64). Έπειτα το χαμηλό βαθιάει και το κέντρο του εμφανίζεται στα νότια παράλια της Τουρκίας, στα όρη του Ταύρου. Η αποκομμένη ψυχρή μάζα κινείται νοτιοανατολικά και καλύπτει το νοτιοδυτικό τμήμα της Κρήτης (σχήμα 11.65).



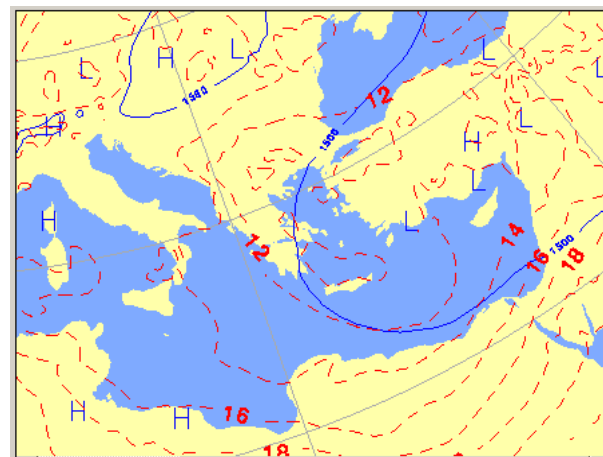
Σχήμα 11.66. Χάρτης 850 HPA της 28-05-05/ 06UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.67. Χάρτης 850 HPA της 28-05-05/ 12UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.68. Χάρτης 850 HPA της 28-05-05/ 18UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.69. Χάρτης 850 HPA της 29-05-05/ 00UTC (ECMWF).

Στη στάθμη των 850hPa ψυχρή εισβολή παρουσιάζεται στο Αιγαίο (σχήμα 11.68), με την ισόθερμο των $+10^{\circ}\text{C}$ να καλύπτει όλο το Αιγαίο και να εκτείνεται νότια, μέχρι το Λιβυκό. Έπειτα η ψυχρή εισβολή περιορίζεται μόνο σε μικρές περιοχές βορειοδυτικά και βορειοανατολικά της Κρήτης (σχήμα 11.67) και παραμένει στην περιοχή αυτή για τις επόμενες 12 ώρες (σχήματα 11.68 και 11.69).

Η θερμοκρασιακή διαφορά των δύο επιπέδων, 500hPa και 850hPa, είναι περίπου 25°C . Λαμβάνοντας υπόψη τον Πίνακα 10.1, για το μήνα Μάιο, αναμένεται αστάθεια, λόγω της ψυχρής εισβολής στα 850hPa.

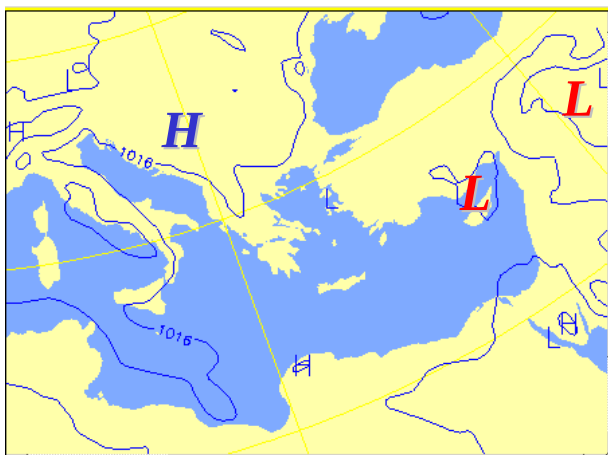
Στην επιφάνεια λεκάνη χαμηλών υψών καλύπτει την περιοχή της ανατολικής Μεσογείου, με κέντρο ανατολικά της Τουρκίας (σχήμα 11.70) και το ρεύμα είναι ασθενές βορειοδυτικό. Νέο κέντρο χαμηλών πιέσεων δημιουργείται στα όρη του Ταύρου (σχήμα 11.71), το οποίο κινείται ανατολικά πάνω από την Κύπρο (σχήμα 11,72) και τελικά ενσωματώνεται στο χαμηλό που καλύπτει όλη την ανατολική Μεσόγειο.



Σχήμα 11.70. Χάρτης Επιφανείας της 28-05-05/ 06UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.71. Χάρτης Επιφανείας της 28-05-05/ 12UTC (ECMWF).



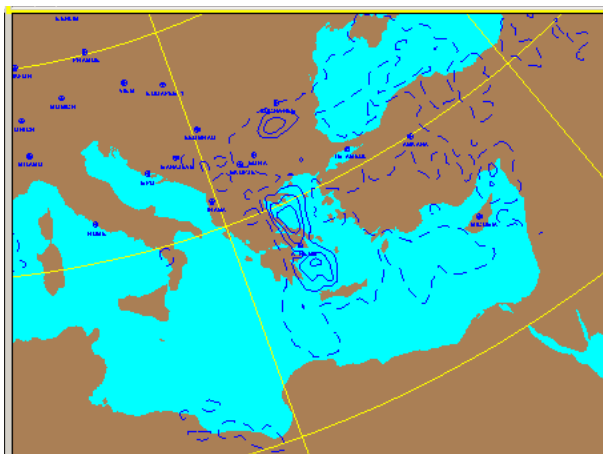
Σχήμα 11.72. Χάρτης Επιφανείας της 28-05-05/ 18UTC (ECMWF).



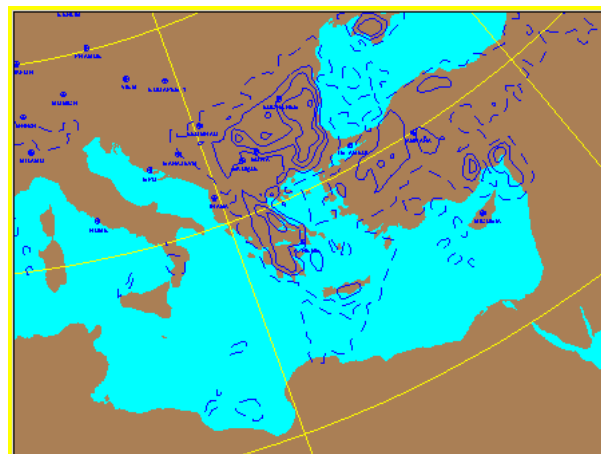
Σχήμα 11.73. Χάρτης Επιφανείας της 29-05-05/ 00UTC (ECMWF).

Στο σύστημα υπάρχει κατακόρυφη συνέπεια. Έτσι, δυναμικό αίτιο ανοδικών κινήσεων, στην επιφάνεια και την ανώτερη ατμόσφαιρα, συνδυάζεται με θερμική αστάθεια. Για το λόγο αυτό αναμένονται έντονα φαινόμενα κυρίως σε ορεινές περιοχές (ανολισθήσεις, μηχανικό αίτιο) καθώς και στις περιοχές που καλύπτονται από ψυχρή εισβολή στα 850hPa.

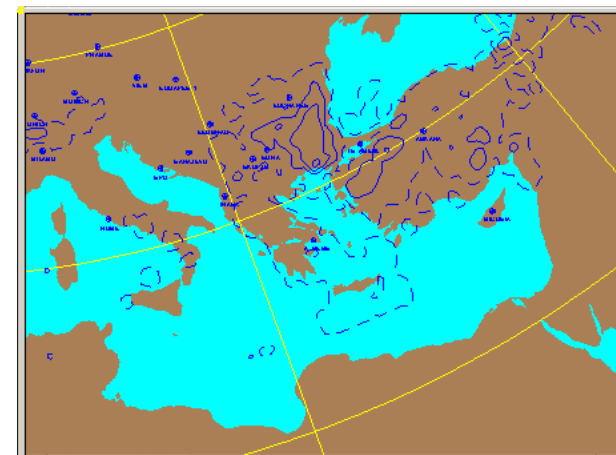
Πράγματι, οι προγνωστικοί χάρτες του υετού εντοπίζουν μεγάλα ύψη βροχής στην περιοχή της ψυχρής εισβολής (σχήμα 11.74) και στην κορυφογραμμή των ορεινών όγκων της Ελλάδας, από τη Μακεδονία μέχρι την Κρήτη (σχήμα 11.75). Έπειτα η ψυχρή εισβολή περιορίζεται και μαζί με αυτή εξασθενούν και τα φαινόμενα (σχήματα 11.76 και 11.77).



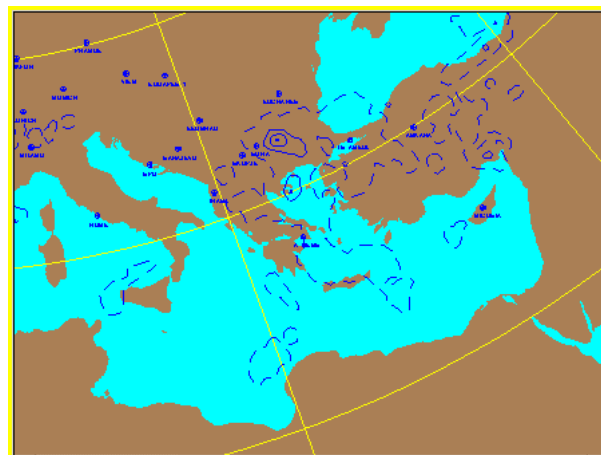
Σχήμα 11.74. Χάρτης Υετού της 28-05-05/ 06UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.75. Χάρτης Υετού της 28-05-05/ 12UTC (ECMWF).



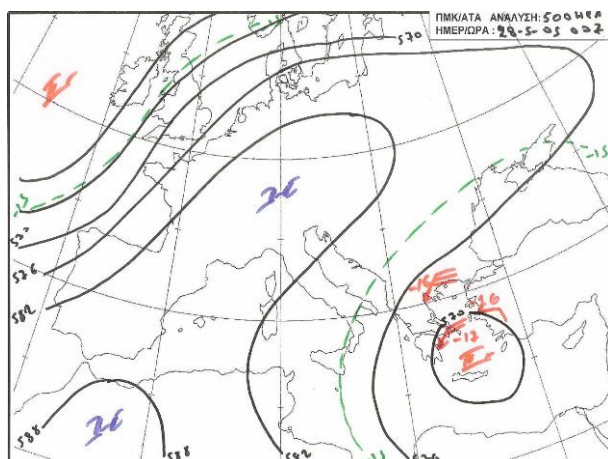
Σχήμα 11.76. Χάρτης Υετού της 28-05-05/ 18UTC (ECMWF).



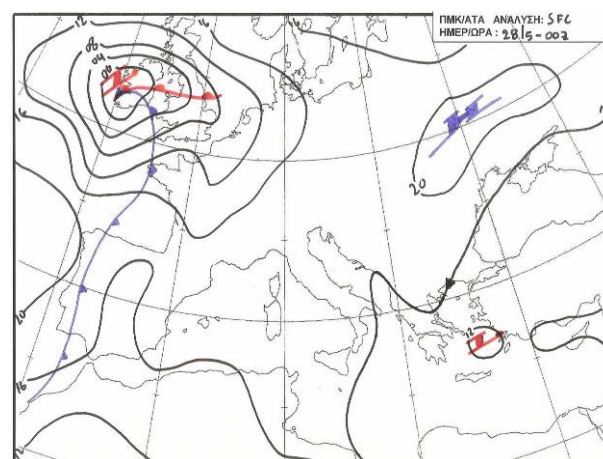
Σχήμα 11.77. Χάρτης Υετού της 29-05-05/ 00UTC (ECMWF).

Σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση της συνοπτικής κατάστασης, η πρόγνωση του καιρού για την περιοχή της Κρήτης στις 28/05/05 είναι η εξής: Αρχικά στη δυτική Κρήτη ο καιρός θα είναι νεφελώδης με βροχές και καταιγίδες. Γρήγορα τα φαινόμενα θα επεκταθούν και θα καλύψουν όλο το νησί. Ύφεση των φαινομένων αναμένεται από το απόγευμα και από τα δυτικά. Άνεμοι επιφανείας ασθενείς μεταβλητών διευθύνσεων.

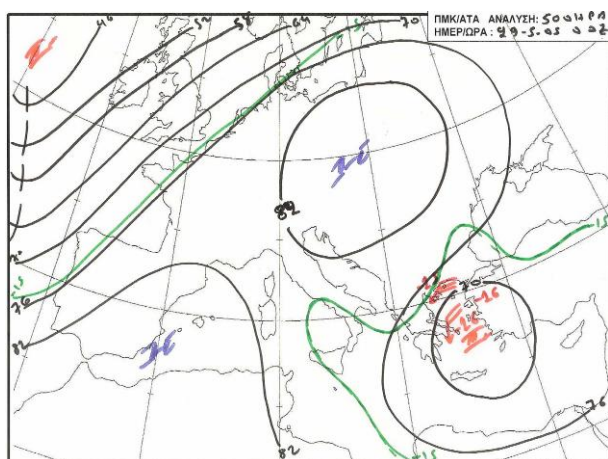
Μια πρώτη επαλήθευση του μοντέλου μπορεί να γίνει με τη σύγκριση προγνωστικών και πραγματικών χαρτών. Λεκάνη χαμηλών υψών καλύπτει αρχικά την περιοχή του Αιγαίου στα 500hPa (σχήμα 11.78) με κέντρο βόρεια της Κρήτης. Σε 36 ώρες το κέντρο έχει κινηθεί λίγο βορειότερα (σχήμα 11.80). Στην επιφάνεια λεκάνη χαμηλών υψών καλύπτει την Ελλάδα και την ανατολική Μεσόγειο με κέντρο στο νοτιοδυτικό Αιγαίο (σχήμα 11.79), το οποίο κινείται ανατολικά και περιορίζεται στην Κύπρο και ανατολικότερα. Παρατηρούνται διαφορές στις δύο κατηγορίες χαρτών (θέση και κίνηση του κέντρου του χαμηλού στην επιφάνεια), επειδή όμως επικρατεί αστάθεια σε όλη την ευρύτερη περιοχή της λεκάνης χαμηλών υψών, οι διαφορές αυτές δεν οδηγούν σε λανθασμένη πρόγνωση του καιρού.



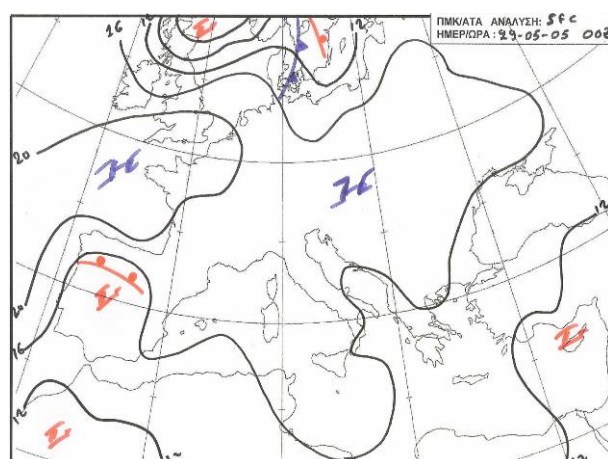
Σχήμα 11.78. Πραγματικός χάρτης 500 ΗΡΑ της 28-05-05 / 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).



Σχήμα 11.79. Πραγματικός χάρτης επιφανείας της 28-05-05 / 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).

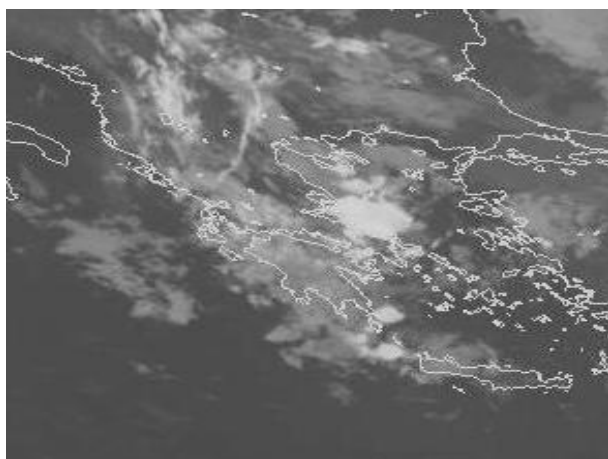


Σχήμα 11.80. Πραγματικός χάρτης 500 ΗΡΑ της 29-05-05 / 12UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).



Σχήμα 11.81. Πραγματικός χάρτης επιφανείας της 29-05-05 / 12UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).

Οι δορυφορικές φωτογραφίες που ακολουθούν παριστάνουν την εξέλιξη του καιρού όπως αυτή καταγράφηκε από το δορυφόρο MSG και επαληθεύουν την ορθότητα της πρόγνωσης.



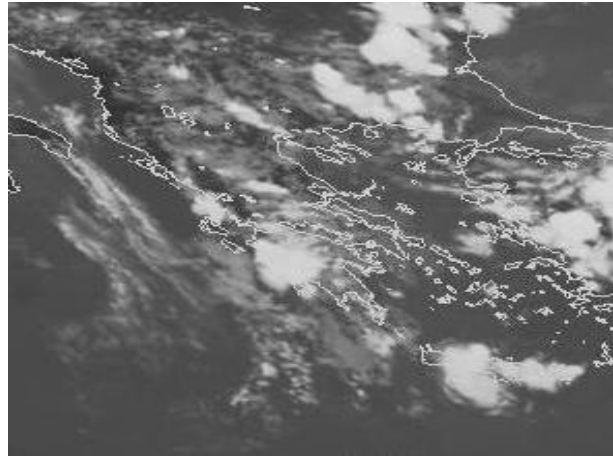
Σχήμα 11.82. Δορυφορική Εικόνα 28-05-05/ 06UTC (MSG).



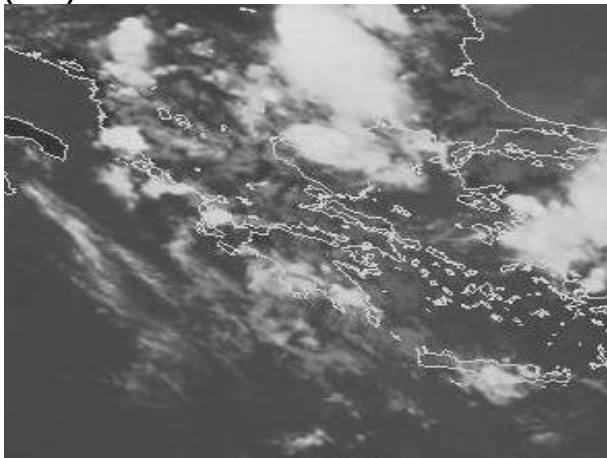
Σχήμα 11.83 Δορυφορική Εικόνα 28-05-05/ 09UTC (MSG).



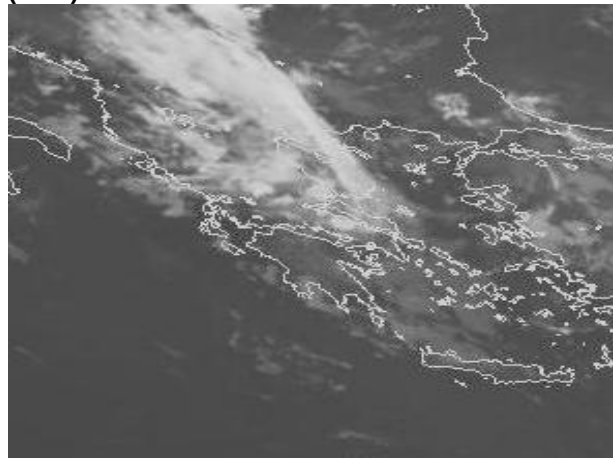
Σχήμα 11.84. Δορυφορική Εικόνα 28-05-05/ 12UTC (MSG).



Σχήμα 11.85 Δορυφορική Εικόνα 28-05-05/ 15UTC (MSG).

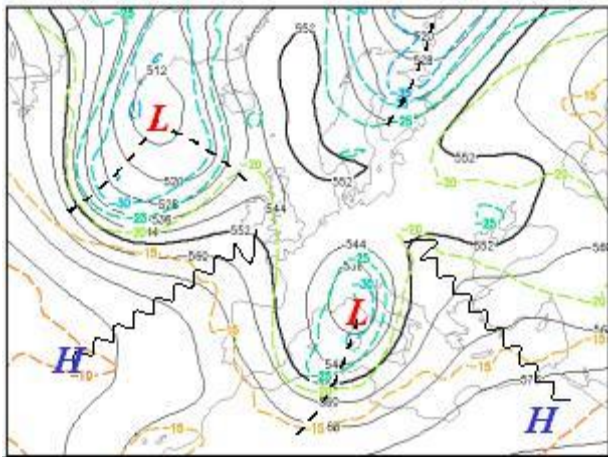


Σχήμα 11.86. Δορυφορική Εικόνα 28-05-05/ 18UTC (MSG).

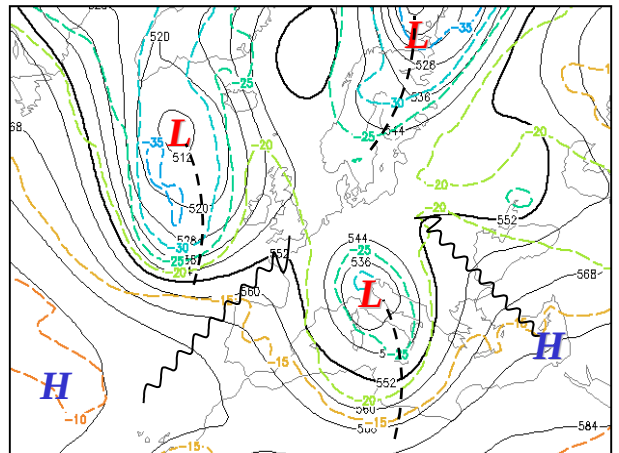


Σχήμα 11.87 Δορυφορική Εικόνα 29-05-05/ 00UTC (MSG).

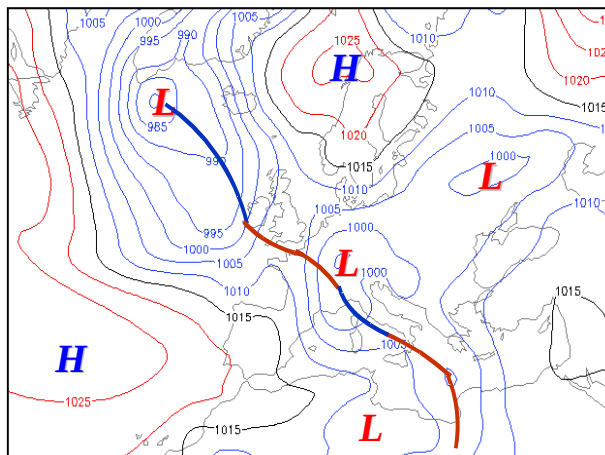
4. Μεταφορά σκόνης από τη Σαχάρα (17/04/2005)



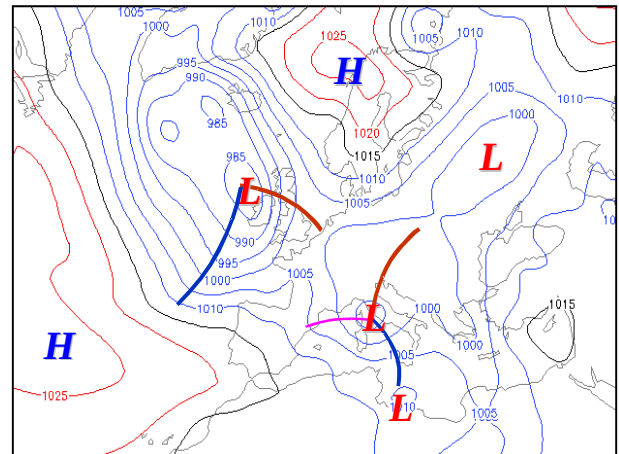
Σχήμα 11.89. Χάρτης 500 HPA της 17-04-05/ 00UTC (<http://expert.weatheronline.co.uk>).



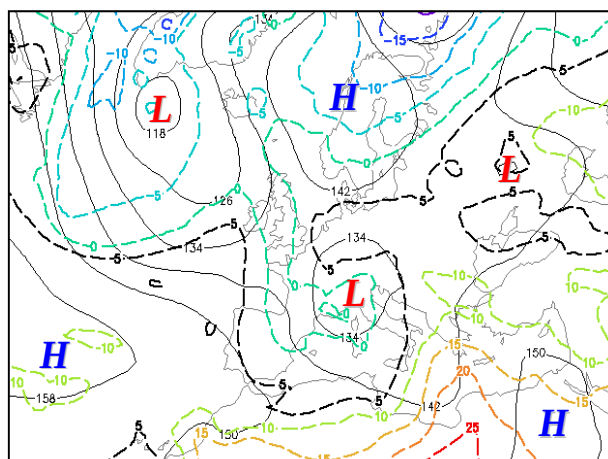
Σχήμα 11.90. Χάρτης 500 HPA της 17-04-05/ 12UTC (<http://expert.weatheronline.co.uk>).



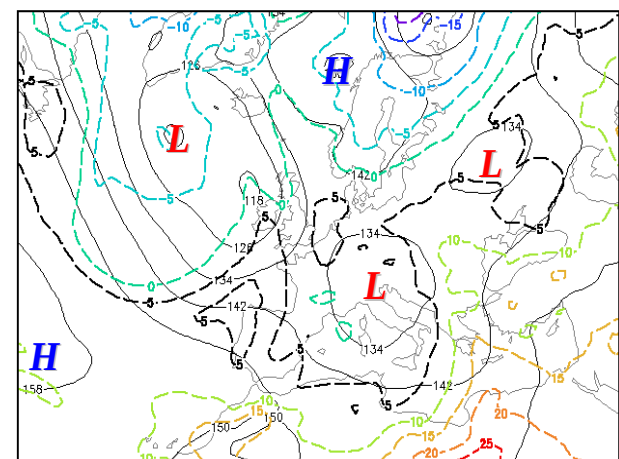
Σχήμα 11.91. Χάρτης Επιφανείας της 17-04-05/ 00UTC (<http://expert.weatheronline.co.uk>).



Σχήμα 11.92. Χάρτης Επιφανείας της 17-04-05/ 12UTC (<http://expert.weatheronline.co.uk>).



Σχήμα 11.93. Χάρτης 850 HPA της 17-04-05/ 00UTC (<http://expert.weatheronline.co.uk>).



Σχήμα 11.94. Χάρτης 850 HPA της 17-04-05/ 12UTC (<http://expert.weatheronline.co.uk>).

Στις 17/0405 00UTC, στην ανώτερη ατμόσφαιρα – στάθμη 500hPa (σχήμα 11.89) ένα χαμηλό που καλύπτει την κεντρική και βόρεια Ευρώπη, εκτείνεται μέχρι την βόρεια Αφρική, με τρία κέντρα, στην περιοχή των Άλπεων, δυτικά της Ισλανδίας (Ατλαντικό ωκεανό) και βόρεια της Φιλανδίας (Αρκτικό ωκεανό). Το κέντρο που βρίσκεται στην περιοχή των Άλπεων συνοδεύεται από trough, η οποία εκτείνεται πάνω από τη Μεσόγειο και φτάνει μέχρι τη βόρεια Αφρική. Ο άξονάς της έχει διεύθυνση από βορειοανατολικά προς νοτιοδυτικά και προκαλεί μια βαθιά νοτιοδυτική ροή πάνω από την Αλγερία. Η δυτική Ευρώπη επηρεάζεται από αντικυκλώνα και στα νοτιοανατολικά, ένα ridge καλύπτει την ανατολική Μεσόγειο και εκτείνεται μέχρι τα βόρεια Βαλκάνια. Στις επόμενες 12 ώρες (σχήμα 11.90) η trough που συνδέεται με το κέντρο των Άλπεων έχει κινηθεί ανατολικότερα και το ridge, της ανατολικής Μεσογείου, βορειοανατολικά. Καθώς οι δύο διαταραχές, trough και ridge, προσεγγίζουν μεταξύ τους, η νοτιοδυτική ροή μπροστά από την trough γίνεται ιδιαίτερα ισχυρή (jet stream* στα νότια τμήματα των Βαλκανίων).

Στην επιφάνεια (σχήμα 11.91) λεκάνη χαμηλών υψών δεσπόζει στο μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης, με κέντρα την δυτική Ρωσία, την περιοχή των Άλπεων και τη βόρεια Αφρική (όρη Άτλαντα). Η δυτική Ευρώπη καλύπτεται από την επέκταση του αντικυκλώνα των Αζορών. Το ρεύμα μπροστά από το χαμηλό των ορέων του Άτλαντα (βορειοαφρικανικό κυκλώνα) είναι νότιο και ιδιαίτερα ισχυρό, λόγω της πύκνωσης των ισοϋψών (ισχυρή βαροβαθμίδα) στην περιοχή αυτή, με ανέμους νότιους θυελλώδεις έως ισχυρά θυελλώδεις. Θερμές και ξηρές αέριες μάζες από τη βόρεια Αφρική κινούνται προς μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη, διερχόμενες πάνω από την ψυχρή θαλάσσια επιφάνεια της Μεσογείου. Έτσι δημιουργείται θερμό μέτωπο κατά μήκος της σύσφιξης των ισοθέρμων στο χάρτη των 850hPa (σχήμα 11.93). Ταυτόχρονα, ψυχρές και υγρές αέριες μάζες από την βόρεια Ευρώπη, ακολουθώντας κυκλωνική πορεία γύρω από το χαμηλό των Άλπεων, κατέρχονται νοτιότερα προκαλώντας δημιουργία ψυχρού μετώπου στις δυτικές ακτές της Ιταλίας. Στις επόμενες 12 ώρες (σχήμα 11.92) ο βορειοαφρικανικός κυκλώνας, ακολουθώντας βορειοανατολική πορεία, προς την Κρήτη και την ανατολική Μεσόγειο, μετακινεί τη σύσφιξη των ισοϋψών στο κεντρικό Αιγαίο, με κατεύθυνση από νότο προς βορά. Οι νότιοι άνεμοι στην περιοχή αυτή ενισχύονται έως ισχυρά θυελλώδεις. Το χαμηλό των Άλπεων, συνοδευόμενο από μετωπική δραστηριότητα κινείται νότια και στην περιοχή πίσω από αυτό, όπου συναντώνται οι ψυχρές μάζες της βόρειας Ευρώπης, με τις θερμές της βόρειας Αφρικής, δημιουργείται στάσιμο μέτωπο (31).

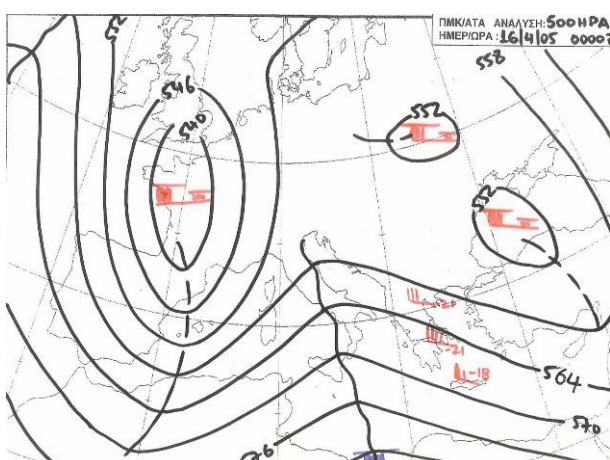
Οι ισόθερμες στα 850hPa (σχήμα 11.9) στις βόρειες ακτές της Λιβύης είναι διατεταγμένες με διεύθυνση από τα νοτιοδυτικά προς τα βορειοανατολικά και πολύ συνεσφιγμένες, πράγμα που μαρτυρεί ότι η περιοχή αυτή σύσφιξης των ισοθέρμων διαχωρίζει δύο μάζες, εκ των οποίων η μία είναι βόρεια αυτής και η άλλη νότια, με έντονη θερμική αντίθεση. Η ροή στα 850hPa δυτικά της περιοχής σύσφιξης είναι δυτική ασθενής, ενώ στα ανατολικά αυτής νότια ισχυρή. Αυτό σημαίνει ότι η περιοχή σύσφιξης χαρακτηρίζεται από έντονη μετωπογένεση (31). Επίσης η ισχυρή νότια ροή, πάνω από την

* : ή αλλιώς Αεροχείμαρρος. Επίπεδο σωληνοειδές και σχεδόν οριζόντιο ρεύμα αέρα κοντά στη τροπόπαυση. Κατά μήκος του άξονά του έχει τις μέγιστες ταχύτητες (80 – 100Kts και περισσότερο). Εκτός από την οριζόντια κίνηση χαρακτηρίζεται από τα πολύ ισχυρά και απότομα ανοδικά ρεύματα που δίνουν την αίσθηση «κενού αέρα» στους επιβάτες όταν ταξιδεύουν με αεροπλάνο.

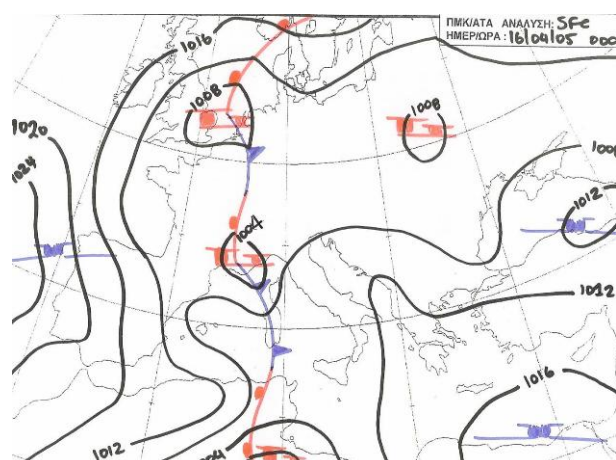
ανατολική Μεσόγειο και τη βόρεια Αφρική, δημιουργεί μια έντονη θερμή εισβολή στην περιοχή της Ελλάδας.

Στις επόμενες 12 ώρες (σχήμα 11.94) η κατάσταση στη στάθμη αυτή δεν μεταβάλλεται ιδιαίτερα. Η σύσφιξη των ισοθέρμων μεταφέρεται ανατολικότερα, όπως και η περιοχή της θερμής εισβολής, η οποία αρχίζει σταδιακά να υποχωρεί.

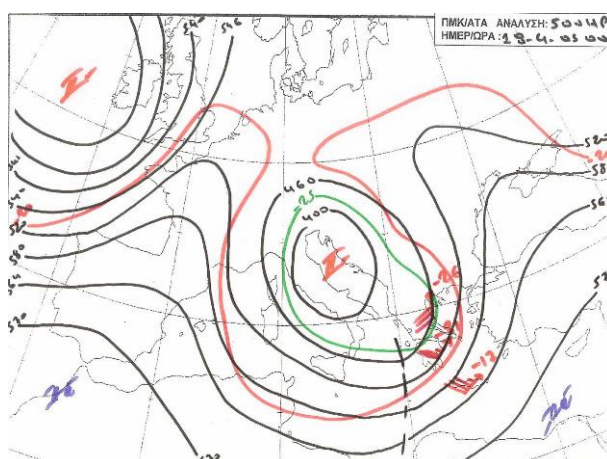
Η εξέλιξη που αναμένεται να έχει ο καιρός στην περιοχή της Κρήτης, μετά την ανάλυση της παραπάνω συνοπτικής κατάστασης, έχει ως κύριο χαρακτηριστικό θυελλώδεις νότιους ανέμους (Σιρόκος) και έντονα περιορισμένες ορατότητες, λόγω μεταφοράς σκόνης από τις ερήμους της βόρειας Αφρικής. Αυτή η συνοπτική κατάσταση είναι χαρακτηριστική περίπτωση εμφάνισης του Σιρόκου.



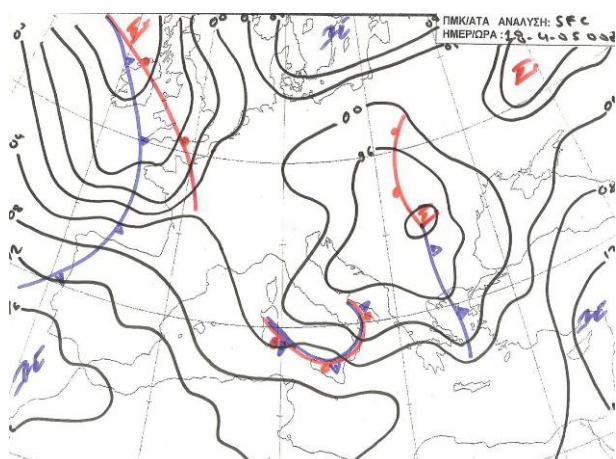
Σχήμα 11.95. Πραγματικός χάρτης 500 HPA της 16-04-05 / 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).



Σχήμα 11.96. Πραγματικός χάρτης επιφανείας της 16-04-05 / 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).



Σχήμα 11.97. Πραγματικός χάρτης 500 HPA της 18-04-05 / 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).



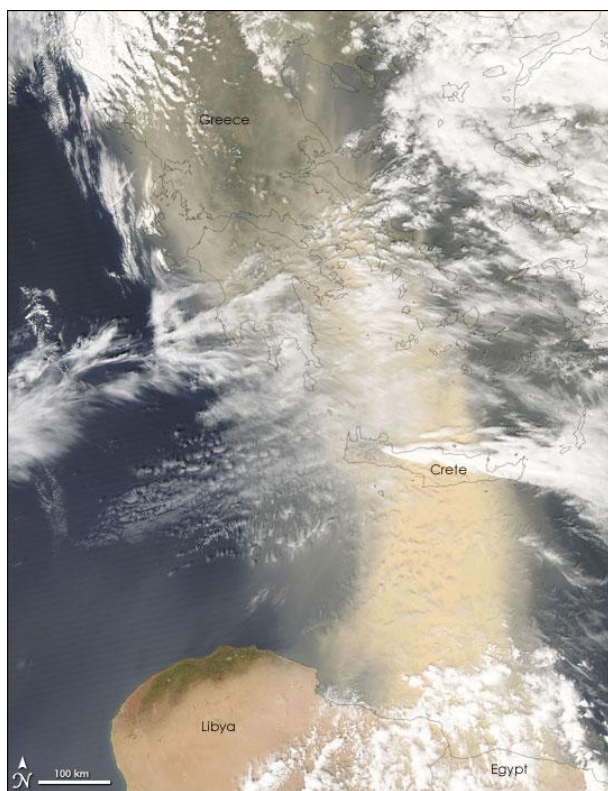
Σχήμα 11.98. Πραγματικός χάρτης επιφανείας της 18-04-05 / 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).

Μελετώντας τους πραγματικούς χάρτες στις 16/04/05, μία ημέρα πριν την εμφάνιση του Σιρόκου, γίνεται εμφανές ότι η συνοπτική κατάσταση που ευνοεί την ανάπτυξη των βορειοαφρικανικών κυκλώνων (δημιουργία στην περιοχή των ορέων του Άτλαντα) (σχήμα 11.96) και συνδέεται με ισχυρούς νότιους ανέμους, ακολουθείτε πιστά. Χαμηλό στα 500hPa και trough πάνω από την Ισπανία,

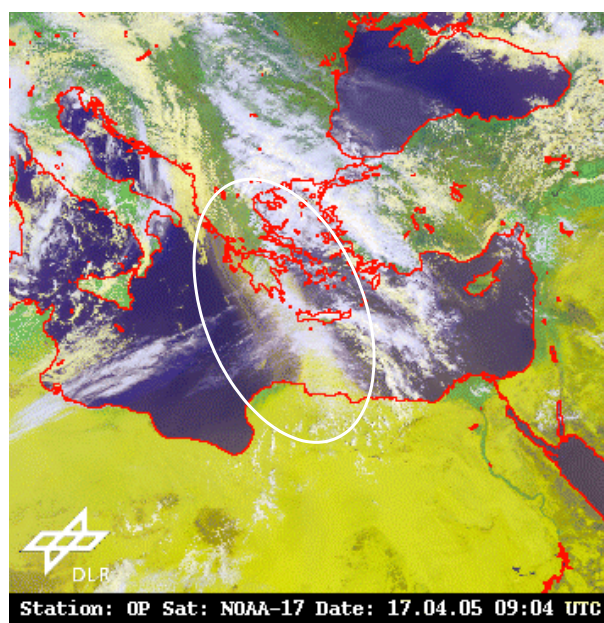
με τον άξονά της προσανατολισμένο από τα βορειοανατολικά προς τα νοτιοδυτικά προκαλεί βαθιά νοτιοδυτική ροή πάνω από τις βορειοδυτικές ακτές την Αφρικής (σχήμα 11.95).

Η λήξη του φαινομένου έρχεται στις 18/04/05. Στην στάθμη των 500hPa (σχήμα 11.97) η trough βρίσκεται στο Ιόνιο, προσεγγίζοντας τις δυτικές ακτές της Ελλάδας και συνοδεύεται (λίγο ανατολικότερα στην επιφάνεια) με ψυχρό μέτωπο πάνω από το Αιγαίο (σχήμα 11.98). Ο βορειοαφρικανικός κυκλώνας έχει ενσωματωθεί στο χαμηλό των Άλπεων και βρίσκεται στα βόρεια Βαλκάνια, ακολουθώντας τη γενικότερη κυκλοφορία. Οι θερμές και ξηρές μάζες, υψηλής περιεκτικότητας σε σκόνη, έρχονται σε επαφή κάθετα με το ψυχρό μέτωπο και προκαλούν το φαινόμενο της «Λασποβροχής». Οι άνεμοι, μετά τη διέλευση του μετώπου στρέφονται σε βορειοδυτικούς και η ορατότητα βελτιώνεται γρήγορα και αισθητά.

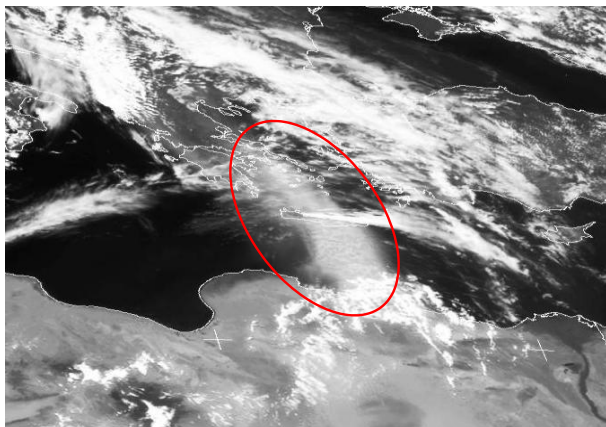
Στα σχήματα 11.99, 11.100, 11.101, 11.102 παρουσιάζεται η πραγματική κατάσταση του καιρού, όπως καταγράφηκε από τους μετεωρολογικούς δορυφόρους. Μια πυκνή ζώνη με σκόνη, προερχόμενη από την έρημο της Αιγύπτου και της Λιβύης, μεταφέρεται πάνω από την Μεσόγειο. Η σκόνη είναι τόσο πυκνή ώστε η Κρήτη δεν είναι ορατή από το διάστημα, ενώ η υπόλοιπη Ελλάδα φαίνεται με δυσκολία. Η ένταση του φαινομένου φαίνεται χαρακτηριστικά από τα σχήματα 11.103 και 11.105. Η λήψη των φωτογραφιών πραγματοποιήθηκε από τους μετεωρολογικούς σταθμούς επιφανείας στη Σαντορίνη και το λιμάνι του Ηρακλείου στις 17/04/05 και μία ημέρα με καλή ορατότητα (σχήματα 11.104 και 11.106), για να μπορεί να γίνει η σύγκριση. Στα σχήματα 11.107, 11.108 παρουσιάζονται οι περιοχές της Ελλάδας, στις οποίες η ορατότητα περιορίστηκε λόγω σκόνης.



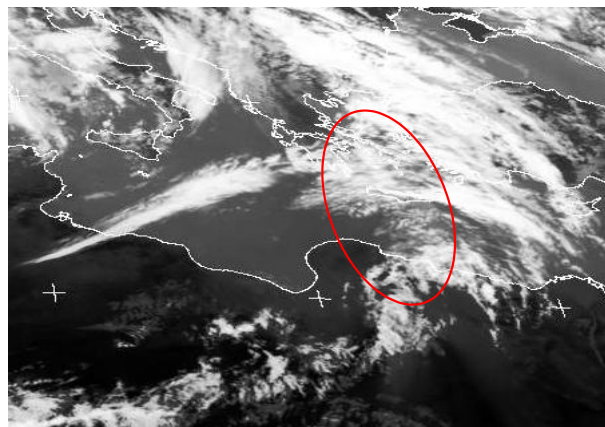
Σχήμα 11.99. Δορυφορική Εικόνα 17-04-05 / 12UTC (MODIS της NASA Aqua satellite).



Σχήμα 11.100. Δορυφορική Εικόνα 17-04-05 / 09UTC (NOAA Chanel-17).



Σχήμα 11.101. Δορυφορική Εικόνα 17-04-05 / 12UTC (MSG - VIS).



Σχήμα 11.102. Δορυφορική Εικόνα 17-04-05 / 12UTC (MSG - IR).

Στους Πίνακες 11.1, 11.2, 11.3, 11.4 παρουσιάζεται η περιγραφή του καιρού από τους παρατηρητές που επάνδρωναν τους αντίστοιχους μετεωρολογικούς σταθμούς τις αναγραφόμενες ημέρες. Η πρώτη στήλη αντιστοιχεί στην ώρα της παρατήρησης, η δεύτερη στον άνεμο (όπως αυτός κωδικοποιείται, δηλαδή: διεύθυνση τα τρία πρώτα ψηφία του αριθμού και ένταση τα δύο τελευταία. Το γράμμα G συμβολίζει ριπαίο άνεμο με την μέση ένταση αριστερά του και την μέγιστη δεξιά του. Έτσι το 15030G50K αντιπροσωπεύει νοτιοανατολικό άνεμο, από τις 150^ο, με μέση ένταση τους 30Kts και ριπές μέχρι και 50Kts). Η τρίτη στήλη αντιστοιχεί στην ορατότητα την ώρα της παρατήρησης και μετράται σε μέτρα και η τελευταία στήλη αντιστοιχεί στα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα και στην περίπτωση αυτή είναι η ξηρά αχλός και η σκόνη.

Αξίζει να σημειωθεί ότι η λήξη του φαινομένου έρχεται, για την περιοχή της Σούδας, όταν ο άνεμος αρχίσει να πνέει από δυτικές διευθύνσεις (Πίνακας 11.1, τρεις τελευταίες γραμμές). Με βορειοδυτικό άνεμο, η ορατότητα αυξάνεται γρήγορα από 6000Km, σε 10Km, το φαινόμενο της σκόνης περιορίζεται αισθητά και στο τέλος εξαλείφεται.



Σχήμα 11.103. Φωτογραφία επιφανείας από το Μ.Σ. της Σαντορίνης στις 17-04-05 / 12UTC.



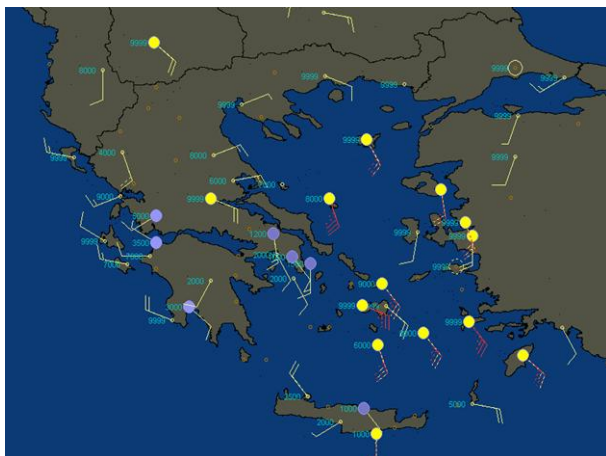
Σχήμα 11.104. Φωτογραφία επιφανείας από το Μ.Σ. της Σαντορίνης, ημέρα με καλή ορατότητα.



Σχήμα 11.105. Φωτογραφία επιφανείας από το λιμάνι του Ηρακλείου στις 17-04-05 / 12UTC.



Σχήμα 11.106. Φωτογραφία επιφανείας από το λιμάνι του Ηρακλείου, ημέρα με καλή ορατότητα.



Σχήμα 11.107. Πραγματική κατάσταση στις 17-04-05/ 12UTC. Ο αναγραφόμενος αριθμός δίπλα σε κάθε Μ.Σ. συμβολίζει την οριζόντια ορατότητα σε μέτρα (MetShell).



Σχήμα 11.108. Πραγματική κατάσταση στις 17-04-05/ 15UTC. Ο αναγραφόμενος αριθμός δίπλα σε κάθε Μ.Σ. συμβολίζει την οριζόντια ορατότητα σε μέτρα (MetShell).

Πίνακας 11.2. Περιγραφή πραγματικής καιρικής κατάστασης στον Μ.Σ. Σούδας 17 Απρ 05.

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ: ΣΟΥΔΑΣ (LGSA)			
17-04-05			
ΩΡΑ (Z)	ΑΝΕΜΟΣ	ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ (m)	ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ
0820	15030G50KT	9999	-
0850	16030G50KT	6000	-
0920	16026G44KT	2000	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ
0950	18022G36KT	1500	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ
1020	17022G36KT	1000	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ
1050	17022G36KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1120	16024G34KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1150	17020G30KT	600	ΣΚΟΝΗ
1220	17020G30KT	600	ΣΚΟΝΗ
1250	18014G26KT	600	ΣΚΟΝΗ
1320	18016KT	600	ΣΚΟΝΗ
1350	17016KT	600	ΣΚΟΝΗ
1420	33011KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1450	32020KT	2500	ΣΚΟΝΗ
1520	30023KT	2500	ΣΚΟΝΗ
1550	28023KT	4000	ΣΚΟΝΗ
1620	31015G25KT	6000	ΣΚΟΝΗ
1650	29015KT	8000	ΣΚΟΝΗ
1720	28015KT	8000	ΣΚΟΝΗ
1750	27015KT	9999	-

Πίνακας 11.3. Περιγραφή πραγματικής καιρικής κατάστασης στον Μ.Σ. Ηρακλείου 17 Απρ 07.

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ: ΗΡΑΚΛΕΙΟΥ (LGIR)			
17-04-05			
ΩΡΑ (Z)	ΑΝΕΜΟΣ	ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ (m)	ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ
1050	15011G21KT	9999	-
1120	15018C30KT	8000	ΣΚΟΝΗ
1150	16024C35KT	6000	ΣΚΟΝΗ
1220	16023C35KT	4000	ΣΚΟΝΗ
1250	16027G38KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1320	17024G34KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1350	23008KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1420	14012KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1450	15025G35KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1520	15028G40KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1550	15025G35KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1620	15023G33KT	800	ΣΚΟΝΗ
1650	18010KT	800	ΣΚΟΝΗ
1720	29014KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1750	31010KT	3000	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ
1820	30005KT	4000	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ
1850	00000KT	5000	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ
1920	00000KT	5000	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ
1950	00000KT	5000	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ
2020	05004KT	5000	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ
2050	05005KT	5000	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ
2120	10005KT	5000	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ
2150	09003KT	5000	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ
2220	33004KT	5000	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ
2250	27005KT	5000	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ
2320	09004KT	6000	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ

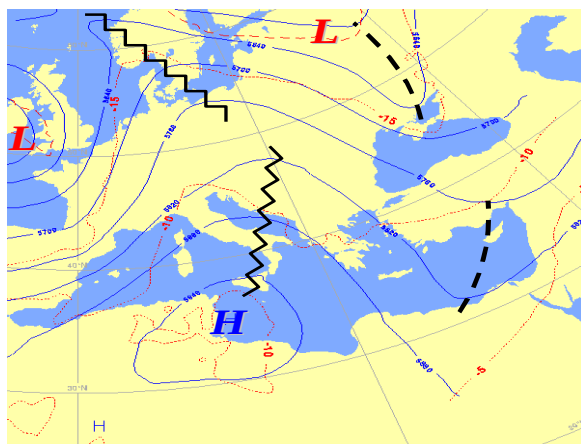
Πίνακας 11.4. Περιγραφή πραγματικής καιρικής κατάστασης στον Μ.Σ. Τυμπακίου 17 και 18 Απρ 05.

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ: ΤΥΜΠΑΚΙΟΥ (LGTU)			
17-04-05			
ΩΡΑ (Z)	ΑΝΕΜΟΣ	ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ (m)	ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ
0800	17010KT	9999	-
0900	15010KT	9999	-
1000	15014KT	8000	-
1100	17015KT	5000	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ
1200	17013KT	4000	ΞΗΡΑ ΑΧΛΗΣ
1300	16010KT	2000	ΣΚΟΝΗ
1400	18004KT	2000	ΣΚΟΝΗ
1500	24004KT	2000	ΣΚΟΝΗ
1600	30003KT	2000	ΣΚΟΝΗ
1700	30003KT	2000	ΣΚΟΝΗ
1800	30004KT	4000	ΣΚΟΝΗ
2100	00000KT	5000	ΣΚΟΝΗ
18-04-05			
0000	00000KT	6000	ΣΚΟΝΗ
0300	00000KT	7000	ΣΚΟΝΗ
0400	00000KT	8000	-
0500	00000KT	8000	-
0600	27005KT	9999	-

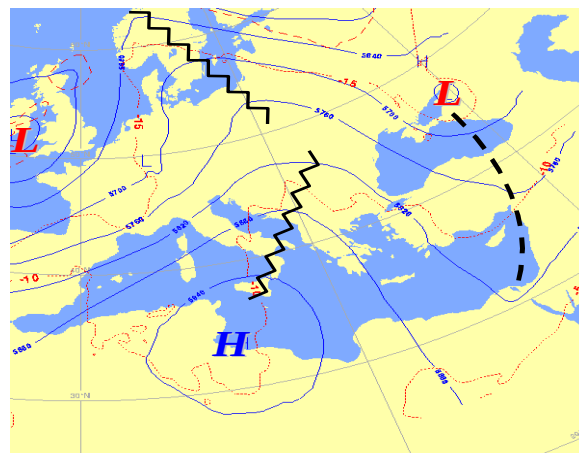
Πίνακας 11.5. Περιγραφή πραγματικής καιρικής κατάστασης στον Μ.Σ. Καστελίου (Πεδιάδος) 17 και 18 Απρ 05.

ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΟΣ ΣΤΑΘΜΟΣ: ΚΑΣΤΕΛΙΟΥ (LGTU)			
17-04-05			
ΩΡΑ (Z)	ΑΝΕΜΟΣ	ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ (m)	ΦΑΙΝΟΜΕΝΑ
1030	18021G33KT	9999	-
1100	18023G33KT	9999	-
1130	18023G33KT	7000	-
1200	19024G35KT	5000	ΣΚΟΝΗ
1230	19024G37KT	2000	ΣΚΟΝΗ
1300	17028G40KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1330	18026G36KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1400	18024G36KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1430	18022G32KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1500	19018KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1530	18015KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1600	19013KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1630	20010KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1700	21011KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1800	20011KT	1000	ΣΚΟΝΗ
1830	19011KT	1500	ΣΚΟΝΗ
1900	19009KT	1500	ΣΚΟΝΗ
1930	00000KT	2000	ΣΚΟΝΗ
2000	00000KT	2000	ΣΚΟΝΗ
2100	00000KT	2000	ΣΚΟΝΗ
2200	00000KT	2000	ΣΚΟΝΗ
2300	00000KT	2000	ΣΚΟΝΗ
18-04-05			
0000	03005KT	2000	ΣΚΟΝΗ
0100	00000KT	2000	ΣΚΟΝΗ
0300	00000KT	6000	ΣΚΟΝΗ
0330	00000KT	6000	-
0400	00000KT	9000	-

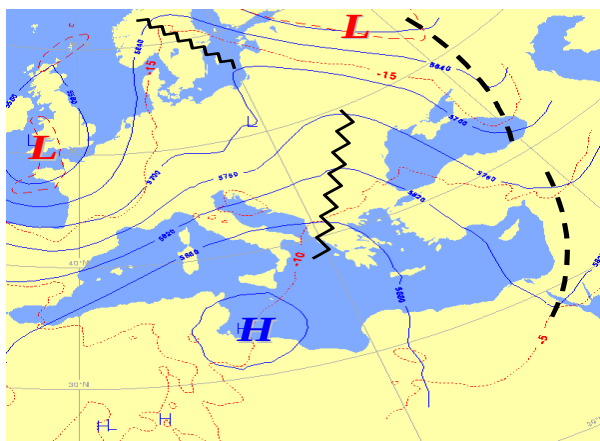
5. Καύσωνας (22/06/2007)



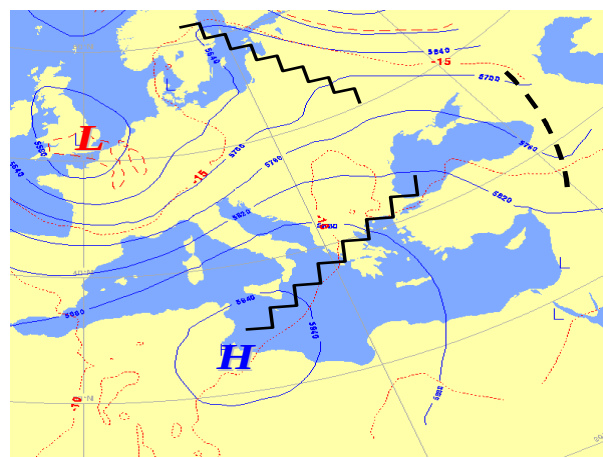
Σχήμα 11.109. Χάρτης 500 HPA της 21-06-07/ 00UTC (ECMWF).



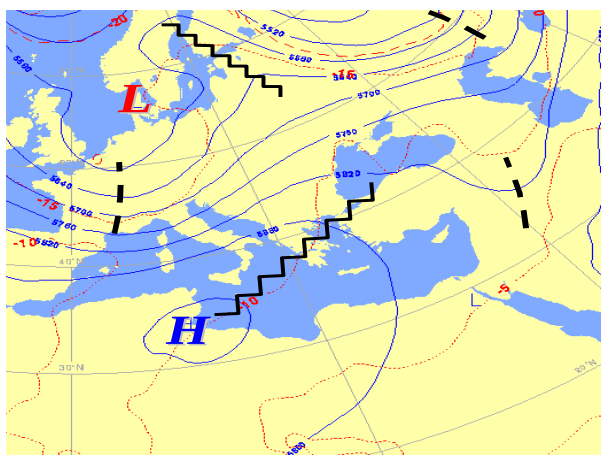
Σχήμα 11.110. Χάρτης 500 HPA της 21-06-07/ 12UTC (ECMWF).



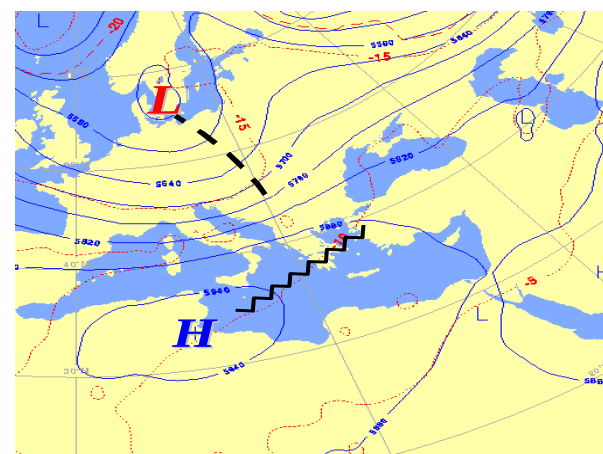
Σχήμα 11.111. Χάρτης 500 HPA της 22-06-07/ 00UTC (ECMWF).



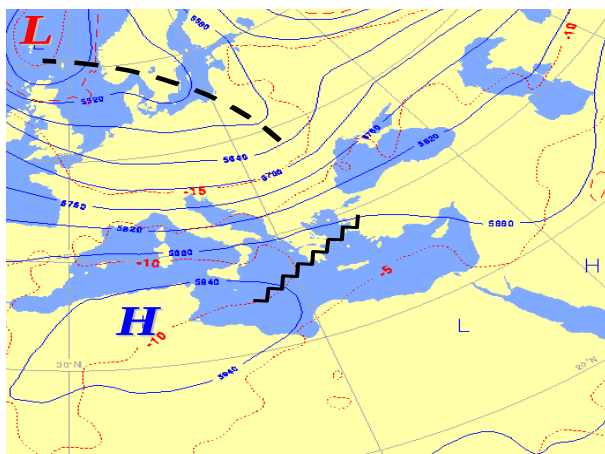
Σχήμα 11.112. Χάρτης 500 HPA της 22-06-07/ 12UTC (ECMWF).



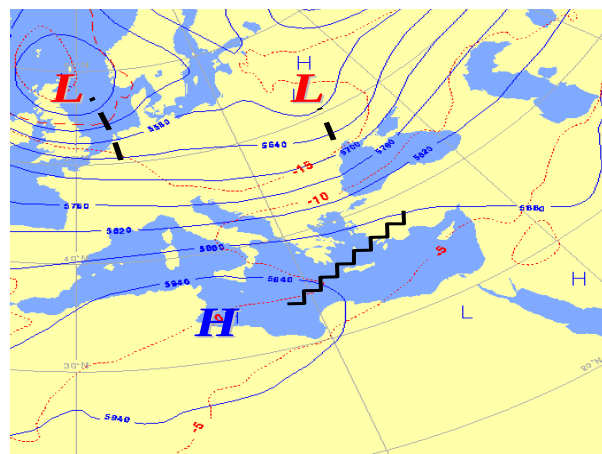
Σχήμα 11.113 Χάρτης 500 HPA της 23-06-07/ 00UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.114. Χάρτης 500 HPA της 23-06-07/ 12UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.115. Χάρτης 500 HPA της 24-06-07/ 00UTC (ECMWF).

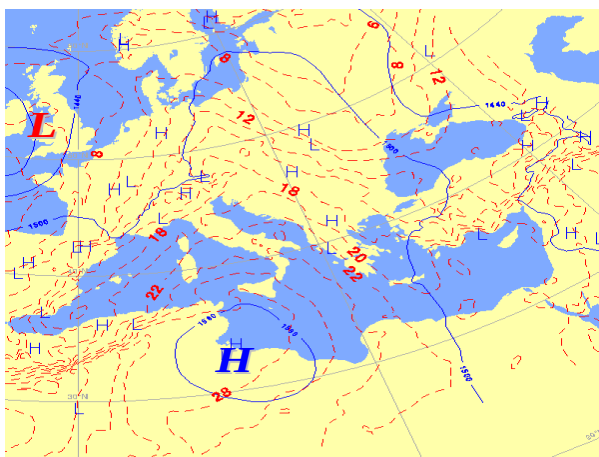


Σχήμα 11.116. Χάρτης 500 HPA της 24-06-07/ 12UTC (ECMWF).

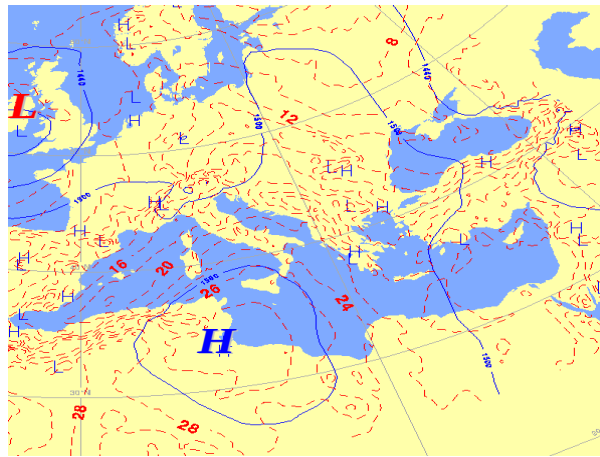
Στις 21/06/07, 00UTC, στην ανώτερη ατμόσφαιρα – στάθμη 500hPa (σχήμα 11.109), στη λεκάνη της Μεσογείου κυριαρχεί αντικυκλώνας, με κέντρο τις βόρειες ακτές της Λιβύης. Στο βόρειο τμήμα του, το υποτροπικό ridge εκτείνεται μέχρι την κεντρική Ευρώπη. Η αντικυκλωνική κυκλοφορία αποκόπτεται στα ανατολικά από trough, η οποία καλύπτει την ανατολική Μεσόγειο, από την Αίγυπτο μέχρι τις νοτιοανατολικές ακτές της Τουρκίας. Η βορειοδυτική Ευρώπη καλύπτεται από χαμηλό, με κέντρο τα Βρετανικά νησιά. Στις επόμενες 36 ώρες (σχήματα 11.110, 11.111, 11.112) το χαμηλό στα βορειοδυτικά κινείται νοτιοανατολικά, η διαδρομή του όμως πάνω από την ηπειρωτική Ευρώπη αποκόπτεται στην λεκάνη της Μεσογείου, από το υποτροπικό ridge. Επηρεαζόμενος από την κίνηση του χαμηλού, ο αντικυκλώνας, επεκτείνεται ανατολικότερα και στο τέλος της περιόδου καλύπτει και την ανατολική Μεσόγειο. Το κέντρο του όμως παραμένει ουσιαστικά ακίνητο. Το υποτροπικό ridge, ακολουθώντας τη μέγιστη καμπυλότητα των ισοϋψών, διέρχεται πάνω από τα Βαλκάνια και καταλήγει να εκτείνεται μέχρι τη Μαύρη Θάλασσα. Η εξέλιξη του συστήματος (σχήματα 11.113, 11.114, 11.115, 11.116) χαρακτηρίζεται από τον επίμονο αντικυκλώνα στη Μεσόγειο και το υποτροπικό ridge πάνω από την Ελλάδα και το Αιγαίο να εμποδίζουν την κίνηση του χαμηλού από βόρεια στα μέσα γεωγραφικά πλάτη. Στο τέλος της περιόδου η κυκλοφορία πάνω από τη Μεσόγειο, τα Βαλκάνια και την Ιταλία καταλήγει σχεδόν ζωνική.

Οι ισόθερμες στα 850hPa (σχήμα 11.117) στις βορειοδυτικές ακτές της Αφρικής είναι διατεταγμένες με διεύθυνση από τα δυτικά προς τα ανατολικά και πολύ συνεσφιγμένες, πράγμα που μαρτυρεί ότι η περιοχή αυτή σύσφιξης των ισοθέρμων διαχωρίζει δύο μάζες, εκ των οποίων η μία είναι βόρεια αυτής και η άλλη νότια, με έντονη θερμική αντίθεση. Η ροή στα 850hPa βόρεια στην περιοχή της σύσφιξης είναι ασθενής νοτιοδυτική (θερμή μάζα κινείται βορειότερα) δημιουργώντας μια θερμή εισβολή στα νότια τμήματα της κεντρικής Μεσογείου. Στις επόμενες 48 ώρες (σχήματα 11.114, 11.115, 11.116, 11.117) η σύσφιξη των ισοθέρμων γίνεται εντονότερη και καλύπτει όλη τη δυτική Μεσόγειο. Η θερμή εισβολή επεκτείνεται ανατολικότερα και στο τέλος της περιόδου η ισόθερμος των $+22^{\circ}\text{C}$, διέρχεται νότια της Κρήτης και εκτείνεται ανατολικά, μέχρι την Κύπρο, ενώ η $+24^{\circ}\text{C}$, διέρχεται από την ανατολική Πελοπόννησο, τη Στερεά και φτάνει μέχρι τη δυτική Μακεδονία. Η ροή εξακολουθεί να είναι

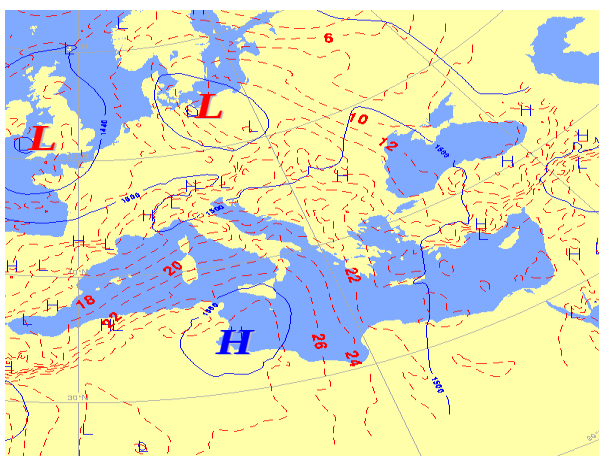
νοτιοδυτική και να τροφοδοτεί εκ νέου την εισβολή με θερμή και υγρή πλέον (αφού διέρχεται πάνω από τη Μεσόγειο) μάζα. Έτσι το επόμενο 24ωρο, η ισόθερμος των 26°C περικλείει όλη την Πελοπόννησο, την ανατολική Στερεά το κεντρικό και νοτιοδυτικό Αιγαίο και την κεντρική και δυτική Κρήτη. Εδώ βρίσκεται το ζενίθ της θερμής εισβολής. Η ροή έχει μετατραπεί σε βορειοδυτική (σχήμα 11.124) αποκόπτοντας την προηγούμενη κίνηση των θερμών και υγρών αερίων μαζών. Η σύσφιξη μεταφέρθηκε πάνω από την ηπειρωτική Ελλάδα και μια μικρή ψυχρή εισβολή δημιουργείται στο Ιόνιο. Στα νότια θαλάσσια τμήματα όμως και την Κρήτη, η ψυχρή εισβολή δεν έχει φτάσει και η θερμοκρασία στη στάθμη αυτή δεν παρουσιάζει αισθητή μεταβολή.



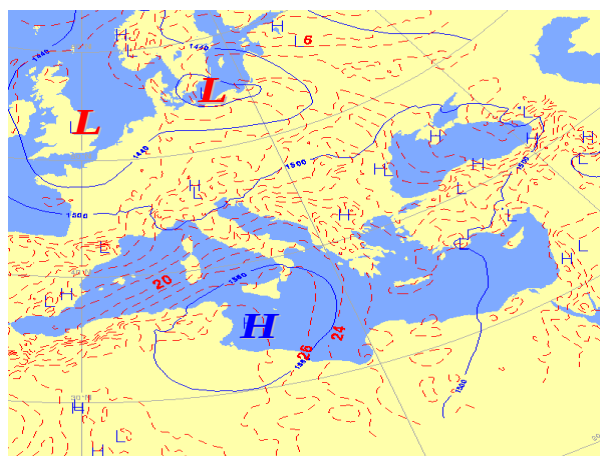
Σχήμα 11.117. Χάρτης 850 HPA 21-06-07/ 00UTC (ECMWF).



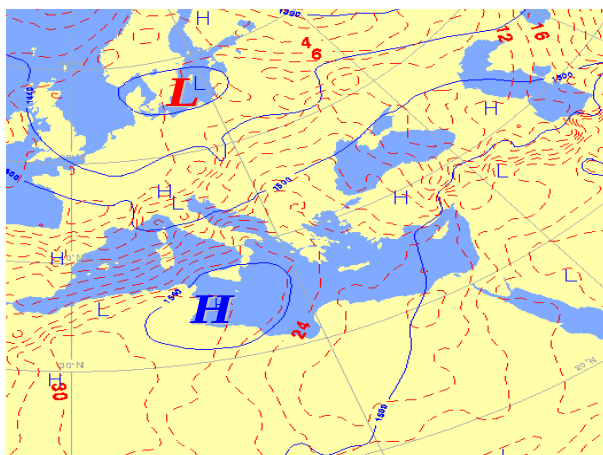
Σχήμα 11.118. Χάρτης 850 HPA της 21-06-07/ 12UTC (ECMWF).



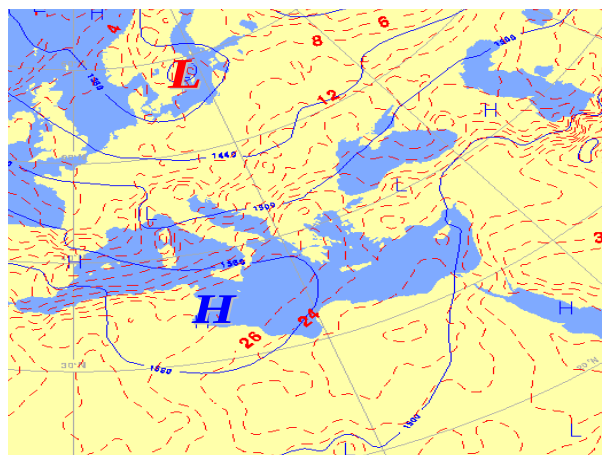
Σχήμα 11.119. Χάρτης 850 HPA 22-06-07/ 00UTC (ECMWF).



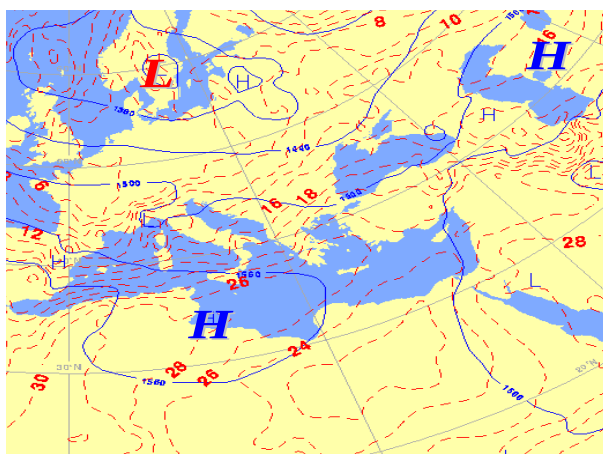
Σχήμα 11.120. Χάρτης 850 HPA της 22-06-07/ 12UTC (ECMWF).



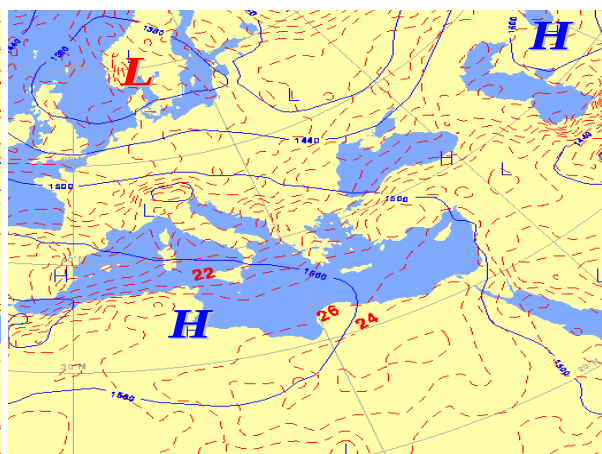
Σχήμα 11.121. Χάρτης 850 HPA 23-06-07/ 00UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.122. Χάρτης 850 HPA της 23-06-07/ 12UTC (ECMWF).

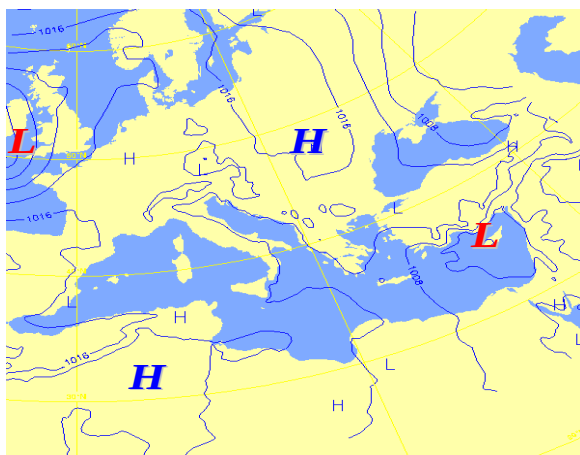


Σχήμα 11.123. Χάρτης 850 HPA 24-06-07/ 00UTC (ECMWF).

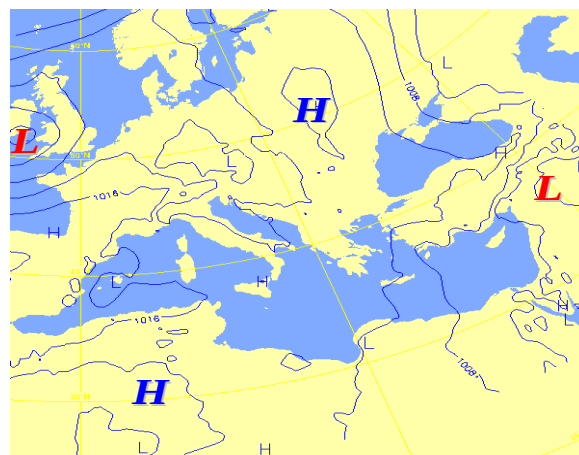


Σχήμα 11.124. Χάρτης 850 HPA της 24-06-07/ 12UTC (ECMWF).

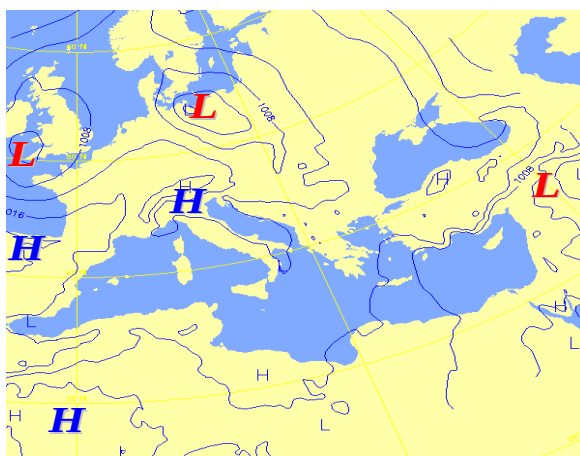
Στην επιφάνεια (σχήμα 11.125) η ανατολική Μεσόγειος καλύπτεται από λεκάνη χαμηλών πιέσεων, με κέντρο την Κύπρο και το μεγαλύτερο μέρος της Ευρώπης από υψηλές πιέσεις, με εξαίρεση τα βορειοδυτικά τμήματα. Το πεδίο πάνω από το Αιγαίο και την Κρήτη είναι ασθενές βορειοανατολικό. Στις επόμενες 36 ώρες (σχήματα 11.126, 11.127, 11.128), το χαμηλό στα βορειοδυτικά κινείται ανατολικότερα και εμφανίζει δευτερεύον κέντρο. Η επέκταση όμως του αντικυκλώνα των Αζορών ανατολικότερα εμποδίζει την κίνηση του χαμηλού προς τα μέσα γεωγραφικά πλάτη. Το ρεύμα στην επιφάνεια εξακολουθεί να είναι πολύ ασθενές βορειοανατολικό, το οποίο συνεπάγεται ασθενείς ανέμους σε όλη τη χώρα. Στις επόμενες 48 ώρες (σχήματα 11.129, 11.130, 11.131, 11.132) το πρωτεύον κέντρο του χαμηλού πέρασε στη Ρωσία και το δευτερεύον, ευρισκόμενο στη Σκανδιναβία, βαθαίνει. Η επέκταση του αντικυκλώνα των Αζορών, αφού ισχυροποιήθηκε στην κεντρική Ευρώπη, αρχίζει να υποχωρεί και στο τέλος της περιόδου παρουσιάζεται πολύ εξασθενημένη. Το χαμηλό στην ανατολική Μεσόγειο αντιθέτως, βαθαίνει. Το ρεύμα στρέφεται σε βορειοδυτικό και αρχίζει να ενισχύεται.



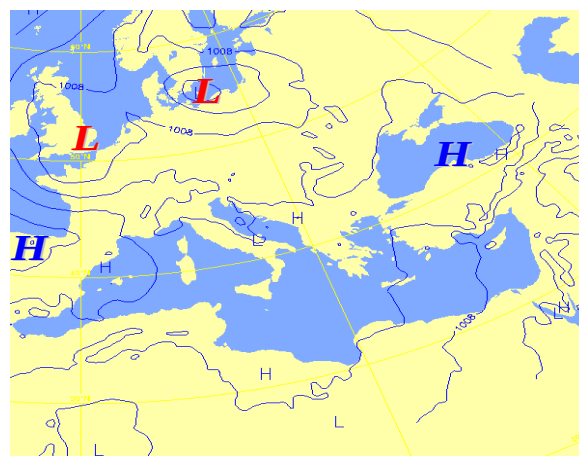
Σχήμα 11.125. Χάρτης Επιφανείας της 21-06-07/00UTC (ECMWF).



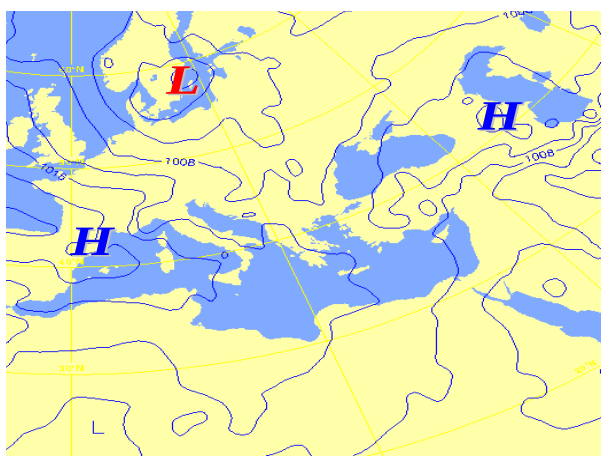
Σχήμα 11.126. Χάρτης Επιφανείας της 21-06-07/12UTC (ECMWF).



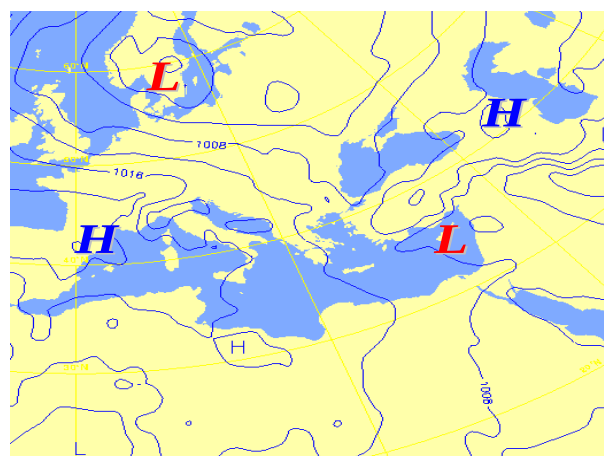
Σχήμα 11.127. Χάρτης Επιφανείας της 22-06-07/00UTC (ECMWF).



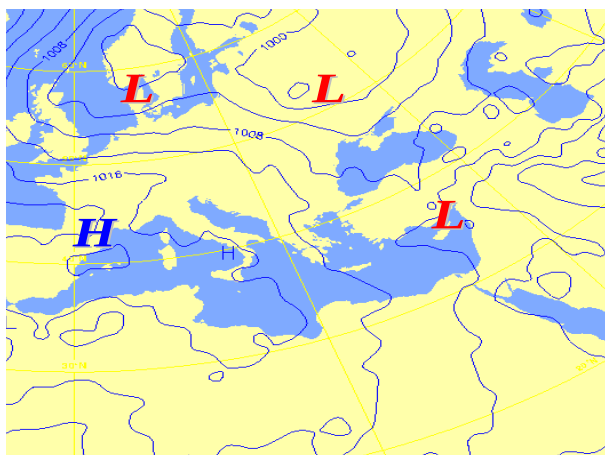
Σχήμα 11.128. Χάρτης Επιφανείας της 22-06-07/12UTC (ECMWF).



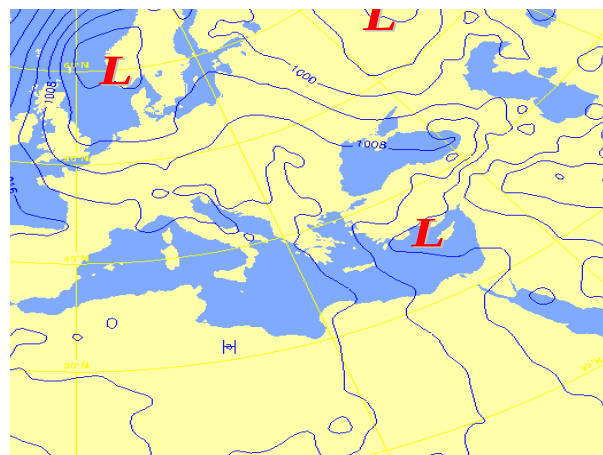
Σχήμα 11.129. Χάρτης Επιφανείας της 23-06-07/00UTC (ECMWF).



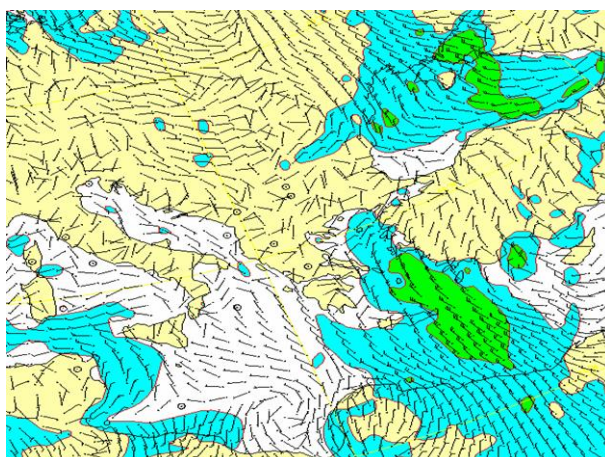
Σχήμα 11.130 Χάρτης Επιφανείας της 23-06-07/12UTC (ECMWF).



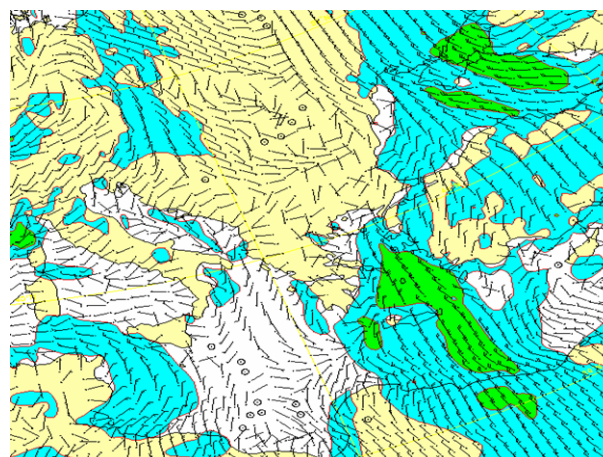
Σχήμα 11.131. Χάρτης Επιφανείας της 24-06-07/ 00UTC (ECMWF).



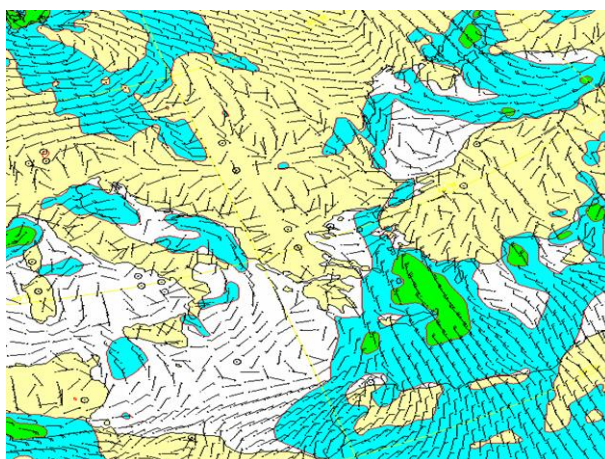
Σχήμα 11.132. Χάρτης Επιφανείας της 24-06-07/ 12UTC (ECMWF).



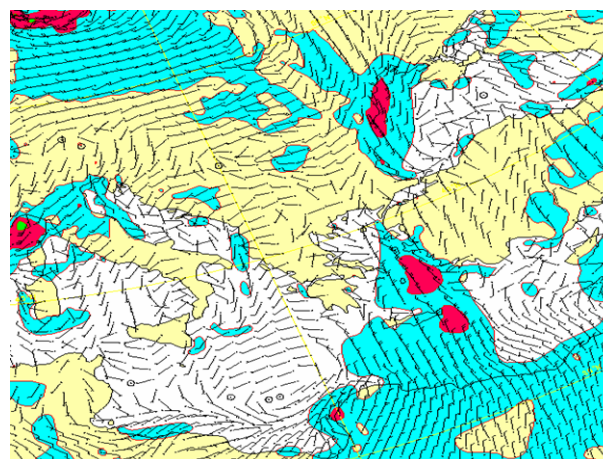
Σχήμα 11.133. Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 21-06-07/ 00UTC (ECMWF).



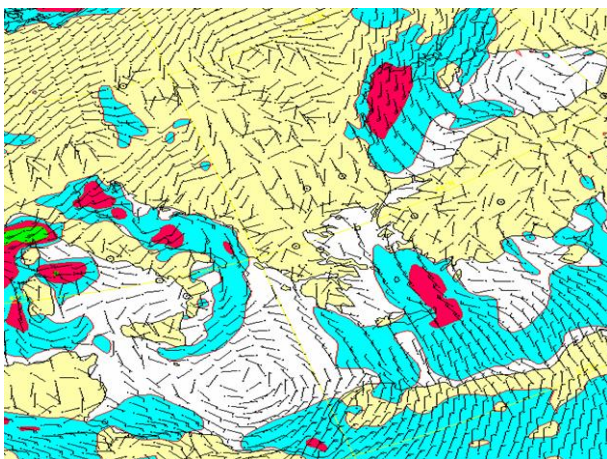
Σχήμα 11.134. Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 21-06-07/ 12UTC (ECMWF).



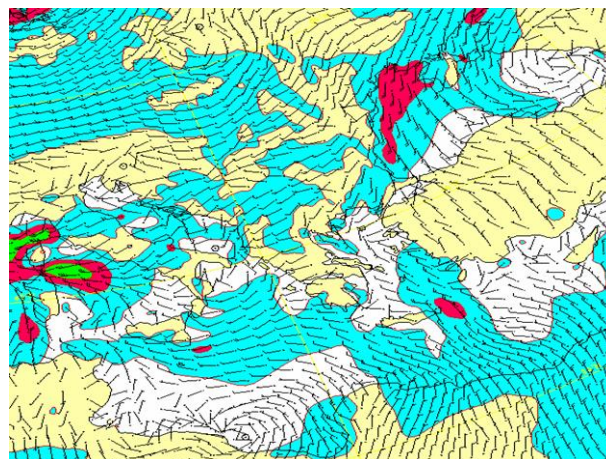
Σχήμα 11.135. Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 22-06-07/ 00UTC (ECMWF).



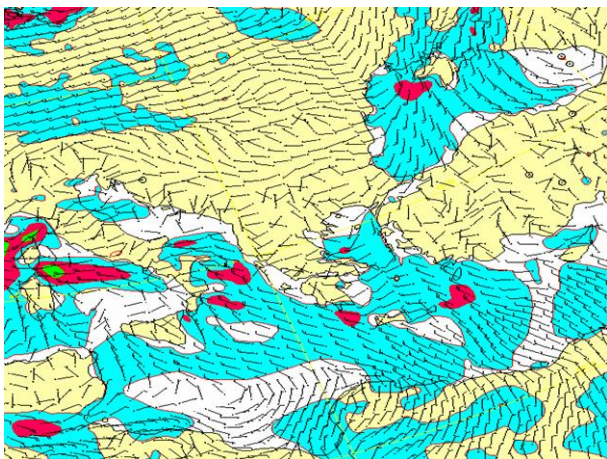
Σχήμα 11.136. Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 22-06-07/ 12UTC (ECMWF).



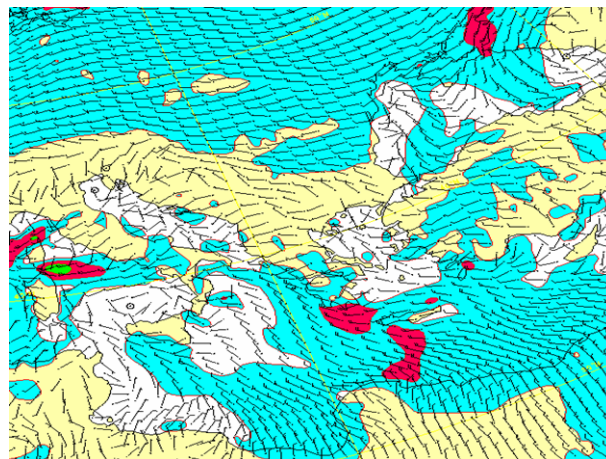
Σχήμα 11.137. Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 23-06-07/ 00UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.138. Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 23-06-07/ 12UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.139. Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 24-06-07/ 00UTC (ECMWF).



Σχήμα 11.140. Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 24-06-07/ 12UTC (ECMWF).

Οι προγνωστικοί χάρτες ανέμου επαληθεύουν το ασθενές πεδίο της επιφάνειας. Έτσι στις 21/06/07 και 22/06/07 (σχήματα 11.133, 11.134, 11.135, 11.136) ο άνεμος στη δυτική Κρήτη παρουσιάζεται ασθενής και με μικρή ενίσχυση τις μεσημεριανές ώρες, χωρίς όμως η μέγιστη ριπή να ξεπερνά τους 10Kts. Στις 23/06/07 (σχήματα 11.137, 11.138) επικρατούν άπνοιες όλη τη διάρκεια της ημέρας. Με μικρή ενίσχυση παρουσιάζεται ο άνεμος στις 24/06/07 τις θερμές ώρες της ημέρας (σχήμα 11.140)

Σύμφωνα με την παραπάνω ανάλυση της συνοπτικής κατάστασης, στην περιοχή της δυτικής Κρήτης ο καιρός θα χαρακτηρίζεται από πολύ υψηλές θερμοκρασίες και άπνοιες. Έτσι :

- Στις 21/06/07 και 22/06/07 ο καιρός θα είναι αίθριος. Άνεμοι ασθενείς μεταβλητών διευθύνσεων, με μικρή ενίσχυση τις θερμές ώρες της ημέρας (λόγω εμφάνισης της θαλάσσιας αύρας) και διεύθυνση από τη θάλασσα προς την ξηρά. Η θερμοκρασία θα κυμαίνεται από 25°C έως 35°C (η ισόθερμος των 20°C διέρχεται από τη δυτική Κρήτη).
- Στις 23/06/07 και 24/06/07 ο καιρός θα είναι αίθριος. Άνεμοι ασθενείς, με μικρή ενίσχυση τις θερμές ώρες της ημέρας. Η θερμοκρασία θα κυμαίνεται στις 23/06 από 25°C έως 38°C (η ισόθερμος των

24^οC διέρχεται από τη δυτική Κρήτη), ενώ στις 24/06 από 28^οC έως 42^οC (η ισόθερμος των 27^οC διέρχεται από τη δυτική Κρήτη).

Η επαλήθευση της παραπάνω πρόγνωσης μπορεί να γίνει εύκολα με τον Πίνακα 11.6. Οι τιμές του πίνακα αντιπροσωπεύουν τις πραγματικές τιμές ανέμου και θερμοκρασίας που επικρατούσαν στον Μετεωρολογικό Σταθμό της Σούδας στις 20, 21, 22,23 και 24 Ιουνίου 2007. Στην πρώτη στήλη του πίνακα αναφέρονται οι ώρες στις οποίες πραγματοποιήθηκαν οι μετρήσεις. Στη στήλη «ΑΝΕΜΟΣ» παρουσιάζεται η διεύθυνση και η ένταση του ανέμου που επικρατούσε στην περιοχή (τα πρώτα τρία ψηφία του πενταψηφίου αριθμού αντιστοιχούν στην διεύθυνση του ανέμου και τα επόμενα δύο στην ένταση αυτού, μετρούμενη σε κόμβους – Knots). Στη στήλη «ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ» παρουσιάζεται η θερμοκρασία επιφανείας για τις αντίστοιχες ώρες των παρατηρήσεων.

Έτσι, στις 20/06/07, η θερμοκρασία κυμάνθηκε από τους 23^οC έως τους 34^οC, ενώ άπνοιες επικρατούσαν καθ' όλη σχεδόν τη διάρκεια του 24ώρου. Μικρή ενίσχυση παρουσίασε ο άνεμος το μεσημέρι, η μέγιστη ριπή του όμως δεν ξεπέρασε τους 10Kts.

Στις 21/06/07 η θερμοκρασία κυμάνθηκε από τους 23^οC έως τους 32^οC. Σημαντική ενίσχυση παρουσίασε ο άνεμος τις μεσημεριανές ώρες, με μέγιστη ριπή τους 18Kts από βορειοανατολική διεύθυνση (δηλαδή από τον κόλπο της Σούδας – θαλάσσια επιφάνεια, προς το αεροδρόμιο – ξηρά). Η ενίσχυση αυτή του ανέμου περιόρισε την αύξηση της θερμοκρασίας μόνο μέχρι τους 32^οC.

Στις 22/06/07 η ημερήσια μεταβολή της θερμοκρασίας ήταν 24^οC έως τους 34^οC. Οι άνεμοι ήταν ασθενείς, μέχρι 11Kts.

Στις 23/06/07 η ελάχιστη ημερήσια θερμοκρασία ήταν 23^οC και η μέγιστη 36^οC. Οι άνεμοι είναι ασθενής όλη τη διάρκεια της ημέρας και η έντασή τους δεν ξεπερνά τους 8Kts.

Τέλος στις 24/06/07 η μέγιστη θερμοκρασία έφτασε του 42^οC ενώ η ελάχιστη δεν έπεσε κάτω από 27^οC. Και αυτή η ημέρα χαρακτηρίζεται από άπνοιες όσον αφορά το πεδίο των ανέμων.

Εύκολα παρατηρεί κανείς ότι σε αυτή την περίπτωση τα προγνωστικά στοιχεία προσεγγίζουν ικανοποιητικά της πραγματικότητας. Οι ασθενείς άνεμοι της πρόγνωσης επαληθεύτηκαν, εκτός από τις ριπές στις 21/06 οι οποίες μάλλον οφείλονται σε διαταραχή μικρής κλίμακας την οποία δεν ήταν δυνατό να εντοπίσει το αριθμητικό μοντέλο (διακριτικής ικανότητας 50Km). Οι θερμοκρασιακές μεταβολές, οι οποίες υπολογίστηκαν σύμφωνα με τον εμπειρικό κανόνα που αναφέρεται στο 8^ο Κεφάλαιο, ακολούθησαν ικανοποιητικά τις πραγματικές, με μικρές μόνο αποκλίσεις.

Πίνακας 11.6. Περιγραφή πραγματικής καιρικής κατάστασης στον Μ.Σ. Σούδας 20 έως 24 Ιουν 07.

20-06-07			21-06-07		22-06-07		23-06-07		24-06-07	
ΩΡΑ (Ζ)	ΑΝΕΜΟΣ (Kts)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΝΕΜΟΣ (Kts)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΝΕΜΟΣ (Kts)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΝΕΜΟΣ (Kts)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)	ΑΝΕΜΟΣ (Kts)	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ (°C)
0050	00000	24	27005	24	28004	24	00000	24	00000	27
0150	00000	24	00000	23	00000	24	00000	24	00000	28
0250	00000	24	00000	23	00000	24	00000	23	00000	28
0350	00000	24	00000	23	00000	24	00000	25	00000	27
0450	00000	27	00000	26	00000	25	00000	28	00000	29
0550	00000	30	25004	28	00000	28	10004	31	00000	31
0650	00000	30	06006	30	09004	30	09004	33	35010	32
0750	00000	31	05010	31	13004	31	13004	34	30005	37
0850	06005	32	05014	32	11006	32	06005	35	23012	39
0950	06010	33	06018	32	06008	33	11007	35	32011	41
1050	06005	34	05010	32	12010	34	12007	35	33006	41
1150	06010	34	03010	32	12010	34	11008	36	04004	42
1250	07005	34	32008	31	13010	34	20007	36	04004	42
1350	06010	34	33004	32	29011	35	13008	36	10004	42
1450	07010	34	05006	32	33008	34	32008	34	00000	41
1550	05006	33	04004	32	29003	32	32008	34	31005	39
1650	00000	32	00000	31	00000	30	00000	31	31005	37
1750	00000	31	00000	31	00000	28	00000	30	00000	34
1850	00000	28	00000	30	00000	27	00000	29	00000	31
1950	00000	27	00000	28	00000	25	00000	28	00000	30
2050	00000	27	00000	27	00000	25	00000	29	14010	30
2150	00000	27	00000	25	00000	25	00000	28	16004	28
2250	00000	26	00000	25	00000	25	00000	28	16004	28
2350	00000	23	00000	24	00000	24	00000	28	13004	28

12^ο ΚΕΦΑΛΑΙΟ

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ - ΠΡΟΤΑΣΕΙΣ

Οι διεργασίες που λαμβάνουν χώρα στην ατμόσφαιρα της γης είναι περίπλοκες και πολυάριθμες. Ο άνθρωπος ανέκαθεν έκανε προσπάθειες προκειμένου να κατανοήσει τους νόμους που διέπουν τους μηχανισμούς αυτής. Έτσι αρχικά επινόησε κάποιες πρωτόγονες μεθόδους για την πρόβλεψη μερικών περιοδικών φυσικών φαινομένων και αργότερα κατέληξε στις βασικές αρχές και στην επιστήμη της Μετεωρολογίας.

Στις μέρες μας οι φυσικοί νόμοι περιγράφονται χρησιμοποιώντας πολύπλοκες μαθηματικές εξισώσεις, οι οποίες όχι μόνο συσχετίζουν διάφορες μετεωρολογικές παραμέτρους μεταξύ τους, αλλά επιπλέον υπολογίζουν και τους ρυθμούς μεταβολής αυτών. Οι εξισώσεις αυτές αποτελούν το βασικότερο εργαλείο για την περιγραφή των κινήσεων της ατμόσφαιρας και η λύση τους είναι μοναδική, αν οι αρχικές τιμές όλων των μεγεθών που αποτελούν το σύστημα είναι γνωστές με ακρίβεια. Αν δηλαδή υποθεθεί ότι η Γη και η ατμόσφαιρα αποτελούν ένα κλειστό κλασικό ντετερμινιστικό σύστημα, χωρίς εξωτερικές επιδράσεις, τότε μπορεί να διατυπωθεί η άποψη ότι αυτή ακολουθεί μια μοναδική και θεωρητικά προβλέψιμη πορεία.

Η παραπάνω θέση αποτελεί τη θεωρητική προσέγγιση του προβλήματος της αριθμητικής πρόγνωσης του καιρού. Όμως κατά τη μετάβαση του προβλήματος από τη θεωρία στην πράξη, παρουσιάζονται δύο σοβαρά επιστημονικά ζητήματα. Το πρώτο αφορά την αδυναμία ακριβούς επίλυσης των προαναφερθέντων συστημάτων και το δεύτερο σχετίζεται με την αδυναμία καταγραφής των άπειρων ψηφίων, των άρρητων αριθμών, που περιγράφουν τα συστατικά της ατμόσφαιρας.

Στις περιπτώσεις έντονων καιρικών φαινομένων που αναλύθηκαν, στα πλαίσια αυτής της εργασίας, οι δύο παραπάνω σημαντικοί παράγοντες προκαλούν απόκλιση από την πραγματική εξέλιξη των συστημάτων, η οποία άλλες φορές είναι περισσότερο και άλλες λιγότερο σημαντική. Αρκετές διαφοροποιήσεις των προγνωστικών από τα πραγματικά δεδομένα οφείλονται και στο γεγονός ότι η επίλυση των εξισώσεων γίνεται σε διακριτά σημεία του χώρου, και με συγκεκριμένα χρονικά βήματα. Έτσι διαταραχές πολύ μικρής κλίμακας δεν γίνονται αντιληπτές από το μοντέλο.

Το πρόβλημα αυτό θα αντιμετωπιστεί μόνο με την αύξηση της χωρικής ανάλυσης των μοντέλων και τη μείωση του χρονικού βήματος που αυτά χρησιμοποιούν. Τα οφέλη από μια τέτοια πρόοδο είναι πολλαπλά και περιλαμβάνουν:

- καλύτερη αναπαράσταση της ορογραφίας και της κατανομής ξηράς – θάλασσας,
- καλύτερη περιγραφή των συνοπτικών και υπο-συνοπτικών κυκλοφοριών,
- βελτιωμένη αφομοίωση των παρατηρήσεων,
- βελτίωση της ποιότητας των προγνώσεων των διαφόρων μετεωρολογικών παραμέτρων
- μεγαλύτερο δυναμικό πρόγνωσης έντονων φαινομένων.

Τα πολυεπεξεργαστικά συστήματα, τα οποία αποτελούν πλέον πραγματικότητα, έρχονται για να δώσουν λύση στο παραπάνω πρόβλημα. Η ιδέα της παράλληλης επεξεργασίας είναι σχετικά απλή και περιλαμβάνει τη χρήση περισσότερων του ενός επεξεργαστών για τη λύση ενός μοναδικού προβλήματος. Κατά τον ίδιο τρόπο που δέκα για παράδειγμα εργάτες βάφουν ένα σπίτι πολύ

γρηγορότερα απ' ότι ένας, έτσι 2, 16, ή 64 επεξεργαστές μπορούν να λύσουν ένα πρόβλημα πολύ γρηγορότερα απ' ότι ένας. Στην πράξη βέβαια τα πράγματα απέχουν πολύ από το υπεραπλουστευμένο παράδειγμα.

Προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη απόδοση της μηχανής, θα πρέπει η κατανομή του φόρτου εργασίας στους επεξεργαστές να είναι ομοιόμορφη, κατά τη διάρκεια της εκτέλεσης του κώδικα. Όπως όλοι οι εργάτες θα πρέπει να εργάζονται το ίδιο και μάλιστα στο μέγιστο των δυνατοτήτων τους, έτσι και όλοι οι επεξεργαστές θα πρέπει να χρησιμοποιούνται στο μέγιστο της υπολογιστικής τους ισχύος συνεχώς.

Ωστόσο η αυτόματη κατανομή του φόρτου εργασίας από το ίδιο το υπολογιστικό σύστημα στους επεξεργαστές δεν είναι η πιο αποδοτική. Σε αυτή την περίπτωση οι επεξεργαστές απασχολούνται ανομοιόμορφα και κατά συνέπεια το αποτέλεσμα δεν είναι καθόλου ικανοποιητικό. Προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η απόδοση του συστήματος απαιτείται η παρέμβαση ειδικών προγραμματιστών στο σειριακό κώδικα του μοντέλου και η μετατροπή του σε παράλληλο χρησιμοποιώντας ειδικές βιβλιοθήκες παράλληλου προγραμματισμού (MPI, PVM κτλ). Στο πρόγραμμα «ΣΚΙΡΩΝ» το παραπάνω έργο υλοποιήθηκε από το τμήμα πληροφορικής του πανεπιστημίου Αθηνών. Τα αποτελέσματα κρίνονται ιδιαιτέρως ικανοποιητικά (Ενώ ο σειριακός κώδικας απαιτεί 18 ώρες και 36 λεπτά ο παράλληλος κώδικας απαιτεί μόνο 2 ώρες και 47 λεπτά για την εκτέλεση του).

Σε διεθνές επίπεδο η μέθοδος που εφαρμόζεται για την παραλληλοποίηση μετεωρολογικών μοντέλων είναι η domain decomposition. Σύμφωνα με τη μέθοδο αυτή η περιοχή εκτέλεσης του μοντέλου διαχωρίζεται σε υποτομείς. Ο κάθε υποτομέας αντιστοιχεί σε μια μικρότερη γεωγραφικά περιοχή και ο κάθε επεξεργαστής αναλαμβάνει την ολοκλήρωση των διαφορικών εξισώσεων σε ένα από τους παραπάνω υποτομείς. Αυτό που επιτυγχάνεται τελικά με τη μέθοδο αυτή, είναι η διάσπαση του αρχικού προβλήματος σε ένα αριθμό όμοιων υποπροβλημάτων. Στη συνέχεια ο κάθε επεξεργαστής ασχολείται αποκλειστικά με την επίλυση του δικού του υποπροβλήματος συγχρόνως με τους υπόλοιπους. Για να εξασφαλιστεί η μαθηματική συνέπεια κατά την επίλυση των διαφορικών εξισώσεων στα άκρα του κάθε υποτομέα, ο κάθε επεξεργαστής ανταλλάσσει πληροφορίες με όλους τους γειτονικούς του στα όρια.

Έτσι η ατμόσφαιρα προσομοιώνεται συνεχώς με πιο ρεαλιστικό τρόπο αφού οι αριθμητικές μέθοδοι διαρκώς βελτιώνονται, το πλέγμα των σημείων γίνεται ολοένα και πιο πυκνό, τα υπό μελέτη στρώματα της ατμόσφαιρας αυξάνονται, εισάγονται λεπτομερείς πληροφορίες ορογραφίας, βλάστησης και τύπου εδάφους. Με τον τρόπο αυτό τα αποτελέσματα που λαμβάνονται είναι συνεχώς πιο αξιόπιστα και πιο αναλυτικά και η πρόγνωση του καιρού βελτιώνεται σε τοπικό επίπεδο υποστηρίζοντας αποτελεσματικότερα τις κοινωνικές δραστηριότητες και τους περισσότερους κλάδους της εθνικής οικονομίας (αθλητισμό, γεωργία, μεταφορές -θαλάσσιες, εναέριες, χερσαίες-, τουρισμό, Δημόσια έργα). Βέβαια θα πρέπει να τονιστεί ότι με τα μοντέλα καιρού η επιστήμη απλά προσπαθεί να προσεγγίσει ένα πολύ σύνθετο πρόβλημα όσο καλύτερα μπορεί. Σε καμία περίπτωση όμως δεν το αντιμετωπίζει ιδανικά.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι: ΑΤΛΑΣ ΝΕΦΩΝ

Cumulus



Alto cumulus



Cirrus



Stratocumulus



Alto cumulus



Cirrus



Stratus



Altostratus



Cirrostratus



Cumulus Congestus



Nimbostratus



Cirro cumulus



ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ: ΤΑ ΠΕΔΙΑ ΠΟΥ ΔΙΑΤΙΘΕΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ

Στον παρακάτω πίνακα εμφανίζονται τα πεδία που μπορούν να διατεθούν, από το ντετερμινιστικό μοντέλο του Ευρωπαϊκού Κέντρου Μεσοπρόθεσμων Προγνώσεων, σε οριζόντιες τομές καθώς και οι κωδικοί και οι μονάδες μέτρησής τους. Μερικά από αυτά τα πεδία, όπως η φυτοκάλυψη και η τραχύτητα της επιφάνειας, παρέχονται μόνο στον χρόνο ανάλυσης. Εκτός από τα πεδία του Πίνακα Ι.1, το Ευρωπαϊκό κέντρο παρέχει τεσσάρων και πέντε ημερών μέσες τιμές του ύψους (γεωδυναμικού) στα 500 hPa, της θερμοκρασίας στα 850 hPa, της πίεσης στη μέση στάθμη της θάλασσας και της συνολικής βροχόπτωσης.

Πίνακας Ι.1 Διαθέσιμα προϊόντα του ντετερμινιστικού μοντέλου.

Κωδικός	Συντόμευση	Όνομα Πεδίου	Μονάδες
3	PT	Δυναμική Θερμοκρασία	K
27	CVL	Φυτοκάλυψη με χαμηλά φυτά ⁺	0 - 1
28	CVH	Φυτοκάλυψη με υψηλά φυτά ⁺	0 - 1
29	TVL	Τύπος χαμηλής φυτοκάλυψης ⁺	-
30	TVH	Τύπος υψηλής φυτοκάλυψης ⁺	-
31	CI	Κάλυψη από θαλάσσιο πάγο	0 - 1
32	ASN	Ανακλαστικότητα Χιονιού	0 - 1
33	RSN	Πυκνότητα χιονιού	Kg/m ³
34	SSTK	Θερμοκρασία στην επιφάνεια της θάλασσας	K
35	ISTL1	Ice surface temperature level 1	K
36	ISTL2	Ice surface temperature level 2	K
37	ISTL3	Ice surface temperature level 3	K
38	ISTL4	Ice surface temperature level 4	K
39	SWVL1	Κατ' όγκο περιεκτικότητα του 1 ^{ου} υπεδάφιου στρώματος σε νερό	m ³ m ⁻³
40	SWVL2	Κατ' όγκο περιεκτικότητα του 2 ^{ου} υπεδάφιου στρώματος σε νερό	m ³ m ⁻³

⁺ : διαθέσιμο μόνο στην ανάλυση

41	SWVL3	Κατ' όγκο περιεκτικότητα του 3 ^{ου} υπεδάφιου στρώματος σε νερό	m ³ m ⁻³
42	SWVL4	Κατ' όγκο περιεκτικότητα του 4 ^{ου} υπεδάφιου στρώματος σε νερό	m ³ m ⁻³
44	ES	Εξατμιζόμενο χιόνι	m of water
45	SMLT	Λιωμένο χιόνι	m of water
49	10FG	Ριπές ανέμου στα10 μέτρα ⁺⁺	m/s
53	MONT	Montgomery Potential ⁺	m ² s ⁻²
54	PRES	Πίεση	Pa
57	UBV	Υπεριώδης ακτινοβολία στην επιφάνεια	W m ⁻²
58	PAR	Photosynthetically active radiation at the surface	W m ⁻²
59	CAPE	Διαθέσιμη δυναμική ενέργεια για ανωμεταφορά	J kg ⁻¹
60	PV	Δυναμικός στροβιλισμός	m ² s ⁻¹ Kkg ⁻¹
121	MX2T6	Μέγιστη θερμοκρασία στα 2 μ. στις προηγούμενες 6 ώρες	K
122	MN2T6	Ελάχιστη θερμοκρασία στα 2 μ. στις προηγούμενες 6 ώρες	K
123	10FG6	Ριπές ανέμου στα10 μ. στις προηγούμενες 6 ώρες	m/s
128	BV	Budget Values	-
129	Z	Γεωδυναμικό	m ² s ⁻²
130	T	Θερμοκρασία	K
130	TA	Θερμοκρασιακές ανωμαλίες στα850 hPa ^{**}	K
131	WIND	Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου	-
131	U	U-ταχύτητα	m/s
132	V	V-ταχύτητα	m/s
133	Q	Ειδική υγρασία	kg/kg
134	SP	Πίεση στην επιφάνεια	Pa
135	W	Κατακόρυφη ταχύτητα	Pa/s
136	TCW	Συνολική ποσότητα νερού στη στήλη	kg m ⁻²
137	TCWV	Συνολική ποσότητα υδρατμών στη στήλη	kg m ⁻²
138	VO	Στροβιλισμός	s ⁻¹
139	STL1	Θερμοκρασία του1 ^{ου} υπεδάφιου στρώματος	K

⁺⁺ : διαθέσιμο μόνο προγνωστικά

⁺ : διαθέσιμο μόνο στην ανάλυση

^{**} : δηλώνει φασματικά φιλτράρισμένο πεδίο

139	ST	Θερμοκρασία στην επιφάνεια	K
141	SD	Ύψος χιονιού	m
142	LSP	Μεγάλης Κλίμακας υετός*	m
143	CP	Υετός λόγω ανωμεταφοράς*	m
144	SF	Χιονόπτωση*	m
145	BLD	Μείωση της ενέργειας στο οριακό στρώμα	$W\ m^{-2}\ s$
146	SSHf	Επιφανειακή ροή αισθητής θερμότητας ⁺⁺	$W\ m^{-2}\ s$
147	SLHF	Επιφανειακή ροή λανθάνουσας θερμότητας ⁺⁺	$W\ m^{-2}\ s$
148	CHNK	Charnock	-
151	MSL	Πίεση στη μέση στάθμη της θάλασσας	Pa
152	LNsp	Λογάριθμος επιφανειακής πίεσης	-
155	D	Απόκλιση	s^{-1}
156	GH	Γεωδυναμικό ύψος	m
156	THK	Πυκνότητα του στρώματος 1000/500 hPa ^{**}	m
156	THKA	Ανωμαλία της πυκνότητας του στρώματος 1000/500 hPa ^{**}	m
157	R	Σχετική υγρασία	-
159	BLH	Ύψος του οριακού στρώματος	m
160	SDOR	Τυπική απόκλιση της ορογραφίας ⁺	-
161	ISOR	Anisotrophy Subgrid Orography ⁺	-
162	ANOR	Angle of Subgrid Orography ⁺	rad
163	SLOR	Slope of Subgrid Orography	-
164	TCC	Συνολική νεφοκάλυψη	(0 - 1)
165	10WN	Ταχύτητα και διεύθυνση ανέμου στα 10 μ.	-
165	10U	U στα 10 μ.	m/s
166	10V	V στα 10 μ.	m/s
167	2T	Θερμοκρασία στα 2 μ.	K
168	2D	Θερμοκρασία σημείου δρόσου στα 2 μ.	K
169	SSRD	Surface solar radiat. downwards ⁺⁺	$W\ m^{-2}\ s$
170	STL2	Θερμοκρασία του 2 ^{ου} υπεδάφιου στρώματος	K
172	LSM	Μάσκα Ξηράς / Θάλασσας ⁺	(0, 1)
173	SR	Τραχύτητα επιφάνειας ⁺	m
174	AL	Ανακλαστικότητα ⁺	-

* : δηλώνει συσσώρευση από την αρχή της πρόγνωσης

⁺⁺ : διαθέσιμο μόνο προγνωστικά

^{**} : δηλώνει φασματικά φιλτραρισμένο πεδίο

⁺ : διαθέσιμο μόνο στην ανάλυση

175	STRD	Surface thermal radi. downwards ⁺⁺	$W m^{-2} s$
176	SSR	Ηλιακή ακτινοβολία στην επιφάνεια ⁺⁺	$W m^{-2} s$
177	STR	Θερμική ακτινοβολία από την επιφάνεια ⁺⁺	$W m^{-2} s$
178	TSR	Ηλιακή ακτινοβολία στο άνω άκρο της ατμόσφαιρας	$W m^{-2} s$
179	TTR	Θερμική ακτινοβολία στο άνω άκρο της ατμόσφαιρας	$W m^{-2} s$
180	EWSS	U -τάση*	$N m^{-2}$
181	NSSS	V -τάση*	$N m^{-2}$
182	E	Εξάτμιση ⁺⁺	m of water
183	STL3	Θερμοκρασία του 3 ^{ου} υπεδάφιου στρώματος	K
186	LCC	Νεφοκάλυψη από χαμηλά νέφη	(0 - 1)
187	MCC	Νεφοκάλυψη από μεσαία νέφη	(0 - 1)
188	HCC	Νεφοκάλυψη από υψηλά νέφη	(0 - 1)
189	SUND	Διάρκεια ηλιοφάνειας	s
195	LGWS	Latitude Gravity Wave Stress*	$N m^{-2} s$
196	MGWS	Meridional Gravity Wave Stress*	$N m^{-2} s$
197	GWD	Μείωση της ενέργειας των βαρυτικών κυμάτων*	$N m^{-2} s$
198	SRC	Ποσότητα νερού στην επιφάνεια	m (of water)
201	MX2T	Μέγιστη θερμοκρασία στα 2 μ. από την προηγούμενη μετεπεξεργασία αποτελεσμάτων ⁺⁺	K
202	MN2T	Ελάχιστη θερμοκρασία στα 2 μ. από την προηγούμενη μετεπεξεργασία αποτελεσμάτων ⁺⁺	K
203	O ₃	Αναλογία μίγματος όζοντος κατά μάζα	Kg / Kg
205	RO	Απορροή	
206	TCO ₃	Συνολικό Όζον στην κατακόρυφη στήλη	Kg/m
208	TSRC	Top Net Solar Radiation Clear Sky	
209	TTRU	Top Thermal Radiation Upward	
210	SSRC	Surface net solar radiation, clear sky	$W m^{-2}$
211	STRC	Surface net thermal radiation, clear sky	$W m^{-2}$
228	TP	Συνολικός υετός*	m
234	LSRH	Log Surface Roughness – Heat	-
235	SKT	Θερμοκρασία στην επιφάνεια	K

⁺⁺ : διαθέσιμο μόνο προγνωστικά

* : δηλώνει συσσώρευση από την αρχή της πρόγνωσης

236	STL4	Θερμοκρασία του 4 ^{ου} υπεδάφιου στρώματος	K
238	TSN	Θερμοκρασία του στρώματος χιονιού	K
243	FAL	Προγνωστική ανακλαστικότητα	(0 - 1)
244	FSR	Πρόγνωση επιφανειακής τραχύτητας	m
245	FLSR	Forecast Log Surf. Roughness Heat	-
246	CLWC	Περιεκτικότητα των νεφών σε νερό	Kg/Kg
247	CIWC	Περιεκτικότητα των νεφών σε πάγο	Kg/Kg
248	CC	Νεφοκάλυψη	0 - 1

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ: ΠΕΡΙΛΗΨΗ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ

ΙΑΝΟΥΑΡΙΟΣ: ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο Ιανουάριος είναι ο ψυχρότερος μήνας του έτους με μέση θερμοκρασία 10,9°C. Ο μέσος υετός του μήνα είναι μόλις 46,6mm και εμφανίζεται περίπου 17 μέρες κατά τη διάρκεια του μήνα. Χιόνι μπορεί να εμφανιστεί αλλά με σχετικά ήπιες μέσες θερμοκρασίες χιονιού που τείνουν στο μάλλον γρήγορο λιώσιμό του. Ο υετός είναι συχνά παρατεταμένος εξαιτίας των συστημάτων βαρομετρικών χαμηλών που κινούνται πάνω από την περιοχή αυτή την περίοδο του έτους.

Στατιστικά στοιχεία 1958 - 2001

Θερμοκρασίες	
Μέση Θερμοκρασία	10,9°C
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	14,3°C
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	7,8°C
Απόλυτη Μέγιστη Θερμοκρασία	26°C
Απόλυτη Ελάχιστη Θερμοκρασία	0°C

Υετός	
Αριθμός ημερών με υετό	16,12
Μέσος Μηνιαίος Υετός	46,6mm
Μέσος Αριθμός Ημερών με Καταιγίδες	1,14
Μέσος Αριθμός Ημερών με Ομίχλη	0,07

Επικρατών Άνεμος									
Ένταση (Beaufort)	Β	ΒΑ	Α	ΝΑ	Ν	ΝΔ	Δ	ΒΔ	Ποσοστό
Άπνοια	-	-	-	-	-	-	-	-	29,565%
1	0,125	0,050	0,344	0,063	0,094	0,031	0,256	0,213	1,201%
2	2,701	1,388	2,820	1,870	1,013	1,257	3,764	2,220	17,059%
3	4,065	2,626	3,233	1,332	0,757	1,088	5,859	3,277	22,236%
4	4,265	2,289	1,394	0,669	0,369	0,544	5,584	2,645	17,759%
5	2,132	0,850	0,325	0,363	0,175	0,138	2,376	0,544	6,903%
6	1,276	0,494	0,131	0,113	0,200	0,081	0,994	0,288	3,577%
7	0,507	0,081	0,025	0,056	0,019	0,069	0,419	0,150	1,326%
8	0,131	0,031	-	0,081	0,019	-	0,069	0,019	0,350%
9	-	-	-	-	-	-	0,025	-	0,025%
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>=11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	15,201	7,081	8,273	4,546	2,645	3,208	19,35	9,355	100%

ΦΕΒΡΟΥΑΡΙΟΣ: ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο καιρός παραμένει νεφελώδης και ψυχρός για παρατεταμένες χρονικές περιόδους και υετός εμφανίζεται περίπου 14 ημέρες κατά τη διάρκεια του μήνα. Καταιγίδες επηρεάζουν την περιοχή όπως και στους προηγούμενους χειμερινούς μήνες. Τα πρώτα συστήματα προέρχονται από κυκλώνες που δημιουργούνται στον κόλπο της Γένοβας και κινούνται νοτιοανατολικά, πάνω ή κοντά από την βόρεια Κρήτη. Τα επόμενα συστήματα προέρχονται από κυκλώνες που αναπτύσσονται λίγο νοτιότερα από την οροσειρά του Άτλαντα και κινούνται βορειοανατολικά κατά μήκος της Μεσογείου μέσα στην ανατολική λεκάνη. Κυκλώνες κινούμενοι με τους παραπάνω τρόπους τείνουν να φτάσουν στην εγγύτατη περιοχή της Κύπρου, προκαλώντας περιόδους με νεφελώδη καιρό πάνω από την περιοχή της Κρήτης και στην ανατολική Μεσόγειο.

Στατιστικά στοιχεία 1958 - 2001

Θερμοκρασίες	
Μέση Θερμοκρασία	11°C
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	14,7°C
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	7,7°C
Απόλυτη Μέγιστη Θερμοκρασία	30°C
Απόλυτη Ελάχιστη Θερμοκρασία	0°C

Υετός	
Αριθμός ημερών με υετό	14,33
Μέσος Μηνιαίος Υετός	102,9mm
Μέσος Αριθμός Ημερών με Καταιγίδες	2,77
Μέσος Αριθμός Ημερών με Ομίχλη	0,16

Επικρατών Άνεμος									
Ένταση (Beaufort)	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	ΒΔ	Ποσοστό
Άπνοια	-	-	-	-	-	-	-	-	27,165%
1	0,409	0,107	0,248	0,188	0,121	0,054	0,080	0,080	1,287%
2	2,655	1,676	2,809	1,374	1,482	0,831	3,553	2,326	16,787%
3	3,996	2,507	4,445	1,408	0,737	0,644	5,296	3,627	22,660%
4	4,271	1,891	1,703	0,630	0,818	0,429	4,874	3,298	17,914%
5	2,527	0,825	0,402	0,543	0,503	0,241	2,729	1,079	8,850%
6	1,193	0,215	0,101	0,161	0,161	0,107	1,274	0,355	3,576%
7	0,288	0,074	0,067	0,074	0,047	0,040	0,409	0,101	1,099%
8	0,181	0,080	-	0,034	0,020	0,027	0,127	0,067	0,536%
9	0,040	0,007	-	0,007	0,020	-	-	0,007	0,080%
10	-	-	-	0,027	-	-	-	-	0,027%
>=11	0,027	-	-	-	-	-	-	-	0,027%
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	15,59	7,381	9,775	4,445	3,909	2,373	18,34	10,94	100%

ΜΑΡΤΙΟΣ: ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στην Κρήτη το Μάρτη ξεκινάει η μετάβαση στην άνοιξη. Η μετάβαση αυτή χαρακτηρίζεται περισσότερο από μείωση στα επίπεδα της βροχής και τον νεφελώδη καιρό παρά από μεταβολή στη θερμοκρασία. Η θερμοκρασία της θάλασσας, που περιβάλλει την Κρήτη, παίρνει την χαμηλότερη τιμή της το μήνα αυτό, με μια μέση θερμοκρασία 15°C. Η συχνότητα εμφάνισης χαμηλών βαρομετρικών συστημάτων, τα οποία κινούνται στην Ανατολική Μεσόγειο, μειώνεται αφού τα συστήματα κινούνται πλέον σε μεγαλύτερα γεωγραφικά πλάτη.

Στατιστικά στοιχεία 1958 - 2001

Θερμοκρασίες	
Μέση Θερμοκρασία	12.6°C
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	16.5°C
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	8.7°C
Απόλυτη Μέγιστη Θερμοκρασία	33.4°C
Απόλυτη Ελάχιστη Θερμοκρασία	0.4°C

Υετός	
Αριθμός ημερών με υετό	11.74
Μέσος Μηνιαίος Υετός	80mm
Μέσος Αριθμός Ημερών με Καταιγίδες	2.49
Μέσος Αριθμός Ημερών με Ομίχλη	0.98

Επικρατών Άνεμος									
Ένταση (Beaufort)	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	ΒΔ	Ποσοστό
Άπνοια	-	-	-	-	-	-	-	-	25,348%
1	0,232	0,183	0,318	0,073	0,018	0,031	0,238	0,031	1,124%
2	2,542	1,210	4,412	1,919	0,801	0,409	3,147	2,988	17,575%
3	3,899	2,359	5,647	1,791	0,672	0,507	5,451	4,437	24,762%
4	3,911	1,491	2,182	0,843	0,312	0,330	5,812	3,355	18,235%
5	2,004	0,715	0,629	0,312	0,324	0,092	2,347	1,522	7,944%
6	0,642	0,244	0,128	0,147	0,098	0,012	1,497	0,727	3,495%
7	0,153	0,061	0,098	0,110	0,061	0,006	0,495	0,141	1,124%
8	0,024	-	0,055	0,049	0,018	-	0,202	0,018	0,367%
9	-	-	-	0,024	-	-	-	-	0,024%
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>=11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	13,41	6,264	13,47	5,268	2,304	1,387	19,19	13,22	100%

ΑΠΡΙΛΙΟΣ: ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο Απρίλης χαρακτηρίζει το τέλος της υγρής περιόδου στην Κρήτη. Το ύψος του υετού μειώνεται και φτάνει μόλις στα 32mm. Οι Ετησίες που θα επικρατούν όλο το καλοκαίρι εμφανίζονται στο τέλος του μήνα. Οι χειμερινές καταιγίδες μετακινούνται βορειότερα, έξω από τη λεκάνη της Μεσογείου. Ένα ή δύο συστήματα χαμηλών βαρομετρικών εμφανίζονται στον κόλπο της Γένοβας ή λίγο νοτιότερα της οροσειράς του Άτλαντα. Αυτά τα συστήματα ευθύνονται για την υγρασία και τις νεφελώδεις ημέρες που εμφανίζονται στην Κρήτη κατά τη διάρκεια του μήνα αυτού.

Στατιστικά στοιχεία 1958 - 2001

Θερμοκρασίες	
Μέση Θερμοκρασία	15.8°C
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	20°C
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	11.3°C
Απόλυτη Μέγιστη Θερμοκρασία	35.6°C
Απόλυτη Ελάχιστη Θερμοκρασία	3°C

Υετός	
Αριθμός ημερών με υετό	7.72
Μέσος Μηνιαίος Υετός	31.7mm
Μέσος Αριθμός Ημερών με Καταιγίδες	1.3
Μέσος Αριθμός Ημερών με Ομίχλη	1.4

Επικρατών Άνεμος									
Ένταση (Beaufort)	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	ΒΔ	Ποσοστό
Άπνοια	-	-	-	-	-	-	-	-	24,396%
1	0,347	0,158	0,29	0,208	0,069	0,057	0,202	0,158	1,515%
2	2,260	0,947	5,101	2,626	0,770	0,524	3,422	3,920	19,722%
3	2,847	1,338	6,717	1,806	0,410	0,600	5,922	5,865	25,505%
4	1,755	1,035	2,128	0,783	0,309	0,303	6,622	4,236	17,172%
5	0,650	0,126	0,530	0,335	0,139	0,101	3,857	1,458	7,197%
6	0,183	0,069	0,189	0,145	0,101	0,120	1,831	0,492	3,131%
7	0,044	-	0,044	0,196	0,063	0,025	0,593	0,170	1,136%
8	-	-	0,019	0,006	0,025	0,025	0,095	0,006	0,177%
9	-	-	-	0,032	0,019	0,025	-	-	0,076%
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>=11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	8,087	3,674	15,02	6,136	1,907	1,780	22,54	16,31	100%

ΜΑΪΟΣ: ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Οι Ετησίες καθιερώνονται πλήρως από τα μέσα του μήνα. Αυτός ο ξηρός άνεμος είναι ο πιο επίμονος στη Ευρωπαϊκή ήπειρο. Το φαινόμενο αυτό έχει επιπτώσεις σε όλο το ανατολικό μισό της Μεσογείου και εμμένει όλο το καλοκαίρι. Ο μήνα Μάιος χαρακτηρίζεται από τον αντικυκλώνα των Αζορών, ο οποίος εκτείνεται στη περιοχή αυτή και εμποδίζει την μεταφορά ψυχρού αέρα στη λεκάνη της Μεσογείου. Τα χαρακτηριστικά αυτά στην Κρήτη, δημιουργούν ένα απότομο πέρασμα από την άνοιξη στο καλοκαίρι.

Στατιστικά στοιχεία 1958 - 2001

Θερμοκρασίες	
Μέση Θερμοκρασία	20,1°C
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	24,5°C
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	14,8°C
Απόλυτη Μέγιστη Θερμοκρασία	39,0°C
Απόλυτη Ελάχιστη Θερμοκρασία	6,8°C

Υετός	
Αριθμός ημερών με υετό	4,05
Μέσος Μηνιαίος Υετός	12,9mm
Μέσος Αριθμός Ημερών με Καταιγίδες	0,98
Μέσος Αριθμός Ημερών με Ομίχλη	1,12

Επικρατών Άνεμος									
Ένταση (Beaufort)	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	ΒΔ	Ποσοστό
Άπνοια	-	-	-	-	-	-	-	-	23.803%
1	0.299	0.098	0.709	0.128	0.092	-	0.440	0.165	1.979%
2	2.664	0.758	6.006	2.438	0.696	0.507	3.055	5.676	21.970%
3	2.933	1.588	6.647	1.619	0.177	0.110	5.462	8.590	27.151%
4	1.876	0.611	2.645	0.532	0.141	0.141	5.169	5.089	16.202%
5	0.434	0.073	0.373	0.098	0.177	0.031	2.780	1.827	5.792%
6	0.024	0.092	0.079	0.006	0.043	0.006	1.503	0.617	2.370%
7	0.024	-	-	-	0.049	0.006	0.452	0.128	0.660%
8	-	-	-	-	-	-	0.061	0.012	0.073%
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>=11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	8.254	3.220	16.46	4.820	1.375	0.800	18.92	22.10	100%

ΙΟΥΝΙΟΣ: ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο Ιούνιος χαρακτηρίζεται από άφθονη ηλιοφάνεια και έλλειψη υετού. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία φτάνει στους 29°C και η γύρω θαλάσσια περιοχή προσεγγίζει τους 21,7°C. Η συνοπτική κατάσταση της καλοκαιρινής περιόδου έχει καθιερωθεί, με μια θερμική ημι-μόνιμη trough με χαμηλές πιέσεις να εκτείνονται από το Ασιατικό χαμηλό μέσα στην ανατολική λεκάνη της Μεσογείου. Το χαμηλό των Βερμούδων γίνεται βασικός παράγοντας που επηρεάζει τον καιρό στη δυτική Μεσόγειο.

Στατιστικά στοιχεία 1958 - 2001

Θερμοκρασίες	
Μέση Θερμοκρασία	24,6°C
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	28,9°C
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	18,7°C
Απόλυτη Μέγιστη Θερμοκρασία	40,5°C
Απόλυτη Ελάχιστη Θερμοκρασία	11,1°C

Υετός	
Αριθμός ημερών με υετό	1,28
Μέσος Μηνιαίος Υετός	3,9mm
Μέσος Αριθμός Ημερών με Καταιγίδες	0,4
Μέσος Αριθμός Ημερών με Ομίχλη	0,51

Επικρατών Άνεμος									
Ένταση (Beaufort)	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	ΒΔ	Ποσοστό
Άπνοια	-	-	-	-	-	-	-	-	19.596%
1	0.538	0.036	0.251	0.060	0.042	0.006	0.603	0.783	2.197%
2	4.840	1.159	2.241	0.884	0.185	0.179	3.836	8.831	22.273%
3	7.433	2.032	2.181	0.472	0.108	0.149	5.635	11.10	27.753%
4	4.876	0.860	0.914	0.060	-	0.125	3.806	6.567	18.939%
5	0.693	0.048	0.149	0.042	-	0.054	2.366	1.810	5.859%
6	0.173	0.006	-	-	-	0.024	0.998	0.400	2.803%
7	0.024	-	-	-	-	0.024	0.347	0.108	0.480%
8	-	-	-	-	-	-	0.084	0.12	0.101%
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>=11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	18.58	4.141	5.736	1.518	0.335	0.562	17.67	29.61	100%

ΙΟΥΛΙΟΣ: ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο Ιούλιος είναι στατιστικά ο θερμότερος μήνας στην Κρήτη. Η μέση μέγιστη θερμοκρασία φτάνει τους 30,5°C, ενώ θερμοκρασίες γύρω στους 32.22°C είναι αναμενόμενες 8 μέρες κατά τη διάρκεια του μήνα. Η γύρω θαλάσσια επιφάνεια θερμαίνεται έως τους 21.11°C μέχρι το τέλος του Ιουλίου. Υετός όλων των τύπων είναι εξαιρετικό σπάνιο φαινόμενο. Η Κρήτη και το Αιγαίο βρίσκονται συνήθως κάτω από ένα ομαλό πεδίο πιέσεων, ανάμεσα στο υποτροπικό ridge στα δυτικά και στη θερμική trough χαμηλών πιέσεων στα ανατολικά.

Στατιστικά στοιχεία 1958 - 2001

Θερμοκρασίες	
Μέση Θερμοκρασία	26,6°C
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	30,5°C
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	20,9°C
Απόλυτη Μέγιστη Θερμοκρασία	44,5°C
Απόλυτη Ελάχιστη Θερμοκρασία	13°C

Υετός	
Αριθμός ημερών με υετό	0,27
Μέσος Μηνιαίος Υετός	1,0mm
Μέσος Αριθμός Ημερών με Καταιγίδες	0,11
Μέσος Αριθμός Ημερών με Ομίχλη	0,23

Επικρατών Άνεμος									
Ένταση (Beaufort)	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	BA	Ποσοστό
Άπνοια	-	-	-	-	-	-	-	-	21.702
1	0.538	0.036	0.251	0.060	0.042	0.006	0.603	0.783	2.342
2	4.840	1.159	2.241	0.884	0.185	0.179	3.836	8.831	22.251
3	7.433	2.032	2.181	0.472	0.108	0.149	5.635	11.10	29.135
4	4.876	0.860	0.914	0.060	-	0.125	3.806	6.567	17.208
5	0.693	0.048	0.149	0.042	-	0.054	2.366	1.810	5.163
6	0.173	0.006	-	-	-	0.024	0.998	0.400	1.601
7	0.024	-	-	-	-	0.024	0.347	0.108	0.502
8	-	-	-	-	-	-	0.084	0.012	0.096
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>=11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	18.58	4.141	5.736	1.518	0.335	0.562	17.67	29.61	100

ΑΥΓΟΥΣΤΟΣ: ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο Αύγουστος στατιστικά είναι ο δεύτερος θερμότερος καλοκαιρινός μήνας. Υψηλές θερμοκρασίες φτάνουν τους 32,2°C για περίπου 8 ημέρες το μήνα και το μέσο ύψος βροχής φτάνει το 1mm. Η διέλευση των μετώπων γίνεται κατά μήκος της βόρειας Ευρώπης, πολύ μακριά από την περιοχή. Η τυπική συνοπτική κατάσταση για τον Αύγουστο χαρακτηρίζεται από ridge ή ομαλό πεδίο πιέσεων πάνω από την Κρήτη και το Αιγαίο. Σε σπάνιες περιπτώσεις, σχετικά ομαλή trough μετακινείται από τη βορειοδυτική Μεσόγειο προκαλώντας σύντομες περιόδους νεφελώδους καιρού και μεμονωμένων όμβρων βροχής.

Στατιστικά στοιχεία 1958 - 2001

Θερμοκρασίες	
Μέση Θερμοκρασία	26,1°C
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	30,2°C
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	20,9°C
Απόλυτη Μέγιστη Θερμοκρασία	41,4°C
Απόλυτη Ελάχιστη Θερμοκρασία	14,5°C

Υετός	
Αριθμός ημερών με υετό	0,52
Μέσος Μηνιαίος Υετός	1,0mm
Μέσος Αριθμός Ημερών με Καταιγίδες	0,11
Μέσος Αριθμός Ημερών με Ομίχλη	0,02

Επικρατών Άνεμος									
Ένταση (Beaufort)	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	ΒΔ	Ποσοστό
Άπνοια	-	-	-	-	-	-	-	-	25.854%
1	0.735	0.197	0.257	0.054	-	0.024	0.747	0.520	2.557%
2	5.060	1.141	2.061	0.872	0.251	0.257	3.781	8.082	21.529%
3	7.037	2.258	1.619	0.406	0.125	0.299	6.010	10.71	28.459%
4	5.018	1.022	0.418	0.060	-	0.060	4.594	5.436	16.607%
5	0.974	0.054	0.024	0.006	0.042	0.030	1.368	1.039	3.536%
6	0.179	0.006	-	-	0.018	0.006	0.717	0.412	1.338%
7	-	-	-	-	-	-	0.084	0.036	0.119%
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>=11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	19.00	4.677	4.379	1.398	0.436	0.675	17.30	26.23	100%

ΣΕΠΤΕΜΒΡΗΣ: ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Το Σεπτέμβριο ξεκινάει η περίοδος μετάβασης από την ξηρή στην υγρή εποχή στην Κρήτη. Η συνοπτική κατάσταση στην αρχή του μήνα διατηρεί τα καλοκαιρινά της χαρακτηριστικά. Ένα θερμικό χαμηλό κοντά στον Περσικό κόλπο, με αβαθή trough να εκτείνεται προς την ανατολική Μεσόγειο. Η δυτική λεκάνη της Μεσογείου παραμένει κάτω από την επιρροή του υποτροπικού ridge. Στο τέλος του μήνα, οι πρώτες καταιγίδες δημιουργούνται στον κόλπο της Γένοβας και κινούνται ανατολικότερα κατά μήκος της βόρειας Ιταλίας, Ελλάδας και της Μαύρης θάλασσας. Η μέση θερμοκρασία πέφτει και υετός μπορεί να παρατηρηθεί 3 μέρες κατά τη διάρκεια του μήνα.

Στατιστικά στοιχεία 1958 - 2001

Θερμοκρασίες	
Μέση Θερμοκρασία	23,1°C
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	27,4°C
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	18,5°C
Απόλυτη Μέγιστη Θερμοκρασία	38,4°C
Απόλυτη Ελάχιστη Θερμοκρασία	11,2°C

Υετός	
Αριθμός ημερών με υετό	2,64
Μέσος Μηνιαίος Υετός	15,5mm
Μέσος Αριθμός Ημερών με Καταιγίδες	0,8
Μέσος Αριθμός Ημερών με Ομίχλη	0,3

Επικρατών Άνεμος									
Ένταση (Beaufort)	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	ΒΔ	Ποσοστό
Άπνοια	-	-	-	-	-	-	-	-	31.086%
1	0.444	0.216	0.315	0.148	0.111	0.031	0.420	0.463	2.198%
2	4.438	1.364	3.062	1.926	0.580	0.364	3.728	4.660	20.198%
3	6.241	2.395	4.031	0.951	0.296	0.204	5.228	6.481	25.827%
4	4.228	1.475	1.278	0.210	-	0.111	3.920	4.235	15.457%
5	0.605	0.130	0.049	-	-	0.074	1.660	1.309	3.827%
6	0.136	0.031	0.019	0.025	-	0.025	0.488	0.414	1.136%
7	-	-	-	-	-	-	0.216	0.056	0.272%
8	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>=11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	16.09	5.611	8.753	3.259	0.988	0.809	15.66	17.62	100%

ΟΚΤΩΒΡΗΣ: ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο χειμώνας συνήθως ξεκινάει απότομα στην Κρήτη κατά τη διάρκεια του μήνα Οκτώβρη. Αυτό παρατηρείται λόγω του σπασίματος στον αντικυκλώνα των Αζορών ο οποίος εξακολουθεί να αποδυναμώνεται, ενώ ψυχρές αέριες μάζες αρχίζουν να εισέρχονται στη δυτική λεκάνη της Μεσογείου. Το γενικό ποσό υετού είναι υψηλότερο από του Σεπτεμβρίου και αριθμός των ημερών κατά τις οποίες σημειώνεται υετός είναι τριπλάσιος. Η μέση θερμοκρασία πέφτει από την αντίστοιχη του Σεπτεμβρίου.

Στατιστικά στοιχεία 1958 - 2001

Θερμοκρασίες	
Μέση Θερμοκρασία	19,3°C
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	23,4°C
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	15,5°C
Απόλυτη Μέγιστη Θερμοκρασία	37,8°C
Απόλυτη Ελάχιστη Θερμοκρασία	8,2°C

Υετός	
Αριθμός ημερών με υετό	9
Μέσος Μηνιαίος Υετός	66,8mm
Μέσος Αριθμός Ημερών με Καταιγίδες	3,09
Μέσος Αριθμός Ημερών με Ομίχλη	0,36

Επικρατών Άνεμος									
Ένταση (Beaufort)	B	BA	A	NA	N	NA	Δ	ΒΔ	Ποσοστό
Άπνοια	-	-	-	-	-	-	-	-	32.616%
1	0.424	0.203	0.597	0.131	0.119	0.054	0.412	0.114	2.055%
2	3.250	2.085	5.227	2.599	1.177	0.741	2.544	2.533	20.191%
3	5.496	3.967	5.824	1.386	0.341	0.394	3.763	4.277	25.448%
4	4.570	2.019	1.589	0.263	0.119	0.096	3.142	2.443	14.241%
5	1.434	0.627	0.185	0.108	0.090	0.024	0.800	0.627	3.895%
6	0.370	0.114	0.066	0.006	0.114	0.030	0.275	0.221	1.195%
7	0.066	0.006	-	0.024	-	-	0.096	0.072	0.263%
8	0.018	-	-	-	-	-	-	0.078	0.096%
9	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>=11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	15.63	9.020	13.49	4.516	1.959	1.338	11.02	10.36	100%

ΝΟΕΜΒΡΗΣ: ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Ο Νοέμβρης είναι στατιστικά ένας νεφελώδης και ψυχρός μήνας στην Κρήτη. Τα ποσά υετού είναι υψηλότερα από αυτά του Οκτώβρη. Η αύξηση της νέφωσης και του υετού συνδέεται με την καθιέρωση των τροχιών που ακολουθούν τα χειμερινά συστήματα. Οι πρώτες τροχιές ξεκινούν από τον κόλπο της Γένοβας, κινούνται νοτιοανατολικά κατά μήκος της νότιας Ιταλίας και της Ελλάδας και στρέφονται βορειοανατολικά μέσα στη Μαύρη Θάλασσα. Η δευτερεύουσα τροχιά συστημάτων που επηρεάζουν την περιοχή ξεκινάει από ένα σύστημα χαμηλών πιέσεων που αναπτύσσεται λίγο νοτιότερα της οροσειράς του Άτλαντα και κινείται βορειοανατολικά κατά μήκος της νότιας Μεσογείου, μέσα στην ανατολική λεκάνη. Αν και η Κρήτη επηρεάζεται λίγο από τα συστήματα δευτερεύουσας τροχιάς, τα συστήματα αυτά κινούνται αργά και έτσι προκαλούν παρατεταμένες περιόδους με νεφοσκεπή καιρό και υετό πάνω από τα θαλάσσια τμήματα.

Στατιστικά στοιχεία 1958 - 2001

Θερμοκρασίες	
Μέση Θερμοκρασία	15,6°C
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	19,6°C
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	12,2°C
Απόλυτη Μέγιστη Θερμοκρασία	32,8°C
Απόλυτη Ελάχιστη Θερμοκρασία	2,2°C

Υετός	
Αριθμός ημερών με υετό	10,73
Μέσος Μηνιαίος Υετός	76,2mm
Μέσος Αριθμός Ημερών με Καταιγίδες	3,14
Μέσος Αριθμός Ημερών με Ομίχλη	0,45

Επικρατών Άνεμος									
Ένταση (Beaufort)	B	BA	A	NA	N	ΝΔ	Δ	ΒΔ	Ποσοστό
Άπνοια	-	-	-	-	-	-	-	-	34.222%
1	0.278	0.130	0.648	0.099	0.358	0.117	0.340	0.056	2.099%
2	2.364	2.179	4.414	2.463	1.753	0.981	3.346	1.907	19.481%
3	3.790	3.543	5.383	1.451	0.858	0.802	5.136	3.086	24.049%
4	2.315	1.691	1.543	0.574	0.494	0.265	3.747	1.963	12.593%
5	1.210	0.327	0.383	0.222	0.130	0.123	1.784	0.809	4.988%
6	0.377	0.080	0.123	0.099	0.068	0.080	0.623	0.253	1.704%
7	0.142	0.049	-	0.068	0.105	0.006	0.179	0.167	0.716%
8	0.025	-	-	-	-	-	0.025	0.049	0.099%
9	0.019	-	-	-	-	-	-	0.031	0.049%
10	-	-	-	-	-	-	-	-	-
>=11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	10.52	8.000	12.95	4.975	3.765	2.377	15.18	8.321	100%

ΔΕΚΕΜΒΡΗΣ: ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ

Στην Κρήτη κανονικά το Δεκέμβρη παρατηρούνται τα μεγαλύτερα ποσά υετού από όλους τους μήνες του χρόνου. Χιόνι καλύπτει τις κορυφές στα Λευκά Όρη και το επίπεδο παγοποίησης πέφτει περίπου στα 5000ft. Οι τροχιές των συστημάτων είναι πλήρως καθιερωμένες και η Κρήτη επηρεάζεται φυσιολογικά από τη διέλευσή τους για 3 έως 5 ημέρες (σύστημα χαμηλών πιέσεων) κατά τη διάρκεια του μήνα.

Στατιστικά στοιχεία 1958 - 2001

Θερμοκρασίες	
Μέση Θερμοκρασία	12,6°C
Μέση Μέγιστη Θερμοκρασία	16,2°C
Μέση Ελάχιστη Θερμοκρασία	9,5°C
Απόλυτη Μέγιστη Θερμοκρασία	28,6°C
Απόλυτη Ελάχιστη Θερμοκρασία	0,4°C

Υετός	
Αριθμός ημερών με υετό	15,86
Μέσος Μηνιαίος Υετός	103,3mm
Μέσος Αριθμός Ημερών με Καταιγίδες	3,53
Μέσος Αριθμός Ημερών με Ομίχλη	0,19

Επικρατών Άνεμος									
Ένταση (Beaufort)	B	BA	A	NA	N	NΔ	Δ	ΒΔ	Ποσοστό
Άπνοια	-	-	-	-	-	-	-	-	30.596%
1	0.147	0.049	0.562	0.134	0.208	0.098	0.324	0.092	1.637%
2	2.768	1.870	3.152	2.450	1.326	1.185	3.324	2.377	18.573%
3	3.605	3.220	3.122	1.821	1.124	0.868	5.334	2.707	21.799%
4	3.018	2.309	1.204	0.312	0.495	0.367	5.486	2.254	15.445%
5	1.870	0.593	0.470	0.293	0.281	0.177	2.719	1.075	7.478%
6	0.831	0.220	0.153	0.226	0.104	0.116	0.764	0.153	2.566%
7	0.452	0.031	0.061	0.250	-	0.049	0.403	0.171	1.417%
8	0.104	0.006	-	0.055	0.043	-	0.098	0.037	0.342%
9	0.037	-	-	0.012	0.037	-	-	0.012	0.098%
10	-	-	-	0.006	0.018	-	0.024	-	0.049%
>=11	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ΑΘΡΟΙΣΜΑ	12.83	8.297	8.724	5.560	3.635	2.859	18.46	8.877	100%

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΠΙΝΑΚΩΝ

	σελ
Πίνακας 4.1. Τύποι νεφών και φαινόμενα καιρού που δίνει ο κάθε ένας.	33
Πίνακας 6.1 Περιγραφή του καιρού σε βαρομετρικό χαμηλό και υψηλό	50
Πίνακας 10.1. Ενδεικτικές τιμές θερμοκρασιών στις στάθμες των 500hPa και 850hPa για την εμφάνιση αστάθειας στην Κρήτη	119
Πίνακας 11.1. Περιγραφή πραγματικής κατάστασης καιρού με τις συνοπτικές παρατηρήσεις από τον Μ.Σ της Σούδας.	139
Πίνακας 11.2. Περιγραφή πραγματικής καιρικής κατάστασης στον Μ.Σ. Σούδας 17 Απρ 05.	152
Πίνακας 11.3. Περιγραφή πραγματικής καιρικής κατάστασης στον Μ.Σ. Ηρακλείου 17 Απρ 07.	152
Πίνακας 11.4. Περιγραφή πραγματικής καιρικής κατάστασης στον Μ.Σ. Τυμπακίου 17 και 18 Απρ 05.	153
Πίνακας 11.5. Περιγραφή πραγματικής καιρικής κατάστασης στον Μ.Σ. Καστελίου (Πεδιάδος) 17 και 18 Απρ 05.	153
Πίνακας 11.6. Περιγραφή πραγματικής καιρικής κατάστασης στον Μ.Σ. Σούδας 20 και 21 Ιουν 07.	162

ΕΥΡΕΤΗΡΙΟ ΣΧΗΜΑΤΩΝ

		σελ
Σχήμα 1.1.	Η ηλιακή ενέργεια που φτάνει στην επιφάνεια της Γης είναι εντονότερη το καλοκαίρι (25).	11
Σχήμα 1.2.	Όσο πιο κάθετα προσπίπτουν οι ακτίνες του Ήλιου σε ένα τόπο, τόσο μεγαλύτερη είναι η ενέργεια που φτάνει σε αυτόν 3).	11
Σχήμα 1.3.	Η ηλιακή μικρού μήκους κύματος ακτινοβολία και η γήινη μεγάλου μήκους κύματος (25).	12
Σχήμα 1.4.	Σχήμα 1.4. Έμμεση θέρμανση της ατμόσφαιρας από τον Ήλιο (4).	12
Σχήμα 2.1.	Η πτώση της πίεσης ελαττώνεται με το ύψος και διαφέρει με τη θερμοκρασία της αέριας μάζας (25).	15
Σχήμα 2.2.	Βαρομετρικός χάρτης επιφανείας (2).	16
Σχήμα 2.3.	Σχηματική παράσταση βαροβαθμίδας (3).	16
Σχήμα 3.1.	Απεικόνιση του ανέμου πάνω από την επιφάνεια (26).	18
Σχήμα 3.2.	Η δύναμη βαροβαθμίδας προκαλεί την έναρξη κίνησης μιας αέριας μάζας (3).	19
Σχήμα.3.3.	Απεικόνιση της δύναμης Coriolis στο βόρειο ημισφαίριο (27).	21
Σχήμα.3.4.	Απεικόνιση της δύναμης Coriolis των ανέμων μεγάλης κλίμακας στο Βόρειο και Νότιο ημισφαίριο και Ισημερινό (27).	21
Σχήμα 3.5	Γεωστροφικός άνεμος (Vg) με ευθύγραμμες ισοβαρείς στο βόρειο ημισφαίριο (27).	22
Σχήμα 3.6.	Ο άνεμος πνέει σύμφωνα με την φορά των δεικτών του ρολογιού γύρω από ένα βαρομετρικό υψηλό και αντίθετα με τη φορά των δεικτών του ρολογιού γύρω από ένα χαμηλό (25).	23
Σχήμα 3.7.	Άνεμος επιφανείας και οι δυνάμεις που τον επηρεάζουν (27).	23
Σχήμα 3.8.	Άνεμος επιφανείας και η μεταβολή του με το υψόμετρο (27).	23
Σχήμα 3.9.	Άνεμος επιφανείας γύρω από ένα βαρομετρικό χαμηλό (α) και ένα βαρομετρικό υψηλό (β), στο βόρειο ημισφαίριο (27).	24
Σχήμα 3.10.	Θεωρητική κίνηση του αέρα σε ακίνητη Γη (25).	25
Σχήμα 3.11.	Θεωρία των τριών κυψελών (25).	25
Σχήμα 3.12.	Μουσώνες α)Θερινής περιόδου, β)Χειμερινής περιόδου (3).	27
Σχήμα 3.13.	Θαλάσσια Αύρα (3).	28
Σχήμα 3.14.	Απόγειος Αύρα (3).	29
Σχήμα 4.1.	Υδρολογικός κύκλος (27).	30
Σχήμα 4.2.	Ευσταθής και Ασταθής αέρας (4).	31
Σχήμα 4.3.	Σχηματισμός νεφών κατακόρυφης ανάπτυξης λόγω τοπικής θέρμανσης (27).	32
Σχήμα 4.4.	Σχηματισμός ορογραφικών νεφών (27).	32
Σχήμα 4.5.	Γενική παρουσίαση των κυριοτέρων τύπων νεφών βασισμένη στο	34

	ύψος της βάσης τους από την επιφάνεια και στην κατακόρυφη ανάπτυξή τους (26).	
Σχήμα 5.1.	Αέριες μάζες στην Ευρώπη και τη Μεσόγειο την ψυχρή εποχή (27).	37
Σχήμα 5.2.	Αέριες μάζες στην Ευρώπη και τη Μεσόγειο την θερμή εποχή (27).	37
Σχήμα 5.3.	Σχήμα 5.3. Σχηματική παράσταση μετωπικών επιφανειών σε τρεις διαστάσεις (27).	39
Σχήμα 5.4.	Μέσες θέσεις μετωπικών επιφανειών σε παγκόσμια κλίμακα κατά το μήνα Ιανουάριο(25).	40
Σχήμα 5.5.	Μέσες θέσεις μετωπικών επιφανειών σε παγκόσμια κλίμακα κατά το μήνα Ιούλιο (25).	40
Σχήμα 5.6.	Χαρακτηριστική κάμψη ισοβαρών εκεί όπου συναντούν το μέτωπο (25).	41
Σχήμα 5.7.	Χαρακτηριστική αλλαγή του ανέμου μπροστά και πίσω από τα μέτωπα (25).	41
Σχήμα 5.8.	(α) Θερμό μέτωπο και (β) Ψυχρό μέτωπο όπως απεικονίζονται στο μετεωρολογικό χάρτη επιφανείας (25).	42
Σχήμα 5.9.	Κάθετη τομή θερμού μετώπου (25).	43
Σχήμα 5.10.	Κάθετη τομή ψυχρού μετώπου (25).	44
Σχήμα 5.11.	Κάθετη τομή σύσφιξης (25).	44
Σχήμα 5.12.	Σύσφιξη στο χάρτη επιφανείας (25).	44
Σχήμα 6.1.	Ομαλό βαρομετρικό πεδίο πάνω από την Ελλάδα (27).	46
Σχήμα 6.2.	Πολικό Μέτωπο του Ατλαντικού (27).	46
Σχήμα 6.3.	Σχηματισμός Βαρομετρικού χαμηλού στο πολικό μέτωπο (27).	47
Σχήμα 6.4.	Αρχή της δημιουργίας θερμού και ψυχρού μετώπου (27).	47
Σχήμα 6.5.	Βαρομετρικό χαμηλό με θερμό και ψυχρό μέτωπο (27).	48
Σχήμα 6.6.	Βαρομετρικό χαμηλό ψυχρό μέτωπο (27).	48
Σχήμα 6.7.	Βαρομετρικό χαμηλό με θερμό μέτωπο. [27]	48
Σχήμα 6.8.	Συμπαγής νέφωση στο Νότιο Ιόνιο (METEOSAT).	48
Σχήμα 6.9.	Χάρτης επιφανείας στο βόρειο ημισφαίριο. Κίνηση ανέμου γύρω από βαρομετρικά συστήματα (27).	49
Σχήμα 6.10.	Ανοδικές κινήσεις αερίων μαζών σε περιοχή χαμηλών ατμοσφαιρικών πιέσεων (4).	49
Σχήμα 6.11.	Σχηματική παράσταση των στοιχείων του καιρού ενός βαρομετρικού χαμηλού με θερμό και ψυχρό μέτωπο (4).	50
Σχήμα 6.12.	Καθοδικές κινήσεις αερίων μαζών σε περιοχή υψηλών ατμοσφαιρικών πιέσεων (4).	51
Σχήμα 6.13.	Συνδυασμός υψηλών πιέσεων στα Βαλκάνια και χαμηλών στην Ανατολική μεσόγειο (27).	51
Σχήμα 6.14.	Κοιλία χαμηλού (trough) με απότομη κάμψη και σχεδιασμένο ψυχρό μέτωπο (27).	52

Σχήμα 6.15.	Κορυφή υψηλών πιέσεων (Ridge) (27).	52
Σχήμα 6.16.	Βαρομετρικός λαιμός (Col) (27).	53
Σχήμα 6.17.	Ευθείες ισοβαρείς με βόρειο ρεύμα πάνω από το Αιγαίο (27).	53
Σχήμα 6.18.	Ευθείες ισοβαρείς με νότιο ρεύμα πάνω από το Αιγαίο (27).	54
Σχήμα 6.19.	Ευθείες ισοβαρείς με δυτικό ρεύμα πάνω από το Αιγαίο (27).	54
Σχήμα 7.1.	ΜΣ επιφανείας & ανώτερης ατμόσφαιρας Ελληνικού (Αθήνα) (27).	56
Σχήμα 7.2.	Αυτόματος ΜΣ ξηράς (24).	56
Σχήμα 7.3.	Πλωτός αγκυροβολημένος αυτόματος ΜΣ (24).	56
Σχήμα 7.4.	Πλωτός παρασυρόμενος αυτόματος ΜΣ (24).	56
Σχήμα 7.5.	Γεωστάσιμος μετεωρολογικός δορυφόρος (7).	57
Σχήμα 7.6.	Μετεωρολογικός δορυφόρος πολικής τροχιάς (7).	57
Σχήμα 7.7.	Μετεωρολογική παρατήρηση από ΜΣ επιφανείας (12).	59
Σχήμα 7.8.	Μετεωρολογική παρατήρηση από ΜΣ ανώτερης ατμόσφαιρας (12).	59
Σχήμα 7.9.	Πραγματικός μετεωρολογικός χάρτης επιφανείας πριν την ανάλυσή του από το μετεωρολόγο. (ΕΜΥ/ΕΜΚ)	60
Σχήμα 7.10.	Πραγματικός μετεωρολογικός χάρτης επιφανείας μετά την ανάλυσή του από το μετεωρολόγο. (ΕΜΥ/ΕΜΚ)	60
Σχήμα 7.11.	Απεικόνιση ισοβαρικής επιφάνειας 500hPa στο χώρο (27).	61
Σχήμα 7.12.	Τομές ισοβαρικής επιφάνειας 500hPa με οριζόντια επίπεδα ισαπέχοντα ανά 60 μέτρα (27).	61
Σχήμα 7.13.	Τομείς ισοβαρικής επιφάνειας 500hPa με οριζόντια ισαπέχοντα επίπεδα (περίπτωση θερμών αερίων μαζών από κάτω) και προβολή πάνω στην επιφάνεια της Γης (27).	62
Σχήμα 7.14.	Τομείς ισοβαρικής επιφάνειας 500hPa με οριζόντια ισαπέχοντα επίπεδα (περίπτωση ψυχρών αερίων μαζών από κάτω) και προβολή πάνω στην επιφάνεια της Γης (27).	62
Σχήμα 7.15.	Πραγματικός χάρτης 500hPa πριν την ανάλυση. (ΕΜΥ/ΕΜΚ)	63
Σχήμα 7.16.	Πραγματικός χάρτης 500hPa μετά την ανάλυση. (ΕΜΥ/ΕΜΚ)	63
Σχήμα 7.17.	Ανάπτυξη ατμοσφαιρικών κυμάτων μεγάλου μήκους (27).	64
Σχήμα 7.18.	Πραγματικός χάρτης 850hPa πριν την ανάλυση. (ΕΜΥ/ΕΜΚ)	65
Σχήμα 7.19.	Πραγματικός μετεωρολογικός χάρτης 850hPa, μετά την ανάλυση. (ΕΜΥ/ΕΜΚ)	65
Σχήμα 8.1.	Κατακόρυφη συνέπεια της ατμόσφαιρας (26).	69
Σχήμα 8.2.	Θερμή και ψυχρή εισβολή στα 850HPA (SKIRON).	70
Σχήμα 8.3.	Θερμή και ψυχρή εισβολή στα 850HPA (ECMWF).	71
Σχήμα 9.1.	Τρισδιάστατο πλέγμα διακριτών σημείων ατμοσφαιρικού μοντέλου (6).	75
Σχήμα 9.2.	Πλέγμα ατμοσφαιρικού μοντέλου (6).	75
Σχήμα 9.3.	Διάγραμμα ροής των διαδικασιών λειτουργίας ενός ντετερμινιστικού	77

	ατμοσφαιρικού μοντέλου (6).	
Σχήμα 9.4.	Απεικόνιση του υβριδικού σ συστήματος συντεταγμένων του ECMWF μοντέλου (28).	78
Σχήμα 9.5.	Σχηματική αναπαράσταση των φυσικών διεργασιών που παραμετροποιούνται στο ντετερμινιστικό αριθμητικό μοντέλο του Ευρωπαϊκού κέντρου (ECMWF 2004b) (28).	79
Σχήμα 9.6.	Ημι-εναλλασσόμενο οριζόντιο Arakawa E πλέγμα (6).	81
Σχήμα 9.7.	Κατακόρυφη δομή του ETA μοντέλου (6).	81
Σχήμα 9.8.	Το πλέγμα που χρησιμοποιεί το μοντέλο του ECMWF με απόσταση σημείων 50Km (6).	82
Σχήμα 9.9.	Το πλέγμα του μοντέλου ETA με απόσταση σημείων 24Km (6).	82
Σχήμα 9.10.	Το πλέγμα του μοντέλου ETA με απόσταση σημείων 12.5Km (6).	82
Σχήμα 9.11.	ECMWF 500HPA. Ισχύς:24/02/07 00UTC	84
Σχήμα 9.12.	SKIRON 500HPA. Ισχύς: 28/02/07 12UTC	84
Σχήμα 9.13.	LM 500HPA. Ισχύς 28/02/07 12UTC	84
Σχήμα 9.14.	ECMWF 850HPA. Ισχύς:24/02/07 00UTC	85
Σχήμα 9.15.	SKIRON 850HPA. Ισχύς: 28/02/07 12UTC	85
Σχήμα 9.16.	LM 850HPA. Ισχύς 28/02/07 12UTC	85
Σχήμα 9.17.	ECMWF MSL. 24/02/07 00UTC	85
Σχήμα 9.18.	SKIRON MSL Ισχύς: 28/02/07 12UTC	85
Σχήμα 9.19	ECMWF WIND at 10m. Ισχύς:24/02/07 00UTC	86
Σχήμα 9.20	SKIRON WIND at 10m. Ισχύς: 28/02/07 12UTC	86
Σχήμα 9.21	LM WIND at 10m. Ισχύς 28/02/07 12UTC	86
Σχήμα 9.22	ECMWF Low Clouds Cover. Ισχύς:24/02/07 00UTC	87
Σχήμα 9.23	ECMWF Middle Clouds Cover. Ισχύς:24/02/07 00UTC	87
Σχήμα 9.24	ECMWF Hight Clouds Cover. Ισχύς:24/02/07 00UTC	87
Σχήμα 9.25	SKIRON Clouds Cover. Ισχύς: 28/02/07 12UTC	87
Σχήμα 9.26	LM Clouds Cover. Ισχύς 28/02/07 12UTC	87
Σχήμα 9.27	ECMWF Rain. Ισχύς:24/02/07 00UTC	88
Σχήμα 9.28	SKIRON Rain. Ισχύς: 28/02/07 12UTC	88
Σχήμα 9.29	LM Rain. Ισχύς 28/02/07 12UTC	88
Σχήμα 10.1	Μέση θερμοκρασία επιφάνειας θαλάσσης για το μήνα Φεβρουάριο (βαθμούς Κελσίου).Η πτώση της πίεσης ελαττώνεται με το ύψος και διαφέρει με τη θερμοκρασία της αέριας μάζας (29).	92
Σχήμα 10.2	Μέση θερμοκρασία επιφάνειας θαλάσσης για το μήνα Αύγουστο (βαθμούς Κελσίου).Η πτώση της πίεσης ελαττώνεται με το ύψος και διαφέρει με τη θερμοκρασία της αέριας μάζας (29).	92
Σχήμα 10.3	Μέση μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία για κάθε μήνα του έτους (29).	94

Σχήμα 10.4	Απόλυτη μέγιστη και ελάχιστη θερμοκρασία για κάθε μήνα του έτους (βαθμούς Κελσίου) (29).	94
Σχήμα 10.5	Μέσο και απόλυτο μέγιστο ύψος υετού για κάθε μήνα του έτους (29).	94
Σχήμα 10.6	Τροχιές συστημάτων κακοκαιρίας κατά τη χειμερινή περίοδο (τυπική συνοπτική κατάσταση) (23).	95
Σχήμα 10.7	Τυπική συνοπτική κατάσταση κατά τη θερινή περίοδο (23).	96
Σχήμα 10.8	Τυπική συνοπτική κατάσταση κατά τη εαρινή περίοδο (23).	97
Σχήμα 10.9	Τυπική συνοπτική κατάσταση κατά τη φθινοπωρινή περίοδο (23).	97
Σχήμα 10.10	Επικρατούσες κατηγορίες ανέμων στη Μεσόγειο (23).	98
Σχήμα 10.11	Άξονες μέγιστης έντασης ανέμου που συσχετίζονται με τις Ετησίες (23).	99
Σχήμα 10.12	Πυκνό νέφος σκόνης το οποίο μειώνει την ορατότητα κατά την διάρκεια πνοής Σιρόκου με θυελλώδεις εντάσεις, ιδιαίτερα κατά μήκος των ακτών της Βόρειας Αφρικής (MODIS της NASA Aqua satellite).	102
Σχήμα 10.13	Στη Μάλτα τα νέφη της σκόνης μειώνουν την ορατότητα ακόμη και σε μερικές εκατοντάδες μέτρα (MODIS της NASA Aqua satellite).	103
Σχήμα 10.14	Το φαινόμενο της «Λασποβροχής» (MODIS της NASA Aqua satellite).	103
Σχήμα 10.15	Αντικυκλωνική εισβολή με μορφή ψυχρού μετώπου, το οποίο ονομάζεται Βαλκανικό μέτωπο (23).	104
Σχήμα 10.16	Αντικυκλωνική εισβολή με μορφή σφήνας (23).	105
Σχήμα 10.17	Περιοχές κυκλογένεσης και κίνηση των κυκλώνων που πειράζουν την ευρύτερη περιοχή της Κρήτης και του Αιγαίου (23).	106
Σχήμα 10.18	Περιοχές κυκλογένεσης και τροχιές των κυκλώνων που επηρεάζουν το Αιγαίο - Κρητικό πέλαγος (29).	107
Σχήμα 10.19	Βαρομετρικά χαμηλά κινούμενα νότια της Κρήτης κατά τη χειμερινή περίοδο (23).	110
Σχήμα 10.20	Βαρομετρικά χαμηλά κινούμενα βόρεια της Κρήτης κατά τη χειμερινή περίοδο (23).	111
Σχήμα 10.21	Ύφεση πάνω από την Κύπρο κατά τη χειμερινή περίοδο (23).	112
Σχήμα 11.1	Χάρτης 500HPA της 20-01-04/ 00UTC (ECMWF).	122
Σχήμα 11.2	Χάρτης 500HPA της 20-01-04/ 12UTC (ECMWF).	122
Σχήμα 11.3	Χάρτης 500HPA της 21-01-04/ 00UTC (ECMWF).	122
Σχήμα 11.4	Χάρτης 500 HPA της 21-01-04/ 12UTC (ECMWF).	122
Σχήμα 11.5	Χάρτης 500HPA της 22-01-04/ 00UTC (ECMWF).	122
Σχήμα 11.6	Χάρτης 500HPA της 22-01-04/ 12UTC (ECMWF).	122
Σχήμα 11.7	Χάρτης 500HPA της 23-01-04/ 00UTC (ECMWF).	123
Σχήμα 11.8	Χάρτης 500HPA της 23-01-04/ 12UTC (ECMWF).	123
Σχήμα 11.9	Χάρτης 850HPA της 20-01-04/ 00UTC (ECMWF).	124
Σχήμα 11.10	Χάρτης 850HPA της 20-01-04/ 12UTC (ECMWF).	124

Σχήμα 11.11	Χάρτης 850ΗΡΑ της 21-01-04/ 00UTC (ECMWF).	125
Σχήμα 11.12	Χάρτης 850ΗΡΑ της 21-01-04/ 12UTC (ECMWF).	125
Σχήμα 11.13	Χάρτης 850ΗΡΑ της 22-01-04/ 00UTC (ECMWF).	125
Σχήμα 11.14	Χάρτης 850ΗΡΑ της 22-01-04/ 12UTC (ECMWF).	125
Σχήμα 11.15	Χάρτης 850 ΗΡΑ της 23-01-04/ 00UTC (ECMWF).	125
Σχήμα 11.16	Χάρτης 850ΗΡΑ της 23-01-04/ 12UTC (ECMWF).	125
Σχήμα 11.17	Χάρτης Επιφανείας της 20-01-04/ 00UTC (ECMWF).	126
Σχήμα 11.18	Χάρτης Επιφανείας της 20-01-04/ 12UTC (ECMWF).	126
Σχήμα 11.19	Χάρτης Επιφανείας της 21-01-04/ 12UTC (ECMWF).	127
Σχήμα 11.20	Χάρτης Επιφανείας της 22-01-04/ 00UTC (ECMWF).	127
Σχήμα 11.21	Χάρτης Επιφανείας της 22-01-04/ 12UTC (ECMWF).	127
Σχήμα 11.22	Χάρτης Επιφανείας της 23-01-04/ 00UTC (ECMWF).	127
Σχήμα 11.23	Χάρτης Επιφανείας της 23-01-04/ 12UTC (ECMWF).	127
Σχήμα 11.24	Δορυφορική Εικόνα 20-01-04/ 00UTC (METEOSAT).	128
Σχήμα 11.25	Δορυφορική Εικόνα 20-01-04/ 12UTC (METEOSAT).	128
Σχήμα 11.26	Δορυφορική Εικόνα 21-01-04/ 12UTC (METEOSAT).	128
Σχήμα 11.27	Δορυφορική Εικόνα 22-01-04/ 12UTC (METEOSAT).	128
Σχήμα 11.28	Δορυφορική Εικόνα 23-01-04/ 00UTC (METEOSAT).	128
Σχήμα 11.29	Πραγματική κατάσταση στις 21-01-04/ 12UTC (MetShell).	129
Σχήμα 11.30	Πραγματική κατάσταση στις 22-01-04/ 02UTC (MetShell).	129
Σχήμα 11.31	Πραγματική κατάσταση στις 22-01-04/ 04UTC (MetShell).	129
Σχήμα 11.32	Πραγματική κατάσταση στις 22-01-04/ 12UTC (MetShell).	129
Σχήμα 11.33	Πραγματική κατάσταση στις 22-01-04/ 16UTC (MetShell).	129
Σχήμα 11.34	Πραγματικός χάρτης 500 ΗΡΑ της 11-02-04/ 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).	131
Σχήμα 11.35	Πραγματικός χάρτης επιφανείας της 11-02-04/ 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).	131
Σχήμα 11.36	Πραγματικός χάρτης 500 ΗΡΑ της 12-02-04/ 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).	131
Σχήμα 11.37	Πραγματικός χάρτης επιφανείας της 12-02-04/ 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).	131
Σχήμα 11.38	Πραγματικός χάρτης 500 ΗΡΑ της 13-02-04/ 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).	131
Σχήμα 11.39	Πραγματικός χάρτης επιφανείας της 13-02-04/ 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).	131
Σχήμα 11.40	Χάρτης 500 ΗΡΑ της 11-02-04/ 12UTC (ECMWF).	133
Σχήμα 11.41	Χάρτης 500 ΗΡΑ της 12-02-04/ 12UTC (ECMWF).	133
Σχήμα 11.42	Χάρτης 500 ΗΡΑ της 13-02-04/ 12UTC (ECMWF).	133
Σχήμα 11.43	Χάρτης 500 ΗΡΑ της 14-02-04/ 12UTC (ECMWF).	133
Σχήμα 11.44	Χάρτης 850 ΗΡΑ της 11-02-04/ 12UTC (ECMWF).	134
Σχήμα 11.45	Χάρτης 850 ΗΡΑ της 12-02-04/ 12UTC (ECMWF).	134
Σχήμα 11.46	Χάρτης 850 ΗΡΑ της 13-02-04/ 12UTC (ECMWF).	134

Σχήμα 11.47	Χάρτης 850 HPA της 14-02-04 / 12UTC (ECMWF).	134
Σχήμα 11.48	Χάρτης Επιφανείας της 11-02-04/ 12UTC (ECMWF).	135
Σχήμα 11.49	Χάρτης Επιφανείας της 12-02-04/ 12UTC (ECMWF).	135
Σχήμα 11.50	Χάρτης Επιφανείας της 13-02-04/ 12UTC (ECMWF).	135
Σχήμα 11.51	Χάρτης Επιφανείας της 14-02-04/ 12UTC (ECMWF).	135
Σχήμα 11.52	Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 11-02-04/ 12UTC (ECMWF).	136
Σχήμα 11.53	Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 12-02-04/ 12UTC (ECMWF).	136
Σχήμα 11.54	Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 13-02-04/ 12UTC (ECMWF).	136
Σχήμα 11.55	Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 14-02-04 / 12UTC (ECMWF).	136
Σχήμα 11.56	Χάρτης Υετού της 11-02-04/ 12UTC (ECMWF).	136
Σχήμα 11.57	Χάρτης Υετού της 12-02-04/ 12UTC (ECMWF).	136
Σχήμα 11.58	Χάρτης Υετού της 13-02-04/ 12UTC (ECMWF).	137
Σχήμα 11.59	Χάρτης Υετού της 14-02-04/ 12UTC (ECMWF).	137
Σχήμα 11.60	Δορυφορική Εικόνα 11-02-04/ 0430UTC (METEOSAT).	138
Σχήμα 11.61	Δορυφορική Εικόνα 12-02-04/ 0330UTC (METEOSAT).	138
Σχήμα 11.62	Δορυφορική Εικόνα 13-02-04/ 0330UTC (METEOSAT).	138
Σχήμα 11.63	Χάρτης 500 HPA της 28-05-05 / 06UTC (ECMWF).	140
Σχήμα 11.64	Χάρτης 500 HPA της 28-05-05 / 12UTC (ECMWF).	140
Σχήμα 11.65	Χάρτης 500 HPA της 28-05-05 / 18UTC (ECMWF).	140
Σχήμα 11.66	Χάρτης 500 HPA της 29-05-05 / 00UTC (ECMWF).	140
Σχήμα 11.67	Χάρτης 850 HPA της 28-05-05/ 06UTC (ECMWF).	141
Σχήμα 11.68	Χάρτης 850 HPA της 28-05-05/ 12UTC (ECMWF).	141
Σχήμα 11.69	Χάρτης 850 HPA της 28-05-05/ 18UTC (ECMWF).	141
Σχήμα 11.70	Χάρτης 850 HPA της 29-05-05/ 00UTC (ECMWF).	141
Σχήμα 11.71	Χάρτης Επιφανείας της 28-05-05/ 06UTC (ECMWF).	142
Σχήμα 11.72	Χάρτης Επιφανείας της 28-05-05/ 12UTC (ECMWF).	142
Σχήμα 11.73	Χάρτης Επιφανείας της 28-05-05/ 18UTC (ECMWF).	142
Σχήμα 11.74	Χάρτης Επιφανείας της 29-05-05/ 00UTC (ECMWF).	142
Σχήμα 11.75	Χάρτης Υετού της 28-05-05/ 06UTC (ECMWF).	143
Σχήμα 11.76	Χάρτης Υετού της 28-05-05/ 12UTC (ECMWF).	143
Σχήμα 11.77	Χάρτης Υετού της 28-05-05/ 18UTC (ECMWF).	143
Σχήμα 11.78	Χάρτης Υετού της 29-05-05/ 00UTC (ECMWF).	143
Σχήμα 11.79	Πραγματικός χάρτης 500 HPA της 28-05-05 / 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).	144
Σχήμα 11.80	Πραγματικός χάρτης επιφανείας της 28-05-05 / 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).	144
Σχήμα 11.81	Πραγματικός χάρτης 500 HPA της 29-05-05 / 12UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).	144
Σχήμα 11.82	Πραγματικός χάρτης επιφανείας της 29-05-05 / 12UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).	144

Σχήμα 11.83	Δορυφορική Εικόνα 28-05-05/ 06UTC (MSG).	144
Σχήμα 11.84	Δορυφορική Εικόνα 28-05-05/ 09UTC (MSG).	144
Σχήμα 11.85	Δορυφορική Εικόνα 28-05-05/ 12UTC (MSG).	145
Σχήμα 11.86	Δορυφορική Εικόνα 28-05-05/ 15UTC (MSG).	145
Σχήμα 11.87	Δορυφορική Εικόνα 28-05-05/ 18UTC (MSG).	145
Σχήμα 11.88	Δορυφορική Εικόνα 29-05-05/ 00UTC (MSG).	145
Σχήμα 11.89	Χάρτης 500 HPA της 17-04-05 /00UTC (weatheronline.co.uk).	145
Σχήμα 11.90	Χάρτης 500 HPA της 17-04-05/ 12UTC (weatheronline.co.uk).	146
Σχήμα 11.91	Χάρτης Επιφανείας της 17-04-05/ 00UTC (weatheronline.co.uk).	146
Σχήμα 11.92	Χάρτης Επιφανείας της 17-04-05/ 12UTC (weatheronline.co.uk).	146
Σχήμα 11.93	Χάρτης 850 HPA της 17-04-05/ 00UTC (weatheronline.co.uk).	146
Σχήμα 11.94	Χάρτης 850 HPA της 17-04-05/ 12UTC (weatheronline.co.uk).	146
Σχήμα 11.95	Πραγματικός χάρτης 500 HPA της 16-04-05 /00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).	148
Σχήμα 11.96	Πραγματικός χάρτης επιφανείας της 16-04-05 /0 0UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).	148
Σχήμα 11.97	Πραγματικός χάρτης 500 HPA της 18-04-05 / 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).	148
Σχήμα 11.98	Πραγματικός χάρτης επιφανείας της 18-04-05 / 00UTC (ΠΜΚ/ΑΤΑ).	148
Σχήμα 11.99	Δορυφορική Εικόνα 17-04-05 / 12UTC (MODIS της NASA Aqua satellite).	149
Σχήμα 11.100	Δορυφορική Εικόνα 17-04-05 / 09UTC (NOAA Chanel-17).	149
Σχήμα 11.101	Δορυφορική Εικόνα 17-04-05 / 12UTC (MSG - VIS).	150
Σχήμα 11.102	Δορυφορική Εικόνα 17-04-05 / 12UTC (MSG - IR).	150
Σχήμα 11.103	Φωτογραφία επιφανείας από το Μ.Σ. της Σαντορίνης στις 17-04-05 / 12UTC.	151
Σχήμα 11.104	Φωτογραφία επιφανείας από το Μ.Σ. της Σαντορίνης, ημέρα με καλή ορατότητα.	151
Σχήμα 11.105	Φωτογραφία επιφανείας από το λιμάνι του Ηρακλείου στις 17-04-05 / 12UTC.	151
Σχήμα 11.106	Φωτογραφία επιφανείας από το λιμάνι του Ηρακλείου, ημέρα με καλή ορατότητα.	151
Σχήμα 11.107	Πραγματική κατάσταση στις 17-04-05/ 12UTC. Ο αναγραφόμενος αριθμός δίπλα σε κάθε Μ.Σ. συμβολίζει την οριζόντια ορατότητα σε μέτρα (MetShell).	151
Σχήμα 11.108	Πραγματική κατάσταση στις 17-04-05/ 15UTC Ο αναγραφόμενος αριθμός δίπλα σε κάθε Μ.Σ. συμβολίζει την οριζόντια ορατότητα σε μέτρα (MetShell).	151
Σχήμα 11.109	Χάρτης 500 HPA της 21-06-07/ 00UTC (ECMWF).	154
Σχήμα 11.110	Χάρτης 500 HPA της 21-06-07/ 12UTC (ECMWF).	154
Σχήμα 11.111	Χάρτης 500 HPA της 22-06-07/ 00UTC (ECMWF).	154
Σχήμα 11.112	Χάρτης 500 HPA της 22-06-07/ 12UTC (ECMWF).	154

Σχήμα 11.115	Χάρτης 500 HPA της 23-06-07/ 00UTC (ECMWF).	154
Σχήμα 11.114	Χάρτης 500 HPA της 23-06-07/ 12UTC (ECMWF).	154
Σχήμα 11.115	Χάρτης 500 HPA της 24-06-07/ 00UTC (ECMWF).	155
Σχήμα 11.116	Χάρτης 500 HPA της 24-06-07/ 12UTC (ECMWF).	155
Σχήμα 11.117	Χάρτης 850 HPA 21-06-07/ 00UTC (ECMWF).	156
Σχήμα 11.118	Χάρτης 850 HPA της 21-06-07/ 12UTC (ECMWF).	156
Σχήμα 11.119	Χάρτης 850 HPA 22-06-07/ 00UTC (ECMWF).	156
Σχήμα 11.120	Χάρτης 850 HPA της 22-06-07/ 12UTC (ECMWF).	156
Σχήμα 11.121	Χάρτης 850 HPA 23-06-07/00UTC (ECMWF).	157
Σχήμα 11.122	Χάρτης 850 HPA της 23-06-07/12UTC (ECMWF).	157
Σχήμα 11.123	Χάρτης 850 HPA 24-06-07/ 00UTC (ECMWF).	157
Σχήμα 11.124	Χάρτης 850 HPA της 24-06-07/ 12UTC (ECMWF).	157
Σχήμα 11.125	Χάρτης Επιφανείας της 21-06-07/ 00UTC (ECMWF).	158
Σχήμα 11.126	Χάρτης Επιφανείας της 21-06-07/ 12UTC (ECMWF).	158
Σχήμα 11.127	Χάρτης Επιφανείας της 22-06-07/ 00UTC (ECMWF).	158
Σχήμα 11.128	Χάρτης Επιφανείας της 22-06-07/ 12UTC (ECMWF).	158
Σχήμα 11.129	Χάρτης Επιφανείας της 23-06-07/ 00UTC (ECMWF).	158
Σχήμα 11.130	Χάρτης Επιφανείας της 23-06-07/ 12UTC (ECMWF).	158
Σχήμα 11.131	Χάρτης Επιφανείας της 24-06-07/ 00UTC (ECMWF).	159
Σχήμα 11.132	Χάρτης Επιφανείας της 24-06-07/ 12UTC (ECMWF).	159
Σχήμα 11.133	Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 21-06-07/ 00UTC (ECMWF).	159
Σχήμα 11.134	Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 21-06-07/ 12UTC (ECMWF).	159
Σχήμα 11.135	Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 22-06-07/ 00UTC (ECMWF).	159
Σχήμα 11.136	Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 22-06-07/ 12UTC (ECMWF).	159
Σχήμα 11.137	Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 23-06-07/ 00UTC (ECMWF).	160
Σχήμα 11.138	Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 23-06-07/ 12UTC (ECMWF).	160
Σχήμα 11.139	Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 24-06-07/ 00UTC (ECMWF).	160
Σχήμα 11.140	Χάρτης Ανέμων Επιφανείας της 24-06-07/ 12UTC (ECMWF).	160

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- [1] THE AIR PILOT'S MANUAL: VOL 2. AVIATION LAW AND METEOROLOGY, D.Tom, Fourth Edition, February 2001 (μετάφραση Αντισμήναρχος Θ.Πετρολιάγκης)
- [2] WEATHER FOR AIRCREWS – AIR FORCE HANDBOOK (AFH) -11-203, Volume 2, Secretary of the Air Force Washington DC, Defense Technical Information Center, May 16, 2002.
- [3] THE USA TODAY WEATHER BOOK: AN EASY TO UNDERSTAND GUIDE TO THE USA'S WEATHER, Inc. Raphael Sagalyn, Vintage, First ed edition, May 1992.
- [4] METEOROLOGY TODAY, AN INTRODUCTION TO WEATHER, CLIMATE AND THE ENVIRONMENT, C. Donald Ahrens, Seventh Edition, 2006.
- [5] FLYING THE WEATHER MAP, Richard L. Collins, 2Rev Ed Edition, A.S.A., December 1999.
- [6] ΕΡΓΑΣΙΑ Σμηναγού (ΜΤ) Μανουσάκη Μ. «Η ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΗ ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΚΑΙΡΟΥ ΣΤΗΝ ΕΜΥ», ΕΜΥ/ ΔΙΕΥΘΥΝΣΗ Β', Δεκέμβριος 1999.
- [7] ΔΙΔΑΚΤΟΡΙΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ Μ.Υ. ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΟΥ Χαραντώνη Θ. «ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΤΗΣ ΗΛΙΑΚΗΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ ΣΤΟΝ ΕΛΛΗΝΙΚΟ ΧΩΡΟ ΜΕ ΤΗ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΩΝ ΦΩΤΟΓΡΑΦΙΩΝ», Θεσσαλονίκη 1985.
- [8] ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ Σμηναγού (ΜΤ) Πιτσιτάκη Ν. «ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑΣ ΤΟΥ ΕΝΤΟΠΙΣΜΟΥ ΜΕΤΩΠΩΝ, ΥΦΕΣΕΩΝ ΚΑΙ ΑΛΛΩΝ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΣΕ ΔΟΡΥΦΟΡΙΚΕΣ ΕΙΚΟΝΕΣ ΥΨΗΛΗΣ ΔΙΑΚΡΙΤΙΚΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΩΝ ΔΟΡΥΦΟΡΩΝ», Πανεπιστήμιο Αθηνών/ Τμήμα Φυσικής, 1986.
- [9] METEOROLOGY AND FLIGHT: A Pilot's Guide to Weather, Third Edition, Tom Bradbury, A & C Black, April 2004.
- [10] ΝΑΥΤΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ, Λ. Ν. Καραπιπέρης, ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ, Βιβλιοθήκη του Ναυτικού, Αθήνα 2003.
- [11] FAIR WEATHER FLYING, Richard L. Taylor, The Thomasson – Grand Aviation Library, Second Edition, April 1993.
- [12] INTERNATIONAL METEOROLOGY VOCABULARY, WMO/OMM/VMO, WMO, Second ed edition, January 1992.
- [13] GUIDELINES FOR THE EDUCATION AND TRAINING OF PERSONNEL IN METEOROLOGY AND OPERATIONAL HYDROLOGY, Volume I: Meteorology, I. F. Draghici, G. V. Necco, R. W. Riddaway, J. T. Snow, C. Billard, L.A. Ogallo, Fourth Edition, WMO-No.258, Geneva 2001.
- [14] GUIDE TO MARINE METEOROLOGICAL SERVICES, WMO, May 1988.
- [15] Η ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΚΑΙ Η ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΤΩΝ ΧΑΡΤΩΝ ΚΑΙΡΟΥ ΑΠΟ τους ΝΑΥΤΙΛΛΟΜΕΝΟΥΣ, Καραπιπέρης Λ., ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ, Αθήνα 1979.
- [16] ΜΑΘΗΜΑΤΑ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑΤΟΛΟΓΙΑΣ, Φλόκας Απ., Εκδόσεις Ζήτη, Ιανουάριος 1994.
- [17] ΝΑΥΤΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ, Κασσιμίδης Γ, Ιδιωτική Έκδοση, Σεπτέμβριος 2001.
- [18] ΓΕΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΑ, Σαχσαμάνογλου, Χ.Σ., Τ.Ι. Μακρογιάννης, Εκδόσεις Ζήτη,

- Θεσσαλονίκη 1998.
- [19] DEVELOPMENT OF A HIGH RESOLUTION SEMI-LAGRANGIAN VERSION OF ECMWF FORECAST MODEL, Simmons A.J., Technical. Memorandum No 1809 ECMWF, 1991.
- [20] DESCRIPTION OF THE ECMWF MODEL POST PROCESSING SYSTEM, Haseler J. and G.K. Sakellarides, Technical memorandum No 121 ECMWF, 1986.
- [21] A BLOCKING TECHNIQUE FOR REPRESENTATION OF MOUNTAINS IN ATMOSPHERIC MODELS, Messinger F, Riv. Meteor. Aeronaut., 44,195-202, 1984.
- [22] THE NONHYDROSTATIC LIMITED-AREA MODEL LM OF DWD, Scientific Documentation, Schattler U., Doms G, DWD documents, 2000.
- [23] ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΓΡΑΦΕΙΟΥ ΚΑΙΡΟΥ 115 ΠΜ
- [24] ΔΙΑΛΕΞΕΙΣ ΓΡΑΦΕΙΟΥ ΚΑΙΡΟΥ 115 ΠΜ
- [25] JOINT AVIATION AUTHORITIES AIRLINE TRANSPORT PILOT'S LICENCE, Theoretical Knowledge Manual, 050METEOROLOGY, First Edition (May 2001), Second Impression (October 2001), Oxford Aviation Training, JEPPESEN.
- [26] ESSENTIALS OF METEOROLOGY, An Invitation To The Atmosphere, C. Donald Ahrens, Fourth Edition, 2004.
- [27] Aerographer's Mate Module 5-Basic Meteorology NAVEDTRA 14312, NONRESIDENT TRAINING COURSE, Published by NAVAL EDUCATION AND TRAINING PROFESSIONAL DEVELOPMENT AND TECHNOLOGY CENTRE, NAVY UNITED STATES, JUNE 2001,
- [28] ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΤΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ ΤΟΥ ΝΤΕΤΕΡΜΙΝΙΣΤΙΚΟΥ ΜΟΝΤΕΛΟΥ ΚΑΙ ΤΟΥ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΣΤΟΧΑΣΤΙΚΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΕΩΝ ΤΟΥ ΕΥΡΩΠΑΪΚΟΥ ΚΕΝΤΡΟΥ ΜΕΣΟΠΡΟΘΕΣΜΩΝ ΠΡΟΓΝΩΣΕΩΝ ΚΑΙΡΟΥ, Ιωάννης Πυθαρούλης (Μαθηματικός - Μετεωρολόγος) και Ιωάννης Παπαγεωργίου (Μαθηματικός - Μετεωρολόγος), ΕΜΥ, Φεβρουάριος 2006.
- [29] FORECASTER' S HANDBOOK 2003,NAVAL EUROPEAN METEOROLOGY AND OCEANOGRAPHY DETACHMENT SOUDA BAY – CRETE, Stennis Space Center, MS 39529-5000, 01 March 2003.
- [30] Η ΔΟΜΗ ΤΗΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΩΝ ΧΙΟΝΟΠΤΩΣΕΩΝ ΣΤΗΝ ΑΘΗΝΑ, Δρα Ν. Πρεζεράκο (Μαθηματικό – Μετεωρολόγο), Μελέτη ΕΜΥ Αριθ.11, Φεβρουάριος 1984.
- [31] ΕΠΙ ΜΙΑΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΩΣ ΑΝΕΜΟΘΥΕΛΛΑΣ ΣΤΗ ΒΟΡΕΙΑ ΕΛΛΑΔΑ ΣΥΜΒΟΛΗ ΣΤΗ ΔΙΑΓΝΩΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΓΝΩΣΗ ΤΗΣ, Δρα Νίκο Γ. Πρεζεράκο (Μαθηματικό – Μετεωρολόγο), Υποσημναγό Θωμά Πετρολιάγκη (Μαθηματικό – Μετεωρολόγο), Μελέτη ΕΜΥ Αριθ.12, Ιούνιος 1986.
- [32] ΚΑΙΡΟΣ ΚΑΙ ΚΛΙΜΑ ΑΕΡΟΔΡΟΜΙΟΥ ΣΟΥΔΑΣ, Αναστασία Χατζηαγγέλου (Φυσικός – Μετεωρολόγος) και Νικόλαος Πιτσιτάκης (Μετεωρολόγος), ΕΜΥ, Αύγουστος 2006.